Sənaye və İnnovasiyalar üzrə Bakı Dövlət
Pəşə Təhsil Mərkəzi

Azərbaycan Respublikası
Təhsil Nazirliyi

ELEKTRONİKA

Bakı 2019

MÜNDƏRİCAT

Modul 1: Elektrotexnikanın/Elektronikanın əsasları 3
1. Sadə lehim alətləri və lehimləmə dəmiri 4
2. Müxtəlif elektronik komponentlərin oxunması 20
3. Multitesterlə gərginliyin, cərəyan şiddətinin və müqavimətin ölçülməsi 39
4. Ossiloqraf və funksiya generator ilə siqnalların, gərginliklərin və tezliklərin ölçülməsi 57
5. Om qanunundan istifadə edərək gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət arasındakı əlaqənin ölçülməsi 94
6. Rezistorun ardıcıl və paralel birləşdirilmiş dövrələrinin ölçülməsi 98
7. Multimetrlə Kirxhof qanununun yoxlanması 106
8. Multimetrlə superposiziya prinsipinin yoxlanması 111
9. R, L, C SC dövrələri ilə təcrübə 116
10. PN birləşməli/Zener diodunun əməliyyat xarakteristikasının ölçülməsi 137
11. Rektifikator dövrəsi ilə təcrübə 146
12. Gərginliyi stabilləşdirən dövrə ilə təcrübə 157
13. Tranzistorun əməliyyat xarakteristikaları ilə təcrübə 164
14. Tranzistorun torpaqlanmış gücləndirici dövrəsi ilə təcrübə 170
15. T-STT tranzistorun əməliyyat xarakteristikaları ilə təcrübə 179

Modul 2: Elektron dövrə 185
1. Dioddan istifadə etməklə təcrübə siqnal yaratma dövrəsi 186
2. Tranzistorun gücləndirmə dövrəsinin təcrübəsi 196
3. B kateqoriyalı güc gücləndiricisi dövrəsinin təcrübə xarakteristikası 205
4. OTL güc gücləndiricisi dövrəsinin təcrübə xarakteristikası 211
5. FET-in təcrübə xarakteristikası 217
6. FET tətbiq dövrəsinin təcrübə xarakteristikası 222
7. Multivibratorlu dövrənin təcrübə xarakteristikası 226
8. Multivibratorun tətbiq dövrəsinin yaradılması 236
9. IGBT-dən istifadə etməklə PWM (implus eninin modulyasiyası) dəyişdiricisi ilə təcrübə 239

Modul 3: Rəqəmsal dövrə 245
1. Əsas məntiqi element üzərində təcrübə 246
2. Bul cəbri və tətbiqi təcrübəsi 253
3. Qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə 261
4. Monostabil multivibrator üzərində təcrübə 268

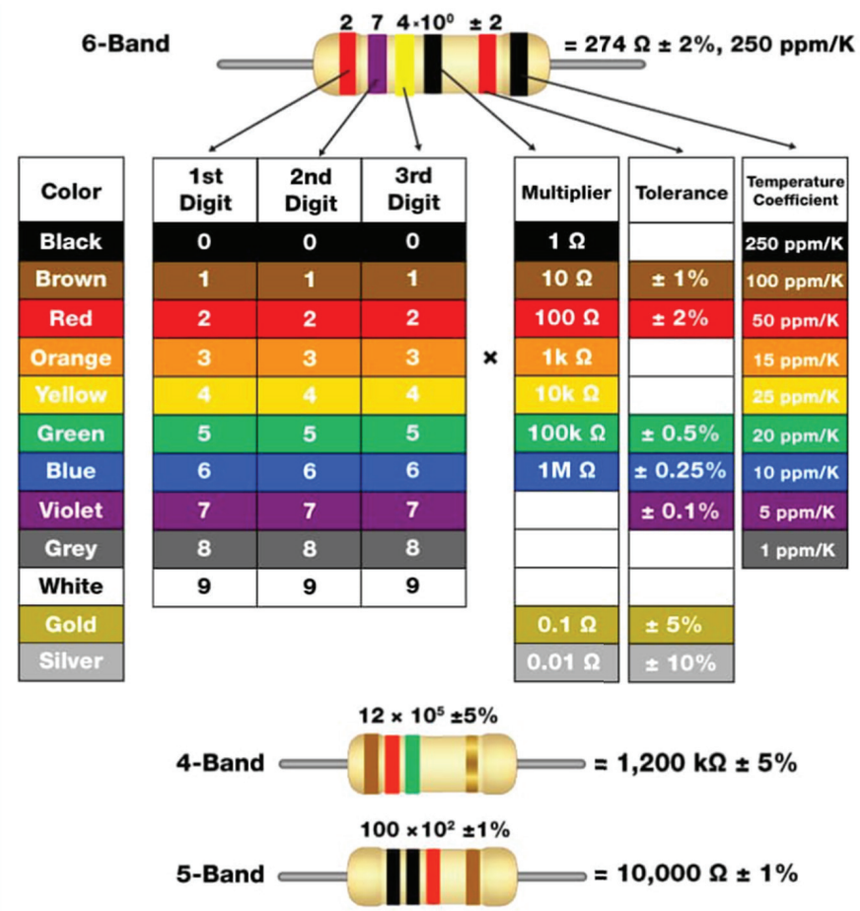
5. Toplayıcı dövrə üzərində təcrübə 273
6. Çıxarma dövrəsi üzərində təcrübə 279
7. Deşifrələyici/şifrələyici sxemi üzərində təcrübə 285
8. Multipleksor/demultipleksor sxemi üzərində təcrübə 295
9. Qrey - BCD kodu çevirmə sxemi üzərində təcrübə 301
10. Cütlük bitinin təyini sxemi üzərində təcrübə 308
11. 2 bitlik komparator sxemi üzərində təcrübə 314
12. 2n bit komparator sxemi ilə bağlı təcrübə 318
13. RS-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə 324
14. D-FF sxemi üzərində təcrübə 330
15. JK-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə 334
16. Sayğac sxemi üzərində təcrübə 339

Modul 4: Mikrokontroller 351
1. AVR seçimlərinin konfiqurasiyası 352
2. Giriş / Çıxış portları ilə LED -in idarə edilməsi 369
3. Fasilələrlə LED/açar/ traffik dövrələrinə nəzarət 375
4. Kəsilmədən istifadə edərək ÇRL (FND) dövrələrinə nəzarət 386
5. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə xarici cihazlarla rabitə 394
6. Simvolların LCD-də nümayişi 404
7. RVS -dan istifadə edərək LCD-də vaxtın nümayişi 412
8. A/R (A/D) çevirməsindən istifadə edərək LCD-də nümayiş 423
9. Açardan istifadə etməklə addım mühərrikinin işə salınması 433
10. Açardan istifadə etməklə SC mühərrikinin işə salınması 443
11. Nöqtəli matrisin işə salınması 453

Sərişdə əsaslı modul

ELEKTRONİKA

Elektrotexnikanın/ Elektronikanın əsasları



Sənaye və İnnovasiyalar üzrə
Bakı Dövlət Peşə Təhsil Mərkəzi

1. Sadə lehim alətləri və lehimləmə dəmiri

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*
1. Alətin adını və istifadə qaydasını izah edə biləcək;
2. Lehimləmənin həddən artıq edilmədiyindən, kifayət qədər ekspozisiya olunduğundan və ya zədələnmədiyindən əmin olacaq.

Təcrübə materialları:
1. Tək naqil 0.3mm ~ 0.6 mm
2. Lehim : SN 60%
3. Universal ÇDS: 28×28

Avadanlıq və alətlər:
1. Elektronik alətlər
2. Lehimləmə dəmiri

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Təcrübənin ümumi anlayışı

1) Təcrübənin tərifi və məqsədi

Təcrübə elmi araşdırma metodlarından biridir və obyektə giriş siqnalını tətbiq etdikdən sonra süni şərtlər altında dəyişən bir hadisəni müşahidə etmə metodu kimi təsvir oluna bilər.

Təcrübənin məqsədi hər hansı bir qanunun və üsulun elmi əsasını başa düşmək, təcrübədən keçirməklə bacarıqlar əldə etmək və təcrübi metodlar vasitəsilə problemlərin həlli yoluna yanaşmaları inkişaf etdirməkdir.

Xüsusilə, elektrik, elektronika və telekommunikasiya sahələrindəki təcrübələr qanunların və əldə edilmiş bacarıqların prinsiplərini, şəklini, quruluşunu və xüsusiyyətlərini öyrənməyə yönəlib. Buraya həm də təcrübə protokollarının planlaşdırılması və təcrübə protokollarının hazırlanması vasitəsilə texniki protokolların və məqalələrin təşkili və yazılmasının öyrənilməsi daxildir. Bundan əlavə, iş haqqında düzgün qiymətləndirmənin, mövqenin və vərdişlərin təkmilləşdirilməsi vacibdir.

2) Əsas gedişat
1. Təcrübəyə başlamazdan əvvəl təcrübənin məqsədini, uyğun nəzəriyyəni, təcrübə prosedurunu, təhlükəsizliyi və ehtiyyat tədbirlərini nəzərə almalısınız.
2. Təcrübələr bir qrup insan tərəfindən aparıldıqda, onlar bir-biri ilə əməkdaşlıq etməlidirlər.
3. Təcrübə avadanlıqları ehtiyyatla idarə olunmalıdır və tutumu və istifadə aralığı xaricində istifadə edilməməlidir. Başqa sözlə, təcrübə avadanlığının əməliyyat prinsipi və təlimatı əvvəlcədən tam şəkildə başa düşülməlidir.
4. Təcrübə haqqında məlumatları, məsələn, nəzəriyyə, məqsəd, metod və nəticələri qeyd etməyi vərdiş edin. Bu məlumatlar təcrübə bitdikdən sonra təcrübənin nəticələrinin baxışı və analizi zamanı lazım olacaq.
5. Təcrübə bitdikdən sonra protokol hazırlamalı və təcrübə nəticələrinin təşkili və analizini qeyd

etməlisiniz.

6. Təcrübə nəticələrini qeyd edərkən, hansı vahiddən istifadə etdiyinizdən əmin olun. Xüsusi hallar istisna olmaqla, MKS vahidlər sistemindən istifadə edin.

3) Təcrübə zamanı təhlükəsizlik qaydaları

Təhlükəsizlik haqqında biliklər, bacarıqlar və yanaşmalar başa düşülməli, onlara digər texnologiyalardan istifadə olunduğu hallarda olduğu kimi riayət olunmalıdır və bu davranış təcrübə ilə formalaşa bilər.

Bununla əlaqədar laboratoriyada ümumi təhlükəsizlik qaydaları aşağıdakı kimidir.

1. Bütün tapşırıqları həyata keçirməzdən əvvəl, avadanlığın vəziyyətini yoxlayın.
2. İş bütün qurğular qaydaya salındıqdan sonra başlamalıdır. Əks halda naqilin qısa qapanması və elektrik şoku meydana gələ bilər.
3. Nəm döşəmədə elektriklə işləyərkən təmas müqavimətinin azalması səbəbilə elektrik sızması və elektrik şoku riski olduğu üçün ehtiyyatlı davranmalısınız.
4. Qurğunun iş prinsipi ilə tanış olmadığınız zaman toxunmayın.
5. İşləyərkən lüzumsuz danışıq və hərəkətlərə yol verməyin.
6. Heç bir şey tələsərək deyil, sakit şəkildə yerinə yetirilməlidir.
7. Baş vermiş hər hansı qəzanı dərhal məruzə edin.
8. Bütün avadanlıqlar ehtiyyatla istifadə olunmalıdır. İstifadədən sonra, onları yerinə qoyun və səliqə ilə saxlayın.

4) Təcrübə protokolunun hazırlanması

Təcrübə protokolunun tərtib olunmasının məqsədi laboratoriyada görülən işləri sənədləşdirmək, təcrübəyə tətbiq olunmuş prinsip və konseptləri hansı dərəcədə başa düşdüyünüzü göstərmək və texniki protokol yazma texnikasını inkişaf etdirməklə yaxşı təcrübə əldə etməkdir.

Təcrübə protokolunu yazmaq üçün qaydalar iki mərhələyə bölünür: hazırlıq protokolu və nəticə protokolu. Hazırlıq protokolu təcrübə ilə əlaqədar məzmunu öncədən izah və təsvir edir, nəzəriyyəyə fokuslanır və təcrübəyə başlamazdan əvvəl onun məzmununu təsdiq edir. Bundan əlavə, təcrübənin protokolu təcrübə üçün tələb olunan dövrə diaqramlarının qoşulması və quraşdırılmasına, ölçü metoduna, ölçü alətinin səlis əməliyyatına, təcrübənin gedişatına və təcrübənin məqsədinə əsasən daha dəqiq məlumat əldə etmək üçün hazırlanmalıdır.

Ümumiyyətlə, protokolun tərtib olunması üçün müxtəlif cür metodlar mövcuddur, lakin onlar, adətən, təcrübənin başlığı, təcrübənin məqsədi, metodu və gedişatı, təcrübənin nəticəsi, baxış-icmalı və ardıcıllığı ilə hazırlanır.

2. Əsas alətlərin növü və istifadəsi

Elektronla əlaqəli təcrübələr bir neçə kiçik elektronik komponentdən istifadə etməklə, təcrübi sxemdə, universal sxemdə və ya çap dövrə sxemində (ÇDS) dövrə formalaşdırmaqdan ibarətdir. Bu metodlar naqilin örtüyünün soyulması metodu, komponenti subtrata əlavə etməzdən əvvəl elektrik naqilinin əyilməsi metodu, elektrik naqilinin subtrata əlavə edilməsi metodu və lehimləmədən sonra elektrik naqilinin kəsilməsi metodu olaraq təsnifləşdirilə bilər. Bu zaman təcrübə üçün lazım olan əsas alətlərin tipləri, istifadəsi və işlənməsini bilmək ehtiyacı yaranır.

Şəkil 1: Elektronik təlim alətləri

Cədvəl 1: Müxtəlif alətlərin adları və istifadəsi

Tip	Forma	Məqsəd
İti ağız kəlbətin		Elektrik naqilinin əsas naqilini və ya onun hissələrini və ya naqilin örtüyünü çıxarmaq üçün istifadə olunur.
Uzun (iynə) burun kəlbətin		Naqilləri soymaq, hissələrin uclarını əymək və ya düzləşdirmək üçün iti ağız kəlbətinlə birlikdə istifadə olunur. Kiçik vintləri saxlamaq, qaykaları bərkitmək və ya boşaltmaq üçün istifadə olunur.
Vintaçan		Vintləri və ya boltları bərkitmək və ya boşaltmaq üçün istifadə olunur. Müsbət (+) və mənfi (-) tipləri mövcuddur və boltun ölçüsünə uyğun olaraq istifadə olunur.
Vintburan		Altıbucaqlı boltları və qaykaları bərkitmək və boşaltmaq üçün istifadə olunur. Boltun və qaykanın ölçüsünə uyğun olaraq istifadə olunur.
Vintaçan		Daha səmərəli iş məqsədilə fırlanan başlıqlı tipləri mövcuddur və kiçik ölçülü vintlərlə işləmək üçün uyğundur. Kiçik elektronik cihazları və onun hissələrini quraşdırarkən və ya təmir edərkən, tətbiq sahəsindən asılı olaraq müxtəlif formalı və ölçülü vintaçanlardan istifadə etmək olar.
Keramik tənzimləmə vintaçan		Uzun və nazik tutacaqla maqnitsiz materialdan hazırlanıb. Nizamlayıcının tənzimlənməsi və ya tezlik xüsusiyyətlərinə həssas olan hissələrdə daha kiçik miqyaslı nizamlamalar üçün istifadə olunur.

Lehimləmə dəmiri		Elektronik dövrələri quraşdırarkən vacib olan hissələri və naqilləri lövhəyə qoşmaq üçün qurğuşunu əridən alətdir. Ərimə nöqtəsi aşağı olan və müxtəlif metallarla bir sıra bənzərlikləri və əlaqəsi olan elektronik dövrələri meydana gətirmək üçün qurğuşundan istifadə olunur. Geniş istifadə olunun çubuq dəmirin 20 ~ 30 W həcmi var və həddən artıq qızmanın qarşısını alan keramik qızdırıcı da mövcuddur.
Lehimləmə dəmiri altlığı		Qızmış lehimləmə dəmirini yerləşdirmək üçün altlıqdır. Qızmış lehimləmə dəmiri polad yastıqcıqda saxlanmalıdır. Lehimləmə dəmirinin ucunu təmizləmək üçün aşağıda suda isladılmış istilik müqavimətinə malik süngərdən istifadə edin.
Lehimsökmə aləti		Qurğuşunu yanlış hissəyə lehimlədikdə, onu sorma qüvvəsi ilə kənarlaşdıra bilərsiniz. Qızmış lehimləmə dəmirinin ucuna həddən artıq qurğuşun yapışdıqda, onun sorma girişini zədələməsinə imkan verməyin.
Lehimləmə dəmirinin ucluq təmizləyicisi		Lehimləmə nəticəsində korlanmış lehimləmə dəmirinin ucluğunun təmizlənməsi üçün dəmir qırıntıları toplusudur. Onu təmizləmə çəninə qoyduqda və sürtdükdə, qalan lehim çirki təmizlənir.
Lehimləmə məcunu (Lehimləmə həlledicilər)		Lehimlənən sahədə pas və ya çirk olarsa, məcunu tətbiq etməklə və qızdırmaqla işləmək asanlaşır. Bununla belə, məcundan az-az istifadə edilməlidir, çünki o turşulu hissələrdən ibarətdir, buna görə də iş başa çatdıqdan sonra qalan məcunu silin.
İD ayırma aləti		İD-ləri (inteqral dövrə) İD patronlarına və ya təcrübi lövhələrə əlavə etmək və ya xaric etmək üçün istifadə olunur. İD kontaktlarını sıxmaq üçün əlinizi zədələyə biləcək İD sıxaclarından istifadə edin.
Naqil soyucu		Elektrik dövrə iki dövrə arasında elektrik yolla birləşdirilib, buna görə də naqili qoşmaq üçün onu soymalısınız. Bu əməliyyat soyma əməliyyatı adlanır. Naqilin qalınlığından asılı olaraq, onu uyğun bir oyuğa qoyun və soyma istiqamətində dartın.
Əllə cilalama dəsti		Məmulatın səthini cilalamaq üçün istifadə olunur. Qurğunun kiçik bir hissəsini əl ilə cilalamaq üçün istifadə olunan cilalama dəstidir.
Altıbucaqlı açar dəsti		Altıbucaqlı başlığı olan boltları bərkitmək və ya boşaltmaq üçün istifadə olunur. Millimetr (mm) və inç (inch) üçün.

Maqqaş		Kiçik hissəcikləri toplamaq və hərəkət etdirmək üçün alətlər. Ehtiyyatlı olun, çünki maqqaşın ucu iti və təhlükəlidir.
Terminal tutqacları		Naqillərin ucundakı terminalları asanlıqla birləşdirmək üçün istifadə olunan alətlərdir. Birləşdiriləcək terminala və tutqacla birləşdirmək üçün istifadə olunur.
Kombinasiyalı kəlbətin		Qalın naqilləri kəsmək və ya əymək üçün istifadə edilir. 150 mm, 175 mm və 200 mm elektrik konstruksiyalarda, 100mm isə elektronik dövrələr üçün istifadə edilir.
RJ-45 modulyar tutqac		RJ-45 başlığını UTP kabelinə qoşmaq üçün alət. Şəbəkə xətləri ilə işlədikdə şəbəkə aləti və kabel soyucu olaraq istifadə olunur.
Elektrik drel		Metal, taxta və s. üzərində dəlik açmaq üçün istifadə edilir. Çəkic drel, drel, üç funksiyalı, düz/əks çevirmə funksiyalı və avtomatik sürət nəzarəti funksiyalarına malik növləri mövcuddur.
Elektronik lehim		180 və 190 °C (360 və 370 °F; 450 və 460 K) arasında əriyən qalay geniş istifadə olunur. Elektrik və elektronik işləri üçün, lehim naqili əllə lehimləmə və həlledici tərkibli əsaslar üçün müxtəlif qalınlıqlarda mövcud olur. Əsasən, elektrik lehimləmə üçün istifadə olunan qalay 188 °C (370 °F) temperaturda əriyən 60/40 Sn-Pb olur. 63/37 Sn-Pb, əsasən, elektrik/elektronik işlərdə istifadə olunur.
Universal PSB tutacağı		Lehimləmə və ya təmir işləri apararkən müxtəlif növ PSB ları təmir etmək üçün istifadə olunur.

3. Lehimləmə metodu

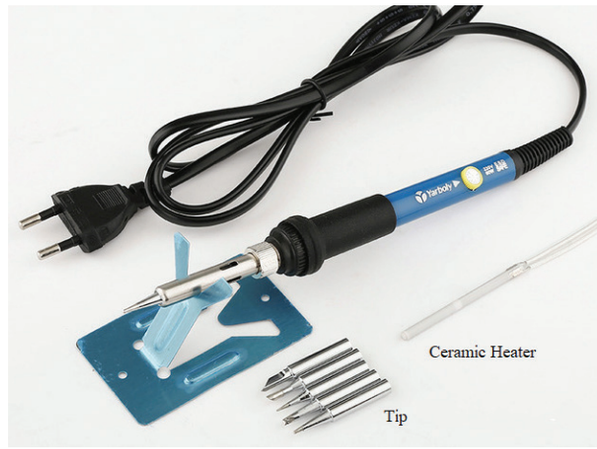
Lehimləmə passiv komponentlər (rezistorlar, kondensatorlar, induktivlik çarxı və s.) və aktiv komponentlər (diodlar, tranzistorlar və inteqral sxemlər) kimi fərqli hissələri birləşdirmək üçün aparılan lehimləmə prosesidir. Bu proses qurğunun etibarlı işlədiyindən əmin olmaq üçün düzgün şəkildə lehimləmə və lazımi təcrübə tələb edir.

1) Lehimləmə alətlərinin tipləri və xüsusiyyətləri

(1) Lehimləmə dəmiri (və ya elektrik polad)

Lehimləmə dəmiri qurğuşunu əriyə biləcəyi temperatura qədər qızdırmaq üçün istifadə olunan alətdir. Ucluq enerji istehlakının şəklinə, ölçüsünə və istifadə təyinatına əsasən seçilir və istifadə edilir. Ümumiyyətlə, enerji istehlakı təxminən 30 və 40 [W] arası olan lehimləmə dəmirindən istifadə edin, elektronik qurğular və ya kompüter konfiqurasiyası dövrələrinin quraşdırılması və təmiri üçün diametri təxminən 4 və 5 [mm] arasında olan ucluq istifadə edilir. Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, lehimləmə dəmirinin ümumi quruluşu tutacaq, ucluğu tənzimləyən vint, qızdırıcı, lehimləmə dəmirinin ucluğu və DC (sabit cərəyan) kabeli hissələrinə bölünür.

a. Temperatura nəzarət növü



b. Keramik qızdırıcı növü

c. Nixrom qızdırıcı növü

Şəkil 2: Lehimləmə dəmirinin quruluşu

- Lehimləmə dəmirinin ucluğunun nizamlanması

- Əgər lehimləmə dəmirinin ucluğunun temperaturu çox yüksək olarsa, lehimlənən səth öz parıltısını itirəcək və lövhə üzərindəki mis folqa ya töküləcək, ya da dağılacaq.

- Əgər lehimləmə dəmirinin ucluğunun temperaturu çox aşağı olarsa, o soyuq olacaq və hissələrin bir-birinə birləşməməsi ilə nəticələnəcək. Bu halda temperaturu yüksəltmək üçün lehimləmə dəmirinin ucluğu qısaldılmalıdır.

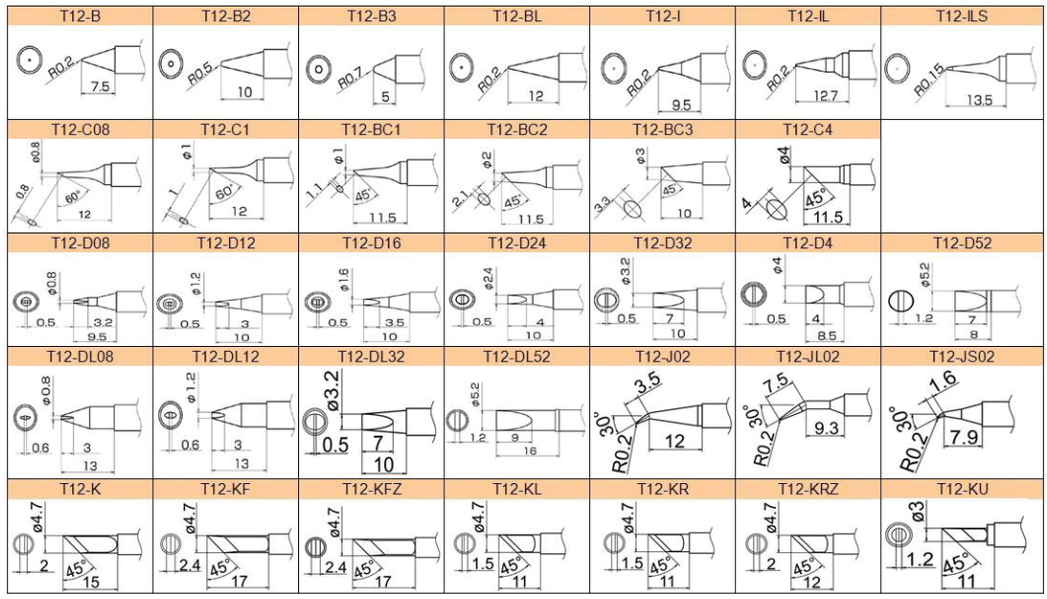
- Lehimləmə dəmirinin ucluğunun seçilməsi

- Adətən, ucluğun tipi I, B, C, D, K, H tiplərinə və ölçülərinə görə bölünür. Ümumiyyətlə, B tipli, I tipli və K tipli ucluqlar daha çox istifadə olunur.

- B tipli ucluğun istiqaməti olmadığı üçün, o böyük və kiçik səthlərdə geniş istifadə oluna bilər. I tipli ucluq B tipli ucluqla müqayisədə iti uclu və ya daha nazik və incə formalarda istifadə edilir. O, həmçinin, dar hissələrdə və ya kiçik ölçülü lehimləmələrdə istifadə olunur. K tipli ucluqla müstəvidə yerləşmiş xətt ilə işləmək mümkündür və uc hissədə nöqtə kimi istifadə oluna bilər.

Cədvəl 2: Lehimləmə dəmirinin ucluğunun növləri və istifadəsi

Ucluğun növü	Səciyyəvi xüsusiyyəti/istifadə sahəsi
B növlü	İstənilən istiqamətdə istifadə oluna bilən və istənilən mövqedə asanlıqla tutula bilən hərtərəfli ucluq növüdür. Kiçik səthlərdən böyüyə qədər istənilən səthi lehimləmək mümkündür.
C/BC növü	Bu növ konusa bənzəyən və ya çəpinə kəsilmiş sütun formasına malikdir. Bu da istifadəçilərə işin həcmindən asılı olaraq kəsiləcək səthin ölçüsünü seçməyə imkan verir. Dartaraq lehimləmə və qurğuşun naqillərin əvvəlcədən qalaylanması üçün istifadə olunur.
CM/BCM növü	Bu növ BC növlü lehimləmə dəmirindən onunla fərqlənir ki, onun kəsiyinin səthinə oyuq əlavə olunub və bu da lehimin möhkəmliyini artırır. Dartaraq lehimləmə və körpüləmənin düzəldilməsi üçün istifadə olunur.
D növü	Bu növ düz uclu vintaçana bənzər görünüşə malikdir və ucluğu 2 yolla tətbiq edərək lehimləmə qabiliyyəti var: xətti və səthi. Eni (ucluğun ölçüsü) işin həcmindən asılı olaraq seçilə və istənilən lehimləmə işi üçün istifadə oluna bilər.
I növü	Bu növün nazik konusşəkilli ucu var və dar aralarda və s. lehimləmə üçün daha uyğun olan həddən artıq incə ucluğa malikdir. 0603 və s. kimi mikro komponentləri lehimləmək və mobil telefonlardakı və s. kimi yüksək sıxlıqlı, montajlanan ÇDS-ni təmir etmək üçün daha uyğundur.
K növü	Bu növün bıçağa bənzər görünüşü var və ucluğu 3 yolla tətbiq etməklə lehimləmə qabiliyyətinə malikdir: xətti, səthi və nöqtəvi. Dar aralarda, körpüləmənin düzəldilməsi və dartaraq lehimləmə üçün istifadə olunur.
J növü	Bu növ B və I tipli lehimləmə dəmirindən onunla fərqlənir ki, onun ucluğunun sonu əyilir və ucluğu 2 yolla tətbiq edərək lehimləmə qabiliyyətinə malikdir: səthi və nöqtəvi. Dartaraq lehimləmə və körpüləmənin düzəldilməsi üçün istifadə olunur.
Dördbucaq növü	Bu növ çoxsaylı kontaktları və ya qurğuşun naqilləri eyni anda isitmək qabiliyyətinə malikdir və SMC-lərin (Səthi Montaj Cihazları) təkrar işlənməsində istifadə olunur. QFP-nin (Quad Flat Package - dörd istiqamətə çıxıntıları olan yastı korpus) ayrılması üçün istifadə olunur.
Tunel növü	Bu növ çoxsaylı kontaktları və ya qurğuşun naqilləri eyni anda isitmək qabiliyyətinə malikdir və SMC-lərin (Səthi Montaj Cihazları) yenidən işlənməsində istifadə olunur. SOP-un (signal output part – siqnalın çıxış hissəsi) ayrılması üçün istifadə olunur.
Mala növü	Bu növ çoxsaylı kontaktları və ya qurğuşun naqilləri eyni anda isitmək qabiliyyətinə malikdir və SMC-lərin (Səthi Montaj Cihazları) yenidən işlənməsində istifadə olunur. Elastik ÇDS-lərin, müdafiə keyslərinin, konnektorun və s. hissələrin termal sıxılması üçün lehimləmədə istifadə olunur.



Dördbucaq növü Tunel növü Mala növü

Şəkil 3: Lehimləmə dəmirinin ucluqlarının növləri və görünüşü (https://www.hakkousa.com)

(2) Qurğuşun (və ya lehim)

Ərimə temperaturunu və lehimin gücünü nəzərə alaraq, 6:4 nisbətində qalay (Sn) və qurğuşun (Pb) qarışdırılır. Qalay tərkibi daha yüksək olarsa, ərimə temperaturu və parıltı aşağı olacaq. Elektronik komponentləri quraşdırarkən, daxili boru meydana gəlir və həlledici maye ilə doldurulmuş qurğuşundan istifadə edir (Sn 50 ~ 60%, Φ1.0 ~ 1.6).

- Yastı qurğuşun: Sənayedə istifadə üçün (tökmə platanın lehimlənməsi və s. üçün)
- Tək əsaslı qurğuşunsuz həlledici: kiçik elektronik cihazlar üçün
- Çoxtərkibli həlledici kürəciklər: böyük elektronik cihazlar üçün

(3) Həlledici maddə

Həlledici maddə möhkəm lehimlənməyə kömək etmək üçün katalizator kimi çıxış edir və əsas materialda (çap dövrə sxemi) görünməyən çirki aradan qaldırmaq və lehimlənmədən sonra qatılaşmış qurğuşunun səthində nazik təbəqə əmələ gətirməklə, oksidləşmənin qarşısını almaq üçün istifadə olunur.

(4) Lehimləmə dəmirinin altlığı və termostat

Siz lehimləmə zamanı işi təhlükəsiz şəkildə yerinə yetirmək üçün lehimləmə dəmiri altlığından istifadə etməlisiniz. Lehimlənəcək olan yerin formasından asılı olaraq, tətbiq sahəsinə görə lehimləmə dəmirinin ucluğunu dəyişmək məqsədəuyğun ola bilər. Boğazın həddən artıq qızmasının qarşısını almaq üçün, boğazdakı ucluğun temperaturunu nizamlamaq üçün termostatdan istifadə edin.

Termostat əvvəlcə maksimal temperaturu qismən azaldaraq və dəstəyi düzgün temperatura nizamlayaraq istifadə olunur. Bundan əlavə, lehimləmə zamanı lehimləmə dəmirinin ucluğunda çirk meydana gəldiyindən, onu təmizləmək üçün həmişə istilik müqavimətli süngərdən istifadə edin.

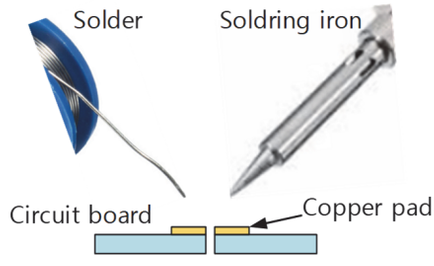
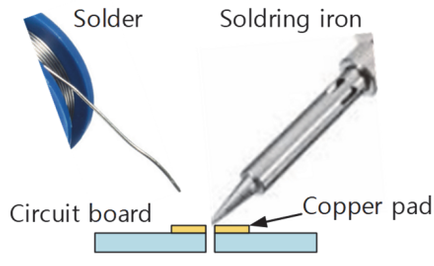
2) Lehimləmə dəmirinin ucluqları və prosedurları

Daha yaxşı lehimləmə işi üçün, ilk olaraq, lehimlənəcək metalın səthini təmizləyin və elə qızdırın ki, soyuq və ya həddən artıq qızmış olmasın. Tam əlaqələndirilmiş vəziyyətdə lehimləmə müvafiq təcrübə və lehimin vəziyyətini ağılla mühakimə etmək bacarığı tələb edir və hər şeydən əvvəl lehimləmə ləvazimatlarından düzgün istifadə olunmalıdır.

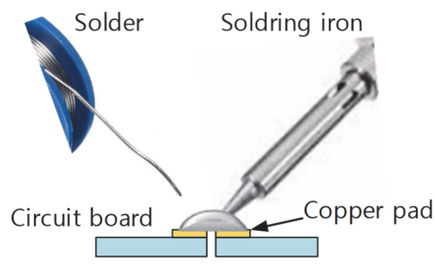
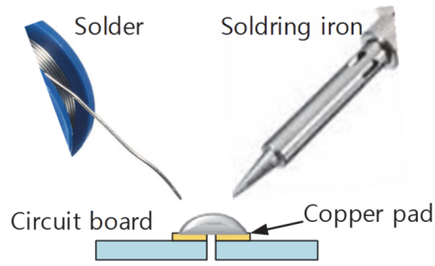
Lehimləmə dəmiri və başlığı lehimləmə sahəsindən və hissələrin montajlama istiqamətindən asılı olaraq qismən fərqlənirlər. İstənilən halda, lehimləmə dəmirinin ucluğunu əsas materialla 45 ° bucaq altında təmas etdirmək daha məqsədəuyğundur.

(Cədvəl 3) sadə lehimləmə prosedurunu təsvir edir.

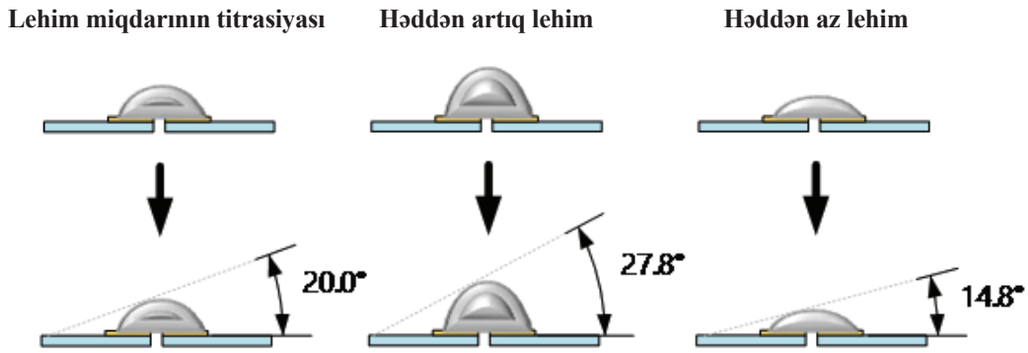
Cədvəl 3: Sadə lehimləmə proseduru

1) Hazırlıq		Lehimləmə dəmirinin ucluğu və başlığını əsas materiala lehimlənəcək olan hissənin nisbətən yuxarı hissəsinə yaxınlaşdırın və lehimlənəcək mövqeni təsdiq edin
2) Lehimləmə dəmirini birləşdirin.		Əsas materialın mis səthini lehimlənəcək olan hissədə lehimləmə dəmirinin ucluğu ilə qızdırın. Qızma müddəti təxminən 2–5 saniyədir və bu müddət əsas materialın tərkibindən asılı olaraq qismən dəyişə bilər.

Solder – lehim
Soldering iron – lehimləmə dəmiri
Circuit board – dövrə maketi
Copper pad – mis altlıq

4) Lehimi kənarlaşdırın.		Müvafiq miqdarda lehim əridikdə lehim kənarlaşdırılır.
5) Lehimləmə dəmirini ayırın.		Əgər lehim parıldayırsa və azca axırsa, lehimləmə dəmirini əsas metaldan ayırın. Bu halda lehimləmə dəmirinin ayrılması sürətinə və istiqamətinə diqqət edin.

Lehimləmə başa çatdıqda Şəkil 4-də göstərilən şəkildə lehimləmənin miqdarı və lehimin maililik bucağı meydana gəlir. Əgər lehimin miqdarı çox və ya azdırsa və ya lehimin birləşmə yeri soyuqdursa, lehimləmə dəmiri ilə qızdırmağa davam etməyin, lehimləmə dəmiri ilə azca axıdın və lazımi qədər lehim materialı əlavə edin. Artıq miqdarı cəld şəkildə kənarlaşdırın və ya lehim kənarlaşdıran ilə artıq lehimi silin və yenidən lehimləyin. Bu halda, mis folqanın qurğuşun ayırıcı tərəfindən dağılmamasına diqqət etmək lazımdır.



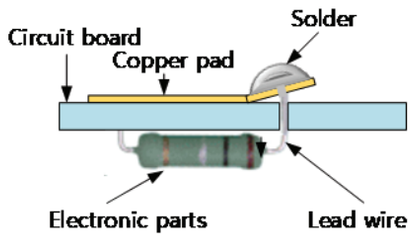
Şəkil 4. Lehimin miqdarı və lehimin maililik bucağı

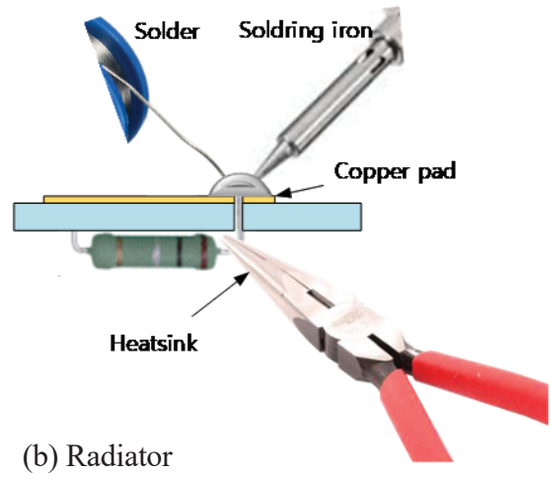
3) Lehimləmə zamanı ehtiyyat tədbirləri

1. Lehimləmə dəmirinin ucluğu işdən əvvəl elə bərkidilməlidir ki, iş zamanı əsməsin.
2. Əgər əsas material lehimləmə dəmiri ilə bərk sürtülübsə və ya bir yerdə həddən artıq müddətdə tutulubsa, bu hal lehim nöqtəsinin soyuması ilə nəticələnəcək. (Şəkil 5) (a)
3. Diodlar, transformator, inteqram dövrə və s. kimi zəif yarımkeçirici hissələrin lehimlənməsi üçün qurğuşun naqilləri (Şəkil 5) (b)-də göstərildiyi kimi, uzun burun kəlbətinlərlə və ya maqqaşlarla saxlayın.
4. MOS, FET və ya C-MOS inteqral dövrələri kimi zəif elektrostatik hissələri lehimləmək üçün torpaqlama qütbünə malik lehimləmə dəmirindən istifadə tövsiyə olunur.

5. Lehimləmə zamanı lehimləmə dəmirini yaxınlıqdakı digər naqil və hissələrə toxunduraraq naqilləri və ya naqillərin hissələrini zədələməyin.

Solder – lehim
Electronic parts – elektronik hissələr
Lead wire – qurğuşun naqil
Circuit board – dövrə maketi
Copper pad – mis altlıq
Soldering iron – lehimləmə dəmiri
Heatsink – radiato

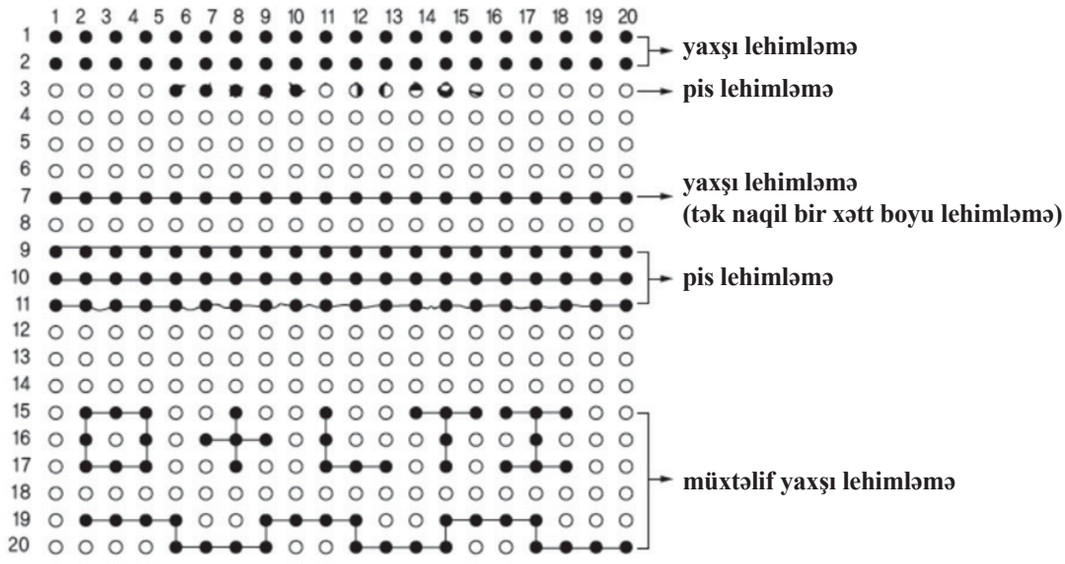




(a) Lehimləmə zamanı qüsurlar (b) Radiator

Şəkil 5. Lehimləmənin iş metodu

6. Lehimləmə bitdikdə Şəkil 6-da göstərilən şəkildə müxtəlif növ lehimləmə halları meydana gələ bilər.



Şəkil 6. Müxtəlif lehimləmə halları

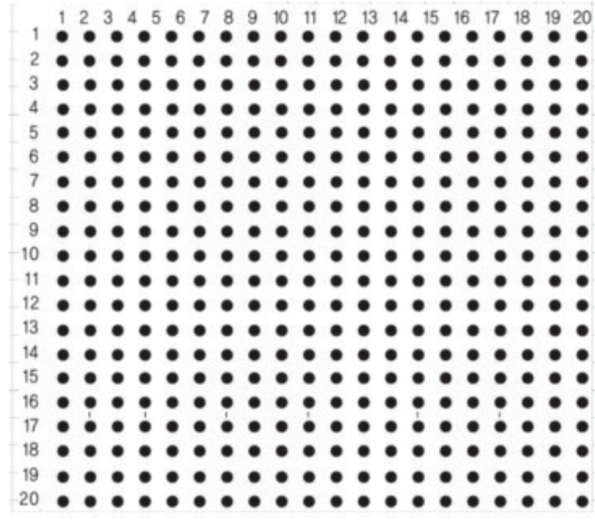
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Aləti tapşırıqdan kənar məqsədlər üçün istifadə etməyin.
2. Lehimləmə dəmirindən istifadə edərkən əlinizi yandırmayın.
3. Lehimləmə dəmirindən istifadə etmədikdə onu həmişə söndürün.
4. Lehimləmə dəmirlərindən istifadə etdikdə onları lehimləmə dəmiri altlığında yerləşdirin.
5. Alətdən istifadə etdikdən sonra onu fərdi alət qutusunda və ya müvafiq yerdə saxlayın.
6. Lehimləmə dəmirinin ucluğu isti ikən elektrik naqilinin başlığına toxunmayın.
7. Lehimləmə işi zamanı yaxşı havalandırılmalıdır.
8. Lehimləmə dəmirinin yaxınlığında tez alışan maddələr saxlamayın.

Təcrübə mərhələləri

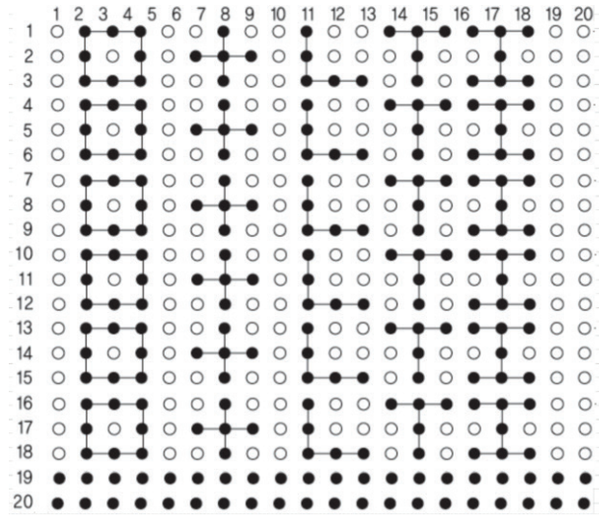
1. Universal sxem lövhəsinin mis lehimləmə səthi

1. Universal ÇDS (28 x 28) hazırlanır.
2. Lehimləmə üsulunu öyrəndikdən sonra, mis səthlərin hər birini yavaş-yavaş lehimləyin. Mis folqa lehimləmə dəmiri vasitəsilə əvvəlcədən qızdırılır, sonra isə kifayət qədər lehim tətbiq olunduqda lehimi kənarlaşdırmaq üçün lehim mis folqanın üzərinə qoyulur. Qurğuşun su damcısı şəklində əridikdə və yarımdairə formasını aldıqda həlledici tükənməzdən əvvəl lehimləmə dəmiri səthdən dərhal ayrılır (sağ tərəfdəki şəkilə baxın).
3. Lehimin miqdarı əvvəldən sona qədər eyni miqdarda olur. Lehimlənəcək mis folqa lehimlənmədən əvvəl silinib təmizlənməlidir. Bundan əlavə, yaxşı lehimləmə temperatur yoxlayıcı vasitəsilə təmin oluna bilər.
4. Mis folqanın səthi substratdan qopmamasına əmin olun. Lehimləmə dəmiri həddən artıq qızdıqda, mis folqanın qopa biləcəyi səbəbindən lehimləmə 1-2 saniyə ərzində tamamlanmalıdır.



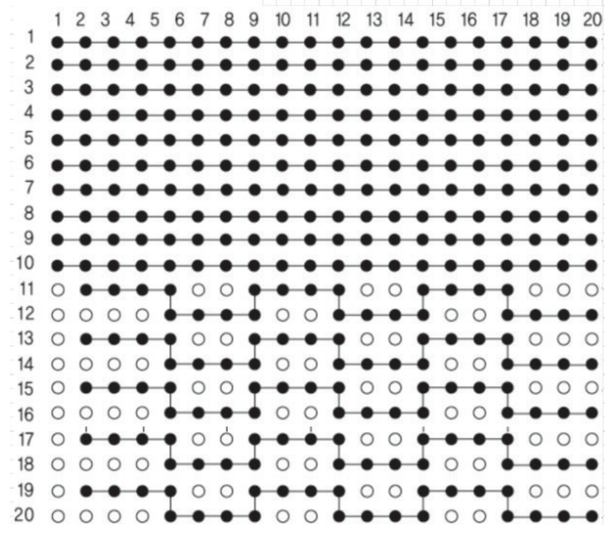
2. Tək naqil ilə lehimləmə

1. İti ağız kəlbətindən istifadə edərək, naqili 2-3 [sm] uzunluğunda kəsin.
2. Kəsilmə xəttinin hər iki ucunda 3 [sm] uzunluğunda zolaqlar kəsin və düzləşdirin.
3. Universal ÇDS (28 x 28) hazırlayın.
4. Tək naqil lövhəyə lehimləndikdən və möhkəmləndikdən sonra iti ağız kəlbətin vasitəsilə naqilin mis folqanın səthindən kənarda qalan hissəsini kəsin. Əmin olun ki, naqil tərpənməsin.
5. Universal sxem lövhəsini tək naqildən istifadə etməklə sağ tərəfdə göstərilən şəkildə lehimləyin.
6. Lehimlənəcək hər dəliyin ölçüsü sabit olmalıdır və lehim elə lehimlənməlidir ki, dəliklər lehimlə birləşdirilməsin. Hər dəliyin lehim tərəfi barmaqla basıldıqda asanla itələnməlidir və mis folqa düşməməlidir.



3. Naqillərin lehimlənməsi

1. İti ağız kəlbətindən və uzun burun kəlbətindən istifadə etməklə, tək naqilin örtüyünü soyun və spiral ilə lehimləməyə hazırlaşın. Naqilin qırılmadığından əmin olun.
2. Naqili sağ tərəfdə təsvir olunmuş şəkildə lehimləyin.
3. Universal ÇDS-də lehimləmə işi apararkən, kəsilmə lövhədən ayrılmamalıdır və naqillər birləşdirilməməlidir.



4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Alətin adını və ondan istifadə qaydasını izah etdimi? 2. Lehimlənmənin düzgün həyata keçirilməsindən əmin oldumu? - ÇDS-dəki dəliklərin düzgün lehimlənməsini apardımı? - Tək naqilin universal ÇDS-də düzgün lehimlənməsi şərtlərini izah etdimi? - Universal ÇDS üzərindəki naqilin lehimlənmə şərtlərini düzgün izah etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi*

Təcrübənin nəticələrinin hesabatı			
Təcrübənin adı	Lehim, əsas alətlər və lehimləmə dəmiri	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübənin nəticələrinin cədvəli

(1) ÇDS-dəki boş dəlik lehimləməsinin yoxlanması

- Lehimləmə vəziyyəti: həddən artıq və ya həddən az lehim, lehimin olmaması, misin qalxması, yan tərəfdəki mislə ayrılma məsafəsinin pozulması, naqilin, digər hissələrin zədələnməsi və s.

(2) Sxem lövhəsində tək naqil lehimləməsinin yoxlanması

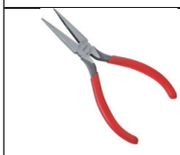
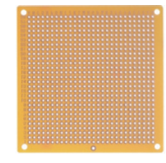
- Lehimləmə vəziyyəti: həddən artıq və ya həddən az lehim, lehimin olmaması, misin qalxması, yan tərəfdəki mislə ayrılma məsafəsinin pozulması, naqilin, digər hissələrin zədələnməsi və s.

(3) ÇDS-də naqillərin lehimlənməsinin yoxlanması

- Lehimləmə vəziyyəti: həddən artıq və ya həddən az lehim, lehimin olmaması, misin qalxması, yan tərəfdəki mislə ayrılma məsafəsinin pozulması, naqilin, digər hissələrin zədələnməsi və s.

2. Baxış və izah

(1) Aşağıda göstərilən alətlərin adını və istifadə məqsədini yazın.

Şəkil	Ad	Məqsəd
		
		

(2) Lehimləmə dəmirinin ucluğunun lehimləmə dəmirinə necə quraşdırıldığını izah edin.

(3) Lehimləmənin nə üçün istiliyə qarşı həssas komponentləri tutan maqqaşlar və ya digər alətlər vasitəsilə edildiyini izah edin.

2. Müxtəlif elektronik komponentlərin oxunması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*
1. Simvolları və qütbləri izah edə biləcək;
2. Elektronik komponentlərin xüsusiyyətlərini və istifadə qaydasını izah edə biləcək;
3. Hissənin mütləq qiymətini və vahidini oxuya biləcək.

Təcrübə materialları:
1. Rezistor: növə uyğun, bir neçə
2. İnduktivlik çarxı: növə uyğun, bir neçə
3. Kondensator: növə uyğun, bir neçə
4. Müxtəlif yarımkeçirici cihazlar: növə uyğun, bir neçə
5. Sensor: növə uyğun, bir neçə
6. Digər elektronik komponentlər: növə uyğun, bir neçə

Avadanlıq və alətlər:
1. Multitester

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Elektronik komponentlərə ümumi baxış

Elektronik komponentlər elektrik və elektronik avadanlıqlarda istifadə olunan minimum komponentlərdir. Onlar müxtəlif elektronik cihazların ümumi sistem funksiyalarında gücləndirici, qəbuledici və ossiloqraf kimi xüsusi funksiyaları yerinə yetirmək üçün istifadə olunur və bir-birlərinə qoşulurlar.

1) Elektronik komponentlərin təsnifatı
1. Passiv hissələr: Passiv cihazlar müstəqil şəkildə heç bir əməliyyatı yerinə yetirmir, lakin aktiv komponentlərin əməliyyatını tamamlamaq və ya əlaqələndirmək üçün rezistor, sarğı və kondensatorlar kimi aktiv cihazlarla əlaqələndirilə bilərlər.
2. Aktiv hissələr: Aktiv cihazlar kənardan elektrik enerjisi ilə təchiz olunan və düzləşdirmək, gücləndirmək və ya dəyişmək üçün elektrik siqnallar meydana gətirir. Sadəcə elektrik təchiz etməklə giriş və çıxış arasında sabit əlaqə təmin olunur. Tranzistorlar, induktivlik çarxı, diodlar və əməliyyatçı gücləndiricilər (OP AMP) bu növ cihazlara aiddir.
3. Köməkçi hissələr: Köməkçi cihaz dövrənin çevirmə əməliyyatları ilə əlaqələndirmə funksiyasını yerinə yetirən hissədir və buraya çevirici, konnektor, çap edilmiş dövrə platası, terminal, batareya və oxşar hissələr aiddir.

2) Elektronik hissələrdən istifadə
1. Hissələrin növləri: Eyni hissələrin bir neçə növü mövcuddur və hər növün özünəməxsus xüsusiyyətləri var. Buna görə də, məhsulların xarakteristikalarının daha yaxşı şəkildə başa düşülməsi məqsədəuyğundur.

2. Hissələrin spesifikasiyası: Hər hissənin istifadəsinə uyğun spesifikasiyaları mövcuddur. Bu spesifikasiyaları başa düşmək və müvafiq şəkildə istifadə etmək layihələndirmənin bir hissəsidir.
3. Maksimal qiymət aralığı: Hər bir komponentin aldığı maksimal qiymət aralığı var və bu aralıq daxilində istifadə edilməlidir. Bu aralıqdan kənara çıxdıqda, hissələr zədələnəcək, buna görə də müəyyən olunmuş aralıqda istifadə olunmalıdırlar.
4. Görünüş və ölçülər: Bəzi hissələr eyni ölçüdədir, bəziləri kiçik, bəziləri isə böyükdür.
5. İstilik generatorunun nəzərə alınması: Elektronik hissələrin bir çoxu əməliyyat zamanı istilik yaratmaq xüsusiyyətinə malikdir. Xüsusilə enerji təchizatı və ya yüksək cərəyan şiddəti ilə işləyərkən bu hissələr üçün istilik ayrılması nəzərdə tutulmalıdır.

2. Müxtəlif elektronik hissələrin növləri

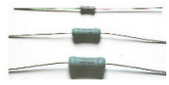
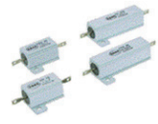
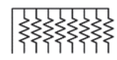
Elektronik dövrə diaqramları simvolik birləşmələrdən ibarətdir. Dövrələri başa düşmək, quraşdırmaq və təmir etmək üçün müxtəlif elektronik komponentləri və simvolları tanımaq lazımdır. Elektronik komponentlər hər hissəni ayırd etmək qabiliyyətinə malik olmalıdır, çünki onlar tətbiqetmə şəraitinə, hissənin hazırlandığı materiala, istifadə olunan gərginlik və tezliyə, tutuma və spesifikasiyaya uyğun şəkildə dəyişir.

1) Rezistor

Rezistor cərəyan konduktordan keçərkən elektrik axınını kəsən komponentdir. Kənarlaşmanın miqyası elektrik müqaviməti adlanır. Elektrik müqaviməti cərəyanın rezistordan keçən gərginliyə nisbətidir, simvolu R və ölçü vahidi Ω (Om)-dur. Rezistorlar sabit və dəyişən rezistorlara ayrılırlar və istifadə olunan materialdan asılı olaraq, karbon-əsaslı və metal-əsaslı kimi təsnif olunurlar. Cədvəl 2-də rezistorların növləri təsvir olunur.

Cədvəl 1: Rezistorun növləri

Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
Karbon lent rezistor			- Ümumi təyinatıdır, ən ucuz və geniş istifadə olunan rezistor növüdür. - Ən geniş istifadə olunan müqavimət növü keramik çubuğa lent şəklində karbon tozunun çəkilməsi ilə hazırlanan və müqavimət qiymətini nizamlamaq üçün spiralşəkilli yivlərin oyulduğu rezistordur.
Bərk rezistor, Karbon tərkibli rezistor			- Müqavimət qiymətini nizamlamaq üçün qarışıq material ilə qarışdırılmış və sıxac polimerlə birlikdə tökülmüş karbon tozunun müqavimətidir. - Yüksək dəqiqliyə malik rezistor hazırlamaq çətindir, çünki bu, tək rezistordan ibarət cihazdır. Lakin yüksək gərginlik müqavimətinə və yüksək müqavimətə malik kiçik ölçülü rezistor hazırlamaq asandır. - İstehsal xərcinin aşağı olması və yüksək tezliyə malik olması əsas xarakteristikalarıdır, lakin nəmliyə qarşı həssas və temperatur əmsalı yüksəkdir.

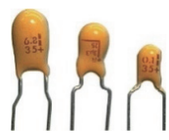
Metal lent rezistor			- Vakuum buxarlanma və püskürtmə üsulu ilə lent şəklində keramik çubuğa nixrom, nitrid titanı, nitrat titanı və xrom qalayın tətbiq etməklə oyma və müqavimət qiymətini nizamlama yolu ilə hazırlanan rezistordur. - Yüksək tezlik səbəbilə rəqəmli dövrələrdə geniş şəkildə istifadə olunur.
Metal oksid lent rezistor			- Keramik çubuq keçirici nazik metal oksid lenti ilə örtülərək kəsmə, izolyasiya və qoruyucu örtük tətbiq etməklə rezistor meydana gəlir. - Kiçik ölçülü, yüksək gücə malik rezistorlar hazırlana bilər, yüksək temperaturun sabitliyi, səs və tezlik xarakteristikalarına malik rezistorlar da yüksək keyfiyyətli rezistorlardır. - Xüsusilə istiliyə dözümlüdür və aşağı şiddətə malik bir neçə cərəyanı keçirə bilər, buna görə də elektrik dövrələrində və digər qurğularda geniş şəkildə istifadə olunur.
Sement rezistor			- Rezistoru temperatur və rütubətdən qorumaq üçün sement qəlibinin içinə qoymaqla hazırlanır. - Yüksək dözümlülüyə malik gərginlik xarakteristikalarına malikdir və yüksək temperatura dözümlüdür.
Metal lövhə rezistoru			- İstiliyin daha yaxşı paylanması üçün radiator qabırğalarına malik metal qutunun içinə yerləşdirilmiş rezistordur. - Metal lövhə ilə örtülmüş metal qutu, adətən, alüminiumdan hazırlanır.
Qalın lent rezistorlar			- Kiçik elektronik sxem və bir çox hissələrin SMT (Səthə montaj texnologiyası) üsulu ilə quraşdırıldığı yeni növ rezistordur. - Bu çip növlü rezistorlar qalın lentşəkilli rezistorların keramik substrata yerləşdirilməsi ilə hazırlanır və ölçüsü getdikcə kiçilməkdədir. - Yüksək tezlik xarakteristikasına və kiçik ölçüsünə görə, mobil telefonlar və kompüterlər kimi ən yeni cihazların bir çoxu çip növlü rezistorlardan istifadə edir.
Blok rezistor			- Komponentlərin təmas səviyyəsini artırmaq üçün bir neçə rezistor bir qablaşdırmaya yerləşdirilir və rezistor şəbəkəsi formalaşdırılır. - Görünüşdə bir neçə başlıq çıxıntısı olur və səciyyəvi başlıqlı blok rezistoru olan çip növlü çip şəbəkə rezistoru mövcuddur

Karbon lent növlü dəyişən rezistor			- Dəyişkən rezistorun ən geniş yayılmış növüdür. - Müqavimət qiymətini nizamlamaq üçün karbon örtük izoləedici materialına tətbiq edilir və rezistorun bir elektrodu müqavimət qiymətini nizamlamaq üçün karbon lentlə ötürülür.
Sement növlü dəyişən rezistor			- Metalkeramika (keramika və metal qarışığı olan rezistor) və izolyasiyadan istifadə edən dəyişən rezistordur. - Metalkeramika karbon lentdən daha dözümlüdür və müqavimət qiymətini daha dəqiq şəkildə nizamlaya bilər. - Aşağı temperatur əmsalına və rütubətə yüksək dözümlülüyə malikdir, lakin bahalıdır, buna görə də əsasən analoq dövrədə sürüşmənin nizamlanması və səviyyənin nizamlanması dövrəsi kimi sürüşmə hallarına nəzarət üçün istifadə olunur.
Dolaqlı dəyişən rezistor			- Naqil dolaqlı sabit rezistorda olduğu kimi, müqavimət naqilləri izolyator nüvəsi ətrafına dolanır. - Dolaq növü səbəbilə böyük enerji növlü rezistor istehsal etmək asan olduğuna görə, əsasən, cərəyan və elektrikə nəzarət etmək məqsədilə dəyişən müqavimət hissəsi üçün istifadə olunur, lakin yüksək müqavimət qiyməti əldə etmək çətindir. - İnduktiv komponentlər asanlıqla yaranır və yüksək tezliyə malik dövrələr üçün uyğun hesab edilmir.
Yarı-sabit dəyişən rezistor			- Həcm rezistorlarından fərqli olaraq, əsasən, dövrənin birbaşa dövrə platasına quraşdırılmasının əməliyyat nöqtəsini dəqiq nizamlamaq üçün istifadə olunur. - Metal qutunun xarici hissəsindəki tutacaqlar əvəzinə (-) və (+) vintaçanlarla nizamlana bilər
Prezision potensiometr			- Prezision potensiometr 1-270 dərəcə fırlanma bucağına malik ümumi təyinatlı dəyişən rezistordan 2 dəfə daha çox fırlanmaqla, müqavimət qiymətini daha dəqiq şəkildə nizamlaya bilən rezistordur. - Həcm növlü və yarı-sabit növlü rezistorlar mövcuddur. Əsasən, yarı-sabit növlü rezistorlar istifadə olunur. - Metalkeramika rezistorları və ya naqil dolaqlı rezistorlar yüksək dəqiqlik tələb edən dövrələrdə istifadə olunur.

2) Kondensator

Kondensator elektrik enerjisini sabit cərəyanda saxlayan, lakin müqavimət qiymətinin DC –dakı (sabit cərəyandakı) tezliklə dəyişdiyi rezistor kimi fəaliyyət göstərən funksional komponentdir. Saxlanan miqdar elektrik tutumu və ya sadəcə tutum adlanır, C simvolu ilə işarələnir və F (farad) vahidi ilə ölçülür. Cədvəl 2-də göründüyü kimi, müxtəlif növ kondensatorlar mövcuddur.

Cədvəl 2: Kondensatorun növləri

Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
Keramik kondensatorlar			- Titan-barium titanat kimi yüksək dielektrik sabitə malik material elektrodlar arasında dielektrik kimi istifadə olunur. - Yüksək tezlik xarakteristikaları qənaətbəxşdir və dövrələmə üçün istifadə olunur. - Keramik kondensatorun elektrod qütblüyü yoxdur
Poliefir örtüklü kondensator			- Nazik poliester lent hər iki tərəfdən metal daxil etməklə silindr şəklinə salınır. - Elektrod qütblüyü yoxdur.
Elektrolit kondensator			- Nazik oksid lenti dielektrik kimi, alüminium elektrod kimi istifadə olunur. - Əsasən, enerji təchizatını bərabərləşdirmə dövrəsi, aşağı tezlikli dövrələmə və s. üçün istifadə olunur. - Qütblərə diqqət edin (+, -).
Tantal kondensator			- Elektrod qismində tantal adlanan materialdan istifadə edən elektrolit kondensator növüdür. - Elektrolit kondensatorla müqayisədə daha yaxşı tezlik göstəricisinə, lakin daha aşağı daxili təzyiqə və aşağı tutuma malikdir. - Qütblərə diqqət edin (+, -).
Çip növlü kondensator			- Son dövrlərdə elektronik cihazların kiçilməsi səbəbilə kiçik ölçülü kondensatorlardır, çip kondensatorlar bir çox elektronik məhsullarda istifadə olunur. - Məsələn, 1005 simvolunda ilk iki rəqəm 10 kondensatorun eninə uzunluğunun 10 millimetr olduğunu və sondakı 05 rəqəmləri kondensatorun uzunluğunun 0.5 millimetr olduğunu göstərir.
Trim kondensator			- Keramik (maqnit), poliester lent və ya oxşar material dielektrik kimi istifadə olunur. - Yüksək tezlikli dövrənin və ya generatorun tezliyini dəqiq kökləmək üçün istifadə olunur. - Qütblük yoxdur.
Dəyişən kondensator			- Havadan dielektrik kimi istifadə edir. - Radio dalğalarını seçən tənzimləyici üçün istifadə olunur. - Qütblüyü yoxdur.
Super kondensator			- Super kondensator yüksək tutuma malik kondensatordur. O, kimyəvi reaksiyadan istifadə edən batareyadan fərqli olaraq, elektroda və ya elektron interfeysə sadə ion ötürməsi və ya səthin kimyəvi reaksiyası vasitəsilə doldurmadan istifadə edir. - Sürətli dolma tutumuna malikdir və yüksək dolma / boşalma səmərəliliyinə və ya yarı-daimi istifadə müddətinə malikdir.

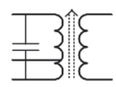
3) İnduktivlik çarxı

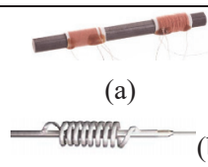
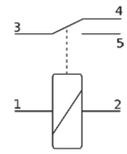
Çarx və transformator eyni növə aid olsa da, müxtəlif xarakteristikaya və istifadə üsuluna malikdirlər. Lakin hər ikisi induksiya vahidinə uyğun həcmə malik olur və elektromaqnit induksiyasından eyni şəkildə istifadə edirlər.

Çarxın yüksək tezlikli siqnala müqaviməti induksiya adlanır. Simvolu L, vahidi Henri-dir (H).

Transformator birinci və ikinci sarğıların dönmə sayını dəyişməklə gərginliyin həcminə dəyişə bilən komponentdir və enerjinin gücləndirilməsi zamanı müqavimətlərin uyğunlaşdırılması üçün istifadə olunur. Cədvəl 3 çarx və transformatorun xarakteristikalarını təsvir edir.

Cədvəl 3: Sarğı və transformatorların növləri

Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
İnduksiya çarxı	(a) (b) (c)		(a) Naqilsiz induktivlik çarxı: Daxildə nüvə yoxdur və yalnız sarğı mövcuddur. Yüksək tezliyə malikdir (b) Polad naqilli induktivlik çarxı: Aşağı tezlik səbəbilə sarğı metal nüvəyə dolanıb (c) Ferrid nüvəli induktivlik çarxı: Yüksək tezlikli sarğı
Dəyişən induksiya çarxı			- İnduksiyanın qiyməti dəyişə bilər. - Orta tezlikli tənzimləmə çarxı (ORK)
Radio tezlikli transformator			- Radio tezlikli transformator qəbuledicinin həssaslığını və sabitliyini yaxşılaşdırmaq məqsədilə superheterodin qəbulediciyə qəbul edilən tezliyi aşağı salmaq üçün orta tezlikli gücləndirmə dövrəsində istifadə oluna bilər. - AM üçün orta tezlik 455 kHz, FM üçün 10.7 MHz istifadə olunur və dörd rəngdən ibarətdir (sarı, yaşıl, narıncı, mavi, və s).

Transformator			- 200V (110V) dəyişən cərəyanı elektronik dövrə üçün zəruri olan gərginliyə çevirir. - Həm də transformator kimi məlumdur, yüksələn və azalan transformatorlar mövcuddur. - Tezliklərin uyğunlaşdırılması üçün istifadə olunur
Audio transformator			- GT (giriş transformatoru) yaşıl və ya mavidən istifadə edir. - GT gücləndiricinin içinə yerləşdirilməklə tezliklərin uyğunlaşması üçün istifadə olunur. - SC-nın izolyasiyası və faza çevrilməsi üçün istifadə olunur
Audio transformator			- ÇT qırmızıdan istifadə edir. - ÇT gücləndiricinin çıxışı və səsucaldan arasındakı tezliyi uyğunlaşdırmaq üçün istifadə olunur.
Antena Sarğısı	 (a) (b)		(a) AM radiosu üçün kökləmə sarğısı kimi istifadə olunur. (Antena sarğısı) (b) 26-30 MHz Spiral sarğı
Rele			- Elektrik cərəyanı çarxa axdıqda maqnitə çevrilmə funksiyasına malikdir. - Elektrik cəhətdən müstəqil dövrələr bir-birləri ilə istifadə oluna bilər.
Solenoid induksiya çarxı			- Solenoid naqilin dar silindr şəklində dolanması ilə hazırlanan cihazdır. - Solenoid əsasən elektromaqnit kimi istifadə olunur, çünki o, elektrikin solenoidə axması ilə maqnit sahəsi generasiya edə bilir. - Solenoidlər dəyişən cərəyandan istifadə edən elektronik dövrələr üçün istifadə olunan induktivlik sarğıların bir növüdür.

4) Yarımkeçirici

Çarx və transformator eyni növə aid olsa da, müxtəlif xarakteristikaya və istifadə üsuluna malikdirlər. Lakin hər ikisi induksiya vahidinə uyğun həcmə malik olur və elektromaqnit induksiyasından eyni şəkildə istifadə edirlər.

Çarxın yüksək tezlikli siqnala müqaviməti induksiya adlanır. Simvolu L, vahidi Henri-dir (H).

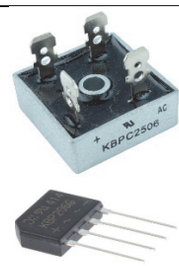
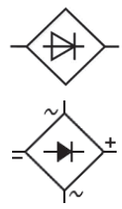
Diod cərəyanı yalnız bir istiqamətdə keçirən yarımkeçirici komponentdir.

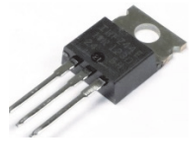
Diod iki terminala malikdir və cərəyan bir istiqamətdə axır, lakin əks istiqamətdə axa bilməz. Cərəyanın axa biləcəyi istiqamət düz istiqamət, cərəyanın axa bilmədiyi istiqamət əks istiqamət adlanır.

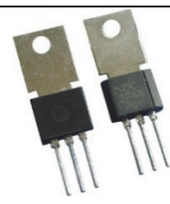
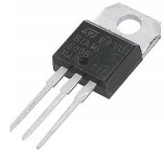
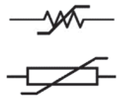
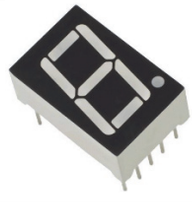
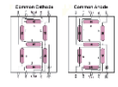
Tranzistor cərəyanı gücləndirə bilən komponentdir. Tranzistorlar yarımkeçiricilərin kombinasiyasından asılı olaraq, PNP (müsbət-mənfi müsbət) və ya NPN (mənfi-müsbət-mənfi) şəklində təsnif oluna bilərlər. PNP və NPN növlərində cərəyanın istiqaməti fərqli olur.

NPN növü (-) gərginlik tərəfinin torpaqlandığı və (+) gərginlik tərəfinin enerji ilə təchiz olunduğu dövrəyə asanlıqla tətbiq edilir. Tranzistorun quruluşuna cərəyan daşıyıcısına daxil edilən emitter (E), daxil edilmiş daşıyıcıya nəzarət edən baza (B) və cərəyan daşıyıcısını toplayan kollektorun (K) elektrodu daxildir. Cədvəl 4 müxtəlif yarımkeçirici cihazların simvollarını və tətbiq sahələrini təsvir edir.

Cədvəl 4: Müxtəlif yarımkeçirici cihazlar

Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
Rektifikator diodu			- 1N5408 3A 1,000V Rektifikator diodu - Dəyişən cərəyan sabit cərəyana Düzəldir - Rektifikator dövrələrində istifadə olunur
Diod körpüsü			- Dörd diodun birləşməsidir. - Əsasən, DC-nın tam dalğa düzəltməsində istifadə olunur. - Daha geniş enerji sistemi istiliyin paylanması qurğusunun birləşdirilə bildiyi quruluşa malikdir.
Detektor diod			- 1N60 Germaniumlu Detektor diodu - Detektor diodu yüksək tezlikdə istifadə olunur. - Aşkaretmə dövrəsində (demodulyasiya) istifadə olunur.
Varikap diod			- MV2115 100pF Kökləmə diodu - FM, FS modulyasiyaları - Dəyişən tutumlu dioddur. - Varikap və ya Varaktor adlanır. - Yüksək tezlikli sinxronizasiya zamanı istifadə olunur.
Zener diodu			- 1N4728 3.3V 1/2W Zener diodu - Sabit gərginlikli diod adlanır. - İstinad gərginliyi kimi istifadə olunur. - Cərəyan düz istiqamətdə axır və əks istiqamətdə axmır.
Tunel (Esaki) diodu			- Esaki diodu adlanır. - Mənfi müqavimət xarakteristikasına malik tunel diodudur. - Mikrodalğalı generator sxemlərində istifadə olunur.

LED			- İşıq yayan diod - Elektrik enerjisini işıq enerjisinə çevirir. - Lüminessent xüsusiyyətlər tətbiq etməklə, optik sensor kimi istifadə olunur. - Həm də indikatorlar və ekranlar üçün istifadə olunur.
Fotodiod			- BPX65 Tam spektrli Si Foto diodu - İşıq enerjini elektrik enerjisinə çevirir. - Optik aşkar etmə dövrəsində istifadə olunur.
Fototranzistor			- Tranzistordan axan cərəyan işığın intensivliyi ilə dəyişir. - İstifadəsi: Optik çevirici, qısa məsafəli optik rabitə cihazı, işarələrin detektoru kimi istifadə olunur.
Foto Coupler			- İşıq yayan diodlar və fototranzistorlar birlikdə plastik boruya yerləşdirilir. - Əksetmə və ötürmə növləri mövcuddur və sensorlar kimi istifadə olunur. - Siqnalın giriş tərəfi və siqnalın qəbul tərəfi fiziki olaraq tam şəkildə ayrılıb.
Tranzistor			- NPN və PNP növləri gücləndirmə və çevirmə üçün yarımkeçirici cihazlar qismində istifadə olunur. - Tranzistorun spesifikasiyası 2SAxxx PNP yüksək tezlik növü 2SBxxx PNP aşağı tezlik növü 2SCxxx NPN yüksək tezlik növü 2SDxxx NPN aşağı tezlik növü
STT (J-FET - Sahə təsirli tranzistor)	 	 (a) (b) (c) (d)	- Sahə təsirli tranzistor (STT) cihazın elektrik davranışına nəzarət etmək üçün elektrik sahəsindən istifadə edən tranzistordur. STT-lər həm də birqütblü tranzistorlar adlandırılır, çünki onlar tək-daşıyıcı tipli əməliyyatları yerinə yetirirlər. Sahə effektli tranzistorların müxtəlif tətbiq sahələri mövcuddur. - Birləşmə tipli FSETc (JFET) və MOS FET. (a) P (müsbət) kanallı J-FET (b) N (mənfi) kanallı J-FET (c) P (müsbət) kanallı MOS FET (d) N (mənfi) kanallı MOS FET

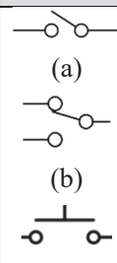
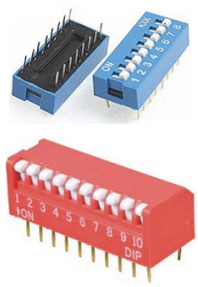
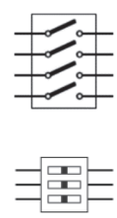
TBT (təkbirləşməli) tranzistor			- Mənfi müqavimət xarakteristikasına malikdir. - İkibazalı diod adlanır. - Trigger generatoru kimi istifadə olunur. - Ən yüksək cərəyan aralığı genişdir və trigger gərginliyi sabitdir. - P və N kanal növləri olur.
PTT (Proqramlaşdırıla bilən təkbirləşməli) tranzistor			- PTT proqramlaşdırıla bilən təkbirləşməli tranzistordur. - TBT-nun fəaliyyətini dəyişkən etmək üçün hazırlanmış PTT istifadəçi tərəfindən müəyyən aralıqda genişləndirilə bilər. - TBT sabit performanslı, PTT isə dəyişkən performanslı elementdir.
SNR (Silikon nəzarətli rektifikator)			- SNR birtərəfli nəzarət elementidir və dördqatlı pnpn birləşməli quruluşa malikdir. - Trigger impulsu giriş vasitəsilə daxil olduqda, anoddan katoda ötürülür.
TRIAC (Triod DC çeviricisi)			- TRIAC üçqütblü DC nəzarət cihazına istinad edir. Quruluşu beşqatlı P-növlü və N-növlü yarımkeçiricilərdən, iki əsas elektroddan və bir giriş elektrodundan ibarətdir. - TRIAC hər iki istiqamətdə DC gərginliyinə və cərəyan şiddətinə nəzarət edir.
DIAC (Diod DC çeviricisi)			- İki istiqamətli, iki terminallı çevirmə elementidir, həmçinin SSÇ (Silikon simmetrik çevirici) adlanır. - PNPNP (müsbət-mənfi-müsbət-mənfi-müsbət) beşqatlı quruluşu girişi aradan qaldırır.
Termistor			- Müqavimət qiyməti temperatur dəyişikliyi ilə dəyişən cihazdır. - Temperaturun aşkar edilməsi və ölçülməsi üçün istifadə olunur. - NTC (mənfi temperatur əmsalı) və PTC (müsbət temperatur əmsalı) növlərinə malikdir.
Varistor			- Müqavimət qiyməti gərginliyin dəyişməsi ilə dəyişir. - Tətbiq: Yüksək gərginlik ötürməsinin qarşısını alır.
7-seqmentli ekran (FND)			- Anod ümumi növü və katod ümumi növü mövcuddur. - 7SE LED-lərlər ekran rəqəmlərini birləşdirən göstəricidir. - ÇRL (Çevik rəqəmli lövhə) adlandırılır.

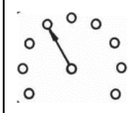
LCD (Maye Kristal Ekran)			- Nümayiş simvolları, rəqəmlər və s. kimi müxtəlif növləri mövcuddur. - Tez-tez termometrlərdə, gərginlik/cərəyan sayğaclarından və mikrokompüterlərin ekran hissələrində istifadə olunur.
Analoq İD			- Müxtəlif gücləndirmə dövrələri və enerjini stabilləşdirən dövrələr İD-yə (inteqral dövrə) inteqrasiya olunub. - Əməliyyat gücləndiricisi, siqnal generatoru, konverter və tənzimləyici.
Rəqəmli İD			- Dövrə sxemlərinin hazırlanması üçün istifadə olunan inteqrasiya olunmuş dövrədir (İD). - AND, OR, NOT, NAND, NOR və EXCLUSIVE R. - TTL və CMOS.

5) Çevirici element

Çeviricilərin bir dəfə hərəkət etdirildikdə YANILI və ya SÖNÜLÜ vəziyyətə keçən dəyişdirici açar və ya sürüşən çevirici, bir dəfə hərəkət etdirildikdən sonra əvvəlki vəziyyətlərinə qayıdan düymə çeviriciləri və birləşdiriləcək dövrəni açmaq və ya bağlamaq üçün istifadə olunan kommutator açarı kimi bir çox növü mövcuddur.

Cədvəl 5: Çevirici hissələrinin adları və simvolları

Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
Açar			- (a) sürüşən çeviricidir, (b) dəyişdirici açardır, və (c) düymə çeviricisidir. Panelə və ya çap dövrəsinin platasına quraşdırılır və kənardan idarə oluna bilər. - İcazə verilən çevirmə gərginliyinə və kontaktın maksimum cərəyan şiddəti səviyyəsinə fikir vermək lazımdır.
DIP çeviricisi (İkicərgəli çıxıntıları olan dəst)			- Rəqəmli dövrələr üçün çoxsaylı çeviricilərə ehtiyac olduqda istifadə olunur. - DIP çeviricisi mikrokompüterlərdə və digər qurğularda müxtəlif vəziyyətlərdə istifadə üçün əlverişlidir. - DIP növ İD və ya dəyişkən rezistor şəklində ola bilər. - Yanma/Sönmə hər bit üçün ayrılıqda icra edilə bilər. - Kiçik kontakt tutumu olduğu üçün, geniş cərəyan tətbiqetmələri üçün əlverişli deyil.

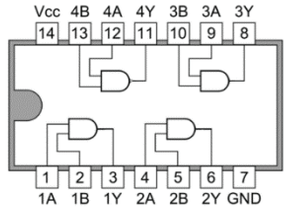
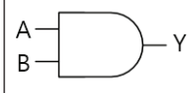
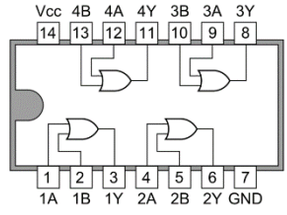
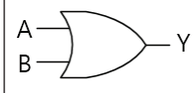
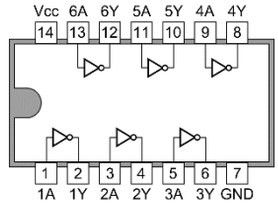
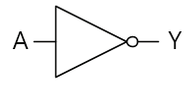
Rəqəmli çevirici (BCD çevirici)			- Onluq 4-bit verilənləri daxil etmək üçün çevirici. - İstifadəsi asandır, çünki birbaşa rəqəm göstəricisini izləməklə nizamlana bilər.
Kommutator çeviricisi			- Selektor çevirici - Panelə quraşdırılır və ardıcıl şəkildə seçmək və çevirmək üçün istifadə olunur.

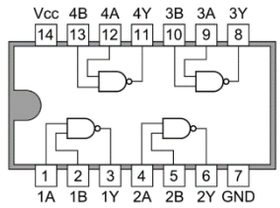
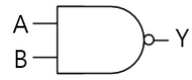
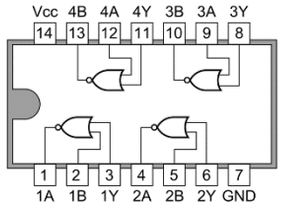
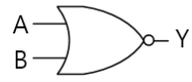
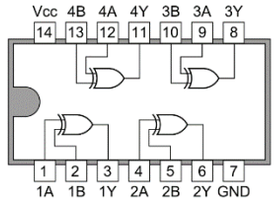
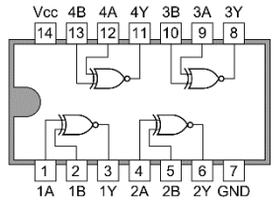
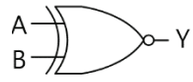
6) Baza məntiqi sxemin elementi

Məntiq elementi (məntiqi sxem elementi və ya məntiqi sxem) rəqəmli məlumat axınına icazə verən və ya qarşısını alan dövrə elementidir. Məntiqi dövrə sxemi binar məlumatlara əsaslanaraq, AND, OR, NOT və s. kimi məntiqi əməliyyatlara uyğun əməliyyatları yerinə yetirən məntiq elementlərindən istifadə etməklə konfiqurasiya edilən elektronik dövrə sxemidir.

Baza məntiqi sxemin növləri Cədvəl 6-da təsvir olunub.

Cədvəl 6: Sadə məntiq sxeminin növləri

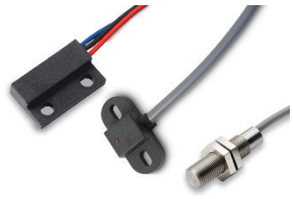
Sxemin adı	Verilənlər kitabçası	Simvol	İstifadəsi
AND sxemi			- Məntiqi hasil dövrə sxemidir - İfadə: Y = A · B (A və B) - Doğruluq cədvəli: A B Y 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1
OR sxemi			- Məntiqi cəmin dövrə sxemidir - İfadə: Y = A + B (A və ya B) - Doğruluq cədvəli: A B Y 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1
NOT sxemi			- Məntiqi əks dövrə sxemidir - İfadə: Y = $\overline{A}$ - Doğruluq cədvəli: A Y 0 1 1 0

<table>
<tr>
<td>NAND sxemi</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td>- Məntiqi hasilin inkarı sxemidir
- İfadə: Y = $\overline{(A \cdot B)}$
- Doğruluq cədvəli:
-
<table>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>NOR sxemi</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td>- Məntiqi cəmin inkarı dövrə sxemidir
- İfadə: Y = $\overline{(A + B)}$
- Doğruluq cədvəli:
-
<table>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>XOR sxemi</td>
<td> 
</td>
<td>
</td>
<td>- Məntiqi cəmi istisna dövrə sxemidir
- İfadə: Y = $A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B}$
- Doğruluq cədvəli:
-
<table>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr>
</table></td>
</tr>
<tr>
<td>XNOR sxemi</td>
<td> 
</td>
<td> 
</td>
<td>- Məntiqi cəmin istisnasını inkar dövrə sxemidir
- İfadə: Y = $\overline{A \oplus B} = A \odot B$
$= \overline{AB} + AB$
- Doğruluq cədvəli:
<table>
<tr><th>A</th><th>B</th><th>Y</th></tr>
<tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr>
</table></td>
</tr>
</table>

7) Sensor

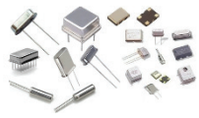
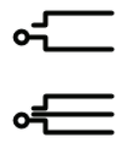
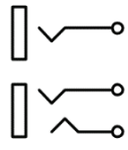
Sensor temperatur, təzyiq, işıq, ultrasəs dalğaları və maqnit qüvvəsindəki fiziki dəyişiklikləri cərəyan şiddəti və gərginlik kimi elektrik dəyişikliklərə çevirən cihazdır. Bu cihaz demək olar ki, bütün məişət avadanlıqlarında, elektronik ölçmə cihazlarında, sənaye robotlarında, zavod avtomatikasında və tibbi avadanlıqlarda istifadə olunur.

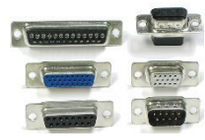
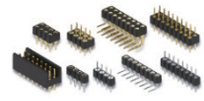
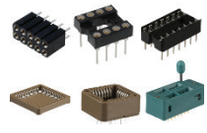
Cədvəl 7: səciyyəvi sensor növlərini və onların funksiyalarını təsvir edir.

Hissənin adı	Görünüşü	İstifadəsi
Temperatur sensoru		- Sənayedə temperatur ölçülməsinə dəqiq nəzarət çox əhəmiyyətlidir və temperatur sensorları bütün sənaye üzrə, o cümlədən, mikrodalğalı sobalarda, soyuducularda, çap qurğularında, robotlarda, mühərrik temperaturlarında və avtomat, tibbi, ofis avadanlıqlarında və elektronikada istifadə olunur. - Temperatur sensoruna metal müqavimətli termometr lampası, termistor və termobuxar qurğuları aiddir.
Maqnit sensoru		- Hall (Hol) elementi adlanan yarımkeçiriciyə cərəyan tətbiq edildikdə və bircinsli maqnit axınının sıxlığı perpendikulyar şəkildə elementə tətbiq edildikdə elektrohərəkət qüvvəsi meydana gəlir. - Josephson (Cozefson) cihazları və Hol cihazları. - Mövqe sensoru, sabit cərəyan (SC) transformatorları və avtomobilin yanacağı səviyyəsinin indikatorları buraya aiddir.
Təzyiq sensoru		- Yarımkeçirici cihazlar və digərləri material kimi istifadə olunur və təzyiq tətbiq edildikdə, müqavimət və müqavimətin qiyməti1 dəyişir. - Məişət cihazlarında, avtomobil, tibbi, sənaye ölçmə cihazlarında, avtomatik nəzarət, ətraf mühitə nəzarət və elektrik avadanlıqları kimi müxtəlif tətbiq sahələri mövcuddur. - Ən geniş istifadə olunan sensorlardan biridir.
İşıq sensoru		- İşıq sensoru işıq enerjisinin xarakteristikalarından istifadə edir. O, işıqda və ya işığın ultrabənövşəyi sahəsində daşınan məlumatı elektrik siqnala çevirir və insan gözü ilə sezilə bilən işığı aşkar edir. Bu termin elektronik cihazların ümumi adıdır. - Zavodun avtomatlaşdırılması, mürəkkəb ölçmələr, işıq, rəng, fotoelektrika və təsvirlərin tanınması kimi cihazlarda istifadə olunur. - İşıq diodu və CdS elementi.
Ultrasəs sensoru		- İnsan qulağının eşitmədiyi yüksək tezlikli (təqribən 20 kHz və daha yüksək) səs dalğaları olan ultrasəs dalğalarının xarakteristikalarından istifadə edən sensorlardır. - Ultrasəs sensoru ultrasəs dalğalarının elementlərinin ötürülməsi və qəbulu funksiyasını yerinə yetirir. Maqnetos - Triksiya materialı (ferrit və s.), gərginlik, elektrik deformasiya materialı (Rochelle (Roşel) duzu, barium titanat və s.) sensor materialı kimi istifadə olunur. - Sürətin ölçülməsi, məsafənin ölçülməsi, konsentrasiya və yapışqanlığın ölçülməsi, ultrasəs sınağı, ultrasəs qalınlıq sayğacı, ultrasəs mikroskopu, ultrasəs diaqnostika cihazı, ultrasəs KT skanı üçün istifadə olunur.
İnfraqırmızı şüa sensoru		- İşığın dalğa uzunluğunun gözlə görünən işıqdan daha uzun olduğu sahələrində infraqırmızı şüaların aşkar edilməsi üçün istifadə olunur və infraqırmızı şüa sensoru və ya piroelektrik sensor adlanır. - Müstəqil şəkildə infraqırmızı şüanın surətini çıxarıb işığın qarşısını kəsməklə dəyişiklikləri aşkar edən aktiv növü və işıq yayan cihaz olmadan kənardan qəbul edilmiş infraqırmızı şüalardakı dəyişikliyi oxuyan manual növü mövcuddur. - İnfraqırmızı temperatur sensorları infraqırmızı şüalardan istifadə edərək təsvirlərin emalında, obyektlərin tanınması, cinayət və yanğınların aşkar edilməsində və bitkilərin və heyvanların ekoloji müşahidəsində tətbiq olunur.

8) Tez-tez istifadə olunan digər elektrik və elektronik komponentlərin adları və simvolları Cədvəl 8-də təsvir olunub.

Cədvəl 8: Tez-tez istifadə olunan digər elektrik və elektronik komponentlərin adları və simvolları

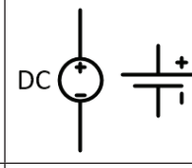
Hissənin adı	Görünüşü	Simvol	İstifadəsi
Kristal generator			- Kristal hissənin (pizoelektrik təsir) vibrasiya xüsusiyyətindən istifadə etməklə müəyyən tezlikli saat generatoru dövrəsi üçün istifadə olunur. - X-tal, əsasən, kristal generatorun ümumi adıdır. - X-tal sabit tezlik meydana gətirən tezlik generasiya edən mənbədir və müxtəlif elektronik rabitə avadanlıqlarında, ölçmə alətlərində, kompüter və oxşar qurğularda istifadə olunur.
Səsucaldan			- Səsucaldan elektrik siqnalı mexaniki siqnala (səs dalğası) çevirən cihazdır.
Zummer			- Keramik zummer elektrik vibrasiyanı səsə çevirən cihaz qismində istifadə olunur. - Səsucaldandan fərqli olaraq, cihaz müəyyən zolaqda yüksək səs meydana gətirir və bu hissə insanın eşitmə orqanları tərəfindən qəbul olunan hissədir. - Mobil telefonlarda geniş istifadə olunur
Aşağı tezlikli konnektor (Səs üçün qoşma hissəsi və Jack (başlıq))		 (a)	- Həmçinin RCA qoşma hissəsi adlanır və səsin və video siqnalların ötürülməsində geniş istifadə olunur. - Adətən, kompozit video siqnalı (sarı) və ya stereo səs siqnalı (ağ, qırmızı) üçün istifadə olunan RCA qoşma hissələri mövcuddur. - (a) qoşma hissəsi, (b) jack (başlıq)
Aşağı tezlikli konnektor (Audio tıxac və Jack (başlıq))		 (b)	- Elektrik gitara, səsucaldan, mikrofon və ötürmə xəttindəki audio siqnal daxil olmaqla, müxtəlif növ siqnallar üçün istifadə olunan 6.35mm (3.5mm) 2 kontaktlı səs tıxacı (mono tipli) və 3 kontaktlı səs tıxacı (stereo tipli) - Səs başlığı, audio başlığı, qulaqlıq başlığı və başlıq tıxacı kimi məlum olan aşağı tezlikli konnektor, adətən, analoq səs siqnalları üçün istifadə olunan elektrik konnektorlardır.
Bananşəkilli konnektor			- Bir siqnal xəttini birləşdirərkən istifadə olunan konnektordur. - Bananşəkilli konnektor kabellərin avadanlığa qoşulması üçün istifadə olunan (adətən, erkək üçün bananşəkilli tıxac, dişi üçün isə banan ştepseli və ya banan başlığı) tək kabelli (bir keçirici) elektrik konnektordur. - Xüsusilə Avropada 4 mm diametrli konnektordan da istifadə olunur, lakin bütün bananşəkilli konnektorlar 4 mm diametrli hissələrə qoşulmayacaq və 2 mm diametrə malik bananşəkilli konnektorlar da mövcuddur.

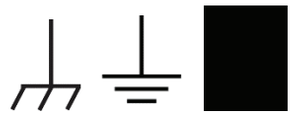
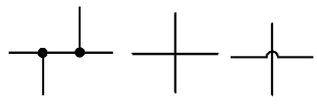
SC konnektor		- SC konnektor (və ya konnektorun bir ümumi növü üçün SC tıxac) sabit cərəyan (SC) enerjisini ötürmək üçün istifadə olunan elektrik konnektordur - SC konnektorlar bir-birini əvəz edə bilməyən daha standart növlərə malikdir. Qeyri-müvafiq mənbələrin və yüklərin təsadüfən birləşməsinin qarşısını almaq üçün SC konnektorların uyğun ölçüləri və quruluşu seçilə bilər.
Koaksial birləşdirici		- Bir çox bayonet (BNC) növlü koaksial konnektorlar istifadə olunur. - Birbaşa plataya quraşdırılır və plata torpaqlanır.
Çoxçıxıntılı elektronik konnektor		- Tez-tez kompüterlərə və periferik cihazlara qoşulmaq üçün istifadə olunan konnektordur. - 10 çıxıntıdan ibarətdir. - 25 çıxıntılı D-SUB konnektoru ardıcıl birləşmə üçün istifadə olunur və 36 çıxıntılı konnektor çap qurğuları üçün istifadə olunur.
Plata konnektorlar		- Çap platasına kabel qoşmaq və ya iki çap platasını bir-birinə qoşmaq üçün istifadə olunan konnektordur. - Çıxıntıların sayı 1 çıxıntıdan bir neçə çıxıntıya qədər dəyişə bilər.
İD ştepsellər		- İD birbaşa substrata lehimlənə bilmədikdə, təkrar istifadə olunduqda və PROM kimi müntəzəm şəkildə dəyişdirilməli olduqda istifadə olunur. - DIP, PLCC, SMT, QFP və digər növləri mövcuddur.

3. Elektrik və elektronika üçün ümumi simvollar

Cədvəl 9 elektrik və elektronikanın ümumi simvollarını təsvir edir.

Cədvəl 9: Elektrik və elektronikanın ümumi simvolları

Hissənin adı		Simvol	İstifadəsi
Enerji mənbəyi	SC		- (+) və (-) fərqləndirilir və tok axını baş verir. Uzun tərəf (+) və qısa tərəf (-)-dir. - Avtomobil batareyaları, batareyalar və fotoelementlər SC enerji mənbələridir.
	DC		- Evə daxil olan tok axınıdır. - (+) və (-) fərqləndirilmir. - Gərginlik və tezlik göstərilir (110/240 [V], 50/60 [Hz]) - DC enerji enerji mənbəyi televizor, soyuducu, səs qurğuları və s. üçün istifadə olunur.
Ampermetr	SC-lı ampermetr		- Şkalada ‘A’ simvolunun altında ‘_’ ilə işarələnən və ya ‘DCA’ və (+) simvola və ya terminalda qırmızı işarəyə malik SC-lı ampermetr
	DC-lı ampermetr		- Şkalada ‘A’ simvolunun altında ‘~’ ilə işarələnən və ya ‘ACA’ və (+) simvolu və ya terminalda qırmızı işarənin olmadığı DC-lı ampermetr

Voltmetr	SC-lı voltmetr		- Şkalada ‘V’ simvolunun altında ‘_’ ilə işarələnən voltmetr
	DC-lı voltmetr		- Şkalada ‘V’ simvolunun altında ‘~’ ilə işarələnən voltmetr
Torpaqlama qurğusu	 (a) (b) (c)		- Torpaqlama, adətən, (-) qütbdür. - (a) şassi və ya ümumi torpaqlama qurğusunu göstərir - (b) qrunt torpaqlamasını və ya baza torpaqlamasını göstərir. - (c) siqnal torpaqlamasıdır (analoq, rəqəmli).
Elektrik naqillər	 (a) (b) (c)		- (a) Polad naqilin qoşulması: kontakt polad naqil - (b) (c) Keçiricinin keçirməsi: kontaktsız polad naqil

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Hissənin ucunu əyməyin.
2. İtki olmaması üçün diqqətli olun.
3. Hissələrin əzilmiş və zədələnmiş olmamasına diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Təcrübə **üçün** avadanlığı, alətləri və materialları hazırlayın.
2. Rezistorların, kondensatorların, yarımkeçiricilərin, sarğıların və digər hissələrin real hissələrini təsnifləşdirin və müqayisə edin.
3. Boş buraxılmış hissələrdə (Cədvəl 10) rezistorların, kondensatorların, yarımkeçiricilərin və çarxların komponentlərinin fiziki quruluşlarını, simvollarını və istifadə qaydalarını qeyd edin.
4. Hissənin simvoluna baxaraq hissənin adını qeyd edin (Cədvəl 11). Elektronik komponentlərin funksiyalarını və istifadə qaydalarını başa düşməyə çalışın.

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Simvolları və qütbləri izah etdimi? 2. Elektronik komponentlərin xarakteristikalarını və istifadə qaydasını izah etdimi? - Hissələrə baxaraq simvolları çəkdimi? - Simvola baxaraq hissənin adını qeyd etdimi? - Simvolları təsvir edib onların istifadə məqsədini izah etdimi? 3. Hissənin dəqiq qiymətini və vahidini oxudumu?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

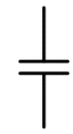
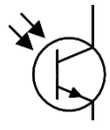
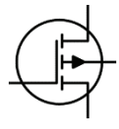
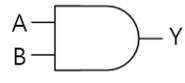
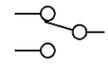
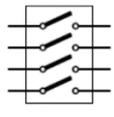
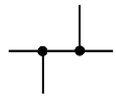
Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Elektronik komponentin hissələrinin oxunması	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 10: Hissələrin fiziki quruluşu, simvolları və tətbiqi

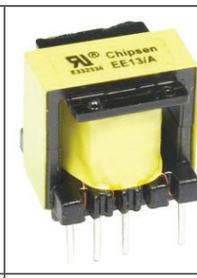
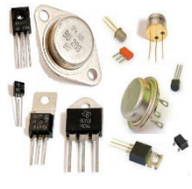
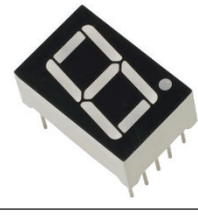
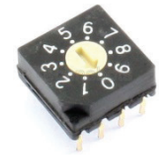
Növ	Adı	Görünüş	Simvol	İstifadəsi
Rezistor	R rəngi			
	SMD R			
	Dəyişən R			
Kondensator	Maylar K			
	Keramik K			
	Elektrolit K			
İnduktivlik çarxı	Ən yüksək İ			
	Transformator			

(Cədvəl 11) Hissənin adını qeyd edin.

Simvol					
Ad					
Simvol					
Ad					
Simvol					
Ad					
Simvol					
Ad					
Simvol					
Ad					

2. Baxış və izah

(1) Aşağıdakı cədvəldə hissənin adını qeyd edin.

Görünüş					
Ad					
Görünüş					
Ad					

(2) Elektronik komponentlərin aktiv və passiv komponentlərini qeyd edin.

3. Multitesterlə gərginliyin, cərəyan şiddətinin və müqavimətin ölçülməsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti dəqiq ölçə biləcək;
2. Multitesterlə gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti dəqiq ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: Növünə görə, 5ea(100Ω, 330Ω, 1kΩ, 5.6kΩ, 10kΩ), LED: qırmızı
2. Transformator: Giriş gərginliyi 220/100V, çıxış gərginliyi 3, 6, 9. 12V
3. Maket sxem and birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. Multitester: Analoq və rəqəmli
2. SC elektrik mənbəyi: 0~30V/3A SC

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Elektronik komponentlərə baxış

Multitester gərginlik (V), cərəyan şiddəti (A) və müqavimət (Ω) kimi elektrik vahidləri tək alətlə ölçməyə imkan verən çoxfunksiyalı alətdir.

Bu üsulla ölçülən fiziki vahidin adı VOM (Volt-Om-Milli ampermetr) və həmçinin multimetr və ya cərəyan testeri adlanır.

Ümumilikdə, multitesterin əməliyyat prinsipinə və funksiyasına uyğun şkala diski ilə ölçülən qiyməti göstərən analoq növü və ölçülən dəyəri birbaşa rəqəmlərlə göstərən rəqəmli növü mövcuddur. Rəqəmli növ geniş istifadə olunur, çünki analoq növü ilə müqayisədə istifadəsi daha sadədir, ölçmələr daha dəqiqdir və dəyişən cərəyanın ölçülməsi mümkündür.

Bu multitesterlərin görünüşü istehsalçıdan asılı olaraq dəyişir, lakin onların işləmə prinsipi və istifadəsi eynidir. Digər fərqlərə ölçmə aralığı, ölçmə xətasının aralığı, alətin daxili müqaviməti və alətin fiksasiya üsulu aiddir (şaquli, üfüqi).

(a) Analoq növü (b) Rəqəmli növü

Şəkil 1: Multitesterin növləri

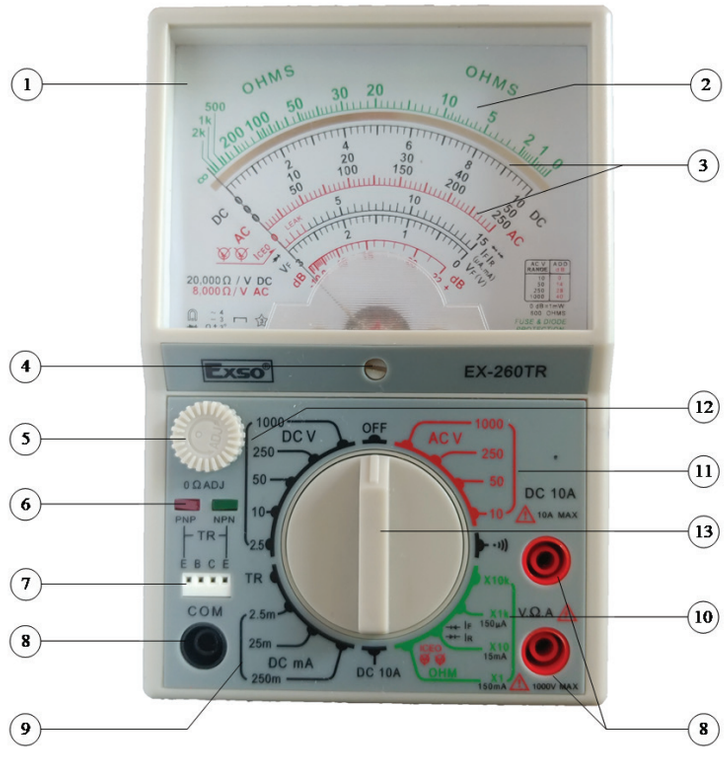
1) Analoq multitesterin adı və funksiyası

Multitesterdə hər aralığın SC-nın gərginliyini, DC gərginliyini və SC şiddətini ölçmək üçün hərəkət edən sarğıya malik sadə ampermetr, əlavə müqavimət cihazı, klassifikator və rektifikator bir-birinə qoşulur.

Müqaviməti ölçmək üçün batareya (1.5[V] və ya 3 [V]) və dəyişən rezistor alətin daxilinə quraşdırılıb. Alətin şkala diski gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət üçün müxtəlif şkalalara malikdir. Seçilmiş şkala fırlanan selektor çeviricisi tərəfindən seçilmiş standarta uyğundur.

(1) Əsas funksiyalar

Analoq multitesterin əsas funksiyası gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti ölçməkdir. Əlavə olaraq, batareyanın dolma səviyyəsini, kondensatoru, elektrik boşaldıcını və s. ölçə bilər.



Şəkil 2: Analoq multitesterin ön paneli

Cədvəl 1: Analoq multitesterin adı və funksiyası

Ad	Funksiya
1. Hərəkət edən sarğı növlü sayğac	- Gərginlik, cərəyan şiddəti, müqavimət və s. ölçülməsi üçün alətlər - Şkalada Ohms. DC V, AC V, DC mA, I_{CEO}, dB qeyd olunub.
2. Müqavimət qiymətinin oxunma şkalası	- Multitesterdə istifadə olunan sayğac analoq ampermetr olduğu üçün cərəyan axdıqda göstərici hərəkət edir - Buna görə də, müqavimət qiyməti nə qədər kiçikdirsə, göstərici bir o qədər çox hərəkət edir, 0 Om-da və müqavimət sonsuz olduqda göstərici hərəkət etmir. Yəni, göstərici gərginlik və ya cərəyan şiddətinin ölçülmüş qiymətinin əksinə göstərilir.

3. Gərginlik və cərəyan qiymətinin oxunma şkalası	- Göstərilən ən yüksək qiymətlər 10, 50 və 250-dir. - Aralıq 10, 50 və 250-yə bölünən ədədlərdir və buna görə də qiymətləri 10 qat, 50 qat və ya 250 qat oxuya bilərsiniz.
4. 0 nöqtəsinə nizamlama	- Ölçməyə başlamazdan əvvəl əqrəbin 0 nöqtəsinə nizamlandığından əmin olun və zəruri olduqda, yastı uclu vintaçandan istifadə edərək nizamlayın. - Bunu etməkdə məqsəd odur ki, əqrəb 90° aralığında sola və sağa hərəkət etsin.
5. 0 Ω nöqtəsinə nizamlama	- Ommetr kimi sayğaclardan istifadə edərkən, əqrəb om şkalasında dəqiqliklə "0" nöqtəsinə nizamlanmalıdır. - Məqsəd müqaviməti daha dəqiq ölçməkdir və bu ölçmə gərginlik və ya cərəyan şiddətinin ölçülməsindən asılı olmamalıdır.
6. Tranzistorun müəyyən edilməsi	- Qırmızı və yaşıl (LED) lampadır, qırmızıya keçirildikdə PNP (müsbət-mənfi-müsbət) qütblü və yaşıl olduqda NPN (mənfi-müsbət-mənfi) qütblü tranzistordur. - Hər iki lampa yanıb-sönürsə, bu, ölçmənin aparıldığı tranzistorun boşluqları arasında kəsilmə xətasına işarə edir. Heç biri yanıb-sönmürsə, kollektor və emitter arasında qısa qapanmaya işarə edir.
7. Tranzistorun sınaq ştepseli	- Tranzistoru yoxlayarkən, yoxlanacaq tranzistorun qütblərini ştepseldə qeyd olunmuş qütblər arasında düzgün şəkildə daxil edir. - PNP və NPN tranzistorlarını sınaqdan keçirmək mümkündür.
8. Qurğuşun naqilin giriş terminalı	- Müəyyən bir obyekti ölçmək üçün qurğuşun çubuğun qoşulduğu terminaldır. - Təhlükəsiz cihazıdır, beləliklə, qurğuşun çubuğun tıxacı daxil edildikdə əllə təmasda olmur. - Adətən, (+) qırmızı və (-) qara qurğuşun çubuqdur. V, Ω, A: Bu terminal SC axını istisna olmaqla, bütün ölçmələr üçün istifadə olunur. SC 10A: Geniş aralıqlı cərəyan ölçmə terminalıdır. SC girişini qəbul edir. COM: bütün ölçmələrdə torpaqlama (COM) xəttini qəbul edir.
9. SC mA	- 2.5, 25, 250 [mA]-a qədər, SC axını ölçüldükdə 10 [A]-a qədər ölçmələr apara bilər. - 10 [A] ölçmə ştepseli ayrı ştepsel kimi istifadə olunur.
10. Om (Ω)	- Müqaviməti ölçmə aralığı X1Ω, X10Ω, X1kΩ, X10kΩ arasında dəyişə bilər. - Naqillərin keçirmə vəziyyəti yoxlana bilər.
11. DC V	- Burada DC gərginliyi ölçülür və ölçmə aralığı 10, 50, 250, 1000 [V] aralığında dəyişə bilər. - SC və DC gərginliyini ölçərkən, gözlənilən ölçmə qiymətindən iki dəfədən daha geniş aralıqda ölçmək tövsiyyə olunur.
12. SC V	- Burada SC gərginliyi ölçülür və ölçmə aralığı 10, 50, 250 və 1000 [V] arasında dəyişə bilir. - SC və DC gərginliyini ölçərkən, gözlənilən ölçmə qiymətindən iki dəfədən daha geniş aralıqda ölçmək tövsiyyə olunur.
13. Aralığın seçilməsi	- Müqaviməti, gərginliyi və cərəyanı ölçərkən düzgün aralığı seçə bilən çevirici növü tərəfindən 20 aralıq seçilə bilər.

2) Rəqəmli multitesterin adı və funksiyası

Rəqəmli multitester daşına bilən, iki ekranlı, istehsalın yoxlanması, tədqiqat və iş sahəsində yoxlama kimi bir çox tətbiq sahələri olan rəqəmli multimterdir.

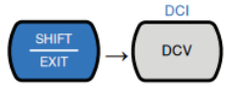
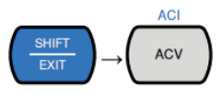
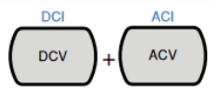
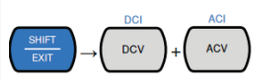
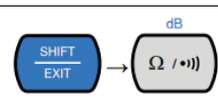
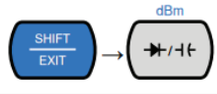
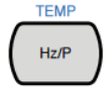
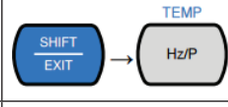
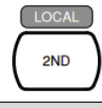
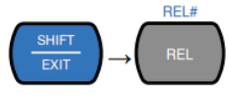
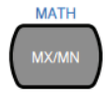
Çoxsaylı funksiyaları: ACV, DCV, ACI, DCI, R, C, Hz, Temp*, Davamlılıq, diod sınağı, MAX/MIN, REL, dBm, Hold, MX+B, 1/X, REF%, dB, müqayisə. Aralığın əllə və avtomatik nizamlanması.

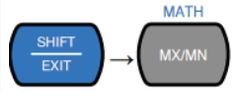
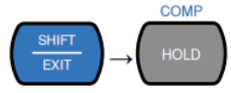
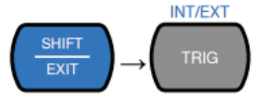
(1) Əsas funksiyalar

(Şəkil 3) Rəqəmli multitesterin önpaneli

Cəvdəl 2: Rəqəmli multitesterin adı və funksiyası

Ad	Funksiya
1 Enerji çeviricisi	- Enerji təchizatını işə salır və ya kəsir
2 Əsas ekran	- Ölçmə nəticələrini və parametrləri göstərir
3 V Ω ⇥ ⊣⊢ Giriş terminalı	- Bu terminal SC/DC şiddətlərinin ölçməsi istisna olmaqla, bütün ölçmələr üçün istifadə olunur
4 COM Terminalı	- Bütün ölçmələrdə torpaqlama (COM) xəttini qəbul edir. - Terminal və torpaq arasındakı ən yüksək müqavimət 500 Vpk-dır.
5 SC/DC 0.5A Terminalı	- Aşağı cərəyan axınını ölçmə terminalı. SC/DC giriş axınını qəbul edir. - SC: 500μA~0.5A, DC: 500μA~0.5A
6 SC/DC 12A Terminalı	- Yüksək cərəyan şiddətini ölçmə terminalı. SC/DC giriş axınını qəbul edir.
7 Ölçmə açarları	- Ölçmə açarlarının üst sırası gərginlik, cərəyan, müqavimət, tutum və tezlik kimi sadə RMM (rəqəmli multimetr) ölçmələrində istifadə olunur. Ölçmə funksiyasının alt sırası daha mürəkkəb funksiyalar üçün istifadə olunur. - Hər açar birinci və ikinci dərəcəli funksiyalara malikdir. İkinci dərəcəli funksiya SHIFT (sürüşmə) açarı ilə birlikdə qiymətləndirilir.

Yuxarı ölçmə düymələri		Funksiya
- DCV		SC gərginliyini ölçür
- DCI (SHIFT→DCV)		SC şiddətini ölçür
- ACV		DC gərginliyini ölçür
- ACI (SHIFT→ACV)		DC şiddətini ölçür
- DCV+ACV		SC + DC gərginliyini ölçür
- DCI+ACI		SC + DC şiddətini ölçür.
- Müqavimət/ Davamlılıq		Seçilən rejimdən asılı olaraq, müqaviməti və davamlılığı ölçür.
- dB (SHIFT→ Ω/)		dB ölçür.
- Diod/Tutum		Seçilmiş rejimdən asılı olaraq, diodları yoxlayır və ya tutumu ölçür.
- dBm (SHIFT→)		dBm ölçür.
- Hz/P		Seçilmiş rejimdən asılı olaraq, siqnalın tezliyini və ya ötürülmə müddətini ölçür.
- TEMP (SHIFT → Hz/P)		Temperaturu ölçür.
- 2ND		2-ci açarda olduğu kimi, 2-ci ekrandakı ölçmə obyektini seçir. 1 saniyədən artıq müddətdə basıb saxladıqda 2-ci ekran sönür.
Aşağı ölçmə düymələri		**Funksiya**
- REL		Nisbi qiyməti ölçür.
- REL# (SHIFT→REL)		Nisbi qiymətin ölçülməsi üçün istinad qiymətini manual şəkildə nizamlayır.
- MX/MN		Maksimal və minimal qiyməti ölçür.

- MATH (SHIFT→MX/ MN)		Math (Riyazi) ölçmə rejiminə daxil olur. Dəstəklənən riyazi funksiyalara MX+B, REF% və 1/X daxildir.
- HOLD		Hold (Saxla) funksiyasını aktivləşdirir.
- COMP (SHIFT→HOLD)		Müqayisəli ölçmə funksiyasını aktivləşdirir.
- TRIG		Trigger kənardan həyəcanlandırma rejiminə nizamlandıqda nümunələrin əllə yığılması funksiyasını işə salır.
- INT/EXT (SHIFT→TRIG)		Triggerin mənbəyini daxili və ya xarici kimi dəyişdirir.
- MENU		Sistemin nizamlamalarında, ölçmələrin nizamlamalarında, temperaturun ölçülməsi nizamlamalarında, G/Ç nizamlamalarında və USB yaddaş nizamlamalarında konfiqurasiya menyusuna daxil olur.
- SHIFT/EXIT		SHIFT (sürüşmə) düyməsi kimi tətbiq edildikdə, ölçmə açarları ilə əlaqəli ikinci dərəcəli funksiyalara daxil olmaq üçün istifadə olunur
- AUTO/ENTER		AUTO (avto) düymə kimi istifadə olunduqda, avtomatik sıralama üçün seçilmiş funksiyanın aralığını müəyyən edəcək. ENTER (daxil ol) düyməsi kimi istifadə olunduqda, daxil edilən qiyməti və ya menyunun bəndini təsdiqləyəcək
- İstiqamət düymələri		İstiqamət düymələri menyu sisteminin və düzəliş qiymətlərinin naviqasiyası üçün istifadə olunur. Yuxarı və aşağı istiqamət düymələri həm də gərginlik və cərəyan şiddətinin ölçülməsi üçün manual qaydada aralıqları nizamlayır. Sol və sağ istiqamət düymələri həmçinin yüksək, orta və aşağı sürət səviyyələri arasında dəyişir və yeniləyir.

3) SC elektrik mənbəyi

SC elektrik mənbəyi rəqəmli alətlə sabit gərginliyi və sabit cərəyan şiddətini davamlı şəkildə variasiya edə bilən sabit cərəyanlı stabilləşdirilmiş elektrik təchizatıdır. O, yalnız (+) yox, həm də (-) qütblü elektrik enerjisi təchiz edə bilər.

Çıxış gərginliyi davamlı olaraq 0-30 V arasında və ya 0-60 V arasında dəyişə bilən iki çıxış qiymətinə və 5 V (2A) sabit gərginlik çıxış qiymətinə malikdir. Cərəyan şiddətinin qiyməti davamlı şəkildə cərəyan şiddəti limitini 0-3 arasında dəyişə bilən sabit cərəyan metodudur. Bunlar iki dəyişən çıxış qiymətləridirlər.

Gərginlik və cərəyan şiddəti, müvafiq olaraq, iki RVM (rəqəmli voltmetr) və RAM (rəqəmli ampermetr) ilə ölçülür. Xüsusilə, sabit 5V SC çıxış qiyməti temperatur mühafizəsinin yük mühafizəsinə nisbətinə bərabərdir və bu SC 5 V çıxış qiyməti, adətən, TTL İD dövrə sxemlərində istifadə olunur.

(1) Hər hissənin adı və funksiyası

Şəkil 4: SC enerji təchizatının ön paneli

1. Elektrik çeviricisi: Əsas elektrik çeviricisi
2. H.A.Y.V.M Nizamlaması: Həddən artıq yüksək gərginlikdən mühafizənin nizamlaması (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
3. Nizamlama/Sıfırlama: Həddən artıq yüksək gərginlikdən mühafizənin nizamlanması/sıfırlanması (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
4. Çıxış terminalı (+, -): 5 V sabit gərginlik (maksimal 3A) çıxış terminalı
5. Çıxış terminalı (-): dəyişən çıxış qiymətinin (-) terminalı (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
6. Çıxış terminalı (GND): dəyişən çıxış qiymətinin torpaqlama terminalı (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
7. Çıxış terminalı (-): dəyişən çıxış qiymətinin (+) terminalı (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
8. Əsas nəzarət düyməsinin çıxış gərginliyi: çıxış gərginliyi (0~30V)
9. Əsas nəzarət düyməsinin çıxış gərginliyi: çıxış cərəyan axını (0~3A)
10. Çıxış ampermetri: 0 ~ 3.00A göstərilir (OUTOUT-A, OUTOUT-B)
11. Nominal cərəyanın çıxış lampası: həddən artıq yüklənmə meydana gəldikdə və ya nominal cərəyan axını olduqda qırmızı LED işığı yanır.
12. Nominal gərginlik çıxış lampası: nominal gərginlik meydana gəldikdə yaşıl LED işığı yanır (OUTOUT-A, OUTOUT-B)

(2) Çıxış gərginliyinin ardıcıl birləşməsindən istifadə

A-CH və B-CH dəyişən çıxış qiymətləri bir-birinə ardıcıl şəkildə istifadə oluna bilər və bu yolla çıxış gərginliyi 60 V-a qədər yüksələ bilər. Yəni, A çıxış (30 V) + B çıxışı (30 V) = ardıcıl birləşmə çıxışı (60 V) əldə olunur.

- Elektrik çeviricisini söndürün.
- A-CH çıxış terminalının (-) qütbünü B-CH çıxış terminalının (+) qütbünə qoşun.
- Bütün çıxış gərginlik nizamlama düymələrini saatın əks istiqamətində çevirin və elektrik çeviricisini YANDIRIN.
- İlk əvvəl çıxış gərginliyini elə nizamlayın ki, A-CH və B-CH çıxışlarında tələb olunan gərginlik səviyyəsinin yarısı qədər gərginlik meydana gəlsin. Bu halda, iki kanal çıxışının cəmi tələb olunan səviyyədə gərginliyə malik olacaq. [Qeyd] Hər iki kanalın çıxış gərginliyinin tələb olunan gərginlik səviyyəsinin yarısına bərabər olması zəruri deyil. Müəyyən qədər fərqli olsa da, iki kanal çıxışının cəmi tələb olunan gərginlik səviyyəsində ola bilər.
- Cərəyan şiddətinin limitindən istifadə edərkən, A-CH və B-CH çıxış terminallarını qısa

müddət ərzində qısaldın və cərəyanı nizamlama düyməsini arzuolunan limit qiymətinə çevirin. Nizamlamadan sonra bütün qısa terminalları təkrar açın.

(3) (+, -) gərginlikdən istifadə

(+) Gərginlik və (-) gərginlik OP-AMP kimi dövrələr üçün zəruridir. Bu gərginlik aşağıdakı kimi istifadə oluna bilər.

- A-CH terminalını (+) gərginlik çıxışı, B-CH terminalını (-) gərginlik çıxışı təyin edin və A-CH terminalının (-) çıxış terminalına qoşun.
- (+) və (-) çıxış gərginliyinin ümumi çıxış kabelini ümumi terminala qoşun. [Qeyd] Zəruri olduqda, şassinin torpaqlanmasına imkan vermək üçün ümumi terminal Şəkil 3-də göstərilən şəkildə GND-ya qoşula bilər.
- Elektrik çeviricisini işə salın və çıxış gərginliyini tələb olunan gərginlik səviyyəsinə nizamlamaq üçün hər kanalın düyməsini çevirin.

2. Multitesterlə ölçmə

1) Müqavimətin ölçülməsi

Şəkil 5 (a) müqaviməti ölçmə dövrəsini təsvir edir.

(1) Analoq multitester

- COM (-) arasında qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına qoşun. [Şəkil 5, (b)]
- Aralığı seçmə çeviricisini (Şəkil 5 (b)) hissəsində göstərilən şəkildə OM ölçmə aralığına nizamlayın.
- Multitesterin iki sınaq başlığını qısaldın və başlığın resistor şkalasında tam sıfırda olacağı şəkildə 0Ω ADJ nöqtəsinə nizamlayın. Bu zaman 0Ω ADJ həcmi saat istiqamətində çevrildikdə batareya 0 şkalasına nizamlanmırsa, deməli, müqavimətin ölçülməsi üçün zəruri batareya tükənib. 2 batareyanı × 1, × 10, × 1K üçün 1.5V, × 10K üçün 9V səviyyəsində əvəz edin.

  Qeyd: Hər dəfə ölçmə aralığının mövqeyini dəyişdikdə sıfıra nizamlamanı yerinə yetirməlisiniz. Belə ki, müqaviməti ölçərkən ölçmə dövrəsinə elektrik təchiz olunduqda, alət zədələnə və ya yana bilər.

  ReziStorun hər iki başlığının sınaq başlığını (Şəkil 5 (a, b)) bəndlərində təsvir olunan şəkildə qoşun. Bu zaman ölçmə aralığını şkala diskinin göstərişi ilə müəyyən əmsal qədər artırdıqda, ölçülməli olan müqavimət qiyməti əldə olunur. (Cədvəl 3)

Cədvəl 3: Müqavimət və şkalanın aralığının ölçülməsi

Aralıq	Əmsal	Ölçmə aralığı	Qeyd
R(×1)	1 multiple	0~200 Ω	- Müqavimətin dəqiq ölçülməsi üçün 5 ~ 50 aralığında ölçülmələrin aparılması tövsiyə olunur. - Digər aralıqlarda ölçülən qiymətin oxunması çətinləşir.
10R(×10)	10 multiple	0~2,000 Ω	
1,000R(×1k)	1,000 multiple	0~200kΩ	
10,000R(×10k)	10,000 multiple	0~2,000kΩ	

(2) Rəqəmli multitester

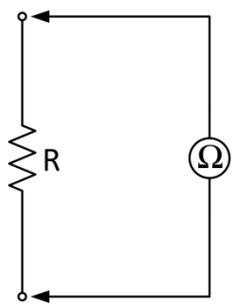
- Müqavimətin ölçülməsini aktivləşdirmək üçün Ω/ düyməsinə basın.
- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və VΩ terminalının qırmızı sınaq başlığına qoşun. (Şəkil 5 (c))

Qeyd: Ω/ düyməsi iki dəfə basıldıqda ardıcıllığın ölçülməsi funksiyası aktivləşəcək.

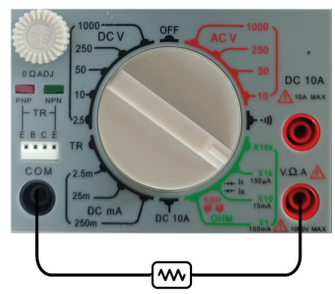
Aşağıda göstərildiyi kimi, rejim dərhal müqavimət rejiminə keçəcək.

Cədvəl 4: Müqavimət aralığının seçilməsi

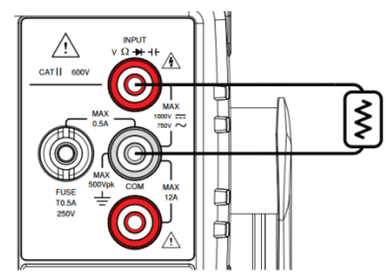
Avtomatik aralıq	Avtomatik aralıq seçmə funksiyasını işə salmaq/söndürmək üçün AUTO düyməsinə basın		
Aralığın əllə seçilməsi	Aralığı seçmək üçün Yuxarı və ya Aşağı düyməsinə basın. AUTO göstəricisi avtomatik olaraq sönəcək. Müvafiq aralıq məlum deyilsə, ən geniş aralığı seçin.		
Seçilə bilən müqavimət aralıqları	**Aralıq**	**Dəqiqlik**	**Dəqiq aralıq**
	500 Ω	10mΩ	510.00Ω
	5kΩ	100mΩ	5.1000 kΩ
	50kΩ	1Ω	51.000 kΩ
	500kΩ	10Ω	510.000 kΩ
	5MΩ	100Ω	5.1000 MΩ
	50MΩ	1kΩ	51.000 MΩ



(a) Müqaviməti ölçmə dövrəsi



(b) Analoq Multimetr



(c) Rəqəmli multimetr

Şəkil 5: Müqavimətin ölçülməsi

2) SC gərginliyinin ölçülməsi

Şəkil 6 (a) SC gərginliyini ölçmə dövrəsini təsvir edir.

(1) Analoq multitester

- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına qoşun [Şəkil 6 (a)]
- Şəkil 6 (b)-də göstərildiyi kimi, seçim çeviricisini DCV (sabit cərəyan gərginliyi) ölçmə aralığına nizamlayın.
- Nəzərdə tutulmuş gərginlik səviyyəsini ölçmək üçün qırmızı sınaq başlığını (+) qütbə,

qara sınaq başlığını (-) qütbə paralel şəkildə birləşdirin. (Şəkil 6 (b)-yə istinad edin.
- Bu zaman göstərici əqrəbin yerləşdiyi şkalanın SC üçün səciyyəvi olan qara ölçmə xəttində oxunacaq.
- 10, 50 və 250 seçimlərində şkala diskinin müvafiq şkalası birbaşa oxunur, şkala xəttində 2.5 250-yə bölünür və 10 şkala xəttində 1000 100-ə vurulur. (Cədvəl 5)
- (Cədvəl 5) DCV, ACV, DCmA ölçmə aralığı və şkalası

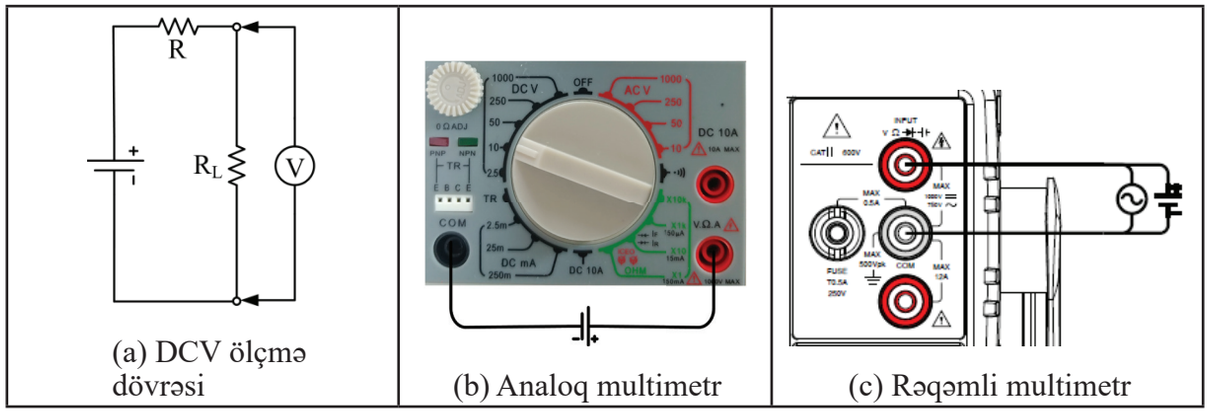
Aralıq	Şkala	Əmsal	Qeyd
2.5	250	1/100	10, 50 və 250 seçimlərində şkala diskinin müvafiq şkalası birbaşa oxunur, şkala xəttində 2.5 250-yə bölünür və 10 şkala xəttində 1000 100-ə vurulur.
10	10	1	
50	50	1	
250	250	1	
1,000	10	100	

(2) Rəqəmli multitester

- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına qoşun (Şəkil 6 (a))
- SC və ya DC-ı ölçmək üçün DCV (sabit cərəyan gərginliyi) və ya ACV (dəyişən cərəyan gərginliyi) düymələrini basın. DC və SC gərginliyini ölçmək üçün ACV və ya DCV düymələrini eyni zamanda basın.
- Aşağıda göstərildiyi kimi, rejim dərhal DC, SC və ya DC və SC rejiminə keçəcək.

Cədvəl 6: Müqavimət aralığının seçilməsi

Avtomatik aralıq	Avtomatik aralıq seçmə funksiyasını işə salmaq/söndürmək üçün AUTO düyməsinə basın		
Aralığın manual qaydada nizamlanması	Aralığı seçmək üçün Yuxarı və ya Aşağı düyməsinə basın. AUTO göstəricisi avtomatik olaraq sönəcək. Müvafiq aralığı məlum olmadıqda, ən geniş aralığı seçin.		
Seçilə bilən müqavimət aralıqları	**Aralıq**	**Dəqiqlik**	**Şkala**
	500 mV	10µV	510.00 mV
	5V	0.1mV	5.1000 V
	50V	1 mV	51.000 V
	500V	10 mV	510.00V
	750V	100 mV	765.0V
	1000V	100 mV	1020.0V



(a) DCV ölçmə dövrəsi | (b) Analoq multimetr | (c) Rəqəmli multimetr

Şəkil 6: SC gərginliyin seçilməsi

3) SC şiddətinin ölçülməsi

Şəkil 7 (a) SC şiddətini ölçmə dövrəsini təsvir edir.

(1) Analoq multitester

- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına qoşun. (Şəkil 7 (b))
- Şəkil 7 (b)-də göstərildiyi kimi, seçim çeviricisini DCmA (sabit cərəyan ampermetri) ölçmə aralığına nizamlayın.
- Ölçmə nöqtəsinə elektrik enerjisinin təchizatını kəsin və onu ardıcıl şəkildə ölçmə alətinə birləşdirin, elektrik enerjisi təchizatının qütblərinə diqqət edin.
- [Şəkil 7 (b)-də göstərilən şəkildə qırmızı sınaq başlığını (+ terminal) yüksək gərginlik girişinə və qara sınaq başlığını (- terminal) aşağı gərginlik girişinə birləşdirin.
- SC axınının şkalası, adətən, DCV şkalası ilə istifadə olunur və göstərilən ədədin miqyas əmsalına vurulması ilə oxunur.

(2) Rəqəmli multitester

- Giriş cərəyanından asılı olaraq, sınaq başlığını 10A terminalına və COM terminalına və ya SC/DC 0.5A terminalına və COM terminalına qoşun.
- 0.5A-dan kiçik cərəyan axınları üçün 0.5A terminalından, 12A-ya qədər cərəyan axınları üçün 10A terminalından istifadə edin. Ekran oxunan göstəricini yeniləyir.
- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına birləşdirin. (Şəkil 6 (b))
- Sabit və ya dəyişən cərəyanı ölçmək üçün müvafiq olaraq, SHIFT → DCV və SHIFT → ACV düymələrinə basın. Sabit və dəyişən cərəyanı ölçmək üçün SHIFT düyməsinə, sonra isə DCV və ACV düymələrinə eyni zamanda basın.
- Aşağıda göstərildiyi kimi, rejim dərhal SC, DC və ya SC və DC rejiminə keçəcək.

Cədvəl 7: Müqavimət aralığının seçilməsi

Avtomatik aralıq	Avtomatik aralıq seçmə funksiyasını işə salmaq/söndürmək üçün AUTO düyməsinə basın		
Aralığın əllə seçilməsi	Aralığı seçmək üçün Yuxarı və ya Aşağı düyməsinə sıxın. AUTO göstəricisi avtomatik olaraq sönəcək. Müvafiq aralıq məlum deyilsə, ən geniş aralığı seçin.		
Seçilə bilən müqavimət aralıqları	**Aralıq**	**Dəqiqlik**	**Tam aralıq**
	500μA	10nA	510.00 μA
	5mA	100nA	5.1000 mA
	50mA	1μA	51.000 mA
	500mA	10 μA	510.00 mA
	5A	100 μA	5.1000A
	10A	1 mA	12.000A

(a) DCmA ölçmə dövrəsi

(b) Analoq multimetr

(c) Rəqəmli multimetr

Şəkil 7: SC şiddətinin ölçülməsi

4) SC gərginliyinin ölçülməsi

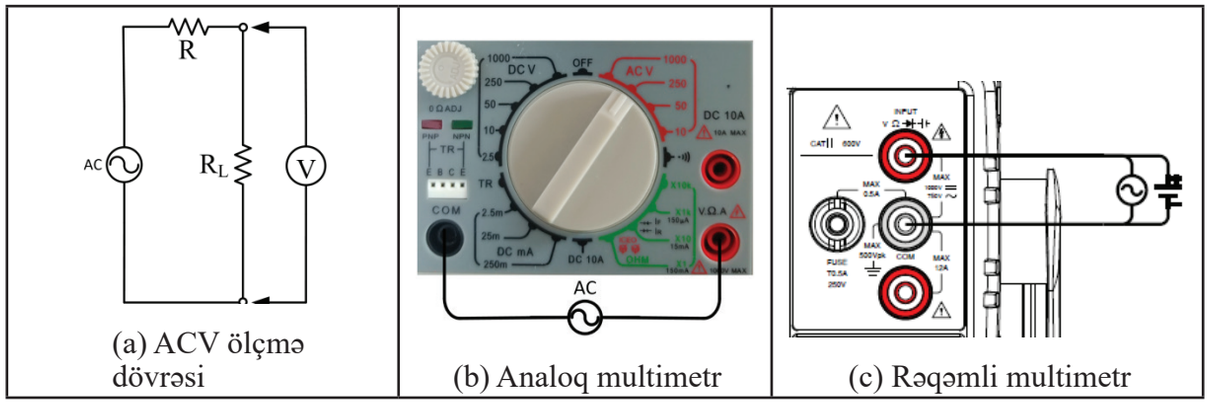
Şəkil 8 (a) DC gərginliyini ölçmə dövrəsini təsvir edir.

(1) Analoq multitester

- COM (-) arasındakı qara sınaq başlığını və qırmızı sınaq başlığını V·Ω·A terminalına qoşun [Şəkil 8 (b)]
- [Şəkil 8] (b)-də göstərildiyi kimi, seçim çeviricisini ACV (dəyişən cərəyan gərginliyi) ölçmə aralığına nizamlayın.
- Bu zaman göstərici əqrəbin yerləşdiyi şkalanın kalibrasiya xəttinin qırmızı xəttindən oxunacaq.
- Ölçülən DC gərginlik qiyməti RMS qiyməti ilə ifadə olunur, buna görə də maksimal qiymət lazım olduqda, göstərici -yə vurulmalıdır.
- Nəzərdə tutulan gərginlik səviyyəsini ölçmək üçün [Şəkil 8] (b)-də göstərilən şəkildə qırmızı sınaq başlığını (+) qütbə və qara sınaq başlığını (-) qütbə paralel şəkildə birləşdirin.

(2) Rəqəmli multitester

- SC gərginlik səviyyəsinin ölçülməsi və SC gərginlik səviyyəsinin ölçmə metodu eynidir.



(a) ACV ölçmə dövrəsi | (b) Analoq multimetr | (c) Rəqəmli multimetr

Şəkil 8: SC gərginliyinin ölçülməsi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

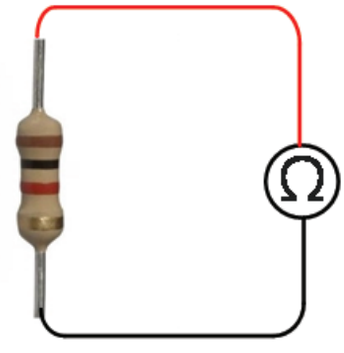
1. Multitesterdən istifadə edərkən qırmızı sınaq başlığını (+) başlıq terminalına və qara sınaq başlığını (-) başlıq terminalına qoşun.
2. Voltmetr və ampermetrə malik multitesterdən istifadə edərkən ölçülməli gərginlik və cərəyan şiddəti əvvəlcədən təxmin edilməlidir və rejim çeviricisi müvafiq aralıqda ölçülməlidir.
3. SC gərginliyini və ya DC gərginliyini ölçərkən ölçmə aparmazdan əvvəl rejim çeviricisinin müqavimətinin ölçmə aralığında və ya cərəyan aralığında olduğundan əmin olun. Əks halda, alət zədələnəcək.
4. Ölçülməli gərginlik səviyyəsi və cərəyanın miqyası təxmin oluna bilmirsə, əvvəlcə çeviricini maksimal ölçmə aralığına gətirin.
5. Ommetrdən istifadə edərkən seçim çeviricisi ilə ölçmə aralığını dəyişən zaman hər dəfə aləti 0Ω göstəricisinə nizamlayın.
6. Multitesterdən istifadə etmədikdə çeviricisi həmişə SÖNÜLÜ (OFF) mövqeyinə çevirin. SÖNÜLÜ terminalı mövcud deyilsə, onu SC V (və ya DC V) mövqeyinə çevirin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və ya materialları təcrübə üçün hazırlayın (Analoq/Rəqəmli multimetr).

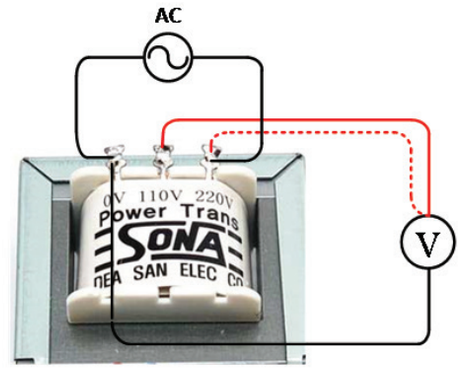
2. Müqavimətin ölçülməsi

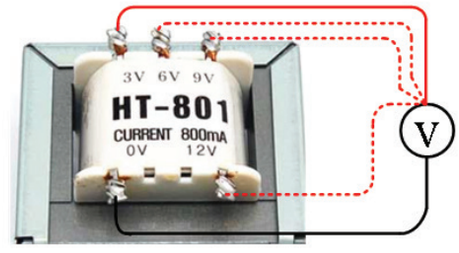
1) Müxtəlif müqavimət qiymətlərinə malik 5 ədəd rəngli rezistoru maket sxeminə qoşun.
2) Multitesterin 0 nöqtəsinə nizamlayın.
3) Məlum olmayan müqaviməti ölçün.
   - Kalibrasiya edilmiş multimetrlə məlum olmayan müqavimət qiymətini ölçün. Qurğuşun çubuğa toxunmamağa diqqət edin.
   - Əqrəb dayandıqda, Ω ölçmə şkalasının qiymətini oxuyun və Cədvəl 8-də qeyd edin.
   - Göstərici əqrəb mərkəz nöqtəyə deyil, sonsuzluğa (∞) yaxınlaşırsa, 0 nöqtəsinə nizamlayın və seçim çeviricisini hər dəfə çevirdikdə ölçmə aparın. X10, 1k və ya X10k qiymətlərinə çevirin.



3. DC gərginliyinin ölçülməsi

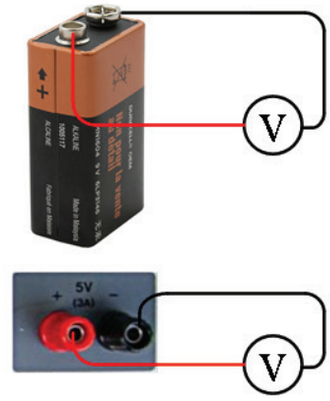
1) Elektrik təchiz edən transformatoru hazırlayın və birinci dərəcəli terminala (birinci: 220 [V], ikinci: 0-12 [V], 800 [mA]) DC 220 [V] tətbiq edin.
2) Multitesterin çeviricisini DC V250 nöqtəsinə çevirin.
3) DC fərqli qütblərə malik olmadığı üçün, ölçmə sınaq başlığının qırmızı və ya qara rəngdə olmasından asılı olmayaraq, elektrik enerjisi transformatorunun birinci tərəfinə qoşun.
4) Əqrəb şkalada dayansa, göstəricini oxuyun və Cədvəl 9-da qeyd edin.
5) Multitesterin başlığını elektrik enerjisi transformatorunun ikinci dərəcəli 0, 3, 6, 9, 12 tərəflərinə qoşun və Cədvəl 6-dakı göstəricinin qiymətini oxuyun.





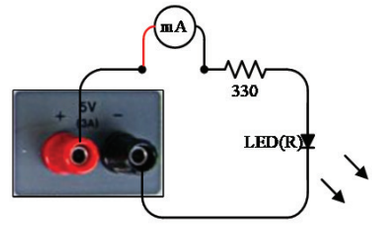
4. SC gərginliyinin ölçülməsi

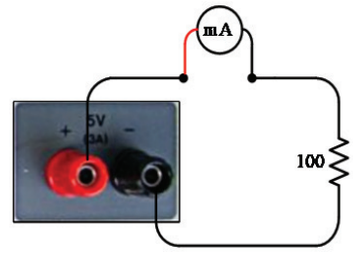
1) SC enerji mənbəyini və 9 V-luq batareyanı hazırlayın.
2) Qırmızı sınaq başlığını (+) giriş terminalına və qara sınaq başlığını (-) terminala qoşun.
3) Multitesterin çeviricisini DCV10 mövqeyinə çevirin.
4) Qırmızı sınaq başlığını batareyanın müsbət (+) qütbünə və qara sınaq başlığını mənfi (-) qütbə birləşdirin və əqrəbin şkala diskində göstərdiyi nöqtəni Cədvəl 10-a daxil edin və ölçülmüş qiyməti qeyd edin.
5) SC elektrik enerjinin 4) bəndində göstərilən şəkildə 5 V-luq sabit çıxış gərginlik səviyyəsini ölçün və qeyd edin.



5. Sabit cərəyanın ölçülməsi

1) SC elektrik enerji mənbəyini, LED (qırmızı), rəngli müqavimət (100Ω, 330Ω, 1kΩ, 5.6 kΩ, 10 kΩ) maket sxemini və birləşdirici kabeli hazırlayın.
2) Multitesterin rejim çeviricisini DCmA 250 mövqeyinə gətirin.
3) Qırmızı və qara sınaq başlıqlarını yüklə (LED və ya rezistor) birlikdə ardıcıl şəkildə SC elektrik mənbəyinin sabit 5 V-luq terminalına birləşdirin.
4) Ampermetr sağda göstərilən şəkildə dövrəyə ardıcıl birləşdirilməlidir.
5) Yükdə axan cərəyanı ölçün və Cədvəl 11-də qeyd edin.





6. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Gərginlik səviyyəsinin, cərəyan axınının və müqavimətin dəqiq ölçməsini apardımı? 2. Multitesterlə gərginlik səviyyəsinin, cərəyan axınının və müqavimətin ölçməsini apardımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Sınağın adı	Multitesterlə gərginliyin, cərəyan şiddətinin və müqavimətin ölçülməsi	Tarix	
Kafedra		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

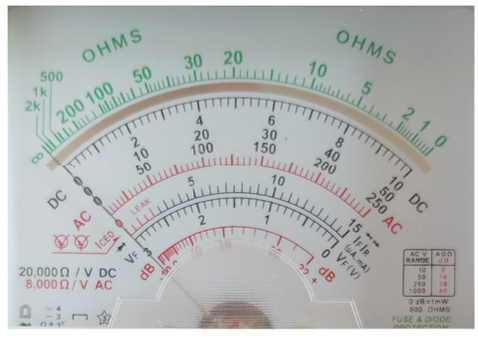
Cədvəl 8: Məlum olmayan müqavimətin ölçülməsi

Nömrə	Müqavimətin qiyməti (R_C)	Ölçülmüş qiymət (R_M)		Xəta (R_M - R_C)
		Analoq	Rəqəmli	
1				
2				
3				
4				
5				

Cədvəl 9: DC gərginlik səviyyəsinin ölçülməsi

Transformator	Gərginlik	Ölçülmüş gərginlik qiyməti		Yerləşdiyi aralıq
		Analoq	Rəqəmli	
Birinci dərəcəli	220V			
	110V			
İkinci dərəcəli	12V			
	9V			
	6V			
	3V			

Cədvəl 10: DC gərginliyinin ölçülməsi

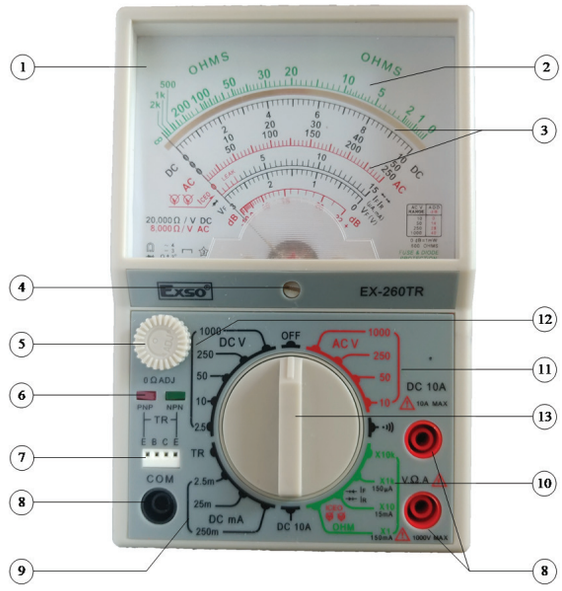
Şkaladakı göstəricilər (Qırmızı xətlə çəkilib)	Ölçülən qiymət
	____[V]

Cədvəl 11: SC axınının ölçülməsi

Yük	Ölçülmüş qiymət		Hesablanan qiymət	Xəta	Yerləşdiyi aralıq
	Analoq	Rəqəmli			
100Ω					
330Ω					
1kΩ					
5.6kΩ					
10kΩ					
LED					

2. Baxış və izah

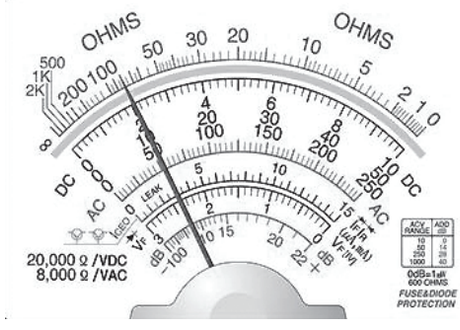
(1) Aşağıdakı şəkil analoq multitesterin adıdır. Müvafiq rəqəmlərlə işarələnmiş hissələrin adını yazın.



(2) Aşağıdakı şəkil analoq multitesterin şkala diskini göstərir. Rejim çeviricisinin vəziyyəti Cədvəl 12-dəki kimidirsə, əqrəbin göstərdiyi qiymətlərin hər biri üçün ölçmə qiymətini qeyd edin.

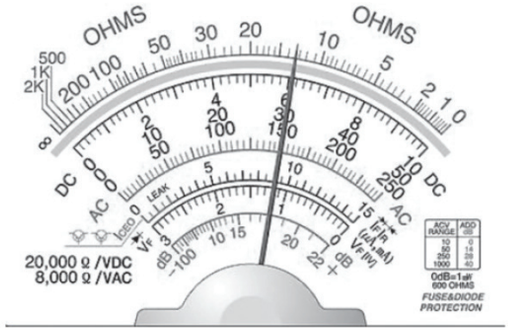
Cədvəl 12: Analoq multitesterlə ölçmə

(1) Müqavimət şkalasının oxunması <Şkalanın oxunması>



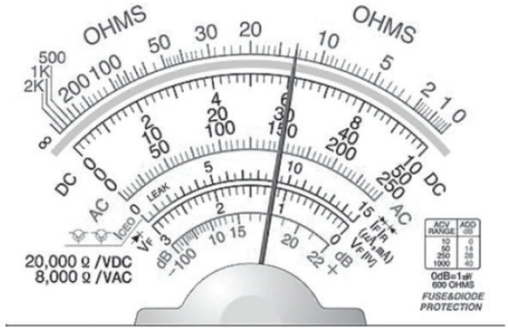
Yerləşdiyi aralıq	Ölçülmüş qiymət
Ohm X1	[Ω]
Ohm X10	[Ω]
Ohm X1k	[Ω]
Ohm X10k	[Ω]

(2) SC gərginliyinin ölçülməsi < Şkalanın oxunması>



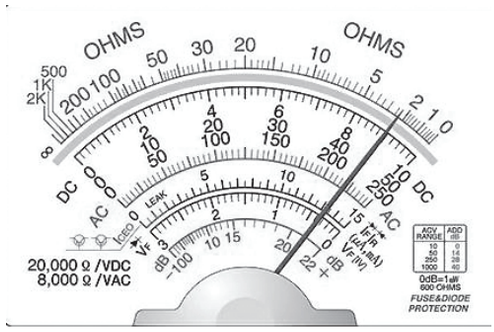
Yerləşdiyi aralıq	**Ölçülmüş qiymət**
DC 2.5V	[V]
DC 10V	[V]
DC 50V	[V]
DC 255V	[V]

(3) SC axınının ölçülməsi < Şkalanın oxunması>



Yerləşdiyi aralıq	**Ölçülmüş qiymət**
DC 2.5mA	[mA]
DC 25mA	[mA]
DC 250mA	[mA]
DC 10A	[A]

(4) DC gərginliyinin ölçülməsi < Şkalanın oxunması>



Yerləşdiyi aralıq	**Ölçülmüş qiymət**
DC 10V	[V]
DC 50V	[V]
DC 250V	[V]
DC 1000V	[V]

4. Ossiloqraf və funksiya generatoru ilə siqnalların, gərginliklərin və tezliklərin ölçülməsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*
1. Ossiloqrafın ölçdüyü siqnalların qiymətlərini oxuya biləcək;
2. Funksiya generatorunun tezliyini nizamlaya biləcək;
3. SC elektrik mənbəyinin gərginliyini və cərəyan şiddətini nizamlaya biləcək;
4. Generatorunun dalğa formasının gərginliyini, tezliyini və dövrünü ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:
1. Rezistor: növünə görə, 5ea (100Ω, 330Ω, 1□, 5.6□, 10□), LED: qırmızı
2. Transformator: giriş gərginliyi 220/100V, çıxış gərginliyi 3, 6, 9. 12V
3. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:
1. Funksiya generatoru
2. Tezlik sayğacı
3. Rəqəmli generator

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Sadə elektronik avadanlığa baxış

(1) Siqnal generatoru

1) Aşağı tezlikli generator

Aşağı tezlikli generator 20 Hz-dən 200 kHz-ə qədər eşidilən tezlik meydana gətirən siqnal generatorudur və Wien körpüsü dalğalanma metodundan istifadə edir və bu üsuldan müxtəlif audio dövrələrin xarakteristikalarını ölçmək üçün siqnal mənbəyi qismində istifadə edir.

Müxtəlif tezliklər meydana gətirmək üçün dalğa formalarını meydana gətirən dövrələr sinusiod dalğalarla yanaşı, həm də kvadratşəkilli və üçbucaqşəkilli siqnallar meydana gətirir və meydana gələn dalğalara attenyuator birləşdirməklə nəzarət olunur.

2) Yüksək tezlikli generator

Yüksək tezlikli generator 200 kHz və ya daha yüksək tezliyə malik siqnal generatorudur və aşağı tezlikli siqnal meydana gətirə bilər (400 Hz-dan 1 kHz-a qədər). Bundan əlavə, buraya dalğalanan tezlik generatorları, FM stereo siqnal generatorları və xüsusi tezliklər ətrafında sabit zolaq üzrə hərəkət edən TV və video siqnalları meydana gətirən iz generatorları aiddir.

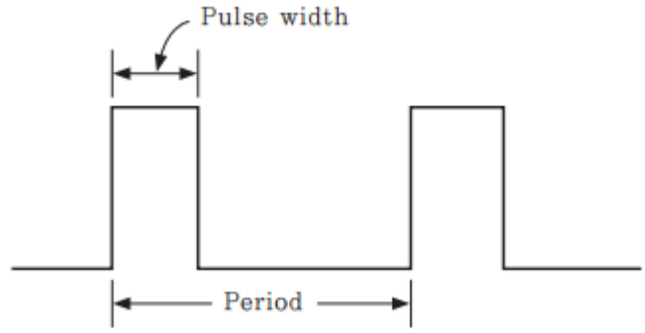
3) Funksiya generatoru

Funksiya generator dörd funksiyaya malik generatordur: funksiyanın generasiyası, impulsun generasiyası, dalğalanan tezlik generasiyası və tonal impulsun generasiyası. Tezliyin aralığı 0.2 Hz-dən 2 MHz-ə qədər dəyişir və sinus dalğası, üçbucaqşəkilli dalğa, kvadratşəkilli dalğa, xətti yüksələn amplitudalı dalğa və impuls dalğası kimi müxtəlif dalğa formaları meydana gətirir.

Xüsusilə, impulsun generasiyası kvadratşəkilli dalğaya bənzəyən, lakin fərqli dövrə malik düzbucaqşəkilli dalğa meydana gətirir. Şəkil 1-də göstərildiyi kimi, təsir faktoru impulsun eninin impulsun dövrünə nisbəti kimi təyin olunur və aşağıdakı kimi faizlə ifadə olunur.

Kvadratşəkilli dalğanın təsir faktoru 50%-dir, impulsun təsir əmsalı isə, adətən, 5-95% arasında olur.

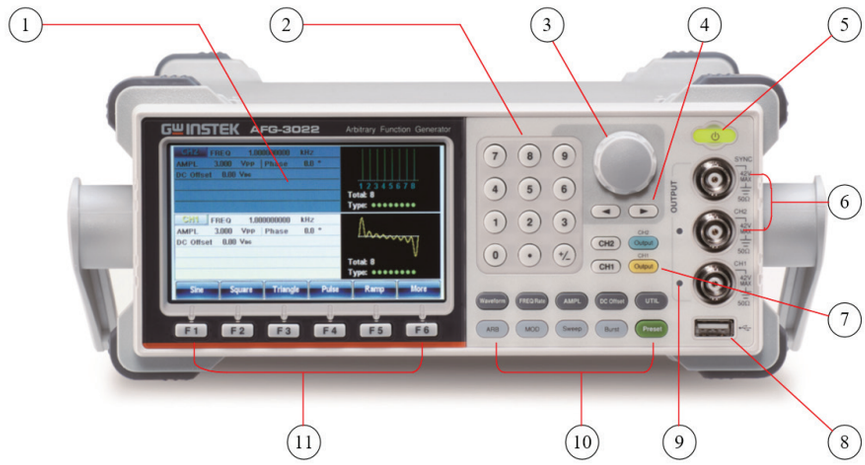
$$Təsir\ faktoru = \frac{İmpulsun\ eni}{Dövr} \times 100[\%]$$

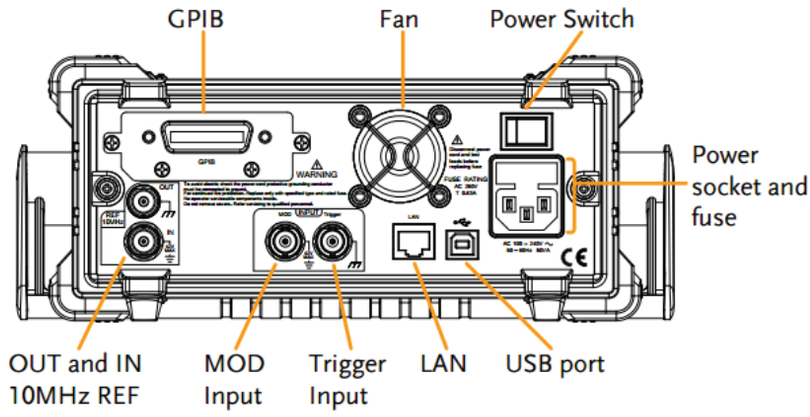


Şəkil 1: Təsir faktorunun impulsu

3) Funksiya generatorundan istifadə

(Şəkil 2) 1μHz ~ 20 MHz tezlik zolaq xətti olan və sinus, kvadrat, üçbucaq, impuls, xətti yüksələn amplitudalı, səs və SC standart dalğa şəkilləri meydana gətirən AFG-3021B qurğusunu göstərir. 10 mVpp-dan 10 Vpp-a qədər amplituda aralığına malikdir.

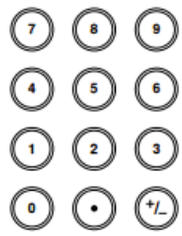
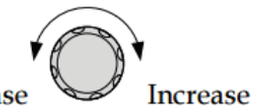
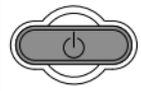


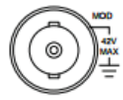
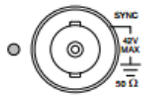
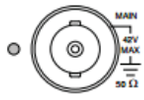
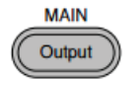
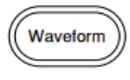


Fan – ventilyator
Power switch – elektrik açarı
Power socket and fuse – elektrik ştepseli və qoruyucu
Trigger input – trigger girişi
USB port – USB portu
MOD input – MOD girişi
OUT and IN 100 MHz REF – Çıxış və Giriş 100 MHz REF

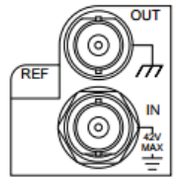
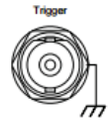
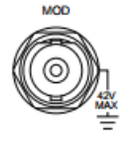
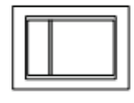
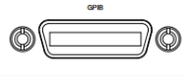
Şəkil 2: AFG-3021B qurğusunun ön və arxa paneli

Cədvəl 1: Funksiya generatorunun adı və funksiyası

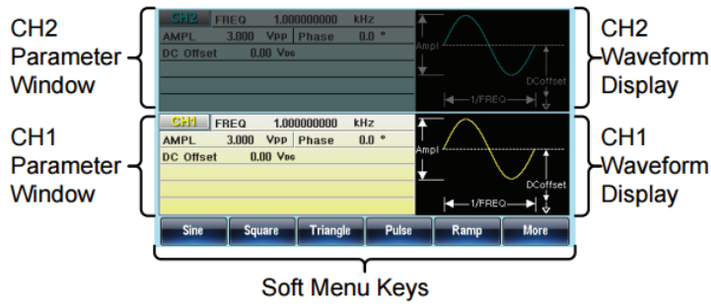
Ön panelə baxış		Funksiya
- LCD ekran	TFT rəngli LCD ekran, 480 x 272 dəqiqlik.	
- Rəqəm klaviaturası		Rəqəmli klaviatura qiymətləri və parametrləri daxil etmək üçün istifadə olunur. Klaviatura tez-tez seçim düymələri və dəyişən çarxı ilə birlikdə istifadə olunur.
- Hərəkət sükanı		Hərəkət sükanı qiymətlərə və parametrlərə düzəliş etmək üçün istifadə olunur.  Decrease Increase **Decrease – azalt** **İncrease – artır**
- Seçim düymələri		Parametrlərə düzəliş edərkən rəqəmləri seçmək üçün istifadə olunur.
- Gözləmə rejiminə keçid düyməsi		Gözləmə rejiminə keçid düyməsi funksiya generatorunu işə salmaq (yaşıl) və ya qoşmaq üçün istifadə olunur.

- Çıxış terminalları	  	AM, FM, PWM, PM, SUM və ya dalğalanan tezlik funksiyası üçün modulyasiya edən çıxış terminalıdır. SYNC çıxış terminalı əsas çıxış siqnalının sıfır faza mövqeyi ilə eyni fazada olan TTL sxem səviyyəsində siqnal meydana gətirir. Çıxış müqaviməti 50 Ω-dur. Əsas çıxış terminalıdır. Çıxış müqaviməti 50 Ω-dur.
- Əsas çıxış		Siqnal çıxışlarını yandırmaq və ya söndürmək üçün istifadə olunan çıxış düyməsidir.
- USB əsas konnektoru		USB əsas konnektoru verilənlərin yaddaşda saxlanması və bərpa olunması, həm də aparat təminatını yeniləmək üçün istifadə olunur.
- Çıxış göstəriciləri		Çıxış göstəricisi yaşıldırsa, çıxışın aktiv olduğuna işarə edir.
- Əməliyyat düymələri	 	Siqnal düyməsi siqnal növünü seçmək üçün istifadə olunur FREQ/ Rate düyməsi tezlik və ya seçmə sürətini nizamlamaq üçün istifadə olunur. AMPL siqnalın amplitudasını nizamlayır. SC komponenti nizamlayır UTIL düyməsi yaddaşda saxlama və təkrar çağırma seçimlərinə giriş, uzaq məsafədəki interfeysi (USB, GPIB, LAN) nizamlamaq, DSO əlaqəsindən istifadə etmək, aparat təminatının versiyalarını təzələmək və baxış keçirmək, kalibrasiya seçimlərinə giriş, çıxış müqavimətini nizamlamaq, dili dəyişmək və ya kömək menyusuna giriş üçün istifadə olunur. ARB müəyyən siqnal parametrlərini nizamlamaq üçün istifadə olunur.

		MOD, Sweep və Burst düymələri modulyasiyanı, dalğalanan tezlik və impuls nizamlamalarını və parametrlərini nizamlamaq üçün istifadə olunur.
		Preset düyməsi əvvəlcədən nizamlanmış rejimi təkrar çağırmaq üçün istifadə olunur.
11 Funksiya düymələri: F1~F6		LCD ekranın aşağı hissəsində nümayiş olunan funksiyaları aktivləşdirir.

Arxa panelin görünüşü		Funksiya
OUT və IN 10 MHz REF		10 MHz istinad çıxış tezliyi. 10 MHz istinad giriş tezliyi. 10 MHz REF IN torpaqlama kabeli CH1 (ƏSAS) cə CH2-dən 42 Vpk izolyasiyaya və şassi torpaqlama kabelinə malikdir.
Datçikin girişi		Xarici datçik girişi. Xarici datçik siqnallarını qəbul etmək üçün istifadə olunur.
MOD girişi		Modulyasiyalı giriş terminalıdır.
Elektrik ştepselinin girişi və sığortası		Elektrik girişi: 100-240V DC, 50-60 Hz. Sığorta: AFG-3021 & AFG-3031: T0.63A/250V
Elektrik enerjisi çeviricisi		Əsas elektrik enerjisi çeviricisidir.
USB B portu		USB B konnektoru funksiya generatorunu uzaq məsafədən istifadə etmək məqsədilə kompüterə qoşmaq üçün istifadə olunur.
LAN portu		Ethernet portu uzaq məsafədən nəzarət üçün istifadə olunur (RJ45 konnektoru).
GPIB		Kompüterə uzaq məsafədən nəzarət üçün 24 çıxıntılı dişi GPIB konnektorudur.

Ekran



CH1 parameter window – CH1 parametr pəncərəsi
CH1 waveform display – CH1 siqnal ekranı
CH2 parameter window – CH2 parametr pəncərəsi
CH2 waveform display – CH2 siqnal ekranı
Soft menu keys – virtual menyu klaviaturası

Parametr pəncərəsi	Bu pəncərələr CH1 və CH2 üçün parametr qiymətlərinə düzəliş etmək üçün istifadə olunur.
Siqnal ekranı	Siqnal ekranı hər kanal üçün gözlənilən siqnal çıxışını göstərmək üçün istifadə olunur.
Virtual menyu düymələri	Virtual menyu düymələrinin altında yerləşən funksiya düymələri (F1~F6) virtual düymələrə uyğun gəlir.

(2) Ossiloqraf

Ossiloqraf elektrik siqnalını ekranda göstərən qrafik nümayiş cihazıdır. O, siqnalın ölçülərinin (amplitudasının) zamanla necə dəyişdiyini göstərir. Şaquli ox (Y oxu) gərginlikdə dəyişiklikləri, üfüqi ox (X oxu) zamanda dəyişiklikləri göstərir, ekranın intensivliyi və ya parlaqlığı, adətən, Z oxu ilə göstərilir. Bu sadə qrafik siqnal haqqında çoxlu məlumat verir. Bu qrafikdə aşağıdakıları görə bilərsiniz:

- Siqnalın giriş vaxtı və gərginliyi
- Rəqs edən siqnalın tezliyi
- Giriş siqnalına dövrənin reaksiyasında dəyişikliklər
- Siqnalı dəyişdirmək üçün funksiyası zəifləyən element
- SC və DC siqnallarının miqdarı
- Siqnaldakı küy və vaxt ərzində siqnalın küyünün dəyişməsi

Ossiloqraf kiçik televizorla eyni funksiyanı icra edir, lakin ondan fərqli olaraq, ekranda şkalaya və bir çox nəzarət düymələrinə malikdir. Ossiloqrafın ön panelində adətən, şaquli hissə, üfüqi hissə, sinxronlaşdırılmış və s. hissələr var. Həmçinin ekran hissəsi və qoşma giriş hissəsi mövcuddur.

1) Ossiloqrafdan istifadə məqsədi

Ossiloqraf televizor mexanikasından fizika mütəxəssislərinə qədər istifadə olunan çoxməqsədli avadanlıqdır və elektronik avadanlıqları layihələndirən, istehsal edən və təmir edən hər kəs üçün zəruridir. Buna görə də, ossiloqraf televizorun təsvirləri gücləndirmə və şaquli və üfüqi gücləndirmə prinsiplərindən istifadə edərək məlum olmayan orto və DC gərginliyini, fazanı və modulyasiya dərəcəsini ölçə bilər.

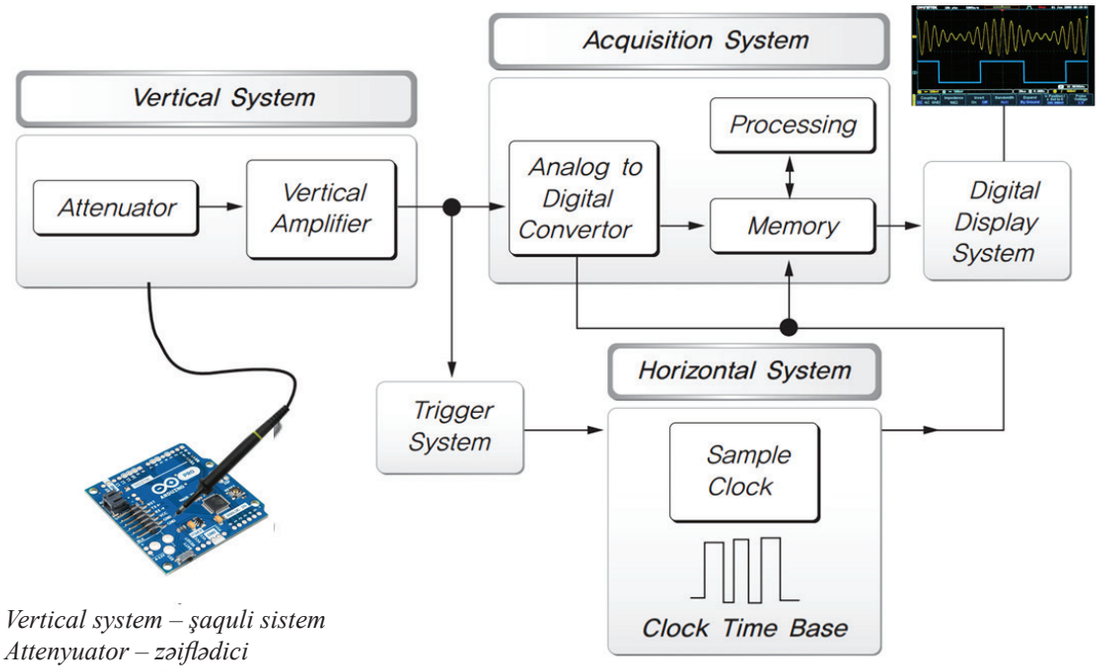
Məsələn, ossiloqrafdan istifadə elektronika ilə məhdudlaşmır və müvafiq dalğa çeviricisi ilə müxtəlif göstəricilər ölçülə bilər. Bu çeviricilər səs, mexaniki sürtünmə, təzyiq, işıq, temperatur kimi fiziki stimulları elektrik siqnallara çevirir. Ossiloqrafın tətbiq imkanları genişdir, məsələn, avtomobil mühəndisləri avtomobil mühərrikindəki titrəmələri və tibbi tədqiqatçılar beyin dalğalarını ossiloqrafla ölçür.

2) Ossiloqrafın növləri

Ossiloqraflar bir çox tətbiq sahələrinə malikdir, məsələn, birkanallı, ikikanallı, dördkanallı və rəqəmli yaddaş ossiloqrafları, RT (radio tezlikli) ossiloqraflar və yaddaş qabiliyyətli genişləmə ossiloqrafları buraya aiddir. O, həm də sxemi təhlil edən qurğuya və eyni vaxtda rəqəmli siqnalları ölçə bilən16-48 kanallı ossiloqrafa malikdir.

3) Rəqəmli ossiloqrafın əməliyyat prinsipi

Rəqəmli ossiloqrafın bir çox sistemi analoq ossiloqrafla eynidir, lakin buraya verilənlərin emal sistemi (VES) əlavə olunub. (Şəkil 3) Rəqəmli ossiloqraf VES-dən siqnallara dair bütün verilənləri toplayır və ekranda göstərir. Rəqəmli ossiloqrafın rabitə qurğusu dövrəyə birləşdirilibsə, şaquli sistem siqnalı analoq ossiloqraf kimi ölçür. Toplama sistemində analoq-rəqəmli çeviricisində (ARÇ) siqnal nümunələri ayrı-ayrı nöqtələrdə götürülür və sonra rəqəmli qiymətlər gərginliyə çevrilir.



Vertical system – şaquli sistem
Attenyuator – zəiflədici
Vertical amplifier – şaquli gücləndirici
Acqusition system – toplama sistemi
Processing – emal
Memory – yaddaş
Sample clock – nümunə saat
Horizontal system – üfüqi sistem
Clock time base – saat vaxt bazası
Digital display system – rəqəmli ekran sistemi
Analog to digital converter – analoq-rəqəmli çevirici

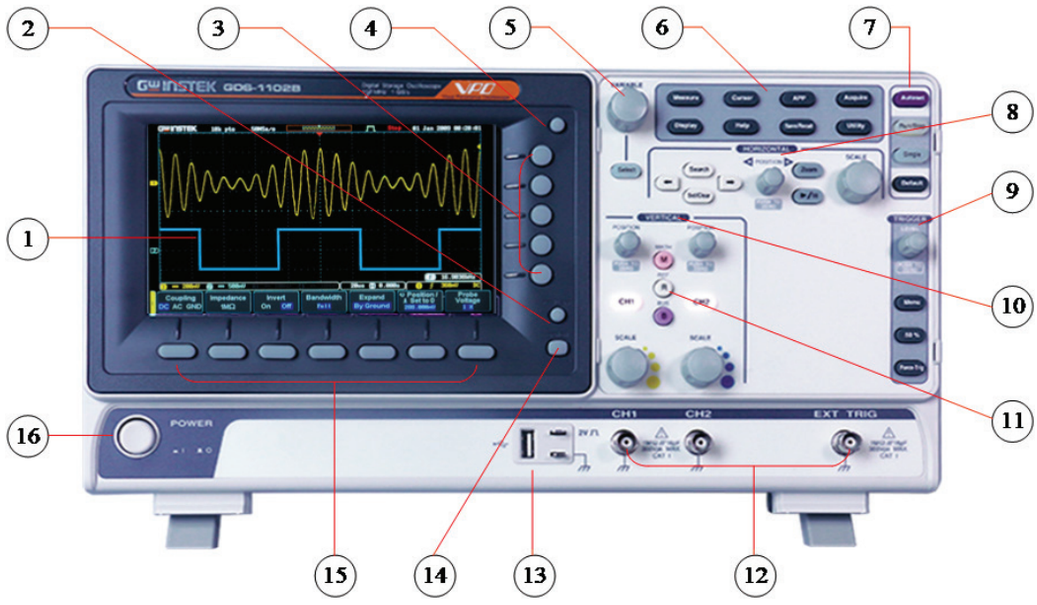
Şəkil: RYO (rəqəmli yaddaş ossiloqrafının) blok diaqramı

Bu rəqəmli qiymətlər nümunə nöqtələri adlanır. Üfüqi sistemdəki nümunə saat ARÇ-nin nümunələri hansı tezliklə götürdüyünü göstərir. Saatla nümunələrin götürülmə tezliyi nümunə tezliyi adlanır və nümunə/saniyə vahidi ilə ölçülür. ARÇ-dən əldə edilmiş nümunə nöqtələri yaddaşda bir və ya bir neçə nümunə nöqtələrindən ibarət siqnallar dəsti kimi saxlanır. Bu siqnal nöqtələri yığılaraq, bir siqnal qeydləri meydana gətirir. Ümumilikdə, siqnal qeydlərini formalaşdıran siqnal nöqtələrinin sayı qeydə alma uzunluğu adlanır. Sinxronlaşdırma sistemi qeydin başlama və başa çatma nöqtələrini müəyyən edir və qeyd nöqtələri yaddaşda saxlandıqdan sonra ekranda göstərilir.

Osilloqrafın işindən asılı olaraq, nümunə nöqtələrinin əlavə emalı yerinə yetirilə bilər və ekrandakı siqnallar daha aydın görünə bilər. Siz həm də sinxronlaşma nöqtəsindən əvvəl nə baş verdiyini görmək üçün azad sinxronlaşdırma funksiyasından istifadə edə bilərsiniz. Yəni rəqəmli ossiloqraf analoq ossiloqrafda olduğu kimi, həm də şaquli, üfüqi və sinxronlaşdırma nizamlamalarına malik olmalıdır.

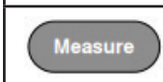
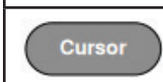
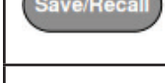
4) Rəqəmli ossiloqrafın hissələrinin funksiyası

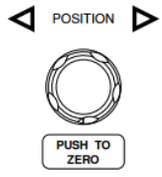
Rəqəmli ossiloqrafın funksiyaları Şəkil 3 və Cədvəl 2-də təsvir olunub.

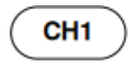
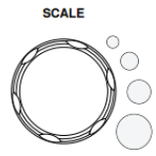
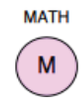
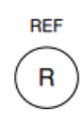
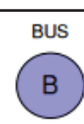
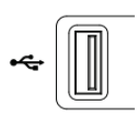
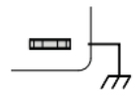


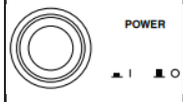
Şəkil 3: Rəqəmli ossiloqraf

Cədvəl 2: Rəqəmli ossiloqrafın adı və funksiyası

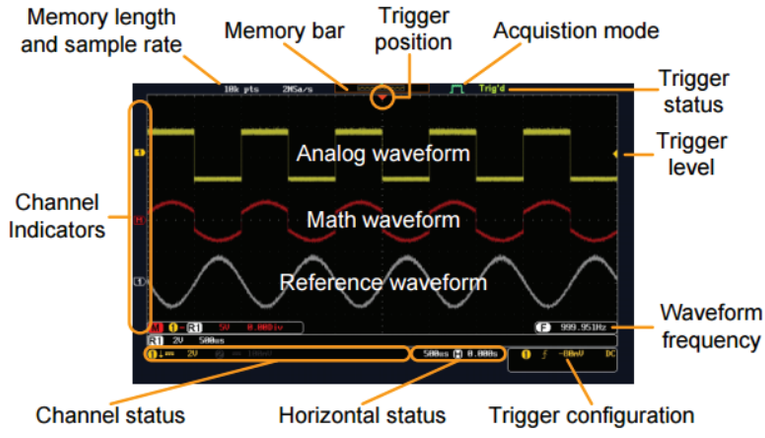
Ön panelin görünüşü		Funksiyası
1 LCD ekranı	7” WVGA TFT rəngli LCD. 800 x 480 əksetmə qabiliyyəti, geniş bucaqlı nümayiş	
2 Rəqəm klaviaturası		Menu Off düyməsindən istifadə edərək ekranın menyu sistemini gizlədə bilərsiniz.
3 Menyu düymələri		Yan menyu və aşağı menyu düymələri LCD istifadəçi interfeysindəki virtual menyulardan seçim etmək üçün istifadə olunur. Menyudakı bəndləri seçmək üçün ekran panelinin aşağı hissəsində yerləşmiş 7 aşağı menyu düyməsindən istifadə edin. Menyudan dəyişəni seçmək və ya seçim etmək üçün panelin kənarındakı kənar menyu düymələrindən istifadə edin.
4 Çap düyməsi		Çap düyməsi konfiqurasiyadan asılı olaraq, sürətli yaddaşda saxlama və sürətli çap düyməsidir.
5 Nizamlama çarxı və seçim düyməsi		Dəyişən çarxı qiymətləri artırmaq/azaltmaq və ya bir parametrdən digərinə keçmək üçün istifadə olunur. Seçim düyməsi seçim etmək üçün istifadə olunur.
6 Funksiya düyməsi	Funksiya düymələri GDC-1072B qurğusunda müxtəlif funksiyaları daxil etmək və konfiqurasiya etmək üçün istifadə olunur.	
		Avtomatik ölçmələri konfiqurasiya edir və tətbiq edir.
		Kursorun ölçmələrini konfiqurasiya edir və tətbiq edir.
		GW Instek tətbiqetmələrini konfiqurasiya edir və tətbiq edir.
		Verilənlərin toplanması rejimini konfiqurasiya edir.
		Ekran nizamlamalarını konfiqurasiya edir.
		Kömək menyusunu göstərir.
		Siqnalların, təsvirlərin, panel nizamlamalarının yaddaşda saxlanması və təkrar çağırılması üçün istifadə olunur.
		Çap düyməsini, ekranda göstərilən vaxtı və dili, rabitə qurğusunun bərpasını və kalibrasiyasını konfiqurasiya edir. Həmçinin faylların xidməti menyusuna girişi təmin edir.

7 Əsas çıxış	Avtomatik nizamlama, İşə salma/Dayanma, tək və ilkin nizamlamalar	
	Autoset	Triggeri, üfüqi və şaquli şkalanı avtomatik şəkildə nizamlamaq üçün avtomatik nizamlama düyməsinə sıxın.
	Run/Stop	Siqnalların toplanmasını dondurmaq (dayandırmaq) və ya davam etdirmək (işə salmaq) üçün sıxın.
	Single	Toplama rejimini tək həyəcanlandırma rejiminə nizamlayır.
	Default	Ossiloqrafı ilkin nizamlamalara qaytarır.
8 Üfüqi nəzarət	Üfüqi nəzarət düymələri kursorun mövqeyini dəyişmək, baza vaxt nizamlamalarını təyin etmək və siqnalları daha yaxından müşahidə etmək üçün istifadə olunur.	
		Üfüqi vəziyyət Mövqe çarxı siqnalların ekranda üfüqi şəkildə yerləşdirilməsi üçün istifadə olunur. Çarxa basdıqda mövqe sıfır nöqtəsinə nizamalanacaq.
		Şkala Şkala çarxı üfüqi şkalanı dəyişmək üçün istifadə olunur (TIME/DEV).
	Zoom	**Miqyas** Miqyas düyməsini üfüqi vəziyyət çarxı ilə birlikdə istifadə edin.
	▶/II	**Başlat/Fasilə** Başlat/Fasilə düyməsi siqnalların miqyas rejimində hərəkətini müşahidə etməyə imkan verir.
	Search	Mövcud deyil.
	← →	Mövcud deyil.
	Set/Clear	Mövcud deyil.
9 Trigger nəzarət düymələri	Trigger nəzarət düymələri həyəcanlanma səviyyəsinə nəzarət etmək üçün istifadə olunur.	
		Səviyyə çarxı Trigger səviyyəsini nizamlamaq üçün istifadə olunur. Çarxa basdıqda, rejim sıfır nöqtəsinə nizamlanacaq.
	Menu	**Trigger menyu düyməsi** Trigger menyusunu göstərmək üçün istifadə olunur.

		50% düyməsi Trigger səviyyəsini göstəricinin yarı qiymətinə nizamlayır (50%).
		Kənar müdaxilə ilə həyəcanlandırma Siqnalın dərhal həyəcanlandırmaq üçün sıxın.
10 Üfüqi nəzarət düymələri		Şaquli VƏZİYYƏT Siqnalın şaquli mövqeyini nizamlayır. Üfüqi mövqeni sıfıra nizamlamaq üçün çarxa basın.
		**Kanal menyusu düyməsi** Kanalı nizamlamaq və konfiqurasiya etmək üçün CH1~4 düymələrinə basın
		**(Şaquli) şkala çarxı** Kanalın şaquli şkalasını nizamlayır. (TIME/DIV)
11 Riyazi, istinad və şin düymələri		**Riyaziyyat düyməsi** Riyazi funksiyaları nizamlamaq və konfiqurasiya etmək üçün istifadə edin.
		İstinad düyməsi İstinad siqnallarını nizamlamaq və ya aradan qaldırmaq üçün istinad düyməsinə basın
		ŞİN düyməsi Mövcud deyil.
12 Kanal girişləri		**Kanal girişləri** Giriş siqnallarını qəbul edir. Giriş müqaviməti: 1MΩ. Tutum: 16pF CAT I
		Xarici trigger girişi Xarici trigger siqnallarını qəbul edir. Yalnız 2 kanal modelində mövcuddur.
13 USB əsas portu, nümunələrin bərpası terminalları		**USB Əsas portu** TypeA, 1.1/2.0 ilə uyğundur. Verilənlərin ötürülməsi üçün 2V istifadə olunur.
		**Torpaqlama terminalı** Ümumi torpaqlama üçün DUT torpaqlama başlığını qəbul edir.

		Nümunələrin bərpa çıxışı Nümunələrin bərpası çıxışı nümunələrin bərpası üçün istifadə olunur. O, həm də nizamlana bilən çıxış tezliyinə malikdir. İlkin rejimdə bu port nümunələrin bərpası üçün 2 Vpp, 1 kHz tezliyə malik kvadratşəkilli siqnallar buraxır.
14 Seçim düyməsi		Mövcud deyil.
15 Aşağı menyu düymələri		Menyu LCD ekranın aşağı hissəsində göstərilir.
16 Elektrik çeviricisi		Elektrik təchizatını yandırma/söndürmək üçün istifadə olunur. I: ON O: OFF

Ekran



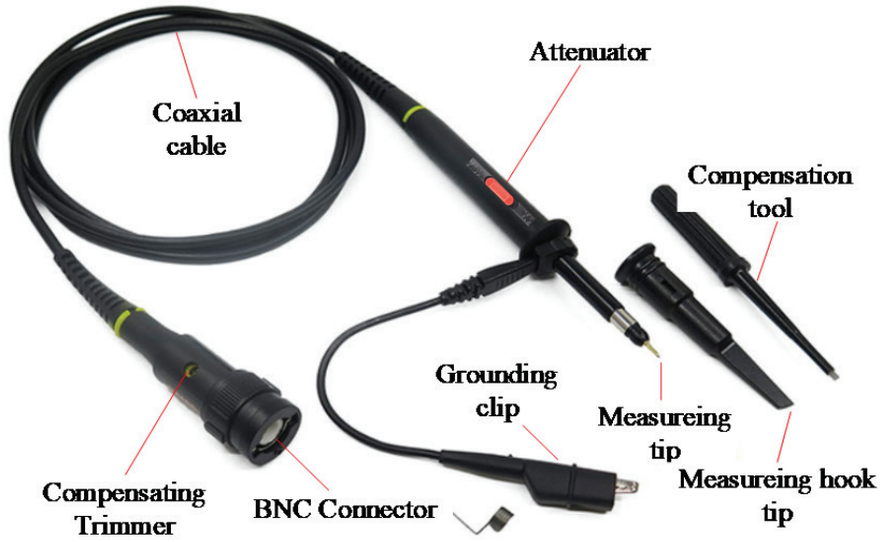
Memory length and sample rate – yaddaşın uzunluğu və nümunə toplama sürəti
Trigger level – trigger səviyyəsi
Waveform frequency – siqnalın tezliyi
Channel indicators – kanalın göstəriciləri
Memory bar – yaddaş çubuğu
Trigger position – trigger vəziyyəti
Acquisition mode – toplama rejimi
Channel status – kanalın vəziyyəti

Analoq siqnallar	Analoq giriş siqnalının formasını göstərir. Kanal 1: Sarı Kanal 2: Mavi
Kanal göstəriciləri	Kanal göstəriciləri aktivasiya edilmiş hər kanal üçün siqnal formasının sıfır volt səviyyəsini göstərir. Hər hansı aktiv kanal tam rənglə göstərilir.
	Analoq kanal göstəricisi
	İstinad siqnalının göstəricisi
	Riyazi göstərici
Virtual menyu düymələri	Virtual menyu düymələrindən aşağıda yerləşən funksiya düymələri (F1~F6) virtual düymələrdir.
Trigger vəziyyəti	Triggerin vəziyyətini göstərir.

Üfüqi vəziyyət	Üfüqi şkalanı və vəziyyəti göstərir.
Trigger səviyyəsi	Ekran torunda trigger səviyyəsini göstərir.
Yaddaş çubuğu	 Göstərilən siqnalın daxili yaddaşla müqayisədə nisbəti və mövqeyi. Aktiv kanalın rəngi həm də yaddaş çubuğu daxilindəki siqnalın rəngi kimi göstərilir
Trigger vəziyyəti	Trig'd Həyəcanlanıb. PrTrig əvvəlcədən həyəcanlanma Trig? Həyəcanlanmayıb, ekran yenilənməyib Stop Həyəcanlanma dayanıb. Həmçinin İşə sal/Dayan hissəsində göstərilir Roll Fırlanma rejimi Auto Avto trigger rejimi
Toplama rejimi	Normal rejim İmpulsları aşkar etmə rejimi Orta rejim
Siqnalın tezliyi	Trigger mənbəyinin tezliyini göstərir. Tezliyin 2 Hz-dan aşağı (daha aşağı tezlik limiti) olduğunu göstərir.
Trigger konfiqurasiyaları	Triggerin mənbəyi, bucağı, gərginliyi, birləşməsi.
Üfüqi vəziyyət	Üfüqi şkala, üfüqi vəziyyət
Kanalın vəziyyəti	Kanal 1, SC birləşməsi, 2V/Div

5) Rabitə qurğusu

Ossiloqraf siqnalla əlaqələndirildikdə yaxşı fəaliyyət göstərir və bunun üçün siz rabitə qurğusuna ehtiyac duyacaqsınız. Rabitə qurğusu siqnalı sizin dövrədən ossiloqrafa istiqamətləndirən təkgirişli cihazdır. Bu cihazlar dövrədəki bir nöqtə ilə rabitə quran iti uca malikdirlər. Uc həm də dövrəyə daha asan birləşmək üçün qarmaq, maqqaş və ya tutqaclarla təchiz oluna bilər. Hər rabitə qurğusu torpaqlama tutqacına malik olur və yoxlanan dövrənin ümumi torpaqlama nöqtəsinə təhlükəsiz şəkildə birləşdirilməlidir. Rabitə qurğuları sizin dövrənizə qoşulan və siqnalı ossiloqrafa ötürən sadə cihazlar kimi görünə bilər, lakin rabitə qurğularının layihələndirilməsi və seçilməsi vacib prosesdir.

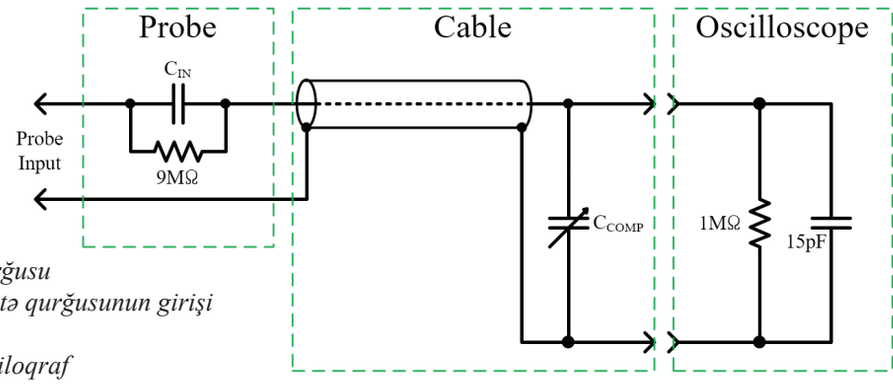


Coaxial cable – koaksial kabel
Attenuator – attenyuator
Compensating trimmer – kompensasiya trimmeri
Grounding clip – torpaqlama tutqacı
Compensation tool – kompensasiya aləti
Measuring tip – ölçmə ucluğu
Measuring hook tip – ölçmə qarmağının ucu
BNC connector – bayonet konnektoru

Şəkil 4: Rabitə qurğusunun görünüşü və adı

İdeal halda rabitə qurğusu görünməz olmalıdır – o, yoxlanmaqda olan siqnala təsir göstərməməlidir. Təəssüf ki, uzun naqillər daxili induksiyaya, tutuma və müqavimətə malikdirlər, buna görə də onlar istənilən vəziyyətdə ossiloqrafın oxumalarına təsir edirlər (xüsusilə, yüksək tezliklərdə).

Müxtəlif növ rabitə qurğuları mövcuddur, lakin ən geniş yayılmış qurğu bir çox ossiloqrafın tərkibində olan passiv rabitə qurğusudur. Bir çox "cansız" passiv rabitə qurğuları attenuasiya edilib. Attenuasiya edilmiş rabitə qurğuları məqsədli şəkildə yüksək müqavimətə və kiçik tutuma malikdirlər, bu da uzun kabelin sizin dövrənizi yükləmə təsirini minimallaşdırmağa kömək edəcək. Ossiloqrafın giriş müqaviməti ilə ardıcıl birləşdirildikdə attenuasiya edilmiş rabitə qurğusu siqnal və ossiloqrafın girişi arasında gərginlik bölücüsü meydana gətirəcək.



Probe – rabitə qurğusu
Probe input – rabitə qurğusunun girişi
Cable – kabel
Oscilloscope - ossiloqraf

Şəkil 5: Rabitə qurğusunun, ötürmə kabelinin və ossiloqraf girişinin sadələşdirilmiş sxemi

Bir çox rabitə qurğuları attenuasiya üçün 9MΩ rezistora malik olur və ossiloqrafın standart 1 MΩ giriş müqaviməti ilə birlikdə 1/10 gərginlik bölücüsü meydana gətirirlər. Bu rabitə qurğuları geniş şəkildə 10 dəfə attenuasiya edilmiş qurğular adlandırılır. Bir çox rabitə qurğuları 10 dəfə və 1 dəfə (attenuasiya olmadıqda) arasında seçim etmək üçün çeviriciyə malik olurlar.

Şəkil 6: Rabitə qurğusunu attenuasiya nizamlamaları

Attenuasiya edilmiş rabitə qurğuları yüksək tezlik vəziyyətlərində dəqiqliyi artırmaq üçün çox uyğundurlar, lakin onlar həm də siqnalın amplitudasını azaldacaqlar. Əgər siz çox aşağı gərginliyə malik siqnalı ölçməyə çalışırsınızsa, 1 dəfə attenuasiya edilmiş rabitə qurğusunu seçməyiniz daha məqsədəuyğundur. Siz həm də ossiloqrafı elə nizamlamalısınız ki, zəifədilmiş rabitə qurğusundan istifadə etdiyinizi bildirəsiniz, lakin bir çox ossiloqraflar bunu avtomatik şəkildə müəyyən edə bilərlər.

Passiv attenuasiya edilmiş rabitə qurğularından əlavə, rabitə qurğusunun bir neçə növü var. Aktiv rabitə qurğuları elektrik ilə təchiz olunmuş qurğulardır (ayrı enerji mənbəyi tələb olunur) ki, onlar siqnalı gücləndirə və ya ossiloqrafa daxil olmazdan əvvəl emal edə bilərlər. Bir çox rabitə qurğuları gərginliyi ölçmək üçün hazırlansa da, bəzi rabitə qurğuları DC və ya SC şiddətini ölçmək üçün hazırlanıblar. Hazırda mövcud olan qurğular özünəməxsus qurğulardır, çünki onlar tez-tez naqilin ətrafına pərçimlənərək dövrə ilə birbaşa təmasda olmur.

Təcrübə mərhələləri

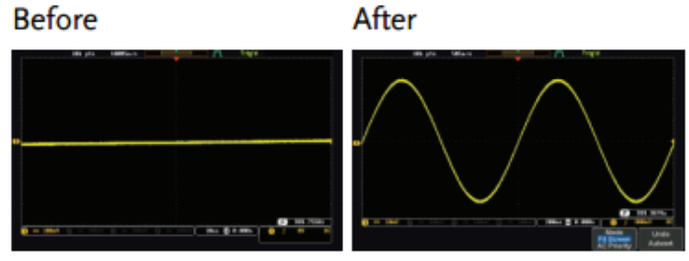
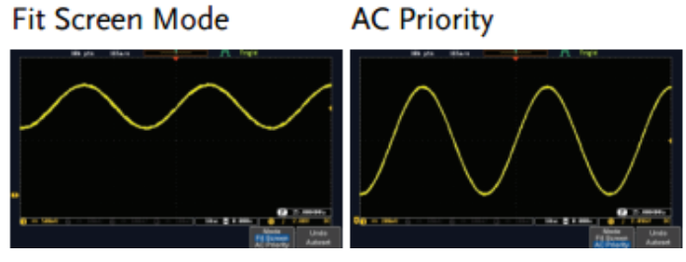
1. Avadanlıqları, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Sadə ölçmə

Rəqəmli ossiloqrafın ilkin fəaliyyətini nizamladıqdan sonra dövrədə siqnal meydana gəlməlidir. Əgər siz siqnalın amplitudasını və ya tezliyini bilmirsinizsə, siqnalı tez şəkildə ekranda göstərə və onun tezliyini, dövrünü və ən yüksək amplitudasını ölçə bilərsiniz.

1) Kanalın aktivləşdirilməsi

Kanalın aktivləşdirilməsi	- Giriş kanalını aktivləşdirmək üçün *channel* (kanal) düyməsinə basın. - Kanal aktivləşdikdə, kanal düyməsi işıqlanacaq. Müvafiq kanal menyusu meydana gələcək. - Hər kanal bu kanalın şaquli şkala siferblatının kənarında göstərilən rənglə əlaqələndirilib: CH1: sarı, CH2: mavi
Kanalın deaktivləşdirilməsi	- Kanalı deaktivasiya etmək üçün müvafiq *channel* düyməsinə təkrar basın. Əgər kanal menyusu açıq deyilsə, *channel* düyməsinə iki dəfə basın (birinci dəfə basqıda, kanal menyusu göstərilir).
İlkin nizamlama	- İlkin vəziyyəti aktivləşdirmək üçün *Default* (ilkin rejim) düyməsini basın.

Avtomatik nizamlanmış fon	- Avtomatik nizamlama funksiyası panel nizamlamalarını avtomatik şəkildə giriş siqnallarının ən yaxşı nümayiş vəziyyətinə konfiqurasiya edir. DOS avtomatik şəkildə aşağıdakı parametrləri konfiqurasiya edir: Üfüqi şkala Şaquli şkala Trigger mənbəyi şkalası - Avtomatik nizamlama funksiyası üçün iki əməliyyat rejimi mövcuddur: ekrana yerləşmə rejimi və DC prioritet rejimi. Ekrana yerləşmə rejimi, SC komponentləri daxil olmaqla, siqnalı ən yaxşı miqyasa salacaq (sürüşmə). DC prioritet rejimi SC komponentini aradan qaldırmaqla, siqnalın miqyasını ekrana uyğunlaşdıracaq.
Panel əməliyyatı	1. Daxil olan siqnalı GDS-1000B-yə birləşdirin və *Autoset* (avtomatik nizamlama) düyməsinə basın. 2. Siqnal ekranın mərkəzində meydana gələcək.  **Before - əvvəl** **After - sonra** 3. Avtomatik nizamlamanı ləğv etmək üçün aşağı menyudan *Undo Autoset* (avtomatik nizamlamanı ləğv et) düyməsinə basın.
Dəyişmə rejimi	1. Aşağı menyudan *Fit Screen Mode* (ekrana yerləşmə rejimi) və *AC Priority Mode* (DC prioritet rejimi) arasında seçim edin. 2. Yeni rejimdə avtomatik nizamlamadan istifadə etmək istəyirsinizsə, təkrar *Autoset* düyməsinə basın.  **Fit screen mode – ekrana yerləşmə rejimi** **AC priority – DC prioritet rejimi**
Məhdudiyyətlər	- Avtomatik nizamlama aşağıdakı vəziyyətlərdə işə düşmür: Giriş siqnalının tezliyi 20 Hz-dan aşağıdırsa; Giriş siqnalının amplitudası 10 mV-dan aşağıdırsa.

2) İşə salma/Dayanma

Fonu

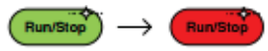
- İlkin rejimdə ekrankı siqnal müntəzəm olaraq yenilənir (iş rejimi). Siqnal toplanmasını dayandırmaqla siqnalın dondurulması (Dayanma rejimi) çevik müşahidəyə və təhlilə imkan verir. Dayanma rejiminə daxil olmaq üçün iki üsul mövcuddur: İşə sal/Dayan düyməsi və ya tək trigger rejimindən istifadə.

Dayanma rejiminin işarəsi -

Trigger vəziyyətinin işarəsi –

- Dayanma rejimində ekranın yuxarı hissəsində Stop (dayanma) işarəsi peyda olacaq.

İşə salma/Dayanma düyməsindən istifadə etməklə siqnalın dondurulması



- İşə sal/Dayan düyməsini bir dəfə basın. *Run/Stop* (İşə sal/Dayan) düyməsi qızaracaq. Dalğa formasının və siqnalın toplanması dondurulacaq.

- Dondurmanı ləğv etmək üçün təkrar *Run/Stop* düyməsinə basın. Düymə təkrar yaşıl olacaq.

Tək trigger rejimi ilə siqnalın dondurulması

- Tək trigger rejiminə keçmək üçün *Single* (tək) düyməsinə basın. *Single* düyməsi parlaq ağ rənglə işıqlanacaq.
- Tək trigger rejimində osilloqraf növbəti trigger nöqtəsi ilə qarşılaşanadək ilkin trigger rejiminə keçəcək. Ossiloqraf triggerlə qarşılaşdıqdan sonra *Single* düyməsi və ya *Run/Stop* (İşə salma/Dayanma) düyməsi təkrar basılana qədər Dayanma rejimində qalacaq.

Siqnalın əməliyyatı

- Siqnal İşə salma və Dayanma rejimləri ilə, lakin fərqli şəkildə hərəkət edə və ya miqyası dəyişdirilə bilər.

3) Üfüqi vəziyyət/miqyas

Üfüqi vəziyyətin nizamlanması

- Üfüqi vəziyyət çarxı siqnalı sola və sağa hərəkət etdirir.

Üfüqi vəziyyətin 0-a nizamlanması

- Üfüqi vəziyyət çarxına basdıqda, üfüqi vəziyyət 0-a nizamlanacaq.
- Alternativ olaraq, toplama düyməsinə, sonra isə aşağı menyudan *Reset H Position to 0s* (üfüqi vəziyyəti 0-a nizamla) düyməsinə basmaqla, üfüqi vəziyyət sıfırlanacaq.
- Siqnal hərəkət etdikcə, ekranın yuxarı hissəsindəki ekran çubuğu hazırda ekrandakı siqnalın hansı hissəsinin nümayiş olunduğunu və siqnaldakı üfüqi göstəricinin vəziyyətini göstərəcək.

Vəziyyət göstəricisi

- Üfüqi vəziyyət ekran torunun aşağı hissəsində, H işarəsinin sağ tərəfində göstərilir.

Üfüqi miqyasın seçilməsi

- Vaxt sistemini seçmək üçün üfüqi *SCALE* (miqyas) çarxını çevirin; sola (yavaş) və ya sağa (sürətli).

Aralıq 5ns/div ~ 100s/div, 1-2-5 artım

Miqyas ekranın aşağı hissəsində, H işarəsinin sol tərəfində göstərilir.

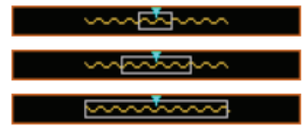
Ekran çubuğu

Ekran çubuğu cari anda siqnalın hansı hissəsinin ekranda nümayiş olunduğun göstərir. Vaxt rejiminə dəyişikliklər ekran çubuğunda göstəriləcək. Ekran çubuğu fırlanan toplama rejimində göstərilmir.

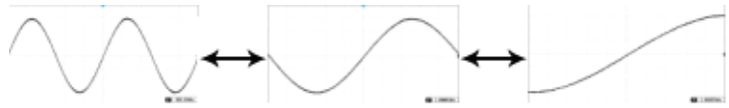
Sürətli

Orta

Yavaş



Dayanma rejimi Dayanma rejimində siqnalın ölçüsü miqyasa uyğun dəyişir.



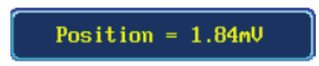
4) Şaquli vəziyyət/miqyas

Şaquli vəziyyətin nizamlanması

- Siqnalı aşağı və ya yuxarı dəyişmək üçün, hər kanal üçün *vertical position* (şaquli vəziyyət) çarxını çevirin.

- Vəziyyəti 0-a nizamlamaq üçün *vertical position* (şaquli vəziyyət) çarxına basın.

- Siqnal hərəkət etdikdə kursorun şaquli vəziyyəti ekranda görünür.



İşə salma/dayanma rejimi Siqnal şaquli istiqamətdə işə salma və dayanma rejimində hərəkət etdirilə bilər.

Şaquli miqyasın seçilməsi

- Şaquli miqyası seçmək üçün SCALE (miqyas) çarxını çevirin; sola (aşağı) və ya sağa (yuxarı).

Aralıq 1mV/div ~ 10V/div, 1-2-5 artım

Ekranın aşağı hissəsində hər kanalın şaquli miqyas göstəricisi müvafiq şəkildə dəyişir.

3. Avtomatik ölçmə

Avtomatik ölçmə funksiyası gərginlik/cərəyan şiddəti, vaxt və gecikmə tipli ölçmələri yerinə yetirir və yeniləmələri icra edir.

1) Ölçmə əlavə edin

Add Measurement (ölçmə əlavə et) funksiyası sizə istənilən kanal mənbəyindən ekranın aşağı hissəsində səkkiz avtomatik ölçmə bəndi əlavə etməyə imkan verir.

Ölçmə bəndi əlavə et

- *Measure* (ölç) düyməsinə basın.
- Aşağı menyudan *Add Measurement* (ölçmə əlavə et) düyməsinə basın.
- Yan menyudan *V/I, Time* (vaxt) və ya *Delay* (gecikmə) ölçmələrini seçin və əlavə etmək istədiyiniz ölçmə üsulunu seçin.

V/I	Pk-Pk, Max, Min, Amplituda, yüksək, aşağı, orta, dövrənin ədədi ortası, RMS, dövrənin RMS, sahə, dövrənin sahəsi, ROVShoot, FOVShoot, RPRE-Shoot, FPREShoot
Time (vaxt)	Tezlik, dövr, yüksəlmə müddəti, Aşağı düşmə müddəti, +En, –En, Yüklənmə, +İmpulslar, -İmpulslar, +Uclar, - Uclar
Delay (gecikmə)	FRR, FRF, FFR, FFF, LRR, LRF, LFR, LFF, faza

- Seçilmiş bütün avtomatik ölçmələr ekranın aşağı hissəsindəki pəncərədə göstəriləcək. Kanalın nömrəsi və kanalın rəngi ölçmə mənbəyini göstərir.

Analoq girişlər üçün: sarı = CH1, mavi = CH2

Mənbənin seçilməsi

Ölçmə bəndləri üçün kanal mənbəyi ölçmə bəndi seçilməzdən əvvəl və ya seçildikdən sonra təyin oluna bilər.

- Mənbəni təyin etmək üçün yan menyuda *Source1* (mənbə1) və ya *Source2* (mənbə2) düymələrinə basın və mənbəni seçin. Mənbə 2 yalnız gecikmə ölçmələrində tətbiq olunur.
- Aralıq CH1~ CH2, Riyazi ölçmə

2) Ölçmənin ləğv edilməsi

Fərdi ölçmə nizamlamaları ölçmənin ləğv edilməsi funksiyası ilə istənilən anda ləğv oluna bilər.

Ölçmə bəndinin ləğv edilməsi

- *Measure* (ölçmə) düyməsinə basın.
- Aşağı menyudan *Remove Measurement* (Ölçməni ləğv et) düyməsinə basın.
- Yan menyudan *V/I, Time* və ya *Delay* ölçmə növünü seçin və əlavə etmək istədiyiniz ölçmə növünü əlavə edin.
- *Select Measurement* (ölçməni seç) seçimini edin və sonra ölçmə siyahısından silmək istədiyiniz bəndi seçin.

Bütün bəndlərin ləğv edilməsi — Bütün ölçmə bəndlərini ləğv etmək üçün *Remove All* (hamısını ləğv et) düyməsinə basın.

3) Gözləmə rejimi

Bəzi avtomatik ölçmələr kursorlar arasındakı "gözləmə" sahəsi ilə məhdudlaşa bilər. Gözləmə böyüdülmüş siqnalı ölçmək və ya sürətli vaxt bazasından istifadə etmək üçün faydalıdır. Gözləmə rejimi üç mümkün konfiqurasiyaya malikdir: sönülü (Tam qeydiyyat), ekran və kursorların arasında.

Gözləmə rejiminin nizamlanması
- *Measure* düyməsinə basın.
- Aşağı menyudan *gating* (gözləmə) düyməsinə basın.
- Yan menyudan gözləmə rejimlərindən birini seçin: Off (*full record – tam qeydiyyat), Screen (ekran), Between Cursors (kursorlar arasında)*.

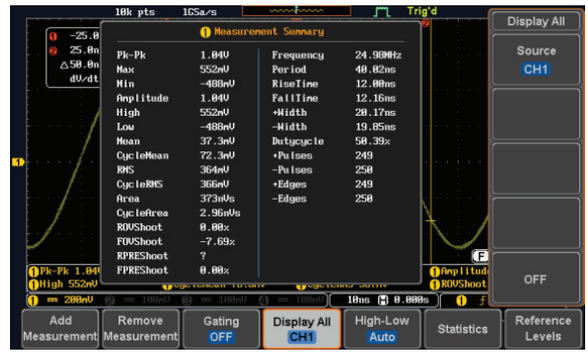
Ekranda kursorlar — Əgər *Between Cursors* konfiqurasiyası seçilmişsə, kursorun mövqeyi kursor menyusundan seçilə bilər.

4) Hər şeyi göstərmə rejimi

Hər şeyi göstər rejimi gərginlik və vaxt tipli ölçmələrdəki bütün bəndləri göstərir və yeniləyir.

Ölçməni göstər
- *Measure* düyməsinə basın.

Nəticələr
- Aşağı menyudan Hər şeyi göstər düyməsinə basın.



- Yan menyudan *Source* (mənbə) düyməsinə basın və ölçmə mənbəyini seçin.

CH1~CH2 aralığı, Riyazi ölçmə

- Gərginlik və vaxt tipli ölçmələrin nəticələri ekranda görünür

Ölçmələrin ləğv edilməsi — Ölçmə nəticələrini ləğv etmək üçün OFF düyməsinə basın.

Gecikmə ölçmələri — Gecikmə tipli ölçmələr bu rejimdə mümkün deyil, çünki mənbə olaraq yalnız bir kanal istifadə olunur. Bunun əvəzinə fərdi ölçmə rejimindən istifadə edin.

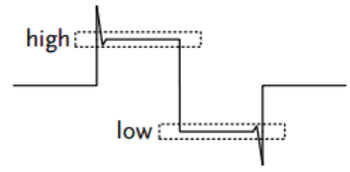
5) Yuxarı və aşağı funksiyası

Arxa fon

Yuxarı-aşağı funksiya yuxarı-aşağı ölçmə qiymətlərini müəyyən etmək üçün müvafiq metodun seçilməsində istifadə olunur.

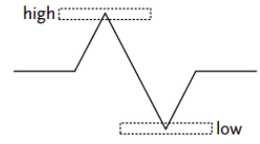
Avtomatik — Avtomatik şəkildə ölçmə zamanı hər siqnal üçün ən yaxşı yuxarı-aşağı nizamlamaları seçir.

Histoqram — Yüksək-aşağı qiymətləri müəyyən etmək üçün histoqramdan istifadə edir. Bu rejim mənfi titrəmə və geniş titrəmə qiymətlərini nəzərə almır. Bu rejim xüsusilə impuls tipli siqnallar üçün məqsədəuyğundur.



High-yüksək
Low - aşağı

Min-maks — Yüksək-aşağı qiymətləri minimum və ya maksimum ölçülmüş qiymətlər kimi nizamlayır.

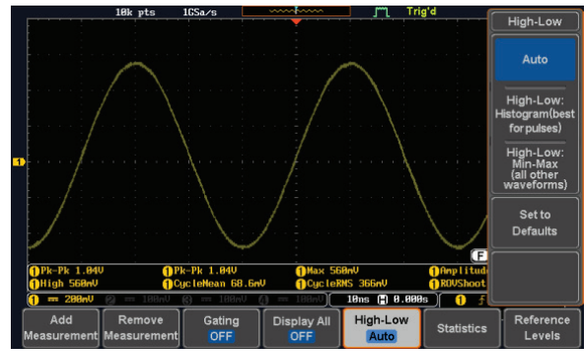


High-yüksək
Low - aşağı

Yüksək-aşağı nizamlama

- *Measure* düyməsinə basın.
- Aşağı menyudan *High-Low* (yuxarı-aşağı) bəndini seçin.
- Yan menyudan yüksək-aşağı nizamlamaların növünü seçin.

Yüksək-aşağı nizamlamaları: Histoqram, Min-Maks, Avtomatik



İlkin yüksək-aşağı nizamlamaların bərpası

İlkin yüksək-aşağı nizamlamalara qayıtmaq üçün *Set to Defaults* (ilkin vəziyyətə nizamla) bəndini seçin

6) Statistik Məlumatlar

Statistika funksiyası seçilmiş avtomatik ölçmələr üzrə bir neçə statistik göstəricini nəzərdən keçirmək üçün istifadə oluna bilər. Statistika funksiyası ilə aşağıdakı məlumatlar göstərilir:

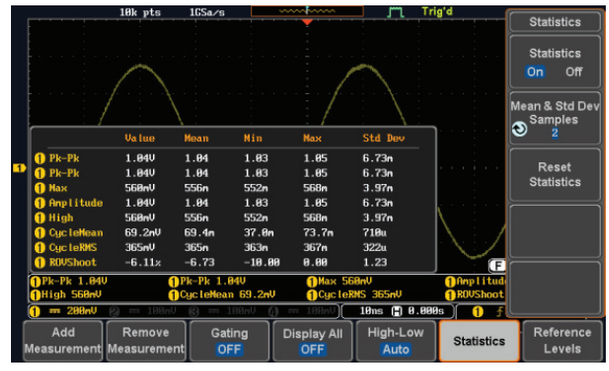
Qiymət	Hazırda ölçülən qiymət
Ədədi orta	Ədədi orta bir neçə avtomatik ölçmə nəticələrinə əsasən hesablanır. Ədədi ortanı müəyyən etmək üçün istifadə olunan nümunələrin sayı istifadəçi tərəfindən müəyyən oluna bilər.
Min	Seçilmiş avtomatik ölçmə bəndləri üzrə ölçülən nəticələr silsiləsində müşahidə olunan minimal qiymətdir.
Max	Seçilmiş avtomatik ölçmə bəndləri üzrə ölçülən nəticələr silsiləsindən müşahidə olunan maksimal qiymətdir.
Standart kənarlaşma	Hazırda ölçülən qiymətin ədədi ortadan kənarlaşması. Standart kənarlaşma variasiya qiymətinin kökaltına bərabərdir. Standart kənarlaşmanın ölçülməsi, məsələn, siqnaldakı titrəmələri müəyyən edə bilər. Ədədi ortanı müəyyən etmək üçün istifadə olunan nümunələrin sayı istifadəçi tərəfindən müəyyən oluna bilər.

Panel əməliyyatları

- *Measure* düyməsinə basın.
- Ən az bir avtomatik ölçməni seçin.
- Aşağı menyudan *Statistics* (statistika) bəndini seçin.
- Ədədi ortanı və standart kənarlaşmanı hesablayarkən istifadə olunacaq nümunələrin sayını təyin edin.

Nümunə: 2~1000

- *Statistics* bəndini seçin və statistikanı işə salın.
- Hər avtomatik ölçmə üzrə statistika ekranın aşağı hissəsində cədvəl şəklində göstəriləcək.

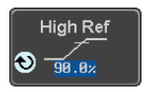


Statistikanın sıfırlanması

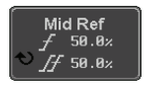
Standart kənarlaşma hesablamalarını sıfırlamaq üçün *Reset Statistics* (Statistikanı sıfırla) düyməsinə basın.

7) İstinad səviyyəsi

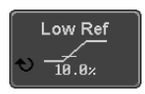
Arxa fon İstinad səviyyəsinin nizamlamaları yüksəlmənin ölçülməsi zamanı bəzi ölçmələr üçün ölçmələrin sərhəd səviyyəsini müəyyən edir.



High Ref: yüksək istinad qiymətini təyin edir.



Mid Ref: Birinci və ikinci siqnal üzrə orta istinad qiymətini təyin edir.



Low Ref: Aşağı istinad səviyyəsini təyin edir.

Panel əməliyyatı
- *Measure* düyməsinə basın.
- Ən az bir avtomatik ölçməni seçin.
- Aşağı menyudan *Reference Levels* (istinad səviyyələri) bəndini seçin.

İstinad səviyyələrinin üst-üstə düşmədiyindən əmin olun.

High Ref 0.0% ~ 100%
Mid Ref 0.0% ~ 100%
0.0% ~ 100%
Low Ref 0.0% ~ 100%

İlkin nizamlamalar İstinad səviyyəsini ilkin nizamlamalara qaytarmaq üçün *Set to Defaults* (İlkin vəziyyətə nizamla) bəndini seçin.

4. Kursor ölçmələri

Üfüqi və ya şaquli kursorlar siqnal ölçmələrinin mövqeyini və qiymətlərini və riyazi əməliyyatın nəticələrini göstərmək üçün istifadə olunur. Bu nəticələr gərginlik, vaxt, tezlik və digər riyazi əməliyyatları əhatə edir. Kursorlar (üfüqi, şaquli və ya hər ikisi) aktivləşdirildikdə söndürüldüyü hallar istisna olmaqla əsas ekranda göstəriləcəklər. Ölçmənin əlavə edilməsi

1) Üfüqi kursorlardan istifadə

Panel əməliyyat *Cursor* (kursor) düyməsinə bir dəfə basın.
- Hələ seçilməyibsə, aşağı menyudan *H Cursor* (üfüqi kursor) bəndini seçin.
- Üfüqi kursor seçildikdən sonra təkrar şəkildə *H Cursor* düyməsinə və ya *Select* (seç) düyməsinə basmaqla hansı kursorların seçildiyi müəyyən olunacaq.

Sol kursor (1) hərəkət edə bilən, sağ kursorun mövqeyi sabitdir.

Sağ kursor (2) hərəkət edə bilən, sol kursorun mövqeyi sabitdir.

Sol və sağ kursor (1 + 2) birlikdə hərəkət edə bilirlər.

- Kursorun vəziyyəti haqqında məlumat ekranın sol-yuxarı hissəsində qeyd olunur.

Kursor 1	Üfüqi vəziyyət, Gərginlik/cərəyan şiddəti
Kursor 2	Üfüqi vəziyyət, Gərginlik /cərəyan şiddəti
△	Delta (kursorlar arasındakı fərq) dV/dt və ya dI/dt

- Hərəkət edən kursor(lar)ı sola və ya sağa hərəkət etdirmək üçün *Variable* (dəyişən) çarxından istifadə edin.

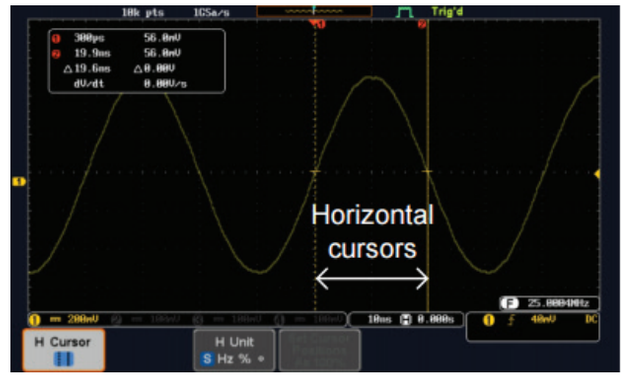
Vahidlər S, Hz, %(pay), ˚(faza)

Vahidlərin seçilməsi

Üfüqi vəziyyətin vahidlərini dəyişmək üçün *H Unit* (üfüqi vahid) bəndini seçin.

Faza və ya pay göstəricisi

Kursorların hazırkı vəziyyəti üçün 0% və 100% paylarını və ya 0˚ və 360˚ faza istinadlarını təyin etmək üçün *Cursor Positions (*kursorun vəziyyəti) bəndini 100%-ə nizamlayın.

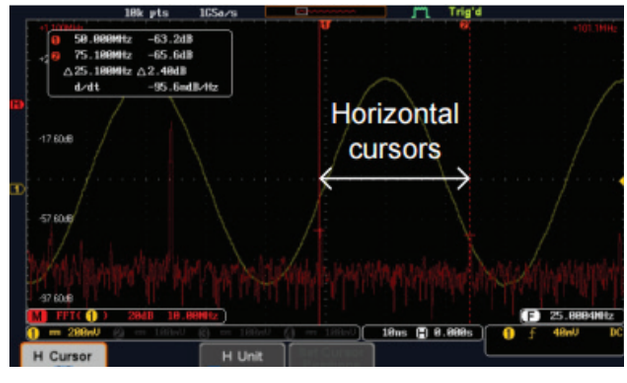


Horizontal cursors - üfüqi kursorlar

FFT

FFT müxtəlif vahidlərdən istifadə edə bilər.

Kursor 1	Üfüqi vəziyyət, Gərginlik/cərəyan şiddəti
Kursor 2	Üfüqi vəziyyət, Gərginlik /cərəyan şiddəti
△	Delta (kursorlar arasındakı fərq) dV/dt və ya dI/dt



FFT

XY rejiminin kursorları Y ölçmələri ilə X-lərin sayını ölçürlər.

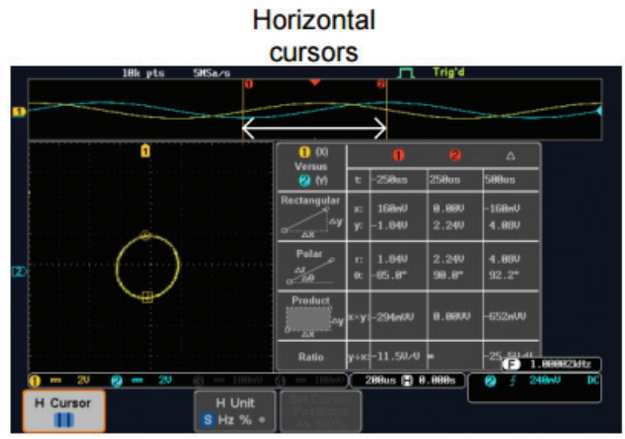
XY Rejimi

(X) Versus (Y)		①	②	△
	t:	-625us	625us	1.25ms
Rectangular	x:	16.0V	17.6V	1.60V
	y:	1.76V	-1.44V	-3.20V
Polar	r:	16.0V	17.6V	3.57V
	θ:	6.27°	-4.67°	-63.4°
Product	x×y:	28.1VV	-25.3VV	-5.12VV
Ratio	y÷x:	110mV/V	-81.8mV/V	-2.00V/V

Kursor ① Vaxt, düzbucaqlı, qütb koordinatları, hasil, nisbət.

Kursor ② Vaxt, düzbucaqlı, qütb koordinatları, hasil, nisbət.

△ Delta (kursorlar arasındakı fərq)



Horizontal cursors – şaquli kursorlar

2) Şaquli kursorlardan istifadə

Panel əməliyyatı
- *Cursor* (kursor) düyməsinə bir dəfə basın
- Hələ seçilməyibsə, aşağı menyudan *V Cursor* (şaquli kursor) bəndini seçin.
- Şaquli kursor seçildikdən sonra, təkrar *V Cursor* düyməsinə və ya *Select* (seç) düyməsinə basmaqla hansı kursorların seçildiyi müəyyən olunacaq.

Aralıq	Təsvir
——— ----------	Yuxarı kursor hərəkət edə bilir, aşağı kursorun vəziyyəti sabitdir.
——— ———	Aşağı kursor hərəkət edə bilir, yuxarı kursorun vəziyyəti sabitdir.
——— ----------	Yuxarı və aşağı kursorlar birlikdə hərəkət edə bilir.

- Kursorun vəziyyəti haqqında məlumat ekranın sol-yuxarı hissəsində qeyd olunur.

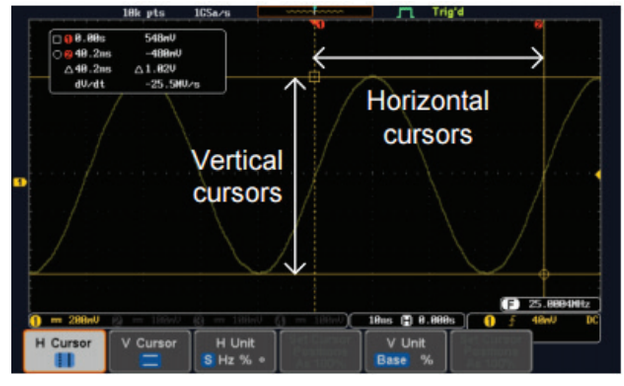
□,○	Vaxt: kursor 1, kursor 2
1, 2	Vaxt: kursor 1, kursor 2
△	Delta (kursorlar arasındakı fərq) dV/dt və y dI/dt

- Hərəkət edən kursor(lar)ı yuxarı və ya aşağı hərəkət etdirmək üçün *Variable* (dəyişən) çarxından istifadə edin.

Vahidlərin seçilməsi Hərəkət edən kursor(lar)ı sola və ya sağa hərəkət etdirmək üçün *Variable* (dəyişən) çarxından istifadə edin.

Vahidlər Baza (mənbə dalğalarının vahidi), % (pay)

Baza və ya Pay göstəricisi Kursorların hazırkı vəziyyəti üçün 0% və 100% paylarını və ya 0˚ və 360˚ faza istinadlarını təyin etmək üçün *Cursor Positions (*kursorun vəziyyəti) bəndini 100%-ə nizamlayın.



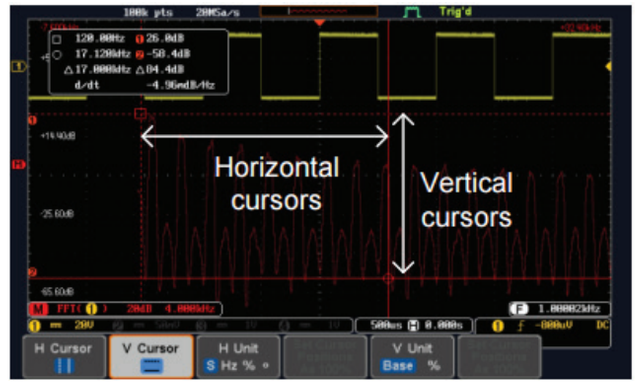
Vertical cursors – şaquli kursorlar

FFT — FFT fərqli tərkibə malikdir

□,○ — Tezlik/Vaxt: cursor1, cursor2

1, 2 — dB/V: cursor1, cursor2

△ — Delta (kursorlar arasındakı fərq)



Vertical cursors – şaquli kursorlar
Horizontal cursors – üfüqi kursorlar

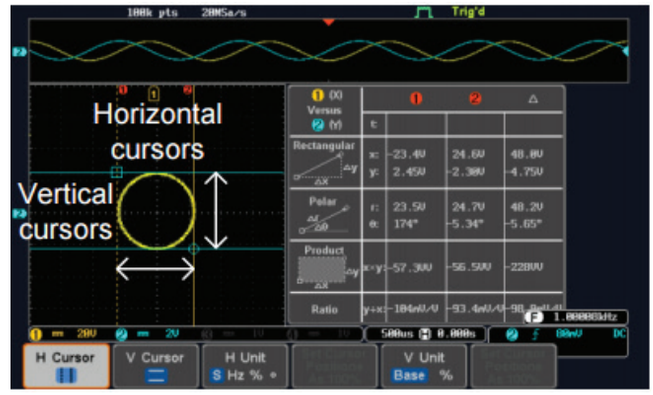
XY Rejimi — XY rejiminin kursorları Y ölçmələri ilə X-lərin sayını ölçür.

1 (X) Versus 2 (Y)		1	2	△
	t:	-625us	625us	1.25ms
Rectangular	x:	18.4V	-14.4V	-32.8V
	y:	-1.44V	-1.68V	-240mV
Polar	r:	18.4V	14.4V	32.8V
	θ:	-4.47°	-173°	-179°
Product	x×y:	-26.4VV	24.1VV	7.87VV
Ratio	y÷x:	-78.2mV/V	116mV/V	7.31mV/V

Kursor 1 — Vaxt, düzbucaqlı, qütb koordinatları, hasil, nisbət.

Kursor 2 — Vaxt, düzbucaqlı, qütb koordinatları, hasil, nisbət.

△ — Delta (kursorlar arasındakı fərq)



5. Riyazi əməliyyat

1) Bəsit riyaziyyata baxış və riyazi əməliyyatlar

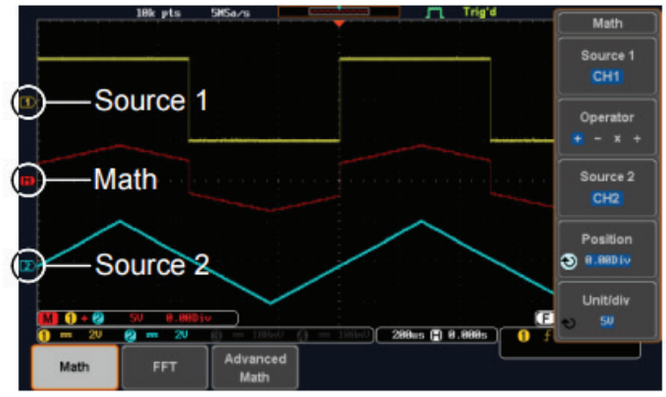
Ümumi məlumat	Riyaziyyat giriş siqnalları və ya istinad siqnalları üzərində sadə riyazi funksiyaları (toplama, çıxma, hasil, bölmə) yerinə yetirir. Nəticədə meydana gələn siqnal real vaxtda ekranda göstərilir.
Toplama (+)	İki siqnalın amplitudasını toplayır. Mənbə CH1~4, Ref1~4
Çıxma (–)	İki siqnal arasında amplituda fərqini tapır. Mənbə CH1~4, Ref1~4
Vurma (×)	İki siqnalın amplitudasının hasilini tapır Mənbə CH1~4, Ref1~4
Bölmə (÷)	İki siqnalın amplitudasını bölür. Mənbə CH1~4, Ref1~4

2) Toplama / Çıxma/Vurma / Bölmə

Panel əməliyyatı

- *Math* düyməsinə basın.
- Aşağı küncdəki *Math* düyməsinə basın.
- Yan menyudan Select *Source 1* (1-ci mənbəni seç) bəndini seçin.
  Aralıq CH1~4, Ref1~4
- Riyazi əməliyyatı seçmək üçün *Operator* düyməsinə basın.
  Aralıq +, -, ×, ÷
- Yan menyudan Select *Source 2* (2-ci mənbəni seç) bəndini seçin.
  Aralıq CH1~4, Ref1~4
- Riyazi ölçmənin nəticələri ekranda görünəcək. Riyazi siqnalın üfüqi şkalası ekranın aşağı hissəsində görünür.

Soldan: Math (riyaziyyat) funksiyası, source1, operator, source2, Unit/div (vahid/div).



Source – mənbə

Math - riyaziyyat

Vəziyyət və vahid

Riyazi siqnalı şaquli hərəkət etdirmək üçün yan menyudan *Position* (vəziyyət) düyməsinə basın və vəziyyətini nizamlamaq üçün *Variable* (dəyişən) çarxından istifadə edin.

Aralıq –12.00 Div ~ +12.00 Div

Vahid/bölmə nizamlamalarını dəyişmək üçün *Unit/div* düyməsinə basın, sonra isə vahid/div-i dəyişmək üçün dəyişən çarxından istifadə edin.

Göstərilən vahidlər hansı əməliyyatın seçilməsindən və seçilmiş kanal üçün rabitə qurğusunun gərginlik və ya cərəyan şiddətinə nizamlanmasından asılıdır.

Əməliyyat:	Vahid/div:
Hasil	VV, AA və ya W
Bölmə	V/V, A/A
Toplama/Çıxma	V və ya A

Riyaziyyat funksiyasını söndür

Ekranda riyazi nəticələri söndürmək üçün təkrar *Math* düyməsinə basın.

3) FFT-a (sürətli Furye çevirməsi) baxış və pəncərə funksiyaları

Əsas məlumat

FFT riyaziyyat funksiyası giriş siqnallarının birində və ya istinad siqnallarında sürətli Furye çevirməsini yerinə yetirir. Nəticədə meydana gələn spektr real vaxtda ekranda göstərilir. FFT pəncərələrinin dörd növü mövcudur: aşağıda təsvir olunan hamarlayıcı, Hamminq, düzbucaqşəkilli və Blakman pəncərələri.

Hamarlayıcı FFT pəncərəsi	Tezliyin dəqiqliyi	Yaxşı
	Amplitudanın dəqiqliyi	Yaxşı deyil
	Tətbiq sahəsi	Dövrü siqnallarda tezliyin ölçülməsi
Hamminq FFT pəncərəsi	Tezliyin dəqiqliyi	Yaxşı
	Amplitudanın dəqiqliyi	Yaxşı deyil
	Tətbiq sahəsi	Dövrü siqnallarda tezliyin ölçülməsi

Düzbucaqşəkilli FFT pəncərəsi	Tezliyin dəqiqliyi	Çox yaxşı
	Amplitudanın dəqiqliyi	Pis
	Tətbiq sahəsi	Tək-tək meydana gələn hallar (bu rejim pəncərəsiz rejimə uyğun gəlir)
Blakman FFT pəncərəsi	Tezliyin dəqiqliyi	Pis
	Amplitudanın dəqiqliyi	Çox yaxşı
	Tətbiq sahəsi	Dövrü siqnallarda amplitudanın ölçülməsi

4) FFT əməliyyatı

Panel əməliyyatı

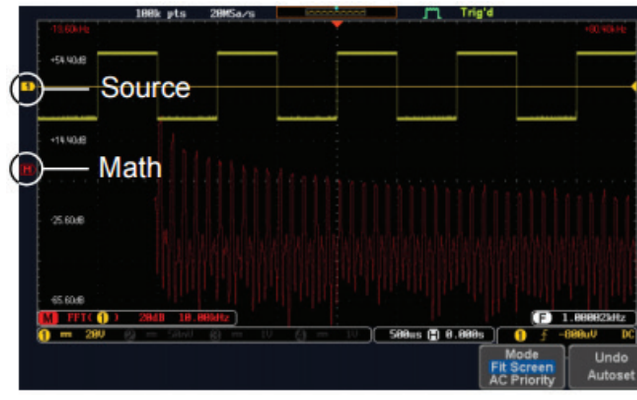
Math düyməsinə basın.

- Aşağı küncdəki *FFT* düyməsinə basın.
- Yan menyudan *Source* bəndini seçin

  Aralıq CH1~4, Ref1~4
- İstifadə olunan şaquli vahidləri seçmək üçün yan menyudan *Vertical Units* düyməsinə basın.

  Aralıq xətti RMS, dBV RMS
- Yan menyudan *Window* (pəncərə) düyməsinə basmaqla pəncərənin növünü seçin.

  Aralıq Hamarlayıcı, Hamminq, Düzbucaqlı və Blakman.



Source – mənbə

Math - riyaziyyat

- FFT nəticəsi meydana çıxır. FFT üçün üfüqi şkala vaxtdan tezliyə dəyişir və şaqulu şkala gərginlik/cərəyan şiddətindən dB/RMS-ə dəyişir.

Vəziyyət və şkala — FFT siqnalını şaquli hərəkət etdirmək üçün *Div* parametri işıqlananadək *Vertical* (şaquli) düyməsinə basın və sonra dəyişən çarxından istifadə edin.

Aralıq –12.00 Div ~ +12.00 Div

FFT siqnalının şaquli şkalasını ölçmək üçün *dB* və ya *voltage* parametrləri işıqlananadək *Vertical* düyməsinə asın və sonra dəyişən çarxından istifadə edin.

Aralıq 2mV ~ 1kV RMS, 1 ~ 20 dB

Üfüqi vəziyyət və şkala — FFT siqnalını üfüqi hərəkət etdirmək üçün üçün *Frequency* (tezlik) parametri işıqlananadək *Horizontal* (üfüqi) düyməsinə asın və sonra dəyişən çarxından istifadə edin.

Aralıq 0 Hz~ 2.5 MHz

FFT siqnalının üfüqi şkalasını ölçmək üçün Hz/div parametri işıqlananadək *Horizontal* (üfüqi) düyməsinə asın və sonra dəyişən çarxından istifadə edin.

Aralıq 10kHz/Div ~ 250 kHz /Div

5) Ali riyaziyyata baxış

Əsas məlumat — Ali riyaziyyat funksiyası giriş mənbələrində, istinad siqnallarında və ya hətta *Measure* (ölçmə) menyusundakı avtomatik ölçmələrdə mürəkkəb riyazi ifadələrin yaradılmasına imkan verir.

Ali riyaziyyat funksiyasında istifadə olunacaq hər əsas parametr aşağıda təsvir olunub:

İfadə — Funksiyanı yazılmış şəkildə ekranda göstərir.

Mənbə — Mənbə siqnalını seçir.

Mənbə CH1~4, Ref1~4

Funksiya — İfadəyə riyazi funksiyanı əlavə edir.

Funksiya Intg, Diff, log, Ln, Exp, Sqrt, Abs, Rad, Deg, Sin, Cos, Tan, Asin, Acos, Atan

Dəyişən — İstifadəçi tərəfindən müəyyən olunmuş dəyişəni ifadəyə daxil edir. Dəyişən ədəddən və dərəcə əmsalından ibarətdir.

Dəyişən VAR1, VAR2

Əməliyyat — Funksiyaya əməliyyat və ya mötərizə əlavə edir.

Əməliyyat +, -, *, /, (,), !(, <, >, <=, >=, ==, !=, ||, &&

Ədəd — İfadəyə qiyməti əlavə edir.

Ədəd tam ədədlər, sürüşən vergüllü ədədlər və dərəcə əmsalına malik sürüşən vergüllü ədədlər.

Ölçmə — İfadəyə avtomatik ölçmələr əlavə edir. Bütün avtomatik ölçmələr dəstəklənmir.

Ölçmə	Pk-Pk, Max, Min, Amp, yüksək, aşağı, ədədi orta, dövrənin ədədi ortası, RMS, CycleRMS, sahə, dövrənin sahəsi, ROVShoot, FOVShoot, tezlik, dövr, qalxma, enmə, müsbət en, mənfi en, yüklənmə, FRR, FRF, FFR, FFF, LRR, LRF, LFR, LFF, faza

6) Ali riyaziyyat əməliyyatı

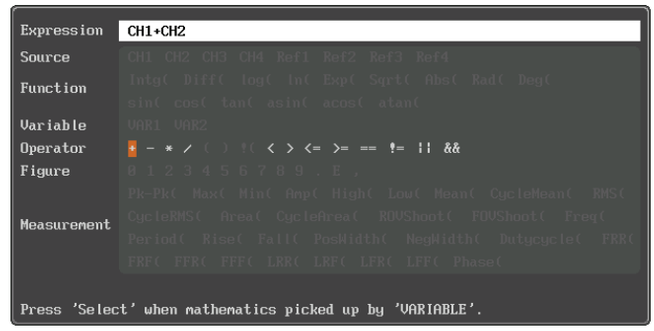
Panel əməliyyatı

- *Math* düyməsinə basın.

Aşağı küncdəki *Advanced Math* (ali riyaziyyat) düyməsinə basın.

- *Edit Expression* (ifadəyə düzəliş et) düyməsinə basın.

- Edit f(x) (funksiyaya düzəliş et) ekranı peyda olacaq. Açılışda nümunə kimi ifadə qutusunda CH1+CH2 göstərilir.



- İfadəni daxil etmək məqsədilə xananı təmizləmək üçün *Clear* (təmizlə) düyməsinə basın.
- İfadə yaratmaq üçün *Variable* çarxından və *Select* (seç) düyməsindən istifadə edin.

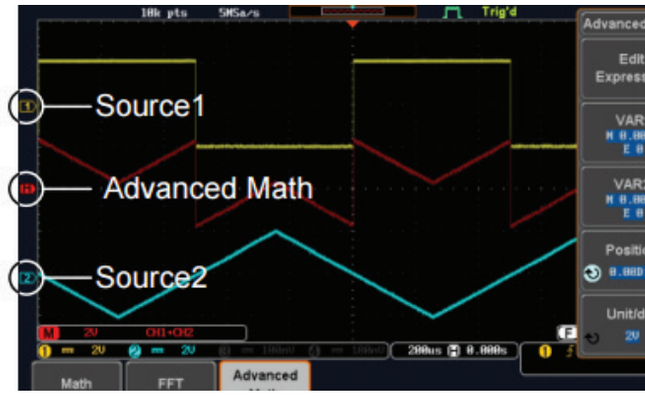
Geri qayıtma — Mənbəni, funksiyanı, dəyişəni, əməliyyatı, ədədi və ya ölçməni narıncı rənglə vurğulamaq üçün *Variable* (dəyişən) çarxından istifadə edin.

Seçim etmək üçün *Select* (seç) düyməsinə basın.

Hər hansı parametr boz rəngdədirsə, bu hal həmin parametrin hal-hazırda əlçatan olmadığına işarə edir.

- Son parametri silmək üçün *Back Space* (geri qayıt) düyməsinə basın.
- İfadə tamamlandıqda, *OK Accept* (qəbul et) düyməsinə basın.

Nümunə:
CH1 + CH2



Source – mənbə
Advanced math – ali riyaziyyat

VAR1 və VAR2 nizamlayın	- Əgər VAR1/VAR2 əvvəlcədən yaradılmış ifadədə istifadə olunmuşsa, onları nizamlamaq üçün *VAR1* və ya *VAR2* düymələrinə basın. - *Mantissa* (ədədi hissə) düyməsinə basın. Rəqəmi seçmək üçün sol və sağ ox düymələrinə basın və seçilmiş rəqəmi nizamlamaq üçün dəyişən çarxından istifadə edin. - *Exponent* (dərəcə əmsalı) düyməsinə basın. Dəyişənin dərəcə əmsalını təyin etmək üçün dəyişən çarxından istifadə edin. - Düzəlişi tamamlamaq üçün *Go Back* (geri qayıt) düyməsinə basın VAR1 və ya VAR2.
Şaquli vəziyyət və şkala	- *Unit/div* düyməsinə basın və riyazi siqnalın şaquli şkalasını nizamlamaq üçün dəyişən çarxından istifadə edin. - *Position* (vəziyyət) düyməsinə basın və riyazi siqnalın şaquli şkalasını nizamlamaq üçün dəyişən çarxından istifadə edin.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Cərəyanın birbaşa ossiloqrafa axmasına yol verməyin.
2. Alətdən istifadə edərkən həddən artıq giriş şiddəti tətbiq etməyin.
3. Avadanlığın torpaqlanıb- torpaqlanmadığını yoxlayın.
4. Müvafiq şəkildə qoşma və ayırma əməliyyatlarını yerinə yetirin.
5. Bütün terminal göstəricilərini müşahidə edin və rabitə qurğusunun istinad başlığını yalnız torpağa birləşdirin.
6. Elektrik verildikdə açıq qalmış birləşmələrə və komponentlərə toxunmayın.

Təcrübə mərhələləri

1. Siqnal generatorunun çıxış siqnalının ölçülməsi

Siqnal generatorunu (funksiya generatorunu) ossiloqrafa birləşdirdikdən və üç siqnal meydana gətirdikdən (sinusoid, kvadratşəkilli və üçbucaqşəkilli) sonra ossiloqrafda meydana gələn siqnallar Cədvəl 1-də göstərilib və müxtəlif qiymətlər qeydə alınıb.

Rəqsetmə tezliyi 500 Hz-a, gərginlik Vp-p-ə uyğunlaşdırılıb.

2. Dövrün və tezliyin ölçülməsi

1) Rabitə qurğusunun bayonet konnektorunu ossiloqrafın CH1 girişinə, ölçmə tutqacını funksiya generatorunun çıxışına qoşun.
2) Funksiya generatorunun çıxış siqnalını sinus dalğasına, 500 Hz, 5Vp-p nizamlayın.
3) Ossiloqrafı elə nizamlayın ki, siqnallın forması aydın görünsün
4) Ölçmə
   - Sinus və kvadratşəkilli dalğaların Cədvəl 1-dəki üçbucaqşəkilli dalğanın 1 kHz siqnalından və ölçülmüş qiymətlərdən istifadə edin.
   - Siqnalın tezliyi üçün siqnalın gərginliyinin və Cədvəl 2-də təsvir olunmuş funksiya generatorunun dövrünü qeyd edin və Cədvəl 2-yə daxil edin. Həmçinin meydana gələn tezliyi və tezlikdən kənarlaşmaları qeydə alın.

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirə yetirdimi? 1. Gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti dəqiq şəkildə ölçdümü? 2. Multitesterlə gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti ölçdümü?			

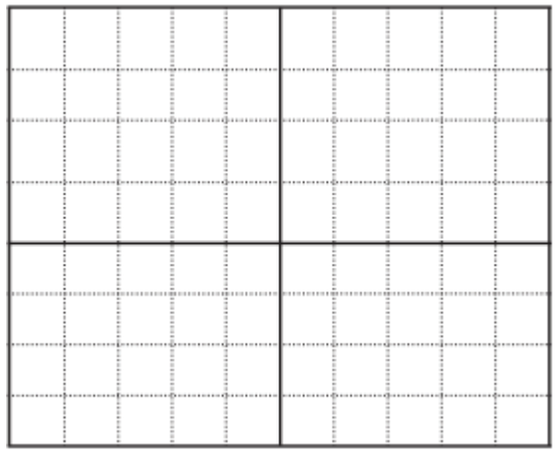
*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin başlığı	Siqnalların, gərginliyin və tezliyin ossiloqraf və funksiya generatoru ilə ölçülməsi	Tarix	
Kafedra		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

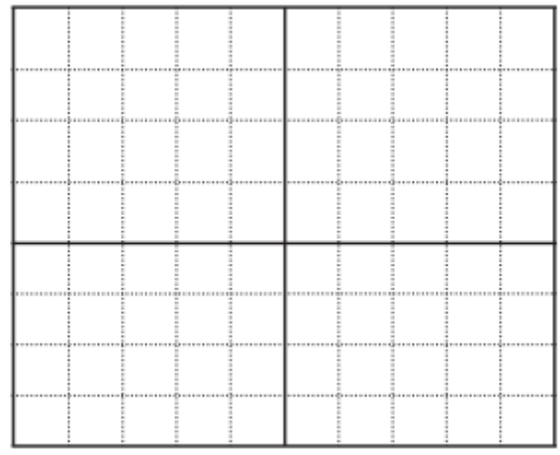
Cədvəl 1: Siqnal generatorunun siqnalının ölçülməsi

(1) Sinus dalğasının ölçülməsi



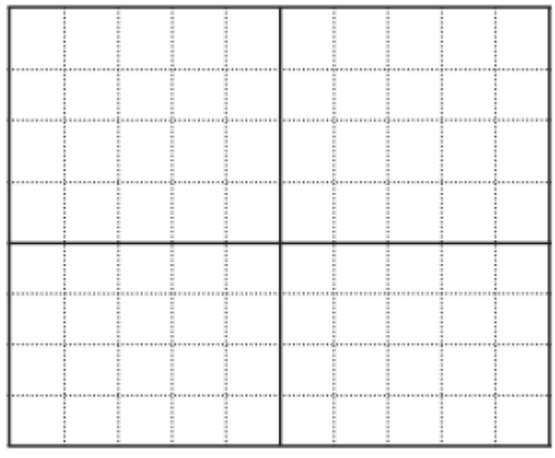
- Tezlik : 1kHz
- Gərginlik (p-p):
- Vaxt/Div:
- Vaxt /Div:

(2) Kvadratşəkilli dalğanın ölçülməsi



- Tezlik: 1kHz
- Gərginlik (p-p):
- Vaxt/Div:
- Volt/Div:

(3) Üçbucaqşəkilli dalğanın ölçülməsi



- Tezlik : 1kHz
- Gərginlik (p-p):
- Vaxt/Div :
- Volt/Div:

Cədvəl 2: Dövrün və tezliyin ölçülməsi

Funksiya generatorunun tezliyi		500[Hz]	1[kHz]	1.5[kHz]	2[kHz]	10[kHz]
Dövr $T=\frac{1}{f}[san]$						
Sinus dalğası	Dövr $T[san]$					
	Tezlik $f=\frac{1}{T}[Hz]$					
	Tezlikdən kənarlaşma					
Kvadratşəkilli dalğa	Dövr $T[san]$					
	Tezlik $f=\frac{1}{T}[Hz]$					
	Tezlikdən kənarlaşma					

※ *Dövr T ölçülmüş qiymətdir, tezlik və tezlikdən yayınma hesablanmış qiymətlərdir.*

2. Baxış və izah

(1) Aşağıdakı siqnalın tezliyini, dövrünü və gərginliyini tapın.

1) Ölçmə şərtləri

① Vaxt / Div = 0.2millisan
② Volt / Div = 1 V
③ Rabitə qurğusu = 10: 1

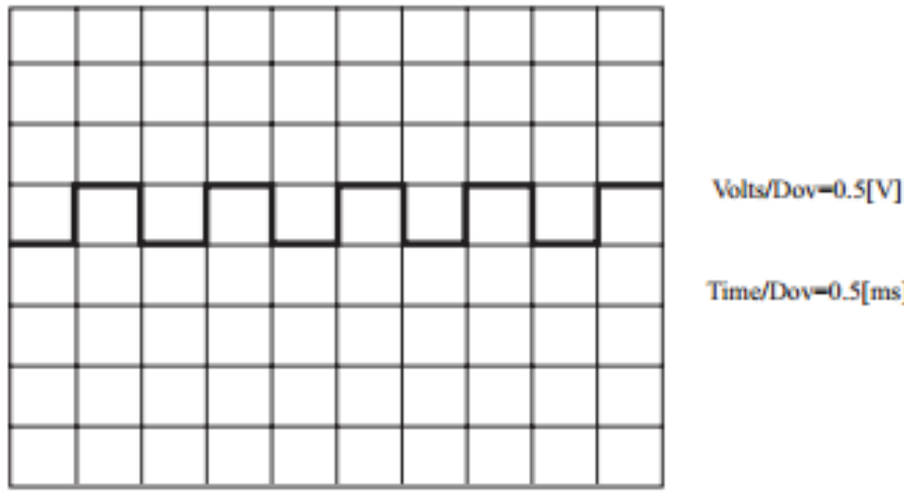
2) Ölçmə şərtlərindəki Vaxt/Div=0.2 millisan nə deməkdir?

3) Volt / Div = 1V nə deməkdir?

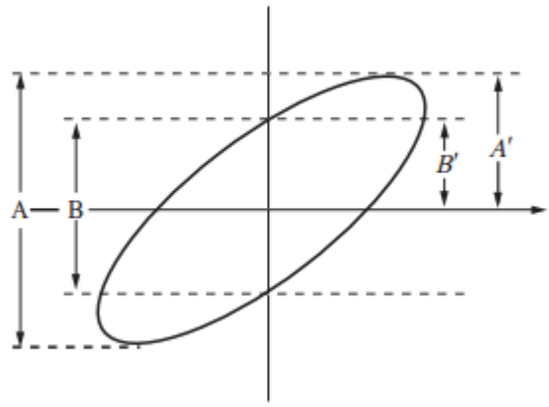
4) Rabitə qurğusunun 10:1 göstəricisi nə deməkdir?

5) ① ən yüksək gərginlik: Vp-p= ( ) ② effektiv gərginlik: V_{RMS} = ( )
③ Dövr: T = ( ) millisan ④ Tezlik: f = ( ) Hz

(2) Aşağıdakı şəkildə çıxış siqnalının tezliyini və gərginliyini tapın.



(3) Aşağıdakı şəkildə faza fərqini tapın.



(4) Rəqəmli ossiloqrafdan istifadə edərkən ehtiyat tədbirlərini qeyd edin.

(5) Analoq və rəqəmli ossiloqraflar arasındakı fərqləri qeyd edin.

(6) Rəqəmli ossiloqrafdan səmərəli şəkildə istifadə etmək üçün hansı funksiyaların tələb olunduğunu təsvir edin.

5. Om qanunundan istifadə edərək gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət arasındakı əlaqənin ölçülməsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Dövrə boyu gərginliyin aşağı düşməsini ölçə biləcək;
2. Voltmetr və ampermetr vasitəsilə dövrədə gərginlik və cərəyan şiddətini ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: növünə görə, 3ea(1 kΩ, 2 kΩ, 3 kΩ)
2. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli tip)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Om qanunu

Om qanunu gərginlik (E), cərəyan şiddəti (I) və müqavimət (R) arasındakı qarşılıqlı əlaqəni müəyyən edir. Yəni, bu qanun gərginliyin cərəyan şiddəti və müqavimət ilə düz mütənasib olduğunu və cərəyan şiddətinin müqavimət ilə tərs mütənasib olduğunu göstərir. Gərginlik iki nöqtə arasındakı potensial fərqidir və elektrik (cərəyan) təzyiqi mənasına gəlir.

Gərginliyin simvolu ”V”, vahidi isə Voltdur (V). Cərəyan şiddəti elektrik yükünün hərəkəti deməkdir və elektrik yükünün hərəkət istiqaməti müsbət (+) istiqamətdədir. Vaxt (san) vahidi ərzində cərəyan axınının simvolu “I”, vahidi isə “A(Amper)” olur.

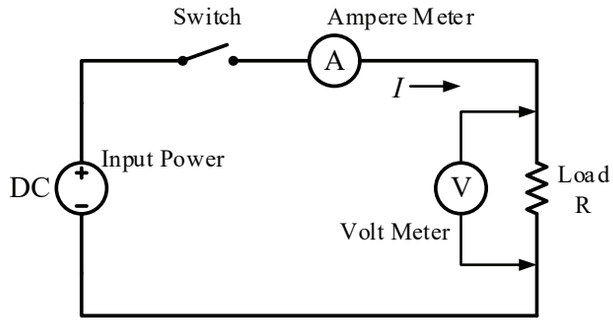
Müqavimət “R” ilə işarələnir və cərəyan şiddətinin keçməsinə mane olan keyfiyyətdir. Müqavimətin vahidi Ω(om)-dur. 1V gərginlik altında 1A cərəyan şiddəti keçərsə, bu dövrənin müqaviməti 1Ω-dur. Om qanunu aşağıdakı düstur şəklində ifadə edilə bilər.

$$I = \frac{V}{R}[A] V = IR[V] R = \frac{V}{I}[\Omega]$$

[Şəkil 1]-də sadə cərəyan dövrəsi göstərilmişdir. Burada ampermetr dövrəyə ardıcıl şəkildə birləşdirilib və voltmetr yük müqavimətinə paralel şəkildə birləşdirilib. Müqavimətin olmaması Qısa, sonsuz müqavimətin olması isə Açıq mənasına gəlir. Həmçinin, əgər müqavimət dövrəyə birləşdirilmişdirsə, iş meydana gəlir və bu iş “elektrik enerjisi” adlanır.

Elektrik enerjisi vaxt vahidi ərzində cərəyan şiddətinin gördüyü işin miqdarı deməkdir və onun simvolu “P”, vahidi isə W(Vatt)-dır. Əgər yükün daimi müqaviməti mövcuddursa, P potensial fərqinin (gərginlik) kvadratı ilə düz mütənasibdir.

$$P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}[W]$$



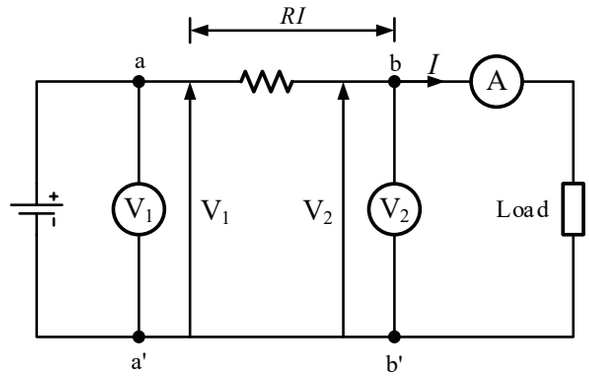
Switch – çevirici
Ampere meter – ampermetr
İnput power – giriş elektrik enerjisi
Load – yük
Volt meter - voltmetr

Şəkil 1: Cərəyan dövrəsi

2. Gərginliyin aşağı düşməsi

[Şəkil 2]-də dövrədəki rezistorun [Ω] hər iki ucundakı xətti gərginlik V_1 [V] (gərginlik sayğacının V_1 göstəricisi) və V_2 [V] (gərginlik sayğacının V_2 göstəricisi) arasındakı əlaqə təsvir olunub. Yəni, V_2-nin gərginliyi V_1 [V]-nin gərginliyindən kiçikdir. Çünki cərəyan şiddəti I [A] R[Ω] müqavimətindən keçərkən rezistorun a və b ucları arasında RI [V] gərginliyinin potensial fərqi meydana gəlir.

Cərəyan şiddəti rezistordan keçərkən müqavimətdəki potensial fərqi gərginliyin aşağı düşməsi adlanır. Ümumiyyətlə, R müqavimətindən I [A] cərəyan şiddətinin keçməsi zamanı RI [V] gərginliyi aşağı düşür.



Load - yük

Şəkil 2: Müqavimətlə gərginliyin aşağı düşməsi

Təhlükəsizlik və ehtiyat tədbirləri:

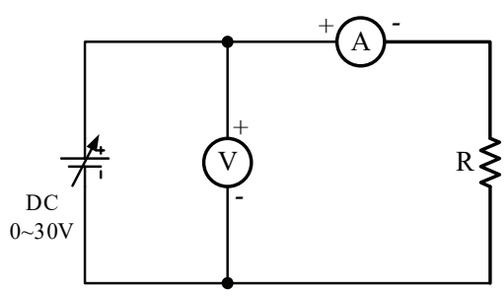
1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr isə yükə ardıcıl şəkildə birləşdirilib.
2. Voltmetr və ampermetrin qütblərinin düzgün şəkildə birləşdirildiyindən əmin olduqdan sonra elektrik təchiz edin.
3. Müqavimət enerji istehlakını (vatt) hesablamaqla və kifayət qədər tutumu olan elektrikdən istifadə etməklə hesablanır.
4. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Om qanunu təcrübəsi

1) Elektrik enerjisini kəsin və R= 1[kΩ] rezistorunu [Şəkil 3]-də göstərilən şəkildə birləşdirin.
2) SC dəyişən elektrik mənbəyinin gərginlik aralığını nizamlayın və onu tam şəkildə 0 [V] istiqamətində çevirin.
3) Elektrik enerjisini verin və SW çeviricisini bağlayın.
4) SC dəyişən elektrik mənbəyinin gərginlik aralığını yavaş-yavaş elə nizamlayın ki, voltmetrin göstəricisi 5 [V] olsun.
5) Bu vaxt, ampermetrin göstəricisini oxuyun və cərəyan şiddətini Cədvəl 1-də qeyd edin.
6) SC dəyişən elektrik mənbəyinin gərginlik aralığını Cədvəl 1-də göstərilən gərginlik qiymətlərinə uyğunlaşdırarkən, ampermetrin göstəricisini oxuyun və onu Cədvəl 1-də müvafiq sütuna qeyd edin.
7) Müşahidə olunan qiymətləri Cədvəl 1-də qeyd edin və ölçülmüş qiymətlərlə müqayisə edin.
8) Sonra isə SC dəyişən elektrik mənbəyini 0 [V]-a təyin edin və SW çeviricisini açın.
9) Müqavimət qiymətini 2 [kΩ] və 3 [kΩ] olaraq dəyişdikdən sonra, Cədvəl 1-dəki 4), 5), 6) və 7)-ci addımları təkrarlayın.



Şəkil 3: Om Qanununun təcrübə dövrəsi

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Dövrə və Om qanunu üzrə gərginliyin aşağı düşməsini ölçdümü? 2. Voltmetr və ampermetr vasitəsilə dövrənin gərginlik və cərəyan şiddətini ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Om qanununda gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət arasındakı əlaqənin ölçülməsi	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət arasındakı əlaqə

Giriş Gərginliyi V[V]	R=1 [kΩ]		R=2 [kΩ]		R=3 [kΩ]	
	Ölçmə I[mA]	Hesablama $I = \frac{V}{R}[mA]$	Ölçmə I[mA]	Hesablama $I = \frac{V}{R}[mA]$	Ölçmə I[mA]	Hesablama $I = \frac{V}{R}[mA]$
5						
10						
15						
20						
25						
30						

2. Baxış və izah

(1) Cədvəl 1-də gərginlik, cərəyan şiddəti və müqavimət arasındakı əlaqəni təkrar gözdən keçirin.
(2) Om qanununun tərifini deyin.
(3) 50 [] rezistora 100 [V] gərginlik verildikdə, dövrədəki cərəyan şiddəti [A] nə qədər olacaq?
(4) Müəyyən dövrənin müqavimətinə 3 [V] gərginlik tətbiq edildikdə, 200 [mA] cərəyan şiddəti keçir. Bu dövrənin müqaviməti nə qədərdir?
(5) Yük boyu cərəyan şiddətini və gərginliyin azalmasını hesablamağa çalışın. Ampermetr və voltmetrin necə birləşdirilməli olduğunu izah edin.

6. Rezistorun ardıcıl və paralel birləşdirilmiş dövrələrinin ölçülməsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti dəqiq ölçə biləcək;
2. Ölçülmüş qiyməti hesablanmış qiymətlə müqayisə edə biləcək;
3. Multitesterdən istifadə etməklə kompozit müqaviməti ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: növünə görə (100Ω, 200Ω, 220Ω, 300Ω, 470Ω, 680Ω, 1.2kΩ, 4.7kΩ, 5.6kΩ)
2. Maket sxem və birləşdirici kabel

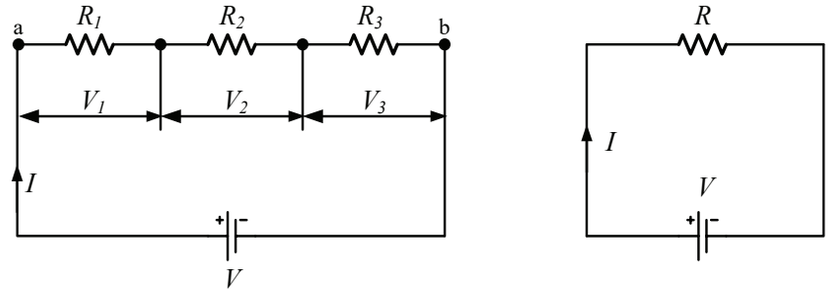
Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Rezistorları ardıcıl olaraq birləşdirilmiş dövrə

Fərz edək ki, [Şək. 1]-də göstərilən şəkildə üç R_1, R_2 and R_3 rezistorun ardıcıl olaraq birləşdirildiyi dövrənin hər iki a və b ucuna SC elektrik mənbəyinin gərginliyi V[V] tətbiq edildikdə, dövrədən keçən cərəyan şiddəti I[A] olur.



(a) Ardıcıl birləşdirilmiş dövrə (b) Ekvivalent dövrə

Şəkil 1: Rezistorların ardıcıl birləşdirilmiş dövrəsi

Bu vaxt, R_1, R_2 və R_3 rezistorlarından keçən I cərəyanları eyni səviyyədədir və a və b terminalları arasında ardıcıl birləşdirilmiş R müqavimətləri aşağıda göstərilən şəkildə müqavimətlərin cəminə bərabərdir.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \ [\Omega]$$

R_1, R_2 və R_3 rezistorlarının gərginlik səviyyəsinin azalması müvafiq olaraq V_1, V_2 və V_3 ilə işarələnsə, Om qanununa əsasən, aşağıdakı bərabərlik təmin olunur:

$$V_1 = IR_1[V], V_2 = IR_2[V], V_3 = IR_3[V]$$

Hər rezistorda gərginlik azalmalarının cəmi a, b terminallarının V gərginliyinə bərabər olacaq.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR[V]$$

Rezistorların ardıcıl birləşdirilmiş dövrəsində hər rezistorun terminal gərginliyi onun müqavimət səviyyəsi ilə düz mütənasibdir. Bu, aşağı gərginlik qanunu adlanır.

$$V_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V = \frac{R_1}{R} V[V]$$

$$V_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} V = \frac{R_2}{R} V[V]$$

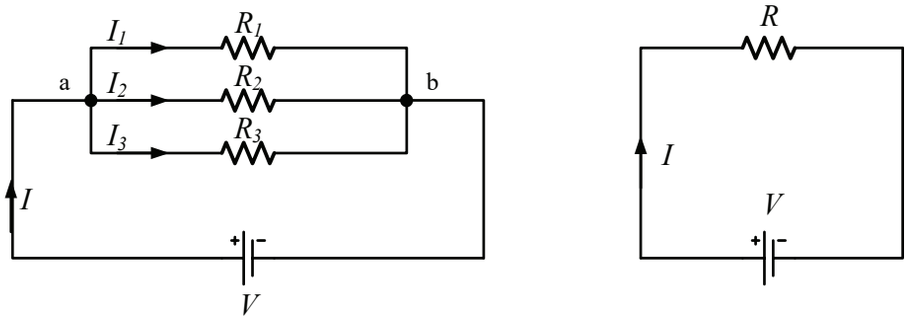
$$V_3 = IR_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V = \frac{R_3}{R} V[V] I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{V}{R}[A]$$

2. Rezistorların paralel birləşdirilmiş dövrəsi

R_1, R_2 and R_3 rezistorlarının Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, paralel olaraq birləşdirildiyi dövrənin hər iki a və b ucuna SC elektrik mənbəyinin gərginliyi V[V] tətbiq edildikdə, hər rezistora tətbiq edilən gərginlik V-ə bərabər olacaq. Om qanununa əsasən, axan I_1, I_2 və I_3 cərəyan şiddətləri aşağıda göstərilən düstur ilə ifadə olunur.

$$I_1 = \frac{V}{R_1}[A], I_2 = \frac{V}{R_2}[A], I_3 = \frac{V}{R_3}[A]$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}[A]$$



(a) Paralel birləşdirilmiş dövrə (b) Ekvivalent dövrə

Şəkil 2: Rezistorların paralel birləşdirilmiş dövrəsi

Hər rezistordan keçən cərəyan şiddətinin cəmi ümumi cərəyana bərabərdir.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) V = \frac{V}{R}[A]$$

Əgər a və b terminalları arasında ekvivalent cəmi müqavimət R olarsa, bu halda R-nin əksi hər rezistorun əksinin cəminə bərabərdir.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}[\Omega]$$

Hər rezistordan keçən cərəyan şiddəti aşağıdakı kimi hesablana bilər.

$$I_1 = \frac{R}{R_1} I[A], I_2 = \frac{R}{R_2} I[A], I_n = \frac{R}{R_n} I[A]$$

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri:

1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr isə yükə ardıcıl şəkildə birləşdirilib.
2. Voltmetr və ampermetrin qütblərinin düzgün şəkildə birləşdirildiyindən əmin olduqdan sonra elektrik təchiz edin.
3. Müqavimət enerji istehlakını (vatt) hesablamaqla və kifayət qədər tutumu olan elektrikdən istifadə etməklə hesablanır.
4. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Rezistorların ardıcıl birləşdirilmiş dövrəsi

1) 1-ci təcrübə üsulu

1. Rezistorları Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, ardıcıl birləşdirin. Bu vaxt elektrik mənbəyinin gərginliyi birləşdirilməyib.
2. Multitesterdən və Cədvəl 1-dəki qeydlərdən istifadə etməklə, dövrənin A və D uclarının hər birində R[Ω] kompozit müqaviməti ölçün.
3. Cədvəl 1-də verilmiş üç müqavimət qiymətini $(R_1 + R_2 + R_3)$ düsturu ilə toplayın Cədvəl 1-də qeyd edin.
4. <Cədvəl 1>-də ölçülmüş qiymətdən hesablanmış qiyməti çıxmaqla əldə edilən qiyməti (xətanı) qeyd edin.
5. $\varepsilon = \left|\frac{M-T}{T}\right| \times 100[\%]$ düsturü ilə xəta payını hesablayın və Cədvəl 1-də qeyd edin (burada M ölçülmüş, T isə hesablanmış qiymətdir).
6. Cədvəl 1-də verilmiş digər müqavimət qiymətlərini də əvəz edin və təcrübənin ② və ⑤ addımlarını təkrarlayın.

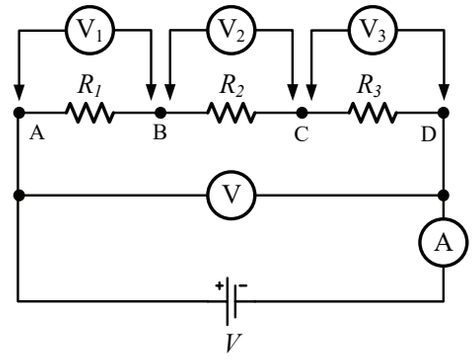
2) 2-ci təcrübə metodu

1 Şəkil 3-də təsvir olunmuş dövrədə Cədvəl 2-dəki elektrik mənbəyinin gərginliyini və üç rezistoru ardıcıl birləşdirin. Bu zaman SC elektrik mənbəyinin gücünü 5[V] olaraq nizamlayın.

2 Mulitester, ampermetr və voltmetrdən istifadə edərək dövrədən keçən ümumi I cərəyanını və ümumi V gərginliyini oxuduqdan sonra bu qiymətləri Cədvəl 2-də qeyd edin.

3 SC voltmetrdən istifadə etməklə R_1, R_2 **və** R_3 rezistorlarının V_1, V_2 **və** V_3 gərginliklərini ölçün və Cədvəl 2-də qeyd edin.

4 Elektrik mənbəyinin gərginliyindən və hər müqavimətin qiymətindən istifadə etməklə hər terminalın gərginliyini hesablayın və Cədvəl 2-də qeyd edin.



Şəkil 3: Rezistorların ardıcıl birləşdirilmiş təcrübə dövrəsi

5 Elektrik təchizatını kəsin, müqavimət qiymətini verilən qiymətə dəyişin və gərginliyi 5 [V] olaraq saxlayaraq ②~④ addımlarını təkrarlayın.

6 SC elektrik gərginliyini 10 [V] olaraq nizamlayın və ②~④ addımlarında təsvir olunan proseduru təkrarlayın.

3. Rezistorların paralel birləşdirilmiş dövrəsi

1) 1-c təcrübə üsulu

1 Rezistorları Şəkil 4-də göstərildiyi kimi, paralel birləşdirin.

2 Multitesterdən və Cədvəl 3-dəki qeydlərdən istifadə edərək dövrənin a və b uclarındakı kompozit müqaviməti R ölçün. Bu vaxt elektrik mənbəyinin gərginliyi birləşdirilməmiş olur.

3 Kompozit müqavimətin qiyməti Cədvəl 3-də verilmiş və Cədvəl 3-də qeyd edilmiş üç müqavimət qiymətindən istifadə etməklə hesablanır.

4 Cədvəl 3-də ölçülmüş qiymətdən hesablanmış qiyməti çıxmaqla əldə edilən qiyməti (xəta) qeyd edin.

5 $\varepsilon = \left|\frac{M-T}{T}\right| \times 100[\%]$ düsturu ilə xəta payını hesablayın və Cədvəl 3-də qeyd edin (burada M ölçülmüş, T isə hesablanmış qiymətdir).

7 Cədvəl 3-də verilmiş digər müqavimətləri də əvəz edin və ② və ⑤ addımlarını təkrarlayın.

2) 2-ci təcrübə üsulu

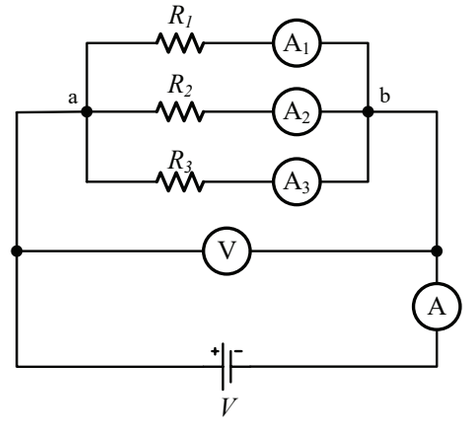
1 Rezistorları Şəkil 4-də göstərilən kimi paralel birləşdirin.

2 Əvvəlcədən SC elektrik mənbəyinin gücünü 5[V] olaraq nizamlayın.

3 Multitester, ampermetr və voltmetrdən istifadə edərək dövrədən keçən ümumi I cərəyanını və ümumi V gərginliyini oxuduqdan sonra, bu qiymətləri Cədvəl 4-də qeyd edin. R_1, R_2 and R_3 rezistorlarından keçən A_1, A_2 and A_3 cərəyanları I_1, I_2 və I_3 ampermetrləri ilə hesablanır və qiymətlər Cədvəl 4-də qeyd olunur.

4 Elektrik təchizatını kəsin, verilmiş müqavimət qiyməti ilə əvəz edin və gərginliyi 5 [V] saxlayaraq ②~③ addımlarını təkrarlayın.

5 SC elektrik gərginliyini 10 [V] olaraq nizamlayın və ②~③ addımlarında təsvir olunan prosedurları təkrarlayın.



Şəkil 4: Rezistorların paralel birləşdirilmiş təcrübə dövrəsi

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Gərginliyi, cərəyan şiddətini və müqaviməti dəqiq şəkildə ölçdümü? 2. Ölçülmüş qiyməti hesablanmış qiymətlə müqayisə etdimi? 3. Kompozit müqaviməti ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	Rezistorların paralel-ardıcıl birləşdirilmiş dövrəsinin ölçülməsi		Tarix	
Şöbə		Ad		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1

Rezistor [Ω]			Ölçmə R[Ω]	Hesablama $(R\|\ \ \|1+R_2+R_3)$	Xəta (M-T)	[%]
R_1	R_2	R_3				
100	200	300				
220	470	680				
1.2k	4.7k	5.6k				

Cədvəl 2

SC	Rezistor [Ω]			Ümumi cərəyan I[A]	Ölçmə [V]				Hesablama[V]			
[V]	R_1	R_2	R_3		V	V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	V
5	100	200	300									
	220	470	680									
	1.2k	4.7k	5.6k									
10	100	200	300									
	220	470	680									
	1.2k	4.7k	5.6k									

Cədvəl 3

Rezistor [Ω]			Ölçmə R[Ω]	Hesablama $(R\|\ \ \|1+R_2+R_3)$	Xəta (M-T)	[%]
R_1	R_2	R_3				
100	200	300				
220	470	680				
1.2k	4.7k	5.6k				

Cədvəl 4

SC	Rezistor [Ω]			Ümumi Gərginlik V[V]	Ölçmə [A]				Hesablama[A]			
[V]	R_1	R_2	R_3		I	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I
5	100	200	300									
	220	470	680									
	1.2k	4.7k	5.6k									
10	100	200	300									
	220	470	680									
	1.2k	4.7k	5.6k									

2. Baxış və izah

(1) Cədvəl 1-də hesablanmış qiymətin ölçülmüş qiymətə bərabər olub-olmadığını nəzərdən keçirin.

(2) Cədvəl 2-də hesablanmış qiymətlərin ölçülmüş qiymətlərlə uyğun olub-olmadığını nəzərdən keçirin. Uyğun olmadıqda, səbəbini izah edin.

(3) Rezistorlar $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$ ardıcıl birləşdirilibsə, cərəyan şiddəti nəyə bərabərdir?

(4) Əgər hər biri 50[Ω] olan 10 rezistor ardıcıl birləşdirilibsə, kompozit müqavimət R-ni hesablayın.

(5) Cədvəl 3-də, $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ düsturunun doğru olub-olmadığını nəzərdən keçirin.

(6) Cədvəl 4-də, $I = I_1 + I_2 + I_3$ düsturunun doğru olub-olmadığını nəzərdən keçirin.

(7) $I_1 = \frac{R}{R_1} I[A]$ düsturunun (həmçinin, I_2 və I_3 üçün) Cədvəl 3 və Cədvəl 4-də təsdiq olunub-olunmadığını nəzərdən keçirin.

(8) Rezistorlar paralel birləşdirilibsə, dövrənin kompozit müqaviməti nə qədərdir və dövrədən keçən cərəyan şiddəti nə qədərdir?

(9) 4 ədəd 100 omluq rezistoru paralel birləşdirməklə əldə olunan ən kiçik müqavimət qiyməti nə qədərdir?

7. Multimetrlə Kirxof qanununun yoxlanması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*
1. Kirxhofun birinci qanununu izah edə biləcək;
2. Kirxhofun ikinci qanununu izah edə biləcək;
3. Ölçülmüş qiymətlə hesablanmış qiyməti yoxlaya biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: növünə görə (330Ω, 470Ω, 2.2kΩ, 3kΩ, 4.7kΩ)
2. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

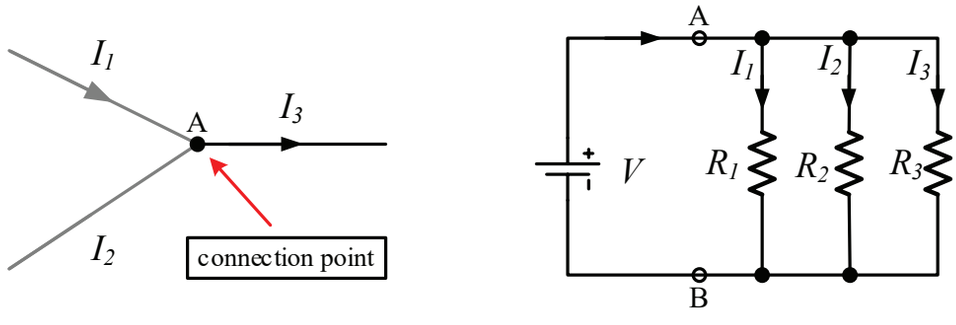
1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Kirxhofun birinci qanunu

Dövrədəki müəyyən A düyünündən baxıldıqda, A düyününə axan cərəyanların cəmi dövrədə axan cərəyanların cəminə bərabərdir. Yəni, Σ axın gələn cərəyanlar = Σ axıb gedən cərəyanlar.

Bu qanun "Kirxhofun birinci qanunu" və ya "Kirxhofun cərəyan qanunu" (KCQ) adlanır.



Connection point – birləşmə nöqtəsi

(a) Qoşulma nöqtəsində cərəyan şiddədi (b) Ümumi və budağın cərəyan şiddəti

Şəkil 1: Kirxofun birinci qanunu

Fərz edək ki, I_1 və I_2 [A] [Şəkil 1]-də göstərildiyi kimi, müəyyən A düyününə axan cərəyanlardır və I_3 [A] A düyünündən axan cərəyandır. Bu halda aşağıdakı düstur yazıla bilər.

$$I_1 + I_2 = I_3$$

Yuxarıdakı düstura düzəliş etsək

$$I_1 + I_2 + (-I_3) = I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

Birinci qayda bildirir ki, "şəbəkənin hər hansı birləşmə nöqtəsinə axan cərəyana (+) işarəsi tətbiq olunsa və birləşmə nöqtəsindən axan cərəyana (-) işarəsi tətbiq olunsa, birləşmə nöqtəsinə axan və birləşmə nöqtəsindən axan cərəyanların cəmi sıfıra bərabər olacaq".

[Şəkil 1] (b)-də təsvir olunduğu kimi, cərəyanın istiqaməti ox istiqamətində təyin olunubsa, A düyününə axan cərəyan I və nöqtədən axan cərəyanlar isə I_1, I_2 and I_3-dür. B düyününə axan cərəyanlar I_1, I_2 **və nöqtədən axan cərəyan** I-dir.

Ümumilikdə, [Şəkil 1] (b)-dəki A düyünündə a-v birləşməsinə çevrilir.

A birləşmə nöqtəsindən axan I cərəyanı I_1, I_2, I_3 və B düyününə axan cərəyanlar a, b və c-dir. Ümumilikdə, [Şəkil 1] (b)-də A düyünündə əldə olunur.

$$I - \frac{V}{R_1} - \frac{V}{R_2} - \frac{V}{R_3} = 0 \; və \; ya \; I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} [A]$$

2. Kirxhofun ikinci qanunu

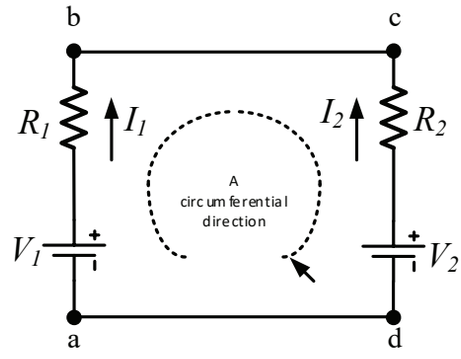
Kirxhofun ikinci qanunu və ya Kirxhofun gərginlik qanunu (KGQ) digər qapalı dövrələrlə birlikdə bir qapalı dövrədəki gərginlik azalmalarının cəmi kimi tərif olunur. Yəni:

Σ EHS = Σ gərginlik azalması

Bu bərabərliyin sol və sağ tərəflərində qapalı dövrənin hərəkət istiqaməti ilə eyni istiqamətdə elektrohərəkət qüvvəsi və gərginliyin azalması əks istiqamətlərdə (+) və (-)-dir.

Şəkil 2-də təsvir olunduğu kimi, a → b → c → d → a qapalı dövrəsində hər budağa axan I_1 və I_2 istiqamətləri (→ xətti) və dairəvi hərəkət istiqaməti (xətti) tətbiq olunduqda, olur.

Burada V_1 (+) koddur, çünki elektrohərəkət qüvvəsinin istiqaməti çevrə istiqaməti ilə eynidir və V_2-dən fərqli olduğu üçün (-) işarəlidir.



Circumferential direction – dairəvi istiqamət

Şəkil 2: Kirxhofun ikinci qanunu

$$\Sigma \; gərginlik \; azalmaları = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

R_1 rezistorunda gərginlik azalmasının istiqaməti dairəvi hərəkət istiqaməti ilə eyni olduğuna görə (+) işarəlidir və R_2 rezistorundan fərqli olduğu üçün gərginlik azalmasının işarəsi (-)-dir. Beləliklə, aşağıdakı əlaqə meydana gəlir.

$$V_1 - V_2 = R_1 I_1 - R_2 I_2$$

$$V_1 - V_2 - R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0$$

İkinci qanun bu şəkildə ifadə olunur: "Müəyyən bir qapalı dövrə ətrafında bir istiqamətdə gərginlik artımının cəbri cəmi sıfırdır. Bu halda dairəvi hərəkət istiqamətində gərginliyin artması (+) və əks istiqamətdə gərginliyin azalması (-) baş verməlidir" və dəyişmə ilə tərif oluna bilər.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

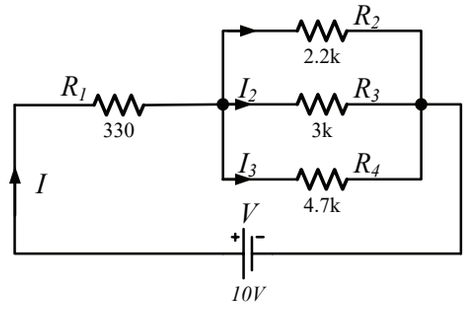
1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr isə yükə ardıcıl birləşdirilir.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Müqavimət elektrik sərfiyyatını (vatt) hesablamaqla və müvafiq tutumdan istifadə ilə hesablanır.
4. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Kirxhofun birinci qanunu

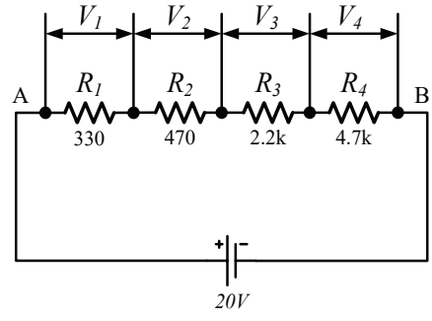
1) Dövrəni Şəkil 3-də təsvir olunmuş şəkildə birləşdirin və elektrik gərginliyini 10 V-a nizamlayın.
2) Ampermetrdən istifadə edərək, cəmi *I* cərəyan şiddətini və hər rezistora daxil olan I_1, I_2 and I_3 cərəyan şiddətlərini ölçün və Cədvəl 1-də qeyd edin. Həmçinin ölçülmüş I_1, I_2 and I_3 cərəyan şiddətləri Cədvəl 1-ə əlavə olunur və qeyd edilir.
3) Şəkil 3-dəki dövrə diaqramından istifadə edərək, hər bir *I,* I_1, I_2 and I_3 cərəyanın şiddətini və onların cəmini (I_1+ I_2+ I_3) **ölçün və** Cədvəl 1-də qeyd edin.



Şəkil 3: Kirxhofun birinci qanununun (cərəyan qanunu) təcrübə dövrəsi

3. Kirxhofun ikinci qanunu

1) Dövrəni Şəkil 4-də təsvir olunmuş şəkildə birləşdirin və elektrik gərginliyini 20 V-a nizamlayın.
2) R_1, R_2, R_3 və R_4 rezistorlarının V_1, V_2, V_3 və V_4 terminal gərginlikləri öİçülür və Cədvəl 2-də qeyd olunur.
3) Hər terminalın gərginliklərinin cəmi <Cədvəl 2>-də qeyd olunur.
4) Şəkil 4-dəki dövrə diaqramında hər terminalın V_1, V_2, *V3* və *V4* gərginlikləri və onların cəmi (hesablanır və Cədvəl 2-də qeyd olunur.



Şəkil 4: Kirxhofun birinci qanununun (gərginlik qanunu) təcrübə dövrəsi

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Çox sayda elektrik mənbələrindən ibarət şəbəkəni düzgün şəkildə izah etdimi? 2. Hər qapalı dövrənin cari cərəyan axını istiqamətini müəyyən edən dövrələri izah etdimi? 3. Superpozisiya prinsipindən istifadə edərək gərginliyi və cərəyan şiddətini yoxladımı?			

*T/E - (tətbiq edilmədi), *bu deməkdir ki, tələbə təcrübi şərait səbəbilə tapşırıqları yerinə yetirə bilməyib.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Kirxhof cərəyan qanunun hesablanması	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Kirxhofun cərəyan qanunu (birinci qanun).

Div.	I	I_1	I_2	I_3	$I_1 + I_2 + I_3$
Cərəyan şiddətinin ölçülməsi [mA]					
Cərəyan şiddətinin hesablanması [mA]					

Cədvəl 2: Kirxhofun cərəyan qanunu (birinci qanun).

Div.	V_1	V_2	V_3	V_4	$V_1 + V_2 + V_3 + V_4$
Gərginliyin ölçülməsi[mA]					
Gərginliyin hesablanması [mA]					

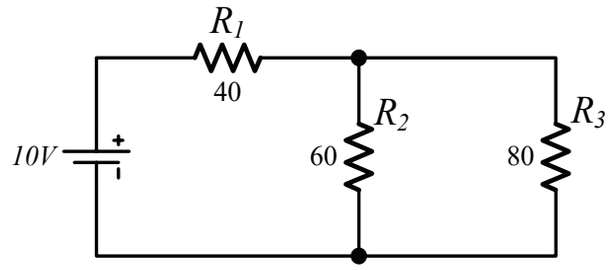
2. Baxış və izah

(1) Kirxhofun birinci qanununu izah edin.

(2) Kirxhofun ikinci qanununu izah edin.

(3) Xətaların meydana gəlmə səbəbini izah etmək üçün Cədvəl 1 və Cədvəl 2-də ölçülmüş qiymətlərlə hesablanmış qiymətləri müqayisə edin.

(4) Hər rezistorda cərəyan şiddətinin və gərginliyin azalmasını müəyyən etmək üçün Şəkil 5-dəki dövrədə Kirxhof qanununu tətbiq edin.



Şəkil 5

8. Multimetrlə superpozisiya prinsipinin yoxlanması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Çox sayda elektrik mənbələri olan şəbəkəni izah edə biləcək.
2. Superpozisiya prinsipindən istifadə edərək gərginliyi və cərəyan şiddətini izah edə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: növünə görə (330Ω, 470Ω, 2.2kΩ, 3kΩ, 4.7kΩ)
2. Maket sxem və birləşdirici kabel

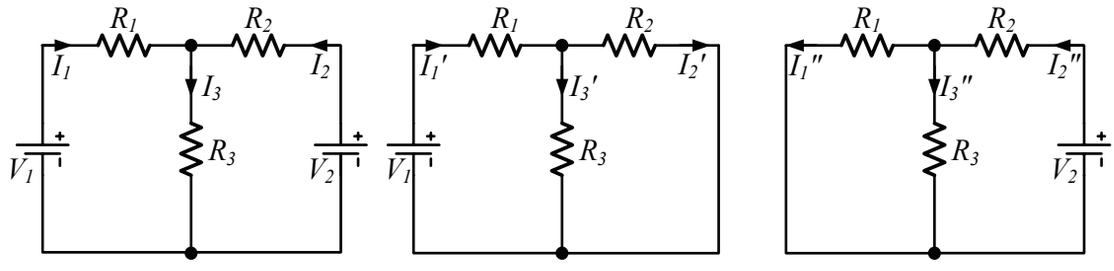
Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/Rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

Elektrik mənbəyi fərdi şəkildə işə salındıqda, iki və daha çox elektrik mənbəyinin qoşulduğu şəbəkədə dövrədəki hər hansı düyündən keçən cərəyan və ya iki nöqtə arasındakı gərginlik iki nöqtə arasındakı cərəyan axınıdır və tətbiq olunan gərginliklərin cəminə bərabərdir. Bu vəziyyət superpozisiya prinsipi adlanır.

Bu zaman elektrik mənbəyinin fərdi şəkildə işə salınması o deməkdir ki, elektrik mənbəyinin gərginliyi 0-a nizamlanıb, yəni bağlıdır və digər cərəyan mənbəyinin 0-a nizamlanması o deməkdir ki, elektrik mənbəyi açıqdır.



(a) Ümumi dövrə (b) V_2 qısa qapanmış dövrə (c) V_1 qısa qapanmış dövrə

Şəkil 1: Superpozisiya prinsipi

Şəkil 1 (a) bəndində elektrik mənbəyinin gərginlikləri V_2 vəV_2 eyni zamanda qoşulub.

- V_2 qısa qapandıqdan sonra və R_3-dən axan cərəyan Şəkil 1 (b)-də təsvir olunan şəkildə əldə olunur.

- V_2-ni əvvəlki vəziyyətində qaytarın və R_3-dən axan cərəyanı əldə etmək üçün V_2-ni qısa qapayın.

Buna görə də, iki elektrik mənbəyinin gərginliyi eyni zamanda birləşdirildikdə, R_3-ə axan I_3 cərəyanı ayrı-ayrı elektrik mənbələrinin gərginliyinə V_1 and V_2 gərginlikləri tətbiq olunduğu zaman axan cərəyanların cəminə (I_3' + I_3") bərabərdir.

Şəkil 1 (a)-da təsvir olunan I_1, I_2 **və** I_3 cərəyanlar Şəkil 1 (b) və (c) bəndlərindəki cərəyanların cəbri cəminə bərabərdir.

$$I_1 = I_1^{'} + I_1^{''}, \quad \{I\} \text{ rsub } \{2\} = \{I\} \text{ rsub } \{2\} \text{ rsup } \{'\} + \{I\} \text{ rsub } \{2\} \text{ rsup } \{, I_3 = I_3^{'} + I_3$$

Bu halda cərəyanın istiqaməti nəzərə alınmalıdır.

Müəyyən bir metodla I_1, I_2 **və** I_3 cərəyanlarını hesablayaq.

İlk növbədə Şəkil 1 (b)-də göstərilən dövrədə R_2 and R_3 rezistorlarının paralel birləşməsi üzrə cəmi müqavimət R aşağıdakı düsturla əldə olunur:

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

R_1 rezistoru ardıcıl şəkildə birləşdirildiyi üçün ümumi dövrə üzrə cəmi müqavimət R aşağıdakı kimi hesablanır:

$$R = R_1 + R_{23}$$

Buna görə də, R_1-ə axan I_1 cərəyanı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$I_1^{'} = \frac{V_1}{R} = \frac{V_1}{R_1 + R_{23}} = \frac{V_1}{R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}} = \frac{(R_2 + R_3)V_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

I_1 hər rezistora paylandığı üçün təsnifat qaydasından istifadə edilərək, I_2 **və** I_3 cərəyanları hesablana bilər:

$$I_2^{'} = \frac{R_3 V_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$I_3^{'} = \frac{R_2 V_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

Şəkil 1 (c)-dəki dövrə eyni yolla əldə oluna bilər.

R_1 və R_3 rezistorlarının paralel birləşməsi üçün cəmi müqavimət R aşağıdakı kimi hesablanır:

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$$

R_2 rezistoru ardıcıl şəkildə birləşdirildiyi üçün ümumi dövrə üzrə cəmi müqavimət R aşağıdakı kimi hesablanır.

$$R = R_2 + R_{13} = R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}$$

Buna görə də, R_2-ə axan I_2 cərəyanı aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$I_2^{''} = \frac{V_2}{R} = \frac{V_2}{R_2 + R_{13}} = \frac{V_2}{R_2 + \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3}} = \frac{(R_1 + R_3)V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$I_2^{'} = \frac{R_3 V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

$$I_3^{'} = \frac{R_1 V_2}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}$$

Beləliklə, $I_1^{'}, I_1^{\}}$, {I} rsub {2} rsup {'}, {I} rsub {2} rsup {$, I_3^{'}, I_3$ cərəyanlarını $I_1 = I_1^{'} - I_1^{\}}$, {I} rsub {2} =- {I} rsub {2} rsup {'} + {I} rsub {2} rsup {$, I_3 = I_3^{'} + I_3$ düsturu ilə hesablanmış qiymətlərlə əvəz etdikdə aşağıdakı düstura ekvivalent qiymətlər əldə edilir.

$$I_1 = I_1^{'} - I_1^{\}} = \{\text{left } (\{R\} \text{ rsub } \{2\} + \{R\} \text{ rsub } \{3\} \text{ right }) \{V\} \text{ rsub } \{1\} - \{R\} \text{ rsub } \{3\} \{V\} \text{ rsub } \{2\}\} \text{ over } \{\{R\} \text{ rsub } \{1\} \{R\} \text{ rsub } \{2\} + \{R\} \text{ rsub } \{2\} \{R\} \text{ rsub } \{3\} + \{R\} \text{ rsub } \{3\} \{R\} \text{ rsub } \{1\}$$

$$I_2 = -I_2^{'} + I_2^{\}} = \{\text{left } (\{R\} \text{ rsub } \{1\} + \{R\} \text{ rsub } \{3\} \text{ right }) \{V\} \text{ rsub } \{1\} - \{R\} \text{ rsub } \{3\} \{V\} \text{ rsub } \{1\}\} \text{ over } \{\{R\} \text{ rsub } \{1\} \{R\} \text{ rsub } \{2\} + \{R\} \text{ rsub } \{2\} \{R\} \text{ rsub } \{3\} + \{R\} \text{ rsub } \{3\} \{R\} \text{ rsub } \{1\}$$

$$I_3 = I_3^{'} + I_3^{\}} = \{\{R\} \text{ rsub } \{2\} \{V\} \text{ rsub } \{1\} - \{R\} \text{ rsub } \{1\} \{V\} \text{ rsub } \{2\}\} \text{ over } \{\{R\} \text{ rsub } \{1\} \{R\} \text{ rsub } \{2\} + \{R\} \text{ rsub } \{2\} \{R\} \text{ rsub } \{3\} + \{R\} \text{ rsub } \{3\} \{R\} \text{ rsub } \{1\}$$

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr yükə ardıcıl birləşdirilir.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Müqavimət elektrik sərfiyyatını (vatt) hesablamaqla və müvafiq tutumdan istifadə ilə hesablanır.
4. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

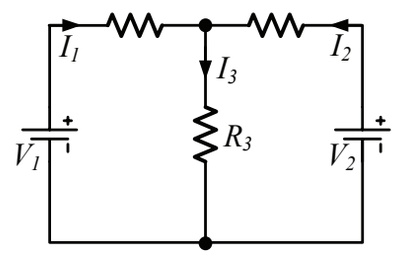
1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Superpozisiya prinsipinin təcrübəsi

1) Şəkil 2 (a)-dakı R_1 = 200[Ω], R_2 = 330[Ω], R_3 = 470[Ω] rezistorlardan istifadə edərək dövrəyə qoşulun.

2) V_1 = 5[V] və V_2 = 10[V] SC elektrik gərginliyi tətbiq olunduqda hər rezistordan keçən I_1, I_2 **və** I_3 cərəyanlarını ölçün və Cədvəl 1-də qeyd edin.

3) Şəkil 2 (b)-də təsvir olunan V_1 = 5 [V] və V_2 = 0 [V] (qısa dövrə) elektrik gərginliklərini tətbiq edin və hər rezistordan keçən $I_1^{'}, I_2^{'}, I_3^{'}$ cərəyanlarını ölçüb Cədvəl 1-də qeyd edin.



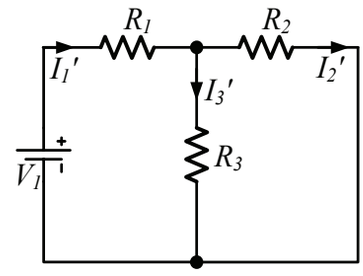
(a) Ümumi dövrə

4) Şəkil 2 (c)-də təsvir olunan $V_1 = 0$ [V] və $V_2 = 10$ [V] (qısa dövrə) elektrik gərginliklərini tətbiq edin və hər rezistordan keçən I_1'', I_2'', I_3'' cərəyanlarını ölçüb <Cədvəl 1>-də qeyd edin.

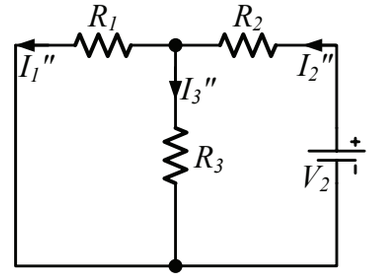
5) Om qanunundan istifadə edərək, I_1', I_2', I_3' və I_1'', I_2'', I_3'' cərəyanlarını hesablayın və Cədvəl 1-də qeyd edin.

6) $I_1 = I_1' + I_1''$, {I} rsub {2} = {I} rsub {2} rsup {'} + {I} rsub {2} rsup {''}, $I_3 = I_3' + I_3''$ cərəyanları hesablanır və Cədvəl 1-də qeyd edilir.

7) Ölçülmüş və hesablanmış qiymətlərdən istifadə edərək, xəta payını ($\left|\frac{M-T}{T}\right| \times 100[\%]$) hesablayın və Cədvəl 1-də qeyd edin.



(b) V_2 qısa dövrəsi



(c) V_1 qısa dövrəsi

Şəkil 2: Superpozisiya prinsipi

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? **1. Çoxsaylı elektrik mənbəyi olan şəbəkələri izah etdimi?** 2. Hər qapalı dövrədəki cərəyanın cari axın istiqamətini müəyyən edən dövrələri izah etdimi? 3. Superpozisiya prinsipindən istifadə edərək gərginliyi və cərəyan şiddətini yoxlayıb?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Superpozisiya prinsipində şaxələrin cərəyan şiddəti	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

(Cədvəl 1) Superpozisiya prinsipində şaxələrin cərəyan şiddəti

SC elektrik mənbəyi	Şaxənin cərəyan şiddəti	Ölçmə	Hesablama	Xəta %
$V_1 = 5[V]$ $V_2 = 10[V]$	I_1			
	I_2			
	I_3			
$V_1 = 5[V]$ $V_2 = 0[V]$	I'_1			
	I'_2			
	I'_3			
$V_1 = 0[V]$ $V_2 = 10[V]$	I''_1			
	I''_2			
	I''_3			

2. Baxış və izah

1) Cədvəl 1-dəki təcrübə nəticələrindən $I_1 = I_1^{'} - I_1^{''}$, {I} rsub {2} =- {I} rsub {2} rsup {'} + {I} rsub {2} rsup {"}, $I_3 = I_3^{'} + I_3$ bərabərliyinin təmin olunduğunu təsdiqləyin.
2) Cədvəl 1-də ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri müqayisə edin və qiymətləndirin.
3) Cədvəl 1-də superpozisiya prinsipi təmin olunur?
4) Superpozisiya prinsipi mübadilə üçün istifadə oluna bilər?

9. R, L, C SC dövrələri ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. SC-nın qiymətini göstərə biləcək;
2. SC dövrənin maksimal qiyməti, optimal qiyməti və orta qiyməti arasındakı əlaqəni izah edə biləcək;
3. SC dövrələrinin vektor işarələrini izah edə biləcək;
4. Yalnız R, L və C dövrələrində gərginliklə cərəyan şiddəti arasındakı faza əlaqəsi ilə təcrübə apara biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 2[kΩ], 4[kΩ], 100[Ω], 200[Ω]
2. İnduktivlik çarxı: 10[mH], 20[mH], 30[mH]
3. Kondensator: 0.1[μF], 0.47[μF], 4.7[μF], 10[μF]
4. Maket sxem və əlaqələndirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

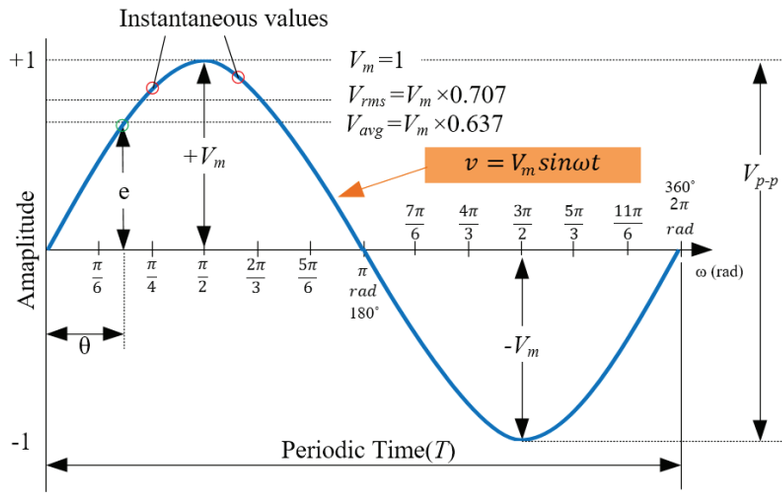
1. SC elektrik mənbəyi
2. Rəqəmli yaddaşlı ossiloqraf
3. Funksiya generatoru
4. Multitester (Analoq/Rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. DC işarəsi

Dəyişən cərəyan vaxt ərzində miqyası və istiqaməti dövrü şəkildə dəyişən cərəyandır və vaxt ərzində istiqaməti dövrü olaraq dəyişən gərginlik dəyişən gərginlik adlanır. Sinus dalğaları, üçbucaqşəkilli dalğalar, kvadratşəkilli dalğalar və s. növləri mövcuddur. Bu növlər arasında sinus dalğaları ənənəvi dəyişən cərəyan nümunəsidir.

1) Cari qiymət və maksimal qiymət



Instantaneous values – cari qiymətlər
Amplitude – amplituda
Periodic time – dövr müddəti

Şəkil 1: Sinus dalğası

Ümumilikdə, SC gərginliyi *v* aşağıdakı düsturla ifadə olunur və siqnal Şəkil 1-də təsvir olunan şəkildədir.

v gərginliyi DC-nin hər vəziyyətində ani olaraq dəyişə bildiyi üçün, gərginliyin cari qiyməti adlanır. Bu cari qiymətlər arasındakı ən yüksək göstərici V_m maksimal qiymət və ya amplituda adlanır.

Şəkildə V_{p-p} [V] ilə işarələnən və siqnalın maksimal (+) qiyməti ilə minimal (-) qiyməti arasındakı qiymət ən maksimal qiymət adlanır. Cərəyanda cari qiymət, maksimal qiymət və ən maksimal qiymət müvafiq olaraq, *i*, I_m, and I_{p-p} simvolları ilə işarələnir.

Obyektin bucaq sürəti ω[rad/san] kimi ifadə olunur və tezliklə sürət arasındakı münasibət [rad/san]-dir.

DC gərginliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur: $v = V_m sin\omega t = V_m sin2\pi ft[V]$

Orta qiymət: $v_{avg} = v_a = \frac{2}{\pi} V_m \approx 0.637 V_m[V]$

Optimal qiymət: $v_{rms} = V = \frac{1}{\sqrt{2}} V_m \approx 0.707 V_m[V]$

Ən maksimal qiymət: $v_{p-p} = 2V_m[V]$

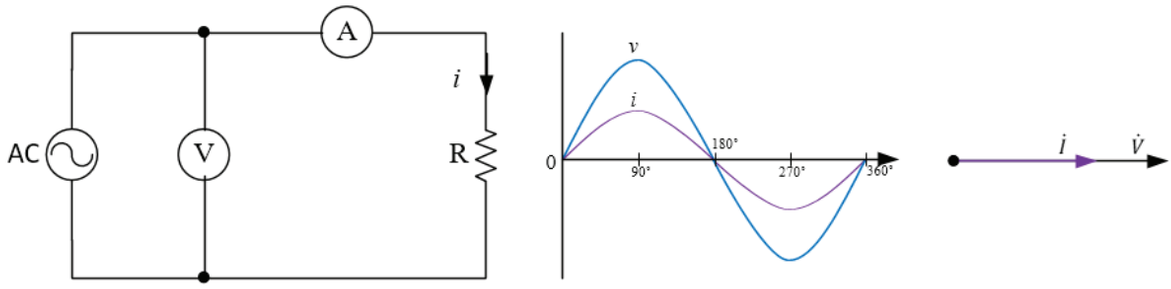
2) Tezlik və dövr

[Şəkil 1]-də təsvir olunduğu kimi, gərginliyin səviyyəsi ani olaraq dəyişir, lakin eyni səviyyədəki gərginlik hər vaxt *T* [san] aralığında təkrarlanır. Bu təkrarlanan vaxt aralığı *T* dəyişən cərəyanın dövrü adlanır.

DC-nın *f* [Hz] tezliyinə gəldikdə isə, siqnal 1 [san]-də *f* dəfə təkrarlanır, beləliklə, bir təkrar üçün sərf oluna vaxt [san]-dir. Bu qiymət T dövrü olduğu üçün aşağıdakı düsturla ifadə oluna bilər.

$$T = \frac{1}{f}[san], f = \frac{1}{T}[Hz]$$

2. Sinusoid elektrik mənbəyi ilə SC-nın müqaviməti



(a) Rezistorun dövrəsi (b) Gərginlik və cərəyan fazası (c) Vektor diaqramı

Şəkil 2: Rezistorun dövrəsi

Şək. 2 (a)-da təsvir olunduğu kimi, $v = V_m sin\omega t$ [V] DC gərginliyi yalnız R[Ω] müqavimətinə malik dövrəyə tətbiq olunduqda, rezistordan keçən *i* [A] cərəyan şiddəti aşağıdakı şəkildə hesablanır.

$$i = \frac{v}{R} = \frac{V_m}{R} sin\omega t = I_m sin\omega t[A]$$

Gərginliyin və cərəyan şiddətinin maksimal qiyməti aşağıdakı şəkildə ifadə olunur:

$$\frac{V_m}{R} = I_m, V_m = I_m R$$

Gərginliyin *V* optimal qiyməti və cərəyan şiddətinin *I* optimal qiyməti $V_m = \sqrt{2}V$ və $I_m = \sqrt{2}I$ bərabərliklərindən aşağıdakı kimi hesablanır.

$$I = \frac{V}{R}, V = IR$$

Şəkil 2 (b) gərginlik və cərəyan şiddətinin fazada olduğu vəziyyətdə *i* və *v* arasındakı əlaqəni göstərir. Başqa sözlə, *R* dövrəsi yalnız o halda əldə olunur ki, gərginlik və cərəyan şiddəti fazadadır və dəyişən cərəyandır.

Şəkil 2 (c) vektor diaqramıdır və aşağıdakılarla işarələnir:

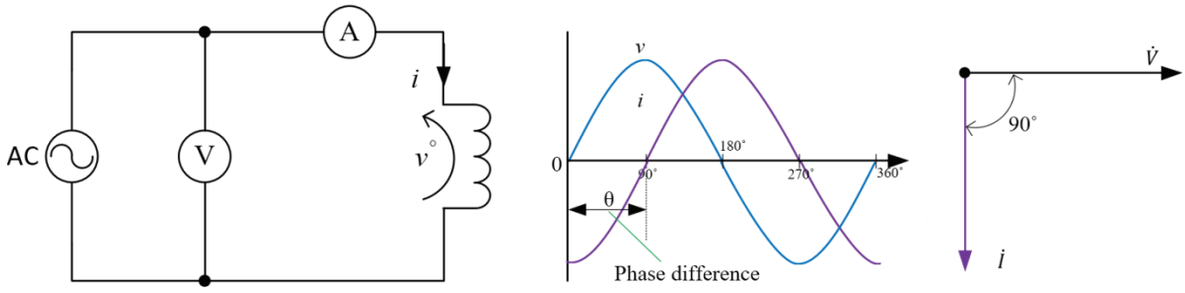
$$\dot{V} = V\angle 0^\circ, \dot{I} = \frac{V}{R}\angle 0° = I\angle 0^\circ$$

Müqavimətin DC dövrəsinin xarakteristikaları qısa şəkildə aşağıdakı kimi təsvir oluna bilər.

- Gərginlik və cərəyan şiddəti eyni tezliyə malik sinusoidlərdir.
- Gərginlik və cərəyan şiddəti eyni fazadadır.

- Gərginliyin və cərəyan şiddətinin maksimal qiyməti və ya optimal qiymətinin nisbəti müqavimətə bərabərdir.

3. DC induktivliyi və induktiv müqaviməti



Phase difference – faza fərqi

(a) İnduktivlik dövrəsi (b) Gərginlik və cərəyan şiddətinin fazası. (c) Vektor diaqramı

Şəkil 3: İnduktiv dövrə

Şəkil 3 (a)-da göstərildiyi kimi, $tv = V_m sin\omega t$[V] DC gərginliyi yalnız bir L[H] induktivlik çarxı olan dövrəyə tətbiq olunduqda, induksiya gərginliyi cərəyanın çarxa axması nəticəsində meydana gəlir və çarxın induksiya edilmiş elektrohərəkət qüvvəsi $e_L = -L\frac{di}{dt}$ xarici yolla tətbiq olunaraq $v + e_L = 0$ əldə olunur, beləliklə, $v = -e_L = L\frac{di}{dt}$ – dən L-ə axan cərəyanın cari qiyməti i [A] aşağıdakı yolla hesablana bilər.

$$i = \frac{1}{L}\int vdt = \frac{-V_m}{\omega L}cos\omega t = \frac{V_m}{\omega L}sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Bu zaman cərəyanın optimal qiyməti I aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$I = \frac{V}{\omega L}$$

ωL cərəyan axınını kəsən DC müqavimət komponenti kimi çıxış edir və induktiv müqavimət adlanır X_L [Ω]

$$X_L = \omega L = 2\pi f L[\Omega]$$

X_L qiyməti f [Hz] tezliyi ilə eyni nisbətdə artdığı üçün cərəyan tezliyə əks nisbətdə azalır.

[Şəkil 3] (c) vektor diaqramıdır və aşağıdakı işarələmələr qəbul olunub:

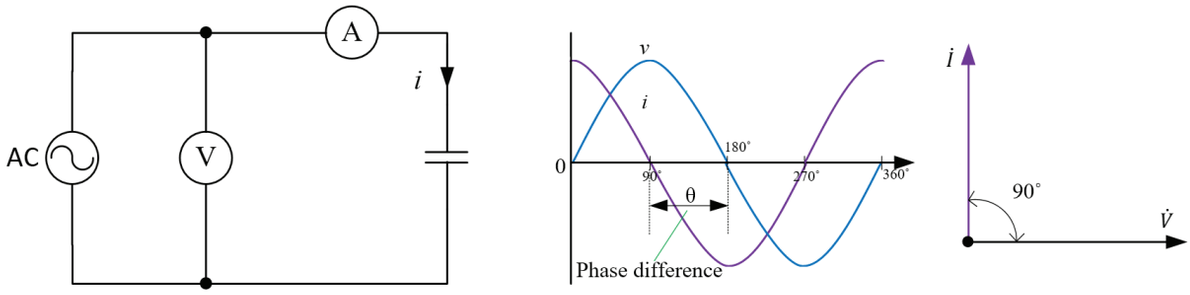
$$V\angle 0^\circ \;, \dot{I} = \frac{V}{\omega L}\angle -\frac{\pi}{2} = I\angle -\frac{\pi}{2}$$

Faza i cərəyanı v gərginliyə nisbətən (və ya 90°) gecikdirir.

İnduksiyanın DC dövrəsinin xarakteristikaları aşağıdakı kimi qısa şəkildə ifadə oluna bilər.

- Gərginlik və cərəyan şiddəti $\frac{\pi}{2}$ eyni tezliyə malik sinusoidlərdir.
- Cərəyan şiddəti gərginlikdən $\frac{\pi}{2}$ [rad] geridə qalır.
- Gərginliyin və cərəyan şiddətinin maksimal qiyməti və ya optimal qiymətinin nisbəti induktiv müqavimət X_L adlanır.

4. DC tutumu və tutumun reaktiv müqaviməti



(a) Tutum dövrəsi (b) Gərginlik və cərəyan fazası (c) Vektor diaqramı

Şəkil 4: Tutum dövrəsi

Şəkil 4 (a)-da göstərildiyi kimi, $v = V_m sin\omega t$ DC gərginliyi yalnız bir L[H] tutumuna malik dövrəyə tətbiq olunduqda, kondensatorda toplanan q[Q] yük aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$q = Cv = CV_m cos\omega t[C]$$

Cərəyan şiddəti vahid zamanda hərəkət edən yükün miqdarıdır, yəni, yükün zaman ərzində dəyişmə sürətidir və C-yə axan cərəyan i [A] aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$i = \frac{dq}{dt} = C\frac{dv}{dt} = \omega CV_m sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Bu zaman I cərəyan şiddətinin optimal qiyməti aşağıdakı düsturla hesablana bilər.

$$I = \omega CV = \frac{V}{\frac{1}{\omega C}}$$

$\frac{1}{\omega C}$ cərəyan axınını kəsən DC müqavimət komponentidir, tutum müqaviməti [Ω] adlanır və aşağıdakı düsturla ifadə olunur.

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad [\Omega]$$

X_C qiyməti tezliklə eyni nisbətdə azaldığı üçün, cərəyan f [Hz] tezliklə eyni nisbətdə çoxalır.

[Şəkil 4] (c) vektor diaqramıdır və aşağıdakı işarələmələr qəbul olunub

$$\dot{V} = V\angle 0^\circ \,, \dot{I} = \omega CV\angle\frac{\pi}{2} = I\angle\frac{\pi}{2}$$

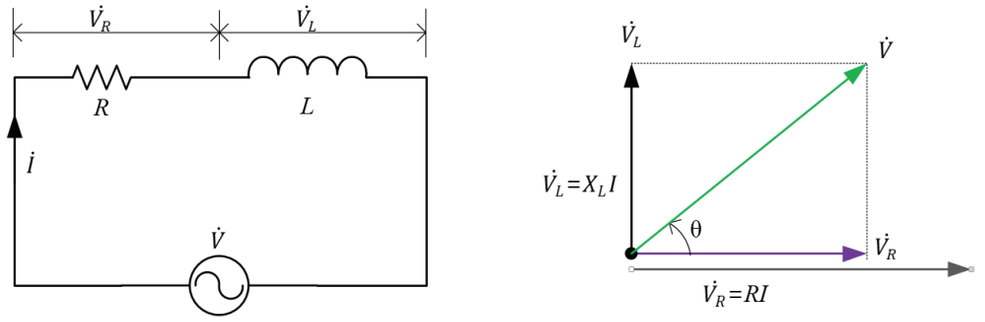
Fazada cərəyan i v gərginlikdən $\frac{\pi}{2}$ (və ya 90°) öndə olur.

DC dövrəsinin tutumunun xarakteristikaları qısa şəkildə aşağıdakı kimi ifadə oluna bilər.

- Gərginlik və cərəyan şiddəti eyni tezliyə malik sinusoidlərdir.
- Cərəyan şiddəti gərginlikdən $\frac{\pi}{2}$ [rad] öndədir.
- Gərginlik və cərəyan şiddətinin maksimal qiymətinin və ya optimal qiymətinin nisbəti tutumun reaktiv müqaviməti X_C adlanır.

5. RL və RC dövrəsi

1) R-L ardıcıl dövrə



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

Şəkil 5: R-L ardıcıl dövrə

- Rezistor boyu $V_R = RI$ və $\dot{V}_R$ gərginliyi cərəyan şiddəti ilə eyni fazadadır.
- $V_L = X_L I = \omega LI$ və çarxın başlıqları boyu $\dot{V}_L$ gərginliyi $\dot{I}$ cərəyanından $\frac{\pi}{2}$ [rad] fazası qədər öndədir.

$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_L [V]$$

[Şəkil 5] (b) $\dot{I}$ cərəyanına əsaslanan vektor diaqramını göstərir və vektor diaqramındakı gərginliyinin səviyyəsi aşağıdakı bərabərliklə göstərilir.

$$V = \sqrt{\dot{V}_R + \dot{V}_L} = \sqrt{(RI)^2 + (X_L I)^2} = \sqrt{R^2 + {X_L}^2} \cdot I = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot I [V]$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}} [A] (only X_L = \omega L = 2\pi f L)$$

V_R və V_L aşağıdakı bərabərliklərdən hesablana bilər:

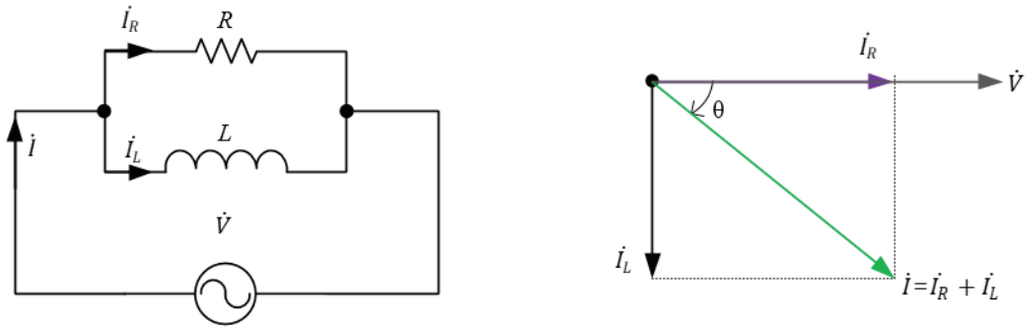
$$V_R = V \times \frac{R}{Z} = RI$$

$$V_L = V \times \frac{X_L}{Z} = X_L I$$

R-L ardıcıl müqaviməti

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \ [\Omega]$$

2) R-L paralel müqaviməti



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

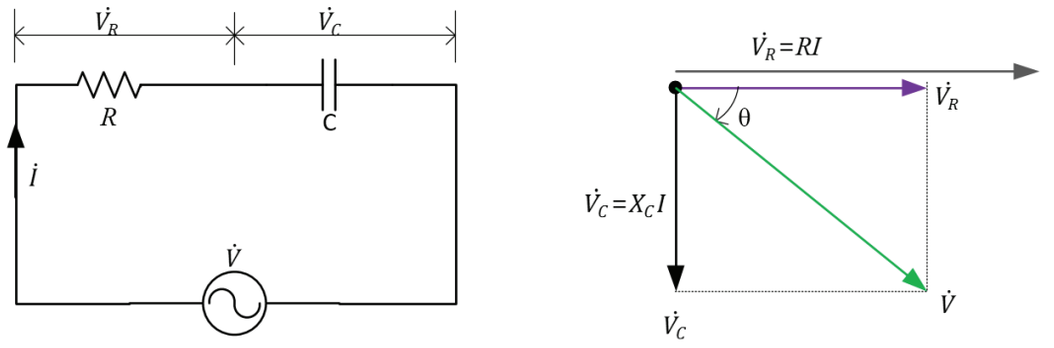
Şəkil 6: R-L ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

$\dot{I}_R$ cərəyan şiddəti $\dot{V}$ gərginliyi ilə eyni fazadadır $\dot{V}$ və $\dot{I}_L$ gərginliyinin fazasından 90° geri qalır, buna görə də ümumi cərəyan şiddəti $\dot{V}$ gərginliyindən θ qədər geri qalır.

$$I=\sqrt{I^2+{I_L}^2}=\sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2+\left(\frac{V}{X_L}\right)^2}=V\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{X_L}\right)^2}=\frac{V}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{X_L}\right)^2}}=\frac{V}{Z}[A]$$

$$Z=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{\omega_L}\right)^2}}=\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{2\pi fL}\right)^2}}[\Omega]$$

3) R-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

Şəkil 7: R-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

- $V_R = RI$ və gərginliyi cərəyan şiddəti ilə eyni fazadadır.
- $V_C = X_C I = \frac{I}{\omega C} = \frac{1}{\omega C} \cdot I$ və çarxın başlıqları boyu $\dot{I}$ cərəyanı $\dot{V}_C$ gərginliyindən $\frac{\pi}{2}$ [rad] fazası qədər öndədir.

$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_C [V]$$

[Şəkil 7] (b) $\dot{I}$ cərəyanına əsaslanan vektor diaqramını göstərir və vektor diaqramındakı $\dot{V}$ gərginliyinin səviyyəsi aşağıdakı bərabərliklə göstərilir.

$$V = \sqrt{\dot{V}_R + \dot{V}_C} = \sqrt{(RI)^2 + (X_C I)^2} = \sqrt{R^2 + {X_C}^2} \cdot I = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot I [V]$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi f C}\right)^2}} [A] \left(only X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}\right)$$

V_R və V_C aşağıdakı bərabərlikdən əldə edilə bilər.

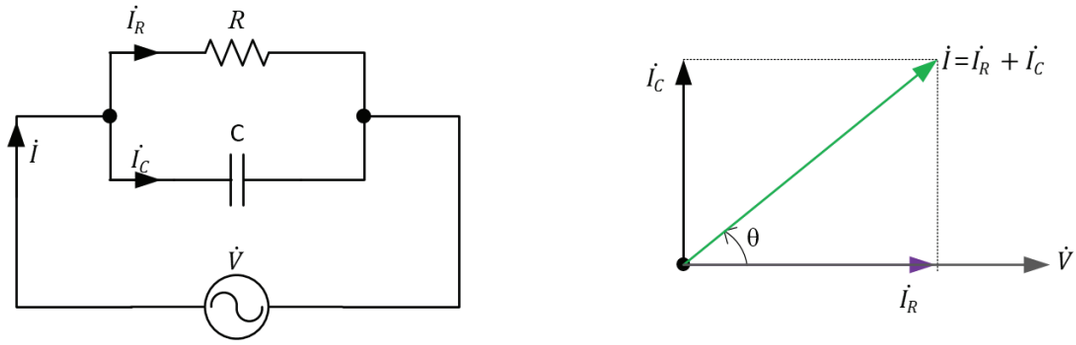
$$V_R = V \times \frac{R}{Z} = RI$$

$$V_C = V \times \frac{X_C}{Z} = X_C I$$

R-C ardıcıl müqavimət

$Z = \sqrt{R^2 +}$ [Ω]

4) R-C paralel müqavimət



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

Şəkil 8: R-L paralel birləşdirilmiş dövrə

$$I = \sqrt{I^2 + {I_C}^2} = \sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2 + (\omega C V)^2} = V\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2} = \frac{V}{\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2}}} = \frac{V}{Z} [A]$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (\omega C)^2}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + (2\pi f C)^2}} [\Omega]$$

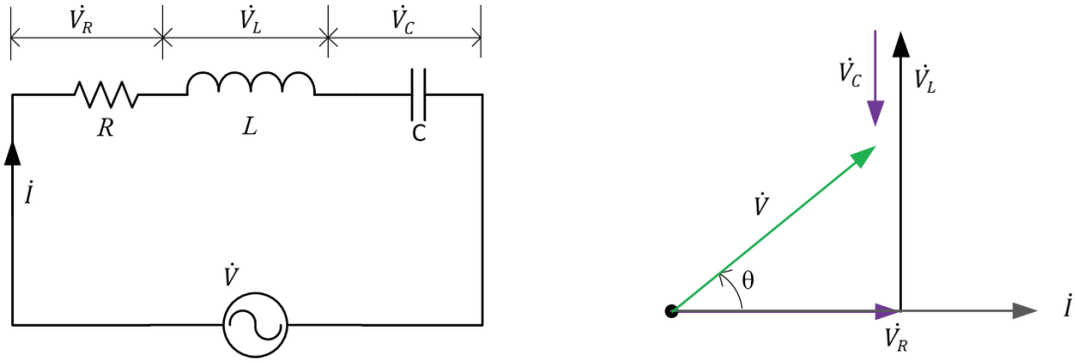
6. R-L-C dövrəsi

1) R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

[Şəkil 9] (a)-da göstərilən R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrədə:

$$\dot{V} = \dot{V}_R + \dot{V}_L + \dot{V}_C [V]$$

gərginliklərinin səviyyəsi və cərəyan şiddəti ilə faza əlaqəsi aşağıdakı kimidir.



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

Şəkil 9: R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

R boyu gərginlik $V_R = RI$ bərabərdir və $\dot{V}_R$ gərginliyi $\dot{I}$ cərəyan şiddəti ilə eyni fazadadır.

L boyu gərginlik $V_L = X_L I = \omega LI$ bərabərdir və $\dot{V}_L$ gərginliyi $\dot{I}$ cərəyanından $\frac{\pi}{2}$ [rad] öndədir.

C boyu gərginlik $V_C = X_C I = \frac{I}{\omega C}$ bərabərdir və $\dot{V}_C$ gərginliyi $\dot{I}$ cərəyanından $\frac{\pi}{2}$ [rad] geri qalır.

Buna görə də, $\dot{I}$ [A] cərəyanına əsaslanan vektor diaqramı $X_L > X_C$ üçün Şək.(b)-də göstərilən kimidir.

V [V] gərginliyinin səviyyəsi aşağıdakı bərabərliklə verilib.

$$V = \sqrt{V_R{}^2 + (V_L - V_C)^2} = \sqrt{(RI)^2 +}$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 +}}$$

Müqavimət $Z = \sqrt{R^2 +}$

- Müqavimətin reaktiv komponenti

Ardıcıl birləşdirilmiş dövrədə müqavimətin reaktiv komponenti induksiyanın reaktiv müqaviməti X_L ilə tutum reaktiv müqaviməti X_C arasındakı fərqdir.

- $X_L > X_C$ halında:
  Əgər $X_L > X_C$ olarsa, reaktiv komponent güclü induktiv reaktiv müqavimətə bərabər olacaq və induktiv müqavimət və ya dövrə induksiya olunur.
- Əgər $X_L < X_C$ olarsa, reaktiv komponent güclü tutum reaktiv müqavimətinə malik olaraq və tutum müqaviməti və ya dövrə tutumlu olacaq.

X_L və X_C R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin ölçüsündən asılı olaraq, dövrəyə tətbiq olunan gərginlik dövrədən axan cərəyandan öndə olur və ya geri qalır.

- R-L-C ardıcıl rezonans dövrəsi

Müəyyən f_0 tezliyində induktiv reaksiya X_L və tutum reaksiyası X_C eyni səviyyədə olur. Yəni, $X_L = X_C$ olur və dövrənin cəmi reaktiv müqaviməti $(X_L - X_C)=0$ bərabər olur, beləliklə, Z müqaviməti yalnız rezistordan ibarət olur və müqavimətin qiyməti minimuma enir.

RLC ardıcıl birləşdirilmiş dövrədə bu hal ardıcıl rezonans adlanır və bu vaxtda müşahidə olunan tezlik rezonans tezliyi f_0, ardıcıl rezonansın meydana gəldiyi dövrə isə ardıcıl rezonans dövrəsi adlanır.

Əgər $X_L = X_C$:

$$Z = \sqrt{R^2 +}$$

$$I_O = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}[A]$$

- Rezonant tezlik

Rezonansın müqaviməti $\omega_o L = \frac{1}{\omega_o C}$ olduğuna görə rezonans tezliyi f_0 aşağıdakı düsturla verilir.

$$\omega_o L = \frac{1}{\omega_o C}, {\omega_o}^2 = \frac{1}{LC}, (2\pi f_o)^2 = \frac{1}{LC}$$

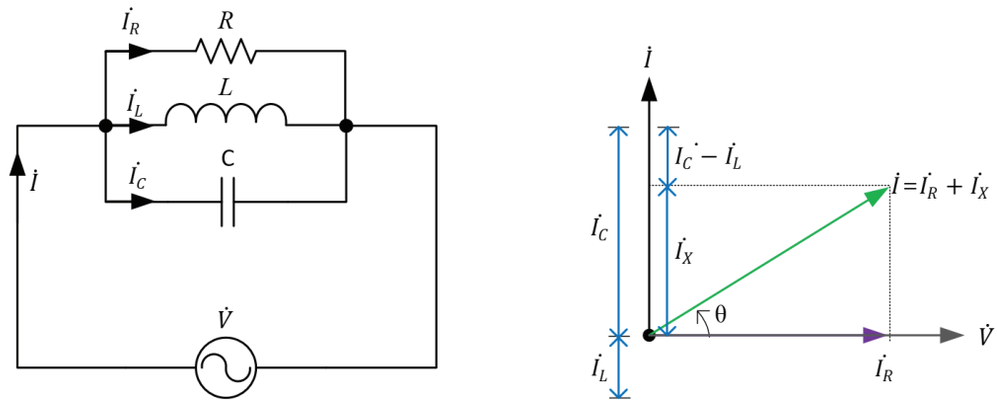
$$\therefore f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}[Hz]$$

- Dövrənin selektivliyi (Q)

$$Q = \frac{\omega_o L}{R} = \frac{1}{\omega_o CR}$$

Q dövrənin seleksiya qiymətidir və hər iki L və C ucunda V_L və V_C gərginlikləri və tətbiq olunan V [V] gərginliyi meydana gəlir.

2) R-L-C paralel birləşdirilmiş dövrə



(a) Sadə dövrə (b) Vektor diaqramı

Şəkil 10: R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

Şəkil 10 (a)-da təsvir olunmuş R-L-C dövrəsinin gərginliyi və cərəyan şiddəti arasındakı əlavə (b) bəndində vektor diaqramı şəklində göstərilib.

Vektor diaqramında V[V] gərginliyi və I[A] cərəyanı, Z[Ω] müqaviməti və faza bucağı θ [rad] arasındakı əlaqə aşağıdakı kimidir.

$$I = \sqrt{{I_R}^2 + {I_X}^2} = \sqrt{{I_R}^2 + (I|\quad|c - I_L)^2} = \sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2 + \left(\omega CV - \frac{V}{\omega L}\right)^2}$$

$$V\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} = \frac{V}{\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}} = \frac{V}{Z}[A]$$

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}}[\Omega]$$

Ardıcıl birləşdirilmiş dövrədə müqavimətin reaktiv komponenti induksiyanın reaktiv müqaviməti X_L ilə tutum reaktiv müqaviməti X_C arasındakıı fərq şəklində ifadə olunur.

- $X_L > X_C$ halında
  Əgər $X_L > X_C$ olarsa, reaktiv komponent güclü induktiv reaktiv müqavimətə malik olacaq və induktiv müqavimət və ya dövrə induksiya olunacaq. R-L paralel birləşdirilmiş ekvivalent dövrə. I cərəyan şiddəti V gərginliyindən faza geridə qalır.
- $X_L < X_C$ halında
  Əgər $X_L < X_C$ olarsa, reaktiv komponent güclü tutum reaktiv müqavimətə malik olacaq və tutum müqaviməti və ya dövrə tutumlu olacaq. I cərəyan şiddəti V gərginliyindən faza öndədir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Voltmetr yükə paralel, ampemetr yükə ardıcıl birləşdirilir.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Müqavimət elektrik sərfiyyatını (vatt) hesablamaqla və müvafiq tutumdan istifadə etməklə hesablanır.
4. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
5. Osilloqrafın hər bir nəzarət terminalı SÖNÜLÜ olmalıdır.
6. Avadanlığın torpaqlandığından əmin olun.
7. Ölçülmüş terminal ölçmə terminalına qoşulu olduğu zaman, çevirmə çarxının vəziyyətini dəyişməyin.
8. DC gərginliyini ölçərkən, rejim çeviricisinin DC gərginliyini ölçmə vəziyyətinə nizamlandığından əmin olun.
9. DC gərginliyini ölçərkən, DC elektrik mənbəyi ilə işləyərkən ehtiyatlı olun.
10. Ölçmə aparmaq üçün bir miqdarı dəyişərkən yavaş və ehtiyatlı şəkildə digər göstəriciləri də dəyişməliyik.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

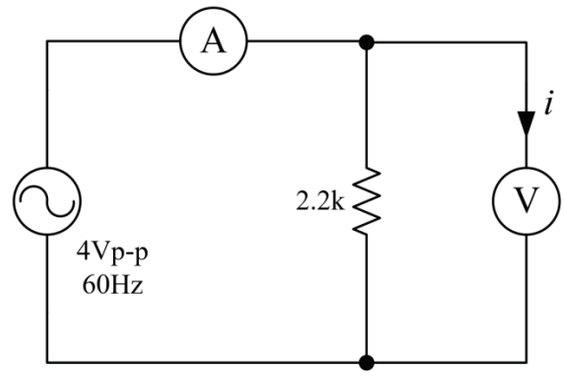
2. R, L, C dövrələrinin təcrübi ölçülməsi

1) Müqavimət dövrəsi

(1) Şəkil 11-də göstərilən müqavimət DC dövrəsini qoşun. Bu zaman müqavimət 2.2[kΩ] olur və DC elektrik mənbəyi sinus dalğası, 4[$V_{P\text{-}P}$] DC gərginliyi və 60 [Hz]-a qədər tezlik meydana gətirmək üçün funksiya generatorundan istifadə edir.

(2) Cədvəl 1-də müqavimət qiymətini dəyişin və hər alətin göstəricisini oxuyub Cədvəl 1-ə daxil edin.

(3) Ölçmə nəticələrindən I, V_R hesablayın və Cədvəl 2-də qeyd edin.



Şəkil 11: Müqavimətin təcrübə dövrəsi

2) Çarxın induktivliyinin ölçülməsi

(1) İnduktivlik çarxının DC dövrəsini Şəkil 12-də göstərilən şəkildə birləşdirin. Bu zaman induktivlik 30 [mH] olur və DC elektrik mənbəyi sinus dalğasını, 4[$V_{P\text{-}P}$] DC gərginliyini və tezliyi 60 [Hz]-a qədər nizamlamaq üçün funksiya generatorundan istifadə edir.

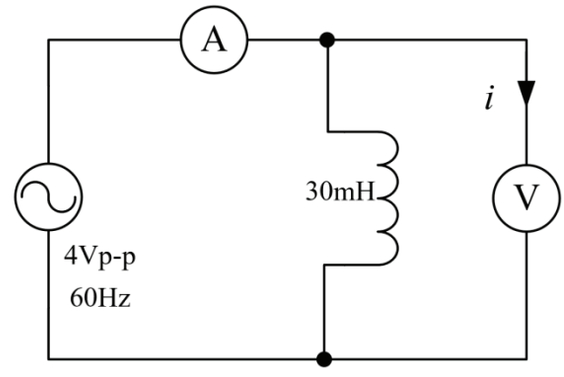
(2) Çarxdan keçən V_L gərginliyi və çarxdan axan I cərəyanı tezliyin 60 [Hz] aralıqlarla 60 [Hz]-dan 300 [Hz]-a qədər dəyişməsi ilə ölçülür və Cədvəl 2-də qeyd olunur.

(3) Ölçmə nəticələri əsasında I, X_L hesablanır və Cədvəl 2-də qeyd olunur.

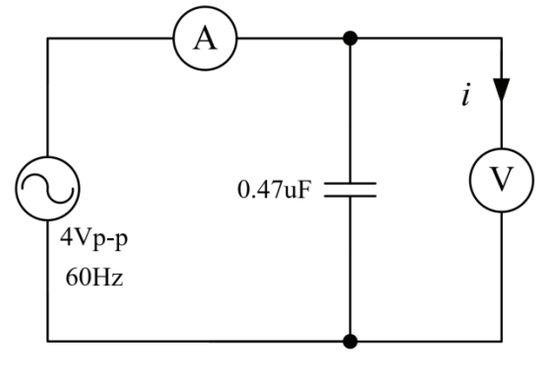
(4) İnduktivlik çarxının DC dövrəsini [Şəkil 12]-də təsvir olunmuş şəkildə birləşdirin. Bu zaman tutum 0.47[μF] olur və DC elektrik mənbəyi 4[$V_{P\text{-}P}$] DC gərginliyini və tezliyi 60 [Hz]-a qədər nizamlamaq üçün funksiya generatorundan istifadə edir.

(5) Çarxdan keçən V_C gərginliyi və çarxdan axan I cərəyanı tezliyin 60 [Hz] aralıqlarla 60 [Hz]-dan 300 [Hz]-a qədər dəyişməsi ilə ölçülür və Cədvəl 3-də qeyd olunur.

(6) Ölçmə nəticələri əsasında I, X_C hesablanır və Cədvəl 3-də qeyd olunur.



Şəkil 12: İnduktivliyin təcrübə dövrəsi



Şəkil 13: Tutumun təcrübə dövrəsi

2. R-L dövrəsinin ölçülməsi

1) R-L ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

(1) Ardıcıl birləşdirilmiş dövrəni Şəkil 14-də göstərilən şəkildə birləşdirin. Bu zaman R= 2[kΩ] müqavimət və L=30[mH] çarx induktivliyi istifadə olunur.

(2) Voltmetrlə hər elementin giriş gərginliyini və V_R və V_L terminal gərginliyini ölçün, I cərəyanı ampermetrlə ölçün və Cədvəl 4-də qeyd edin. Bu zaman tətbiq olunan optimal gərginlik səviyyəsini 5 [V], tezliyi f= 1 [kHz] şəklində nizamlamaq üçün funksiya generatorunu və ossiloqrafı birləşdirin.

(3) Cədvəl 4-də verilmiş parametrləri hesablayın və istifadə olunan cihazları müəyyən edin və Cədvəl 4-də qeyd edin.

(4) R = 4[kΩ] və 2) – 3) təcrübə proseslərini təkrarlayın.

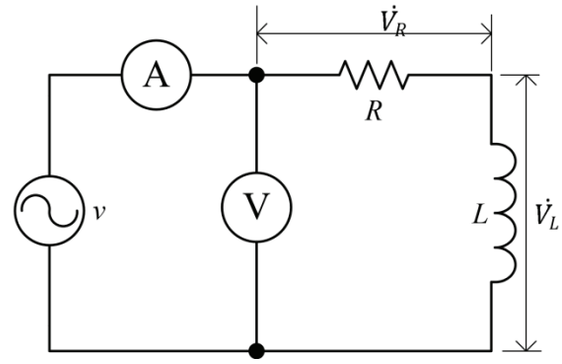
2) R-L paralel birləşdirilmiş dövrə

(5) Ardıcıl birləşdirilmiş dövrəni Şəkil 15-də göstərilən şəkildə birləşdirin. Bu zaman R= 2[kΩ] müqavimət və L=30[mH] çarx induktivliyi istifadə olunur və tətbiq olunan optimal gərginlik səviyyəsini 5 [V], tezliyi f= 1 [kHz] şəklində nizamlamaq üçün funksiya generatorunu və ossiloqrafı birləşdirin.

(6) Hər cihazdan axan I, I_R və I_L cərəyanları ampermetrlə ölçün və Cədvəl 5-də qeyd edin.

(7) I, Z, və θ Cədvəl 5-dəki ölçmə nəticələri əsasında hesablanır və Cədvəl 5-də qeyd olunur.

(8) Giriş voltajını $v = 10\sqrt{2}sin\omega t$ [V] ilə əvəz edin (optimal gərginlik səviyyəsi 10[V]-dir) və 2) ~ 3) prosedurlarını təkrarlayaraq, Cədvəl 5-də qeydə alın.



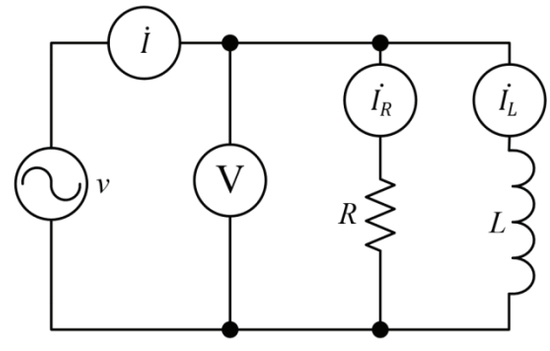
Şəkil 14: R-L ardıcıl birləşdirilmiş təcrübə dövrəsi

3. R-C ölçülməsi

1) R-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

(1) Ardıcıl birləşdirilmiş dövrəni [Şəkil 15]-də göstərilən şəkildə birləşdirin. Bu zaman R= 2[kΩ] müqavimət və C = 0.47 [μF] tutumu istifadə olunur.

(2) Voltmetrlə hər cihazın V elektrik gərginliyini və V_R və V_C terminal gərginliklərini ölçün. I cərəyanı ampermetrlə ölçün və müvafiq şəkildə Cədvəl 5-də qeyd edin. Funksiya generatorunu ossiloqrafa qoşun və gərginliyi (optimal gərginlik səviyyəsi 5[V]dur) və tezliyi=1 [kHz] nizamlayın.



Şəkil 15: R-L paralel birləşdirilmiş təcrübə dövrəsi

(3) 2)-dəki təcrübə prosedurlarını təkrarlayın və kondensatorun C tutumunu 4.7 [μF] və 10 [μF] göstəricisinə dəyişin.

(4) Verilən parametrləri (V, I, Z, θ, X_C) Cədvəl 6-dakı ölçmə nəticələrinə əsasən hesablayın və Cədvəl 6-da qeyd edin.

2) R-C paralel birləşdirilmiş dövrə

(1) R-C paralel birləşdirilmiş dövrəni Şəkil 15-də göstərilən şəkildə birləşdirin. Bu zaman R= 2[kΩ] müqavimət və C = 0.47 [μF] tutumu istifadə olunur.

(2) Ampermetrlə I, I_R, I_C cərəyan şiddətlərini ölçün və müvafiq şəkildə Cədvəl 6-da qeyd edin. Bu zaman funksiya generatorunu ossiloqrafa qoşun və gərginliyi $v = 5\sqrt{2}sin\omega t$ (optimal gərginlik səviyyəsi 5[V]dur) və tezliyi=1 [kHz] nizamlayın.

(3) Giriş voltajını $v = 10\sqrt{2}sin\omega t$ [V] ilə əvəz edin (optimal gərginlik səviyyəsi 10[V]-dir) və 2) ~ 3) prosedurlarını təkrarlayaraq, Cədvəl 6-da qeyd edin.

(5) (4) Verilən parametrləri (I, I_R, I_C Z, θ) Cədvəl 7-dəki ölçmə nəticələrinə əsasən hesablayın və Cədvəl 7-də qeyd edin.

4. R-L-C dövrəsinin təcrübi ölçülməsi

1) R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrə

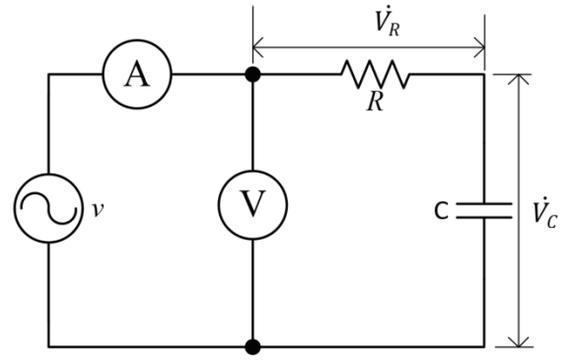
(6) R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrəni Şəkil 18-də təsvir olunmuş şəkildə birləşdirin. Bu zaman çarxın müqaviməti R=100 [kΩ], induktivliyi L=30[mH] və tutumu C = 0.1[μF] olur.

(7) Funksiya generatorunu ossiloqrafa birləşdirin və gərginlik səviyyəsini V= 5 [V] optimal gərginlik səviyyəsinə və tezliyi f=1 [kHz] şəklində nizamlayın.

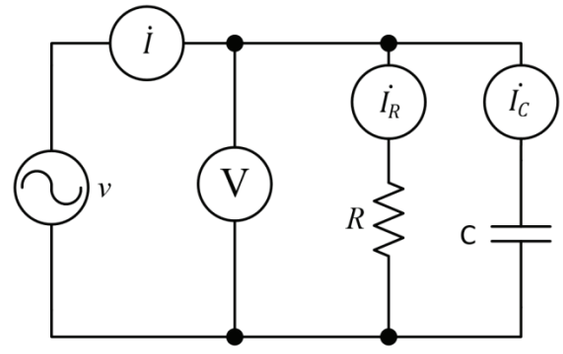
(8) Voltmetrlə V_R, V_L, V_C gərginliklərini və ampermetrlə I cərəyan şiddətini ölçün və Cədvəl 8-də qeyd edin.

(9) V = 2[V] optimal gərginlik səviyyəsini təmin edərək, V giriş gərginliyi və V_R, V_L, V_C terminal gərginlikləri və dövrədən axan I cərəyanın şiddəti Cədvəl 8-də təsvir olunan şəkildə elektrik mənbəyinin tezliyinin f = 3[kHz] və 5 [kHz] arasında dəyişməsi ilə ölçülüb.

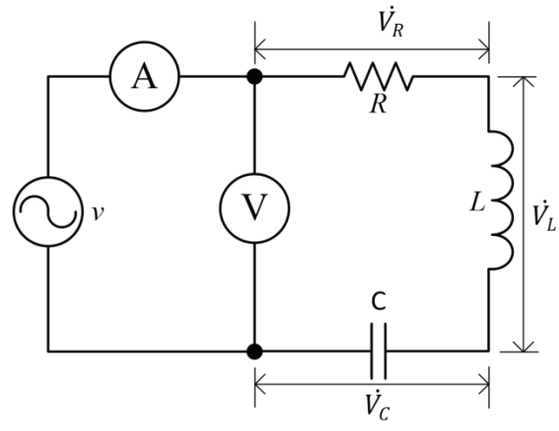
(10) V =4 [V] optimal gərginlik səviyyəsini Cədvəl 8-də təsvir olunan şəkildə dəyişin və tezliyi dəyişərək yuxarıdakı 3) – 5) təcrübə prosedurlarını təkrar edin.



Şəkil 16: Eksperimental R-C birləşdirilmiş dövrə



Şəkil 17: Eksperimental R-C paralel birləşdirilmiş dövrə



Şəkil 18: Eksperimental R-L-C birləşdirilmiş dövrə

2) R-L-C rezonans dövrəsi

(1) R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrəni (Şəkil 18)-də təsvir olunmuş şəkildə birləşdirin. Bu zaman çarxın müqaviməti R=100 [kΩ], induktivliyi L=30[mH] və tutumu C = 0.1[μF] olur.

(2) Rezonans tezliyi $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ hesablanır və Cədvəl 9-da qeyd olunur.

(3) Funksiya generatorunun tezliyi 2) təcrübə prosedurunda hesablanmış rezonans tezliyinə nizamlanır və tətbiq olunan optimal səviyyəsi V = 2 [V] qiymətinə bərabərləşdirilir.

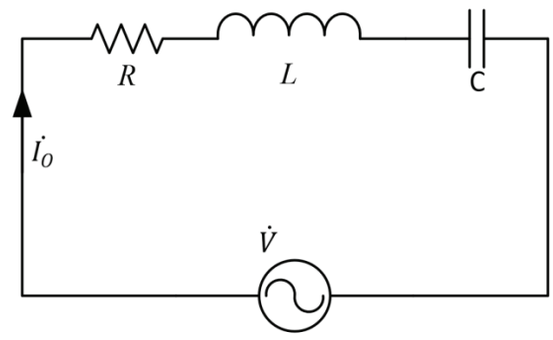
(4) Funksiya generatorunun tezliyi elə uyğunlaşdırılır ki, çarxın hər iki ucundakı gərginlik V_L maksimallaşdırılsın. Bu zaman tezlik rezonans tezliyi olur və ölçülən f_O rezonans tezliyi, V_L və V_C gərginliklər və I_O rezonans cərəyan şiddəti ölçülür və qeyd olunur. Gərginliyin siqnalı Şəkil 1-də təsvir olunur.

(5) Cədvəl 9-da V_L, V_C, və I_O qiymətləri hesablanır və rezonans tezliyinin hesablanmış qiyməti ilə ölçülmüş qiyməti arasındakı xəta hesablanır və qeyd olunur.

(6) 4) ~ 5) prosedurları giriş tezliyini Cədvəl 9-da göstərilən şəkildə $f = 2f_O$', $f = 3f_O$' dəyişməklə və V = 2 [V] optimal gərginlik səviyyəsini təmin etməklə təkrarlanır.

(7) V = 2 [V] optimal gərginlik səviyyəsini təmin etməklə, müqaviməti 200 [Ω]-a dəyişin və 4) – 6) təcrübə üsullarını təkrarlayın.

(8) Cədvəl 9-dakı ölçmə nəticələrinə əsaslanaraq, eksperimental dövrələr üçün amplituda-tezlik xarakteristikaları Şəkil 20-də təsvir olunub.



Şəkil 19: Eksperimental R-L-C rezonans dövrəsii

5. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. DC dövrəsinin maksimal qiyməti, optimal qiyməti və orta qiyməti arasındakı əlaqəni izah etdimi? 2. Yalnız R, L və C dövrələrində gərginlik və cərəyan şiddəti arasındakı faza münasibətini təcrübədən keçirdimi? 3. İnduktiv reaktiv müqaviməti və tutumun reaktiv müqavimətini ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	R,L,C dövrələrinin təcrübi ölçülməsi		Tarix	
Şöbə		Ad		

1.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Müqavimətin eksperimental müqaviməti

Rezistor	Ölçmə		Hesablama	
	V_R[V]	I[mA]	$I = \frac{V_R}{R}$ [mA]	$V_R = IR$ [V]
2.2[kΩ]				
5.6[kΩ]				
6.8[kΩ]				
8[kΩ]				
10[kΩ]				

Cədvəl 2: İnduktivliyin eksperimental müqaviməti

Tezlik	Ölçmə		Hesablama		
[Hz]	V_R[V]	I[mA]	I[mA]	[Ω]	[Ω]
60				$X_L = \frac{V_L}{I}$	$X_L = 2\pi fL$
120					
180					
240					
300					

Cədvəl 3: Tutumun eksperimental dövrəsi

Tezlik	Ölçmə		Hesablama		
[Hz]	V_C[V]	I[mA]	I[mA]	$X_C = \frac{V_C}{I}$[Ω]	$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$[Ω]
60					
120					
180					
240					
300					

1.2. Baxış və izah

1) DC gərginliyinin cari qiyməti $v = \sqrt{2} \cdot 10sin2\pi \times 60t$[V] olduqda optimal qiymət, maksimal qiymət, tezlik və dövr nəyə bərabərdir?
2) Dəyişən cərəyanın cari cərəyan şiddəti $141sin(100\pi|\ \ |t - 60°)$ [A] olduqda, optima qiymət, tezlik və faza nəyə bərabərdir?
3) Gərginliyin v [V] cari qiymətini 5 [V] optimal qiyməti ilə, 60 [Hz] tezliyi ilə və 30° fazası ilə ifadə edin.
4) *R* rezistorun DC dövrəsinin xarakteristikalarını izah edin.
5) *L* induktivliyin DC dövrəsinin xarakteristikalarını izah edin.
6) İnduktivlik çarxı dövrəsində tezlik nə qədər aşağıdırsa, cərəyan bir o qədər sürətli axır. Niyə?
7) 100 [mH] induktivliyə 100 [V] gərginlik (60 [Hz] tezlik) tətbiq edildikdə cərəyan nəyə bərabər olur?
8) Tezlik artdıqda tutumun reaktiv müqaviməti nəyə bərabər olur?
9) 100 [μF] tutuma 100 [V] gərginlik (50 [Hz] tezlik) tətbiq edildikdə cərəyan nəyə bərabər olur?
10) I = 2 [A] cərəyan V = 100 [V] gərginlik tətbiq edilməklə kondensatora axdıqda tutumun reaktiv müqaviməti nəyə bərabər olur?

2.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 4: R-L ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin eksperimental nəticələri

R	Ölçmə				Hesablama										
[kΩ]	V	V_R	V_L	I	V	V_R	V_L	I	X_L	Z	θ	R	L	Z'	θ’
2															
4															

Hesablamalar və proseslər

$$V = \sqrt{{V_R}^2 + {V_L}^2}\ , V_R = V \times \frac{R}{Z} = RI, V_L = V \times \frac{X_L}{Z} = X_L I, I = \frac{V}{Z}, X_L = \frac{V_L}{I}, Z = \frac{V}{I}$$

$$\theta = tan^{-1}\frac{V_L}{V_R}, R = \frac{V_R}{I}, L = \frac{X_L}{2\pi f}, Z' = \sqrt{R^2 + {X_L}^2}, \theta' = tan^{-1}\frac{X_L}{R}$$

Cədvəl 5: R-L paralel birləşdirilmiş dövrənin eksperimental nəticələri

V	Ölçmə			Hesablama				
[V]	I_R	I_L	I	I	R	X_L	Z	θ
5								
10								

Hesablamalar və proseslər

$$I = \sqrt{I^2 + {I_L}^2}\ , R = \frac{V}{I_R}, X_L = \frac{V}{I_L}, \theta = tan^{-1}\frac{I_L}{I_R}$$

2.2. Baxış və izah

1) Cədvəl 4-də R-L ardıcıl birləşdirilmiş dövrədən ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri müqayisə edin.
2) 3[Ω] müqavimətin və 4[Ω] induktiv müqavimətin ardıcıl birləşdirildiyi dövrədə müqavimət nəyə bərabərdir?
3) Ardıcıl birləşdirilmiş dövrəyə 100 [V] DC gərginliyi və 50 [Hz] tətbiq olunur. R=10[kΩ] və L=30[mH] olarsa, cərəyan şiddətinin i cari qiymətini və müvafiq olaraq, R və L elementlərinin V_R **və** V_L terminal gərginliyini hesablayın.
4) Cədvəl 5-də R-L paralel birləşdirilmiş dövrədən dövrədən ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri müqayisə edin.
5) 3[Ω] müqavimətin və 4[Ω] induktiv müqavimətin paralel birləşdirildiyi dövrədə müqavimət nəyə bərabərdir?

3.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 6: R-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin eksperimental nəticələri

R	C	Ölçmə				Hesablama										
[kΩ]	[μF]	V	V_R	V_C	I	V	V_R	V_C	I	X_C	Z	θ	R	C	Z'	θ’
2	0.47															
	4.7															
	10															

Hesablamalar və proseslər

$$V = \sqrt{{V_R}^2 + {V_C}^2}\ , V_R = RI, V_C = X_C I, I = \frac{V}{Z}, X_C = \frac{V_C}{I}, Z = \frac{V}{I}$$

$$\theta = tan^{-1}\frac{V_C}{V_R}, R = \frac{V_R}{I}, C = \frac{1}{2\pi f X_C}, Z' = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}, \theta' = tan^{-1}\frac{X_C}{R}$$

Cədvəl 7: R-C paralel birləşdirilmiş dövrənin eksperimental nəticələri

V	f	**Ölçmə**			Hesablama					
[V]	[Hz]	I_R	I_C	I	I	I_R	I_C	X_C	Z	θ
5										
10										

Hesablamalar və proseslər

$$I = \sqrt{{I_R}^2 + {I_C}^2}\ , I_R = \frac{V}{R}, I_C = \frac{V}{X_C}, \theta = tan^{-1}\frac{I_C}{I_R}, Z = \frac{V}{I}, X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

3.2. Baxış və izah

1) Cədvəl 6-da R-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrədən ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri müqayisə edin.
2) 6[Ω] müqavimətin və 8[Ω] tutumun reaktiv müqavimətinin ardıcıl birləşdirildiyi dövrədə müqavimət nəyə bərabərdir?
3) 10 [Ω] müqavimətə və 10 [Ω] tutumun reaktiv müqavimətinə malik ardıcıl birləşdirilmiş dövrəyə sinus dalğalı 100 [V] gərginlik tətbiq edərkən, müqaviməti, cərəyan şiddətinin səviyyəsini və dövrənin faza fərqini müəyyən edin.
4) Cədvəl 7-də R-C paralel birləşdirilmiş dövrədən dövrədən ölçülmüş və hesablanmış qiymətləri müqayisə edin.
5) 6[Ω] müqavimətin və 8[Ω] induktiv müqavimətin paralel birləşdirildiyi dövrədə müqavimət nəyə bərabərdir?

4.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

(Cədvəl 8) R-L-C ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin eksperimental nəticələri

V	f	**Ölçmə**					Hesablama							
[V]	[kHz]	V	V_R	V_L	V_C	I	V_R	V_L	V_C	R	X_L	X_C	Z	θ
2	1													
	3													
	5													
4	1													
	3													
	5													

Hesablamalar

$$R = \frac{V_R}{I}, X_L = \frac{V_L}{I}, X_C = \frac{V_C}{I}, Z = \sqrt{R^2 + X^2}, \theta = tan^{-1}\frac{V_L - V_C}{V_R}$$

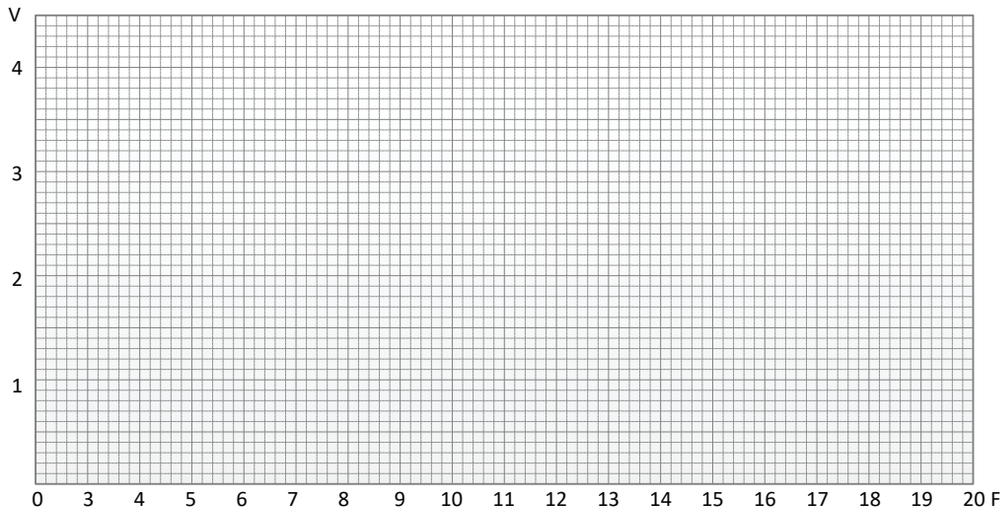
$$V_R = RI, V_L = 2\pi fLI, V_C = \frac{1}{2\pi fC}I$$

Cədvəl 9: R-C ardıcıl birləşdirilmiş rezonant dövrənin rezonans xarakteristikalarının eksperimental nəticələri

V [V]	R [Ω]	f [kHz]	**Ölçmə**				Hesablama				f_O rezonans tezliyinin xəta payı [%]
			f_O	V_L	V_C	I_O	f_O'	V_L	V_C	I_O	
2	100	$f=f_O$'									
		$f=2f_O$'									
		$f=3f_O$'									
	200	$f=f_O$'									
		$f=2f_O$'									
		$f=3f_O$'									

Hesablamalar

$$f_0{}' = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, I_O = \frac{V}{Z} = \frac{V}{R}$$



Şəkil 20: Cədvəl 9-dakı ölçülmüş qiymətləri qrafikdə çəkin

4.2. Baxış və izah

1) R-L-C ardıcıl birəşdirilmiş rezonans dövrəsində rezonans cərəyanının nə üçün maksimal qiymət aldığını izah edin.
2) R=10[Ω] L=10[mH], C=1[μF] göstəricilərinə malik ardıcıl birləşdirilmiş dövrəyə V= 20[V] optimal gərginlik tətbiq olunduqda, hər terminalın V_R, V_L, V_C **gərginliklərini hesablayın.**
3) Cədvəl 9-da ölçülmüş və hesablanmış qiymətlər arasındakı fərqi tapın və bu fərqlərin meydana gəlmə səbəbini izah edin.
4) R=12[Ω], X_L=36[Ω], X_C = 20[Ω] göstəricilərinə malik ardıcıl birləşdirilmiş dövrəyə =200[V] gərginlik tətbiq edildikdə, aşağıdakı qiymətləri hesablayın.
    1 Z müqaviməti nəyə bərabərdir?
    2 $\dot{I}$ cərəyanı nəyə bərabərdir?
    3 $\dot{V}_R$, $\dot{V}_L$, $\dot{V}_C$ gərginlikləri nəyə bərabərdir?
    4 $\dot{V}_R$, $\dot{V}_L$, $\dot{V}_C$, $\dot{V}$, $\dot{I}$ arasındakı əlaqəni vektor diaqramı şəklində çəkin.
    5 $\dot{V}$, $\dot{I}$ arasındakı θ faza fərqi nəyə bərabərdir?
5) 15 [Ω] rezistor, 10 [mH] çarx və 0.01[μF] kondensator ardıcıl birləşdirildikdə və 30 [V] gərginlik tətbiq olunduqda, f_O [Hz] rezonans tezliyini, I_O [A] rezonans cərəyan şiddətini və Q selektivliyi hesablayın.

10. PN keçidli/Zener diodunun əməliyyat xarakteristikasının ölçülməsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Yarımkeçiricilərin xassələrini izah edə biləcək;
2. PN keçidli diodun əməliyyat xüsusiyyətlərini izah edə biləcək;
3. PN keçidli diodun gərginlik-cərəyan xarakteristika əyrisini ölçə biləcək;
4. Zener diodunun gərginlik-cərəyan xarakteristika əyrilərini ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 90[Ω], 100[Ω] 560[Ω], 2[kΩ] 30[kΩ],
2. Diod: 1N60(Ge), 1N4148(Si), ZD5V, ZD10V
3. Maket sxem və birləşdirici kabel

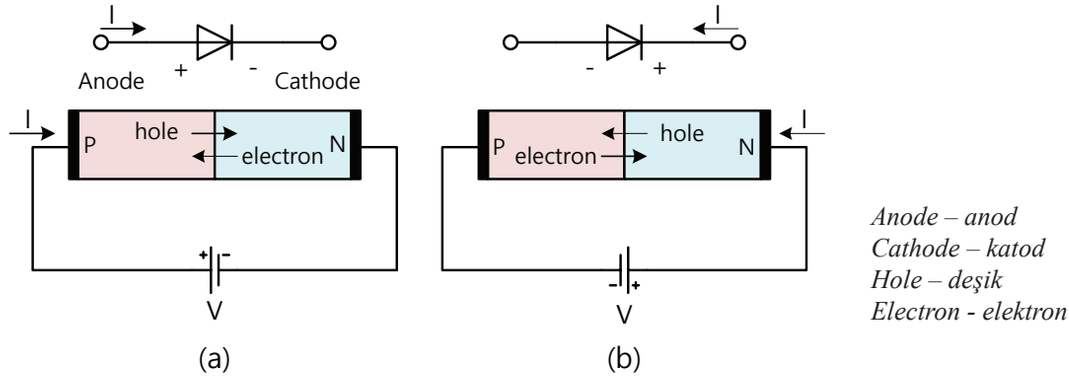
Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/Digital növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. PN keçidli diod

Yarımkeçirici diod cərəyanı yalnız bir istiqamətdə ötürə bilər. Bu ona görədir ki, düz istiqamətdə müqavimət aşağı olduğu halda, əks istiqamətdə olan müqavimət çox yüksəkdir. Bütün yarımkeçirici diodlar, adətən, bir istiqamətlidir.



Şəkil 1: Düz və Əks istiqamətli gərginliyin təsirinə məruz qalmış keçidli diod

1) Sürüşmə

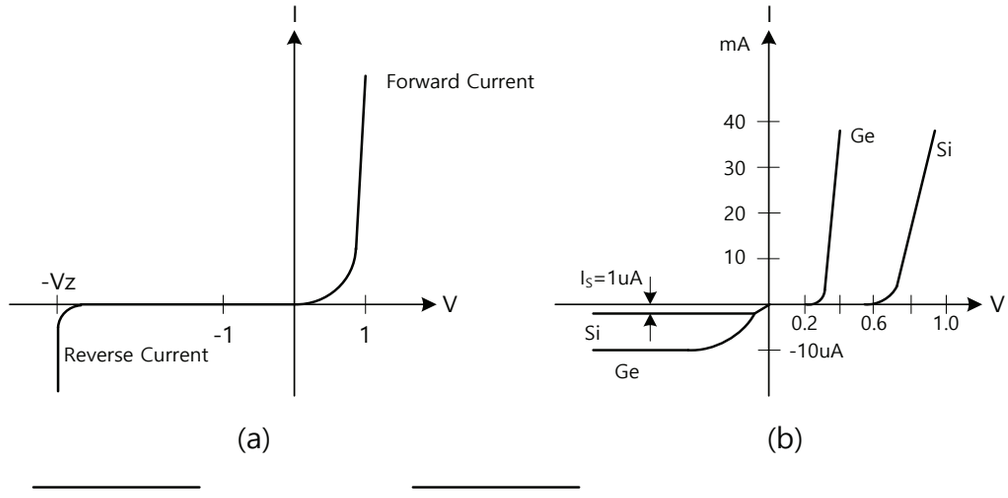
(1) Düz istiqamətdə sürüşmə

[Şəkil 1(a)]-da göstərildiyi kimi, əgər (+) terminalı P-N keçidli diodun P tərəfinə və (-) terminalı isə N tərəfinə birləşdirilibsə, bu zaman düz istiqamətli gərginlik və ya düz istiqamətdə sürüşmə tətbiq olunur. Burada yüksək cərəyan kimi çıxış edən düz istiqamətli cərəyan dioddan keçir. P sahəsinin deşikləri aktiv şəkildə N sahəsinə və N sahəsinin elektronları isə P sahəsinə keçir, beləliklə, böyük cərəyan(I_F) P sahəsindən N sahəsinə keçə bilir.

(2) Əks istiqamətdə sürüşmə

Şəkil 1(b)-də göstərildiyi kimi, əgər (+) terminalı P-N keçidli diodun N tərəfinə və (-) terminalı isə P tərəfinə birləşdirilibsə, bu halda deyilir ki, əks istiqamətli gərginlik və ya əks istiqamətdə sürüşmə tətbiq olunub. Burada çox zəif cərəyan kimi çıxış edən əks istiqamətli doyma cərəyanı diodda N sahəsindən P sahəsinə keçir. Cərəyan aşağı əks istiqamətli gərginliklə asanlıqla öz maksimal qiymətinə çatır və gərginliyin yüksəlməsinə baxmayaraq, cərəyan yüksəlmir Buna görə də, bu cərəyan əks istiqamətli doyma cərəyanı (I_R) adlanır.

(3) PN Keçidli Diodların Rektifikasiya Xüsusiyyətləri



Forward current - düz istiqamətli cərəyan
Reverse current - əks istiqamətli cərəyan

Şəkil 2: Ümumi Keçidli Diodun Düz *V- I* Xüsusiyyəti

Şəkil 2 PN keçidli diodun səciyyəvi gərginlik-cərəyan (V-I) əyrisini göstərir. Düz istiqamətli sürüşmə gərginliyi, cari sürüşmə və əks istiqamətli sürüşmə gərginliyi və cərəyan fərqlidir.

Düz cərəyan [mA], gərginlik 0.1[V], əks cərəyan [μA] və gərginlik 10[V]-dır.

Şəkildə göstərildiyi kimi, əgər düz istiqamətli gərginlik 0[V]-dan tədricən artırılsa, cərəyan ilkin olaraq potensial maneə səbəbindən axmır, lakin gərginlik müəyyən həddi yüksək olduqda, müqavimət azalır və cərəyan kəskin artır. Cərəyanın düz istiqamətdə axmağa başladıqda tətbiq olunan gərginlik hədd gərginliyi və ya keçiriciliyin hədd gərginliyi adlandırılır. Hədd gərginliyi, adətən, germanium diodlar üçün 0.3-0.4[V] və silisium diodlar üçün 0.6-0.7[V] olur. Ümumiyyətlə, silisium diodlar germanium diodlarla müqayisədə daha geniş istifadə olunur.

Diod əks sürüşməli olduqda, müəyyən gərginliyə qədər demək olar ki, cərəyan axmır və çox

kiçik əks istiqamətli doyma cərəyanı keçir. Bununla belə, cərəyan qəfildən müəyyən gərginliklə axmağa başlayır və bu gərginliyə qırılma gərginliyi olaraq istinad edilir.

2. Zener diodu

Zener diodu və ya bəzən istinad edildiyi kimi "Qırılma diodu" əsasən, standart PN keçidli diodla eynidir, lakin zener diodu tətbiq olunan hər hansı əks istiqamətli gərginlikdən faydalanan aşağı və müəyyən əks istiqamətli qırılma gərginliyini əldə etmək üçün xüsusi olaraq hazırlanıb.

Zener diodu silisium PN keçiddən ibarət olan normal ümumi təyinatlı diod kimi fəaliyyət göstərir və düz istiqamətdə sürüşdükdə, anod katoda nəzərən müsbət olur və nominal cərəyanın keçdiyi normal siqnal diodu kimi fəaliyyət göstərir.

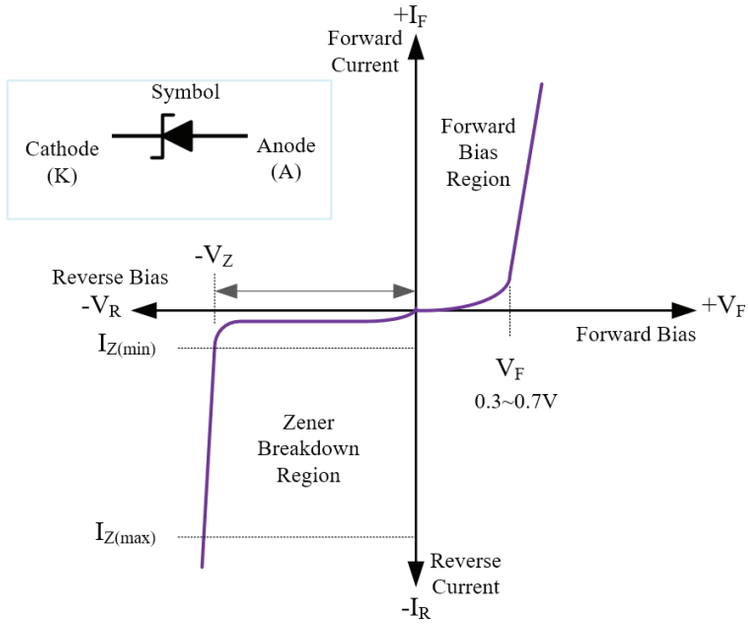
Bununla belə, özündən keçən hər hansı cərəyan axınını kəsən əks sürüşməli ənənəvi dioddan fərqli olaraq, katod anoddan daha müsbət olur və əks istiqamətli gərginlik əvvəlcədən müəyyən olunmuş qiymətə çatan kimi, zener diodu əks istiqamətdə fəaliyyət göstərməyə başlayır.

Bu ona görə baş verir ki, zener diodu boyu tətbiq olunan əks istiqamətli gərginlik cihazın nominal gərginliyindən yüksək olduqda, yarımkeçiricinin aşınmış təbəqəsində "Qar uçqunu kəsilməsi" baş verir və cərəyan bu gərginlik artımının qarşısını almaq üçün dioddan keçməyə başlayır.

Bu halda, zener diodundan keçən cərəyan gözlənilmədən dövrənin maksimal qiymətinə (adətən, ardıcıl birləşdirilmiş rezistor tərəfindən qarşısı alınan) qədər yüksəlir və bu əks istiqamətli doyma cərəyanı sabit qalır. Gərginliyin zener diodu boyu sabit olduğu gərginlik səviyyəsi "zener gərginliyi" (V_Z) adlanır və zener diodları üçün bu gərginlik qiyməti bir voltdan daha kiçik ola və ya bir neçə yüz volta qədər dəyişə bilər.

Yarımkeçirici hazırlanarkən aşqar vurulma mərhələsində dioda xüsusi zener qırılma gərginliyi (V_Z), məsələn, 4.3[V] və ya 7.5[V] tətbiq etməklə, zener gərginliyinin dioddan keçəcək cərəyanı işə salan qiymətinə dəqiqliklə (1%-dən aşağı saxlama) nəzarət etmək olar. I-V əyrisində zener qırılma gərginliyi, demək olar ki şaquli düz xəttdir.

1) Zener Diodunun I-V Xarakteristikaları



Symbol – simvol
Cathode – katod
Anode - anod
Forward current - düz istiqamətli cərəyan
Reverse current - əks istiqamətli cərəyan
Forward bias - düz istiqamətli sürüşmə
Reverse bias - əks istiqamətli sürüşmə
Zener breakdown region – zenerin qırılma sahəsi
Forward bias region - düz istiqamətli sürüşmə sahəsi

Şəkil 3: Zener diodunun I-V xarakteristikası

Zener diodu "əks istiqamətli sürüşmə" və ya əks qırılma rejimində, məsələn, diodun anodu mənfi elektrik mənbəyinə qoşulduqda istifadə olunur. Yuxarıdakı I-V xarakterik əyrisinə əsasən, zener diodunun əks istiqamətli sürüşmə göstəricilərində dioddan keçən cərəyanın şiddətindən asılı olmayaraq demək olar ki sabit mənfi gərginliyi olan sahə mövcuddur. Zener diodunun cərəyan şiddəti qırılma cərəyanı $I_Z(min)$ və maksimal nominal cərəyanı $I_Z(max)$ arasında olduğu müddətcə və cərəyanda böyük dəyişikliklər meydana gəldikdə də bu sahə bilavasitə sabit qalır.

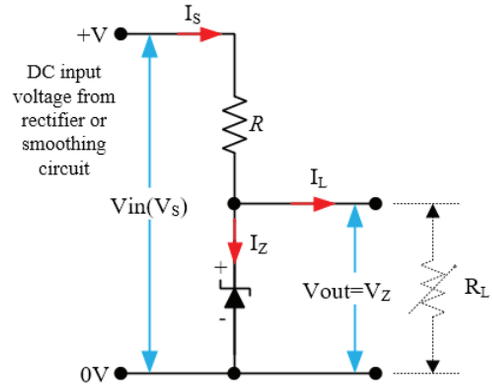
Gərginlik mənbəyini elektrik mənbəyinə və ya yükdə meydana gələn dəyişikliklərə qarşı tənzimləmək və ya stabilləşdirmək üçün yuxarıda qeyd olunan özünə nəzarət qabiliyyətindən geniş şəkildə istifadə oluna bilər. Diod boyu qırılma sahəsində gərginliyin, demək olar ki sabit olması zener diodunun mühüm xüsusiyyətidir, çünki gərginliyi nizamlayan tətbiqetmələrin ən sadə tiplərində bu xassədən istifadə oluna bilər.

Nizamlayıcının funksiyası təchiz olunan gərginlikdəki dalğalanmalara və ya yük cərəyanındakı dəyişikliklərə baxmayaraq, ona paralel olaraq birləşdirilmiş yükün sabit çıxış gərginliyini təmin etməkdir. Zener diodu dioddan keçən cərəyan əks qırılma sahəsində minimum $I_Z(min)$ cərəyandan aşağı düşənə qədər gərginliyi tənzimləməyə davam edəcək.

2) Zener Diodunun Nizamlayıcısı

Yük cərəyanının dəyişən şərtləri altında aşağı dalğalanma ilə stabilləşmiş çıxış gərginliyi meydana gətirmək üçün zener diodlarından istifadə oluna bilər. Müvafiq cərəyan məhdudlaşdıran rezistor (R_S) vasitəsilə elektrik mənbəyindən dioda zəif cərəyan keçirməklə, zener diodu V_{out} gərginliyinin düşməsini təmin etmək üçün kifayət qədər cərəyan keçirəcək.

Biz bundan əvvəlki təcrübi məşğələlərdən xatırlayırıq ki, yarım və ya tam dalğalı rektifikatorlardan SC çıxış gərginliyi SC gərginliyi ilə üst-üstə düşən zəif dalğaya malikdir və yükün qiyməti dəyişdikcə orta çıxış gərginliyi də dəyişir. Sadə zener stabilizator dövrəsini aşağıdakı şəkildə rektifikatorun çıxışına birləşdirməklə daha sabit çıxış gərginliyi meydana gətirmək olar.



DC voltage from rectifier or smoothing circuit – Rektifikator və ya düzləndirici dövrədən SC çıxış gərginliyi

Şəkil 4: Zener Diodunun Nizamlayıcısı

R_S rezistoru kombinasiya boyu birləşdirilmiş V_S gərginlik mənbəyi ilə dioddan keçən cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün zener didodu ilə ardıcıl birləşdirilib. V_{out} stabilləşmiş çıxış gərginliyi zener diodu boyu kənarlaşdırılır. Zener diodu SC mənbəyinin müsbət şini ilə birləşdirilmiş katod terminalına qoşulub. Beləliklə, bu əks sürüşməlidir və qırılma vəziyyətində işləyəcək. R_S rezistoru dövrədən keçən maksimum cərəyanı məhdudlaşdırmaq üçün seçilib.

Dövrəyə yük birləşdirilmədikdə yük cərəyanı sıfıra bərabər olur ($I_L = 0$) və bütün dövrə

cərəyanı zener diodundan keçərkən, diod maksimum elektrik enerjisini paylayır. Həmçinin yerli yük müqaviməti R_L qoşulduqda, ardıcıl birləşdirilmiş R_S rezistorunun aşağı qiyməti dioddan keçən cərəyan şiddətinin yüksək qiyməti ilə nəticələnəcək və diodun elektrik enerjisini paylamaq tələbi yüksələcək. Buna görə də yüksüz və ya yüksək müqavimət şəraitində zener diodunun maksimal elektrik qiymətindən yüksək olmayacaq ardıcıl birləşdirilmiş müqavimət səviyyəsi seçilərkən diqqətli olmaq lazımdır.

Yük zener diodu ilə paralel şəkildə birləşdirilib, ona görə də, R_L boyunca gərginlik həmişə zener gərginliyi ilə eynidir ($V_R = V_Z$). Gərginliyin stabilizasiyasının effektiv olduğu minimal cərəyan mövcuddur və yüklü vəziyyətdə işləyərkən zener cərəyanı həmişə qırılma sahəsində cərəyan qiymətindən yüksək olmalıdır. Əlbəttə, cərəyanın yuxarı həddi cihazın nominal yük götürmə qabiliyyətindən asılıdır və V_S elektrik mənbəyinin gərginliyi V_Z-dən böyük olmalıdır.

Zener diodunun stabilizator dövrələri ilə bağlı bir kiçik problemi mövcuddur ki, diod gərginliyi stabilləşdirməyə çalışdığı üçün bəzən sabit cərəyan axınlarında elektrik küy yarada bilər. Adətən, bu əksər tətbiqetmələr üçün problem yaratmır, lakin zener diodunun çıxışına yüksək qiymətli ayırıcı kondensatorun əlavə edilməsi dalğaların əlavə düzləndirilməsini zəruri edə bilər.

Yekun olaraq demək olar ki, zener diodu həmişə əks istiqamətli sürüşmə vəziyyətində fəaliyyət göstərir. Giriş gərginliyində variasiyalar və ya yük cərəyanında dəyişikliklərin meydana gəlməsinə baxmayaraq, yük boyu sabit cərəyanlı çıxış gərginliyi əldə tmək üçün zener diodundan istifadə etməklə gərginliyi tənzimləyən dövrə hazırlana bilər. Zener gərginliyinin tənzimləyicisi V_S giriş gərginliyi ilə ardıcıl birləşdirilən və əks sürüşməli vəziyyətdə R_L yükü ilə paralel birləşdirilən zener dioduna malik cərəyanı məhdudlaşdıran R_S rezistorundan ibarətdir. Stabilləşdirilmiş çıxış gərginliyi həmişə diodun V_Z qırılma gərginliyi ilə eyni qiymətdə seçilir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Voltmetr yük ilə paralel, ampermetr yük ilə ardıcıl birləşdirilir.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütbləri düzgün şəkildə birləşdirildiyindən əmin olun və yalnız bundan sonra elektrik enerjisini təmin edin.
3. Cərəyanın rezistorun icazə verilən cərəyanından yüksək olmadığından əmin olun.
4. Ölçülən terminal ölçmə terminalın qoşulu olduğu zaman çevirmə çarxını dəyişməyin.
5. Hər diodun xüsusiyyətinə uyğun gələn aralığa malik ölçmə sayğacından istifadə edin.
6. Hissələrin başlıqlarını düz bucaq şəklində əyməyin.
7. Tapşırıqdan əvvəl istifadə olunacaq diodların və ya zener diodlarının nominal qiymətlərini yoxlayın.
8. Dioda və zener dioduna maksimum nominal gərginlikdən daha yüksək gərginlik tətbiq etməyin. Diodun və zener diodunun qütblərinin düzgün qoşulduğundan əmin olun.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. PN keçidli diod təcrübəsi

1) Diodun müqavimətini ölçün

(1) Ge diodunun (1N60) və Si diodunun (1N4148) düz və əks istiqamətləri üçün müqavimət qiymətləri ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd edilir. Hal-hazırda düz istiqamətli müqavimət qiyməti əks istiqamətli müqavimət qiymətindən xeyli kiçikdir.

(2) Əks istiqamətli müqavimətin düz istiqamətli müqavimətə olan nisbətini ($\frac{R_R}{R_F}$) hesablayın və onu Cədvəl 1-də qeyd edin.

2) PN diodlarının düz istiqamət xüsusiyyətinin təcrübəsi

(1) PN keçidli dioddan (1N60) istifadə etməklə Şəkil 5-də göstərilən şəkildə düz istiqamətli dövrəni birləşdirin.

(2) Diod boyu V_F gərginliyini Cədvəl 2-də verilən qiymətə dəyişərkən dioddan keçən I_F cərəyanını ölçmək üçün SC enerji mənbəyini nizamlayın və Cədvəl 2-də qeyd edin.

(3) Germanium diodları silisium diodları (1N4148) ilə əvəz edin və 2) təcrübə prosedurunu təkrarlayın.

(4) Yuxarıdakı təcrübə nəticələrindən əldə olunan verilənlərdən istifadə etməklə, V-I düz istiqamətli xarakteristika əyrisi çəkilir.

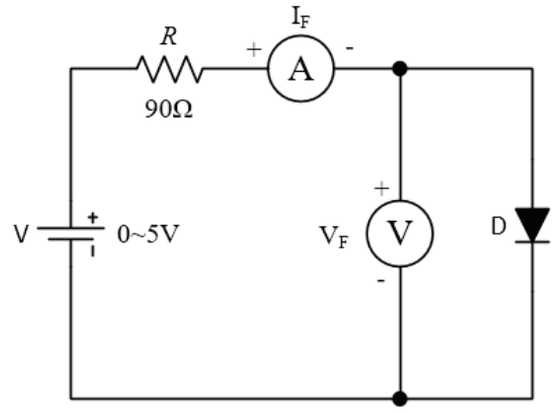
3) PN diodlarının əks istiqamət xüsusiyyətinin təcrübəsi

(1) PN keçidli dioddan (1N60) istifadə etməklə, əks dövrəni [Şəkil 6]-də göstərilən şəkildə birləşdirin.

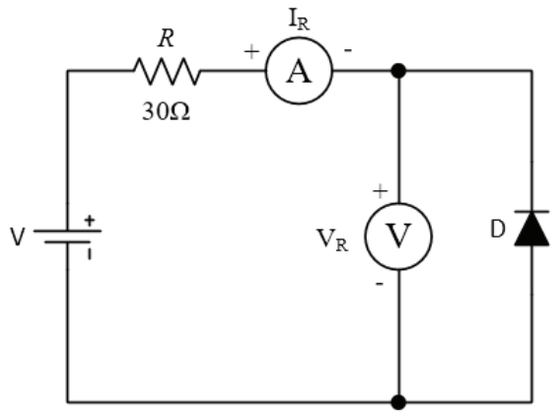
(2) Diod boyu V_R gərginliyini Cədvəl 3-də verilən və qeyd olunan qiymətə dəyişərkən dioddan keçən I_R cərəyanını ölçmək üçün SC elektrik mənbəyini nizamlayın və Cədvəl 3-də qeyd edin.

(2) Germanium diodları silisium diodları (1N4148) ilə əvəz edin və 2) təcrübə prosedurunu təkrarlayın.

(3) Yuxarıdakı təcrübi nəticələrdən əldə olunan verilənlərdən istifadə etməklə V-I əks istiqamətli xarakteristika əyrisi çəkilib.



Şəkil 5: Düz istiqamət xüsusiyyətinin təcrübə dövrəsi



Şəkil 6: Əks istiqamət xüsusiyyətinin təcrübə dövrəsi

3. Zener diodunun təcrübəsi

1) Zener diodlarının düz istiqamət xüsusiyyətinin təcrübəsi

(1) Zener diodundan istifadə etməklə düz dövrəni Şəkil 7-də göstərildiyi kimi birləşdirin.

(2) V_F Cədvəl 4-də verilən qiymətə çatdıqda I_F cərəyanını ölçmək üçün SC elektrik mənbəyinin V gərginliyini nizamlayın və bunu Cədvəl 4-də qeyd edin.

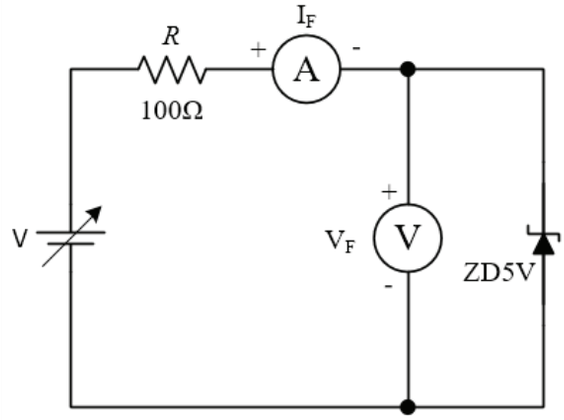
(3) V-I qiymətinə əsasən, düz müqavimətli R_F ($=\frac{V_F}{I_F}$) müqaviməti hesablanır, Cədvəl 7-də qeyd olunur və zener diodunun düz xarakteristika əyrisi çəkilir.

2) Zener diodlarının əks istiqamət xüsusiyyətinin təcrübəsi

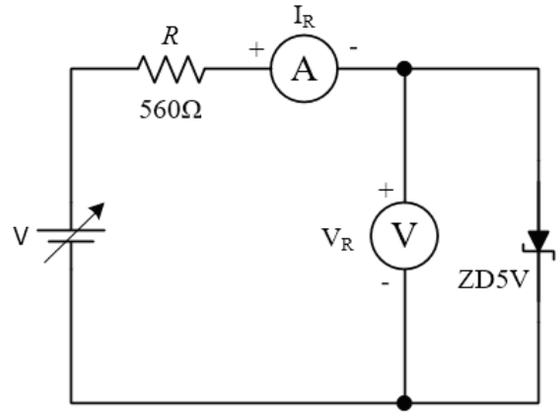
(1) Zener diodundan istifadə etməklə, əks dövrəni Şəkil 8-də göstərildiyi kimi birləşdirin.

(2) SC elektrik mənbəyinin V gərginliyini nizamlamaqla VR əks gərginliyi Cədvəl 5-də verilən qiymətə çatdıqda, zener diodundan keçən I_Z cərəyanı ölçülür və Cədvəl 7-də qeyd olunur (ilkin cərəyan [μA]-dır və cərəyan axmağa başladıqda ampermetrlə [mA] ölçün).

(3) V-I qiymətindən istifadə etməklə, düz müqavimət R_Z ($=\frac{V_R}{I_Z}$) hesablanır, Cədvəl 5-ə yazılır və zener diodunun düz xarakteristika əyrisi çəkilir.



Şəkil 7: Düz istiqamət xüsusiyyətinin təcrübə dövrəsi



Şəkil 8: Əks istiqamət xüsusiyyətinin yoxlama dövrəsi

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Yarımkeçiricilərin xassələrini izah etdimi? 2. PN keçidli diodun əməliyyat xüsusiyyətlərini izah etdimi? 3. PN keçidli diodun gərginlik-cərəyan xarakteristika əyrisini ölçdümü? 4. Zener diodunun gərginlik-cərəyan xarakteristikası əyrilərini ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	PN keçidli/Zener diodunun əməliyyat xarakteristikasının ölçülməsi		Tarix	
Şöbə		Ad		

1.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Düz və əks istiqamətli müqavimət qiymətləri

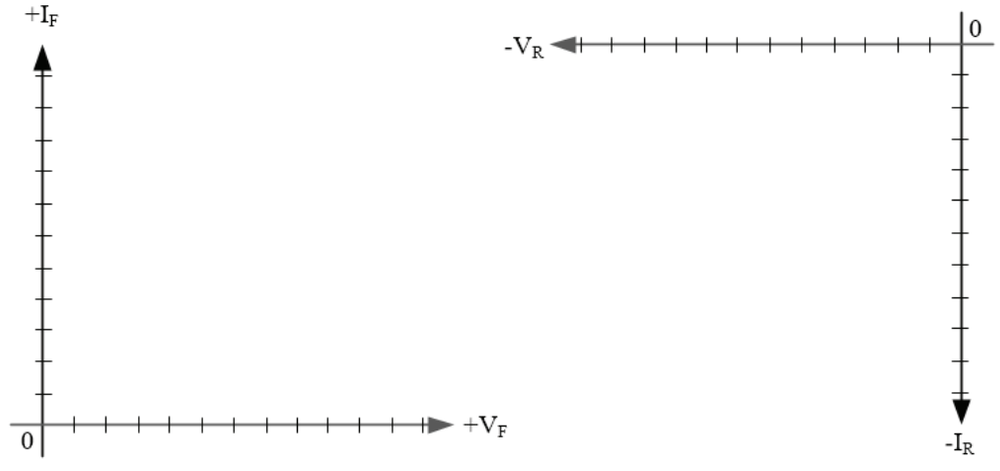
Bölmə	Düz istiqamətli müqavimət (RF)	**Əks istiqamətli müqavimət** (RR)	Müqavimət nisbəti $(\frac{R_R}{R_F})$
Ge 1N60			
Si 1N4148			

Cədvəl 2: Diodun V-I düz istiqamət xarakteristikası

V_F[V]		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
I_F[mA]	Ge											
	Si											

Cədvəl 3: Diodun V-I əks istiqamət xarakteristikası

V_R[V]		10	20	30	40	50	
I_R[μA]	Ge						
	Si						



(a) V-I düz istiqamət xarakteristikası əyrisi (b) V-I əks istiqamət xarakteristikası əyrisi

PN keçidli diodun gərginlik-cərəyan xarakteristikası əyrisi

1.2. Baxış və izah

1) PN keçidli diodun quruluşunu və simvollarını izah edin.
2) **Əks və düz istiqamətli sürüşmələri izah edin.**

2.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 4: Zener diodunun V-I düz istiqamət xarakteristikası

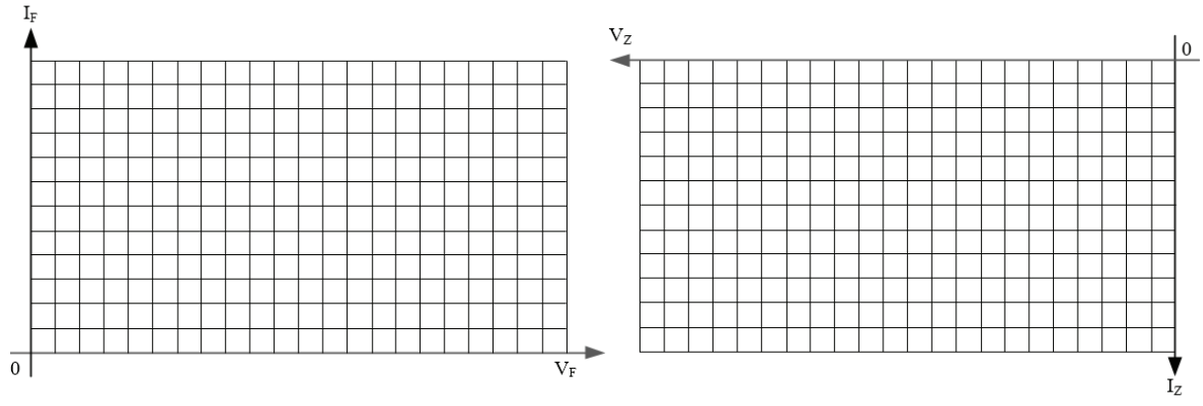
V_F[V]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9
I_F[mA]											
R_F[Ω]											

※ *R_F[Ω] hesablanmış qiymətdir*

Cədvəl 5: Zener diodunun V-I əks istiqamət xarakteristikası

V_R[V]	0	1	3	5	5.5	6	6.5	0.65	7	7.5	8	9
I_Z[mA]												
R_Z[Ω]												

※ *R_Z[Ω] hesablanmış qiymətdir*



(a) Düz istiqamət xarakteristikasının əyrisi (b) Əks istiqamət xarakteristikasının əyrisi

Zener diodunun gərginlik-cərəyan xarakteristika əyrisi

1.2. Baxış və izah

1) Zener diodunun sürüşmə metodunu təsvir edin.
2) Zener diodunun gərginlik-cərəyan xarakteristika əyrisini təsvir edin və izah edin.
3) Zener diodları ilə adi diodların arasındakı fərqi izah edin.
4) Sabit gərginlik dövrələrində zener diodlarının rolunu izah edin.

11. Rektifikator dövrəsi ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Rektifikator dövrəsinin xarakteristikalarını izah edə biləcək;
2. Rektifikator dövrəsinin yarım-dalğa (tam dalğa, körpü) giriş/çıxış siqnallarını ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 1[kΩ]
2. Diod: 1N4001 4ea
3. Transformator: 220V/6V 0.5A
4. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

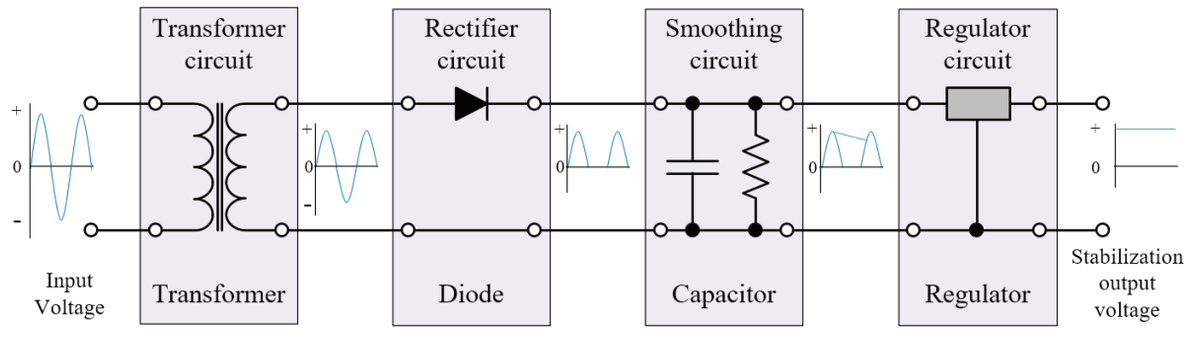
1. SC elektrik mənbəyi
2. Ossiloqraf
3. Multitester (Analoq/Rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Rektifikator dövrəsi

Dəyişən cərəyanı (DC) sabit cərəyana (SC) çevirmə prosesi rektifikasiya adlanır və yarımkeçirici diod istifadə olunur. Rektifikator kimi istifadə olunan silikon (Si) diodlar çox aşağı düz istiqamət müqaviməti qiymətinə, lakin sonsuzluğa yaxın əks müqavimət qiymətinə malikdirlər.

Şəkil 1-də təsvir olunduğu kimi, dövrə rektifikator dövrəsindən, düzləndirici dövrədən və sabit gərginlikli elektrik mənbəyi dövrəsindən ibarətdir.



Input voltage – giriş gərginliyi
Transformer circuit – transformator dövrəsi
Transformer – transformator
Rectifier circuit – düzləndirici dövrəsi
Diode – diod
Smoothing circuit – hamarlayıcı dövrə
Capacitor – kondensator
Regulator circuit – tənzimləyici dövrə
Regulator – tənzimləyici
Stabilization output voltage – stabilləşdirilmiş çıxış gərginliyi

Şəkil 1: Rektifikator elektrik mənbəyi dövrəsinin quruluşu

Rektifikasiya dövrəsində dəyişən cərəyan bir istiqamətə malik cərəyana çevrilir və düzləndirici dövrədə dəyişən cərəyandakı zəif impulslu cərəyan komponenti aradan götürülür ki, sabit cərəyan batareya ilə eyni optimal qiymətə malik olsun. Lakin bir çox hallarda SC çıxış gərginliyi elektrik mənbəyindəki və ya yükdəki variasiyalar səbəbilə daima dəyişir, buna görə də dəyişməyən SC gərginliyini əldə etmək üçün sabit gərginlik dövrəsindən istifadə olunur. Bu metod SC sabit gərginlikli elektrik dövrəsi və ya SC stabilləşdirilmiş elektrik dövrəsi adlandırılır. Sabit gərginlik diodu olan zener diodundan, sabit gərginlikli induktivlik çarxı və ya bənzər qurğulardan istifadə olunur.

1) İmpuls əmsalı

İmpuls əmsalı rektifikasiya edilmiş SC çıxış qiymətində hansı miqdar DC-nın olduğunu göstərir. Buna görə də, impuls sürəti və ya axının impuls sürəti və impuls əmsalı γ ilə işarələnir və SC gərginlikdə və ya cərəyanda olan titrəmə komponentinin miqdarına işarə edir.

$$\gamma = \frac{Çıxış\ siqnalının\ DC\ komponentinin\ OK\ qiyməti}{Çıxış\ siqnalının\ SC\ komponenti\ (orta\ qiymət)}$$

$$\frac{I'_{rms}}{I_{DC}} = \frac{V'_{rms}}{V_{DC}}$$

2) Gərginliyin fluktuasiya sürəti

Gərginliyin tənzimlənməsi (α) SC çıxış gərginliyinin yükün dəyişməsi səbəbilə meydana gələn SC yük axınındakı dəyişikliklərlə variasiya etmə dərəcəsini göstərir.

$$\alpha = \frac{Yüksüz SC gərginliyi(V_o) - Tam yüklü SC gərginliyi(V_{DC})}{Tam yüklü SC gərginliyi(V_{DC})} \times 100[\%]$$

Buna görə də, ideal elektrik dövrəsi yük axınının səviyyəsindən asılı olmayaraq, sabit çıxış gərginliyinə malik olmalıdır və gərginliyin variasiya sürəti sıfıra bərabər olmalıdır. Yəni, yükdən asılı olmayaraq, SC çıxış gərginliyinin sabit olması arzuolunan olduğu üçün, gərginlik nə qədər az dəyişsə, o qədər yaxşıdır.

3) Rektifikasiyanın səmərəliliyi

Rektifikasiyanın səmərəliliyi (η) DC giriş elektrik enerjisinin SC çıxış elektrik enerjisinə nisbətidir.

$$\eta = \frac{SC elektrik enerjisi(P_{SC})}{DC elektrik enerjisi(P_{DC})} \times 100[\%]$$

4) Ən yüksək əks istiqamət müqaviməti

Diod boyu ən yüksək gərginlik əks istiqamətdə meydana gəlir və onun qiyməti ən yüksək qiymətdir. Rektifikator diodu elə bir qırılma gərginliyinə malik olmalıdır ki, bu qırılma nöqtəsi hər dövrəyə ən yüksək gərginlik tətbiq olunduqda belə zədələnməsin. Diod seçərkən dözümlülük müqaviməti ilə bərabər bu axıcılıq xüsusiyyətinə də fikir vermək lazımdır.

2. Yarımdalğa rektifikator dövrəsi

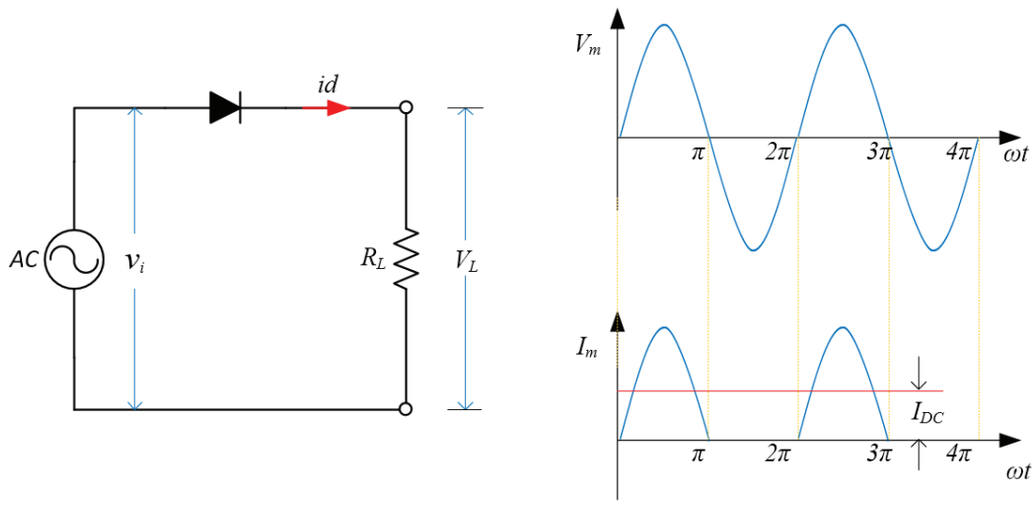
Şəkil 2 (a) tək-fazalı yarım dalğa rektifikasiya dövrəsini, Şək. 2 (b) giriş və çıxış siqnallarını təsvir edir. Dioda SC tətbiq olunduqda, müsbət (+) yarım dalğa düz istiqamətli cərəyan (*id*)

şəklində dioddan keçir, lakin mənfi yarım dalğa keçmir.

Buna görə də yalnız yarım dalğa cərəyanı şəklində axan gərginlik siqnalı Şək. 2 (b)-də göstərilən şəkildə π (180°) aralıqlarla R_L yük müqavimətinin hər iki ucunda meydana gəlir.

Şək. 2 (a)-da yükdən axan *id* cərəyanı aşağıdakı şəkildə təsvir olunur.

$$id = I_m sin\omega t (0 \le \omega t \le \pi)$$
$$id = 0 (\pi \le \omega t \le 2\pi)$$
$$I_m = \frac{V_m}{r_f + R_L}$$



(a) Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsi (b) Giriş/çıxış siqnalı

Şəkil 2: Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsi və siqnal

1) Çıxış cərəyanının orta qiyməti

(b) bəndində təsvir olunan yarım dalğa rektifikasiya siqnalının orta qiyməti əldə olunduqda, R_L -dan axan cərəyan SC çıxış cərəyanına çevrilir. SC çıxış cərəyanı I_{SC} ilə işarələnir.

$$I_{SC} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{V_m}{r_f + R_L}$$

2) Çıxış gərginliyinin orta qiyməti

Çıxış cərəyanı I_{SC} R_L-dan axdığı üçün, SC çıxış gərginliyi V_{SC} aşağıdakı şəkildə ifadə oluna bilər.

$$V_{SC} = I_{SC} \cdot R_L = \frac{r_f + R_L}{\pi(r_f + R_L)} \cdot R_L = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{V_m}{1 + (r| \quad |f + R_L)}$$

3) Gərginliyin fluktuasiya sürəti

$$a = \frac{V_O - V_{SC}}{V_{SC}} = \frac{I_{SC}(R_L + r_f) - I_{SC} \cdot R_L}{I_{SC} \cdot R_L} = \frac{r_f}{R_L} \times 100[\%]$$

Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsində I_{SC} əsasında V_{SC} gərginliyinin variasiyası aşağıdakı şəkildə hesablana bilər.

$$V_{DC} = \frac{V_m}{\pi} - I_{DC} \cdot r_f$$

4) İmpuls sürəti

id çıxış cərəyanının tərkibindəki DC komponentinin optimal qiymətini I'_{rms} ilə işarə etsək,

$$\gamma = \frac{I'_{rms}}{I_{SC}} = \frac{\sqrt{I'_{rms}{}^2 - I_{DC}{}^2}}{I_{SC}} = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{SC}}\right)^2 - 1}$$

Yarım dalğa rektifikasiyası halında, $\frac{I_{rms}}{I_{SC}} = \frac{I_m/2}{I_m/\pi} = \frac{\pi}{2} = 1.57$ olduğu üçün, impuls sürəti γ aşağıdakı kimi hesablanacaq:

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - 1} = \sqrt{1.57^2 - 1} = 1.21$$

Faiz şəklində ifadə olunduqda, 1.21 x 100 [%] = 121 [%] olur və yarım dalğa rektifikasiya dövrəsinin DC-nı SC-ya çevirməkdə nisbətən qeyri-səmərəli olduğu qeyd oluna bilər.

5) SC çıxışı və səmərəliliyi

Rektifikasiya dövrəsinin SC çıxış qiyməti P_S SC gərginliyi V_{SC} ilə I_{SC} SC axınının hasili kimi ifadə olunur:

$$P_S = V_{SC} \cdot I_{SC} = I_{SC} \cdot R_L \cdot I_{SC} = \frac{V_m{}^2 \cdot R_L}{\pi^2 \left(r_f + R_L\right)^2}$$

Rektifikasiya dövrəsinin səmərəliliyi :

$$\eta = \frac{0.406}{1 + \left(r_f / R_L\right)}$$

r_f nəzərə alınmadıqda, =0.406, və ya 40.6 [%] nəzəri cəhətdən ən yüksək səmərəlilik əmsalıdır. Lakin olduqda, maksimal çıxış qiyməti əldə olunur və səmərəlilik 20.3 [%] olur.

6) Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsinin xüsusiyyətləri

① Dövrənin konfiqurasiyası sadədir.

② İmpuls sürəti yüksəkdir (121 [%]).

③ Elektrik gərginliyindən istifadə nisbəti pisdir (maksimal rektifikasiya səmərəliliyi 40.6 [%]-dir).

④ Elektrik transformatorunun dəmir nüvəsi SC maqnetizasiyası ilə doyur.

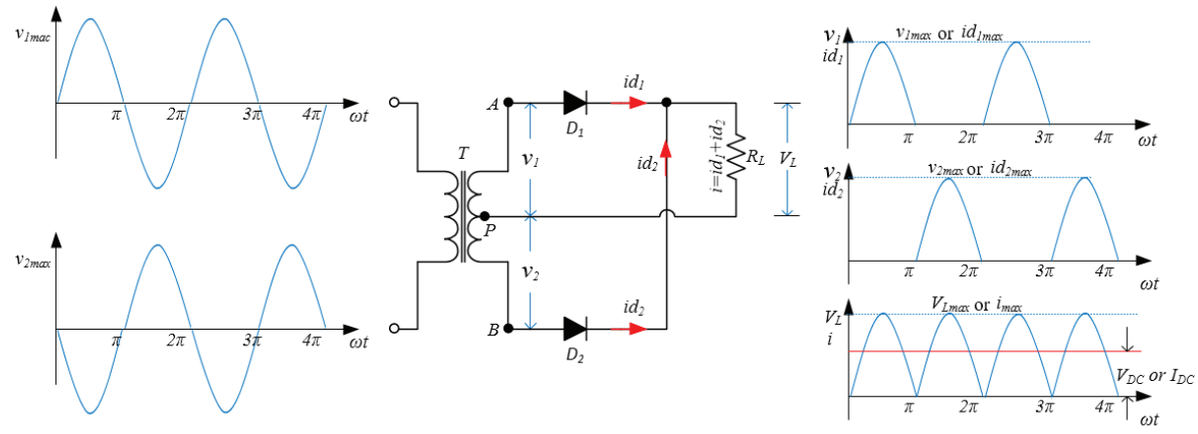
⑤ İmpuls tezliyi elektrik tezliyi ilə eynidir və əsasən, kiçik tutumlarda istifadə olunur.

3. Tam dalğa rektifikasiya dövrəsi

Tam dalğa rektifikasiya dövrəsi mərkəzi bölməli və ya körpü tipli olur.

Bu növ rektifikator iki dioddan və mərkəzi bölməli ikinci dərəcəli dolağa malik transformatordan istifadə edir. DC axınının müsbət yarım dövrəsi zamanı diodu düz istiqamətə meylli olur və cərəyan bu dioddan yükə axır. Giriş cərəyanının mənfi yarım dövrəsi zamanı D_2 diodu düz istiqamətlidir və D_1 diodu əks istiqamətli olur. Bu ən yüksək mənfi səviyyədə yük cərəyanı D_2-dən axmağa başlayır. Yadda saxlayın ki, gərginliyin qütbləri dəyişsə də, yükdən axan cərəyan dəyişmir.

Bu rektifikatorun üstünlüyü daha aşağı impuls əmsalı və yüksək səmərəliliyidir, lakin mərkəzi bölməli ikinci dərəcəli dolağa malik transformatorun zəruri olması əsas çatışmazlıqlardan biridir və dövrəni daha məsrəfli edir.



$$I_{DC} - I_{SC}$$

(a) Giriş siqnalı (b) Rektifikator dövrəsi (c) Rektifikasiya olunmuş V-I siqnalı

Şəkil 3: Tam dalğa mərkəzi bölməli rektifikator dövrəsi və siqnalı

1) SC çıxış elektrik enerjisi

Cərəyanın orda qiyməti IDC aşağıdakı şəkildə hesablanır:

$$I_{SC} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{V_m}{r_f + R_L}$$

2) SC çıxış cərəyanı və səmərəlilik

Rektifikasiya dövrəsinin SC çıxış qiyməti P_S SC gərginliyi V_{SC} ilə I_{SC} SC cərəyanının hasili kimi ifadə olunur:

$$P_{SC} = {I_{SC}}^2 \cdot R_L = \frac{4{V_m}^2 \cdot R_L}{\pi^2 \left(r_f + R_L\right)^2}$$

Rektifikator dövrəsinin səmərəliliyi η:

$$\eta = \frac{81.2}{1 + \left(r_f / R_L\right)} [\%]$$

Burada r_f diodun düz istiqamət müqavimətidir.

Yəni, rektifikasiyanın səmərəliliyi yarım dalğa rektifikasiya dövrəsində olduğundan iki dəfə çoxdur və nəzəri olaraq, $r_f = 0$ olduqda ən yüksək qiyməti 81.2 [%]olur.

3) İmpuls sürəti

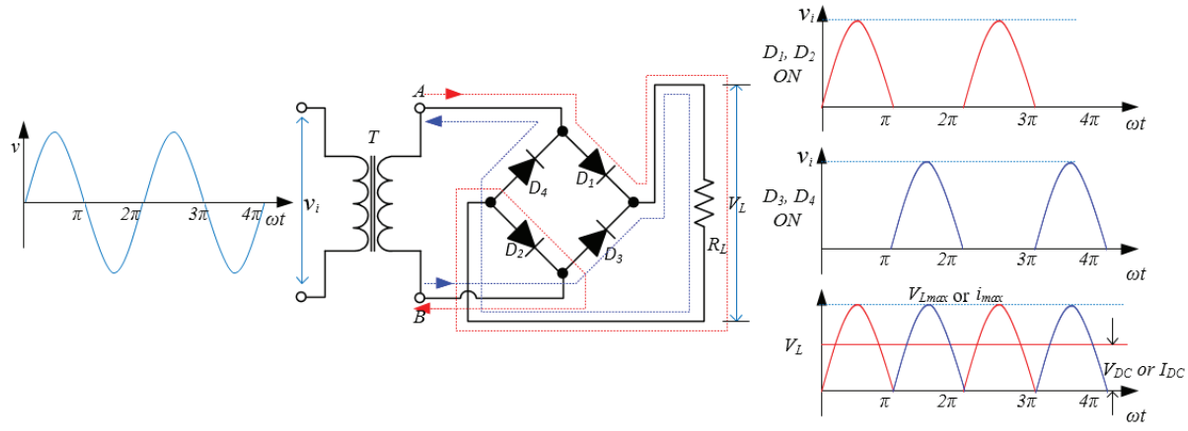
$$\gamma = \frac{I_{rms}}{I_{SC}} = \sqrt{\left(\frac{I_{rms}}{I_{SC}}\right)^2 - 1}$$

Yarım dalğa rektifikasiyası halında, $\frac{I_{rms}}{I_{SC}} = \frac{I_m/\sqrt{2}}{2\,I_m/\pi} = \frac{\pi^2}{8} = 1.11$ olduğu üçün, impuls sürəti γ aşağıdakı qiyməti alır:

$$\gamma = \sqrt{1.11^2 - 1} = 0.48 \times 100[\%] = 48[\%]$$

4. Tam dalğa körpü tipli rektifikator

Eyni ikincili gərginlikdən istifadə edən körpü tipli rektifikator tam dalğa mərkəzi bölməli transformatora malik rektifikatorla müqayisədə demək olar ki, iki dəfə yüksək çıxış gərginliyi meydana gətirə bilər. Giriş SC-nın müsbət yarım dövrəsi zamanı D_1 və D_2 diodları düz istiqamətli və D_3 və D_4 diodları əks istiqamətli olurlar. Buna görə də, yük D_1 və D_2 diodlarından keçir. Giriş SC-nın mənfi yarım dövrəsi zamanı D_3 və D_4 diodları düz istiqamətli və D_1 və D_2 diodları əks istiqamətli olurlar. Beləliklə, yük D_3 və D_4 diodlarından keçir.



(a) Giriş siqnalı (b) Rektifikator dövrəsi (c) Rektifikasiya olunmuş V-I siqnalı

Şəkil 4: Tam dalğa körpü tipli rektifikator dövrəsi və siqnalı

Bu yolla körpü tipli rektifikator üçün dörd diod tələb olunur, lakin transformatorun aralıq pilləsi olmadığı üçün transformatorun ölçüsü kiçilir və hər diod boyu maksimal əks istiqamət gərginliyi (PIV) 1/2 olur ki, bu da V_m-dir. Bu tip yüksək gərginliyin rektifikasiyası üçün geniş şəkildə istifadə olunur.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

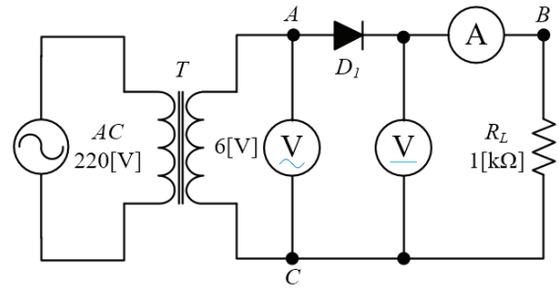
1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr ardıcıl qoşulur.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
4. Ölçmənin aparıldığı terminal ölçmə aparan terminala qoşulu olduğu zaman çevirmə çarxının vəziyyətini dəyişməyin.
5. Hər diodun xüsusiyyətlərinə uyğun gələn ölçmə aralığından istifadə edin.
6. Hissələrin başlıqlarını düz bucaq şəklində əyməyin.
7. Rektifikatorun elementinə maksimal əks istiqamət gərginliyindən daha yüksək gərginlik tətbiq etməyin.
8. Rektifikatorun elementlərini birləşdirərkən qütblərə diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsi ilə təcrübə

1) Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsini Şəkil 5-də göstərilən şəkildə birləşdirin.
2) 220 [V] DC gərginliyini birləşdirin və çıxış siqnallarının (B və C nöqtələri arasında) şəklini və ikinci tərəfə osilloqrafa malik transformatorun giriş siqnallarında və R_L yük müqavimətindəki siqnalları (A və C nöqtələri arasında) Şəkildə təsvir edin.
3) Giriş/çıxış siqnalının ən yüksək qiymətini ($V_{p\text{-}p}$) ölçün və Cədvəl 1-də qeyd edin.
4) Giriş/çıxış gərginliyi DC voltmetrlə və SC voltmetrlə ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd olunur.
5) Ölçülmüş qiymətlərdən istifadə edərək, maksimal qiyməti, orta qiyməti və orta kvadratik qiyməti hesablayın və Cədvəl 1-də qeyd edin.

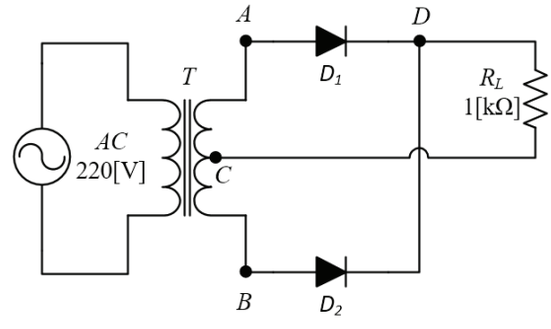


Şəkil 5: Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsinin sınağı

3. Tam dalğa rektifikasiya dövrəsi ilə təcrübə

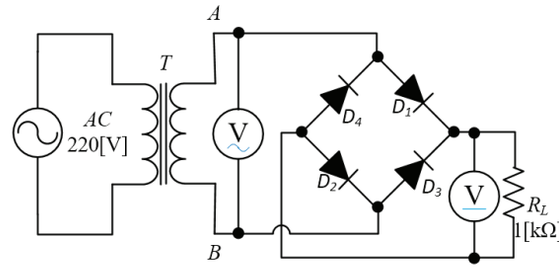
1) Mərkəzi bölməli rektifikasiya dövrəsi

(1) Mərkəzi bölməli tam dalğa rektifikator dövrəsini Şəkil 6-da göstərilən şəkildə birləşdirin.
(2) 220 [V] 60[Hz] SC giriş gərginliyini birləşdirin və ikincili yan giriş siqnalının çıxış siqnal (D-C) nöqtəsində ölçmə aparın.
(3) Giriş/çıxış siqnalının ən yüksək qiymətini ($V_{p\text{-}p}$) ölçün və Cədvəl 2-də qeyd edin.



Şəkil 6: Mərkəzi bölməli rektifikator dövrəsinin sınağı

(4) Giriş/çıxış gərginliyi DC voltmetrlə və SC voltmetrlə ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd olunur.
(5) Giriş/çıxış gərginliyi DC-lı voltmetrlə və SC-lı voltmetrlə ölçülür və Cədvəl 2-də qeyd olunur.
2) Körpü tipli rektifikasiya dövrəsi
(1) Yarım dalğa rektifikator dövrəsini [Şəkil 7]-də göstərilən şəkildə birləşdirin.
(2) Transformator ikinci tərəfində giriş siqnalı (A-B nöqtəsi) və R_L yüküdə meydana gələn çıxış siqnalı [Şəkil 8]-də təsvir olunub. Giriş/çıxış siqnalının ən yüksək qiymətini ölçün və Cədvəl 2-də qeyd edin.
(3) D_1 və D_3 diodlarına tətbiq olunan gərginlik siqnalını ölçün və [Şəkil 8]-də təsvir edin.
(4) Giriş/çıxış siqnalının ən yüksək qiymətini (V_{p-p}) ölçün və <Cədvəl 2>-də qeyd edin.
(5) DC və SC voltmerlə giriş/çıxış gərginliklərini ölçün və <Cədvəl 2>-də qeyd edin.



Şəkil 7: Körpü tipli rektifikator dövrəsinin sınağı

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Rektifikator dövrəsinin xüsusiyyətlərini izah etdimi? 2. Yarım dalğa (tam dalğa, körpü tipli) rektifikator dövrəsinin rektifikasiya prosesini izah etdimi? 3. Rektifikator dövrəsinin yarım dalğa (tam dalğa, körpü tipli) giriş/çıxış siqnalı ilə təcrübə apardımı?			

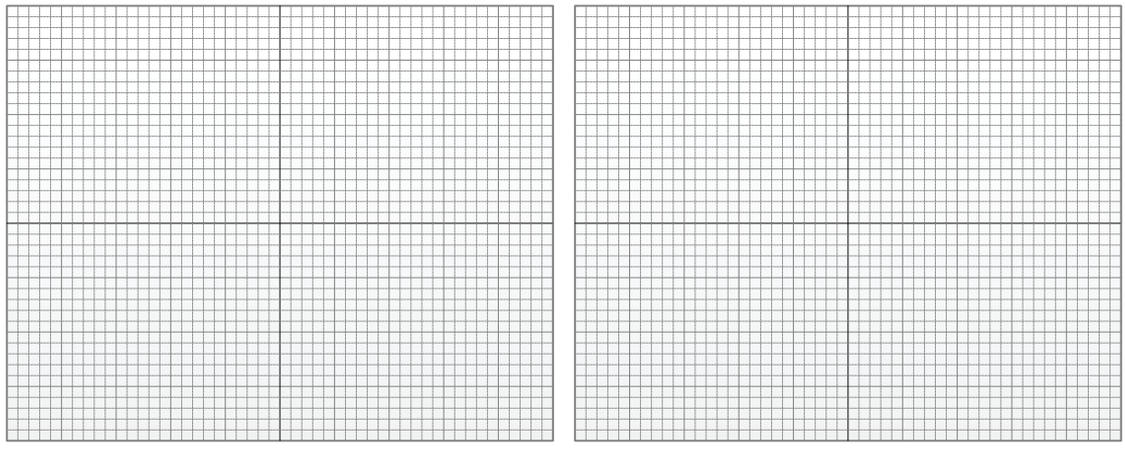
*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı		Tarix	
Şöbə		Ad	

1.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Yarım dalğa rektifikatorunun giriş/çıxış xüsusiyyətləri

Bölmə		Giriş (A-C)	Çıxış (B-C)	Hesablama		
				Maks	Orta	Min
$V_{P\text{-}P}$[V]	Ossiloqraf					
Gərgin-liyin ölçülməsi	DC-lı Voltmetr					
	SC-lı Voltmetr					



(a) DC giriş siqnalı (A-C nöqtəsi) (b) SC çıxış siqnalı (B-C nöqtəsi)

Yarım dalğa rektifikator dövrəsinin giriş/çıxış siqnalı

1.2. Baxış və izah

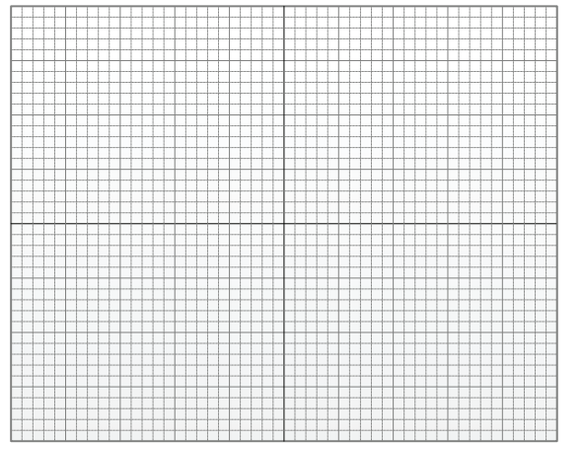
1) Rektifikatorun yükü boyu orta gərginlik 600 [V] və impuls sürəti 2 [%] olarsa, dəyişən cərəyan şiddəti nə qədərdir?
2) Yarım dalğa rektifikasiya dövrəsində düz istiqamətli gərginlik 20 [Ω] və yükün gərginliyi 1000 [Ω] olduqda gərginliyin dəyişmə sürəti (%) nə qədərdir?
3) Nominal yükdə çıxış gərginliyi 50 [V] olan elektrik enerjisi mənbəyi mövcuddur. Yüksüz vəziyyətdə çıxış gərginliyi 55 [V]-a qalxdıqda, elektrik gərginliyinin dəyişmə sürəti nəyə bərabərdir?
4) D_1 ossiloqraflarında DC voltmetrləri, SC voltmetrləri və gərginlik siqnalları ilə ölçmələr arasındakı fərqləri təsvir edin.

2.1 Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 2: Taç dalğa rektifikatorunun giriş/çıxış xüsusiyyətləri

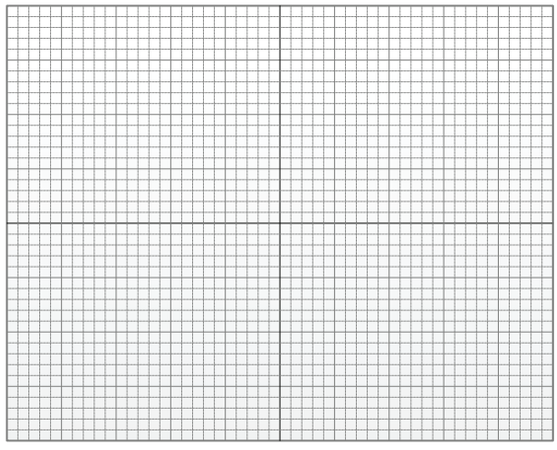
Bölmə		Giriş		Çıxış	
		Mərkəzi bölməli	Körpü tipli	Mərkəzi bölməli	Körpü tipli
V_{P-P}[V]					
Gərginliyin ölçülməsi	DC voltmetri				
	SC voltmetri				

(a) DC giriş siqnalı (A-C nöqtəsi)

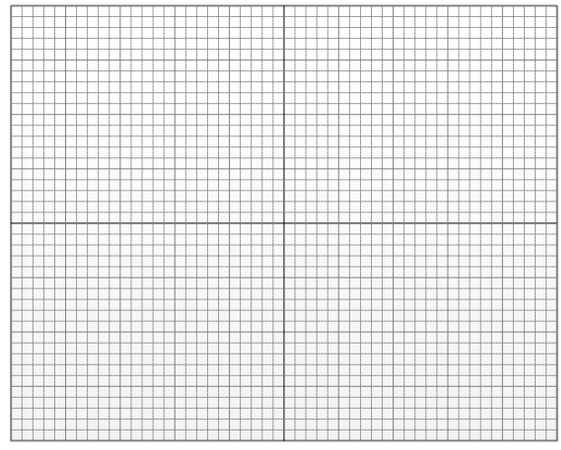


(b) SC çıxış siqnalı (D-C nöqtəsi)

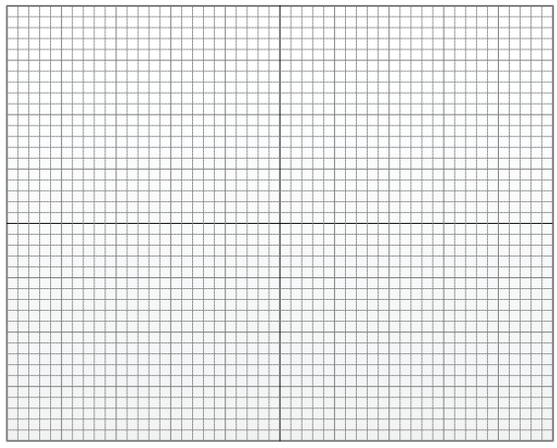
Mərkəzi bölməli rektifikator dövrəsinin giriş/çıxış siqnalı



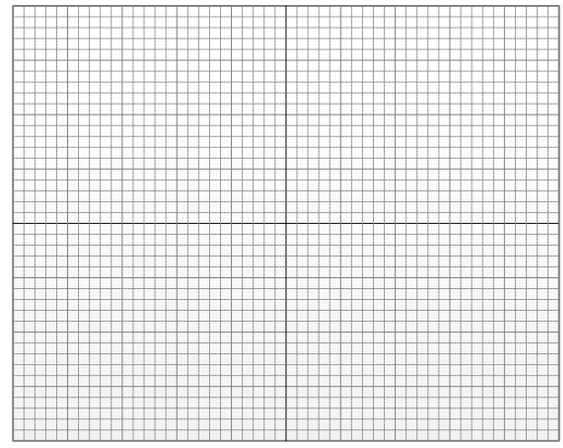
(a) DC giriş siqnalı (A-B nöqtəsi)



(b) SC çıxış siqnalı (R_L)



(c) D_1 boyu gərginliyin siqnalı



(d) D_3 boyu gərginliyin siqnalı

Körpü tipli rektifikator dövrəsinin giriş/çıxış siqnalı

2.2. Baxış və izah

1) Tək fazalı tam dalğa rektifikator dövrəsinin sabit cərəyan çıxış qiyməti tək fazalı yarım dalğa rektifikator dövrəsində olduğundan nə qədər çoxdur?
2) Yarım dalğa rektifikator dövrəsi ilə müqayisədə tam dalğa rektifikator dövrəsinin impuls gərginliyini təsvir edin.
3) Mərkəzi bölməli tam dalğa rektifikasiya dövrəsi ilə körpü tipli rektifikator dövrəsi arasındakı fərqləri izah edin.

12. Gərginliyi stabilləşdirən dövrə ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Sabit gərginlikli elektrik mənbəyi dövrəsinin xarakteristikaları ölçə biləcək və növlərini tanıyacaq;
2. Tranzistordan və ya Zener diodunda istifadə edərək, sabit gərginlikli elektrik mənbəyi dövrəsini quraşdıra biləcək;
3. İD-dən istifadə etməklə, gərginliyi stabilləşdirən dövrə quraşdıra və təmir edə biləcək;
4. Sabit cərəyanlı dövrədə gərginliyin dəyişmə əmsalı və impuls **əmsalını ölçəcək.**

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 0kΩ(1/2W)
2. Kondensator: Elektrolitik 100μF/25V, 1000μF/25V, 0.1μF/16V
3. Yarımkeçirici: Diod 1N4001, 1N4003 5ea, TR 2SD234, 2SC735 each 2ea, Zener Diod ZD5V 1ea, Requlyator IC 7805, 7812 each 1ea
4. Transformator: 220V/6V 0.5A
5. Maket sxem və birləşdirici kabel
6. Universal ÇDS

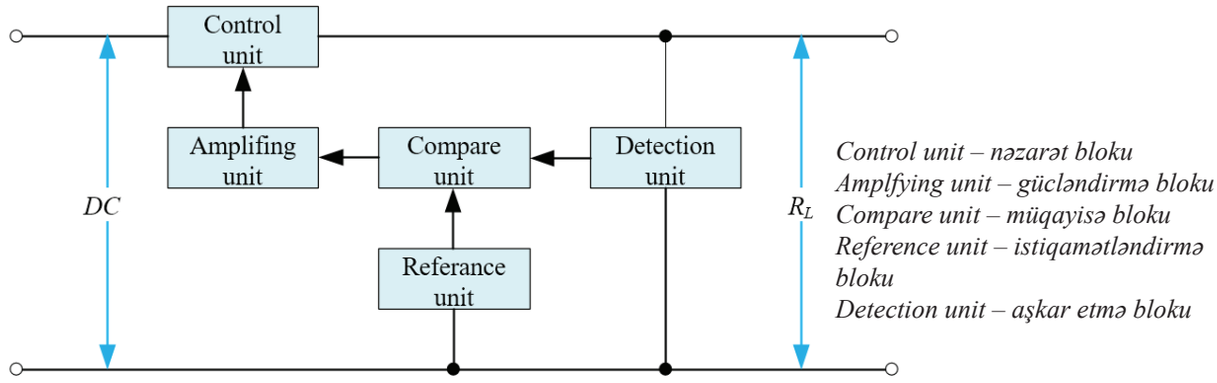
Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Gərginliyi stabilləşdirən dövrə

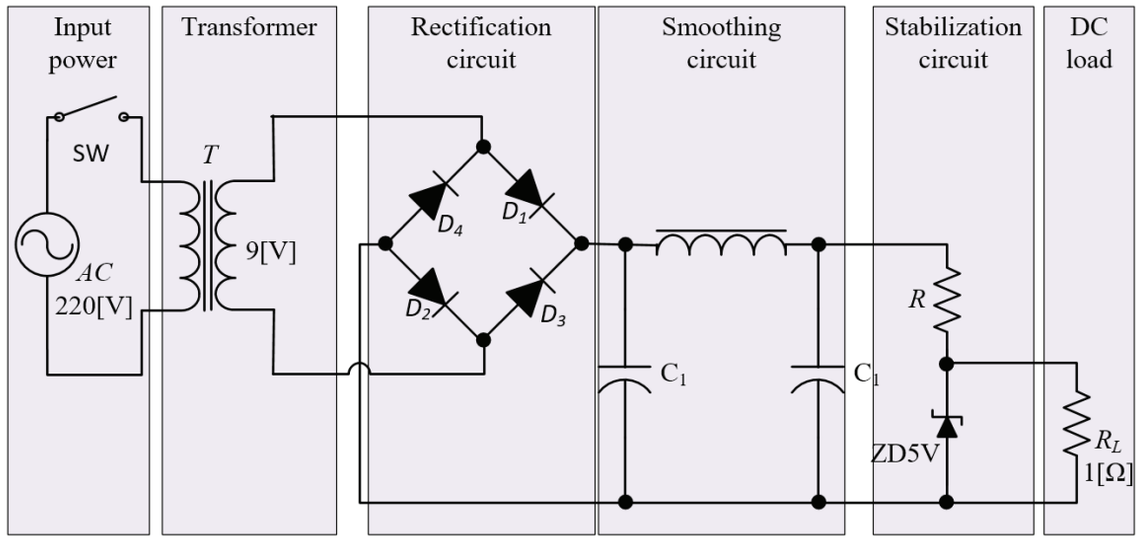
SC elektrik mənbəyinin gərginliyinin hətta yük dəyişdikdə belə artıb-azalmaması vacibdir və gərginlik dəyişməsini azaltmaqla stabilləşdirmə tələb olunur. Bu məqsədlə istifadə olunan stabilləşmiş enerji dövrəsinin prinsipi Şəkil 1-də göstərilmişdir. Stabilləşmiş elektrik mənbəyinin dövrəsi nəzarət metoduna əsasən ardıcıl və paralel birləşdirilmiş nəzarət növləri kimi təsnifləşdirilir. Sabit gərginlikli diodlarda sabit gərginlikli diodlar və tranzistorlarda ardıcıl birləşdirilmiş nəzarət stabilizasiya dövrələri geniş istifadə olunur.



Şəkil 1: Gərginliyi stabilləşdirən dövrənin sadə prinsipi

1) Sabit gərginlikli diodda istifadə olunan stabilizasiya dövrəsi (Şəkil 2-yə istinad edin)

Ümumi diodda olduğu kimi, zener diodları da cərəyanın düz istiqamətdə rahat şəkildə axdığı qırılma vəziyyətinə malikdirlər, lakin gərginlik əks istiqamətli sürüşmədə müəyyən gərginlikdən yüksək olduqda gərginlik dəyişmir və cərəyan qəfil axır. Sabit gərginlikli diodun xarakteristika əyrisi əks istiqamətdə sabit terminal gərginliyindən istifadə edən dövrədir və çıxış gərginliyi yalnız zener gərginliyi ilə müəyyən edilir.

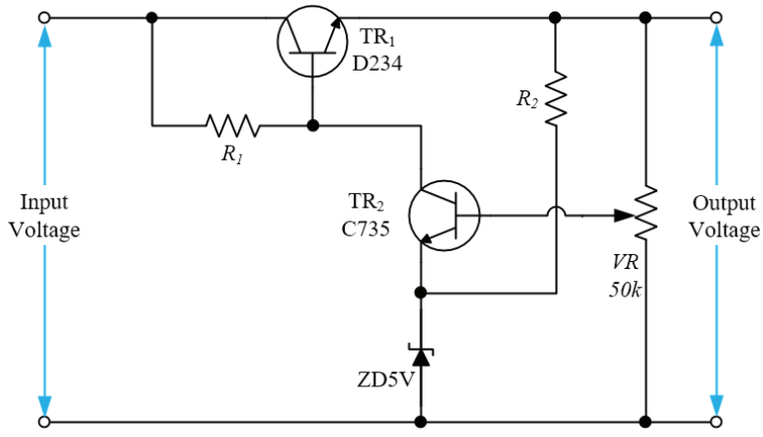


İnput power – giriş elektrik enerjisi
Transformer – transformator
Rectification circuit – rektifikasiya dövrəsi
Smoothing unit – düzləndirici dövrə
Stabilization circuit – stabilləşdirmə dövrəsi
DC load – SC yükü

Şəkil 2: Zener diodunun istifadə etdiyi stabilizasiya dövrəsi

2) TR stabilizasiya dövrəsi (Şəkil 3)

Cərəyan-gərginlik diodunun stabilizasiya dövrəsinin çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaq üçün TR1 nəzarət elementi, TR2 komparator (müqayisə) elementi və ZD gərginliyə istinad bölməsindən istifadə olunur. Çıxış gərginliyi yüksək olduqda, TR2 baza gərginliyi yüksəlir və zener gərginliyi sabit qalır. Buna görə də, çıxış gərginliyini arzuolunan səviyyədə saxlamaq üçün TR2-nin VBE gərginliyi azalır və TR1-in daxili müqaviməti yüksəlir.



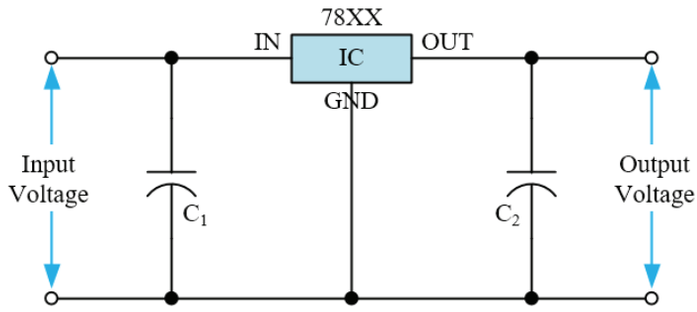
İnput voltage – giriş gərginliyi
Output voltage – çıxış gərginliyi

Şəkil 3: Tranzistor ilə stabilizasiya dövrəsi

2. Gərginliyi tənzimləyən İD dövrəsi

1) Sabit gərginlikli inteqral dövrəsinə (İD) həm də gərginlik tənzimləyici olaraq istinad edilir. Tətbiq sahəsində asılı olaraq, 78 ardıcıl birləşdirilmiş üç və ya dörd terminallı növü geniş istifadə olunur.

2) Sabit gərginlikli İD bir qablaşdırmada TR və rezistorun birləşməsində ibarətdir. Cədvəl 1 (a)-da və (b)-də (+) gərginlik meydana gətirə bilən gərginlik tənzimləyici üç terminallı inteqral dövrəsinin növü və adı və Cədvəl 1 (b)-də 78LXX və 79MXX göstərilib. Məsələn, 78L05 çıxış gərginliyi +5[V] olan və nominal cərəyanı 100 [mA] olan sabit gərginlikli İD-dir.



İnput voltage – giriş gərginliyi
Output voltage – çıxış gərginliyi
IN – giriş
OUT - çıxış

Şəkil 4: Gərginliyi tənzimləyən İD stabilizasiya dövrəsi

Cədvəl 1: Gərginliyi tənzimləyən üç terminallı İD növü və çıxış gərginliyi

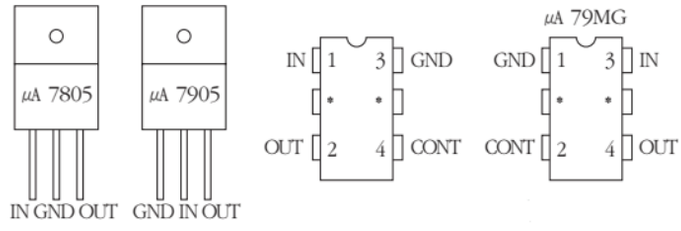
(a) 78XX

İD	Çıxış gərginliyi	Minimal giriş gərginliyi
7805	+5[V]	+7.3[V]
7806	+6[V]	+8.3[V]
7809	+9[V]	+12.5[V]
7812	+12[V]	+14.6[V]
7815	+15[V]	+17.5[V]
7818	+18[V]	+21.0[V]
7824	+24[V]	+27.1[V]

(b) 79XX

İD	Çıxış gərginliyi	Minimal giriş gərginliyi
7905	-5[V]	-7.3[V]
7906	-6[V]	-8.3[V]
7909	-9[V]	-12.5[V]
7912	-12[V]	-14.6[V]
7915	-15[V]	-17.5[V]
7918	-18[V]	-21.0[V]
7924	-24[V]	-27.1[V]

3) Şəkil 5 gərginliyi tənzimləyən üç terminallı İD və gərginliyi tənzimləyən dörd terminallı İD-nin kontakt birləşməsi diaqramını təsvir edir. Nəzərə alın ki, (+) və (-) elektrik mənbələri üçün İD kontakt birləşmələri tamamilə fərqlidir.

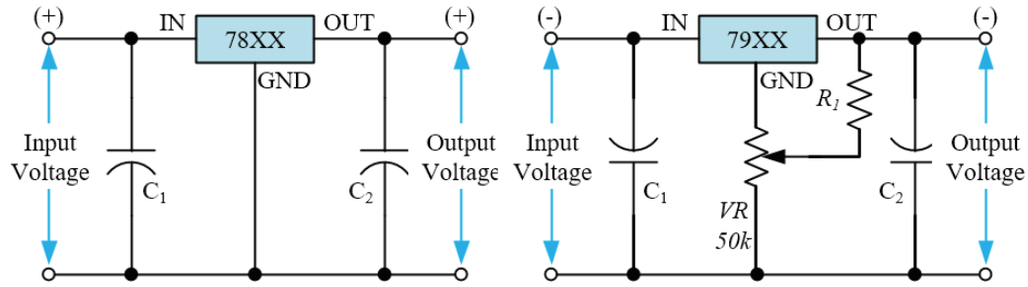


Şəkil 5: Gərginliyi tənzimləyən üç və dörd terminallı İD-nin kontakt tərtibatı

4) Gərginliyi tənzimləyən üç terminallı İD, əsasən, sabit çıxış gərginliyinə malikdir. Bununla belə, [Şəkil 5]-də göstərildiyi kimi, gərginliyi tənzimləyən 4-terminallı İD-nin IC A78 (və ya A79) MGXX, LM317, və s. nəzarət terminalı (CONT) çıxış gərginliyini fərqləndirən gərginliyi tənzimləyən İD də mövcuddur.

5) Sabit cərəyan dövrəsi giriş gərginliyi və ya yük dəyişməsinə uyğun olaraq, çıxış cərəyanını sabit saxlayır. O, transformatordan, zener diodundan və gərginliyi tənzimləyən İD-dən istifadə edir.

6) Çıxış gərginliyi üçün uA78/79 ardıcıl birləşdirilmiş dövrənin sadə tətbiqi Şəkil 6 (a)-da təsvir olunan sabit növdən və Şəkil 6 (b)-də təsvir olunan dəyişən növdən ibarət ola bilər. Giriş tərəfdə istifadə olunan dövrə İD-nin əməliyyatının sabitliyini artırır. Rektifikasiya dövrəsi giriş tərəfdə olduqda, düzləndirmə tutumu işə düşür. Çıxış tərəfi İD-nin dalğalanmalarının qarşısını almaq üçün işə düşür.

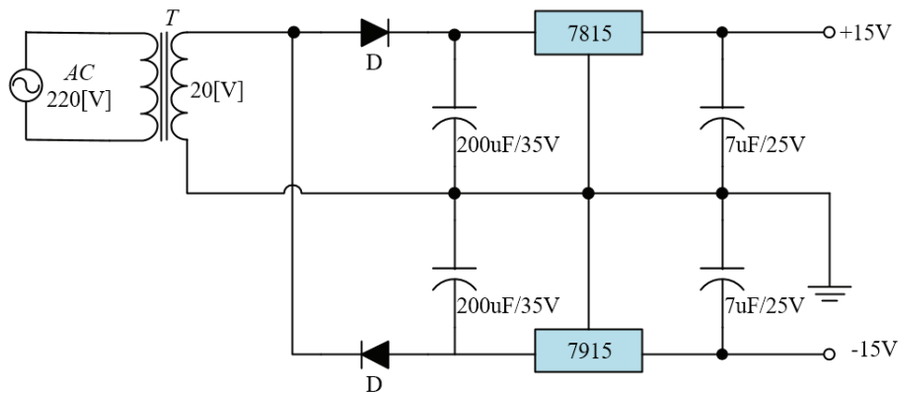


İnput voltage – giriş gərginliyi
Output voltage – çıxış gərginliyi

(a) Sabit çıxış növü (b) Dəyişən çıxış növü

Şəkil 6: uA78 / 79 İD-nin sadə konfiqurasiyası

7) Əməliyyat gücləndiricisinin fəaliyyəti üçün hər iki (±) elektrik mənbəyinin istifadə olunduğu hallarda, gücləndirici Şəkil 7-dəki kimi konfiqurasiya edilə bilər. (+) və (-) potensiallarının ortasında 0[V] torpaq gərginliyi olmalıdır. Dövrənin xarakteristikası ikiqat gərginlik dövrəsindən istifadə edən ikiqat elektrik mənbəyi transformatorundan istifadə etmədən, yarım gərginlikli rektifikator dövrəsindən və düzləndirici dövrədən istifadə olunaraq sadələşdirilib.



Şəkil 7: Hər iki elektrik dövrəsi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr ardıcıl qoşulur.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
4. **Ölçmənin aparıldığı terminal ölçmə aparan terminala qoşulu** olduğu zaman çevirmə çarxının vəziyyətini dəyişməyin.
5. Hər diodun xüsusiyyətlərinə uyğun gələn ölçmə aralığından istifadə edin.
6. Hissələrin başlıqlarını düz bucaq şəklində əyməyin.
7. Rektifikatorun elementinə maksimal əks istiqamət gərginliyindən daha yüksək gərginlik tətbiq etməyin.
8. Rektifikatorun elementlərini birləşdirərkən qütblərə diqqət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

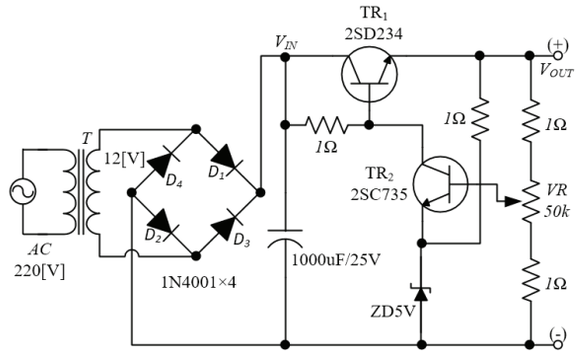
2. Şəkil 8-dəki dövrəyə baxın və sxem qurun.

3. Dövrəni quraşdırın.

1) Təmin ediləcək materialın keyfiyyətini yoxlayın.
2) Quraşdırdıqdan sonra bütün naqilləri yoxlayın.
3) Elektrik enerjisini qoşun.

4. Gərginliyi Stabilləşdirən Dövrənin Xarakteristikası

1) Multimetrdən istifadə etməklə, V_{IN} giriş gərginliyini ölçün və qiymətini Cədvəl 1-də qeyd edin.
2) V_{OUT} çıxış gərginliyini ölçün və qeyd edin.
3) Çıxış gərginliyini elə nizamlayın ki, VR minimum qiymətə malik olsun.
4) V_E buraxma gərginliyini, V_B baza gərginliyini və TR_2-nin kollektor gərginliyini ölçün və qeyd edin.
5) TR_1-in V_{BE} və V_{CE} gərginliklərini ölçün və qeyd edin.
6) VR maksimum qiymətə nizamlandıqdan sonra, (5)-də təsvir olunan şəkildə ölçün və Cədvəl 1-də qeyd edin.
7) VR 6[V] olaraq nizamlandıqdan sonra, (4)-dəki ölçü prosesini təkrarlayın və Cədvəl 1-də qeyd edin.

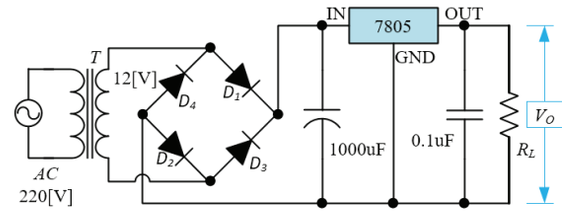


Şəkil 8: Gərginliyi stabilləşdirən dövrə təcrübəsi

5. Sabit gərginlikli İD dövrəsinin xarakteristikaları

1) İD mərkəzində olmaqla gərginliyi tənzimləyən İS dövrəsini verilmiş substratda yerləşdirin və matris diaqramını hazırlamaq üçün diodu və kondensatoru siqnal axını istiqamətində qoşun.
2) Sxemi tərtib edərkən, istilik paylayıcısının ölçüsünü nəzərə almaq üçün gərginliyi tənzimləyən İD istilik paylayıcısına quraşdırılmalıdır.
3) İD-dan istifadə edərək, gərginliyi tənzimləyən elektrik mənbəyi dövrəsinin xarakteristikalarını ölçün.
4) Dövrənin girişinə 220 [V] DC tətbiq edin və yük müqavimətini Cədvəl 2-də göstərilən şəkildə dəyişin, bu vəziyyətdə yük boyunca gərginliyi və yükdən keçən cərəyanı ölçün.
5) 4)-də ölçülmüş yük gərginliyini yüksüz təyin olunmuş 5[V] gərginlik ilə müqayisə edərək, yük müqavimətinin hər bir qiyməti üçün gərginliyin dəyişməsini hesablayın və Cədvəl 2-də qeyd edin.
6) İmpulsun yüklü halda 20 [Ω] çıxış müqaviməti ossiloqrafla ölçülür və impuls sürəti hesablanır. Ölçmə impulsu yüksəldikdə, ossiloqrafın DC/SC çevirmə aralığının dəyişən cərəyana nizamlandığından əmin olun.

$$Dalğalanma\ əmsalı = \frac{DCV}{SCV} \times 100[\%]$$



Şəkil 9: İD tənzimləyicisinin təcrübə dövrəsi

6. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Sabit gərginlikli elektrik mənbəyi dövrəsinin xarakteristikaları ölçüb və növlərini tanıyırmı? 2. gərginliyi stabilləşdirən dövrəni quraşdırıbmı? 3. İD-dən istifadə etməklə, gərginliyi stabilləşdirən dövrəni quraşdırıb və təmir edibmi? 4. Gərginliyi stabilləşdirən dövrədə gərginliyin dəyişmə qiymətini və impuls əmsalını ölçübmü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	Gərginliyi stabilləşdirən dövrə təcrübəsi		Tarix	
Şöbə		Ad		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Gərginliyi stabilləşdirən dövrənin xarakteristikaları

	V_{IN}	V_{OUT}	TR_2			TR_1	
			V_B	V_E	V_C	V_{BE}	V_{CE}
Min							
Maks							
Nizamlanmış		6V					

Cədvəl 2: Sabit gərginlikli dövrədə gərginliyin dəyişmə əmsalının ölçülməsi

	Yük müqaviməti	Yük gərginliyi [V]	Yük cərəyanı [mA]	Gərginliyin dəyişmə əmsalı
7805	10Ω 10W			
	20Ω 10W			
	30Ω 10W			
78012	100Ω 5W			
	250Ω 5W			
	300Ω 5W			

2.2. Baxış və izah

1) Sabit gərginlikli dövrənin sadə konfiqurasiya diaqramını təsvir edin və onun komponentlərini yazın.
2) İstinad gərginliyini SC stabilləşdirilmiş elektrik mənbəyi dövrəsindən əldə edən alət hansıdır?
3) Zener diodundan istifadə edin.
4) Sabit gərginlik tənzimləyicisi nədir?

13. Tranzistorun əməliyyat xarakteristikaları ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Tranzistorların quruluşunu və iş prinsipini izah edə biləcək;
2. Tranzistorun əməliyyat statusunu izah edə biləcək;
3. Düz və əks istiqamətli gərginlik-cərəyan xarakteristikalarını ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 3.9kΩ, 680Ω
2. Tranzistor: 2SC562, 2SA1015, 2SC1815, 2SC536
3. Maket sxem və birləşdirici kabel

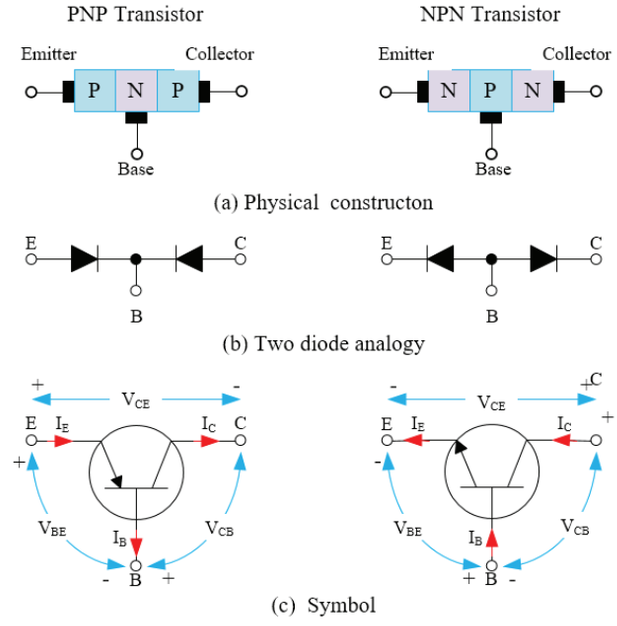
Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Tranzistorun quruluşu

Tranzistor iki PN keçidinə malik olan və emitter, baza və kollektor adlandırılan üç təbəqəli yarımkeçirici cihazdır. Həmçinin, daşıyıcıların (dəliklər və elektronlar) hər iki tipi birlikdə fəaliyyət göstərdiyinə görə, onlara ikiqütblü keçidli tranzistorlar və ya qısaca olaraq, İKT kimi istinad edilir.



PNP transistor – PNP tranzistoru
Emitter – emitter
Collector – kollektor
Physical construction – fiziki quruluş
Two diode analogy – iki diod analoqu
Symbol - simvol

Şəkil 1: Tranzistorların quruluşu və simvolları

2. Tranzistorun əməliyyat statusu

Tranzistorlar kiçik siqnal gərginliyinin tətbiqi ilə izolyator və ya keçirici kimi fəaliyyət göstərən müxtəlif yarımkeçirici materiallardan hazırlanmış üç terminaldan ibarət aktiv cihazlardır. Tranzistorun bu iki vəziyyət arasında dəyişəbilmə qabiliyyəti iki sadə funksiyanın meydana gəlməsinə imkan yaradır: "çevirmə (rəqəmli elektronik vasitələr)" və ya "gücləndirmə" (analoq elektronik vasitələr) funksiyası. Bundan əlavə, ikiqütblü tranzistorların üç fərqli zonada fəaliyyət göstərə bilmək qabiliyyəti də mövcuddur:

1) Doyma zonası

Tranzistorun həm baza-emitter keçidi, həm də kollektor-baza keçidi düz istiqamətdə sürüşməlidir. Tranzistor çevirici kimi işlədikdə "Fully-ON" ("Tam-YANILI") rejimindədir və *Ic = I.* Rəqəmli dövrələrdə və elektronik çevirmə cihazlarında istifadə olunur

2) Aktiv zona

Tranzistorun baza-emitter keçidi düz istiqamətdə sürüşməlidir və kollektor-baza keçidi əks sürüşməlidir. Tranzistor gücləndirici kimi fəaliyyət göstərir və Ic = β*Ib. O, adətən gücləndirici kimi istifadə olunur.

3) Kəsilmə zonası

Tranzistorun həm baza-emitter, həm də kollektor-baza keçidi əks istiqamətdə sürüşməlidir. Tranzistor çevirici kimi "Fully-ON" ("Tam-YANILI") rejimində və Ic = 0 olur. Rəqəmli dövrələrdə və çevirmə elektronik cihazlarda istifadə olunur

3. Tranzistorun iş prinsipi

NPN və PNP tranzistorlarının əməliyyat rejimi üçün aktiv zonada emitter E və baza B arasında düz sürüşməli gərginlik, baza B və kollektor C arasında əks sürüşməli gərginlik tətbiq olunmalıdır.

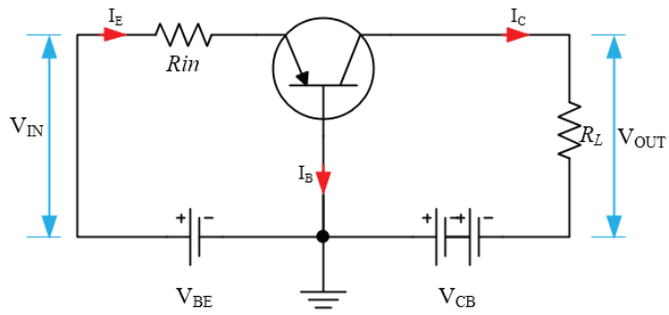
1) PNP tranzistoru

[Şəkil 2] PNP tipli tranzistorun əməliyyat prinsipini göstərir. Burada emitter və baza (E-B) arasında düz sürüşməli, kollektor və baza (C-B) arasnda isə əks sürüşməli gərginlik tətbiq olunub.

Cüt tapa bilməyən əksər deşiklər kollektor tərəfdəki VCB gərginliyin elektik sahəsinə görə qısa bazaya və düzgün interfeysə (NP keçidi) malikdir və sonda kollektora doğru hərəkət edir. Bu zaman kollektorun IC cərəyanı meydana gəlir.

Həmçinin, fasiləsiz olaraq emitterin (+) terminalından davamlı şəkildə dəliklər yaranaraq, emitterin IE cərəyanını meydana gətirir.

Buna görə də, emitterin IE cərəyanı emitterdən bazaya yayılan IB deşik cərəyanı və emitterdən kollektora yayılan IC cərəyanının birləşməsi ilə formalaşır.



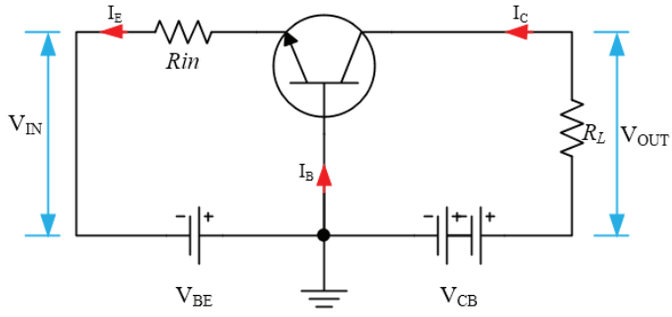
Şəkil 2: PNP tipli tranzistorun əməliyyat prinsipi

2) NPN tranzistoru

Şəkil 3 NPN tipli tranzistorun əməliyyat prinsipini göstərir. Emitter və baza (E-B) arasında düz istiqamətdə sürüşməli, kollektor və baza (C-B) arasında isə əks istiqamətdə sürüşməli gərginlik tətbiq olunub.

(E-B) bazada az sayda deşiklə yenidən birləşərək baza cərəyanı əmələ gətirir. Baza qısa olduğu üçün cütləşə bilməyən elektronların çoxu da qısadır. Buna görə də, V_{CB} gərginlik sahəsi interfeysə (PN keçidi) çatır və kollektora doğru hərəkət edir. Bu, kollektorun cərəyanı I_C olur.

Bundan əlavə, fasiləsiz olaraq emitterin (-) terminalı tərəfindən yayılan emitter elektronları I_E emitter cərəyanını əmələ gətirir. PNP tipli tranzistorda olduğu kimi, IE emitter cərəyanının 95-98[%]-i I_C kollektor cərəyanı, 2-5 [%]-i isə I_B baza cərəyanıdır.



Şəkil 3: NPN tipli tranzistorun əməliyyat prinsipi

4. Gücləndirmə əmsalı

Emitterdən keçən cərəyanın miqdarının kollektor zonasına çatan cərəyanın miqdarına olan nisbəti tranzistorun gücləndirmə amili adlanır və tranzistorun elektrik xarakteristikasını müəyyənləşdirmək üçün ən əsas parametrdir. 1-ə yaxın olması çox yaxşı göstəricidir.

Tranzistorun faktiki qiyməti 0.98-0.997-dir. Real PNP tranzistorunda α -nın 1-ə yaxınlaşması üçün emitter keçidi PN keçidi olur. Bazaya daxil edilmiş elektronların bu zonaya yayılması ərzində digər elektronlarla birləşməsinin qarşısını alınmalıdır. Bu səbəbə görə, bazanın eni 0.3-20[μm] kiçiklikdə hazırlanır.

Əgər IC kollektor cərəyanının IB baza cərəyanına olan nisbəti β olarsa, aşağıdakı bərabərlik əldə olunur:

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

Burada, bu əmsala emitterin birləşmə dövrəsindəki cari gücləndirmə əmsalı olaraq istinad edilir və 1-dən daha böyük qiymətə malikdir.

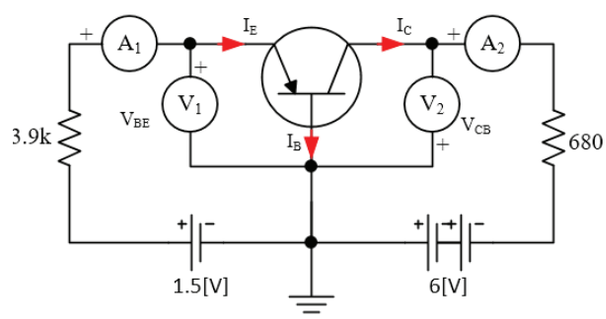
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr ardıcıl qoşulur.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
4. Ölçmənin aparıldığı terminal ölçmə aparan terminala qoşulu olduğu zaman çevirmə çarxının vəziyyətini dəyişməyin.
5. Elektrik mənbəyini tranzistorun dövrəsinə qoşmazdan əvvəl E və B arasındakı gərginliyin müvafiq səviyyədə olduğundan əmin olun. Həmçinin dövrədə cərəyanı məhdudlaşdıran rezistor olmadıqda tranzistoru elektrik mənbəyinə qoşmayın.
6. Tranzistor kiçik, qurğuşun naqil olub, asanlıqla yerə düşdüyü və naqil elektrik şokuna və ya həddən artıq yüklənməyə həssas olduğu üçün diqqətli olun.
7. Ommetrdə tranzistorun müqavimətini ölçərkən həddən yüksək cərəyanın axmadığından əmin olun.

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. PNP tranzistorunun gərginlik-cərəyan ölçməsi.

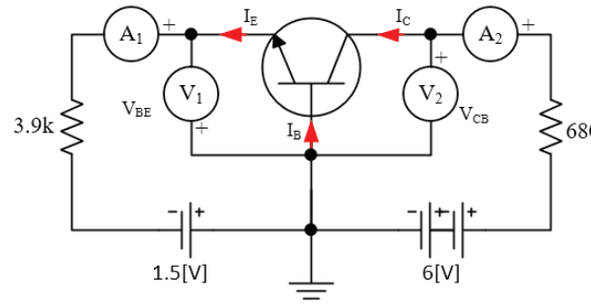
1) Dövrəni Şəkil 4-də göstərildiyi kimi birləşdirin.
2) PNP tranzistorunu hazırlayın, tipinin adını yoxlayın və E, B, C terminallarının hər birini yoxlayın. Ampermetr və voltmetrin qütblərini yoxlayın.
3) V_{CC} qapanır, V_{EB} və I_E ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd edilir.
4) Enerji mənbəyinin gərginliyini verilmiş dövrə diaqramındakı kimi təchiz etdikdən sonra V_{CB} və I_C ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd edilir.
5) Ölçülmüş qiymətlərdən istifadə edərək, bazada I_B cərəyanını və $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ cərəyan artımını hesablayın və Cədvəl 1-də qeyd edin.
6) 2SA562-ni 2SA1015 ilə əvəz edin və 3) və 5) addımlarını təkrarlayın.



Şəkil 4: PNP tranzistorunun təcrübə dövrəsi

3. NPN rezistorunun gərginlik-cərəyan ölçməsi.

1) Dövrəni Şəkil 5-də göstərildiyi kimi birləşdirin.
2) NPN tranzistorunu hazırlayın, tipinin adını yoxlayın və E, B, C terminallarının hər birini yoxlayın. Ampermetr və voltmetrin qütblərini yoxlayın.
3) V_{CC} qapanır, V_{EB} və I_E ölçülür və Cədvəl 2-də qeyd edilir.
4) Elektrik mənbəyinin gərginliyini verilmiş dövrə diaqramındakı kimi təchiz etdikdən sonra V_{CB} və I_C ölçülür və Cədvəl 2-də qeyd edilir.
5) Ölçülmüş qiymətlərdən istifadə etməklə, bazada I_B cərəyanını və $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ cərəyan artımını hesablayın və Cədvəl 2-də qeyd edin.
6) 2SC1815 -ni 2SC536 ilə əvəz edin və 3) və 5) addımlarını təkrarlayın.



Şəkil 5: NPN tranzistorunun təcrübə dövrəsi

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Tranzistorların quruluşunu və iş prinsipini izah etdimi? 2. Tranzistorun işləmə vəziyyətini izah etdimi? 3. Tranzistorun cərəyan artımını hesabladımı? 4. Tranzistorun düz və əks istiqamətdə gərginlik-cərəyan xarakteristikalarını ölçdümü? 5. Multimetrdən istifadə etməklə tranzistorun qütblərini oxudumu? 6. Emitter cərəyanı, baza cərəyanı və kollektor cərəyanı arasındakı münasibəti təsvir etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	Tranzistorun əməliyyat xarak-teristikalarının təcrübəsi		Tarix	
Şöbə		Ad		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: PNP tranzistorunun gərginlik-cərəyan ölçüsü

TR növü	V_{EB}	V_{CB}	I_E	I_C	Hesablama	
					$I_B = I_E - I_C$	α
2SA562						
2SA1015						

Cədvəl 2: NPN tranzistorunun gərginlik-cərəyan ölçüsü

TR növü	V_{EB}	V_{CB}	I_E	I_C	Hesablama	
					$I_B = I_E - I_C$	α
2SC1815						
2SC536						

$$Voltage\ fluctuationrate = \frac{Yüksüz\ gərginlik - Tam\ yüklü\ gərginlik}{Tam\ yüklü\ gərginlik} \times 100[\%]$$

2. Baxış və izah

1) PNP rezistorunun düz və əks istiqamətli müqavimətinin təqribi qiyməti nədir?
2) NPN rezistorunun düz və əks istiqamətli müqaviməti nə qədərdir?
3) PNP tranzistorunda və NPN rezistorunda cərəyan axınının istiqamətini izah edin.
4) Tranzistorun simvolu olan oxlar nəyi bildirir?
5) Tranzistorun baza zonasının emitter və ya kollektorla müqayisədə niyə nazik qatla örtüldüyünü izah edin.
6) Tranzistorun dörd əməliyyat statusunu izah edin.
7) Tranzistorun əməliyyat statusunda sürüşmənin aktiv zonaya tətbiq metodunu izah edin.
8) Emitter cərəyanı, baza cərəyanı və kollektor cərəyanı arasındakı münasibəti izah edin.
9) PNP və NPN tranzistorunun cərəyan gücləndirmə amillərini müqayisə edin.

14. Tranzistorun torpaqlanmış gücləndirici dövrəsi ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Tranzistorun baza, emitter və kollektor qismində ümumi torpaqlama xarakteristikalarını təsvir edə biləcək;
2. Tranzistorun torpaqlanma növünə uyğun olan xarakteristikaları və fərqləri təsvir edə biləcək;
3. Tranzistorun torpaqlama dövrəsinin giriş və çıxış xarakteristikalarını ölçə biləcək;
4. Tranzistorun torpaqlanma üsulunun cərəyanı gücləndirmə əmsalını hesablaya biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 300Ω, 500Ω, 10kΩ, 20kΩ, 20kΩ VR×2ea
2. Tranzistor: 2SC1815
3. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. İkiqütblü tranzistorun konfiqurasiyası

İkiqütblü transistor üç terminallı cihaz olduğu üçün, onu elektrik dövrəsinə qoşmağın üç üsulu mövcuddur və bir terminal həm giriş, həm də çıxış kimi istifadə edilə bilər. Hər birləşmə üsulu dövrə daxilindəki giriş siqnalına müxtəlif reaksiya verir, çünki tranzistorun statik xarakteristikası hər dövrə quruluşu ilə dəyişir.

Ümumi baza konfiqurasiyası – Gərginlik artır, lakin cərəyan şiddəti artmır.

Ümumi emitter konfiqurasiyası – Gərginlik və cərəyan şiddəti artır.

Ümumi kollektor konfiqurasiyası – Cərəyan şiddəti artır, lakin gərginlik artmır.

1) Bazanın ümumi torpaqlama dövrəsi

Bazanın ümumi torpaqlama dövrəsi CB bazanı torpaqlama üsuludur və kollektordan çıxış siqnalı əldə etmək üçün giriş siqnalının emitterə tətbiq edilməsidir. Şəkil 1-də təsvir olunduğu kimi, aktiv zonada bazanın sadə torpaqlama dövrəsini işə salmaq üçün sürüşmə gərginliyinin tətbiq edilməsi üsulu düz istiqamətli sürüşmə gərginliyi E və B arasında, əks istiqamətli sürüşmə gərginliyi isə C və B arasında tətbiq edilməlidir.

Şəkil 1 (a)-da emitterin IE cərəyanı IB baza cərəyanı ilə kollektorun IC cərəyanının cəminə bərabərdir.

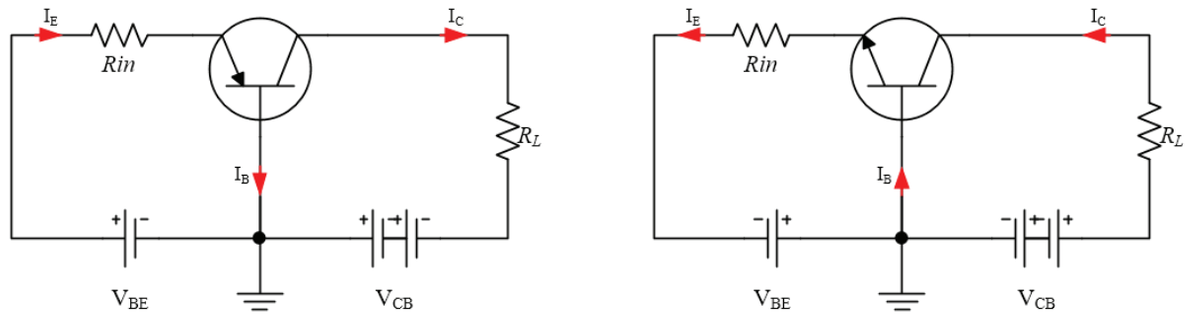
$$I_E = I_C + I_B$$

Burada, $I_C \gg I_B$ olduğu üçün, aşağıdakı nisbət yaranır.

$$I_E \cong I_C$$

Bazanın torpaqlanma gücləndirici dövrəsinin cərəyanı gücləndirmə əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\alpha = \frac{Çıxış\ cərəyanı}{Giriş\ cərəyanı} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\Big| V_{CB=sabit} = 0.95\ 0.99$$



(a) PNP növü (b) NPN növü

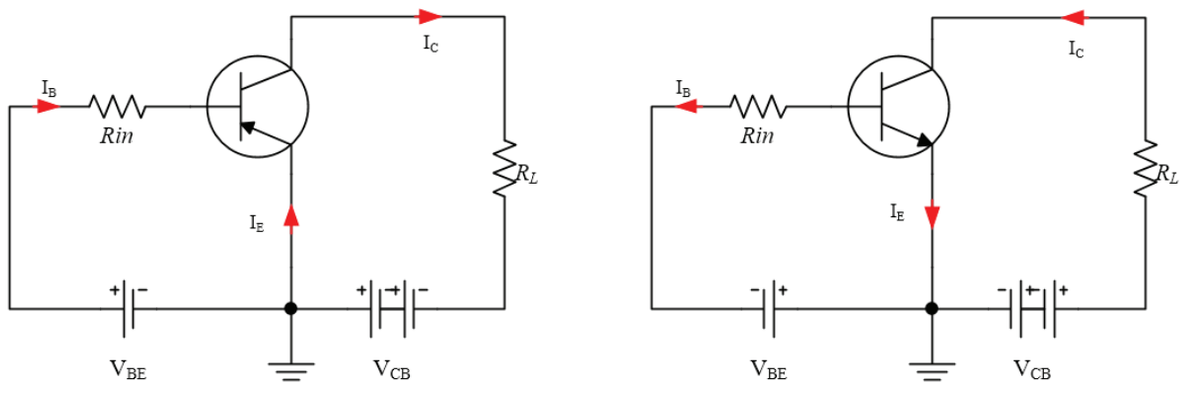
Şəkil 1: CB gücləndirmə dövrəsi

CB gücləndirmə dövrəsi aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir.

- Torpaqlama üsulları arasında giriş gərginliyi ən kiçik, çıxış gərginliyi isə ən yüksək qiyməti alır.
- Cərəyanın artım əmsalı 1-dən aşağıdır, lakin gərginliyin artım əmsalı yüksəkdir.
- Yaxşı tezlik xüsusiyyətlərinə malikdir.
- Giriş və çıxış eyni fazadadır.

2) Emitterin ümumi torpaqlama dövrəsi

Emitterin ümumi torpaqlama dövrəsi (CE) emitteri torpaqlama və kollektordan çıxış gərginliyini əldə etmək üçün bazaya giriş gərginliyinin tətbiq etmə üsuludur. [Şəkil 2]-də emitterin ümumi torpaqlama dövrəsi aktiv zonada fəaliyyət göstərmək üçün baza gərginliyinə düz istiqamətli gərginliyi və kollektorun gərginliyinə əks istiqamətli gərginliyi tətbiq etməlidir.



(a) PNP növü (b) NPN növü

Şəkil 2: CE gücləndirici dövrə

[Şəkil 2 (a)]-da emitterin I_E cərəyanı I_B baza cərəyanı ilə kollektorun I_C cərəyanının cəminə bərabərdir.

$$I_E = I_C + I_B$$

İndi isə, I_B and I_C cərəyanlarının bir dəqiqədə ərzində ΔI_B və ΔI_C dəyişməsi aşağıdakı kimi hesablanır:

$$\beta = \left|\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right|_{V_{CE}=V_{CO}}$$

β emitterin torpaqlama dövrəsinin cərəyanının artım əmsalıdır və həmçinin hfe ilə işarələnir.

α və β arasındakı əlaqə aşağıdakı kimidir.

$$\beta = \left|\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right| = \left|\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E - \Delta I_C}\right| = \left|\frac{\alpha I_E}{(1-\alpha) I_E}\right| = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$V_{CE} = V_{CO}$ (sabit) və sabit cərəyanın gücləndirmə əmsalı hfe aşağıdakı şəkildə olur:

$$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B}$$

Baza açıq olduqda, kollektor və emitter arasında axan sızma cərəyanı I_{CBO} aşağıdakı şəkildə hesablanır:

$$I_{CEO} = \left.\frac{I_{CO}}{1-\alpha}\right|_{I_{B=sabit}} = \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} = (\beta+1) I_{CEO} \cong \beta I_{CEO}$$

β nə qədər yüksək olsa, I_{CBO} bir o qədər çox artır. Burada, I_{CBO} baza torpaqlama dövrəsində emitter açıq olduqda, kollektor və baza arasında axan sızma cərəyanıdır.

CE gücləndirmə dövrəsinin xüsusiyyətləri aşağıda təsvir olunub.

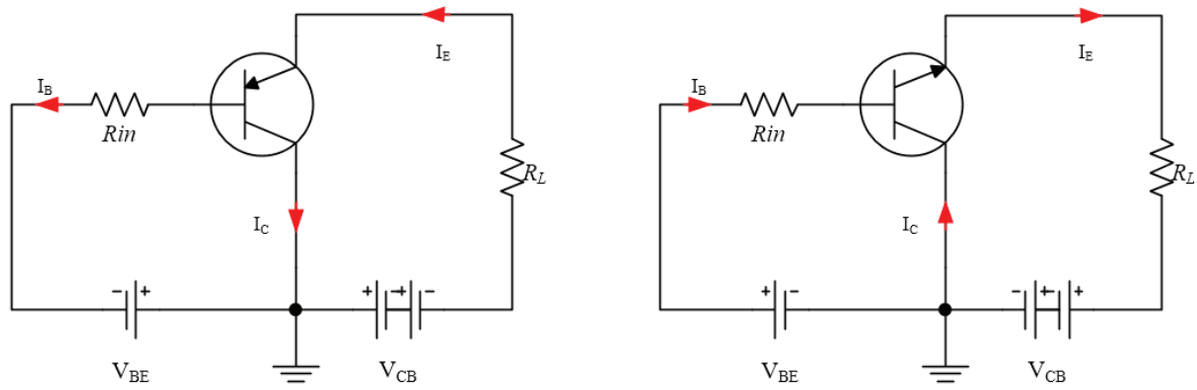
- Həm gərginliyin artım əmsalı, həm də cərəyanın artım əmsalı 1-dən yüksəkdir.
- Giriş/çıxış müqavimətinin qiyməti bazanın torpaqlanma gərginliyi və kollektorun torpaqlanma gərginliyi arasında bir qiymət alır.
- Ən yüksək elektrik artımına malikdir və elektrik gücləndiricisi kimi istifadə oluna bilər.
- Giriş və çıxış əks fazalardadır, baza və kollektor arasındakı tutum yüksəkdir və bununla, yüksək tezlik gücləndirməsi üçün neytrallaşdırma dövrəsi əlavə olunur.

3) Kollektorun torpaqlama gücləndirici dövrəsi

Ümumi kollektorun (CE) gücləndirici dövrəsi emitter təkrarlayıcısı adlanır, bu halda kollektor ümumi şəkildə torpaqlanır və Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, emitterdən çıxış gərginliyi əldə etmək üçün bazara giriş gərginliyi tətbiq olunur.

ÜK dövrəsində sabit cərəyanın artım əmsalı aşağıdakı kimi hesablanır, burada I_B giriş cərəyanı, I_E çıxış cərəyanıdır:

$$SCartıməmsalı = \frac{Çıxışcərəyanı}{Girişcərəyanı} = \frac{I_E}{I_B} = \frac{I_B + I_C}{I_B} = 1 + \frac{I_C}{I_B} = 1 + \beta$$



(a) PNP növü (b) NPN növü

Şəkil 3: CE gücləndirmə dövrəsi

CE gücləndirmə dövrələrinin xüsusiyyətləri aşağıdakı kimidir.

- Torpaqlama üsulları arasında giriş müqaviməti ən yüksək qiymətə, çıxış müqaviməti isə ən kiçik qiymətə malik olur.
- Giriş/çıxış gərginliyinin fazası düz fazadadır və gərginliyin artım əmsalı 1-dən kiçikdir.
- Giriş/çıxış cərəyanı əks fazadadır və cərəyanın artım əmsalı yüksəkdir.
- Yüksək müqavimətli mənbə ilə aşağı müqavimətli yükün uyğunlaşdırılması üçün əlverişlidir.
- Çıxış siqnallarında kənarlaşmalar daha az olduğu üçün sabit fəaliyyət göstərir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

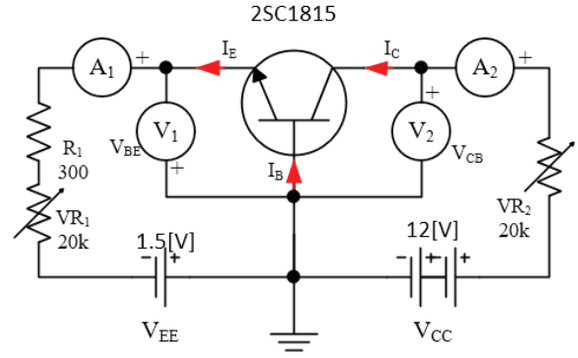
1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr ardıcıl qoşulur.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisi təchiz edin.
3. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
4. **Ölçmənin aparıldığı terminal ölçmə aparan terminala qoşulu** olduğu zaman **çevirmə çarxının** vəziyyətini dəyişməyin.
5. Elektrik mənbəyini tranzistorun dövrəsinə qoşmazdan əvvəl E və B arasındakı gərginliyin düzgün səviyyədə olduğundan əmin olun. Həmçinin dövrədə cərəyanı məhdudlaşdıran rezistor olmadığı halda tranzistoru elektrik mənbəyinə qoşmayın.
6. Tranzistor kiçik, qurğuşun naqil asanlıqla yerə düşdüyü və naqil elektrik şokuna və ya həddən artıq yüklənməyə həssas olduğu üçün diqqətli olun.
7. Kollektorun maksimal itki səviyyəsini keçməyin.
8. Tranzistorlar qısa müddət ərzində ölçülməlidirlər, çünki onlar xüsusiyyətləri temperaturdan asılı olaraq dəyişir.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. CB gücləndirmə dövrəsinin giriş xarakteristikalarının təcrübəsi

1) Dövrəni [Şəkil 4]-də təsvir olunduğu kimi birləşdirin. Bu zaman V_{EE} və V_{CC} gərginlikləri 0 [V]-a nizamlanır.
2) Tranzistorun, ampermetrin və voltmetrin qütblərini yoxlayın.
3) V_{CB} = 0 [V], yəni, açıq vəziyyətə nizamlayın və V_{EE} gərginliyini Cədvəl 1-də göstərilən şəkildə tədricən dəyişərək, I_E və I_C cərəyanlarını ölçün.
4) V_{CB} müvafiq olaraq, 5 [V], 10 [V] və 15 [V]-a nizamlandıqda, yuxarıda təsvir olunan 3) prosesini təkrarlayın.
5) Cədvəl 1-dən əldə edilən məlumatlardan istifadə edərək, Şəkil (a)-dakı ÜB gücləndirmə dövrəsində V_{EB}-I_E giriş xarakteristika əyrisini çəkin.



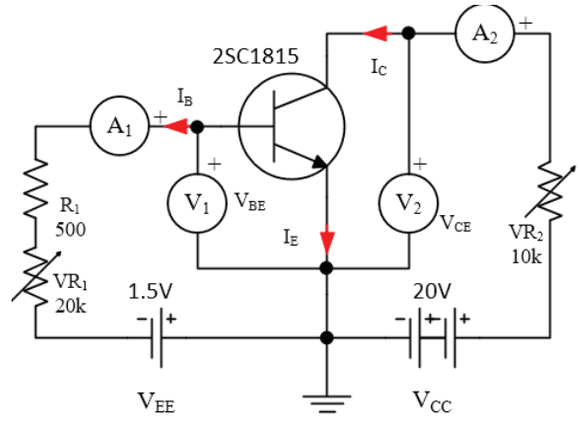
Şəkil 4: Təcrübə CB gücləndirmə dövrəsi

3. CB gücləndirmə dövrəsinin çıxış xarakteristikalarının təcrübəsi

1) Dövrəni Şəkil 4-də təsvir olunduğu kimi birləşdirin.
2) VR_1 dəyişən rezistoru elə nizamlayın ki, I_E = 0 və VR_2-ni Cədvəl 2-də təsvir olunan şəkildə tədricən artırmaqla I_C cərəyanını ölçün və Cədvəl 2-də qeyd edin.
3) VR_1 təkrar elə nizamlayın ki, I_E = 2 [mA] olsun və daha sonra təcrübənin 2) addımını təkrarlayın.
4) VR_1 I_E = 4 [mA], 6 [mA] və s. şəkildə nizamlandıqda, təcrübənin 2) addımını təkrarlayın.
5) Cədvəl 2-dən əldə edilən məlumatlardan istifadə edərək, Şəkil (B)-dəki CB gücləndirmə dövrəsində V_{CB}-I_C çıxış xarakteristika əyrisini çəkin.

4. CE gücləndirmə dövrəsinin giriş xarakteristikalarına dair təcrübə

1) Dövrəni Şəkil 5-də təsvir olunduğu kimi birləşdirin.
2) Tranzistorun, ampermetrin və voltmetrin qütblərini yoxlayın.
3) VR_2 dəyişən rezistoru elə nizamlayın ki, V_{CE} = 0 [V] olsun və V_{BE} 0 [V]-dan 0.8 [V]-a dəyişdikcə, I_B və I_C cərəyanlarını nizamlamaq üçün ilk öncə VR_1 rezistoru nizamlayın. Ölçmələr aparın və qeyd edin.
4) VR_2 dəyişən rezistoru 5 [V], 10 [V] və 15 [V]-a nizamlayın və V_{BE} gərginliyini dəyişməklə, hər bir V_{CE} üçün I_B və I_C cərəyanlarını ölçüb qeyd edin.
5) Cədvəl 3-dən əldə edilən məlumatlardan istifadə edərək, Şəkildəki CE gücləndirmə dövrəsində V_{BE}-I_E giriş xarakteristika əyrisini çəkin.



Şəkil 5: Təcrübi CE gücləndirmə dövrəsi

5. CE gücləndirmə dövrəsinin çıxış xarakteristikalarına dair təcrübə

1) Dövrəni Şəkil 4-də təsvir olunduğu kimi birləşdirin.
2) VR_1 dəyişən rezistoru elə nizamlayın ki, bazada axan cərəyan IB = 0 [uA] olsun və VR_2 nizamlandığı zaman, V_{CE} Cədvəl 4-də təsvir olunan səviyyədə olduqda I_C cərəyanını ölçün və Cədvəl 4-də qeyd edin.
3) VR_1 təkrar dəyişsə və I_B Cədvəl 4-də təsvir olunan səviyyədə nizamlansa, yuxarıda təsvir olunan 2) addımını təkrarlayın.
4) Cədvəl 4-dən əldə olunmuş məlumatlardan istifadə edərək, Şəkil 9-da V_{CE} - I_C xarakteristika əyrisi çəkin.

6. Təmizlik və səliqəyəsalma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Tranzistorun ümumi bazasının, emitterinin və kollektorunun torpaqlama dövrəsinin xarakteristikalarını izah edibmi? 2. Hər torpaqlama dövrəsinin giriş və çıxış dövrələrinə tətbiq olunan sürüşmə üsulunu izah edibmi? 3. Tranzistorun torpaqlama dövrəsinin giriş və çıxış xarakteristikalarını izah edibmi? 4. Tranzistorun torpaqlama üsulu üçün cərəyan gücləndirmə əmsalını hesablayıbmı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Tranzistorun torpaqlanma gücləndirmə dövrəsi ilə təcrübə	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: CB gücləndirmə dövrəsinin giriş göstəriciləri

V_{EB} [V]	V_{CB}=0[V]		V_{CB}=5[V]		V_{CB}=10[V]		V_{CB}=25[V]	
	I_E[mA]	I_C [mA]	I_E[mA]	I_C [mA]	I_E[mA]	I_C [mA]	I_E[mA]	I_C [mA]
0								
0.2								
0.4								
0.6								
0.8								
1.0								

Cədvəl 2: CB gücləndirmə dövrəsinin çıxış göstəriciləri

V_{EB} [V]	I_C [mA]					
	I_E=0[mA]	I_E=2[mA]	I_E=4[mA]	I_E=6[mA]	I_E=8[mA]	I_E=10[mA]
0						
0.2						

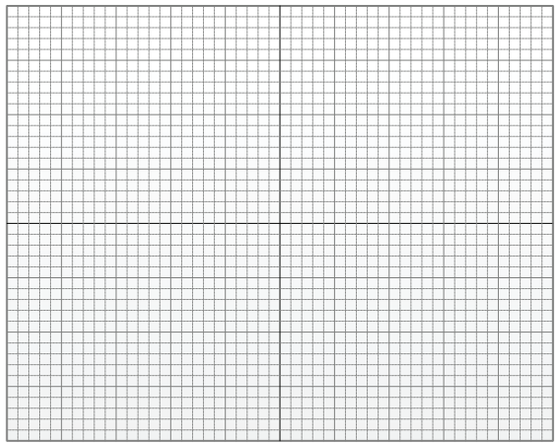
0.4						
0.6						
0.8						
1.0						

Cədvəl 3: CE gücləndirmə dövrəsinin giriş göstəriciləri

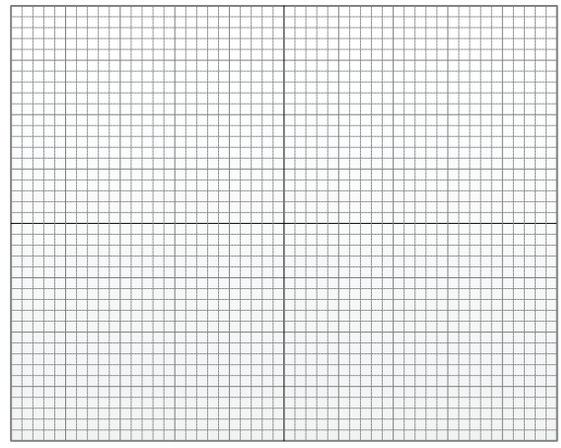
V_{EB} [V]	V_{CB}=0[V]		V_{CB}=5[V]		V_{CB}=10[V]		V_{CB}=25[V]	
	I_B[mA]	I_C [mA]	I_B[mA]	I_C [mA]	I_B[mA]	I_C [mA]	I_B[mA]	I_C [mA]
0								
0.1								
0.2								
0.3								
0.4								
0.5								
0.6								
0.7								
0.8								
1.0								

Cədvəl 4: CE gücləndirmə dövrəsinin çıxış göstəriciləri

V_{EB} [V]	I_C [mA]						
	I_B=0[μA]	I_B=50[μA]	I_B=100[μA]	I_B=150[μA]	I_B=200[μA]	I_B=250[μA]	I_B=300[μA]
0							
0.2							
0.4							
0.5							
0.6							
0.7							
1							
3							
5							

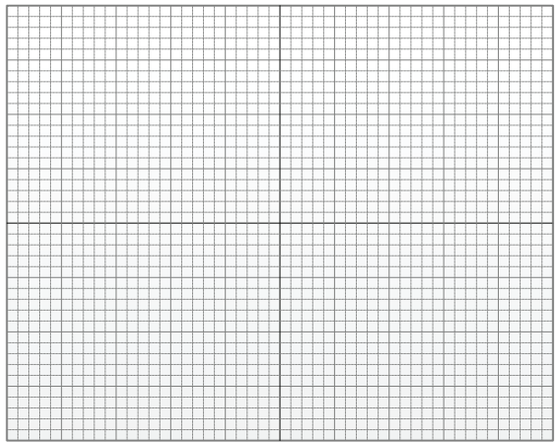


(a) Giriş göstəriciləri

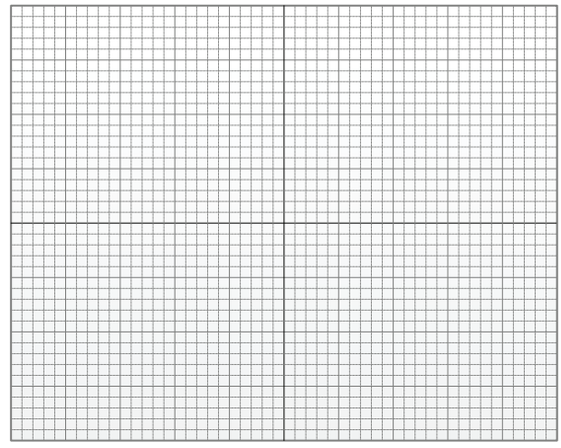


(b) Çıxış göstəriciləri

CB gücləndirmə dövrəsinin giriş/çıxış göstəriciləri



(a) Giriş göstəriciləri



(b) Çıxış göstəriciləri

ÜE gücləndirmə dövrəsinin giriş/çıxış göstəriciləri

2. Baxış və izah

(1) Baza, emitter və kollektor torpaqlama dövrəsinin xarakteristikalarını müqayisə və təsvir edin.
(2) Hər torpaqlama dövrəsinin giriş və çıxış dövrələrinə tətbiq olunan sürüşmə üsulunu izah edin.
(3) Baza ümumi dövrəsi ilə emitter ümumi dövrəsinin xüsusiyyətləri arasındakı fərqi izah edin.
(4) α və β cərəyanı gücləndirmə əmsallarını və iki əmsal arasındakı əlaqəni izah edin.

15. J-FET tranzistorun əməliyyat xarakteristikaları ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. J-FET-un quruluşunu və iş prinsipini izah edə biləcək;
2. J-FET-un xarakteristikalarını izah edə biləcək;
3. J-FET-un qapanma gərginliyini izah edə biləcək;
4. J-FET-un statik xarakteristikalarını ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 100Ω
2. STT: 2SK30
3. Maket sxem və birləşdirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. SC elektrik mənbəyi
2. Multitester (Analoq/rəqəmli növü)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. J-FET tranzistorunun sxemi

Ümumiyyətlə, tranzistorun iş prinsipi ikiqütblü birləşmə tranzistoru (İBT) adlanır və bu qütblər ona görə mövcuddur ki, cərəyan axını elektronların müsbət elektrik potensiala və mənfi elektrik potensiala malik olub-olmaması ilə müəyyən olunur. Lakin sahə təsirli tranzistorun (J-FET) əməliyyat prinsipi təkqütblü tranzistordur ki, bu zaman yalnız bir qütb mövcuddur, çünki cərəyan axını əsas daşıyıcılar olan deşiklər və ya elektronlar tərəfindən müəyyən olunur.

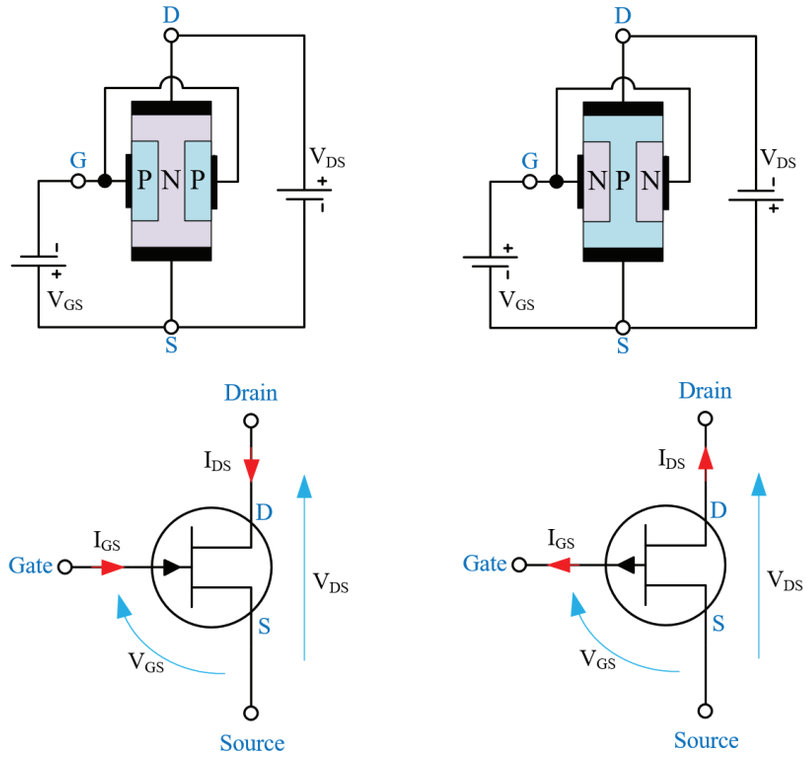
J-FET -lar çıxış cərəyanının axınına nəzarət etmək üçün çıxışa əks istiqamətli gərginlik tətbiq etməklə, kanalın eninə nəzarət edən gərginlik cihazlarıdır. Nəticədə, birləşmə növlü FET (J-FET), metal oksid yarımkeçirici FET (Metal Oksid Yarımkeçirici – J-FET, MOY-SET) və metal yarımkeçirici J-FET (MEY-STT) növləri mövcuddur.

Bu J-FET -in xüsusiyyətlərinə aiddir:

1. Təkqütblü komponentdir, çünki yalnız deşiyin və ya azad elektronun daşıyıcısı ilə fəaliyyət göstərir.
2. İBT-da (ikibirləşməli tranzistor) olduğundan daha az küyə malikdir və termal cəhətdən stabildir.
3. İBT-dən daha yüksək giriş və çıxış müqavimətinə malikdir və gərginliyi gücləndirmə cihazı kimi istifadə oluna bilər.
4. Əməliyyat sürəti İBT-də olduğundan daha aşağıdır.
5. Ötürmə zolağını genişləndirmək üçün tətbiq olunan aşağı əmsala malikdir, yüksək tezlik xüsusiyyətləri zəifdir.

2. J-FET -in quruluşu və iş prinsipi

J-FET N və P kanalına malikdir və onun quruluşu və simvolları [Şəkil 1]-də təsvir olunub.



Drain – sızma
Gate – giriş
Source – mənbə

(a) N-kanallı J-FET (b) P- kanallı J-FET

Şəkil 1: J-FET-in quruluşu və simvolu

N-kanallı J-FET N-növlü yarımkeçirici substratın hər iki tərəfini müqavimət kontaktına çevirməklə, P növünün çatışmazlıqlarını aradan qaldırmaqla formalaşan P növlü sahədir. PN birləşməli dövrə meydana gəldikdə, bu növ sahənin terminalı mənbə (giriş) və N növlü rezistorun hər iki ucundakı elektrodlar mənbə (mənbə) və sızma adlanır.

Şəkil 1 (a)-da təsvir olunduğu kimi, PN birləşməli diod giriş və mənbə arasında istifadə olunur. V_{DS} sürüşmə gərginliyi kimi mənfi yüklə P növlü girişə tətbiq olunur. Əks sürüşmə tətbiq olunduqda, zəifləmə qatının eni genişlənir və keçirmə kanalının eni eyni nisbətdə daralır.

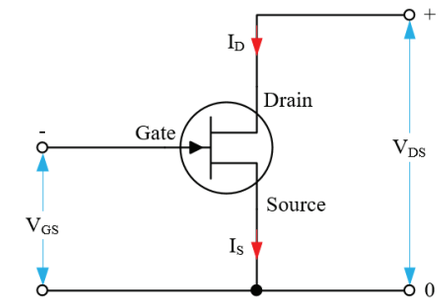
N növlü yarımkeçiricidən istifadə edərək, keçirmə kanalında mənbədən sızma (çıxış) nöqtəsinə boşaldılan əsas daşıyıcılar olan elektronları boşaltmaq üçün sızma və mənbə arasında bu keçirmə kanalı boyu V_{DS} gərginliyi tətbiq olunur və daha sonra cərəyan axır.

2. J-FET-in xarakteristikanı əks etdirən əyri

Şəkil 2 (a) N-kanallı J-FET-in J-FET-in sadə dövrəsini, (b) isə çıxış xarakteristikası əyrisini göstərir. N-kanallı J-FET -də sızma və mənbə arasındakı gərginlik V_{DS} tətbiq olunan V_{DD} sızma

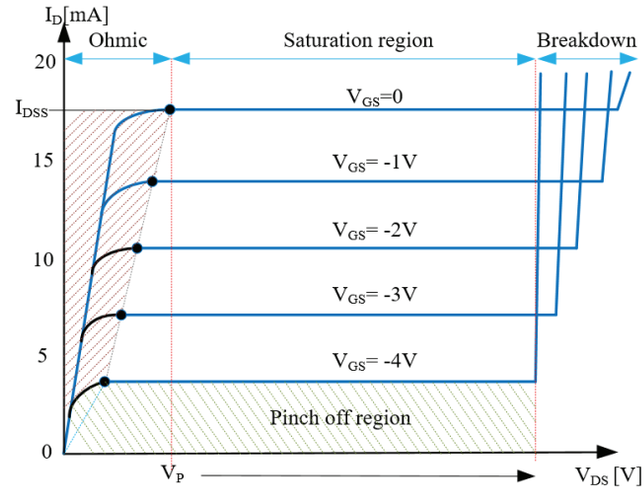
gərginliyi şəklində meydana gəlir, yəni $V_{DS} = V_{DD}$ və əks istiqamətli sürüşmə giriş və mənbə arasında $V_{GS} = - V_{GG}$ gərginliyi ilə tətbiq olunur. V_{GS} giriş gərginliyi sabit şəkildə tətbiq olunduqda və V_{DS} artdıqca, V_{DD} -I_D çıxış xarakteristikası artır. Həmçinin V_{GS} nə qədər aşağı olsa, I_D bir o qədər aşağı olacaq və V_{GS}-in heç bir qiymətində axma müşahidə olunmayacaq.

J-FET-in qapanma V_{DS} gərginliyi sabitləşdikcə I_D kiçildikdə və sıfıra yaxınlaşdıqca, V_{DS} - I_D statik xarakteristikasında V_{DS} kiçildikdə giriş və mənbə arasındakı gərginliyə istinad edir. V_P sönmə gərginliyi yarımkeçiricinin xüsusiyyəti və J-FET-in quruluşundan asılıdır.



Gate – giriş
Drain -sızma
Source – mənbə

(a) Sadə dövrə



Saturation region – doyma sahəsi
Breakdown – qırılma
Pinch off region – qapanma sahəsi

(b) Çıxış xarakteristikasını əks etdirən əyri

Şəkil 2: N-kanallı J-FET-in J-FET-in sadə dövrəsi və xarakteristikaları

- Om zonası - $V_{GS} = 0$ olduqda kanalın zəifləmə qatı kiçilir və J-FET gərginliyə nəzarət edən resistor kimi fəaliyyət göstərir.
- Sönmə zonası – həmçinin qapanma sahəsi adlandırılır, kanalın müqaviməti maksimallaşdıqda, V_{GS} J-FET-in açıq dövrə kimi işləməsi üçün kifayət qədər yüksək olur.
- Doyma zonası və ya aktiv sahə - J-FET yaxşı keçiriciyə çevrilir və giriş-mənbə gərginliyi (V_{GS}) tərəfindən idarə olunur, bu halda sızma-mənbə gərglinliyi (V_{DS}) kiçik və ya heç bir təsirə malik deyil.
- Qırılma zonası – giriş və mənbə arasındakı gərginlik, (V_{DS}) J-FET-in müqavimət kanalının qırılmasına və nəzarətdən çıxmaqla maksimal cərəyanın keçməsinə şərait yaradılması üçün kifayət qədər yüksək olur.

$V_{GS} = V_P$ olduqda sızma cərəyanı sıfıra bərabər olur. Norma iş prosesi üçün V_{GS} V_P və 0 arasında dəyişir. Doyma və ya aktiv zonadakı hər hansı sürüşmə nöqtəsi üçün I_D sızma cərəyanı aşağıdakı kimi hesablanır:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

3. J-FET sabiti

1 Sızma-Mənbə Doyma Cərəyanı (I_{DSS}): giriş-mənbə qapalı vəziyyətində ($V_{GS} = 0$) kanal qapandığı zaman axan cərəyan olmaqla, J-FET-in əks sürüşməsi zamanı maksimal sızma cərəyanını təmsil edir.

2 Giriş-mənbə bloklanması (qapanması) gərginliyi (V_P): Sızma-mənbə kanalı bloklandıqda və ya qapandıqda və cərəyanda sızma müşahidə olunmadıqda meydana gələn giriş-mənbə gərginliyidir. Faktiki ölçmələrdə sıfır cərəyanını və ya aşağı sızma cərəyanını ölçmək mümkün deyil, buna görə də V_P μA aşağı sızma cərəyanında ölçülür.

3 Mənbə-giriş birləşməsinin qırılma gərginliyi (BV_{GSS}): Giriş və mənbə arasındakı gərginlik həddini göstərir. Gərginlik bu həddən yüksək olduqda, cihazın cərəyanı xarici dövrə ilə məhdudlaşdırılmalıdır. Əks halda, cihaz tamamilə zədələnə bilər. Qırılma gərginliyi sızma mənbəyinin gərginliyini seçərkən, gərginliyin hədd qiymətini müəyyən edir.

4 Mənbənin ümumi düz istiqamətli qarşılıqlı keçiriciliyi (g_m): Kanalın ΔI_D cərəyan variasiyasının giriş-mənbə gərginliyinin ΔV_{GS}. variasiyasına nisbətidir.

$$g_m = g_{mo}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right), g_{mo} = \frac{2I_{DSS}}{|V_P|}$$

g_m qiyməti $V_{GS} = 0$ [V] nöqtəsində sürüşmə olduqda J-FET dəyişən cərəyanlı sabit əmsalının maksimal qiymətidir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

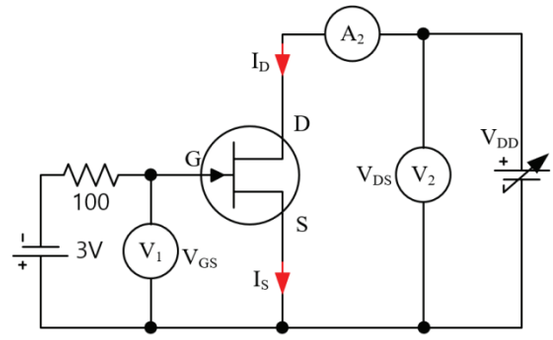
1. Voltmetr yükə paralel, ampermetr ardıcıl qoşulur.
2. Voltmetrin və ampermetrin qütblərinin müvafiq şəkildə qoşulduğundan əmin olun və sonra elektrik enerjisini təchiz edin.
3. Cərəyan şiddətinin rezistor üçün icazə verilən cərəyan şiddətindən yüksək olmamasına diqqət edin.
4. Ölçmənin aparıldığı terminal ölçmə aparan terminala qoşulu ikən çevirmə çarxının vəziyyətini dəyişməyin.
5. Elektrik mənbəyini transistor dövrəsinə qoşmazdan əvvəl E və B arasındakı gərginliyin düzgün səviyyədə olduğuna diqqət edin. Həmçinin dövrədə cərəyanı məhdudlaşdıran resistor olmadığı halda tranzistoru elektrik mənbəyinə qoşmayın.
6. Tranzistor kiçik ölçülü, qurğuşun **tərkibl**i naqil olduğu, elektrik şokuna və ya həddən artıq yüklənməyə həssas olduğu üçün diqqətli olun.
7. Sızma gərginliyinin maksimal gərginlikdən yüksək olmamasına diqqət edin.
8. Nəzərə alın ki, qoşulacaq elektrik mənbəyinin gərginlik qütbləri J-FET-in J-FET-in kanalının növündən asılı olaraq dəyişir.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, alətləri və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. J-FET xarakteristikalarına dair təcrübə

1) Dövrəni Şəkil 3-də təsvir olunan şəkildə birləşdirin.
2) SC elektrik mənbəyinin çıxış gərginliyini elə nizamlayın ki, giriş və mənbə arasındakı gərginlik $V_{GS} = 0$ [V] olsun.
3) Sızma və mənbə arasındakı V_{DS} gərginliyi Cədvəl 1, 0, 1, 2, 4, ... verilib və 15 [V]-u dəyişərkən I_D sızma cərəyanı ölçülür və <Cədvəl 1>-də qeyd olunur.
4) SC elektrik mənbəyinin gərginliyi giriş və mənbə arasında V_{GS} = 0.3, 0.6 ... ... , 1.5 [V] səviyyələrinə görə nizamlanaraq, 3) prosedurunu təkrarlayaraq, I_D ölçülür və Cədvəl 1-də qeyd olunur.
5) Cədvəl 1-dəki məlumatlardan istifadə edərək, Şəkil 4-də V_{DS} - I_D xüsusiyyətlərini əks etdirən qrafik əyrini çəkin.



Şəkil 3: J-FET xarakteristika dövrəsi

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübi olaraq məşq etdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. J-FET-in quruluşunu və iş prinsipini izah etdimi? 2. J-FET-in xarakteristikalarını izah etdimi? 3. J-FET-in J-FET-in qapanma gərginliyini izah etdimi? 4. J-FET-in J-FET-in statik xarakteristikalarını ölçdümü?			

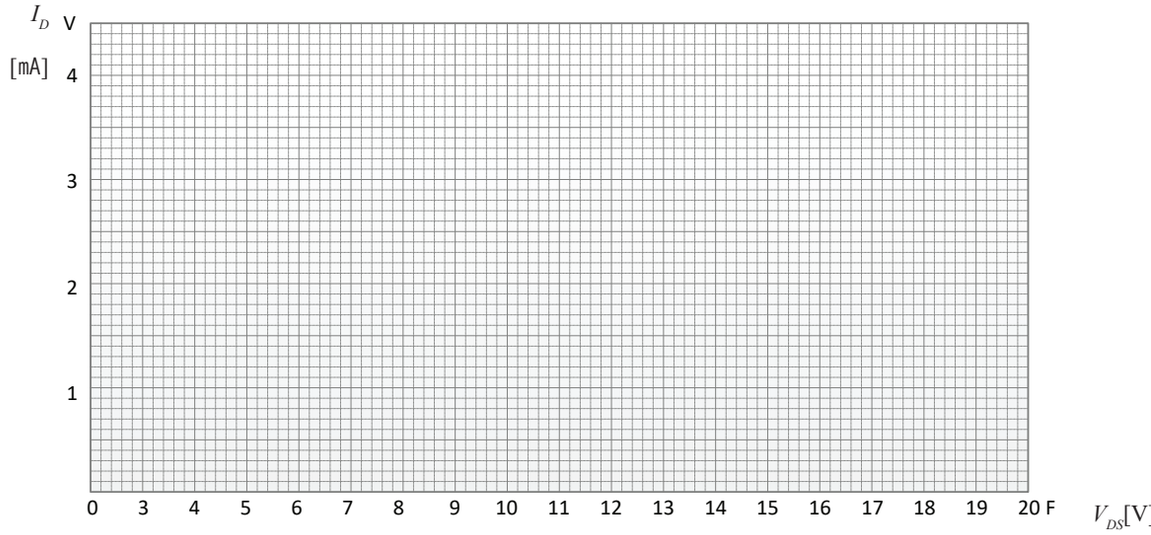
*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	J-FET-in J-FET-in işləmə xüsusiyyətlərinə dair təcrübə	Tarix	
Şöbə		Ad	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

(Cədvəl 1) J-FET-in J-FET-in V_{DS} - I_D xarakteristikaları

V_{DS} [V]	I_D [mA]					
	V_{GS} = 0[V]	V_{GS} = 0.3[V]	V_{GS} = 0.6[V]	V_{GS} = 0.9[V]	V_{GS} = 1.2[V]	V_{GS} = 1.5[V]
0						
1						
2						
4						
6						
8						
10						
15						



Şəkil 4: V_{DS} - I_D spesifikasiyasısını göstərən əyri

2. Baxış və izah

(1) İBT və STT xarakteristikalarını müqayisə edin.

(2) J-FET-in J-FET-in sızma cərəyanına hansı amilin nəzarət etdiyini izah edin.

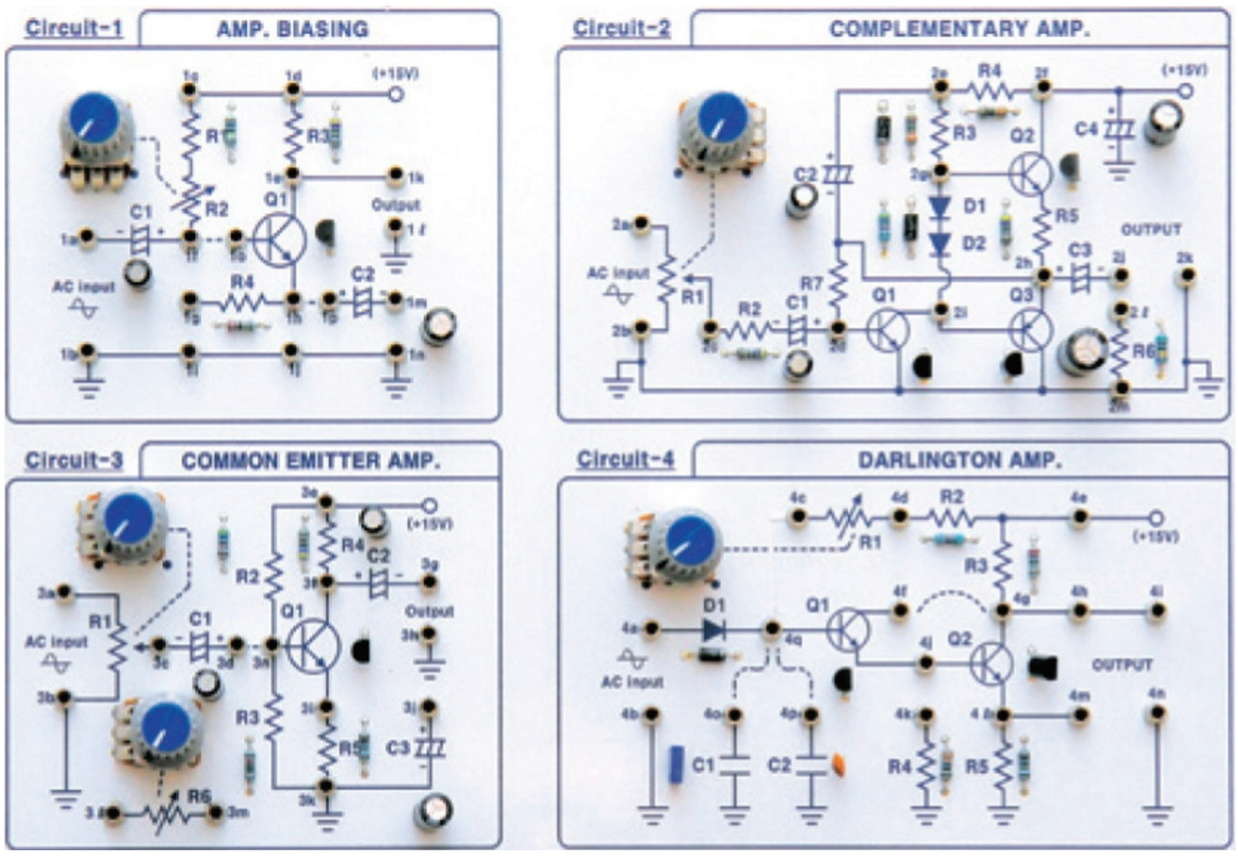
(3) J-FET-in sadə quruluşunu və əməliyyat prinsipini izah edin.

(4) J-FET-in J-FET-in qapanma gərginliyini izah edin.

Sərişdə əsaslı modul

ELEKTRONİKA

Elektron dövrə



Sənaye və İnnovasiyalar üzrə
Bakı Dövlət Peşə Təhsil Mərkəzi

1. Dioddan istifadə etməklə təcrübə siqnal yaratma dövrəsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Məhdudlaşdırma sxeminin işçi xarakteristikasını bilməlidir;
2. Məhdudlaşdırıcı sxemin çıxış xarakteristikasını ölçməlidir;
3. Səviyyə fiksatorunun işçi xarakteristikasını bilməlidir.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 10[kΩ],
2. Diod: 1N4001(Si), ZD5V
3. Kondensator: 4.7[μF]
4. Elektron sxem maketi və əlaqələndirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. Ossiloqraf
2. Funksiya generatoru
3. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
4. Laboratoriya qurğusu
5. Multi tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

Giriş siqnalının amplitudasını nəzərdə tutulan amplitudalara qədər dəyişən dövrə siqnal yaratma dövrəsi adlanır.

1. Siqnalın ortopedik dövrələrinin növləri

1) Məhdudlaşdırma sxemi

Giriş siqnalının dalğa formasının pozulmuş forması qırılma formalı dövrə adlanır. Giriş siqnalından yuxarıda və ya aşağıda hər hansı səviyyəli siqnalları kəsən dövrə Şəkil 1-də göstərildiyi kimi qırılma və ya məhdudlaşdırıcı adlanır.

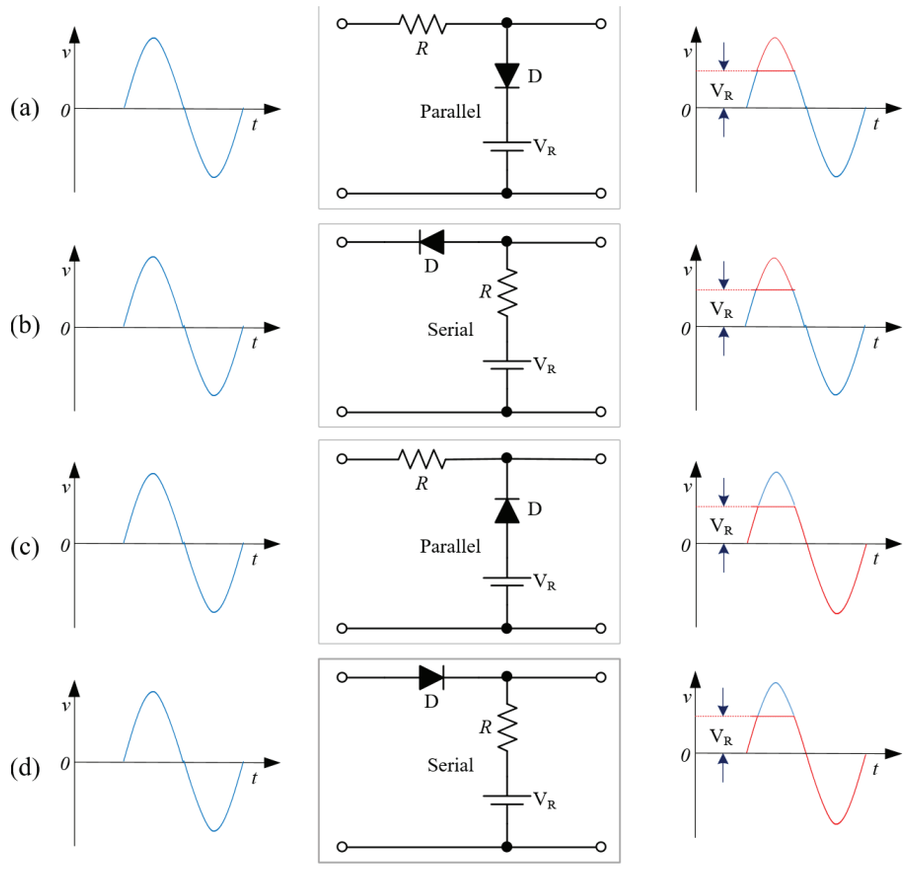
Dövrənin qurulması zamanı dövrə diod və qidalanma mənbəyinin qoşulma konfiqurasiyasından və paralel qoşulma və ya gücün qütblüyündən asılı olaraq ardıcıl və paralel növə bölünür. (Şəkil 1) (a), (b) ardıcıl tipli (c), (d) paralel tiplidir.

- Şəkil 1-də (a) (b) göstərildiyi kimi, qırılmanın yuxarı hissəsi ən yüksək məhdudlaşdırma sxemi adlanır.

Şəkil 1-də (c) (d) göstərildiyi kimi, qırılmanın aşağı hissəsi aşağı məhdudlaşdırma sxemi adlanır.

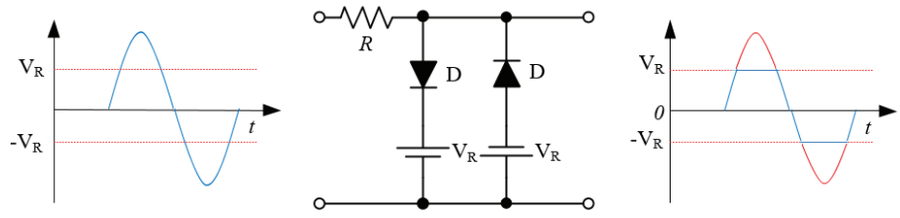
2) Məhdudlaşdırıcı sxem

Bu, Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, giriş siqnalı amplitudasının yuxarı və aşağı hissəsini müəyyən səviyyəyə qədər məhdudlaşdıran dövrədir.



(a) Giriş siqnalı (b) Məhdudlaşdırma sxemi (c) Çıxış siqnalı

Şəkil 1: Məhdudlaşdırma sxemi

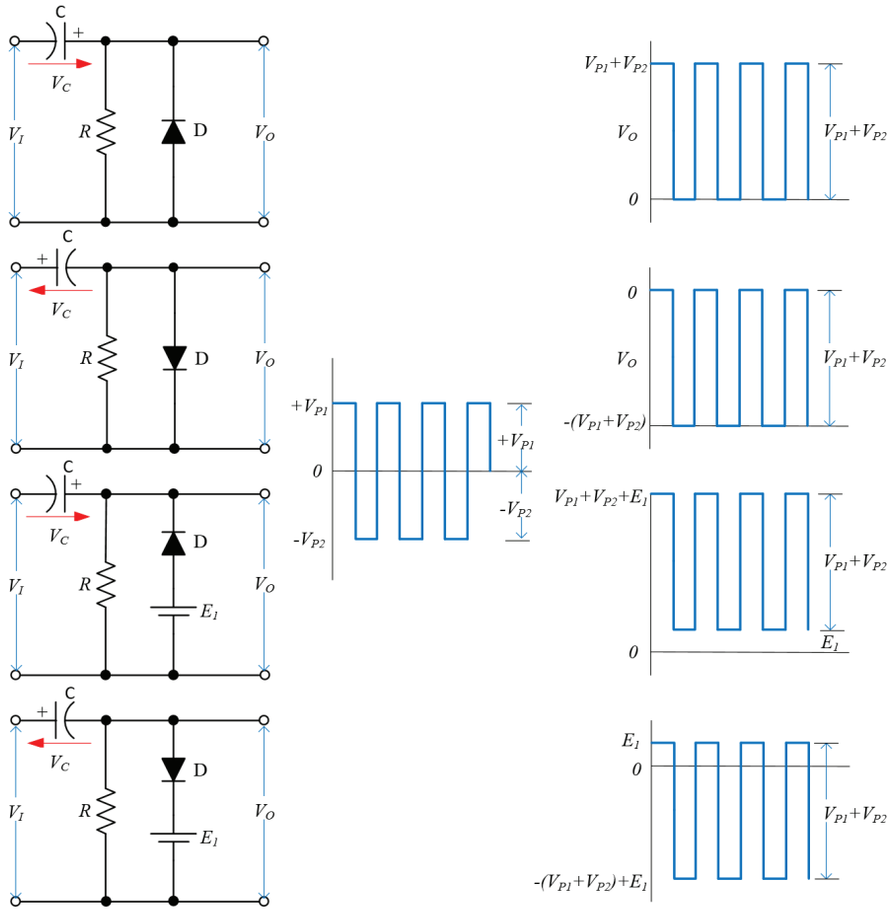


(a) Giriş siqnalı (b) Məhdudlaşdırma sxemi (c) Çıxış siqnalı

Şəkil 2: Məhdudlaşdırıcı sxem

3) Səviyyə fiksatoru

Kvadrat dalğalı giriş siqnalında heç bir amplituda və ya siqnal dəyişiklikləri tələb etməyən daimi gərginlikdir. Başqa sözlə, fiksator çıxışını əldə etmək üçün dövrə Şəkil 3-də göstərilir.



(a) Səviyyə fiksatoru (b) Giriş siqnalı (c) Çıxış siqnalı

Şəkil 3: Səviyyə fiksatoru

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

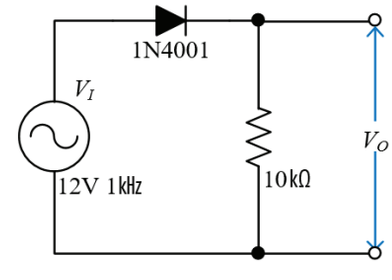
1. Diodun qütblüyü təsdiq edildikdən sonra ölçülür.
2. Diodun nominal cərəyandan yuxarı axmadığını təmin edin. Ossiloqrafdan istifadə edərək siqnalın ölçüsü müəyyənləşdirilir və AC rejimində ölçülür.
3. Sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyini qoşarkən qütblüyü nəzərə alın.

Təcrübə mərhələləri

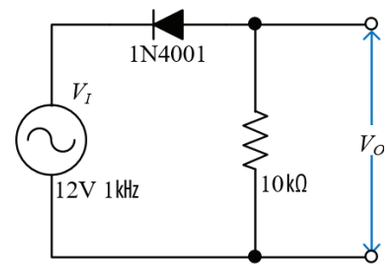
1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Məhdudlaşdırma sxeminin xarakteristikasının ölçülməsi.

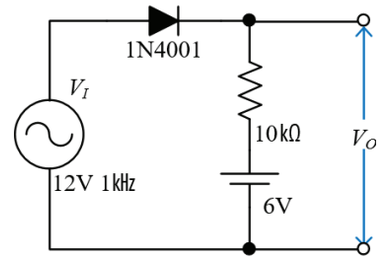
1) (Şəkil 4) dövrə (a) ~ (e) qoşulur, giriş, çıxışlar 12[V_{p-p}] 1[kHz] dəyişdiricinin sinusoidal siqnalı və ossiloqraf giriş və çıxış siqnalını ölçmək üçün istifadə edilir və nəticələr haqqında hesabatdan istifadə edilir. (Şəkil 2)



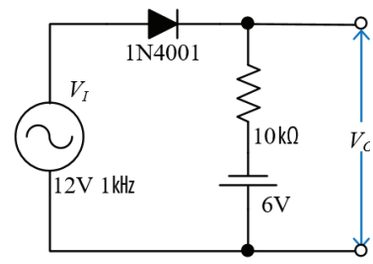
(a)



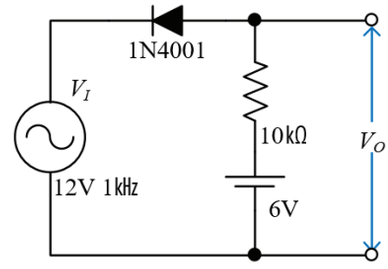
(b)



(c)



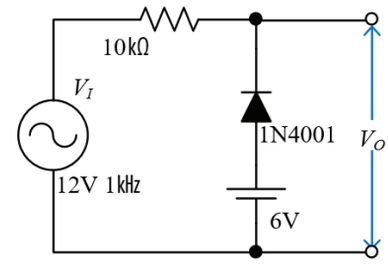
(d)



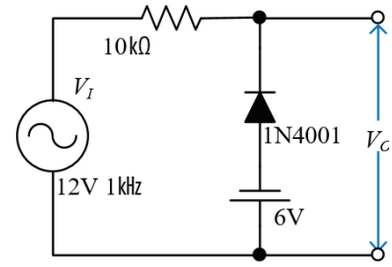
(e)

Şəkil 4: Məhdudlaşdırıcının (seriyalar) sınaq dövrəsi

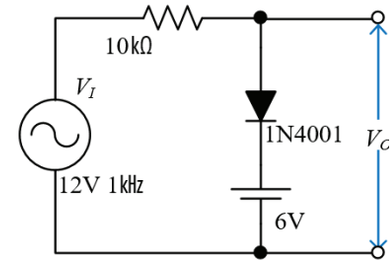
2) Dövrəni (Şəkil 5) birləşdirin 1) Yuxarıda təsvir olunan ölçüləri təkrarlayın və nəticələr haqqında hesabatdan istifadə edin. (Şəkil 2)



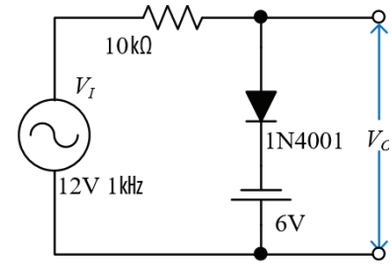
(a)



(b)



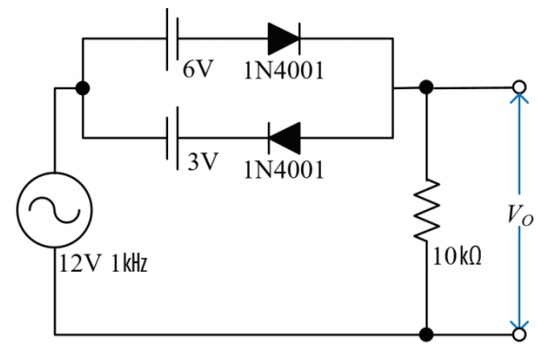
(c)



(d)

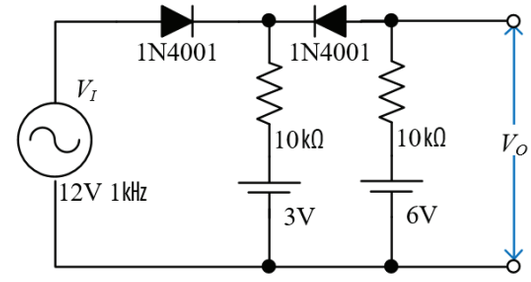
Şəkil 5: Məhdudlaşdırıcının (paralel) sınaq dövrəsi

3) (Şəkil 6) Dövrə birləşdirilir və giriş və çıxış siqnalı ossiloqrafla ölçülür və ölçülən tezlik nəticələr haqqında hesabatda (Şəkil 3) hesablanır.

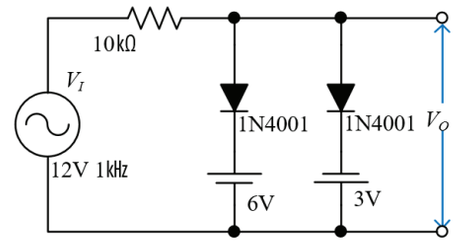


Şəkil 6: Mərkəz məhdudlaşdırma sxemi

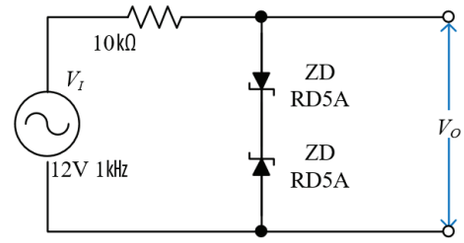
4) (Şəkil 7) Dövrəni birləşdirin və giriş və çıxış siqnalını ölçmək üçün ossiloqrafdan istifadə edin və ölçü nəticəsini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. (Şəkil 4)



(a)



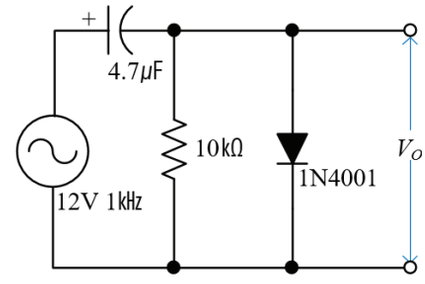
(b)



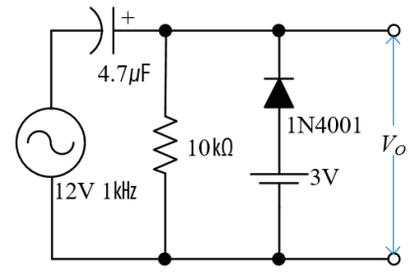
(c)

Şəkil 7: İkitərəfli məhdudlaşdırıcılar və məhdudlaşdırıcı sxemlər

5) (Şəkil 8) Dövrəni birləşdirin, giriş və çıxış siqnalını ölçmək üçün ossiloqrafdan istifadə edin və nəticələr haqqında hesabatdan istifadə edin. (Şəkil 5)



(a)



(b)

Şəkil 8: Səviyyə fiksatorunun işçi xarakteristikası

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. Məhdudlaşdırma sxeminin işçi xarakteristikasını izah etdimi? 2. Məhdudlaşdırıcı sxemin çıxış xarakteristikasını ölçdümü? 3. Səviyyə fiksatorunun işçi xarakteristikasını ölçdümü?			

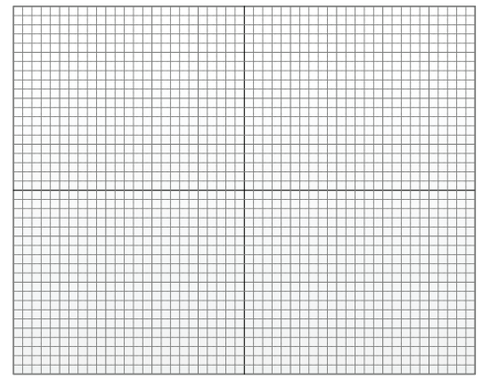
*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Dioddan istifadə etməklə təcrübə siqnal yaratma dövrəsi	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

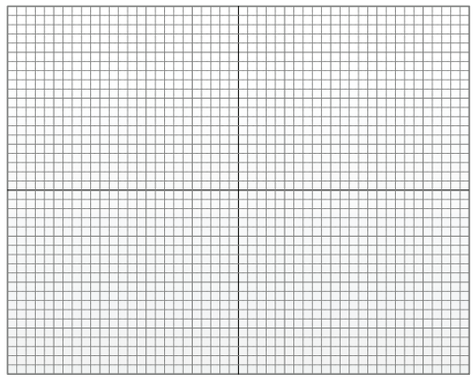
Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(a)

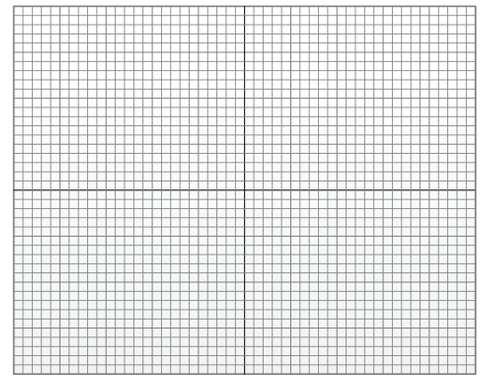


Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(b)

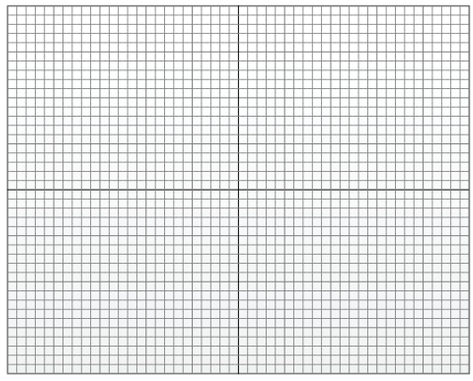


Vaxt/böl. = Volt/böl. =



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(c)



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

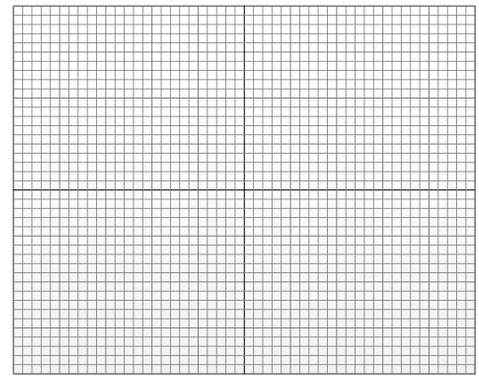
(e)

(d)

Şəkil 1: Ardıcıl məhdudlaşdırma sxeminin xarakteristikası

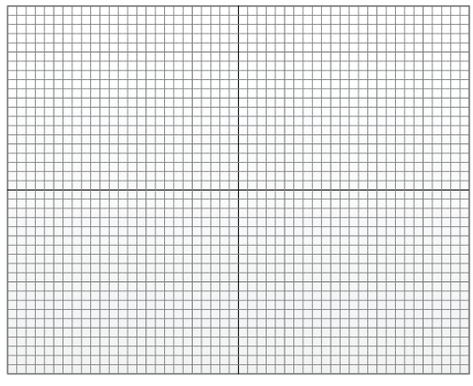
Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(a)



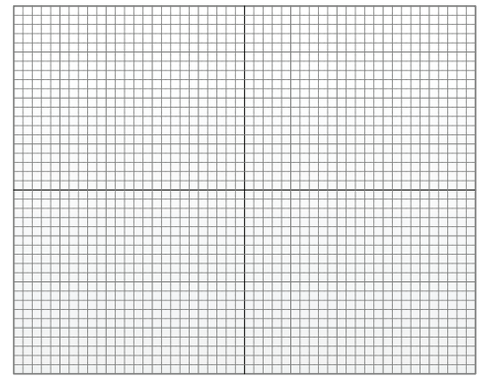
Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(b)



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

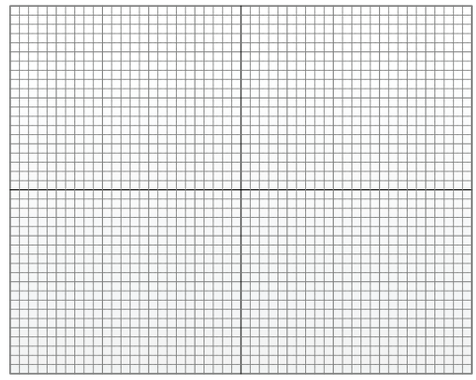
(c)



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(d)

Şəkil 2: paralel məhdudlaşdırma sxeminin xarakteristikası

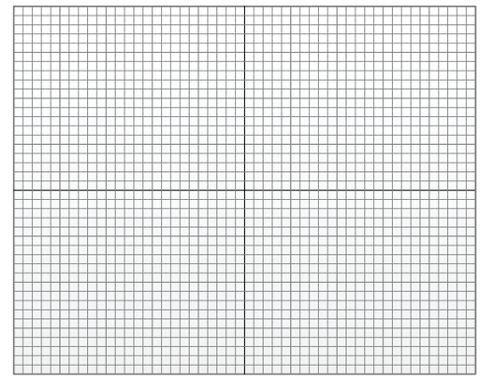


Vaxt/böl. = Volt/böl. =

Şəkil 3: Mərkəz məhdudlaşdırma sxeminin xarakteristikası

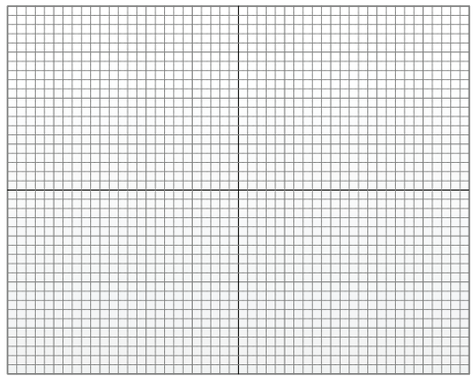
Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(a)



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(b)



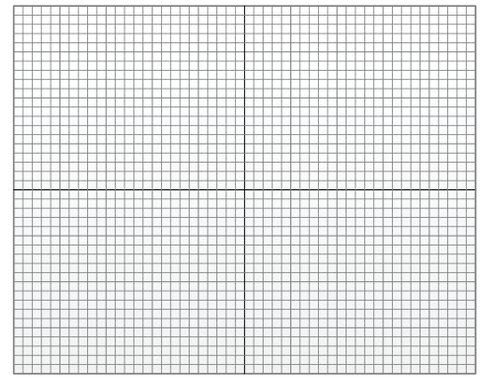
Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(c)

Şəkil 4: İkitərəfli məhdudlaşdırıcılar və məhdudlaşdırıcı sxemlər

Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(a)



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

(b)

Şəkil 5: Səviyyə fiksatorunun işçi xarakteristikası

2. Tranzistorun gücləndirmə dövrəsinin təcrübəsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Tranzistorun rezistor və kondensatorlu gücləndirici dövrələrinin xarakteristikasını izah edə biləcək;
2. Tranzistorlu gücləndirmə dövrələrinin xarakteristikasını ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 47Ω, 820Ω, 1kΩ, 1.2kΩ, 2.2kΩ, 3.9kΩ, 8.2kΩ, 10kΩ, 15kΩ, 18kΩ, 56kΩ,
2. Yarımkeçirici: TR 2SC1815 2ea,
3. Kondensator: 3.3μF, 4.7μF 3ea, 33μF, 100μF, 220μF
4. Səs gücləndirici: 8 Ω

Avadanlıq və alətlər:

1. Ossiloqraf
2. Funksiya generatoru
3. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
4. Attenyuator
5. Laboratoriya qurğusu
6. Multi tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

Tranzistorun yerdəyişməsi təmiz sabit cərəyanlı iş rejimidir. Yerdəyişmənin məqsədi gərginlik və cərəyan dəyişikliklərinin dəyişən cərəyan siqnalından asılı olaraq baş verə bilməsi üçün Q (işçi) nöqtəsini təyin etməkdən ibarətdir. Antenadan, mikrofondan və s. siqnal girişinin ölçüsü çox kiçikdir və gücləndirmə tələb edir.

1. Aşağı tezlikli gücləndirmə dövrəsi (rezistor və kondensatorlu (RC) gücləndirici)

Şəkil 1-də dəyişən cərəyan gərginliyi (-) *ei*-yə tətbiq edildikdə *TR1*-in əsas gərginliyi aşağı olur və *Rb* azalır, beləliklə, *Rc*1 azalır və *TR1*işləmir. Bu zaman *Cc2Rc*1 vasitəsilə doldurulduğuna və TR2-nin əsas gərginliyi artdığına görə Rb2 və Rc2 *TR*2-ni işlətmək və *Cc*3-ü doldurmaq üçün artırılır.

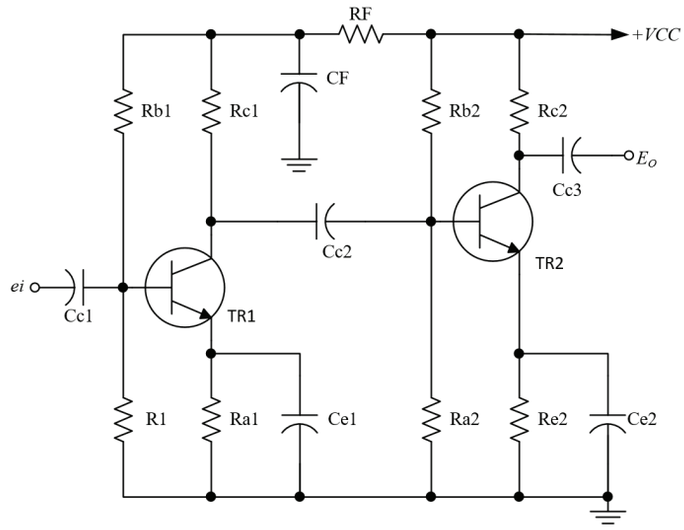
(+) dəyişən cərəyan gərginliyi ei-nə tətbiq edildiyinə görə *TR*1-in əsas gərginliyi *Rb*1-i artırmaq üçün artır və doldurulmuş *Cc*2 *TR*1 və *Cc*3-i doldurmaq üçün boşalır.

Qidalanma gərginliyinin dəyişilməsi nəticəsində dəyişən cərəyanlı gərginlik batareyanın daxili müqaviməti səbəbindən giriş tərəfə qaytarılır və yırğalanma başlayır. Bunun qarşısını almaq üçün *RF* və *CF* filtri (açılma dövrəsi) quraşdırılır.

2. Güc gücləndirmə dövrəsi

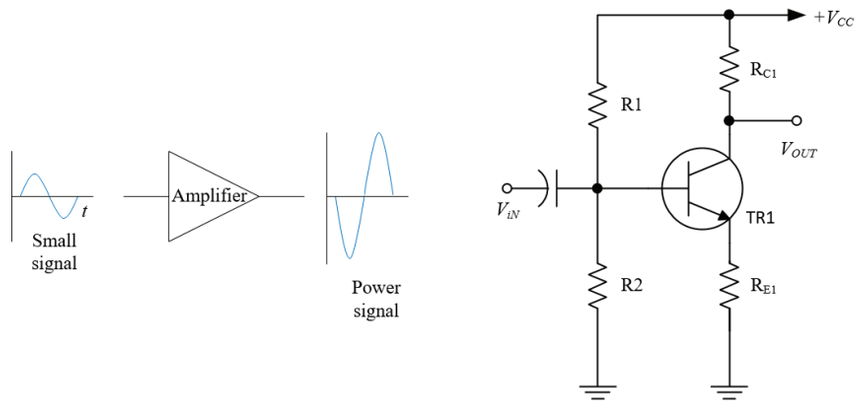
1) A kateqoriyalı güc gücləndirmə dövrəsi

Tranzistorun xarakterik əyrisinin üzərində fəal sahədə işləyir və tranzistor giriş siqnalının bir dövrü üçün keçirici qalır. İşçi nöqtə dəyişən cərəyan yük xəttinin mərkəzində yerləşdirilir və maksimum səmərəlilik 25 %-dir, lakin faktiki səmərəlilik A kateqoriyalı gücləndiricinin maksimum çıxışa malik olması üçün 25%-dən aşağı olur.



Şəkil 1: Rezistor və kondensatorlu gücləndirici

Baza emitterə nisbətən daha yüksək gərginliyə malik olduğuna görə tranzistorun işçi gərginliyi tranzistorun yerdəyişmə gərginliyi ilə tutulur. Buna görə də tranzistor giriş siqnalından asılı olmayaraq 360° keçiricilik vəziyyətində olur. (Şəkil 2) (a) A kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işini göstərir və (b) isə A kateqoriyalı güc gücləndirici dövrəni göstərir.



(a) İş (b) A kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

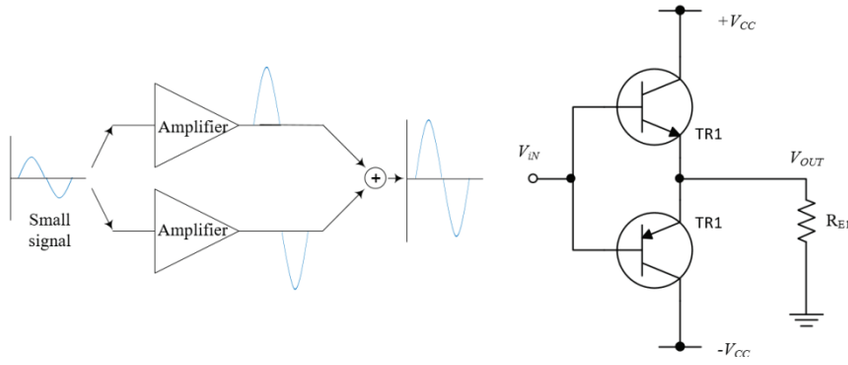
Şəkil 2: A kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işi və dövrəsi

2) A kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

Giriş siqnalının yarım dövrü üçün aktiv sahədə işləyir və qalan yarım dövr üçün bloklayıcı

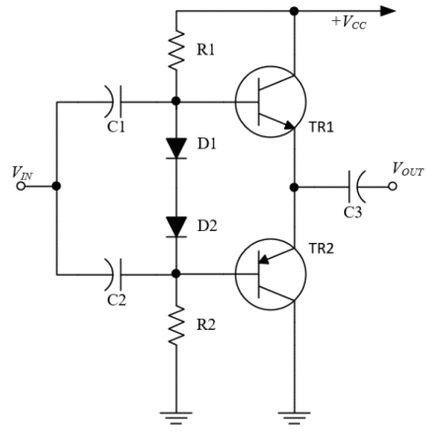
sahədə işləyir. İşçi nöqtə kəsmə nöqtəsində yerləşdirilir. Çıxış və giriş siqnalını bərabərləşdirmək üçün sıxıcı strukturdan istifadə edilir. Maksimum səmərəlilik 79%-dir.

(Şəkil 3) (a) B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işini göstərir və (b) B kateqoriyalı güc gücləndirici dövrənin işini göstərir.



(a) İş (b) B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

Şəkil 3: B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işi və dövrəsi



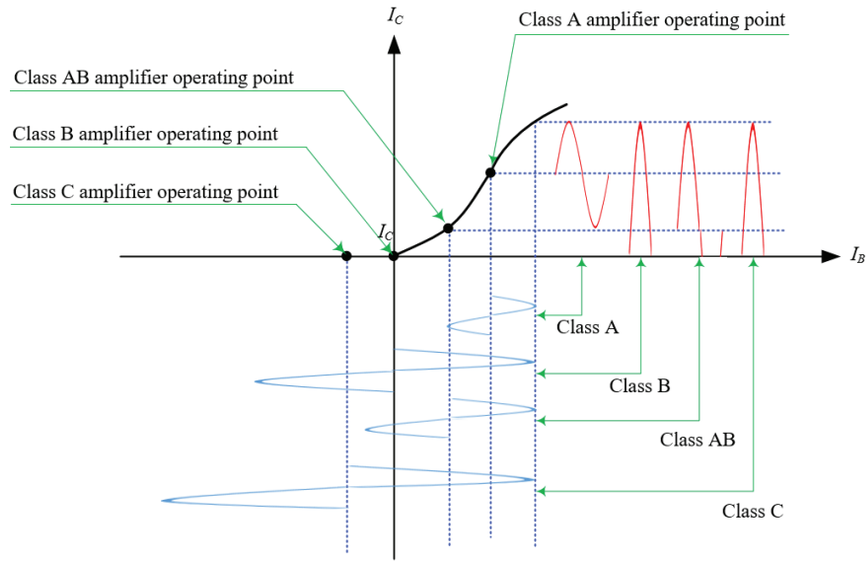
Şəkil 4: AB kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

3) AB kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

Dayanma yerindən yuxarıda bir qədər yeri dəyişdirilir və girişin yarım dövründən bir qədər böyük olan fəal sahədə işləyir. AB kateqoriyalı güc gücləndirici B kateqoriyalı gücləndiricidə görünən çarpaz pozulma hadisəsini aradan qaldırır. Səmərəlilik baxımından AB kateqoriyası B kateqoriyasından yüksəkdir.

(Şəkil 4) AB kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrə diaqramını göstərir.

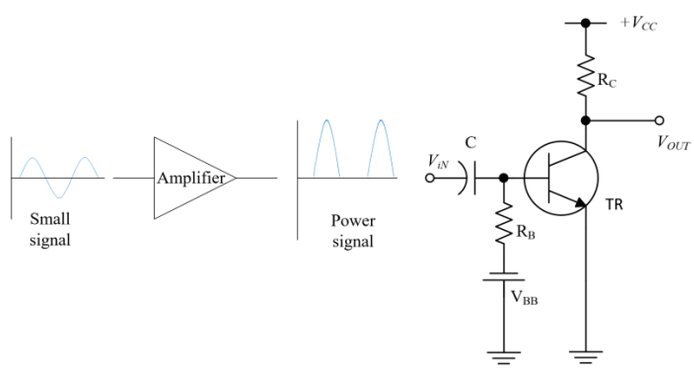
(Şəkil 5) işçi nöqtəyə uyğun olaraq güc gücləndiricisinin növünü göstərir.



Şəkil5: B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işi və dövrəsi

4) C kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

Bu, giriş dövrünün kiçik miqdarı ilə xətti sahədə işləyir və dayanma yerindən aşağıda yeri dəyişdirilir. Bu gücləndirici sinusoidal çıxış yaratmaq üçün geniş şəkildə yüksək tezlikli sazlama gücləndiricisi kimi istifadə edilir. İtki kiçik olduğuna və çıxış gücü çox yüksək olduğuna görə səmərəlilik 100%-ə yaxındır. (Şəkil 6) (a) C kateqoriyalı güc gücləndiricisini və (b) isə dövrəni göstərir.

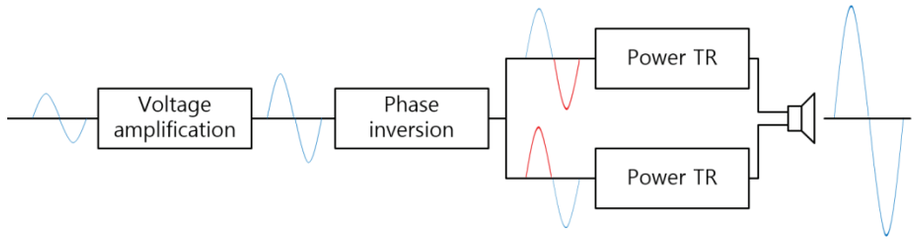


(a) İş (b) C kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsi

Şəkil 6: C kateqoriyalı güc gücləndiricisinin işi və dövrəsi

3. Güc gücləndiricisinin dövrə konfiqurasiyasına uyğun növ

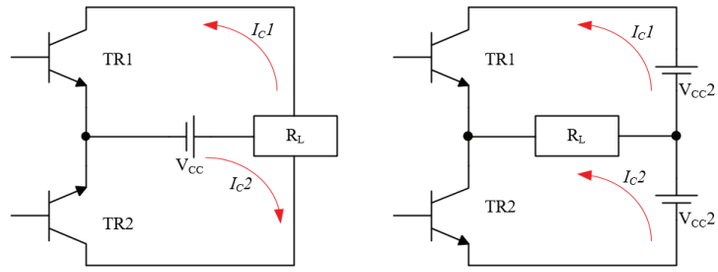
Güc gücləndiricisinin dövrəsi Şəkil 7-də göstərildiyi kimi qurulur və problem ondan ibarətdir ki, çıxış, əsasən, yük müqavimətinin seçilməsindən asılıdır və pozulur.



Şəkil 7: Güc gücləndiricisinin dövrə konfiqurasiyası

1) DEPP (İkitərəfli sıxıcı)

İki tranzistor ardıcıl surətdə yükə və paralel surətdə isə sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyinə birləşdirilir.



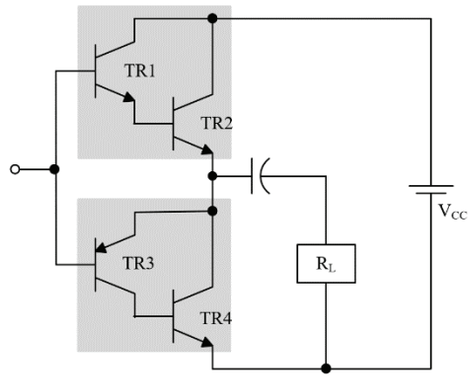
(a) DEPP (b) SEPP

Şəkil 8: Birləşmə metoduna uyğun olaraq güc gücləndiricisinin təsnifatı

2) SEPP (Birtərəfli sıxıcı)

İki tranzistor paralel surətdə yükə, ardıcıl surətdə isə sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyinə birləşdirilir. Yük müqaviməti DEPP ilə müqayisədə 1/2-ə qədər azaldılır. Bu, OTL dövrəsi üçün istifadə edilə bilər, çünki səs gücləndirici çıxış transformatoru olmadan birbaşa idarə edə bilər. 1 qidalanma mənbəyi və 2 qidalanma mənbəyi növü mövcuddur.

3) Praktik olaraq, eyni xarakteristikaya malik PNP və NPN tipli tranzistoru əldə etmək çətindir. Buna görə də Şəkil 9-da göstərildiyi kimi tranzistorların yalnız birində fərqli qütblüklərə malik tranzistorları daxil etməklə, əlavə simmetrik tipli OTL kimi eyni dövrə yaratmaq mümkündür. Bu, Darlinqton birləşməsi kvazi-əlavə simmetrik SEPP adlanır.



Şəkil 9: Kvaz-əlavə simmetrik SEPP

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Tezlik xarakteristikasını ölçərkən heç bir ölçü xətasının baş verməməsi üçün ossiloqrafın vəziyyətini minimuma nizamlayın.
2. Ölçü alətinin qütblüyünə diqqət yetirin.
3. Dövrəni qısa qapamayın.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Tranzistorun birləşdirici dövrəsinin təcrübəsi

1) Tranzistorun RC birləşdirici dövrəsi

(1) Təqdim olunan materiallardan istifadə edin, Şəkil 9-da göstərilən cizgiyə baxın və materialları laboratoriya qurğusunda yığın.

(2) 1[㎑] sinusoidal dalğanı giriş terminalına birləşdirmək və qidalandırıcı gərginliyi vermək üçün generatordan istifadə edin.

(3) Ossiloqrafı çıxış sıxacına birləşdirin və çıxış ossiloqrafının çıxış nizamlayıcısını nizamlayın ki, çıxış siqnalı pozulma olmadan maksimum çıxış olsun. Bu zaman giriş/çıxış siqnalını ölçün və ən yüksək gərginliyi (Şəkil 1) nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.

(4) Prosedurun nəticəsinə uyğun olaraq, gərginlik artımını hesablayın və qeydə alın (3).

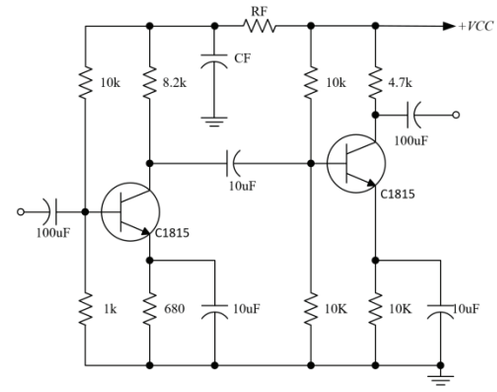
(5) (səs gücləndirici çıxışa birləşdirin və əmin olun ki, (səs gücləndirici səsi ossiloqrafın tezliyi dəyişən zaman dəyişir.

(6) Çıxış gərginliyi generatorun tezliyi <Cədvəl 1>də göstərildiyi kimi dəyişən zaman dəyişir.

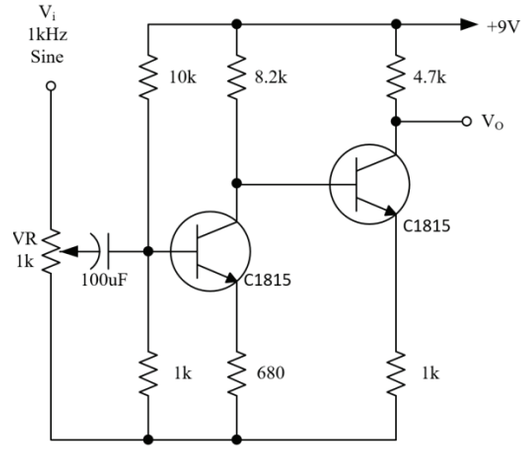
2) Tranzistorun birbaşa birləşdirici dövrəsi

(1) Təqdim olunan materiallardan istifadə edin, Şəkil 10-da göstərilən cizgiyə baxın və materialları laboratoriya qurğusunda yığın.

(2) 1[㎑] sinusoidal dalğanı giriş sıxacına birləşdirmək və qidalandırıcı gərginliyi vermək üçün generatordan istifadə edin.



Şəkil 9: Rezistor və kondensatorlu (RC) birləşdirici dövrə



Şəkil 10: Birbaşa birləşdirici dövrə

(3) Ossiloqrafı çıxış sıxacına birləşdirin və çıxış ossiloqrafının çıxış nizamlayıcısını nizamlayın ki, çıxış siqnalı pozulma olmadan maksimum çıxış olsun. Bu zaman giriş/çıxış siqnalını ölçün və ən yüksək gərginliyi (Şəkil 2) nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.
(4) Prosedurun nəticəsinə uyğun olaraq, gərginlik artımını hesablayın və qeydə alın (3).
(5) (səs gücləndirici çıxışa birləşdirin və əmin olun ki, (səs gücləndirici səsi ossiloqrafın tezliyi dəyişən zaman dəyişir.
(6) Çıxış gərginliyi generatorun tezliyi Cədvəl 2-də göstərildiyi kimi dəyişən zaman dəyişir.

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. Tranzistorun rezistor və kondensatorlu gücləndirici dövrələrinin xarakteristikasını izah etdimi? 2. Tranzistorlu gücləndirmə dövrələrinin xarakteristikasını ölçdümü? 3. Aşağı tezlikli gücləndiricinin iş prinsipini izah etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Təcrübi tranzistorun gücləndirmə dövrələri	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) Giriş və çıxış siqnalının ölçülməsi

Giriş/çıxış siqnalı

Vaxt/böl.=

Volt/böl.=

V_{P-P} =

Tezlik=

Giriş rəngi: Qırmızı, Çıxış rəngi: Mavi

V_i = [V_{P-P}]

V_o = [V_{P-P}]

(Şəkil 1)

2) Gərginlik artımı

Gərginliyin güclənmə dərəcəsi: $A_V = \frac{V_o}{V_i} =$

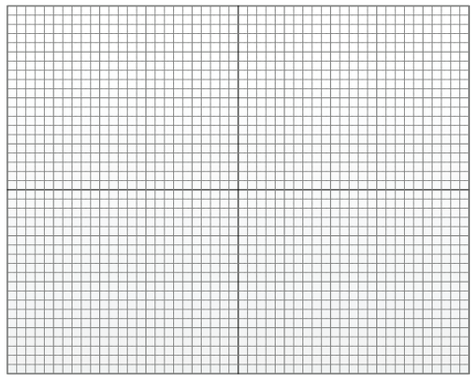
Gərginlik artımı: $G_V = 20logA_V =$ [dB]

3) Çıxış gərginlik

Cədvəl 1: Tezlik xarakteristikası

Tezlik [Hz]	Çıxış gərginliyi	Tezlik [kHz]	Çıxış gərginliyi	Tezlik [kHz]	Çıxış gərginliyi
50		1		20	
100		2		30	
200		5		40	
300		10		50	

4) Giriş və çıxış siqnalının ölçülməsi



Giriş/çıxış siqnalı

Vaxt/böl.=

Volt/böl.=

V_{P-P} =

Tezlik=

Giriş rəngi: Qırmızı, Çıxış rəngi: Mavi

V_i = [V_{P-P}]

V_o = [V_{P-P}]

(Şəkil 2)

5) Gərginlik artımı

Gərginliyin güclənmə dərəcəsi: $A_V = \frac{V_o}{V_i} =$

Gərginlik artımı: $G_V = 20logA_V =$ [dB]

3) Çıxış gərginliyi

Cədvəl 2: Tezlik xarakteristikası

Tezlik [Hz]	Çıxış gərginliyi	Tezlik [kHz]	Çıxış gərginliyi	Tezlik [kHz]	Çıxış gərginliyi
50		1		20	
100		2		30	
200		5		40	
300		10		50	

3. B kateqoriyalı güc gücləndiricisi dövrəsinin təcrübə xarakteristikası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Transiztorun hər bir mərhələsinin yerdəyişmə gərginliyini izah edə biləcək;
2. Tezlik xarakteristikasını ölçə biləcək;
3. Tranzistorun B kateqoriyalı sıxıcı gücləndirmə dövrəsini yığa/ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: VR 1kΩ, VR 200Ω, 560Ω, 680Ω, 820Ω, 2.2kΩ, 18kΩ, 30kΩ,
2. Yarımkeçirici: TR 2SC1815, 2N2102 2ea
3. Kondensator: 47μF, 22μF
4. IPT, OPT, səs gücləndirici: 8 Ω
5. Universal PCB; 20×20

Avadanlıq və alətlər:

1. Ossiloqraf
2. Funksiya generatoru
3. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
4. Attenyuator
5. Lehim aləti və alətlər, multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)

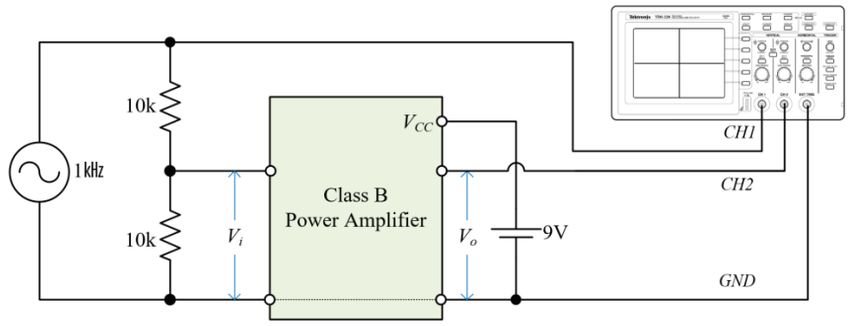
Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Hər bir terminalın sabit cərəyanlı gərginlik ölçüsü

Tranzistor yerdəyişməsinin adekvat olub-olmadığını yoxlamaq üçün hər bir tranzistor terminalın (E. B. C) mərkəzində daimi sabit cərəyanı multitester ilə ölçün.

2. Gərginlik güclənməsinin və maksimum gücün ölçülməsi

1) Gərginlik güclənməsinin ölçülməsi üçün Şəkil 1-də göstərildiyi kimi, rezistorlu bölücünün dövrəsini giriş terminalına birləşdirin. Bu zaman gücləndiricinin önündə dəyişən rezistor 1[kΩ] maksimum mövqedə yerləşdirilir.



Şəkil 1: Gərginlik güclənməsinin ölçülməsi üzrə məftil montajı metodu

2) Şəkil 1-də göstərildiyi kimi, ossiloqrafın CH1-ni generatorun (+) sıxacına, CH2-ni isə gücləndiricinin çıxış terminalına birləşdirin.

3) Ossiloqrafın şaquli həssaslığı 2 (V/böl.)-dir və giriş birləşməsi AC rejimidir.

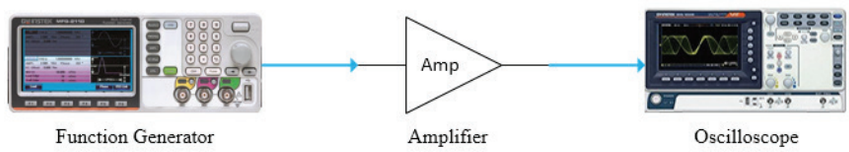
4) Güc gücləndiricisinin çıxış siqnalının sürüşməsindən əvvəlki vəziyyət qeyri-stabil maksimum çıxış gərginliyi adlanır *Vo* (mak.).

Vo effektiv qiymətdir (rms) və maksimum qiymətin 0.707 mislinə, ikiqat amplitudanın isə 0.354 mislinə bərabərdir.

5) Gücləndiricinin maksimum çıxışı aşağıdakı tənlik vasitəsilə verilir.

3. Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi

Artım, gücləndiriciyə tezlik girişindən asılı olaraq dəyişir. Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi üzrə ölçmə dövrəsinin birləşməsi Şəkil 2-də göstərilir.



Şəkil 2: Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi üçün alətin montaj sxemi

4. Xəta diaqnozu və təmir

1) Sabit cərəyanlı gərginliyi yoxlayın.

Tranzistorun hər bir terminalında sabit cərəyanlı yerdəyişmə gərginliyini ölçmək üçün multitesterdən) istifadə edin.

(1) Tranzistor normalda 0.6V olmalı. 0.6 [V] və ya daha az normal V_{BE}-yə malikdir, yaxud problem mövcuddur.

(2) Kollektor gərginliyi (V_C) qidalandırıcı gərginliyin (V_{CC}) təxminən 1/3 - 2/3 hissəsi olmalıdır.

- Tam miqyaslı kollektor gərginliyi (VC) qidalandırıcı gərginliyə yaxın olarsa, tranzistor açıq olur, beləliklə, aşağıdakı detalları yoxlayın və təmir edin.

Zəif lehimləmə, zəif müqavimət, pis tranzistor

- Əgər kollektor gərginliyi təxminən 0 [V] olarsa, yerdəyişmə həddən artıq olur və ya tranzis-

tor qüsurlu olur.

- Əgər yerdəyişmə həddən artıq olarsa, rezistorların müqaviməti *R2*, *R5* və yerdəyişməni qidalandıran *R6* kiçik olur.
- *R3*, *R6* və *R7 rezistorları arasında bölgü əmsalının yanlış olub-olmadığını yoxlayın.*

2) Dəyişən cərəyan siqnalını ölçün.

Aşağı tezlikli ossiloqrafı giriş sıxacına birləşdirin və ossiloqrafdan istifadə edərək tranzistorun hər bir sıxacında görünən siqnalı ölçün.

(1) Baza və kollektor çıxışlarının siqnal ölçüsünün bir-birinə oxşar olub-olmadığını yoxlayın.

(2) Kollektor çıxışının siqnalı baza çıxışının siqnalından böyük olmalıdır.

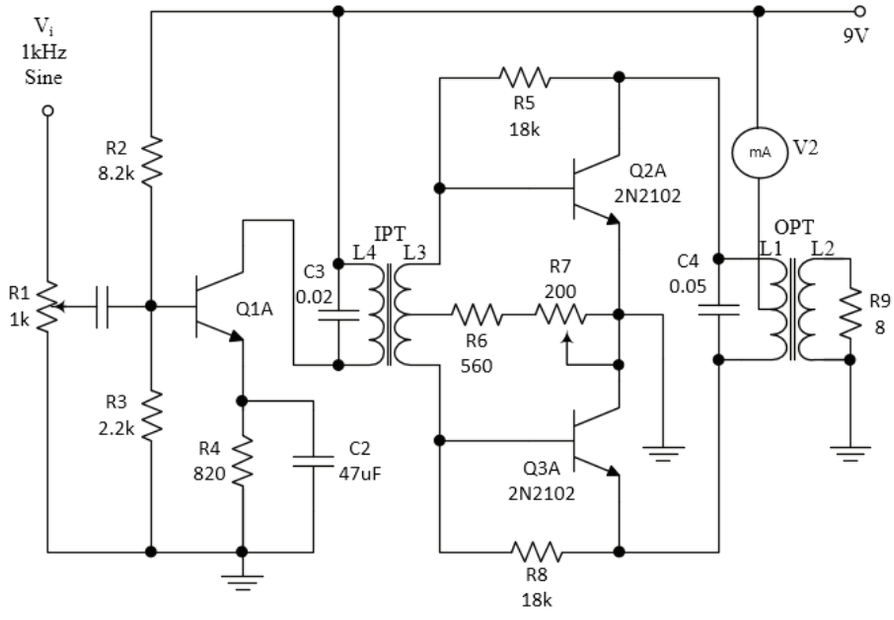
(3) *TR1*-in kollektor çıxışının siqnalı böyük olarsa və *TR2*-nin baza çıxışında heç bir siqnal olmazsa, *TR1* və *TR2* arasında problem var. Belə halda IPT-nin ikinci tərəfində birləşmə nazaslığının mövcud olub-olmadığını yoxlayın.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Tranzistorun qütblüyünə diqqət yetirin.
2. Transformatorun giriş və çıxış sıxaclarını ayrıca birləşdirin.
3. Cərəyan ölçülərkən sınaq uclarının birləşdirici sıxaclarının dəyişməsinin qarşısını almaq üçün multitesterdən istifadə edin.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.



Şəkil 3: Tranzistorlu B kateqoriyalı gücləndirmə dövrəsi

2. Tranzistorlu B kateqoriyalı gücləndirmə dövrəsi üzrə təcrübə

1) Şəkil 3-də göstərilən dövrə diaqramı lövhə üzərində yığılır.
2) Siqnalsız cərəyanı (boş gediş cərəyanını) aşağıdakı kimi nizamlayın.

(1) Qidalanma gərginliyini siqnalsız giriş ilə birləşdirin.

(2) Dəyişən rezistor R7-ni nizamlayın ki, sxematik multitesterin V2 cərəyan qiyməti 5 mA olsun.

3) siqnal olmadıqda hər bir tranzistorun sabit cərəyanlı gərginliyini ölçün (TR1A, TR2A, Q3A) və hesabata qeyd edin. (Cədvəl 1)

(2) Əgər keçid pozulma baş verərsə, siqnal olmadıqda cərəyanı (*Id* = boş gediş cərəyanı) nizamlamaq üçün R7-nin VR(200**Ω**)-ni çevirin. Pozulma olmadan boş gediş cərəyanının nəticələrinə dair hesabata qeyd edin.

(3) Gücləndiricinin V_O-i (mak.) ossiloqrafın siqnal səviyyəsini nizamlamaqla ölçülür və nəticələr haqqında hesabata qeyd edilir.

4) Aşağı tezlikli ossiloqrafı 1 [kHz] girişə birləşdirin və ossiloqrafı 8[**Ω**] 0.5W yükə birləşdirin.

5) Aşağıdakılar ölçülür və nəticələr haqqında hesabata qeyd edilir.

(1) Qidalanma mənbəyini birləşdirin və aşağı tezlikli generatorun siqnal səviyyəsini yavaş-yavaş artırarkən ossiloqrafın üzərində siqnalı müşahidə edin. Bu zaman siqnal formasının simmetrik siqnala və keçid pozulmaya səbəb olub-olmadığını yoxlayın.

6) Maksimum çıxış gücünü hesablayın və qeydə alın.
7) Gərginlik artımını ölçün.

Tezlik xarakteristikasını ölçün, onları nəticələr haqqında hesabatı Cədvəl 2-də qeyd edin və Şəkil 1-də xarakteristika əyrilərini təsvir edin.

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatları lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. Tranzistorun hər bir mərhələsinin yerdəyişmə gərginliyini izah etdimi? 2. Tezlik xarakteristikasını ölçdümü? 3. Tranzistorun B kateqoriyalı sıxıcı gücləndirmə dövrəsini yığdı/ölçdümü? 4. Xəta diaqnozu və təmir həyata keçirdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin dövrəsinin təcrübi xarakteristikası		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) Hər bir tranzistorun sabit cərəyanlı gərginliyini ölçün.

Cədvəl 1: Tranzistorun hər bir sıxacının sabit cərəyanlı gərginliyinin ölçülməsi

Tranzistor	Emitter (E)	Baza (B)	Kollektor (C)
TR1	[V]	[V]	[V]
TR2	[V]	[V]	[V]
Q3	[V]	[V]	[V]

2) Id = [mA]

3) V_O(max) = [V]

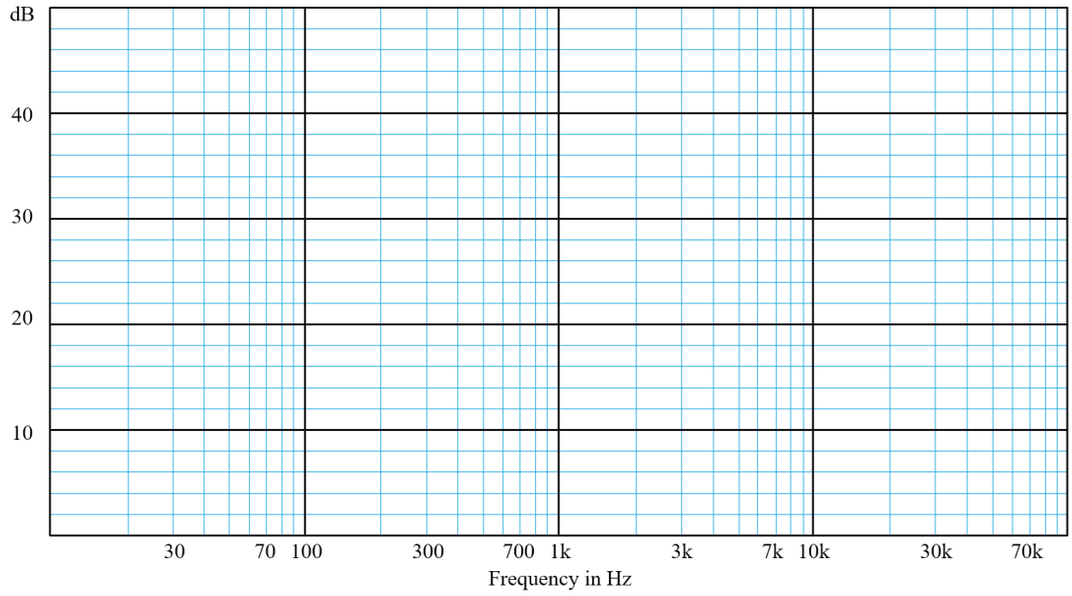
4) P_O = [W]

5) $\frac{V_o}{V_i}$ =

6) Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi

Cədvəl 2: Tezlik xarakteristikasının ölçü nəticəsi

Tezlik [Hz]	30	70	100	300	700	1k	2k	3k	7k	10k	20k	30k	70k
Giriş artımı [dB]													
Çıxış artımı [dB]													



Şəkil 1: Tezlik xarakteristikası əyrisi

7) Xarakteristika əyrisi qrafikində B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin f_1 və f_2 kəsik tezlikləri hansılardır?

- Aşağı kəsik tezliyi (f_1):
- Yüksək kəsik tezliyi (f_2):

4. OTL güc gücləndiricisi dövrəsinin təcrübə xarakteristikası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. OTL güc gücləndiricisi dövrəsini izah edə biləcək;
2. OTL güc gücləndiricisi dövrəsinin xarakteristikasının ölçülməsini izah edə biləcək;
3. Gərginlik artımı və tezliyin xarakteristikasını ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: VR 10kΩ, VR 50Ω, 2Ω, 180Ω, 120Ω, 330Ω, 1.2kΩ, 2kΩ, 18kΩ, 27kΩ,
2. Yarımkeçirici: TR 2SC1815, C200, C2120, A950. Diod D8513
3. Kondensator: 10μF, 47μF 2ea, 22μF, 100μF, 220μF, 1000μF/35V, 0.01μF, 220pF
4. Universal PCB: 20×20dəlik
5. Səs gücləndirici: 8 Ω

Avadanlıq və alətlər:

1. Ossiloqraf
2. Funksiya generatoru
3. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
4. Lehim aləti və alətlər, multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

Tranzistorlardan istifadə etməyən B kateqoriyalı gücləndiricilər (OTL: Transformatorsuz çıxış) Əlavə simmetrik tranzistorda NPN tranzistoru giriş siqnalının (+) siqnalını, PNP tranzistoru isə (-) siqnalı gücləndirir.

1. Siqnal olmadıqda cərəyanının (boş gediş cərəyanının) nizamlanması

1) Siqnal girişi olmadan qidalanma gərginliyini 9 [V] qoşun.

İlkin nizamlama zamanı sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyindən istifadə etməklə yavaş-yavaş 0-dan 9 [V] artırılma xəta halında faydalıdır.

2) Dəyişən rezistorları (R13, 50A) nizamlayın ki, ampermetr dövrədə 10[mA] göstərsin.

(1) Əgər böyük cərəyan aşağı gərginlikdən axarsa, cərəyanı azaltmaq üçün dərhal dəyişən rezistoru nizamlayın və qidalanma gərginliyini 9 [V]-a qədər artırın.

(2) Əgər gərginlik 9 [V]-dan və 20[mA]-dən aşağı düşməzsə, dəyişən rezistorun diodunu yoxlayın.

(3) Əgər boş gediş cərəyanı siqnal olmadıqda 20 ~ 30[mA] olarsa, normal hesab edilir və növbəti mərhələ həyata keçirilir.

2. Diaqnoz və təmir

Nizamlama olmadan təcrübələr yarımkeçirici elementlərin tarazsızlığı və ya passiv elementlərin xətaları nəticəsində normal işləmir. Buna görə də, aşağıdakı məqamları müşahidə etməklə sınaqdan keçirilməlidir.

1) Boş gediş cərəyanı və mərkəz gərginliyinin nizamlanması

(1) Boş gediş cərəyanı temperaturun kompensasiyası üçün dioddan və birləşmə sxemindəki R13 dəyişən rezistordan asılıdır.

(2) Temperatur dəyişikliklərinə və qidalandırıcı gərginliyə həssas olan tranzistorlar və dəyişən rezistorlar temperatur dəyişikliklərini udur və yerdəyişmə üçün tranzistoru stabilləşdirir.

(3) Əgər qismən dövrə xətalı olarsa, cərəyan həddən artıq axa və ya siqnal olmadıqda həddən artıq kiçik ola bilər.

2) Əgər dəyişən rezistor üçün diod əldə edilə bilməzsə, aşağıdakılar istifadə edilə bilər.

(1) İki CDO014-dən ardıcıl istifadə

(2) İki 1N4004-dən ardıcıl istifadə

(3) Dəyişən rezistor diodları çıxış tranzistor elementlərinə yaxın yerləşdirilməli və radiatorun arxasına montaj edilir.

(4) Aralıq gərginliyin nizamlanması heç bir komponent seçimi xətası mövcud olmadığı təqdirdə, tənzimlənən rezistoru (R13) nizamlamaqla mümkün olur.

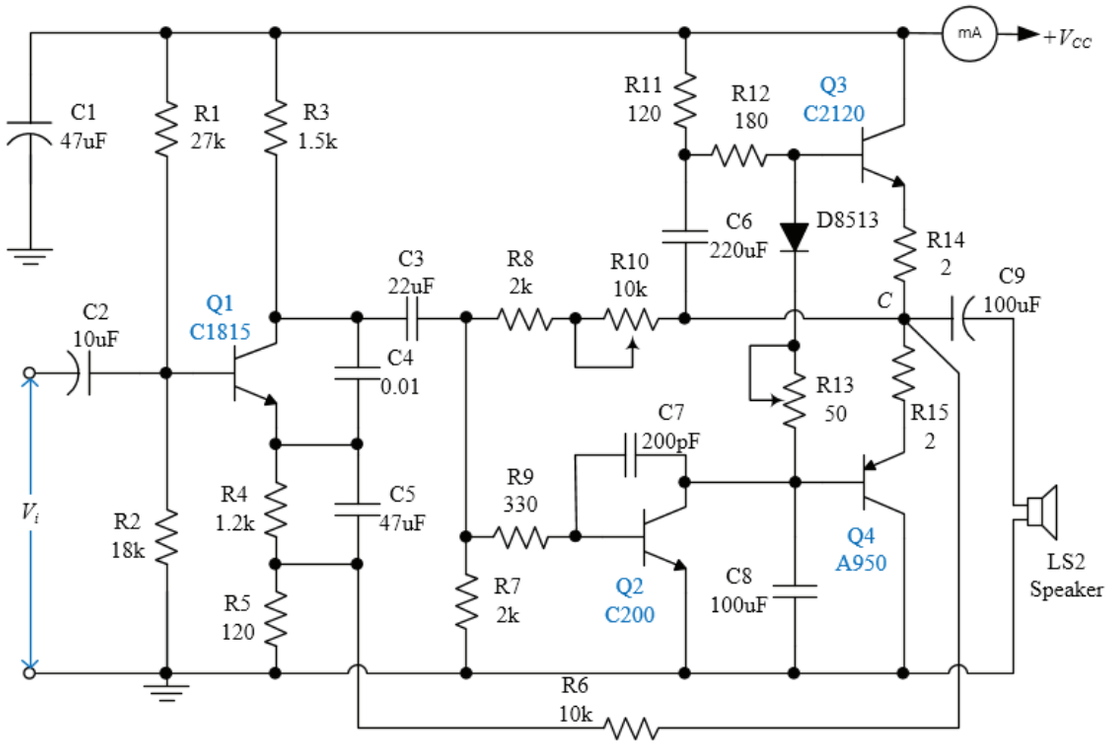
(Əgər aralıq gərginlik, hətta 5 nöqtəli daimi müqavimət rezistoru nizamlandıqda belə nizamlana bilməzsə, aralıq sıxacın sıxac 1-ə düzgün şəkildə birləşdirilib-birləşdirilmədiyini yoxlayın.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Tranzistorun qütblüyünə diqqət yetirin.
2. Transformatorun giriş və çıxış terminalını ayrıca birləşdirin.
3. Cərəyan ölçülərkən sınaq uclarının birləşdirici sıxaclarının dəyişməsinin qarşısını almaq üçün multitesterdən istifadə edin.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.



Şəkil 1: OTL güc gücləndiricisinin dövrəsi

2. OTL B kateqoriyalı gücləndirmə dövrəsi üzrə təcrübə

1) Şəkil 1-də göstərilən dövrə diaqramı lövhə üzərində yığılır.
2) Boş gediş cərəyanını nizamlayın.
   (1) Siqnal girişi olmadan qidalanma gərginliyini 9 [V] qoşun.
   (2) Dəyişən rezistoru (R13 = 50[kΩ]) nizamlayın ki, ampermetr 10mA göstərsin.
   - Əgər böyük cərəyan aşağı gərginlikdən axarsa, cərəyanı azaltmaq üçün dərhal dəyişən rezistoru (R13) nizamlayın və enerji təchizatı gərginliyini 9 [V]-a qədər artırın.
   - Hətta 9V tətbiq edildikdə və nizamlandıqda belə, gərginlik 20[mA]-dən aşağı düşməzsə, dəyişən rezistor diodunu yoxlayın. siqnal olmadıqda 20 ~ 30[mA] boş gediş cərəyanı böyük problem olmazsa, növbəti mərhələyə keçin.
3) Mərkəz gərginliyini nizamlayın.
4) VR (R10)-i nizamlayın ki, aralıq (C nöqtəsi) gərginlik qidalanma gərginliyinin yarısını təşkil etsin.
5) Hər bir ucda sabit cərəyanlı gərginliyi ölçün. (Yerdəyişmənin adekvatlığını yoxlayın).
6) Heç bir giriş siqnalı (0[V]) mövcud olmazsa, dövrə testeri (multitester ilə hər bir sıxacın Daimi(sabit) cərəyanlı gərginliyini ölçün və ölçü qiymətlərini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. (Cədvəl 1)
   (1) Tranzistorun emitter gərginliyinin (V_{BE}) 0.5 ~ 0.6[[mA] diapazonu daxilində olub-olmadığını yoxlayın.
   (2) Q3 və Q4 (V_{BE}) bazaları arasındakı gərginlik 1 ~ 1.2[V] arasında olmalıdır, mərkəz nöqtə (C nöqtəsi) və baza arasındakı gərginliyin müvafiq olaraq 0.5 ~ 0.6 [V] və - (0.5 ~ 0.6 [V]) olub-olmadığını yoxlayın.
7) Dəyişən cərəyan siqnalının güclənməsi üzrə təcrübə
   (1) 8[Ω](5W) yük rezistorunu səs gücləndirici əvəzinə generator çıxışının giriş terminalına birləşdirin.
   (2) Ossiloqrafı yük rezistoru ilə paralel qoşun.
   (3) Ossiloqrafın tezliyini 400 [Hz]-ə qədər nizamlayın və siqnal səviyyəsini yavaş-yavaş artırarkən ossiloqrafın üzərindəki siqnalı müşahidə edin. Keçid üzərində yük olarsa, R13 (50[Ω])-i nizamlayın.
   (4) Əgər yuxarı və aşağı siqnalların ikisindən birində impulsların kəsilməsi baş verərsə, R10 (10[kΩ])-i tarazlaşdırın.
8) Gərginlik artımını ölçün.
   Gərginlik artımını ölçmək üçün "Gərginlik apmlitudasının ölçülməsi» proseduruna istinad edin və ölçü qiymətini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.
9) Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi
   (1) "Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi" proseduruna istinad etməklə, tezlik xarakteristikasının nəticəsini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. (Cədvəl 2)
   (2) Tezlik xarakteristikasını ölçün, onları nəticələr haqqında hesabatı Cədvəl 2-də qeyd edin və Şəkil 1-də xarakteristika əyrilərini təsvir edin.

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. OTL güc gücləndiricisinin dövrəsini izah etdimi? 2. OTL güc gücləndiricisinin dövrəsinin xarakteristikasının ölçülməsini izah etdimi? 3. Gərginlik artımı və tezliyin xarakteristikasını ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	OTL güc gücləndiricisinin dövrəsinin təcrübi xarakteristikası		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) Hər bir tranzistorun sabit cərəyanlı gərginliyini ölçün.

Cədvəl 1: Tranzistorun hər bir terminalının sabit cərəyanlı gərginliyinin ölçülməsi

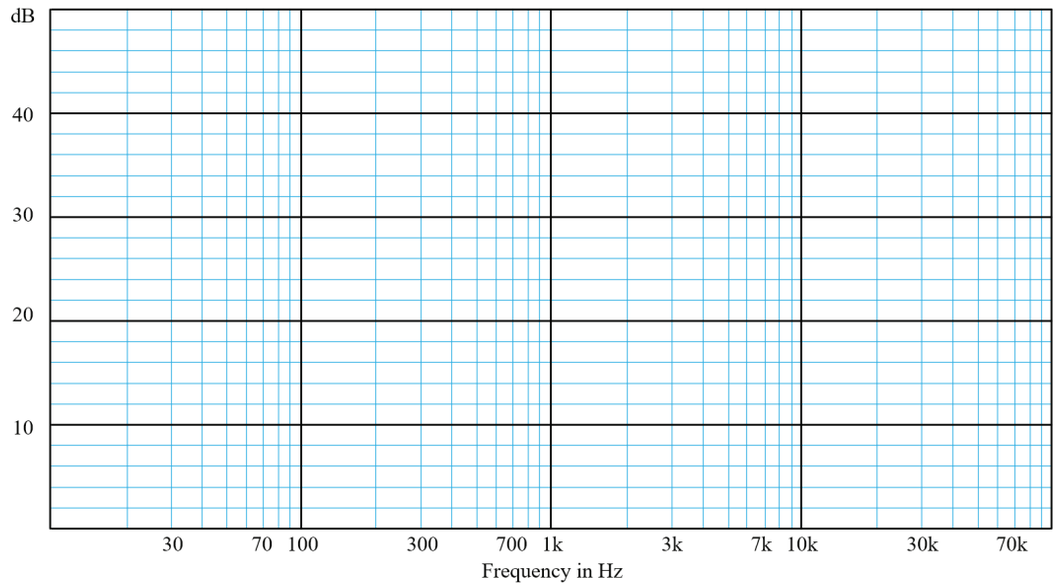
Tranzistor	Emitter (E)	Baza (B)	Kollektor (C)
TR1	[V]	[V]	[V]
TR2	[V]	[V]	[V]
Q3	[V]	[V]	[V]
Q3	[V]	[V]	[V]

2) $\frac{V_o}{V_i} =$

3) Tezlik xarakteristikasının ölçülməsi

Cədvəl 2: Tezlik xarakteristikasının ölçü nəticəsi

Tezlik [Hz]	30	70	100	300	700	1k	2k	3k	7k	10k	20k	30k	70k
Giriş artımı [dB]													
Çıxış artımı [dB]													



Şəkil 1: Tezlik xarakteristikası əyrisi

Xarakteristika əyrisi qrafikində OTL B kateqoriyalı güc gücləndiricisinin f1 və f2 kəsik tezlikləri hansılardır?

- Aşağı kəsik tezliyi (f_1):

- Yüksək kəsik tezliyi (f_2):

5. FET-in təcrübə xarakteristikası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. FET sahə effektli tranzistor birləşdirmənin xarakteristikasını izah edə biləcək;
2. MOS FET-in (metal oksid yarımkeçiricili sahə tranzistoru) xarakteristikasını izah edə biləcək;
3. MOSFET dəyişməsini ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 1kΩ, 8.2kΩ, 10kΩ, 18kΩ, 20kΩ, 100kΩ, 1MΩ
2. Yarımkeçirici: J-FET 2SK30A, MOS FET IRF730
3. Kondensator: 1μF, 10μF, 47μF
4. Lampa; 12V/20W
5. Elektron sxem maketi, əlaqələndirici kabel

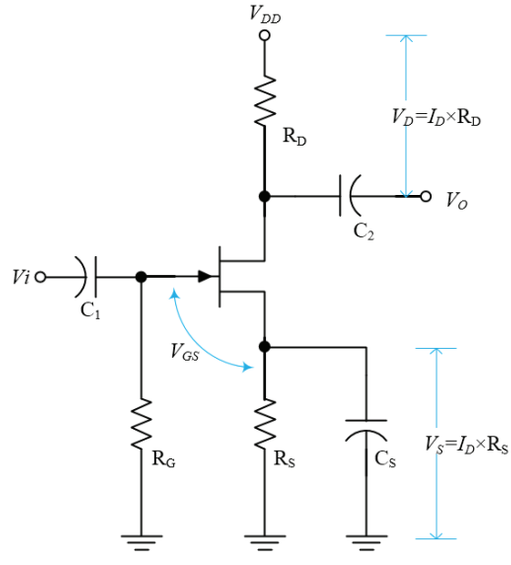
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
2. Multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. FET-in prinsipi və xarakteristikası

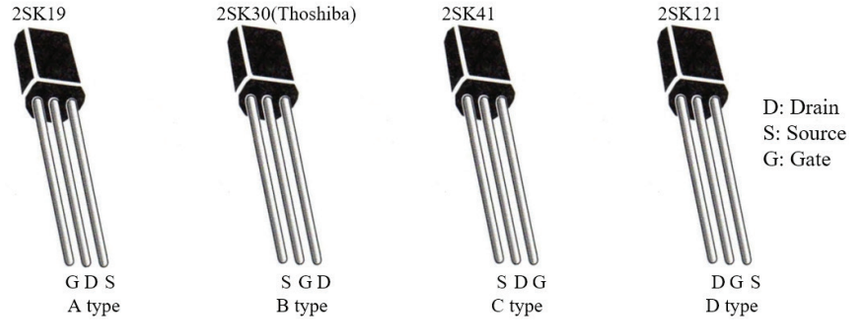
1) Ümumi təsvir
Sahə tranzistoru silikon yarımkeçiricidən hazırlanır. Standart bipolyar tranzistor (BJT) cərəyan nəzarətinin güclənməsi, FET isə gərginlik nəzarətinin güclənməsi üçün nəzərdə tutulub; burada əks gərginliyin yaratdığı elektrik sahə cərəyana nəzarət edir.



Şəkil 1: FET avtomatik yerdəyişmə dövrəsi

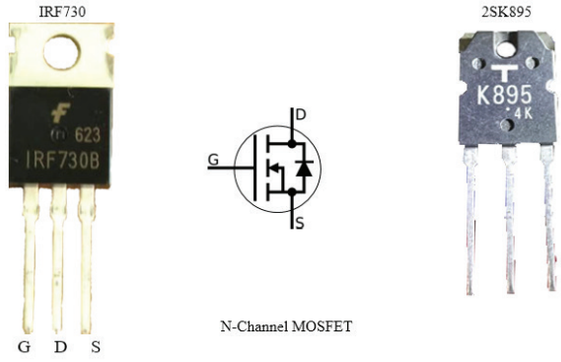
2) Praktik yerdəyişmə dövrəsi
Sürgü və mənbə arasındakı əks yerdəyişmə üçün ayrıca enerji mənbəyindən istifadənin çətinliyin azaldılması üzrə praktik dövrə Şəkil 1-də göstərilən avtomatik yerdəyişmə dövrəsidir.
3) FET-in ayrılması

birləşdirmə tipli J-FET-in ayrılması Şəkil 2-də göstərildiyi kimidir.



Şəkil 2: J-FET-in ayrılması

(2) birləşdirmə tipli MOS FET-in ayrılması Şəkil 3-də göstərildiyi kimidir.



Şəkil 3: MOS-FET-in ayrılması

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

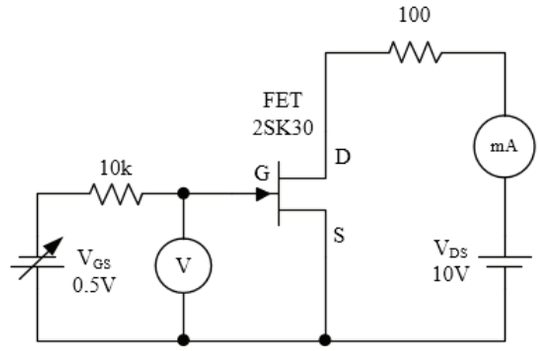
1. FET-in qütblüklərini qeyd edin.
2. Sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyi və multitester çıxışlarının qütblüyünü nəzərə alaraq birləşdirin.
3. Multitesterin diapazon qiyməti maksimumda ölçülür. Miqyası birbaşa oxumaq çətin olarsa, diapazon qiymətini ölçün.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. J-FET-in təcrübə xarakteristikası

1) Şəkil 4-də göstərilən dövrəni laboratoriya qurğusuna montaj edin.
2) V_{GS}-i minimuma nizamlamaqla sürgünün giriş gərginliyini 0V-a qoyun, bu zaman axın cərəyanını ölçün və ölçü qiymətini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.
3) V_{GS}-in nəticəsi. (-) istiqamətdə (Cədvəl 1) gərginliyini artırarkən müvafiq olaraq axın cərəyanını ölçün və (Cədvəl 1) qeyd edin.
4) FET-in giriş və çıxış xarakteristikası əyrilərini nəticələr haqqında hesabata daxil edin. (Şəkil 1).



Şəkil 4: J-FET-in xarakterik sınaq dövrəsi

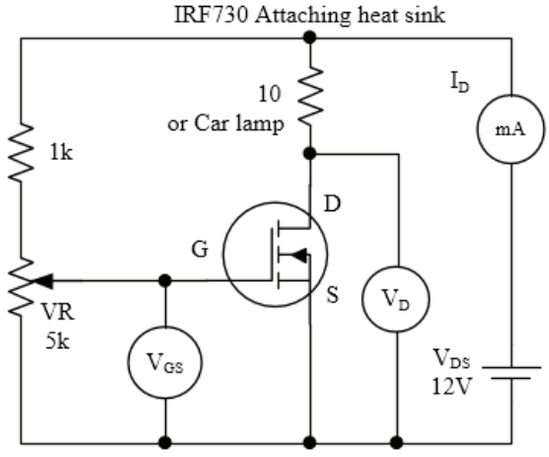
3. MOSFET-in təcrübi güc xarakteristikası

1) (Şəkil 5) dövrəsini laboratoriya qurğusuna montaj edin.

※ Ölçmə üzrə ehtiyat tədbirləri

- Yük rezistorları (20W sinfi) əvəzinə avtolampalardan istifadə edilə bilər.
- FET-ə radiator birləşdirilməlidir (təxminən 40 x 40 x 60 sm ölçüdə).
- Əgər heç bir radiator olmazsa, enerji sərfini azaltmaq üçün yük müqavimətini 100[Ω] (1W)-ə qoyun.

2) Sürgünün giriş gərginliyi tədricən 0-dan 10[V]-a qədər artan zaman çıxış tərəfin üzərində cərəyan (I_D) və gərginliyi (Vo) ölçmək üçün dəyişən rezistoru nizamlayın və nəticəni Cədvəl 2-də qeyd edin. (Buna baxmayaraq, qidalanma mənbəyinin ampermetr miqyası cərəyanı (I_D) oxuyur. (Giriş cərəyan nəzərə alınmaya bilər.))

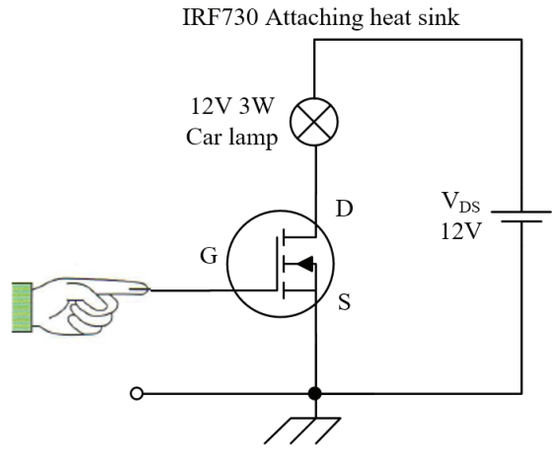


Şəkil 5: MOSFET-in xarakterik sınaq dövrəsi

4. MOSFET-in təcrübə güc dəyişməsi

1) (Şəkil 6) dövrəsini laboratoriya qurğusuna montaj edin.
2) Əlinizin ucu ilə sürgüyə birləşdirilən xəttə ehmalca toxunduqda lampanın vəziyyəti necə olur?

3) Əgər lampa yanarsa, təxminən 1 dəqiqə gözləyin və yanan lampanın vəziyyətinin qorunub saxlanmasını müşahidə edin.
4) Rezistorları [MΩ] sürgü və torpaq arasında birləşdirin və (2) 'və (3)'-ün tələblərini təkrarlayın.



Şəkil 6: MOSFET dəyişməsinin sınaq dövrəsi

5. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. FET birləşdirmənin xarakteristikasını izah etdimi? 2. MOS FET-in xarakteristikasını izah etdimi? 3. MOSFET dəyişməsini ölçdümü? 4. FET-in prinsiplərini və xarakteristikasını izah etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	FET-in təcrübi xarakteristikası	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) J-FET-in təcrübi xarakteristikası

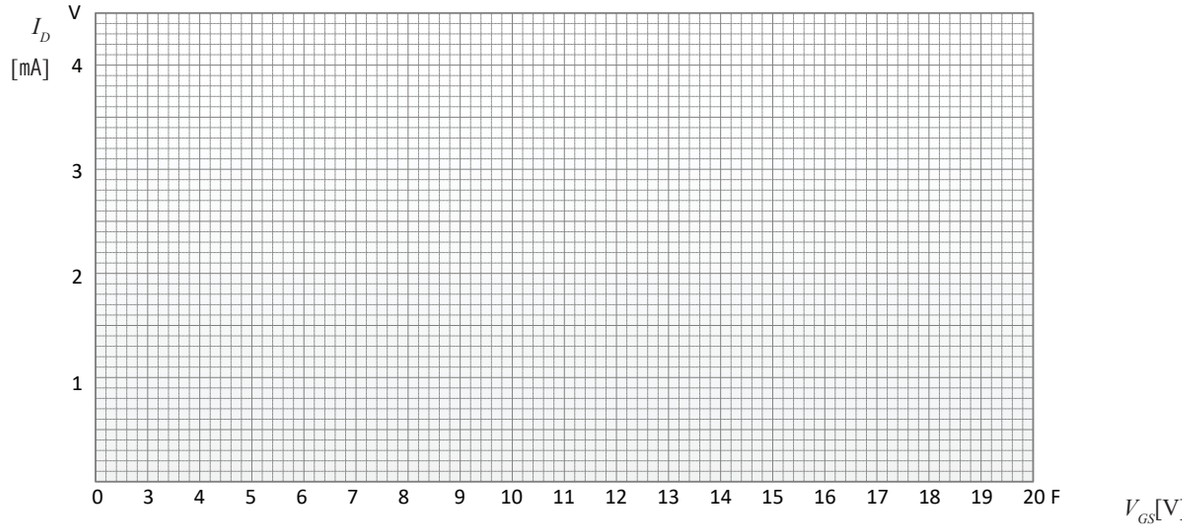
(1) I_{DSS} = [mA]

(2) 2SK30A giriş/çıxışın xarakteristika sxemi

Cədvəl 1: 2SK30A giriş/çıxışın xarakteristika sxemi

$-V_{GS}$[V]	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3k	3.5	4
I_D [mA]										

(3) FET-in xarakteristika əyrisi



(Şəkil 1) I2SK30-in giriş/çıxışının xarakteristika əyrisi

2) MOSFET-in təcrübə güc xarakteristikası

Cədvəl 2: MOSFET-in giriş/çıxışının xarakteristika əyrisi (V_{DD} = 12[V])

$-V_{GS}$[V]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Qeydlər Temperatur [°C
I_D [mA]												
V_D[V]												

6. FET tətbiq dövrəsinin təcrübə xarakteristikası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. MOS FET-dən istifadə etməklə sayrışma dövrəsini izah edə biləcək;
2. Sabit cərəyanlı mühərrik sürətinə nəzarət dövrəsini sınaqdan keçirə biləcək

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 10kΩ, 20kΩ, 100kΩ, 1MΩ, VR100kΩ, VR500kΩ
2. Yarımkeçirici: MOS FET IRF730 2ea
3. IC : NE555, CD4011
4. Kondensator: 1μF, 10μF, 47μF
5. Mühərrik; 12V, Lampa; 12V/20W, SW; PB SW 2P
6. Elektron sxem maketi, əlaqələndirici kabel

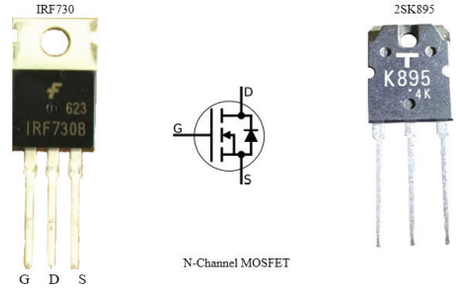
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
2. Multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

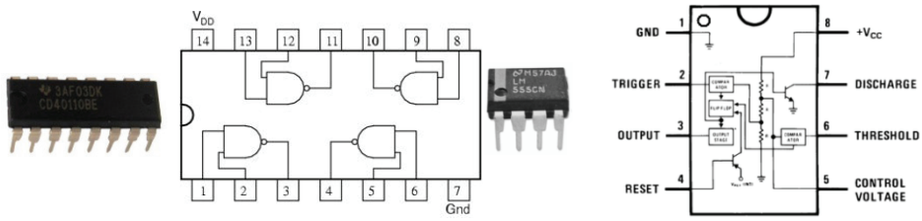
1. FET-in tətbiq dövrəsi

1) Birləşdirmə tipli MOS FET-in ayrılması Şəkil 1-də göstərildiyi kimidir.



Şəkil 1: MOS-FET-in ayrılması

(2) Laboratoriyada istifadə ediləcək inteqral sxemin (IC) daxili diaqramının yoxlandığından əmin olun.



Şəkil 2: IC-lərin ayrılması

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

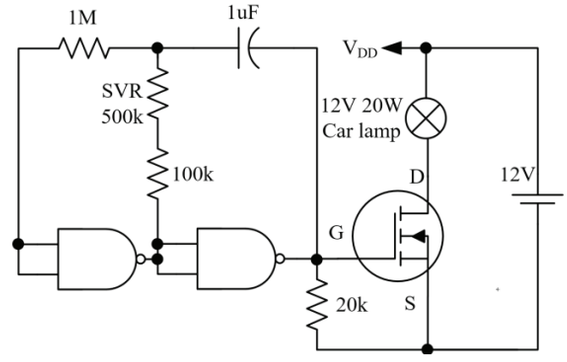
1. FET-in qütblüklərini qeyd edin.
2. Sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyi və multitester çıxışlarının qütblüyünü nəzərə alaraq birləşdirin.
3. Mühərrikin əks gərginliyinin səbəb olduğu qırılmaya qarşı ehtiyatlı olun.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. MOS FET-dən istifadə etməklə lampanın sayrışma dövrəsi üzrə təcrübə

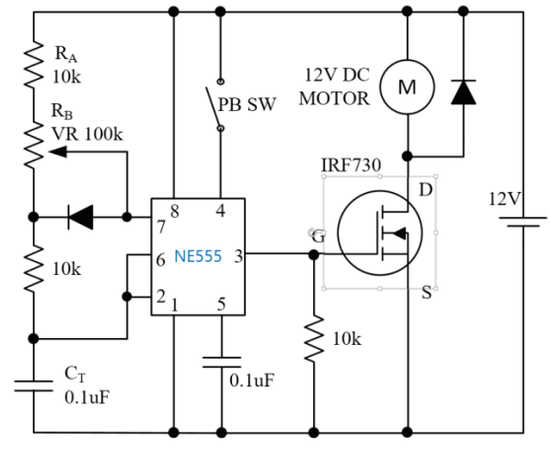
1) (Şəkil 3) dövrəsini laboratoriya qurğusuna montaj edin.
2) Qidalanma gərginliyi tətbiq edildikdə avtomobil lampasının işi necə olur?
3) Qurulmuş induktivlik çarxının müqavimətini (500[kΩ]) nizamlayarkən lampanın işıqlanmasını yoxlayın.
4) GÜC MOS FET-in axın mənbəyi siqnalını ossiloqraf ilə ölçün və ölçü qiymətini nəticələr haqqında hesabata daxil edin. (Şəkil 1)



Şəkil 3: Lampanın sayrışma dövrəsi

3. Sabit cərəyanlı mühərrik sürətinə nəzarət dövrəsinin yığılması

1) (Şəkil 4) PWM (implus eninin modulyasiyası) dəyişdiricisindən istifadə etməklə sabit cərəyanlı mühərrik sürətini nəzarəti göstərir. Dövrəni yığmaq üçün elektron sxem maketindən istifadə edin.
2) Dəyişmə tsiklini minimum-maksimum qiymətə dəyişdirmək üçün dəyişən rezistoru 100[kΩ] nizamlayın.
3) Müvafiq sürət dəyişikliyinin baş verib-vermədiyini yoxlayın.
4) (3) 20% və 80% doldurma əmsalına malik dəyişmə siqnalları IC-in 3-cü milində ölçülür və nəticələr haqqında hesabata qeyd edilir. (Şəkil 2)



Şəkil 4: Sabit cərəyanlı mühərrik sürətinə nəzarət dövrəsi

4. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

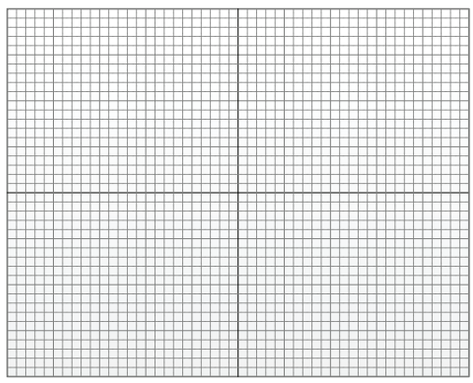
Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. MOS FET-dən istifadə etməklə sayrışma dövrəsini izah etdimi? 2. Sabit cərəyanlı mühərrik sürətinə nəzarət dövrəsini sınaqdan keçirdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	FET tətbiq dövrəsinin təcrübə xarakteristikası	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) MOS FET-dən istifadə etməklə lampanın sayrışma dövrəsi üzrə təcrübə

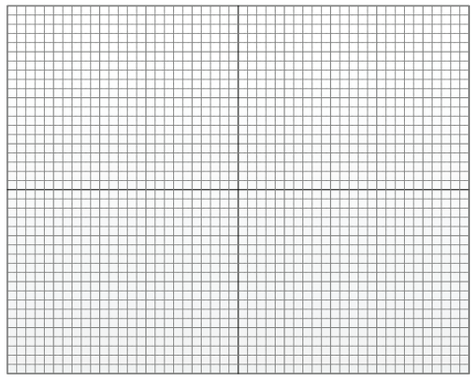


Vaxt/böl.=

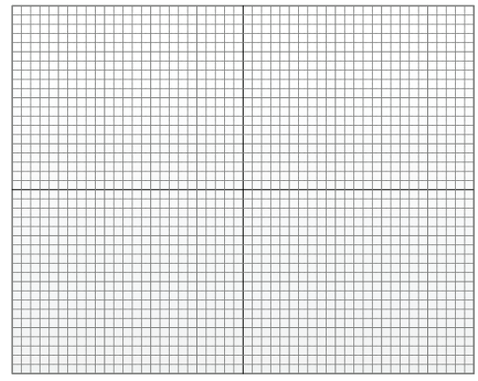
Volt/böl.=

Şəkil 1: Çıxış siqnalı

2) sabit cərəyanlı mühərrik sürətinə nəzarət dövrəsinin yığılması



Vaxt/böl. = Volt/böl. =



Vaxt/böl. = Volt/böl. =

Şəkil 2: PWM(implus eninin modulyasiyası) dəyişdiricisinin dövrəsinin dəyişmə siqnalı dövrəsi

7. Multivibratorlu dövrənin təcrübə xarakteristikası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Sinxronlaşdırılmamış multivibrator təcrübəsini izah edə biləcək;
2. Birgedişli multivibrator təcrübəsini izah edə biləcək;
3. İki sabit vəziyyətli multivibrator təcrübəsini izah edə biləcək;
4. Şmit triggerinin dövrəsi üzrə təcrübəni izah edə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 100Ω 2ea, 1kΩ 2ea, 1.5kΩ, 3.3kΩ, 10kΩ, 82kΩ 2ea, VR 100kΩ
2. Yarımkeçirici: TR 2SC1815 2ea, LED (qırmızı) 2ea, Diod 1N4001 2ea
3. Kondensator: 0.1μF, 0.001, 47μF, 3.3μF 2ea

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
2. Multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf
4. Generator/tezlik sayğacı
5. Laboratoriya qurğusu

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Multivibrator

(1) Ümumi təsvir

(2) TR-dən istifadə etməklə iki fazalı rezistor-kondensatorlu (R-C) gücləndiricinin çıxışını müsbət şəkildə əsas vəziyyətə qaytarmaqla impulslar yaradan dövrədir. Birləşdirici dövrənin növündən asılı olaraq aşağıdakı növlər fərqləndirilir.

- Sinxronlaşdırılmamış multivibrator iki dəyişən cərəyanlı birləşməyə malikdir.
- Biri sabit cərəyanlı birləşməyə (rezistorlu birləşmə) malikdir Biri dəyişən cərəyanlı birgedişli multivibratordur.
- İki sabit vəziyyətli multivibratorların hər ikisi sabit cərəyanlı birləşməyə malikdir.

1) Sinxronlaşdırılmamış multivibrator

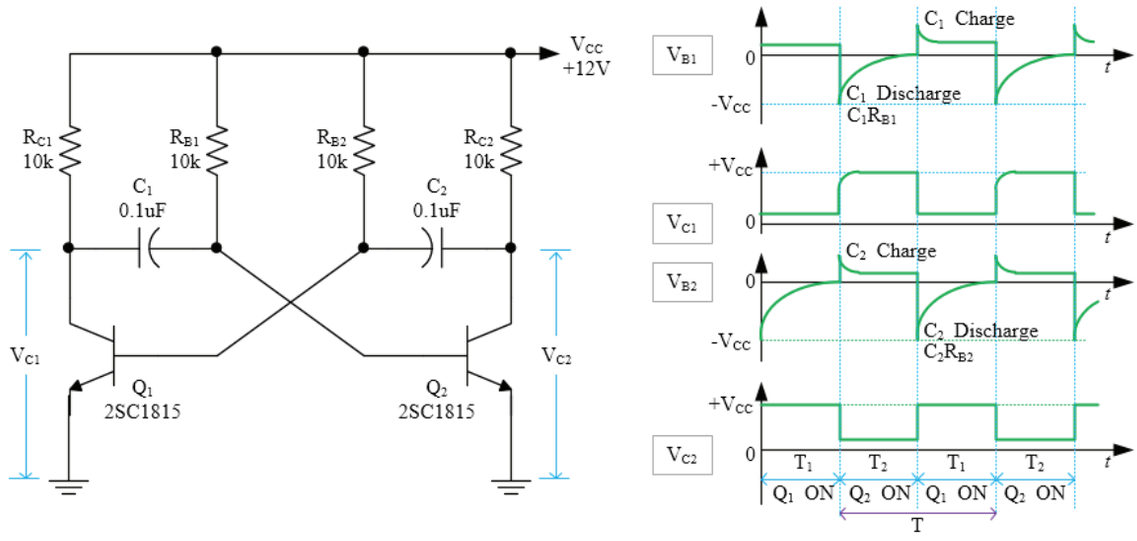
Tranzistorlardan istifadə etməklə sinxronlaşdırılmamış multivibrator Şəkil 1-də göstərilir.

(1) Əməliyyatın qısa təsviri
Tranzistor TR1 qoşulu olduqda TR2 sönür. TR2 yandıqda TR1 sönür.

(2) İnversiya dövrü aşağıdakı kimidir:

- İmpulsun eni [Şəkil 1] (b)-də göstərilir. $T = T_1 + T_2$
- $T_1 \cong 0.69 C_1 \cdot R_{B1}$ [s]

- $T_{21} \cong 0.69C_2 \cdot R_{B2}$ [s]
- $T_2 = 0.69(C_1 \cdot R_{B1} + C_2 \cdot R_{B2})$ [s]
- $F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69(C_1 \cdot R_{B1} + C_2 \cdot R_{B2})}$ [Hz]

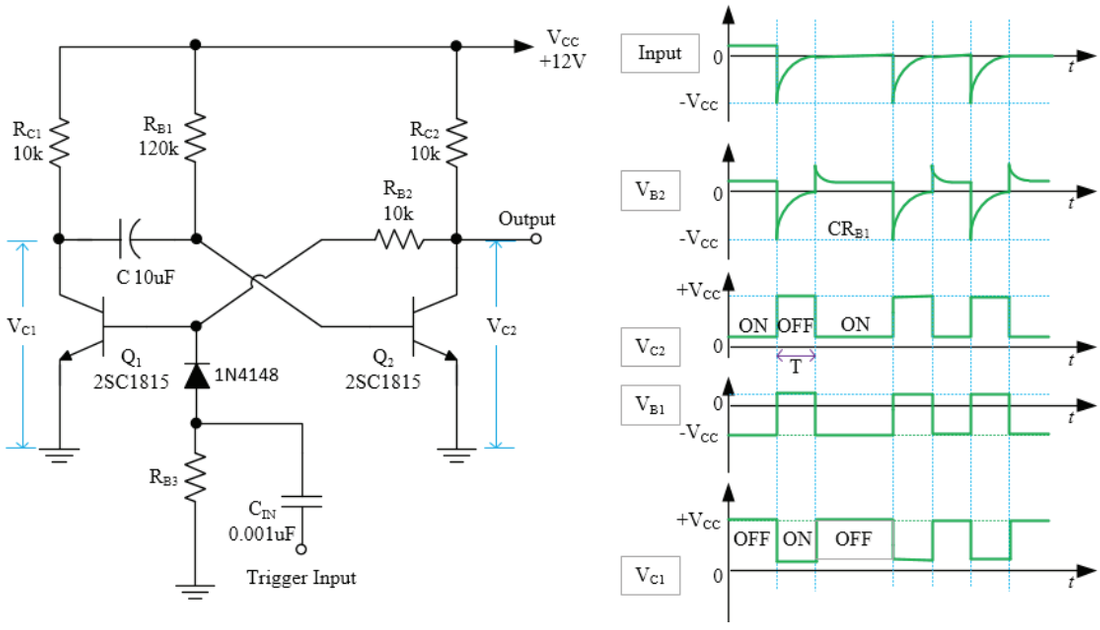


(a) Sinxronlaşdırılmamış multivibrator dövrəsi (b) Sinxronlaşdırılmamış dövrənin işçi siqnalı

Şəkil 1: Sinxronlaşdırılmamış multivibratorun işçi siqnalı və dövrəsi

2) Birgedişli multivibrator

Bu multivibrator bir sabit və metastabil vəziyyətə malikdir. İşəsalma impulsu kənardan daxil edildikdə əks vəziyyətə qaytarılır və müəyyən müddətdən sonra əsas vəziyyətə qaytarılan kimi sabitləşir. Birgedişli multivibrator dövrəsi Şəkil 2-də göstərilir.



(a) Birgedişli multivibrator dövrəsi. (b) Birgedişli multivibrator dövrəsi işçi siqnalı

Şəkil 2: Birgedişli multivibratorun işçi siqnalı və dövrəsi

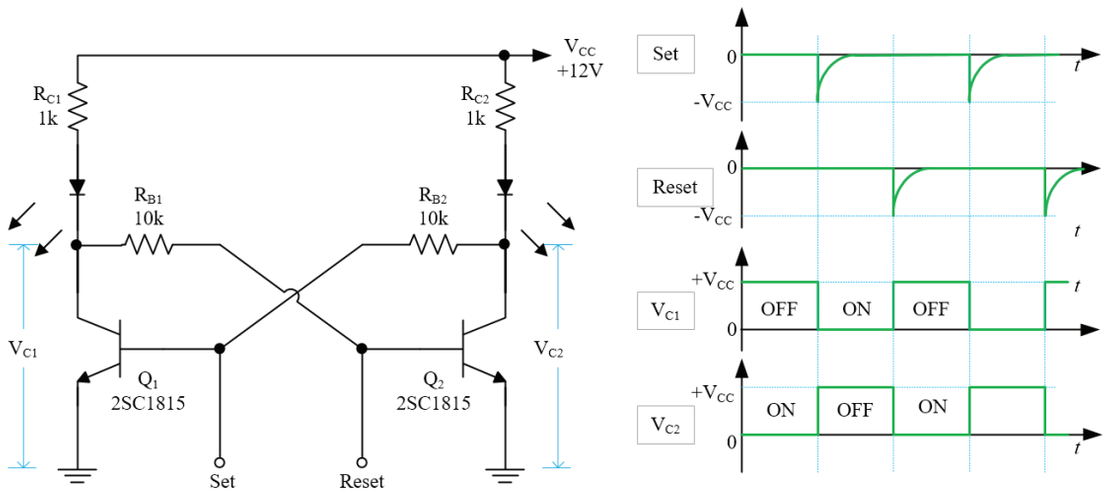
1) İnversiya dövrü aşağıdakı kimidir:

- $T = 0.69(C \cdot R_{B1})\ [s]$
- $F = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.69(C \cdot R_{B1})}\ [Hz]$

3) İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsi

Bu dövrə birgedişli multivibratorun ayırıcı kondensatoru əvəzinə R rezistorundan istifadə edərək və yerdəyişmə gərginliyini TR_1 və TR_2 tranzistorlarına tətbiq edərək daimi cərəyan birləşməsi yaratmaqla iki sabit qoşma və söndürmə vəziyyətinə malik dövrədir.

(Şəkil 3) (a) bəndinə göstərildiyi kimi, bir çıxış impulsu hər iki giriş trigger impulsu üçün əldə edilə bilər və həmçinin trigger sxemi də adlanır. (b) bəndi işçi siqnalı göstərir.



(a) İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsi. (b) İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsinin işçi siqnalı

Şəkil 3: İki sabit vəziyyətli multivibratorun işçi siqnalı və dövrəsi

2. Şmit triggerinin dövrəsi

1) Ümumi təsvir

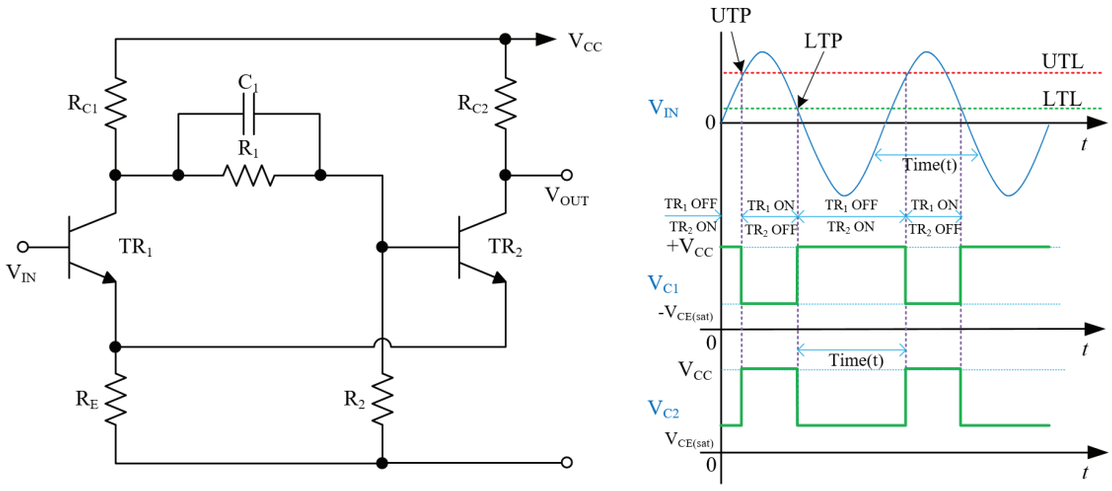
Şmit triggerinin dövrəsi siqnal yaradan dövrə kimi istifadə edilir. Bu dövrə sinusoidal siqnal girişindən kvadrat siqnalın yaradılması üçün istifadə edilə bilər. Əsasən, dövrə bütün digər multivibrator dövrələrində olduğu kimi, iki əks işçi vəziyyətə malikdir. Buna baxmayaraq, trigger siqnalı bir qayda olaraq impuls siqnalı deyil, sadəcə dəyişən cərəyanlı gərginlikdir. Şmit triggeri siqnal səviyyəsinə həssasdır və çıxış vəziyyətinin iki fərqli trigger səviyyəsini dəyişir. Trigger səviyyələrindən biri aşağı trigger səviyyəsi (L.T.L), digər isə yuxarı trigger səviyyəsi adlanır. (Şəkil 4) Şmit triggerinin dövrəsini və giriş/çıxış siqnallarını göstərir.

2) Əməliyyatın ümumi təsviri

[Şəkil 4] (a) Şmit triggerinin dövrəsinin göstərir, dövrə triggerinə emitter R_E vasitəsilə birləşdirilən iki oxşar tranzistor daxildir. Rezistor R_1 və R_2 V_{CC} qidalanma mənbəyi və torpaqda gərginlik bölgüsü formalaşdırır. Bu rezistorlar tranzistor TR_2-nin bazasında kiçik birbaşa yerdəyişmə yaradır.

İlkin olaraq, girişdə heç bir siqnal olmadığını təxmin edək. Bundan sonra qidalanma mənbəyi V_{CC} qoşulan kimi tranzistor TR_2 keçirməyə başlayır. Rezistor R_E vasitəsilə tranzistorun cərəyan axını gərginlik azalması yaradır. Bu cərəyan azalması tranzistor TR_1-in emitter qovuşuğunda əks

yerdəyişmə rolunu oynayır. Bunun nəticəsində kollektordakı gərginlik VVC-yə artır. Bu artan gərginlik rezistor R_1 vasitəsilə TR_2 tranzistorun bazasına birləşdirilir. TR_2 tranzistorun bazasında birbaşa yerdəyişməni artırır və buna görə də doymaya aparır və orada saxlayır. Bu halda kollektor gərginliyi, səviyyə Şəkil 4 (b)-də göstərildiyi kimi VC_1-V_{CC} və V_{C2}-V_{CE} olur.



(a) Şmit triggerinin dövrəsi (b) Giriş/çıxış siqnalı

Şəkil 4: Şmit triggerinin dövrəsi və siqnalı

İndi Şmit triggerinin girişində (yəni tranzistor TR_1-in bazasında) dəyişən cərəyan siqnalının tətbiq olunduğunu təxmin edin. Giriş gərginliyi sıfırdan yuxarıya artdıqca yuxarı trigger səviyyəsini (ULT) keçməyənə qədər heç bir hadisə baş verməyəcək. Giriş gərginliyi yuxarı trigger səviyyəsini keçdikdə tranzistor TR_1 keçirir. Tranzistorun keçirməyə başladığı nöqtə yuxarı trigger nöqtəsi (UTP) kimi tanınır. TR1 tranzistor keçirdikdə onun kollektor gərginliyi VVC-dən aşağı düşür. Bu düşmə rezistor vasitəsilə tranzistorun bazasına birləşdirilir və tranzistor onun birbaşa yerdəyişməsini azaldır. Bu, öz növbəsində TR_2 tranzistorun cərəyanını azaldır və nəticə etibarilə rezistor RE-də gərginlik azalmasına səbəb olur. Bunun nəticəsində tranzistor TR1-in əks yerdəyişməsi azaldılır və daha çox keçirir. TR_1 tranzistor həddən artıq keçirərsə, onun kollektoru daha da azalır və bunun nəticəsində tranzistor TR_1 kəsilməyə yaxın keçirir. Bu proses tranzistor TR_1 doymaya, TR_2 isə kəsilməyə aparılana qədər davam edir. Bu halda kollektor gərginliyinin səviyyələri Şəkil 4-də göstərildiyi kimi V_{C1}=V_{CC} və V_{C2}=V_{CC} olur.

Tranzistor TR_1 giriş gərginliyi aşağı trigger səviyyəsindən (LTL) aşağı düşənə qədər keçirməyə davam edəcək. Giriş gərginliyinin aşağı trigger səviyyəsinə bərabər olacağını, tranzistor TR1-in emitter qovuşuğunu əks yerdəyişməyə çevrildiyini bilmək maraqlı olacaq. Bunun nəticəsində kollektor gərginliyi $V_{CC\text{-}ə}$ doğru artmağa başlayır. Bu artan gərginlik tranzistor TR2-də birbaşa yerdəyişməni artırır və bu da tranzistorun keçirməsinə başlayır. Tranzistor TR2-nin keçirməyə başladığı nöqtə aşağı trigger nöqtəsi (LTP) adlanır. Tranzistor TR2 tezliklə doymaya, TR1 isə kəsilməyə aparılır. Bu, bir dövrə tamamlayır. Kollektor gərginliyinin səviyyələri bu halda $V_{C1} = V_{CC}$ və $V_{C2} = V_{CE}$ (doy.) olur. Giriş gərginliyinin mənfi yarım tsikli zamanı vəziyyətdə heç bir dəyişiklik baş verməyəcək.

Yuxarıdakı müzakirədən sübut edilir ki, Şmit triggerinin çıxışı müsbət impulsdur və bu impulsun eni tranzistor TR1-in keçirdiyi müddətdən asılıdır. Keçirmə vaxtı yuxarı və aşağı trigger səviyyələri ilə təyin edilir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. FET-in qütblüklərini qeyd edin.
2. sabit cərəyanlı qidalanma mənbəyi və multitester çıxışlarınım qütblüyünü nəzərə alaraq birləşdirin.
3. Mühərrikin əks gərginliyinin səbəb olduğu qırılmaya qarşı ehtiyatlı olun.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Multivibrator dövrəsinin təcrübə xarakteristikası

1) Sinxronlaşdırılmamış multivibrator dövrəsi

(1) Şəkil 5-də göstərilən dövrəni qoşun.

(2) Dövrənin işçi tezliyinin hesablamaq üçün aşağıdakı tənlikdən istifadə edin və nəticəni nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.

(3) Dövrənin hər bir hissəsinin siqnalını ölçmək üçün ossiloqrafdan istifadə edin və ölçü qiymətini nəticələr haqqında hesabata daxil edin. (Şəkil 1) Bundan sonra tezlik ölçülür və hesablanmış qiymətlə müqayisə edilir.

(4) Yükləmə əmsalını ölçün və qeyd edin.

(5) Kondensator C1-i 0.01μF-ə keçirin və TR2-nin kollektor siqnalını ölçün və nəticələr haqqında hesabat tərtib edin. (Şəkil 2) Bundan sonra yükləmə əmsalını ölçün.

(6) Yuxarıdakı prosedurların əməliyyat nəticəsində TR1-in kollektor siqnalının fazası TR2-nin kollektor siqnalının fazası ilə müqayisə edilir.

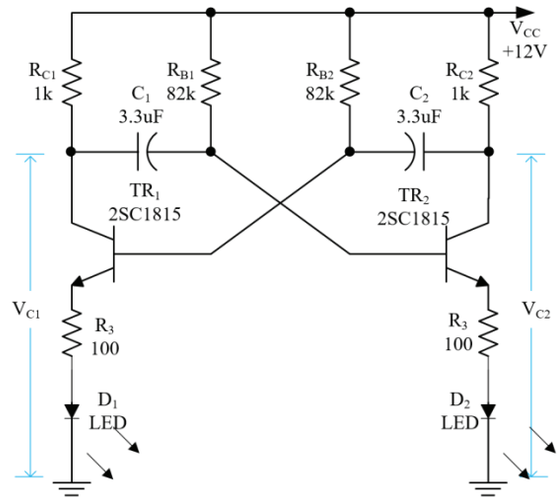
(7) İki faza (faza/180° əks faza).

2) Birgedişli multivibratorun dövrəsi

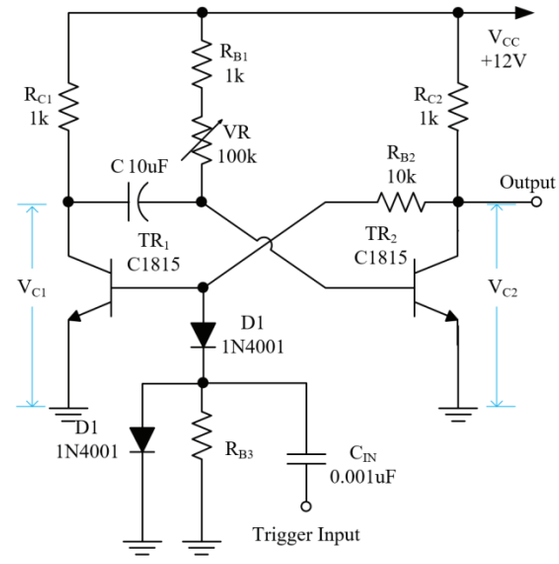
(1) Şəkil 6-da göstərilən dövrəni qoşun.

(2) Aşağı tezlikli komponentin kvadrat siqnalını giriş terminalına verin.

(3) Ossiloqrafın CH1-ni D_1 və D_2 kontaktlarına, TR2-nin CH2-ni maksimuma qoyulan VR100[kΩ] dəyişən rezistora birləşdirin və siqnalı ölçün və ölçü nəticəsini nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. (Şəkil 3).



Şəkil 5: Sinxronlaşdırılmamış multivibrator dövrəsi



Şəkil 6: Birgedişli multivibrator dövrəsi

Bu zaman CH2-nin ön ucu (qalxan hissə), CH1-in arxa ucu (düşən hissə) bir-biri ilə uyğunlaşdırılır.

(4) TR2-nin kollektor siqnalını müşahidə edərkən, çıxış siqnalının impuls enində dəyişikliyi (artam/azalma) qeyd edin və bu zaman dəyişən rezistoru VR 100[kΩ] yavaş-yavaş azaldın.

(5) Dəyişən rezistor VR100[kΩ] maksimuma qoyulduqda çıxış impulsunun enini ölçün və qeyd edin.

(6) Dəyişən rezistor VR 100[kΩ] minimuma qoyulduqda çıxış impulsunun enini ölçün və qeyd edin.

3) İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsi

(1) Şəkil 7-də göstərilən dövrəni qoşun.

(2) Quraşdırma giriş terminalını torpağa birləşdirin, LED-in yanma/sönmə vəziyyətini yoxlayın və nəticəni Cədvəl 1-də nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. TR1 və TR2 tranzistorlarının işçi vəziyyətini qeydə alın.

(3) Quraşdırma giriş terminalını torpaqlanmamış vəziyyətə qoyun və LED-in yanma/sönmə vəziyyətini yoxlayın. TR1 və TR2 tranzistorlarının işçi vəziyyətləri Cədvəl 1-də nəticələr haqqında hesabata qeyd edilir.

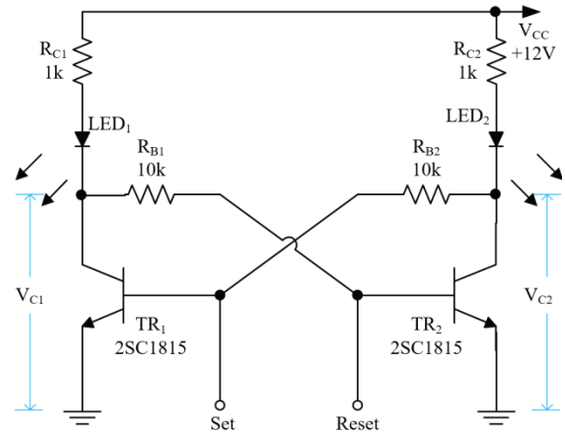
(4) Sıfırlama giriş terminalını torpağa birləşdirin, LED-in yanma/sönmə vəziyyətini yoxlayın və nəticəni Cədvəl 2-də nəticələr haqqında hesabata qeyd edin. TR1 və TR2 tranzistorlarının işçi vəziyyətini qeydə alın.

(5) Sıfırlama giriş terminalını torpaqlanmamış vəziyyətə qoyun və LED-in yanma/sönmə vəziyyətini yoxlayın. TR1 və TR2 tranzistorlarının işçi vəziyyətləri Cədvəl 2-də nəticələr haqqında hesabata qeyd edin.

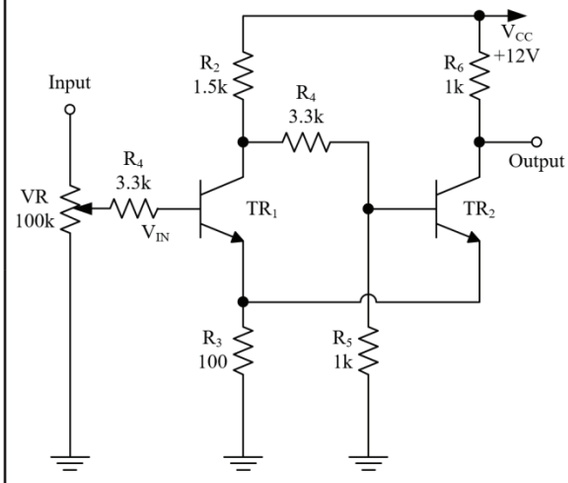
4) Şmit triggerinin dövrəsi

(1) Şəkil 8-də göstərilən dövrəni qoşun.

(2) 1[kHz] sinusoidal siqnalı dövrənin giriş terminalına verin və 2CH ossiloqrafından istifadə etməklə CH1-i giriş terminalına, CH2-ni isə çıxış terminalına birləşdirin.



Şəkil 7: İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsi



Şəkil 8: Şmit triggerinin dövrəsi

(3) VR100 [kΩ] dəyişən rezistoru nizamlayın ki, kvadrat siqnal çıxışda görünsün və 2 ~ 3 tsikllərinin siqnalını nəticələr haqqında hesabata (Şəkil 3) qeyd edin və UTL və LTL-i ölçün.

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. Sinxronlaşdırılmamış multivibrator təcrübəsini izah etdimi? 2. Birgedişli multivibrator təcrübəsini izah etdimi? 3. İki sabit vəziyyətli multivibrator təcrübəsini izah etdimi? 4. Şmit triggerinin dövrəsi üzrə təcrübəni izah etdimi? 5. Doldurma əmsalını və hər bir dövrənin titrəyiş tezliyini hesabladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

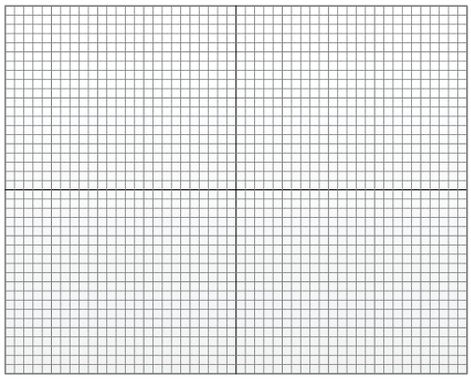
Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	Multivibratorlu dövrənin təcrübi xarakteristikası		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) Sinxronlaşdırılmamış multivibrator dövrəsi

(1) İşçi tezlik $f = \frac{1}{1.4RC}$ = [Hz]

(2) Dövrənin hər bir hissəsinin siqnalını ölçün.



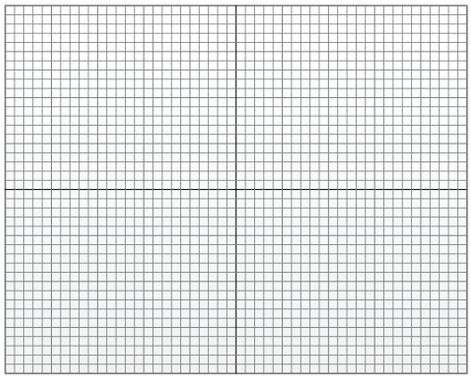
Tezliyi ölçün f = [Hz]
Xəta = [Hz]
Dövrənin hər bir hissəsinin siqnalını ölçün.
Vaxt/böl.=
Volt/böl.=
V_{P-P} =
Tezlik=

Şəkil 1: Dövrənin hər bir hissəsinin siqnalını ölçün.

(3) Yükləmə əmsalı = [%]

(4) C1 kondensatoru 0.01μF-ə keçirin, TR2-nin kollektor siqnalını ölçün və yükləmə əmsalını ölçün.

Yükləmə əmsalı = [%]

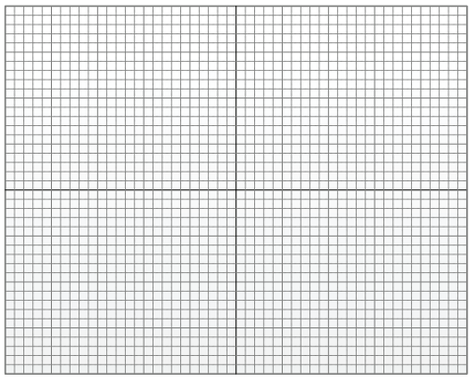


TR2-nin kollektor siqnalı
Vaxt/böl.=
Volt/böl.=
V_{P-P} =
Tezlik=

Şəkil 2: C1 kondensatoru 0.01μF-ə keçirin və kollektor siqnalını ölçün.

2) Birgedişli multivibratorun dövrəsi

1) TR2 kollektorun siqnalı



Maksimum VR-də çıxış siqnalı

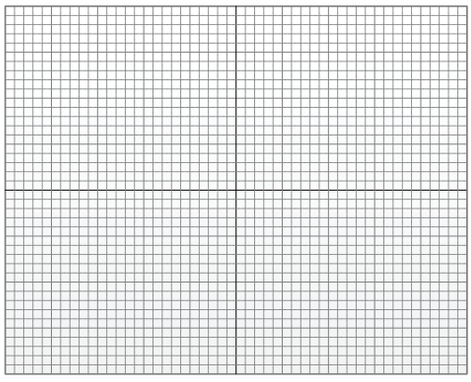
Vaxt/böl.=
Volt/böl.=
V_{P-P} =
Tezlik=

Şəkil 3: kollektor siqnalı

2) Dəyişən rezistor VR100[kΩ] maksimuma qoyulduqda çıxış impulsunun eni

PW = [μs]
Xəta = [μs]

3) Dəyişən rezistor VR100[kΩ] minimuma qoyulduqda çıxış siqnalının eni



Minimum VR-də çıxış siqnalı

Vaxt/böl.=
Volt/böl.=
V_{P-P} =
Tezlik=

Şəkil 4: Çıxış siqnalının eni

PW-i ölçün = [μs]
PW-i hesablayın= [μs]

3) İki sabit vəziyyətli multivibrator dövrəsi

Cədvəl 1: İki sabit vəziyyətli multivibratorun 1-ci işçi xarakteristikası

Bölgü	İş	
Quraşdırma girişi (torpaqlama zamanı) LED_1		
	LED_2	
	TR_1	
	TR_2	
Quraşdırma girişi (torpaqlanmama zamanı)	LED_1	
	LED_2	
	TR_1	
	TR_2	

Cədvəl 2: İki sabit vəziyyətli multivibratorun 2-ci işçi xarakteristikası

Bölgü	İş	
Quraşdırma girişi (torpaqlama zamanı)	LED_1	
	LED_2	
	TR_1	
	TR_2	
Quraşdırma girişi (torpaqlanmama zamanı)	LED_1	
	LED_2	
	TR_1	
	TR_2	

4) Şmit triggerinin dövrəsi

Çıxış kvadrat siqnal dəyişən rezistoru VR100[kΩ] nizamlayır.

Şmit triggerinin dövrəsi

Vaxt/böl.=
Volt/böl.=
V_{P-P} =
Tezlik=

UTL =
LTL =

Şəkil 4: Çıxış kvadrat siqnal dəyişən rezistoru VR100[kΩ] nizamlayır.

8. Multivibratorun tətbiq dövrəsinin yaradılması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Dövrənin planını izah edə biləcək;
2. Multivibratorun tətbiq dövrəsinin yığılmasını izah edə biləcək;
3. Titrəyiş tezliyini ölçə biləcək;
4. LED-in işartı vəziyyətini ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 1kΩ 6ea, 10kΩ, 30kΩ 2ea, 47kΩ 4ea,
2. Yarımkeçirici: TR 2SC1815 6ea, LED (qırmızı) 2ea, LED (ağ) 2ea, LED (yaşıl) 2ea Diod 1N60 5ea
3. Kondensator: 82pF 2ea, 0.01μF 4ea, 4.7μF 2ea
4. Universal PCB 28×62 dəlik 1ea
5. 3 rəngli məftil 0.3Φ 1m, lehim aləti

Avadanlıq və alətlər:

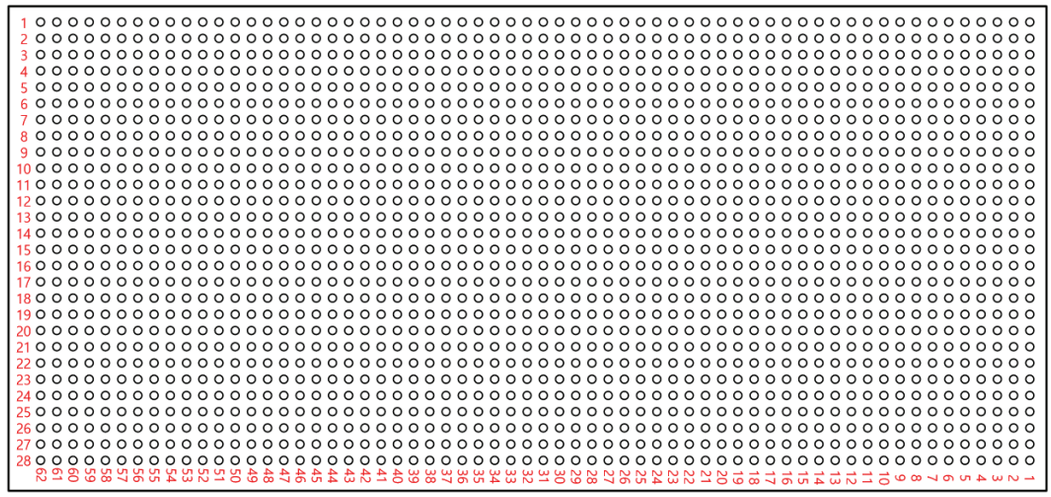
1. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
2. Multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

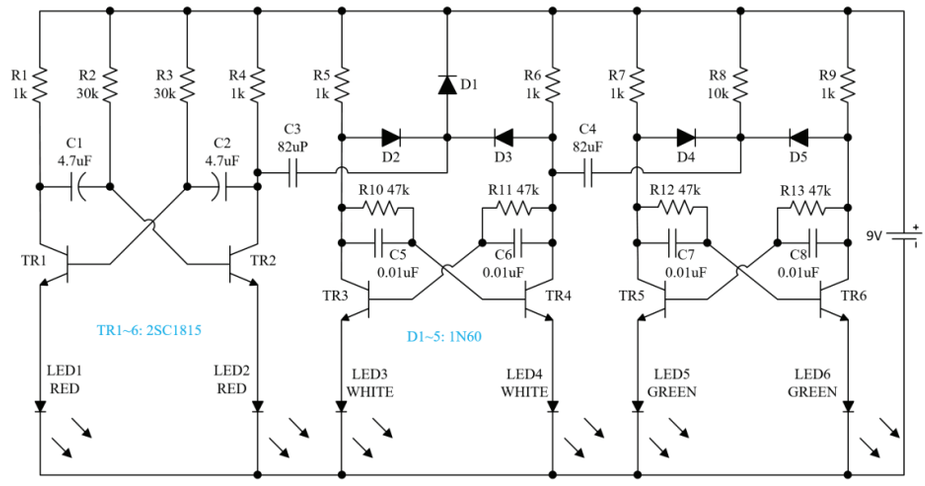
1. İş alətlərindən istifadə edərkən ehtiyat tədbirlərinə əməl edin.
2. Hissələrin miqdarını qiymətləndirin.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın



Şəkil 1: Plan yaradın.



(Şəkil 2) Multivibrator dövrəsi

2. Təqdim olunan materiallarında istifadə etməklə Şəkil 2-də göstərilən dövrə diaqramına baxın və yığmanı icra edin.

1) Şəkil 1-də Şəkil 2-nin prinsipial sxemini qurun və yığın.
2) Yığılma tamamlandıqdan sonra qidalanma mənbəyini qoşun və LED2 4 dəfə, LED4 2 dəfə, LED6 1 dəfə yanıb-sönür.
3) Yuxarıdakı çoxhədli halında, aşağıdakı suallara cavab verin.
   (1) TR1 və TR2 dövrələrinin adları hansılardır? _____ dövrə
   (2) TR1 və TR2-nin titrəyiş tezliyi nədir? _____ [Hz]
   (3) TR3 və TR4-in dövrə adları hansılardır?
   (4) Cədvəl 1-də LED2, LED4 və LED6-nın yanıb-sönmə vəziyyətini qeydə alın. _____ dövrə

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatı lazımi qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. Dövrənin planını izah etdimi? 2. 2 multivibratorun tətbiq dövrəsinin yığılmasını izah etdimi? 3. Titrəyiş tezliyini ölçdümü? 4. LED-in yanıb-sönmə vəziyyətini ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Multivibratorun tətbiq dövrəsinin yaradılması	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

1) TR1 və TR2 dövrələrinin adları hansılardır? _____ dövrə
2) TR1 və TR2-nin titrəyiş tezliyi nədir? [Hz]
3) TR3 və TR4-in dövrə adları hansılardır? _____ dövrə
4) Cədvəl 1-də LED2, LED4 və LED6-nın yanıb-sönmə vəziyyətini qeydə alın.

Cədvəl 1: LED-in yanıb-sönmə vəziyyəti

LED2	LED4	LED6

9. IGBT-dən istifadə etməklə PWM (implus eninin modulyasiyası) dəyişdiricisi ilə təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. IGBT ilə lampanın nəzarət dövrəsinin yığılmasını izah edə biləcək;
2. Dəyişən rezistor R2 nizamlanarkən nəzarət siqnalını ölçə biləcək;
3. Dəyişən rezistor minimum və maksimuma qoyulduqda IGBT-nin VCE gərginliyini ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 10kΩ 2ea, 2kΩ, VR 200kΩ
2. Yarımkeçirici: IGBT 15N60, Radiator 10W, Diod 1N4148 2ea
3. Kondensator: 0.01μF/400V 2ea
4. Lampa: 12V/5W
5. Universal PCB 20×20 dəlik 1ea
6. 3 rəngli məftil 0.5Φ 1m, lehim aləti

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyanlı enerji mənbəyi
2. Multi-tester (analoq və ya rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf
4. Lehim dəmiri

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

Giriş siqnalının yuxarı və aşağı amplitudalarını nəzərdə tutulan amplitudaya qədər dəyişdirmək üçün nəzərdə tutulan dövrəyə siqnal yaratma dövrəsi kimi istinad edilir.

1. Siqnal yaratma dövrələrinin növləri

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor (həmçinin IGBT adlanır) standart bipolyar tranzistor (BJT) və sahə tranzistoru (MOSFET) arasındakı keçiddir və bu, onu yarımkeçirici dəyişdirmə cihazı kimi ideal edir.

IGBT tranzistoru ümumi tranzistorların iki növünün ən yaxşı hissələri, yüksək giriş müqaviməti və bipolyar tranzistorun aşağı doyma gərginliyi ilə MOSFET-in yüksək dəyişdirmə sürətlərindən ibarətdir və virtual olaraq sıfır sürgülü elektrik ötürücüsü ilə böyük kollektor-emitter cərəyanlarını idarə etmək qabiliyyətində olan tranzistor dəyişdirmə qurğusunun digər növünü yaratmaq üçün onları birləşdirir.

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor (IGBT) MOSFET-in izolyasiyalı sürgü (adının birinci hissəsi) texnologiyasını standart bipolyar tranzistorun (adının ikinci hissəsi) çıxış işçi

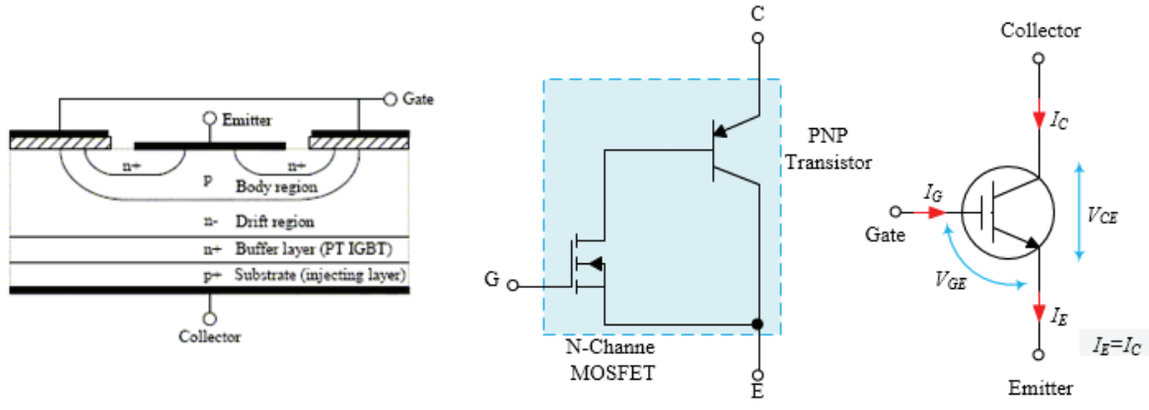
parametrləri ilə birləşdirir.

Bu hibrid kombinasiyanın nəticəsi ondan ibarətdir ki, “IGBT tranzistor” bipolyar tranzistorun çıxış dəyişdirmə və keçirmə xarakteristikasına malikdir, lakin MOSFET kimi gərginliklə idarə olunur.

IGBT-lər əsasən güc elektronikasının tətbiq sahələrində (məs: əks dəyişdiricilər, cərəyan dəyişdiriciləri və enerji təchizatları) istifadə edilir; güc bipolyarları və güc MOSFET-ləri möhkəm gövdəli dəyişdirmə qurğusunun tələblərinə tam cavab vermir. Yüksək cərəyanlı və yüksək gərginlikli bipolyarlar mövcuddur, amma onların dəyişdirmə sürətləri aşağıdır, güc MOSFET-lər isə daha yüksək dəyişdirmə sürətlərinə malik ola bilər, lakin yüksək gərginlik və yüksək cərəyan qurğuları bahadır və çətin əldə olunur.

Şəkil 1:Səciyyəvi IGBT

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistorun BJT və ya MOSFET üzərində üstünlüyü ondan ibarətdir ki, bu tranzistor MOSFET-in yüksək gərginlikli işi və aşağı giriş itkiləri ilə birləşdirilən standart bipolyar tipli tranzistora nisbətən daha böyük enerji artımı təklif edir. Mahiyyət etibarilə göstərildiyi kimi, Darlinqton tipli konfiqurasiya formasında bipolyar tranzistor ilə birləşdirilən FET-dir.



(a) Struktur (b) Ekvivalent dövrə (c) Simvol

Şəkil 1: İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor

Biz görə bilərik ki, izolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor üç terminallı, fəal elektrodlararası keçiricilik qurğusu olub, izolyasiyalı sürgülü N-kanallı MOSFET girişini Darlin-

qton tipli konfiqurasiyada birləşdirilən PNP bipolyar tranzistor ilə birləşdirir.

Nəticədə, terminallar aşağıdakı kimi etiketlənir: Kollektor, emitter və sürgü. terminallardan (C-E) ikisi cərəyan ötürən keçiricilik yolu ilə bağlıdır, üçüncü terminal isə (G) qurğunu idarə edir.

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor ilə əldə olunan gücləndirmənin həcmi onun çıxış və giriş siqnalları arasındakı nisbətdir. Standart bipolyar tranzistor (BJT) üçün artımın həcmi təxminən çıxış cərəyanının giriş cərəyanına nisbətinə bərabərdir (Beta adlanır).

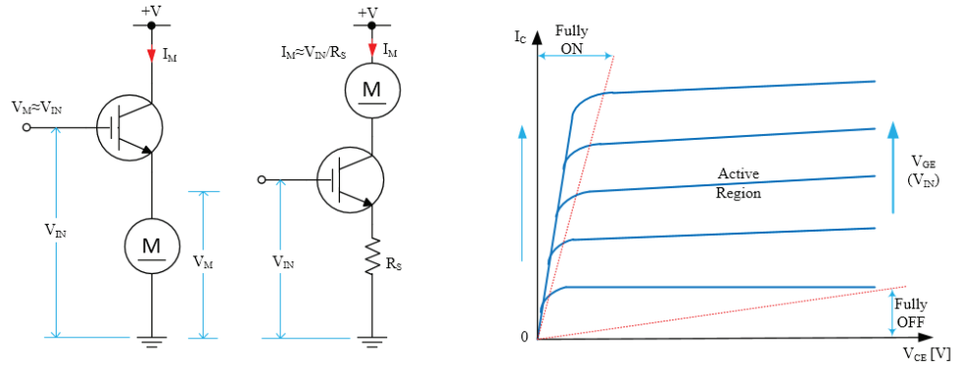
Metal oksid yarımkeçirici sahə tranzistoru və ya MOSFET üçün heç bir giriş cərəyanı mövcud deyil, çünki sürgü kanal daşıyan əsas cərəyandan təcrid edilir. Buna görə də FET-in artımı çıxış cərəyan dəyişikliyinin giriş cərəyan dəyişikliyinə nisbətinə bərabərdir və bu, onu fəal elektrodlararası keçiricilik qurğusuna çevirir; bu, həmçinin, LGBT ilə münasibətdə də doğrudur. Bundan sonra biz IGBT-ni baza cərəyanı MOSFET tərəfindən təmin olunan güc BJT hesab edə bilərik.

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistor BJT və ya MOSFET tipli tranzistorlar kimi kiçik siqnal gücləndirici dövrələrində istifadə edilə bilər. Lakin IGBT BJT-nin aşağı keçiricilik itkisini güc MOSFET-in yüksək dəyişdirmə sürəti ilə birləşdirdiyinə görə güc elektronikasının tətbiq sahələrində istifadə üçün ideal olan optimal möhkəm gövdəli açar mövcud olur.

Həmçinin IGBT ekvivalent MOSFET-ə nisbətən daha aşağı “qoşulmuş vəziyyət” müqavimətinə malikdir. Bu, o deməkdir ki, verilmiş dəyişdirmə cərəyanı üçün bipolyar çıxış strukturunda I2R azalması daha aşağı olur. IGBT tranzistorun birbaşa blokirovka əməliyyatı güc MOSFET-ə oxşardır.

Statik idarə olunan açar kimi istifadə edildikdə izolyasiyalı sürgüyə malik tranzistor bipolyar tranzistorun gərginlik və nominal cərəyanlarına oxşar olan gərginlik və nominal cərəyanlara malikdir. Buna baxmayaraq, IGBT-də izolyasiyalı sürgünün mövcudluğu daha az intiqal gücü tələb edildiyinə görə onun idarə edilməsini BJT-yə nisbətən daha da sadələşdirir.

İzolyasiya sürgüyə malik bipolyar tranzistor sadəcə olaraq onun sürgü terminalını aktivləşdirməklə və deaktivasiya etməklə “qoşulu” və ya “sönülü” saxlanır. Sürgüdə müsbət giriş gərginlik siqnalını tətbiq etməklə, emitter cihazı “qoşulu” vəziyyətdə saxlayacaq, giriş sürgü siqnalını sıfırlamaqla və ya bir qədər mənfi etməklə emitter cihazı “sönülü” vəziyyətdə olacaq (bipolyar tranzistor və ya MOSFET-də olduğu kimi). IGBT-nin digər üstünlüyü ondan ibarətdir ki, o, standart MOSFET-ə nisbətən qoşulmuş vəziyyət kanalının daha aşağı müqavimətinə malikdir.



Şəkil 3: IGBT-nin xarakteristikası

IGBT gərginliklə idarə olunan cihaz olduğuna görə doymanı qoruyub saxlamaq üçün qənaətbəxş miqdarda baza cərəyanının davamlı təchizini tələb edən BJT-dən fərqli olaraq, cihaz vasitəsilə keçiriciliyi qoruyub saxlamaq üçün yalnız sürgü üzərində kiçik gərginlik tələb edir.

Həmçinin IGBT biristiqamətli qurğudur və bu, o deməkdir ki, iki istiqamətli cərəyan dəyişdirmə imkanlarına (birbaşa istiqamətdə idarə edilir, əks istiqamətdə idarə edilmir) malik MOSFET-dən fərqli olaraq cərəyanı yalnız "birbaşa istiqamət"də, yəni kollektordan emitterə dəyişə bilər.

İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistorun iş prinsipi və sürgü intiqalının dövrələri N kanallı güc MOSFET-ə çox oxşardır. Əsas fərq ondan ibarətdir ki, qurğu «qoşulu» vəziyyətdə olarkən cərəyan qurğudan axdıqda əsas keçiricilik kanalının yaratdığı müqavimət IGBT-də çox kiçik olur. Bunun nəticəsində nominal cərəyanlar ekvivalent güc MOSFET ilə müqayisə edildikdə daha yüksək olur.

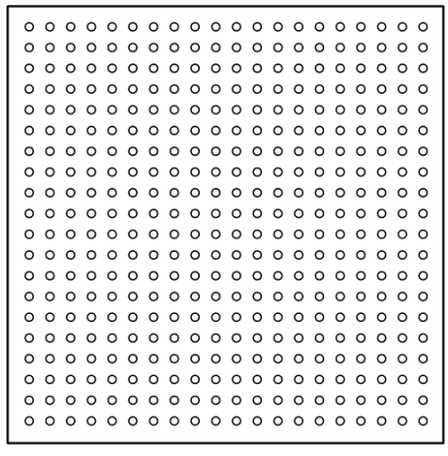
İzolyasiyalı sürgüyə malik bipolyar tranzistorun tranzistorların digər növlərindən əsas üstünlüklərinə onun yüksək gərginlik qabiliyyəti, aşağı qoşulma (ON) müqaviməti, ötürücünün əlverişliliyi, nisbətən sürətli dəyişdirmə sürətləri daxildir və sıfır sürgülü elektrik ötürücüsü ilə birləşmə onu PWM (implus eninin modulyasiyası) kimi orta sürət, yüksək gərginlikli tətbiq sahələri, dəyişən sürətə nəzarət, dəyişdirmə rejimli enerji təchizatları və ya günəş enerjisi ilə işləyən DC-AC (birbaşa və dəyişən cərəyanlı) əks dəyişdiricilər və yüzlərlə kilohers diapazonda işləyən tezlik çeviriciləri üçün mükəmməl seçimə çevirir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

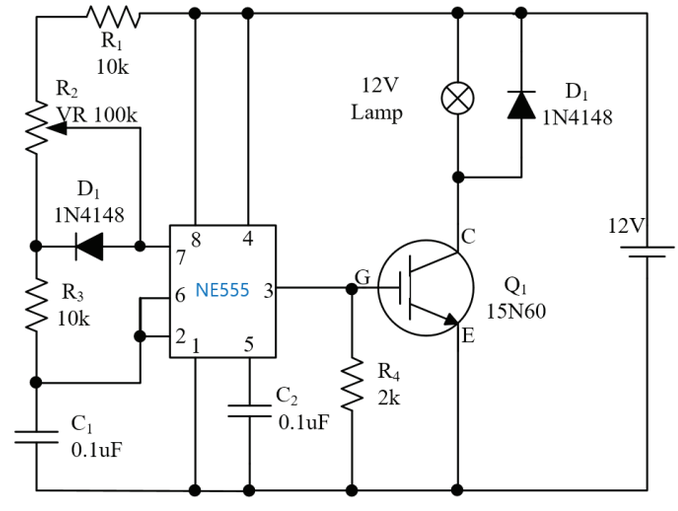
1. IGBT elementini radiatora birləşdirin.
2. Qidalanma terminalını birləşdirməmək üçün ehtiyatlı olun.
3. IC 555 və IGBT-nin qidalanma gərginliyi 5-15V arasında istifadə edilə bilər, belə ki, onu yük nominalına uyğunlaşdırın.
4. LAMPA əvəzinə 12Vl0W mühərrikdən istifadə edərkən əks elektrik gücündən ehtiyatlı olun.

Təcrübə mərhələləri:

1. Avadanlıq, alətlər və materialları təcrübə üçün hazırlayın.



Şəkil 1: Sxemin yaradılması



Şəkil 2: IGBT-dən istifadə etməklə lampanın işartı dövrəsi

2. Təqdim olunan materiallarında istifadə etməklə, Şəkil 2-də göstərilən dövrə diaqramına baxın və yığmanı icra edin.

1) Qidalanma mənbəyini qoşun və lampanın necə dəyişdiyini görmək üçün dəyişən rezistoru R2, 200[kΩ] nizamlayın.
2) Ossiloqraf ilə aparılan yuxarıdakı ölçünün nəticəsi nəticələr haqqında hesabata daxil edilir.
3) IGBT-nin VCE gərginliyi dəyişən rezistor minimum-maksimuma qoyulduqda voltmetrdən istifadə etməklə ölçülür.
4) Qidalanma gərginliyi dəyişən rezistor minimuma-maksimuma qoyulduqda ölçülür.
5) 3) və 4) ölçü nəticəsi nəticələr haqqında hesabata (Şəkil 2) qeyd edilir.
6) Sürət lampa əvəzinə 12V / 10W mühərriki qoşmaqla idarə edilə bilər. Əgər yuxarıdakı ölçüdə lampa parlaq olarsa, mühərrikin sürəti necə olur?

Min.: _____ [V]
Mak.: _____ [V]

Min.: _____ [V]
Mak.: _____ [V]

3. Təmizlənmə və quraşdırma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və təchizatları lazımi qaydada saxlayın.

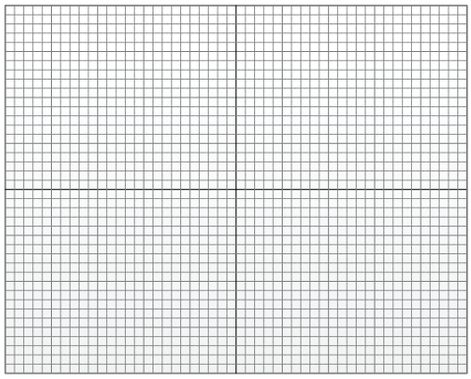
Qiymətləndirmə meyarları

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədən keçirdikdə 1. LED lampasının yanıb-sönmə vəziyyətini ölçüb IGBT ilə lampanın nəzarət dövrəsinin yığılmasını izah etdimi? 2. Dəyişən rezistor R2 nizamlanarkən nəzarət siqnalını ölçdümü? 3. Dəyişən rezistor minimum və maksimuma qoyulduqda IGBT-nin VCE gərginliyini ölçdümü?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	IGBT-dən istifadə etməklə PWM (implus eninin modulyasiyası) dəyişdiricisi ilə təcrübə		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli



Vaxt/böl.=

Volt/böl.=

Şəkil 1-də göstərilən siqnal dəyişən rezistoru VR200[kΩ] nizamlayır.

(1) Dəyişən rezistor minimum və maksimuma qoyulduqda IGBT-nin VCE gərginliyi necə olur?

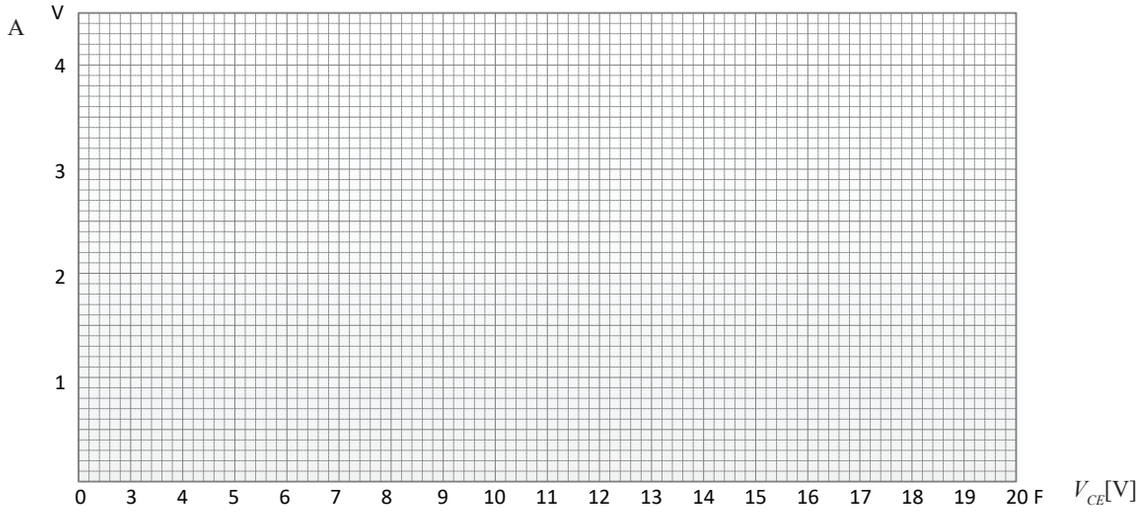
Min.: [V]

Mak.: [V]

(2) Dəyişən cərəyan minimum və maksimum olduqda qidalanma cərəyanı nə qədər olur?

Min.: [A]

Mak.: [A]

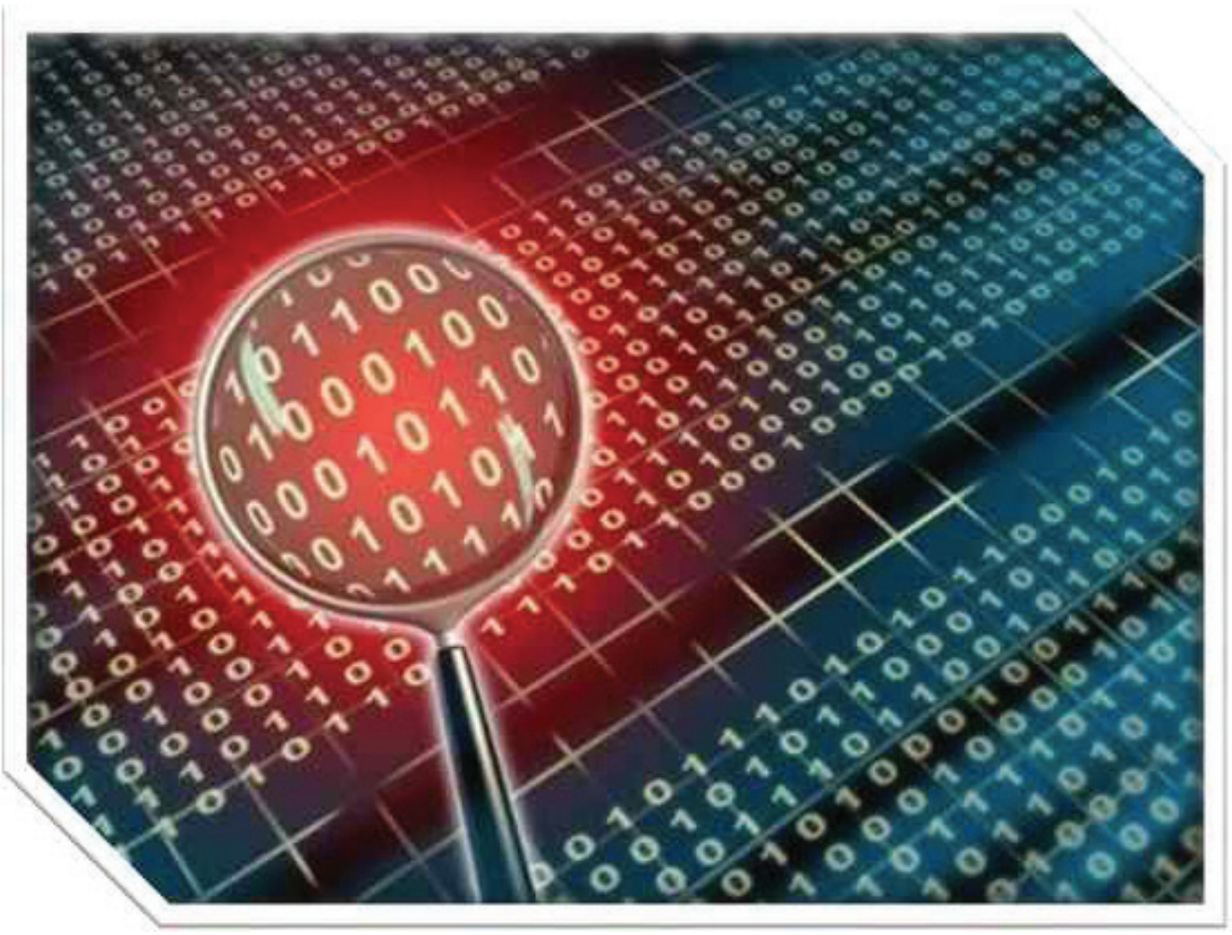


Şəkil 3: Giriş/çıxış siqnalı

Sərişdə əsaslı modul

ELEKTRONİKA

Rəqəmsal dövrə



Sənaye və İnnovasiyalar üzrə
Bakı Dövlət Peşə Təhsil Mərkəzi

1. Əsas məntiqi element üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Əsas məntiqi sxemlərin konfiqurasiyasının qurulması və istifadə qaydasını izah edəcək;
2. Bir neçə əsas məntiqi elementi təcrübədən keçirə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00, 74LS02, 74LS04, 74LS08, 74LS32, 74LS86, 4077
2. Rezistor: 330Ω, 4.7kΩ 2 ədəd
3. LED QIRMIZI 5Φ 7 ədəd
4. Açar: 2P, DIP 2bit 4P 6 ədəd
5. Elektrik sxeminin hazırlanması üçün maket lövhə və əlaqələdirici kabel

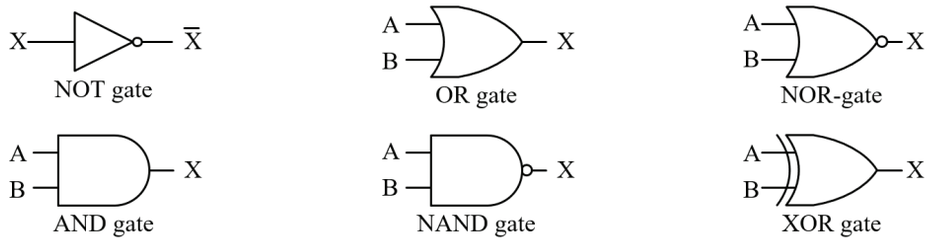
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Məntiqi element

Rəqəmsal sxem məntiqi elementlərdən istifadə olunmaqla həyata keçirilir. Bu elementlər AND, OR, NOT, NAND, NOR, EXOR, EXNOR elementləridir (Şəkil 1) Ilkin iş rejimi doğruluq cədvəlindən istifadə olunmaqla izah edilir.

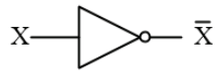


Şəkil 1: Məntiqi elementlər

1) NOT (Çevirici) elementi

NOT elementi çevirici adlanır və çeviricinin işi, giriş məntiq siqnalının əksi olan qiyməti ortaya çıxaran sxemdir. Giriş 1 olduğu zaman çıxış 0 olacaq. Girişə 0 tətbiq olunduğu zaman çıxış 1 olacaq.

Məntiqi ifadə $X = \acute{X}$ –dir.



(a) Simvol

X	X'
0	1
1	0

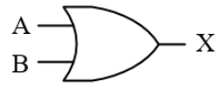
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 2: NOT elementi

2) OR elementi

OR elementinin işi elə qurulub ki, əgər girişlərdən istənilən biri 1 olarsa, çıxış 1-dir və bütün girişlər 0 olduğu zaman çıxış 0 -dır.

Məntiqi ifadə $X = A + B$ olur.



(a) Simvol

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

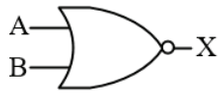
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 3: OR elementi

3) NOR elementi

NOR elementinin işi elə qurulub ki, çıxışın durumu yalnız bütün girişlər 0 olduğu zaman 1 olur və çıxışın durumu digər girişlərin tətbiq olunduğu zaman 0 olur.

Çıxış $X = \overline{A + B}$



(a) Simvol

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

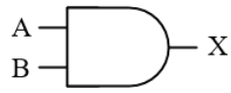
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 4: NOR elementi

4) AND elementi

AND elementi yalnız bütün giriş siqnalları 1 olduğu durumda, çıxış siqnalı 1 durumunda olur, digər giriş durumlarında isə çıxış 0 olur.

Məntiqi ifadə $X = A \cdot B$ olur.



(a) Simvol

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 5: AND elementi

5) NAND elementi

NAND elementinin işi bütün giriş siqnalları 1 olduğu zaman 0, digər giriş tətbiq olunduğu zaman isə 1 -ə bərabər olacaq.

Məntiqi ifadə $X = \overline{A \cdot B}$ - dir.

(a) Simvol

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

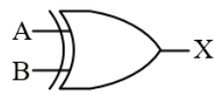
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 6: NAND elementi

6) XOR elementi

XOR (Exclusive OR) elementi girişləri bir – birindən fərqli durumlar olduqda, çıxışı 1 durumunda olur. Əgər giriş durumları eyni olarsa çıxış 0 durumunda olar

Məntiqi ifadə $X = A \oplus B$ – dir.



(a) Simvol

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

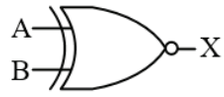
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 7: XOR elementi

7) XNOR elementi

XNOR elementinin əməliyyatı, həmçinin üst-üstə düşmə sxemi adlanır. Eyni giriş (0 və ya 1) tətbiq olunduğu zaman çıxışın durumu 1 olur, fərqli (0 və 1) girişlər tətbiq olunduqda isə, çıxışın durumu 0 olur.

Məntiqi ifadə belədir:



(a) Simvol

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 8: XNOR elementi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət olunmasına diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

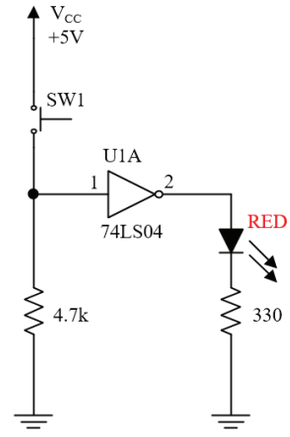
2. Maket lövhədən istifadə etməklə əsas məntiqi element üzərində təcrübə

1) NOT elementi

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 9 - dakı NOT elementinin təcrübə sxemini qurun.

(2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3)Enerji mənbəyini dövrəyə bağladıqdan sonra, AÇAR1 açarının açıq və bağlı durumuna uyğun olaraq, NOT elementinin durumunun doğruluq cədvəlini, təcrübənin nəticələrinə dair hesabat bölümündəki Cədvəl 1 – də yazın.



Şəkil 9: NOT elementinin təcrübə sxemi

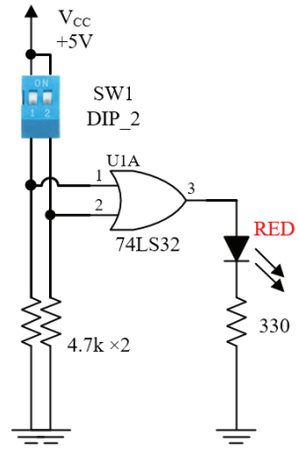
2) OR elementi

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 10 - dakı OR elementinin təcrübə sxemini qurun.

(2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) (4) NOT elementinin doğruluq cədvəlinin, təcrübənin nəticələri ilə müqayisə edərək, nəticələrinizin doğru olduğunu dəqiqləşdirin.

(4) Enerji mənbəyini dövrəyə bağladıqdan sonra, AÇAR1 açarının açıq və bağlı durumuna uyğun olaraq, OR elementinin durumunun doğruluq cədvəlini, təcrübənin nəticələrinə dair hesabat bölümündəki Cədvəl 2 – də yazın.



Şəkil 10: OR elementinin təcrübə sxemi

(5) OR elementinin doğruluq cədvəlinin, təcrübənin nəticələri ilə müqayisə edərək, nəticələrinizin doğru olduğunu dəqiqləşdirin.

3) NOR elementi

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 11 göstərilən kimi NOR elementinin təcrübə sxemini qurun.

(2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 2) yazın.

(4) Məntiqi ifadənin və NOR elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

4) AND elementi

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 12 üzrə AND elementinin sxeminin konfiqurasiyasını qurun.

(2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 3) yazın.

(4) Məntiqi ifadənin və AND elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

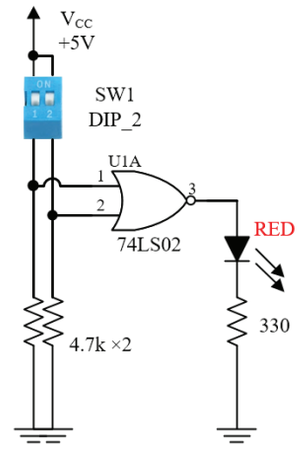
5) NAND elementi

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 13 üzrə NAND elementinin sxeminin konfiqurasiyasını qurun.

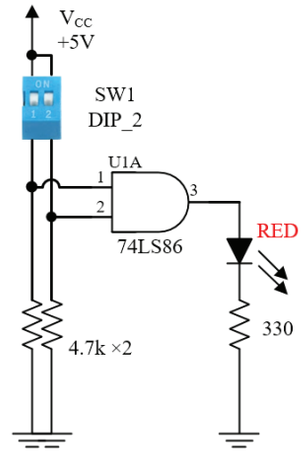
(2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 3) yazın.

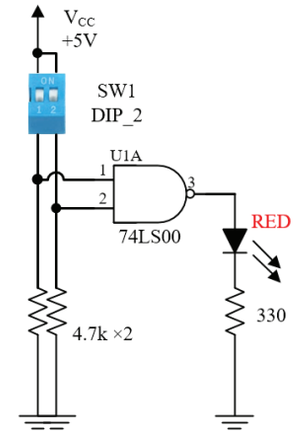
(4) Məntiqi ifadənin və NAND elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



Şəkil 11: NOR elementinin təcrübə sxemi

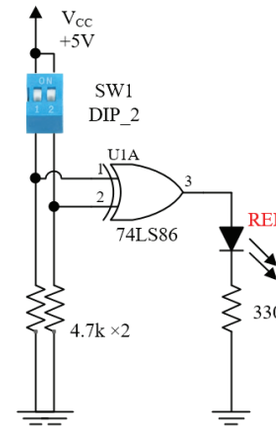


Şəkil 12: AND elementinin təcrübə sxemi

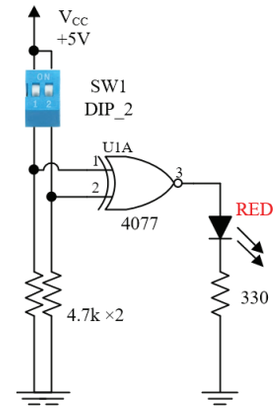


Şəkil 13: NAND elementinin təcrübə sxemi

6) XOR elementi və XNOR elementi
   (1) Maket lövhə üzərində Şəkil 14 üzrə XOR elementinin sxeminin konfiqurasiyasını qurun.
   (2) Sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.
   (3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 4) yazın.
   (4) Məntiqi ifadənin və XOR elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.
   (5) 74LS86–nı 4077 İS ilə əvəz edin, XNOR elementinin sınaq sxemini Şəkil 15-də göstərildiyi qaydada konfiqurasiya edin, işıq diodu (İD) çıxışının vəziyyətini (Cədvəl 4)-də qeyd edin və məntiqi ifadənin və XNOR elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



Şəkil 14: XOR elementinin təcrübə sxemi



Şəkil 15: XNOR elementinin təcrübə sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.
- Avadanlıq və ehtiyat materiallarını düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Əsas məntiqi sxemlərin necə konfiqurasiya və istifadə olunduğunu izah etdimi? 2. Müxtəlif əsas məntiqi elementlər üzərində təcrübəni izah etdimi? 3. Müxtəlif məntiqi elementlər üçün doğruluq cədvəli yaratdımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	Əsas məntiqi element üzərində təcrübə	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələri**nin cədvəli**

(Cədvəl 1) NOT elementinin doğruluq cədvəli

	Çıxış (İD)
0 (açıq)	
1 (bağlı)	

Cədvəl 2: OR və ya NOR elementinin doğruluq cədvəli

Giriş (1)		OR elementi	NOR elementi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

Cədvəl 3: AND və NAND elementinin doğruluq cədvəli

Giriş (1)		AND elementi	NAND elementi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

Cədvəl 4: XOR və XNOR elementinin doğruluq cədvəli

Giriş (1)		XOR elementi	XNOR elementi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

2. Məntiqi elementlərin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

2. Bul cəbri və tətbiqi təcrübəsi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Bul cəbri və tətbiqi təcrübəsini izah edəcək;
2. Bul cəbrindən istifadə etməklə tətbiqi elementləri sadələşdirə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS04 3ədəd, 74LS08 2ədəd, 74LS32 3ədəd
2. Rezistor: 330Ω, 4.7kΩ 2ədəd
3. LED: qırmızı 5Φ 7ədəd
4. Açar: DIP 2bit 4P 6ədəd
5. Elektrik sxeminin hazırlanması üçün maket lövhə və əlaqələndirici kabel dəsti

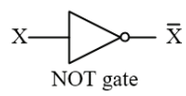
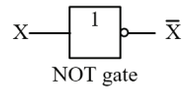
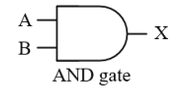
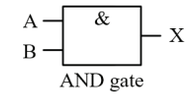
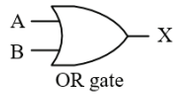
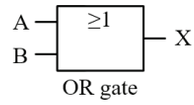
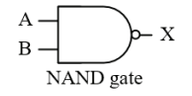
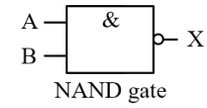
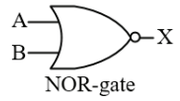
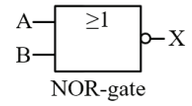
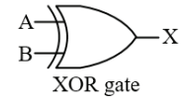
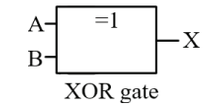
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Məntiqi sxematikanın sadələşdirilməsi

1) Bul cəbri və tətbiqi təcrübəsi məntiqi funksiyaları simvolizə edən sxemi təhlil etmək və ya layihələndirmək üçün sadə bir alqoritmdir. Bu, 0-1 dəyərinə malik dəyişənlərlə məntiqi əməliyyatları yerinə yetirən və riyazi cəhətdən məntiqi xüsusiyyətləri/ xassələri şərh edən bir alqoritmdir. Bu, asan istifadə edilən bir metoddur.
2) Məntiqi sxemdə əsas elementin rəmzləri KS standartında IEEE (Elektrik və Elektron Mühəndislər Cəmiyyəti) rəmzi ilə standartlaşdırılır, lakin ümumiyyətlə, MIL (Hərbi Standart) standartının rəmzləri çox hallarda istifadə olunur.

MIL	IEEE	MIL	IEEE
			
			
			

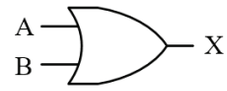
Şəkil 1: Məntiqi elementlərin simvolu

(1) Fundamental teorem

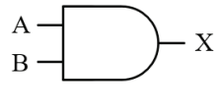
OR		AND	
① $X + 0 = X$	② $X + 1 = 1$	① $X \cdot 0 = 0$	② $X \cdot 1 = X$
③ $X + X = X$	④ $X + X' = 1$	③ $X \cdot X = X$	④ $X \cdot X' = 0$

(2) Bul cəbrinin əsas qaydaları

Yerdəyişmə qaydası

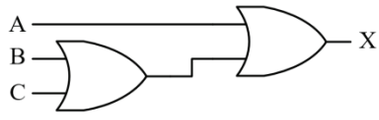


$X = A + B$ = $X = B + A$

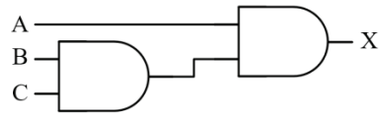


$X = A \cdot B$ = $X = B \cdot A$

Kombinasiya qaydası

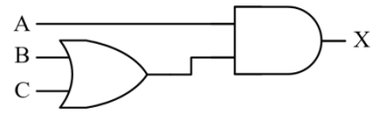


$X = A + (B + C)$ = $X = (A + B) + C$

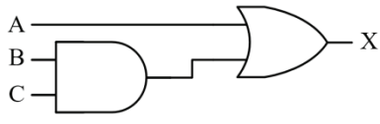


$X = A \cdot (B \cdot C)$ = $X = (A \cdot B) \cdot C$

Paylama qaydası

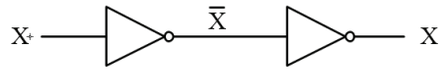


$X = A \cdot (B + C)$ = $X = (A \cdot B) + (A \cdot C)$



$X = A + (B \cdot C)$ = $X = (A + B) \cdot (A + C)$

Bərabərləşmə qaydası



$\bar{\bar{X}} = X$

Şəkil 2: Bul cəbrinin əsas qaydası

3) Bul məntiqi cəbrində verilən bəzi məntiqi ifadələr rəqəmsal məntiqi sxemlərdən ibarət ola bilər. Məntiqi ifadələrin sadələşdirilməsi sxemləri də asanlaşdırır, bu isə sxemin ölçü və

dəyərinin azalması effektini maksimuma qaldırır.

4) Məntiqi ifadələrin sadələşdirilməsi bul məntiqi cəbrinə, Karno xəritəsinə və s. əsaslanır. Məntiqi ifadələrin sadələşdirilməsi, yəni üç dəyişənin $X = \overline{A}B\overline{C} + AB\overline{C} + \overline{A}BC + ABC + A\overline{B}C$ aşağıdakı kimidir.

(1) Bul məntiqi cəbrini necə istifadə etməli?

$$X = \overline{A}B\overline{C} + AB\overline{C} + \overline{A}BC + ABC + A\overline{B}C = B\overline{C}(\overline{A} + A) + BC(\overline{A} + A) + AC(B + \overline{B})$$

$$X = B\overline{C} + BC + AC = B(\overline{C} + C) + AC = B + AC$$

(2) Karno xəritəsindən istifadə qaydası

Verilmiş bir məntiqi ifadəni sadələşdirmək üçün bul məntiqi cəbrinin sadələşdirilməsi metodundan istifadə edirik, Lakin effektiv olduğu və ən çox istifadə edildiyi üçün bir sadələşdirmə metodu kimi, Karno xəritəsindən istifadə edirik.

Karno xəritəsi bir kvadrat xanada verilən terminlərin sayını "1" göstərir. Sonra qonşu xanalardan birini qruplaşdır və onları sadələşdir.

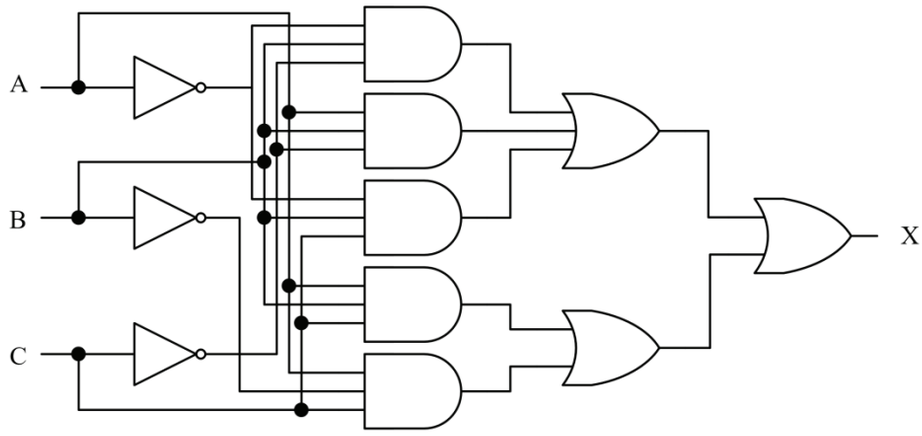
AB / C	00 $(\overline{A} \cdot \overline{B})$	01 $(\overline{A} \cdot B)$	11 $(A \cdot B)$	10 $(A \cdot \overline{B})$
0 $(\overline{C})$		1	1	
1 (C)		1	1	1

B AC

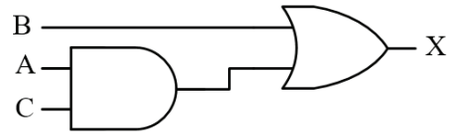
1. Karno xəritəsində verilən məntiqi ifadə terminini 1 ilə işarə et.
2. Qonşu xanalardan 1-i 2^n (1, 2, 4, 8) maksimumuna bağla və dəyişən terminini ləğv et.
3. 1 rəqəmi tam təkrarlanmayan dərəcədə ikiqat artır.
4. Qonşuluqda olmayan 1 sadələşdirilə bilməz.
5. Sadələşdirilmiş nəticələr əldə edilməsi üçün sadələşdirilmiş terminlərlə məntiqi OR kimi rəftar olunur.

$$X = B + AC$$

5) Verilmiş məntiqi ifadə sxemi və sadələşdirilmiş məntiqi ifadə sxemi Şəkil 3 və Şəkil 4-də verilir.



Şəkil 3: $X = \overline{A}B\overline{C} + AB\overline{C} + \overline{A}BC + ABC + A\overline{B}C$ **məntiqi sxemi**



Şəkil 4: Sadələşdirilmiş $X = B + AC$ sxemi

6) Bul məntiqi cəbrinin tətbiqi

(1) $A + A \cdot B = A \cdot 1 + A \cdot BA(1 + B)A$ (2) $A \cdot (A + B) = AA + ABA + ABA \cdot 1 + A \cdot BA(1 + B)A$

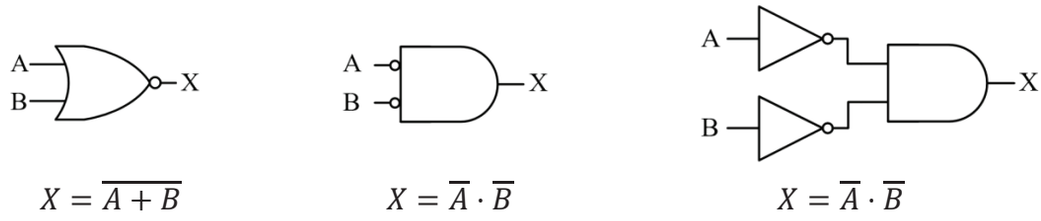
(3) $A + \overline{A} \cdot B = (A + \overline{A}) + (A + B)1(A + B)A + B$ (3) $A \cdot (\overline{A} + A \cdot B) = A \cdot (A + \overline{A}) \cdot (A + B)A(\overline{A} + B)A\overline{A} + ABAB$

2. Məntiqi sxemə ekvivalent sxemin nümayiş etdirilməsi

Faktiki İS məntiqi sxemləri çox vaxt yalnız Şəkil 5-də göstərilən NAND və ya NOR elementlərindən istifadə etməklə qurulur. Bu, bütün məntiqi sxemlərin konfiqurasiyasını eyni sxemlərin kombinasiyasına uyğun asanlaşdırmağa imkan verir və *Do* kütləvi istehsalı üçün əlverişlidir.

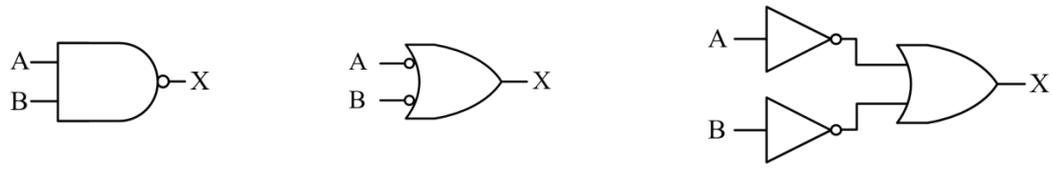
1De Morqan teoremi qanunu

De Morqan teoremi qanunu



$X = \overline{A + B}$ $X = \overline{A} \cdot \overline{B}$ $X = \overline{A} \cdot \overline{B}$

Məntiqi cəmin məntiqi hasilə çevrilməsi

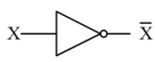
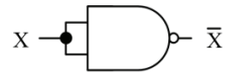
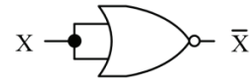


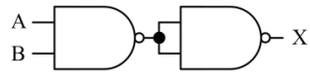
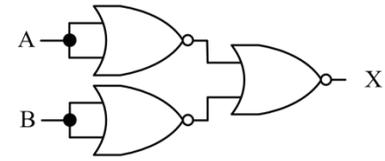
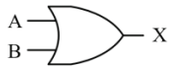
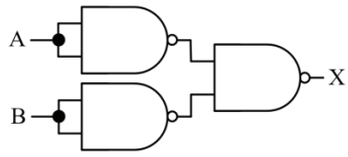
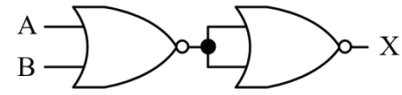
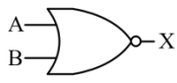
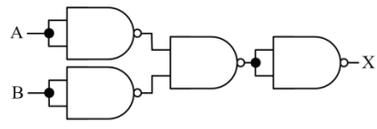
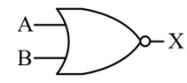
$X = \overline{A \cdot B}$ $X = \overline{A} + \overline{B}$ $X = \overline{A} + \overline{B}$

Məntiqi hasilin məntiqi cəmə çevrilməsi

Şəkil 5: De Morqan teoremi qanunu

2) NAND elementi və ya NOR elementi birləşdiyi zaman AND elementi, OR elementi və NOT elementi Şəkil 6-da göstərildiyi kimi ifadə oluna bilər.

Məntiqi	Simvol	NAND elementlərindən istifadə olunması	NOR elementlərindən istifadə olunması
NOT	 $X = \overline{X}$	 $X = \overline{X \cdot X} = \overline{X}$	 $X = \overline{X + X} = \overline{X}$

AND	$X = A \cdot B$	 $X = \overline{AB} = \overline{\overline{AB}} = AB$	 $X = \overline{\overline{A} + \overline{B}} = AB$
OR	 $X = A + B$	 $X = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} = A + B$	 $X = \overline{A + B} = \overline{\overline{A + B}} = A + B$
NOR	 $X = \overline{A + B}$	 $X = \overline{\overline{\overline{A} \cdot \overline{B}}} = \overline{A + B}$	 $X = \overline{A + B}$

Şəkil 6: NAND ya NOR elementlərindən istifadə olunmaqla konfiqurasiya edilmiş məntiqi sxem

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

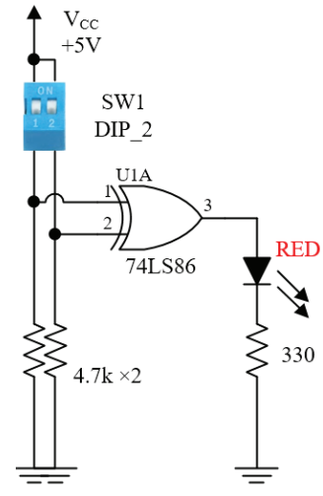
1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

2. Maket lövhəsindən istifadə etməklə bul məntiqi cəbri üzrə təcrübə

1) XOR sxemi üzrə təcrübə

(1) Maket lövhə üzərində Şəkil 7-də göstərilən kimi XOR elementi sxeminin konfiqurasiyasını qurun.

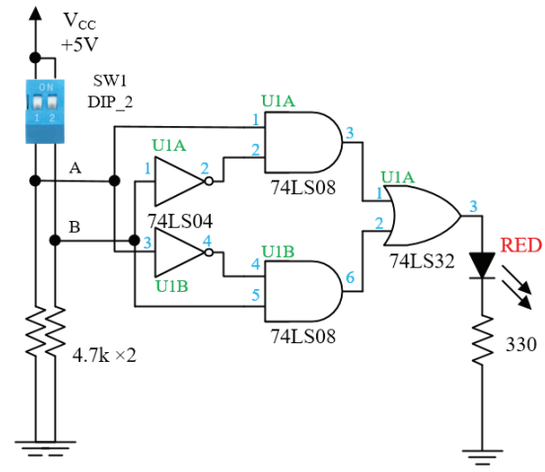
(2) XOR sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.



(a) XOR elementi

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu Cədvəl 1 doğruluq cədvəlində qeyd edin.

(4) Məntiqi ifadənin və XOR elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



(b) XOR ekvivalent sxemi

Şəkil 7: XOR ekvivalent sxeminin təcrübəsi

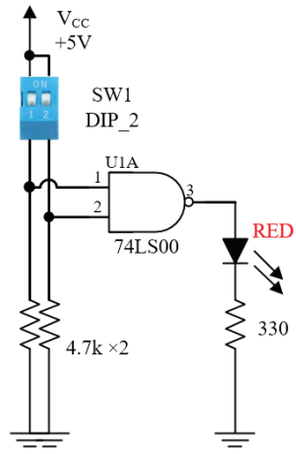
2) De Morqan qanunu üzərində təcrübə (NAND elementinin ekvivalent sxemi)

(1) De Morqan qanununa uyğun ekvivalent sxem Şəkil 8-də göstərildiyi kimi, maket lövhə üzərində qurulur.

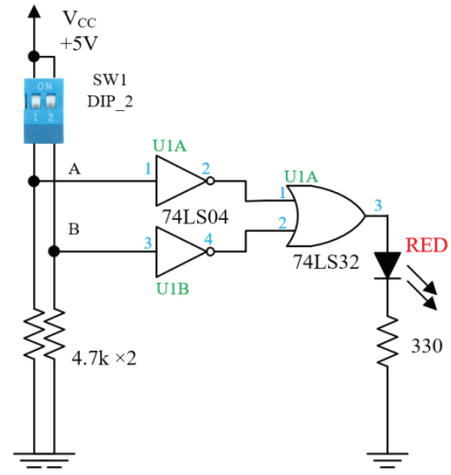
(2) NAND elementinin ekvivalent sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu Cədvəl 1 doğruluq cədvəlinə yazın.

(4) Məntiqi ifadənin və NAND elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



(a) NAND elementi



(b) NAND elementinin ekvivalent sxemi

Şəkil 8: NAND ekvivalent sxeminin təcrübə

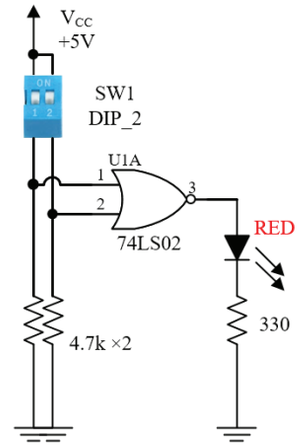
3) De Morqan qanunu üzrə təcrübə (NOR elementinin ekvivalent sxemi)

(1) De Morqan qanununa uyğun NOR elementinin ekvivalent sxemi Şəkil 9-da göstərildiyi kimi, maket lövhə üzərində qurulur.

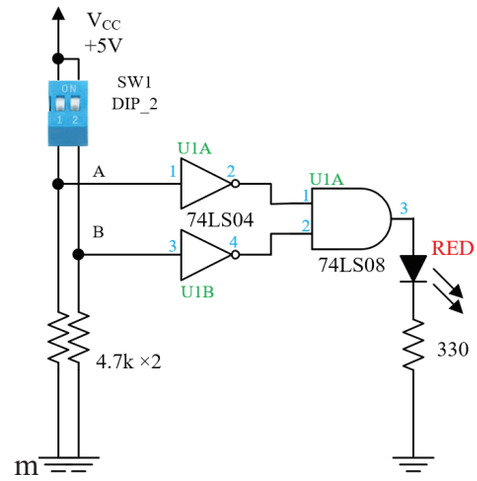
(2) NOR elementinin ekvivalent sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu Cədvəl 3 doğruluq cədvəlinə yazın.

(4) Məntiqi ifadənin və NOR elementinin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



(a) NOR elementi



(b) NOR elementinin ekvivalent sxemi

Şəkil 9: NOR elementinin ekvivalent sxemi üzərində təcrübə

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.
- Avadanlıq və ehtiyat materiallarını düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Bul cəbrini məntiqi sxem kimi izah etdimi? 2. Bul cəbrindən istifadə etməklə məntiqi sadələşdirdimi? 3. Karno xəritəsi vasitəsilə sadələşdirdimi? 4. De Morqan teoremini ifadə etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Bul cəbri və tətbiqi təcrübəsi**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: NOR elementinin doğruluq cədvəli

Giriş (D1)		XOR elementi	XOR ekvivalent sxemi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

Cədvəl 2: De Morqan (NAND elementinin ekvivalent sxemi) qanununun doğruluq cədvəli

Giriş (D1)		NAND elementi	NAND ekvivalent sxemi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1(açıq)	1 (açıq)		

Cədvəl 3: De Morqan (NOR elementinin ekvivalent sxemi) qanununun doğruluq cədvəli

Giriş (D1)		NOR elementi	NAND ekvivalent sxemi
A	B	Çıxış (İD)	Çıxış (İD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

2. Məntiqi ifadənin və təcrübə sxeminin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

3. Qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Qeyri-sabit multivibratoru konfiqurasiya və istifadə qaydalarını izah edəcək;
2. Qeyri-sabit multivibrator sxemlərini qurub-istehsal edə biləcək;
3. Müxtəlif qeyri-sabit multivibrator sxemlərini yığa və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00, 4011, NE555
2. Rezistor: 330Ω 3ədəd, 1.5kΩ 2ədəd, 10kΩ 2ədəd, 10MΩ
3. LED: qırmızı 5Φ 3ədəd
4. Kondensator: 220μF/16V 2ədəd, 10μF/16V
5. Universal PCB (Çaplı Sxem Lövhəsi) 28x62 yuvası, əlaqələndirici kabel dəsti

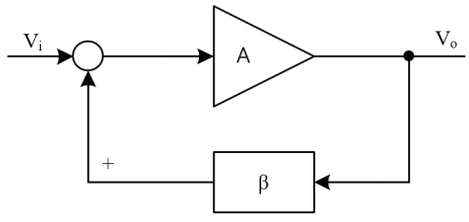
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Generator sxeminin eskizi və iş prinsipi

1) Generator mütəmadi olaraq daimi amplituda və daimi vibrasiya tezliyi əmələ gətirən bir generatordur. Generator fəal elementlərdən, məsələn: tranzistordan, habelə, rezistor, makara və kondensatorlar kimi passiv elementlərdən ibarət bir sxemdir. Sxem daxilində dəyişən cərəyan vibrasiyası əmələ gətirən sxem "generator sxemi" adlanır.
2) Əks əlaqə sxemində əgər β müsbət rəqəmdirsə, o, pozitiv əks əlaqədir (+) və əgər mənfi rəqəmdirsə, mənfi əks əlaqədir (-).
3)



$$A_{vf} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 - A\beta}$$

Şəkil 1: Əks əlaqə prinsipi

Bununla belə, əgər $A\beta = 1$, A_{vf} qeyri-müəyyən olur və vibrasiya edir. Bu vibrasiya şərti "Barkhausen vibrasiya şərti" adlanır.

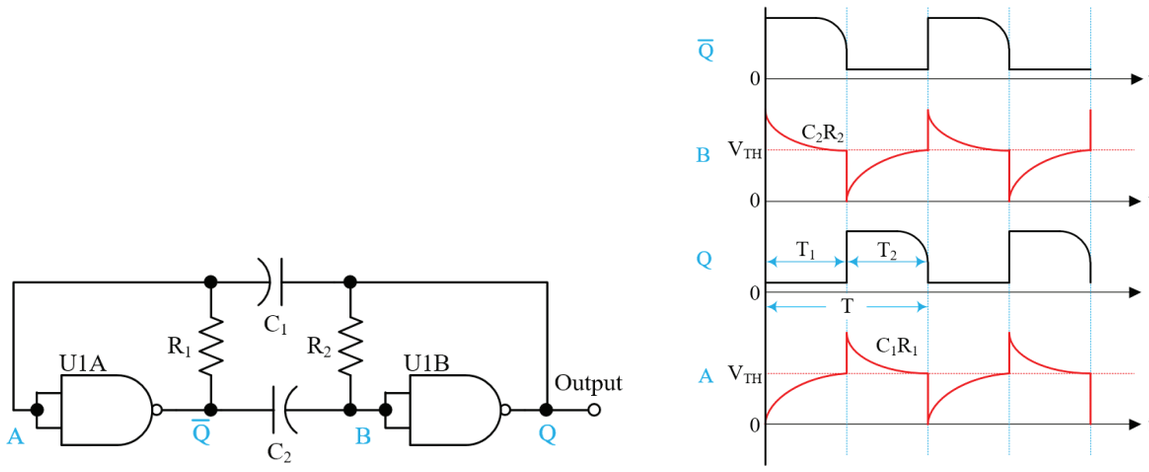
Yəni $|1 - A\beta| > 1$, mənfi əks əlaqədir (gücləndirmə sxeminə tətbiq olunur).

$|1 - A\beta| \leq 1$, müsbət əks əlaqədir (generator sxeminə tətbiq olunur).

2. Multivibratorun tərtibat və vibrasiya prinsipi

1) Rəqəmsal bir sxemdə düzbucaqlı dalğa impulsu generatoruna adətən multivibrator (MV) deyilir.
2) Multivibrator (MV) çıxışları yüksək (köklənmiş) və alçaq (yenidən köklənmiş) üç sxemə bölünür.
   (1) Qeyri-sabit multivibrator: Bu, sxemə enerji verildiyi zaman düzbucaqlı dalğa impulsunun vibrasiyasını əmələ gətirən sxemdir.
   (2) Bu sxem iki RC-qoşalaşmış yüksək tezlikli gücləndiricilərə müsbət əks əlaqə göstərməklə qurulur. Bu, doydurma rejimindən istifadə etməklə və fəal elementlərin olduğu zonaları bloklamaqla dördbucaqlı dalğa forması əmələ gətirir, lakin sabit vəziyyətdə qalmır və köklənmə və yenidən köklənmə vəziyyətlərində titrəyir/vibrasiya edir. Bu, rəqəmsal sistemlərdə saat generator kimi geniş istifadə olunur.
   (3) Monostabil (bir sabit vəziyyətli) multivibrator: Özü vibrasiya qabiliyyətli olmasa da, zahiri işəsalma/triqqer pulsu verildiyi zaman zahirə tək düzbucaqlı dalğa buraxan sxemdir.
   (4) Bistabil (iki sabit vəziyyətli) multivibrator: Sabit vəziyyətdə qaldığı halda, iki zahiri işəsalma/triqqer pulsları verildiyi zaman zahirə bir düzbucaqlı dalğa buraxan sxemdir. Adətən onu "triqqer sxemi" də adlandırırlar.

3. TT (tranzistor-tranzistor) məntiqi elementindən istifadə etməklə qeyri-sabit M / V



(a) Qeyri-sabit multivibrator sxemi (b) işçi dalğa forması

Şəkil 2: TT məntiqi elementindən və işçi dalğa formasından istifadə etməklə qeyri-sabit multivibrator sxemi

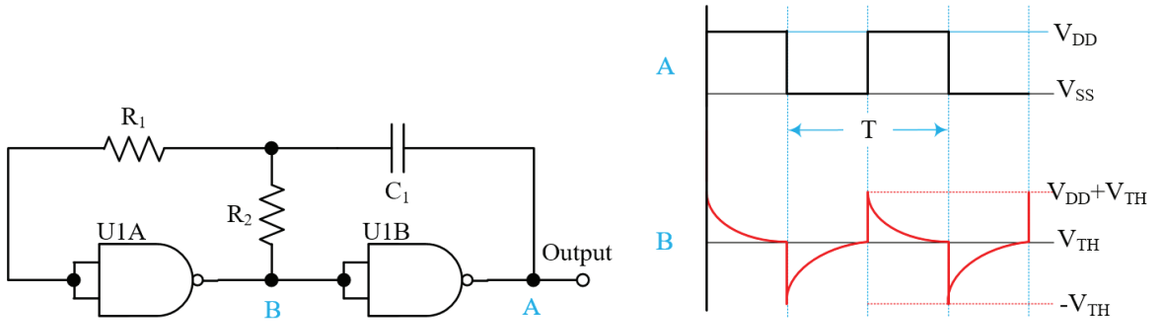
1) Əgər U1A çıxışı «H», U1B çıxışı isə «L» olarsa, C_2 kondensatoru U1B çıxış istiqamətində R_2 vasitəsilə yük yolu çəkir. U1B giriş səviyyəsi yolverilən gərginlik həddindən (V_{TH}) aşağı düşdüyü zaman U1B çıxışı "L" –dən "H"-a dəyişir.
2) U1B çıxışı "1)" əməliyyatı vasitəsilə "H" -a doğru getdiyi zaman U1A girişi "H" və U1A çıxışı (U1A NOT elementi kimi hərəkət edir)" olur. Bu zaman C_2 –də yüklənmiş yük U1B çıxışına doğru C_2 və R_2vasitəsilə boşalır, C_1 kondensatoru isə U1B çıxışında C_1 və R_1 vasitəsilə U1A çıxışına doğru yüklənir. U1A girişi C_1 kondensatorunu yüklədiyi üçün yolverilən gərginlik həddindən (V_{TH}) aşağı düşdükdə U1A çıxışı "L" –dən "H"-a doğru dəyişir.
3) U1A çıxışı "2)" əməliyyatı vasitəsilə "H", U1B çıxışı isə "L" olduğu zaman C_1 kondensatoru U1A çıxışında C_1 və R_1 vasitəsilə U1A çıxışı istiqamətində yüklənir, U1A çıxışında C_2 və R_2 vasitəsilə U1B çıxışına doğru boşalır. C_2 kondensatoru yükləndikdə U1B çıxışı "L" –dən "H"-

a dəyişir və bu, U1B giriş səviyyəsinin yolverilən gərginlik həddindən (V_{TH}) aşağı düşməsi zamanı baş verir.

4) Məntiqi elementdən istifadə edən qeyri-sabit multivibratorun vibrasiya dövrü (T) və vibrasiya tezliyi (f) aşağıdakı tənliklə ifadə olunur.

$$T_1 = 0.693R_2C_2, T_2 = 0.693R_1C_1[san]$$
$$T = T_1 + T_2 = 0.693(R_1C_1 + R_2C_2)[san]$$
$$T = 1.4RC[san] \therefore R_1 = R_2 = R, C_1 = C_2 = C$$
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.4RC}[Hz]$$

4. CMOS məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M / V



(a) Qeyri-sabit multivibrator sxemi (b) Daxili quruluş

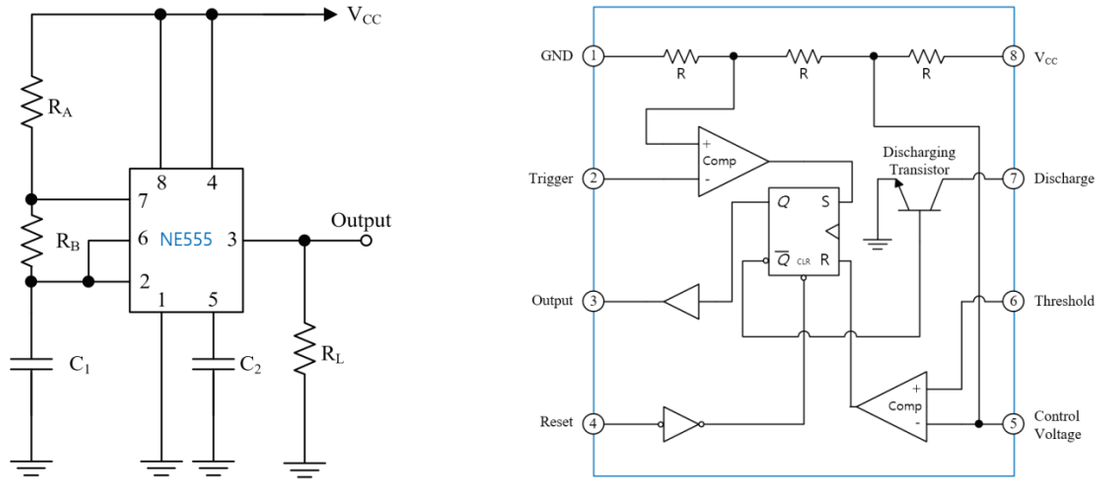
(Şəkil 3) CMOS məntiqi elementindən və işçi dalğa formasından istifadə edən qeyri-sabit multivibrator sxemi

1) U1A çıxışı "H" olduqda U1A çıxışı "L", U1B çıxışı isə "H" olur. U1B çıxışı "H" vəziyyətində olduqda U1B gərginliyi "H" vəziyyətində və C_1 kondensatorunda yüklənmiş gərginlik iki dəfə V_{DD} -ə bərabər olur. Bu zaman U1B çıxış gərginliyi U1A (çünki «L» vəziyyətində olur) çıxışı istiqamətində C_1 və R_2 vasitəsilə boşalır, boşalma bitdikdən sonra C_1 əksinə istiqamətdə yüklənir.
2) U1A çıxışı "L", U1A çıxışı "H" və U1B çıxışı isə "L" olduqda o, U1B istiqamətində R_2 və C_1 vasitəsilə yüklənir. Yolverilən gərginlik həddinə V_{TH} çatdıqda U1A girişi "H" vəziyyətinə dəyişir.
3) Qeyri-sabit multivibratorun çıxış tezliyi (f) aşağıdakı tənliklə ifadə olunur.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2.2R_2C_1}[Hz]$$

5. NE555 istifadə edən qeyri-sabit multivibrator

1) NE555 qeyri-sabit multivibratoru və monostabil multivibratoru konfiqurasiya etmək imkanına malik tək İS taymeridir.
2) Tək enerji təminatı ilə işləyən xətti İS. verilən gərginlik +4.5 ~16 [V] arasında dəyişir və çıxış cərəyanı isə yeddi yüz mA-dir.
3) 1 [MHz] və ya 300 [kHz]-a qədər NE555 (MC14555 və ya KA555)-dən ibarət vibrasiya sxemindən əldə edilmiş tezliklərdən istifadə etmək əlverişlidir, ən alçaq vibrasiya tezliyi isə 1/20 və 1/50 [Hz] arasında sabit qalır.



(a) Qeyri-sabit multivibrator sxemi (b) Daxili quruluş

Şəkil 4: NE555 və daxili strukturdan istifadə edən qeyri-sabit multivibrator sxemi

4) NE555 istifadə edən vibrasiya sxeminin tərtibatı aşağıdakı kimidir:

(1) Yükləmə vaxtı (Çıxış="1") $T_1 = 0.693(R_A + R_B)C_1[sec]$

(2) Boşaltma vaxtı (Çıxış="0") $T_2 = 0.693R_BC_1[sec]$

(3) Dövr $T = T_1 + T_2 = 0.693(R_A + 2R_B)C_1[sec]$

(4) Vibrasiya tezliyi $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.693(R_A+2R_B)C_1}[Hz]$

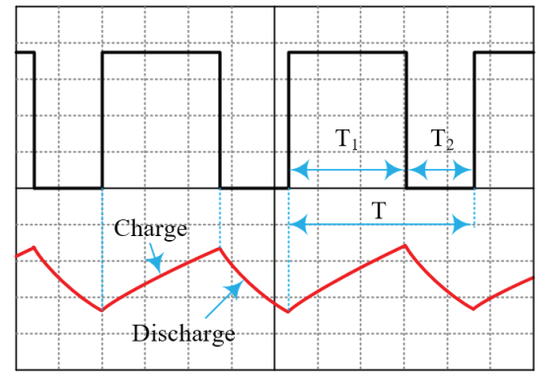
(5) Məhdud şərait Maksimum: $R_A + R_B$: 3.3[MΩ]

Minimum R_A və R_B ya : 1[kΩ]

Minimum C: 500[pF]

Maksimum C: C sızma cərəyanı ilə məhdudlaşmış

5) NE555 iş prinsipi Şəkil 4-də göstərildiyi kimidir. Enerji təminatı anında (C_1) kondensatorundan keçən gərginlik demək olar ki, 0 [V] olur, işəsalma/triqqer girişi terminalı isə alçaq vəziyyətə çevrilir, kondensatorlar R_A və R_B vasitəsilə yüklənir. Kondensator yükləndikcə, çıxış getgedə artır. C_1 kondensatorundan keçən gərginlik yolverilən gərginliyi keçərsə, C_1 bu zaman RB vasitəsilə boşalır və C_1 boşaldığı an çıxış alçaq səviyyədə qalır.



Şəkil 5: C_1 –dən keçən gərginlik və çıxış dalğa forması

6) Kondensatordan keçən gərginlik və çıxış dalğa forması Şəkil 5-də göstərilir.

7) Əgər İS taymerinin yenidən kökləmə terminalı (pin 4) yüksək olarsa, o, normal taymerlə işləyəcək, alçaq olduqda isə çıxış yenidən köklənir.

8) Seçim üzrə kondensatora bitişik terminal (pin 5) sxemdə dəyişən qəfil cərəyanı boşaltmaq və ya udmaqla nasazlığın qarşısını alan bir sxemdir. Adətən 0.1 ~ 0.01[μF] kondensatoru istifadə olunur.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

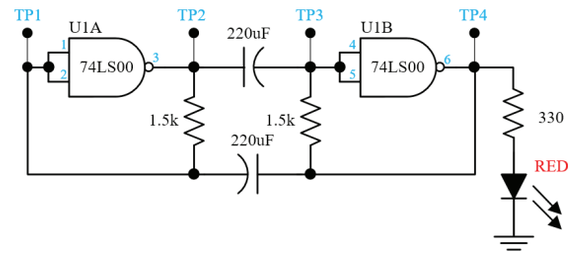
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

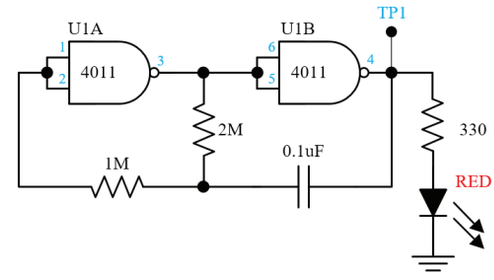
1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

2. Məntiqi elementdən istifadə edən qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə.

1) TTL istifadə edən qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə
   (1) Şəkil 6-dakı qeyri-sabit M/V maket lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.
   (2) TTL məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M/V sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.
   (3) Enerji verdikdən sonra çıxışın vəziyyəti ossiloqraf vasitəsilə ölçülür və nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 1) qeyd olunur.
   (4) TTL məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M/V –un vibrasiya prinsipi və tezliyinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu təsdiq edin.
2) CMOS istifadə edən qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə
   (1) Şəkil 7-də göstərilən CMOS məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M/V maket lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.
   (2) CMOS məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M/V sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.
   (3) Enerji verdikdən sonra çıxışın vəziyyəti ossiloqraf vasitəsilə ölçülür və nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 2) qeyd olunur.
   (4) CMOS məntiqi elementindən istifadə edən qeyri-sabit M/V-un vibrasiya prinsipi və tezliyinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu təsdiq edin.

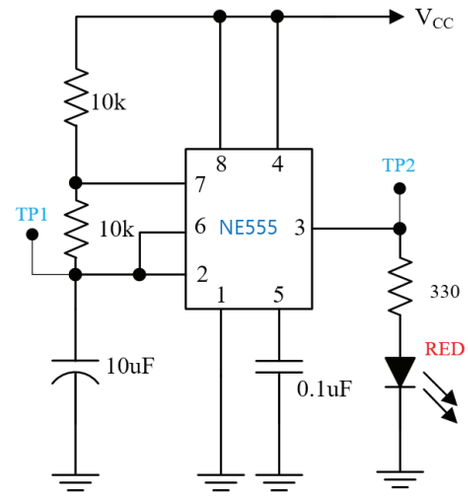


Şəkil 6: TTL istifadə edən qeyri-sabit M/V



Şəkil 7: CMOS istifadə edən qeyri-sabit M/V

3) NE555 istifadə edən qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə
   (1) Şəkil 8-də göstərilən kimi NE555-dən istifadə edən qeyri-sabit M/V maket lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.
   (2) NE555 istifadə edən qeyri-sabit M/V sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.
   (3) Enerji verdikdən sonra çıxışın vəziyyəti ossiloqraf vasitəsilə ölçülür və nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu doğruluq cədvəlinə (Cədvəl 3) qeyd olunur.
   (4) NE555 istifadə edən qeyri-sabit M/V-un vibrasiya prinsipi və tezliyinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu təsdiq edin.



Şəkil 8: NE555 istifadə edən qeyri-sabit M/V

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.
- Avadanlıq və ehtiyat materialları düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

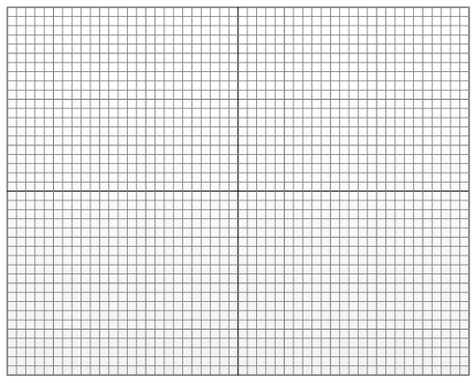
Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən, tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Qeyri-sabit multivibrator sxeminin istifadə və konfiqurasiya üsulunu izah etdimi ? 2. Qeyri-sabit multivibrator sxemlərini qurub-istehsal etdimi? 3. Bir neçə qeyri-sabit multivibrator sxemini yığa və ölçə bildimi? 4. Vibrasiya tezliyini ölçə və hesablaya bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Qeyri-sabit multivibrator üzərində təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: TTL məntiqi elementindən istifadə edən vibrasiya sxeminin dalğa forması



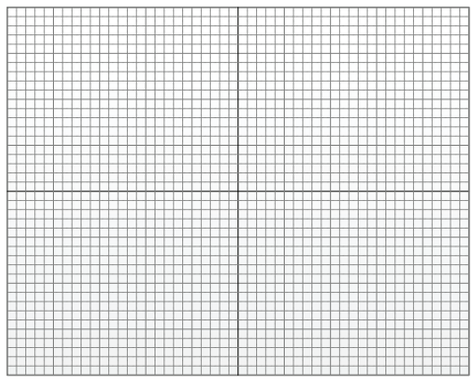
Vaxt/Div =
Gərginlik/Div =
V_{P-P} =
Tezlik =

TP1: Qara rəng
TP2, TP3: Mavi rəng
TP4: Qırmızı rəng

Cədvəl 2: CMOS məntiqi elementindən istifadə edən vibrasiya sxeminin dalğa forması

Vaxt/Div =
Gərginlik/Div =
V_{P-P} =
Tezlik =

Cədvəl 3: NE555 istifadə edən vibrasiya sxeminin dalğa forması



Vaxt/Div =
Gərginlik/Div =
V_{P-P} =
Tezlik =

TP1: qara rəng
TP2: qırmızı rəng

2. Məntiqi ifadənin və təcrübə sxeminin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

4. Monostabil multivibrator üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Monostabil multivibratorun konfiqurasiya və istifadə qaydalarını izah edə biləcək;
2. Monostabil multivibrator sxemlərini qurub-istehsal edə biləcək;
3. Müxtəlif monostabil multivibrator sxemlərini yığa və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00, NE555
2. Rezistor: 330Ω 2ədəd, 470Ω, 2kΩ, 3kΩ, 10kΩ, SVR 100kΩ
3. LED: qırmızı 5Φ 2ədəd, Diode 1N914
4. Kondensator: 100μF/16V, 10μF/16V, 0.1μF
5. Açar: 2P Kiçik
6. Universal PCB (Çaplı Sxem Lövhəsi) 28x28 dəliyi, əlaqələndirici kabel dəsti

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

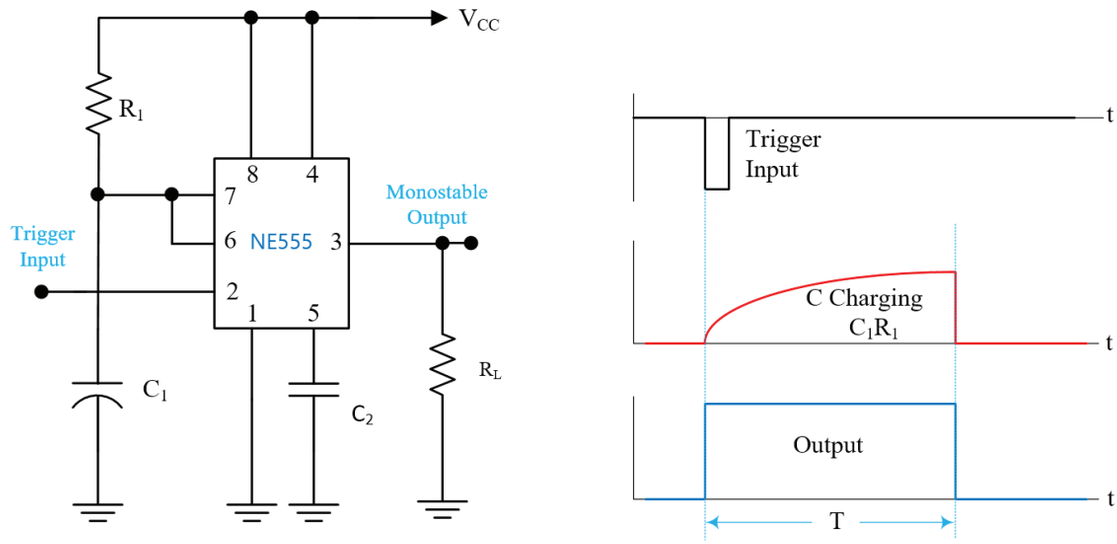
1. Monostabil M/ V-un iş prinsipi

1) Monostabil multivibrator sabit vəziyyəti və metasabit vəziyyəti olan sxemdir.
2) Metasabit vəziyyətin müddətini öyrənmək məqsədilə sxemdə RC yükləmə/boşaltma sxemi dəyişdirilir.
3) Zahiri işəsalma/triqqer girişi olmadığı zaman o, sabit vəziyyətdədir (Q = 0), giriş edildikdə metasabit vəziyyətə (Q = 1) dəyişir və RC vaxt sabiti T (vibrasiya dövrü) üzündən bitdikdə o, yenə sabit vəziyyətə qayıdır.
4) İmpulsun məsafəsi istifadəçi tərəfindən müstəqil şəkildə müəyyən olunur, zəruri vaxt ərzində triqqer vasitəsilə bir impuls yaratmaq mümkündür və impulsun məsafəsini, vaxt ləngimə sxemini, həmçinin sabit dövrə malik və impulsların davamlılığının onların təkrarlanma müddətinə nisbətini əks etdirən dördbucaqlı dalğa generatoru formalaşdırmaq üçün istifadə olunur.

2. İS (NE555) taymerini istifadə edən monostabil multivibrator

1) NE555 istifadə edən monostabil M / V kimi NE333 daxili quruluşundakı boşaltma tranzistoru ilkin vəziyyətdə qoşulur, C_1 kondensatoru isə yüklənmir.
2) Mənfi (-) triqqer/işəsalma girişi NE555'-nin işəsalma/triqqer girişi terminalına daxil olduqda komparator çıxışı FF-i yenidən kökləyir və bu zaman boşaltma tranzistoru sönür.
3) C_1 kondensatorunun boşaltma sxemi dayandırıldıqda C_1 –in yüklənməsi R_1 qoruyucusu vasitəsilə baş verir və çıxış "H" olur.
4) C_1 kondensatorunun yüklənməsi davam etdiyi və yolverilən gərginlik həddinə ($2 / 3V_{CC}$) çat-

dığı zaman daxili komparatorun çıxışı C_1 kondensatorunu boşaltmaq üçün boşaltma tranzistorunu qoşur və çıxış "L" vəziyyətinə keçir.



(a) NE555 istifadə edən monostabil M/V sxemi

(b) Monostabil M/V-un dalğa forması

Şəkil 1: NE555 istifadə edən monostabil multivibrator sxemi və çıxış dalğası forması

5) Vibrasiya dövrü (T) və vibrasiya tezliyi (f)

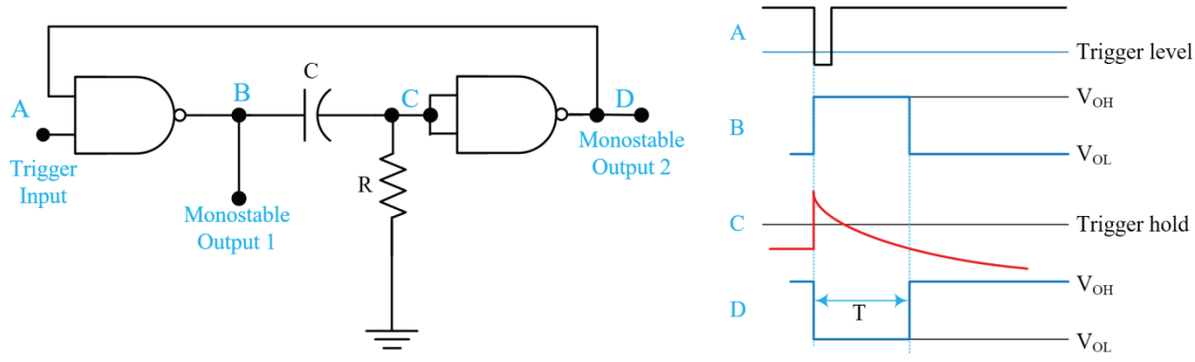
$$T = 1.1R_1C_1[sec]$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.1R_1C_1}[Hz]$$

3. Məntiqi element istifadə edən monostabil multivibrator

1) Triqqer/işəsalma impulsu verildikdən sonra C vaxt kondensatorunda yüklənmiş yük R vaxt qoruyucusunda boşalır, element yolverilən gərginlik həddindən aşağı olana qədər impuls əldə edilir.

2)



(a) .

(b) .Monostabil M/V sxemi

(b) Dalğa forması

Şəkil 2: NAND elementindən istifadə edən monostabil M/V sxemi və dalğa forması

3) Bu zaman ərzində zaman sabiti T_d belə ifadə olunur: T_d = RC [san]. Zaman müqaviməti (R) cərəyan dəyişikliyi olan məntiqi sxemlərdə, məsələn: TTL və DTL sxemlərində 250 [Ω] -1 [kΩ] arasında seçilməli olduğu üçün uzun çıxış impulsları əldə etmək mümkün deyil. Triqqer/işəsalma impulsu birbaşa olaraq çıxış elementinin girişinə tətbiq edildiyi üçün giriş impulsunun məsafəsi çıxış impulsunun məsafəsinə nisbətən daha uzun olmalıdır.
4) Monostabil MV sxemində "L" (A) triqqer girişinə daxil olduğu zaman (B) çıxışı "H" olur və C kondensatoru yüklənməyə başlayır. D çıxışı "L" vəziyyətinə keçir.
5) NOT elementinin (C) girişinin gərginliyi yolverilən gərginlik həddindən aşağı düşməyə başladığı zaman NOT elementinin (D) çıxışı "H" olur və 1 çıxışının vəziyyəti "L" olur.
6) Çıxışı impulsunun məsafəsi (T) triqqer impulsunun məsafəsindən asılı olmayaraq, C kondensatorunun və R qoruyucusunun göstəriciləri ilə müəyyən olunur.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

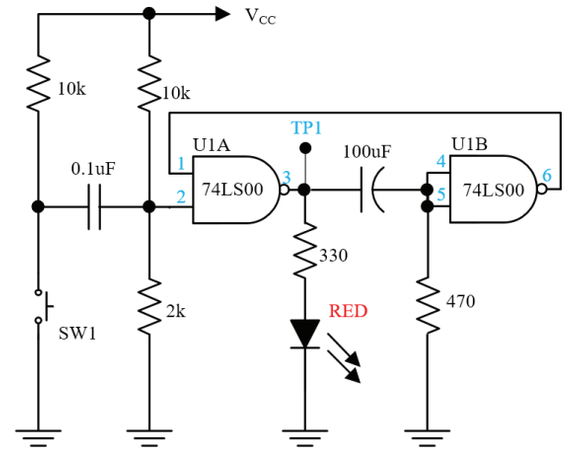
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

2. Məntiqi elementdən istifadə edən monostabil multivibrator üzərində təcrübə

1) TTL istifadə edən monostabil multivibrator
   (1) Şəkil 3-də göstərilən TTL məntiqi elementindən istifadə edən monostabil M/V maket lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.
   (2) TTL məntiqi elementindən istifadə edən monostabil M/V sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.
   (3) Enerji verdikdən sonra çıxışın vəziyyəti ossiloqraf vasitəsilə ölçülür və nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu Cədvəl 1-də qeyd olunur.
   (4) TTL məntiqi elementindən istifadə edən monostabil M/V-un vibrasiya prinsipi və tezliyinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu təsdiq edin.



Şəkil 3: TTL istifadə edən monostabil M/V sxemi

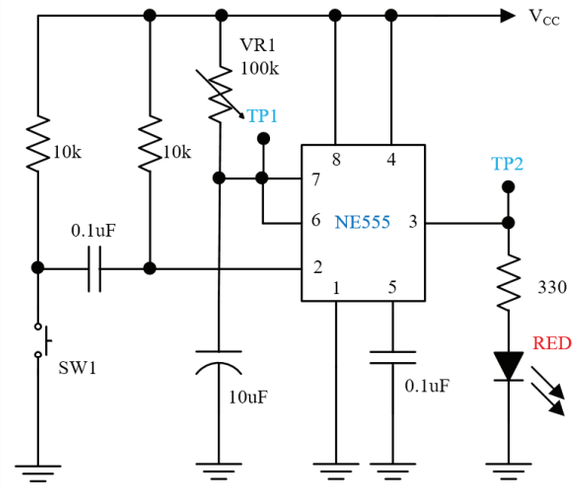
2) NE555 istifadə edən monostabil multivibrator üzərində təcrübə

(5) Şəkil 4-də göstərilən NE555 istifadə edən monostabil multivibrator maket lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.

(6) NE555 istifadə edən monostabil M/V sxeminin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(7) Enerji verdikdən sonra çıxışın vəziyyəti ossiloqraf vasitəsilə ölçülür və nəticələrə dair hesabatın əks olunduğu Cədvəl 2 -də qeyd olunur.

(8) NE555 istifadə edən monostabil M/V-un vibrasiya prinsipi və tezliyinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu təsdiq edin.



Şəkil 4: NE555 istifadə edən monostabil M/V sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.

- Avadanlıq və ehtiyat materiallarını düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Monostabil multivibrator sxeminin istifadə və konfiqurasiya üsulunu izah etdimi ? 2. Monostabil multivibrator sxemlərini qurub-istehsal etdimi? 3. Bir neçə monostabil multivibrator sxemini yığa və ölçə bildimi? 4. Vibrasiya tezliyini və zaman sabitini ölçə və hesablaya bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübə nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Monostabil multivibrator üzərində təcrübə**	Tarixi	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: TTL məntiqi elementindən istifadə edən vibrasiya sxeminin dalğa forması

Vaxt/Div =
Gərginlik/Div =
V_{P-P} =
Tezlik =

Cədvəl 2: NE555 istifadə edən vibrasiya sxeminin dalğa forması

Vaxt/Div =
Gərginlik/Div =
V_{P-P} =
Tezlik =

TP1: qara rəng
TP2: qırmızı rəng

2. Məntiqi ifadənin və təcrübə sxeminin doğruluq cədvəlinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

5. Toplayıcı dövrə üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Yarım toplayıcı / tam toplayıcı dövrələri necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. Yarım toplayıcı/ tam toplayıcı dövrələri layihələndirə biləcək;
3. Yarım toplayıcı/ tam toplayıcını qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00 3ədəd, 74LS08 2ədəd, 74LS86, 74LS32 & İnteqal Sxem (İS) yuvası
2. Rezistor: 330Ω 2ədəd, 4.7kΩ 6ədəd
3. LED: Qırmızı 5Φ3ədəd, Yaşıl 5Φ 3ədəd
4. DIP AÇAR: 2bit 3ədəd, 3bit
5. Universal PCB 28×62 2ədəd, 28×28 yuva 2ədəd, əlaqələndirici kabeli

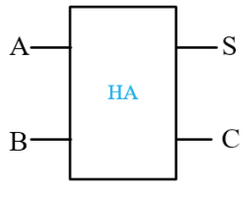
Avadanlıqlar və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

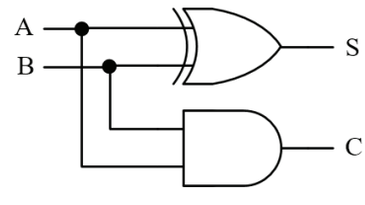
Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Yarım toplayıcı dövrəsinin quruluşu və işləmə prinsipi

1) Kombinasiyalı məntiqi dövrə bir giriş dəyişəninin qiymətinə görə sabit çıxışı olan məntiqi dövrəyə deyilir. N giriş dəyişənləri 2n ikili kombinasiyaları ola bilər və bir giriş kombinasiyası üçün yalnız bir çıxış kombinasiyası ola bilər.
2) Toplayıcı yarım toplayıcı və tam toplayıcıya malikdir.
3) A və B tək rəqəminin əlavə edilməsi A və B və Daşıyıcının cəmi ilə nəticələnir.



(a) Blok diaqramı



(b) dövrə

A	B	S(Sum)	C(Carry)
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(c) Doğruluq cədvəli

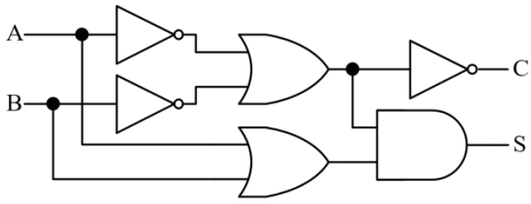
Şəkil 1: Blok diaqramı və yarım toplayıcı dövrəsi

4) (S) cəmin və (C) daşımanın məntiqi ifadəsinin hesablanması aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

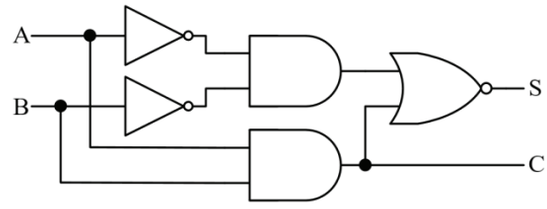
$$S = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

$$C = A \cdot B$$

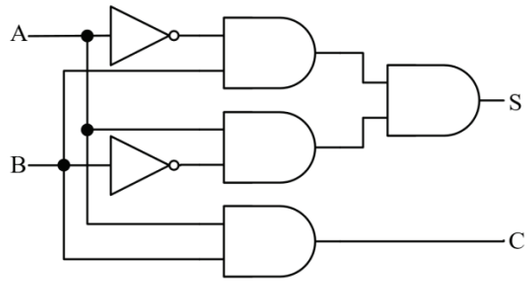
5) Yarım toplayıcının işarəsi və məntiqi dövrə (Şəkil 1) (a), (b)-də göstərilir və doğruluq cədvəli (c) nəticələri göstərir.
6) Yarım toplayıcı Şəkil 2-də göstərildiyi kimi müxtəlif formalarda konfiqurasiya edilə bilər.



$S = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B, C = AB$



$S = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B} + AB} = A \oplus B, C = AB$

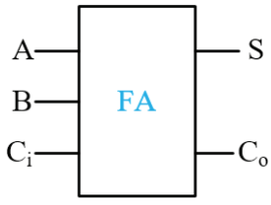


$S = (\overline{A} + \overline{B}) \cdot (A + B) = A \oplus B, C = AB$

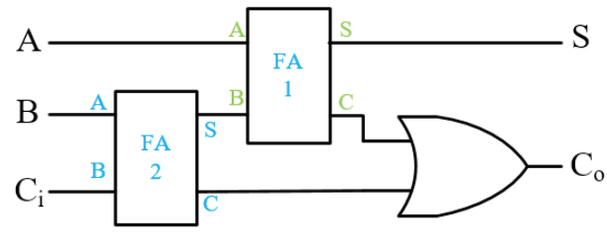
Şəkil 2: Yarım toplayıcıların müxtəlif növləri

2. Tam toplayıcının quruluşu və işləmə prinsipi

1) Nəticə A və B tək rəqəmlərini və daşıyıcını əlavə etmək üçün istifadə edilən A və B məbləğləri (S) və (C) daşıyıcı olur.



(a) Blok diaqramı



(b) Yarım toplayıcı dövrədən istifadə edən blok diaqramı

A	B	C_i	S (Məbləğ)	C_o (Daşıyıcı)
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

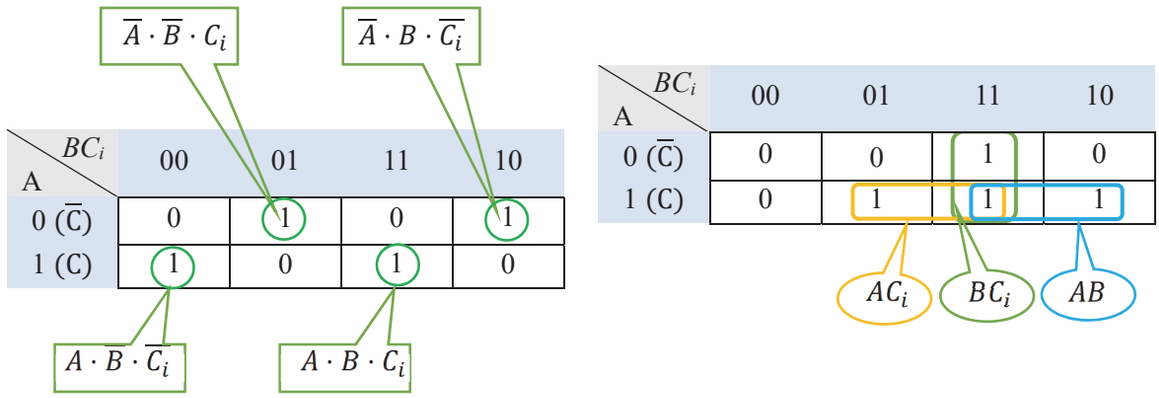
(c) Doğruluq cədvəli

Şəkil 3: Blok diaqramı və tam toplayıcı üçün dövrə

7) (S) cəminin və (C) daşıyıcının məntiqi ifadəsinin hesablanması aşağıdakı kimi yerinə yetirilir:

$$S = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C_i + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C_i} + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C_i} + A \cdot B \cdot C_i$$
$$\left(\overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot \overline{B}\right)\overline{C_i} + \left(\overline{A} \cdot \overline{B} + AB\right)C_i$$
$$(A \oplus B)\overline{C_i} + \left(\overline{A \oplus B}\right)C_i$$
$$(A \oplus B) \oplus C_i$$
$$C_o = AB + (A \oplus B)C_i = AB + AC_i + BC_i$$

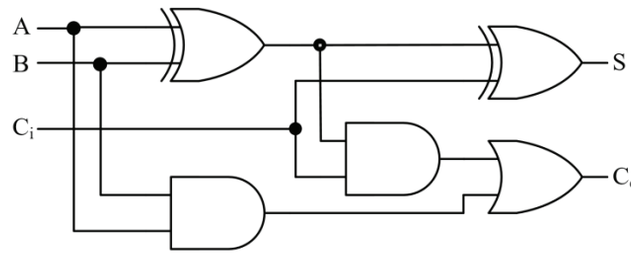
2) Bütün toplayıcıların cəminin (S) və (Co) daşıyıcının doğruluq qiymətləri Şəkil 4-də göstərildiyi kimi Karno xəritəsi üzrə sadələşdirilir.



(a) Cəmin (S) Karno xəritələri (b) (C_o) Daşıyıcının Karno xəritələri

Şəkil 4: Karno xəritəsi üzrə tam toplayıcının sadələşdirilməsi

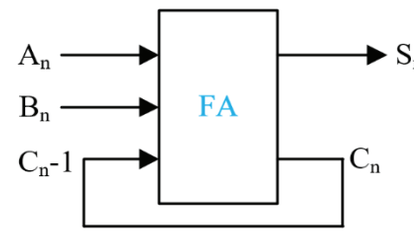
3) Toplayıcının məntiqi ifadəsinin sadələşdirilməsinə uyğun olaraq məntiq sxem Şəkil 5-də göstərilir.



Şəkil 5: Tam toplayıcı dövrəsi

3. Ardıcıl toplayıcı və paralel toplayıcı

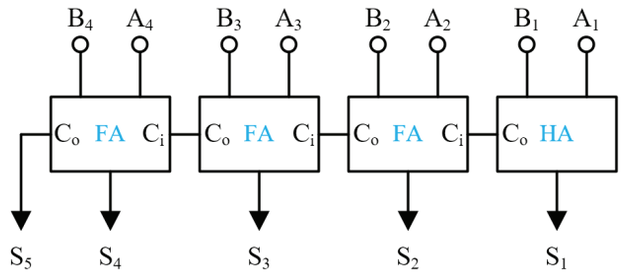
1) İkili ardıcıl toplayıcı müvafiq bitlərin giriş siqnallarını bir tam toplayıcı tərəfindən ardıcıl cəmləndiyi (hesablandığı) üsuldur və daşıma (Co) 1 bit gecikmədən sonra növbəti bitin əlavə edilməsi zamanı daşıma nömrəsi (Ci) kimi əlavə olunur.
2) Şəkil 6-da ikili ardıcıl toplayıcı dövrəsinin blok diaqramı göstərilir, hansı ki, baxımından həmin əməliyyat sürətində ikili paralel toplayıcı dövrəsinin tezliyindən daha yavaş olduğu üçün əlverişsiz hesab edilən blok diaqramıdır.
3) İkili paralel toplayıcı iki ikili ədədin bir riyazi cəmini



Şəkil 6: İkili ardıcıl toplayıcı dövrəsinin blok diaqramı

əldə edən məntiqi sxemdir. Çıxış daşıyıcısı Cn çıxışının ön toplayıcı dövrəsini (summatorunu) növbəti mərhələnin ön toplayıcı sinin Ci girişinə birləşdirir.

4) Aşağıdakı (Şəkil 7) ikili paralel toplayıcı dövrənin blok diaqramını göstərir.



Şəkil 7: İkili paralel toplayıcı sxemin blok diaqramı

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

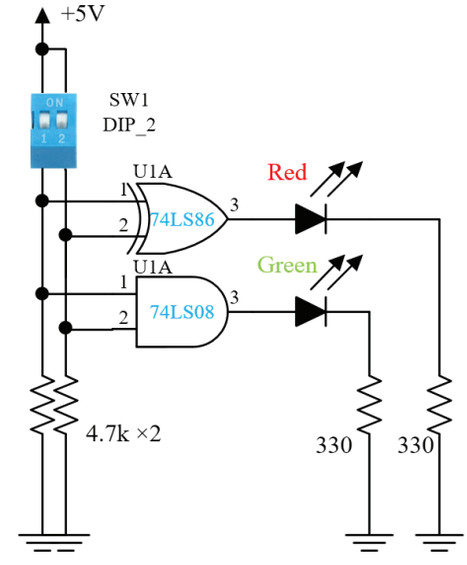
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıqları, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Toplayıcı ilə bağlı təcrübə

1) Yarım toplayıcı ilə bağlı təcrübə
   1) Yarım toplayıcı dövrəsini Şəkil 8, 9-da göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   2) Yarım toplayıcı dövrəsinin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "OFF" (Sönülü) vəziyyətində "1" məntiq səviyyəsinə, "ON" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "1" çıxışına malikdir.

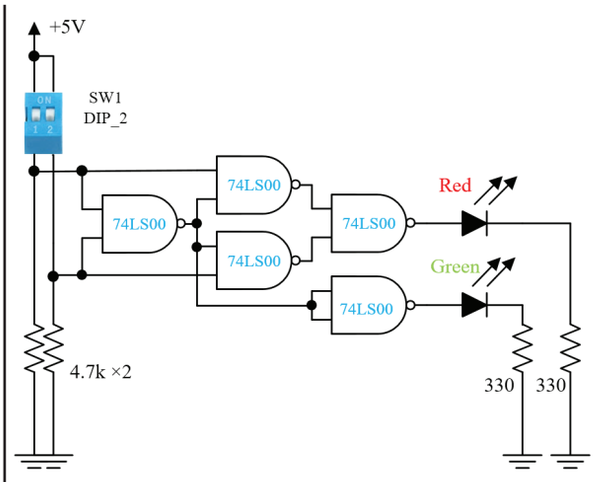


Şəkil 8: Yarım toplayıcı dövrəsi 1

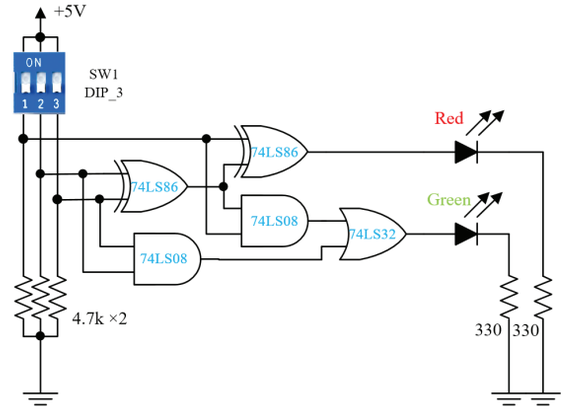
4) Yarım toplayıcı dövrəsinin məntiqi ifadələrinin və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

2) Tam toplayıcı ilə bağlı təcrübə

1) Tam toplayıcı dövrəsini[Şəkil 10]-da göstərildiyi kimi bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
2) Tam toplayıcı dövrəsinin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra, sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-in çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını <Cədvəl 2> -də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "OFF" (Bağlı) vəziyyətində "1" məntiq səviyyəsinə, "ON" (Açıq) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "1" çıxışına malikdir.
4) Tam toplayıcı dövrəsinin məntiqi ifadələrinin və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 9: Yarım toplayıcı dövrəsi 2



Şəkil 10: Tam toplayıcı dövrəsi 2

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- **İş sahəsini təmizləyin.**
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu tamamladıqdan sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Yarım toplayıcı /tam toplayıcı dövrələrini necə konfiqurasiya etməyi və istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. Yarım toplayıcı /tam toplayıcı dövrələrini layihələndirə bildimi? 3. Yarım toplayıcı /tam toplayıcı dövrələrini qura və ölçə bildimi? 4. Toplayıcı dövrəsinin məntiqi ifadələrini və doğruluq cədvəllərini müəyyən edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Toplayıcı dövrə üzərində təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Yarım toplayıcı dövrəsinin doğruluq cədvəli

A	B	Çıxış	
		S (Cəmi, Qırmızı LED)	C (Dayışıcı, Yaşıl LED)
0 (Bağlı)	0 (Bağlı)		
0 (Bağlı)	1(Açıq)		
1 (Açıq)	0 (Bağlı)		
1 (Açıq)	1 (Açıq)		

(Cədvəl 2) Tam toplayıcı dövrəsinin doğruluq cədvəli

A	B	C_i	Çıxış	
			S (Cəmi, Qırmızı LED)	C (Daşıyıcı, Yaşıl LED)
0 (Bağlı)	0 (Bağlı)	0 (Bağlı)		
0 (Bağlı)	0 (Bağlı)	1(Açıq)		
0 (Bağlı)	1 (Açıq)	0 (Bağlı)		
0 (Bağlı)	1 (Açıq)	1 (Açıq)		
1 (Açıq)	0 (Bağlı)	0 (Bağlı)		
1 (Açıq)	0 (Bağlı)	1(Açıq)		
1(Açıq)	1 (Açıq)	0 (Bağlı)		
1(Açıq)	1(Açıq)	1(Açıq)		

2. Toplayıcı dövrəsinin məntiqi ifadələrinin və doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

6. Çıxarma dövrəsi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Yarım-çıxarma/tam-çıxarma dövrəsininin konfiqurasiya və istifadə qaydalarını izah edə biləcək;
2. Yarım-çıxarma/tam-çıxarma dövrəsini qura biləcək;
3. Yarım-çıxarma/tam-çıxarma dövrəsini yığa və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00 3ədəd, 74LS08 2ədəd, 74LS86, 74LS04 2ədəd & İS sxem yuvası
2. Rezistor: 330Ω 6ədəd, 4.7kΩ 6ədəd
3. LED: qırmızı 5Φ 2ədəd, yaşıl 5Φ 3ədəd
4. Kondensator: 100μF/16V, 10μF/16V, 0.1μF
5. DIP açar: 2bit 3ədəd, 3 bit
6. Universal PCB (Çaplı Sxem Lövhəsi) 28x28 yuvası, əlaqələndirici kabel dəsti

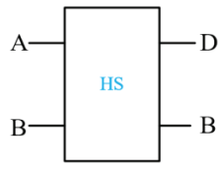
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

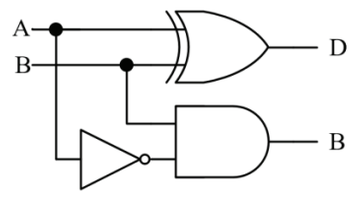
Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Yarım çıxarma dövrəsinin strukturu və iş prinsipi

1) İkili çıxma metodlarına birbaşa çıxma və tamamlayıcı çıxma daxildir. Kompüterlər, əsasən, texniki baxış məqsədilə hesablama metodlarından istifadə edir.
2) Birbaşa çıxma üçün istifadə olunan çıxarma sxemi daha alçaq rəqəmdən borc alınmış ədədi nəzərə almayan 2-girişli yarım çıxarma (HS) dövrəsinə və daha alçaq rəqəmdən borc alınmış ədədi sayan 3-girişli tam çıxarma (FS) dövrəsinə malikdir.
3) Yarım tonluq generator iki 1-bitlik ikili ədədləri daxil etmək və çıxmaq, həmçinin fərqi (D) və borcu (B) çıxarmaq üçün bir sxemdir. Sxem ən az əhəmiyyət kəsb edən bitlərin çıxılması üçün istifadə olunur. (Şəkil 1)



(a) Blok diaqramı



(b) Dövrə

A	B	D	B
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

(c) Doğruluq cədvəli

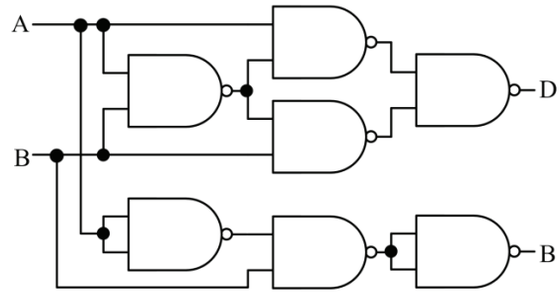
Şəkil 1: Blok diaqramı və yarım çıxarma dövrəsi

4) Yarım toplayıcı dövrəsinin əlaməti və məntiqi sxemi [Şəkil 1] (a), (b)- də göstərildiyi kimidir və doğruluq cədvəli (c) nəticələri göstərir.
5) Fərq (D) və borcun (B) hesablama üzrə məntiqi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$D = \overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$$

$$B = \overline{A} \cdot B$$

6) Şəkil 2 NAND elementindən ibarət yarım çıxarma dövrəsi göstərir.



Şəkil 2: NAND elementindən ibarət yarımçıxarma dövrəsi

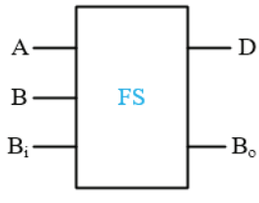
7) Əlavədən istifadə olunmaqla çıxma çıxanların sayını onu 1 və ya 2-nin əlavəsinə çevirməklə çıxılanın sayına əlavə etmək yolu ilə hesablanır. Məsələn, $0101_{(2)}$ -$0100_{(2)}$ 1-in əlavəsi və 2-nin əlavəsi kimi hesablanır, yəni aşağıdakı kimi.

0 1 0 1	0 1 0 1	0 1 0 1
- 0 1 0 0	+ 1 0 1 1	+ 1 1 0 1
0 0 0 1	1 0 0 0 0	1 0 0 0 1
	Add → 1	abdicate
	0 0 0 1	0 0 0 1
(a) İkili ədədlərin çıxılması	(b) 1-in əlavəsi ilə çıxılma	(c) 2-nin əlavəsi ilə çıxılma

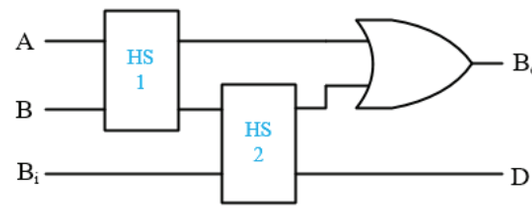
8) 1-in əlavəsi istifadə olunduğu zaman MSB (Ən Əhəmiyyətli Bit) əməliyyatında əmələ gəlmiş rəqəmlərin sayı geriyə, yəni ən az əhəmiyyətli rəqəmin üstünə gəlir. Geri əlavə ediləsi rəqəmlərin sayı Dairəvi/Tsiklik keçid adlanır.
9) Əgər siz 2-nin əlavəsindən istifadə etsəniz, üst hissəyə qalxmış dairələrin sayı xaric edilir. Bununla belə, əgər əlavədən istifadə edən çıxmanın nəticə mənfi olarsa, əməliyyatın nəticəsi ən yüksək vəziyyətdə yuvarlaqlaşmır, bu zaman nəticə əlavənin göstəricisidir. Alına bilər.

2. Tam çıxarma dövrəsinin quruluşu və iş prinsipi

1) Nəticə A və B və borcun (B) fərqidir ki, tək A və B rəqəmlərini və keçidi əlavə etmək üçün istifadə olunur.



(a) Blok diaqramı



(b) Yarım toplayıcı istifadə edən blok diaqramı

A	B	B_i	B_o	D
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

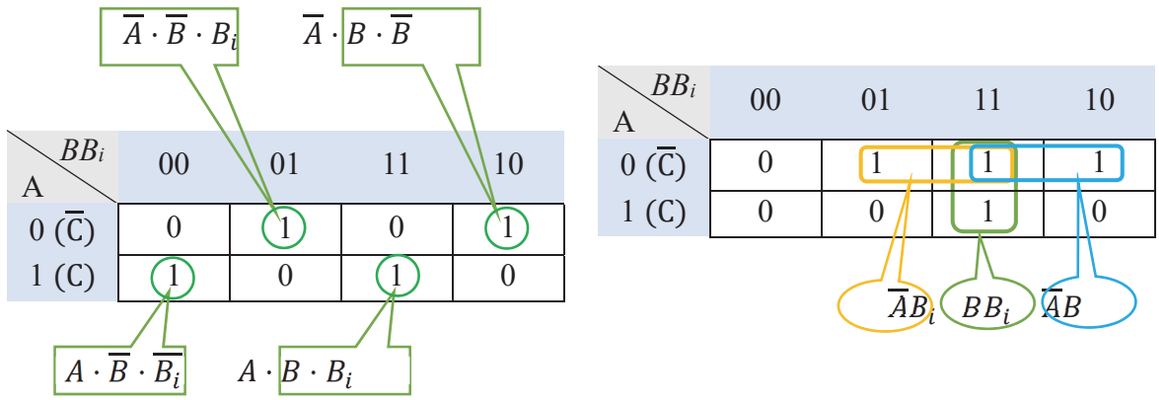
(c) Doğruluq cədvəli

Şəkil 3: Blok diaqramı və tam çıxarma sxemi

2) Hesablama üçün fərq (D) və borc (B)-un məntiqi ifadəsi aşağıdakı kimidir.

$$D = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot B_i + \overline{A} \cdot B \cdot \overline{B_i} + A \cdot \overline{B} \cdot \overline{B_i} + A \cdot B \cdot B_i$$
$$\left(\overline{A} \cdot \overline{B} + A \cdot \overline{B}\right)\overline{B_i} + \left(\overline{A} \cdot \overline{B} + AB\right)B_i$$
$$(A \oplus B)\overline{B_i} + \left(\overline{A \oplus B}\right)B_i$$
$$(A \oplus B) \oplus B_i$$
$$C_o = AB + (A \oplus B)B_i = AB + AC_i + BB_i$$

3) Bütün toplayıcı dövrələrin fərq (D) və borc(B) üzrə doğruluq göstəriciləri Şəkil 4-də göstərildiyi kimi, Karno xəritəsi vasitəsilə sadələşdirilir.



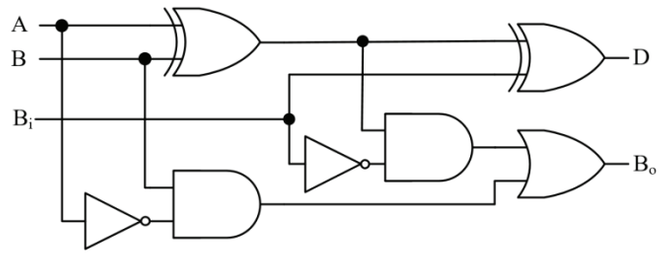
(a) Cəmin (S) Karno xəritələri (b) Keçidin (C_o) Karno xəritələri

Şəkil 4: Tam çıxarma üzrə Karno xəritəsinin sadələşdirilməsi

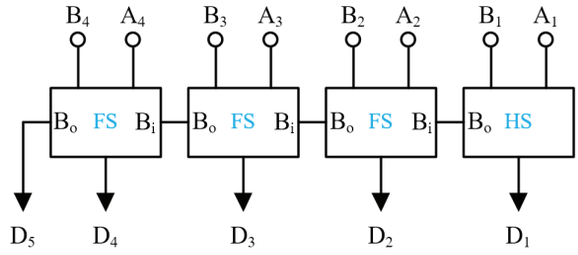
4) Tam çıxarma üzrə məntiqi ifadənin sadələşdirilməsinə uyğun məntiqi dövrə Şəkil 5-də göstərilir.

3. Paralel çıxarma

1) İkili ədədlərin paralel çıxarma əməli toplamada olduğu kimi, eyni ardıcıllıqla yerinə yetirilir və 4-bitlik paralel çıxarma dövrəsi Şəkil 6-da göstərildiyi kimi, bir yarım istiqamətli gücləndiricidən və üç tam çıxarmadan istifadə edir.



Şəkil 5: Tam çıxarma dövrəsi



Şəkil 6: İkili paralel çıxarmanın blok diaqramı

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

2. Çıxma sxemi üzərində təcrübə

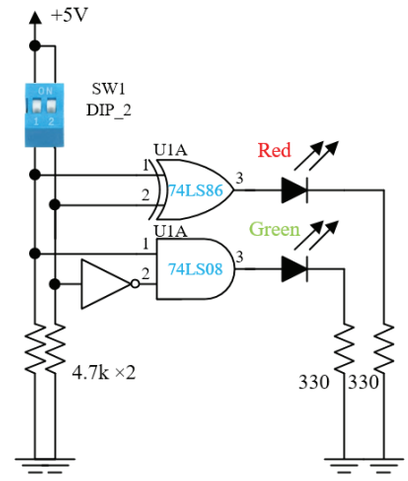
1) Yarım çıxarma dövrəsi üzərində təcrübə

(1) Şəkil 7, 8-də göstərilən kimi yarım çıxarma sxemi maket lövhə və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.

(2) Yarım çıxarma dövrəsinin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyəti açarın işinə uyğun olaraq, Cədvəl 1-də qeyd olunur. Bununla belə, açarın məntiqi səviyyəsi "0" olduqda qoşulu vəziyyətin məntiqi səviyyəsi "1" olur və işıqsaçan diod qoşulduğu zaman çıxış "1"-dir.

(4) Məntiqi ifadələrin və yarım çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəllərinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb təsdiq edin.



Şəkil 7: Yarım çıxma sxemi 1

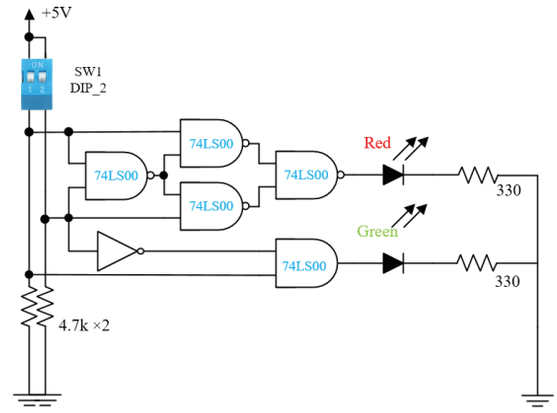
2) Tam çıxarma üzərində təcrübə

(1) Şəkil 10-dakı tam çıxarma dövrəsi maket lövhə və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya olunur.

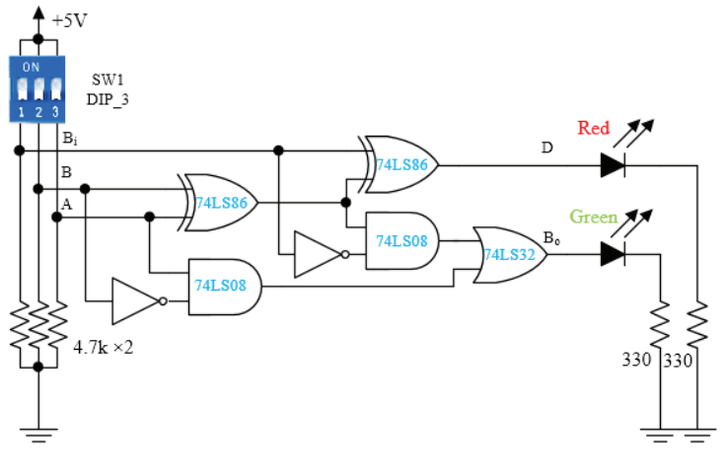
(2) Tam çıxarma dövrəsinin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verdikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyəti açarın işinə uyğun olaraq, Cədvəl 2 -də qeyd olunur. Bununla belə, açarın məntiqi səviyyəsi "0" olduqda qoşulu vəziyyətin məntiqi səviyyəsi "1" olur və işıqsaçan diod qoşulduğu zaman çıxış "1"-dir.

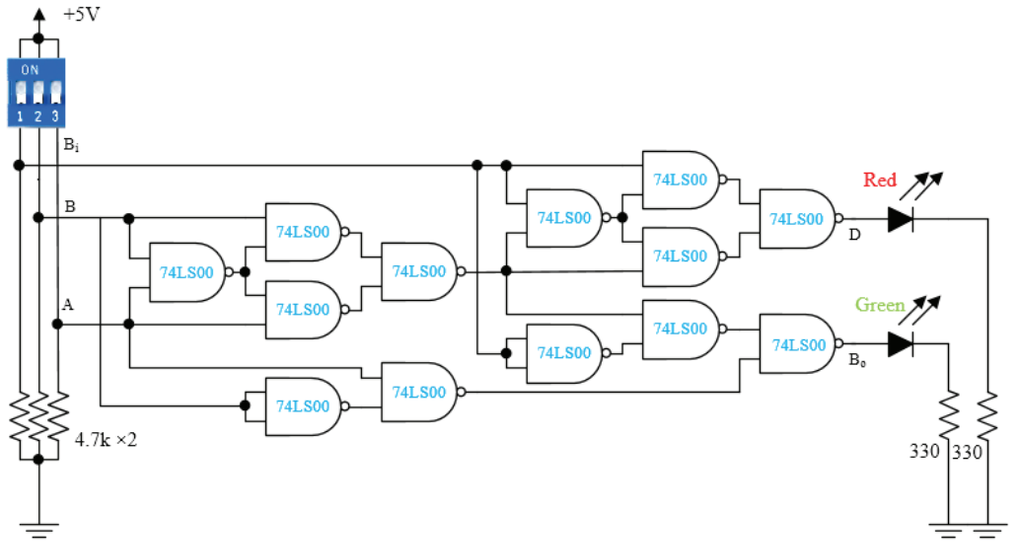
(4) Məntiqi ifadələrin və tam çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəllərinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb təsdiq edin.



Şəkil 8: Yarım çıxma sxemi 2



Şəkil 9: Tam çıxarma dövrəsi1



Şəkil 10: Yarımçıxma sxemi 2

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.
- Avadanlıq və ehtiyat materialları düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən, tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi 1. Yarım çıxarma /tam çıxarma dövrələrinin istifadə və konfiqurasiya üsulunu izah etdimi ? 2. Yarım çıxarma /tam çıxarma dövrələrini qurdumu? 3. Bir neçə yarım çıxarma /tam çıxarma dövrəsini yığmağı və ölçməyi öyrəndimi? 4. Məntiqi ifadələri və yarım çıxarma /tam çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəllərini müəyyən etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Çıxarma dövrəsi üzərində təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: Yarım çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəli

A	B	Çıxış	
		F (Fərq, Qırmızı DİOD)	B_o (Borc, Yaşıl DİOD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)		

Cədvəl 2: Tam çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəli

A	B	B_i	Çıxış	
			F (Fərq, Qırmızı DİOD)	B_o (Borc, Yaşıl DİOD)
0 (bağlı)	0 (bağlı)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	0 (bağlı)	1 (açıq)		
0 (bağlı)	1 (açıq)	0 (bağlı)		
0 (bağlı)	1 (açıq)	1 (açıq)		
1(açıq)	0 (bağlı)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	0 (bağlı)	1 (açıq)		
1 (açıq)	1 (açıq)	0 (bağlı)		
1 (açıq)	1 (açıq)	1 (açıq)		

2. Məntiqi ifadənin və çıxarma dövrəsinin doğruluq cədvəlinin təcrübənin nəticələrinə uyğurluğunu yoxlayıb təsdiq edin.

7. Deşifrələyici/şifrələyici sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*
1. Deşifrələyici/şifrələyici sxemlərinin konfiqurasiya və istifadə qaydalarını izah edə biləcək;
2. Deşifrələyici/şifrələyici sxemlərini qura biləcək;
3. Deşifrələyici/şifrələyici sxemlərini yığa və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:
1. İS: 74LS04, 74LS08, 74LS42, 74LS47, 4072 & İS sxem yuvası
2. Rezistor: 220Ω 6ədəd, 330Ω 14ədəd 4.7kΩ 11ədəd
3. LED: qırmızı 5Φ 14ədəd, yaşıl 5Φ 3ədəd
4. Kondensator: 100μF/16V, 10μF/16V, 0.1μF
5. DIP açar: 2bit, 4bit 2ədəd, 7bit, PB açar: 2P
6. Universal PCB (Çaplı Sxem Lövhəsi) 28x28 yuvası 3ədəd, əlaqələndirici kabel dəsti

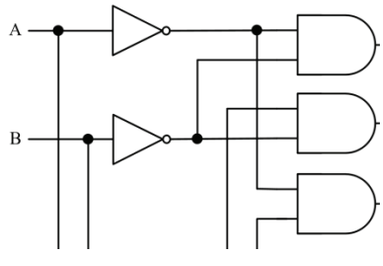
Avadanlıq və alətlər:
1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Deşifrələyicinin quruluşu və iş prinsipi

- Rəqəmsal sistemlər informasiyanı emal edərkən, əsasən, ikili kodlardan istifadə edir, insanlar isə gündəlik həyatlarında onluqlardan istifadə edirlər, beləliklə, məlumatları çevirən bir qurğuya ehtiyac yaranır.
- İkili kod onluq ədədlə təmsil olunur, yaxud giriş koduna aid çıxışların cəmindən yalnız birini çıxaran bir sxem deşifrələyici və ya şifrator adlanır.
- Bu, ikili ədədlərlə ifadə olunmuş giriş kodunun hansı vəziyyətləri və ya əmrləri təmsil etdiyini deşifrə edən bir qurğudur. Deşifrələyicilər məntiqi elementlərin, xətti deşifrələyicilərin, BCD-10 deşifrələyicilərinin və BCD-7 seqment deşifrələyicilərinin kombinasiyasından ibarətdir.
- Deşifrələyici VƏ elementlərindən ibarətdir.

1) Xətti deşifrələyicilər



(a) 2×4 deşifrələyici sxemi

	B	A	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	0	0	0	0	**1**
1	0	1	0	0	**1**	0
2	1	0	0	**1**	0	0
3	1	1	**1**	0	0	0

(b) 2×4 deşifrələyicinin doğruluq cədvəli

Şəkil 1: Xətti deşifrələyici (2×4 deşifrələyici)

(1) Xətti deşifrələyicilər n×2^n deşifrələyicilər adlı n ikili giriş siqnallarından 2^n -yə qədər çıxış siqnalı əmələ gətirir.
(2) 2×4 deşifrələyicisi Şəkil 1-də göstərilmiş elementlərin kombinasiyasından ibarətdir.
(3) 2×4 deşifrələyici sxemi iki ikili girişi dörd kombinasiyaya çevirmək üçün istifadə olunur.

$$D_0 = \overline{A} \cdot \overline{B}, D_1 = A \cdot \overline{B}, D_2 = \overline{A} \cdot B, D_3 = A \cdot B$$

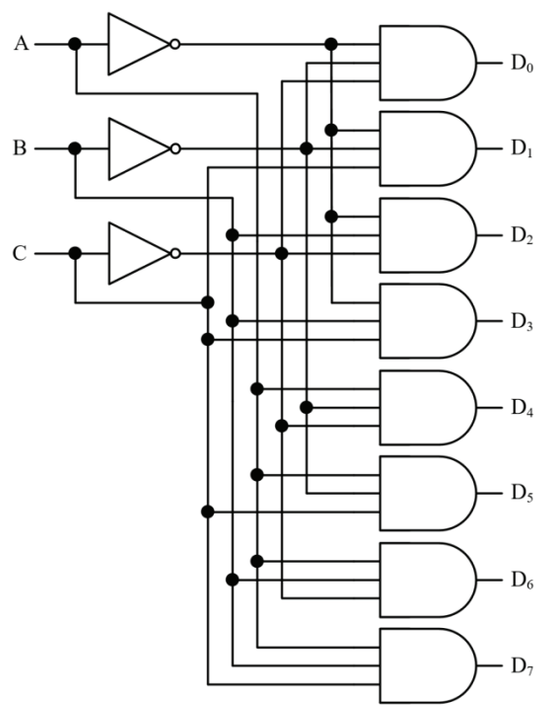
(4) İkili 3 bitli və 8 çıxışlı 3×8 deşifrələyicisinin məntiqi ifadəsi aşağıda göstərilir, doğruluq cədvəli Cədvəl 1-də göstərilən kimi göstərilir, sxemin diaqramı isə Şəkil 2-də göstərildiyi kimidir.

$$D_0 = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}, D_1 = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot C, D_2 = \overline{A} \cdot B \cdot \overline{C}, D_3 = \overline{A} \cdot B \cdot C$$

$$D_4 = A \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}, D_5 = A \cdot \overline{B} \cdot C, D_6 = A \cdot B \cdot \overline{C}, D_7 = A \cdot B \cdot C$$

Cədvəl 1: 3×8 deşifrələyicisinin doğruluq cədvəli

Giriş			Çıxış							
A	B	C	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
0	0	0	**1**	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	**1**	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	**1**	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	**1**	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	**1**	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	**1**

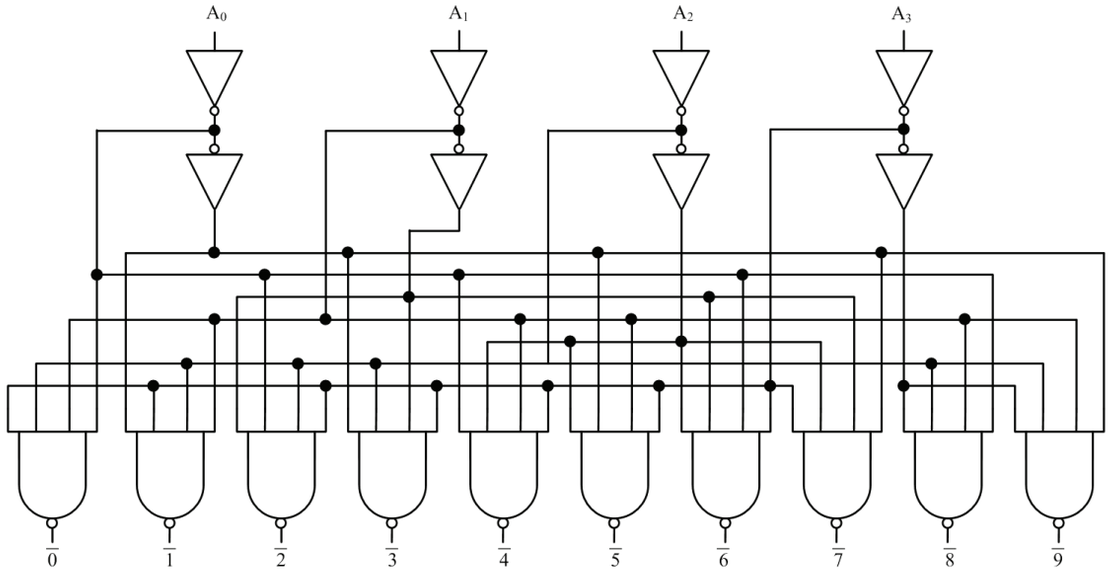


Şəkil 2: 3×8 deşifrələyicisinin məntiqi sxemi

(5) Deşifrələyici İS iki 2 × 4 deşifrələyicisi, 4555 və 4556 CMOS olan bir TTL 74139-a, 3 × 8 deşifrələyiciləri olan bir 74138-ə və 4×16 deşifrələyiciləri olan bir 74154 -ə malikdir.

2) BCD-10 deşifrələyicisi

BCD-10 (onluq) deşifrəlyici 0-9 onluq rəqəm sırasında BCD kodunun A qiymətini deşifrə edən bir sxemdir və TTL 7442 Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, xüsusi İS kimi qurulmuş bir sxem olub, daxilindəki giriş 0000 (2) –dən 1001 arasındadır, yalnız bir onluq çıxış “0” rəqəminə uyğundur, qalanı isə & “1”-dir. Yəni çıxış “0” olduğu zaman bu, işlək vəziyyətdir və doğruluq cədvəli Cədvəl 2 kimi işləyir.



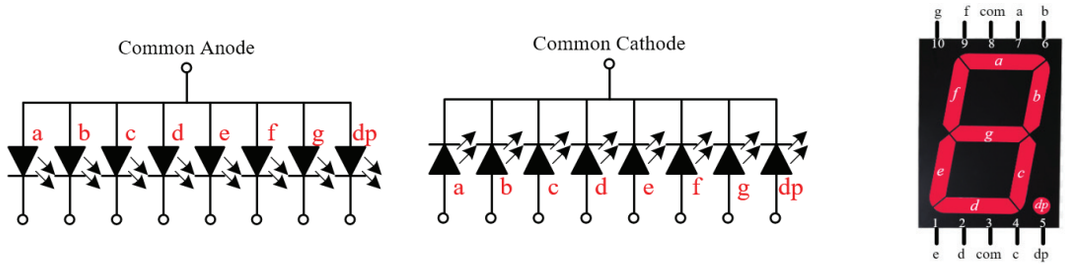
Şəkil 3: 7442 saylı blok diaqramı

Cədvəl 2: 7442 saylı doğruluq cədvəli

Giriş				Çıxış									
A_0	A_1	A_2	A_3										
L	L	L	L	**L**	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	**L**	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	**L**	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	H	H	**L**	H	H	H	H	H	H
L	H	L	L	H	H	H	H	**L**	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	H	H	H	H	**L**	H	H	H	H
L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	**L**	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	**L**	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	**L**	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	**L**
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

3) BCD-7 seqmentli deşifrələyici drayveri

(1) Rəqəmsal qurğunun çıxışı, əsasən, ədədlərlə təmsil olunur. Bu halda rəqəmli göstərici üçün 7 seqmentli göstərici istifadə olunur, 7 diod lampasından istifadə etməklə ədədi göstərmək üçün isə 7 seqmentli göstərici istifadə olunur. Anodların bir arada birləşdiyi anod ümumi növ və katodların bir arada birləşdiyi katod ümumi növü.



Şəkil 4: 7 seqmentli nümayiş növü və quruluş

(2) Nümayiş metodundan asılı olaraq, 7 seqmentli nümayişi birbaşa yönləndirə bilən iki növ deşifrələyici drayveri var. İki növ deşifrələyici drayveri mövcuddur: anod (+) ümumi növü, katod (-) ümumi növü. TTL 7447, 74247 və s.

(3) 7447 deşifrələyici drayverinin İS doğruluq cədvəli Cədvəl 3-də göstərilir.

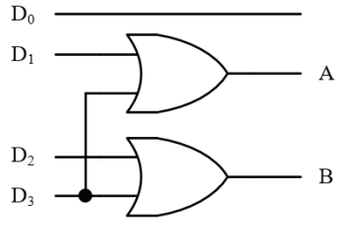
Cədvəl 3: 7447-nin doğruluq cədvəli

Onluq	Giriş							Çıxış							Qeyd
0	H	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	A
1	H	X	L	L	L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	A
2	H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	
3	H	X	L	L	H	H	H	L	L	L	L	H	H	L	
4	H	X	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	
5	H	X	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	
6	H	X	L	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	L	
7	H	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	
8	H	X	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
9	H	X	H	L	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L	
10	H	X	H	L	H	L	H	H	H	H	L	L	H	L	
11	H	X	H	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	L	
12	H	X	H	H	L	L	H	H	L	H	H	H	L	L	
13	H	X	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	
14	H	X	H	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	L	
15	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	B
	H	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	C
	L	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L	L	L	L	D

1. Deşifrələyicinin quruluşu və iş prinsipi

1) Rəqəmsal sistemlər informasiyanı emal edərkən, əsasən, ikili koddan istifadə edir, insanlar isə gündəlik həyatlarında onluqlardan istifadə edirlər, beləliklə, bizim məlumatları bir-birinə çevirən bir qurğuya ehtiyacımız var.
2) Onluq ədədi ikili koda çevirən, yaxud iki kodlu informasiya çıxışını giriş terminalından çevirən sxem "şifrələyici" və ya "şifrator" adlanır.
3) Şifrələyici vəziyyət və ya təlimatları ikili kodlara çevirmək və 2^n və ya daha az giriş siqnalından çıxış siqnalları əmələ gətirən əks deşifrələyici funksiyasına malik olmaq üçün konfiqurasiya edilmiş bir kombinasiyalı məntiqi sxemdir.
4) Şifrələyici adətən, yalnız bir ədəd «1» çıxışına malik olur, çıxış isə «1» girişi üçün kod göstəricisidir.
5) Məntiqi elementlərdən ibarət 4 × 2 şifrələyicisinin sxem diaqramı Şəkil 5 (a)-da göstərilir, doğruluq cədvəli isə (b)-də göstərilib.

$$A = D_0 + D_3,\ B = D_2 + D_3$$



(a) 4×2 şifrələyici sxemi

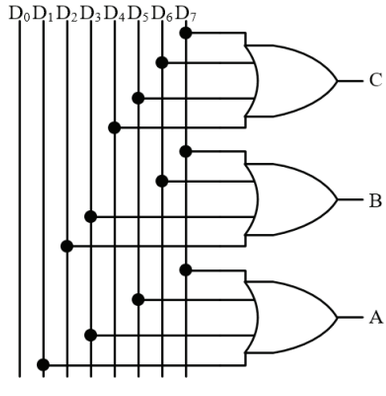
D_3	D_2	D_1	D_0	B	A	
0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	**1**	1
0	1	0	0	**1**	0	2
1	0	0	0	**1**	**1**	3

(b) 4×2 şifrələyicinin doğruluq cədvəli

Şəkil 5: 4×2 şifrələyici

6) 8×3 şifrələyicisinin məntiqi ifadəsi aşağıdakı kimidir, sxemin diaqramı Şəkil 3(a)-da göstərildiyi kimi, doğruluq cədvəli isə (b)-də olduğu kimidir.

$$A = D_0 + D_3 + D_5 + D_7,\ B = D_2 + D_3 + D_6 + D_7, c = D_4 + D_5 + D_6 + D_7$$



(a) 8×3 şifrələyici sxemi

Çıxış								Giriş		
D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	A	B	C
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**1**
0	0	1	0	0	0	0	0	0	**1**	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	**1**	**1**
0	0	0	0	1	0	0	0	**1**	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	**1**	0	**1**
0	0	0	0	0	0	1	0	**1**	**1**	0
0	0	0	0	0	0	0	1	**1**	**1**	**1**

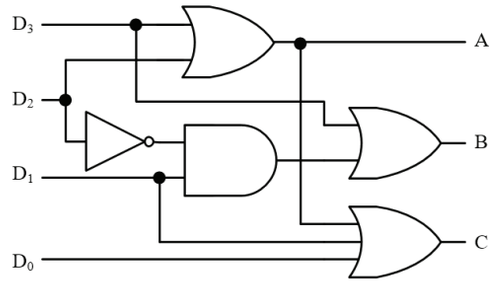
(b) 8×3 şifrələciyinin doğruluq cədvəli

Şəkil 5: 8×3 şifrələyici

7) Şifrələyici OR elementidir. Giriş siqnalını prioritetləşdirərək çıxışa doğru ən yüksək prioritetli siqnal verən A sxemi "prioritet şifrələyici" adlanır. 4 girişli prioritet. Sxematik və şifrələyici-

nin doğruluq sxemi Şəkil 4 (a) və (b)-də görünür.

8) İS şifrələyicisi 8-dən 3-ə doğru xətti prioritet şifrələyiciyə, 74148 və a 10-bit BCD prioritet şifrələyiciyə 74147 malikdir.



(a) 4 girişli prioritet deşifrələyici sxemi

Giriş				Çıxış		
X	X	X	X	0	X	X
1	0	0	0	**1**	**0**	0
X	1	0	0	**1**	**1**	0
	X		0	**1**	**0**	**1**
X	X	X	1	**1**	**1**	**1**

(b) 4 girişli prioritet deşifrələyicinin doğruluq cədvəli

Şəkil 6: 4 girişli prioritet deşifrələyici

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıq, alət və materialları təcrübə keçirilməsi üçün hazırlayın.

2. Deşifrələyici sxemi üzərində təcrübə

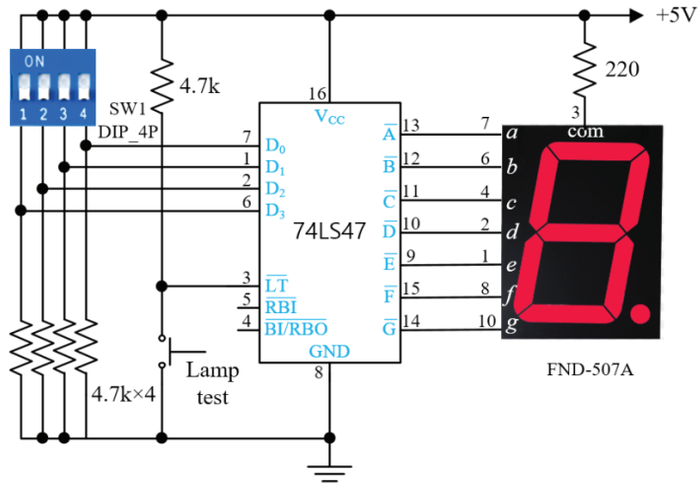
2×4 deşifrələyici və BCD-7 seqmentli deşifrləyici və BCD-onluq deşifrələyici üzərində təcrübə

(1) Şəkil 7-də göstərildiyi kimi, məntiqi elementlərdən ibarət 2×4 deşifrələyici və Şəkil 8-də göstərildiyi kimi, BCD-7 seqmentli deşifrələyici və Şəkil 9-da göstərildiyi kimi, BCD-onluq deşifrələyici sxemi bir maket lövhə və ya bir universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.

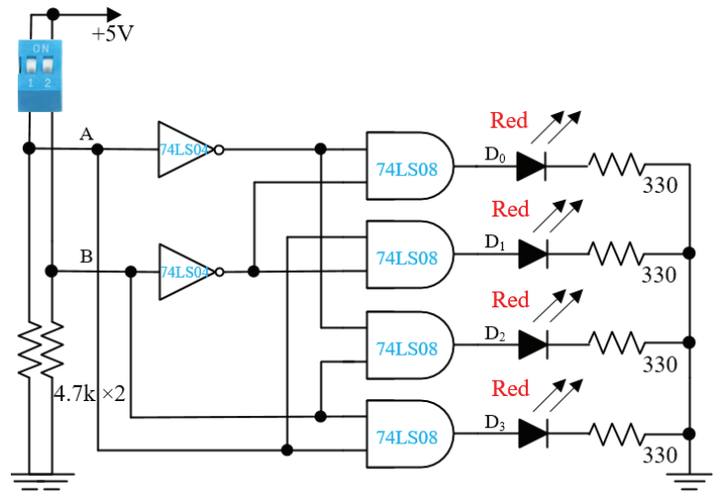
(2) Deşifrələyici sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verildikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq, Cədvəl 1,2,3-də qeyd edin. Bununla belə, açarın məntiqi səviyyəsi «0» olduğu zaman qoşulu vəziyyətin məntiqi səviyyəsi «1», işıqsaçan diod qoşulu olduqda isə, çıxış «1» olur.

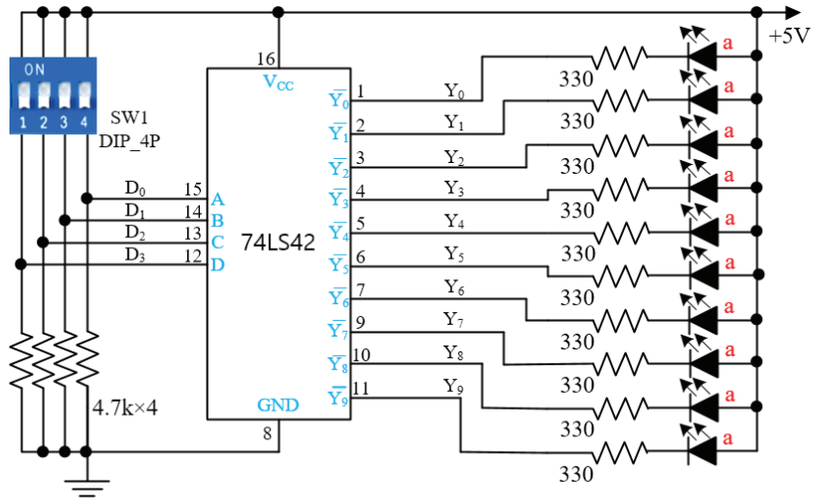
(4) Məntiqi ifadənlərin və hər bir deşifrələyicinin doğruluq cədvəllərinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



Şəkil 8: BCD- 7 seqmentli deşifrələyici sxemi



Şəkil 7: 2×4 deşifrələciyi sxemi



Şəkil 9: BCD-onluq deşifrələyici sxemi

3. Şifrələyici sxemi üzərində təcrübə

1) 8×3 şifrələyicisi üzərində təcrübə

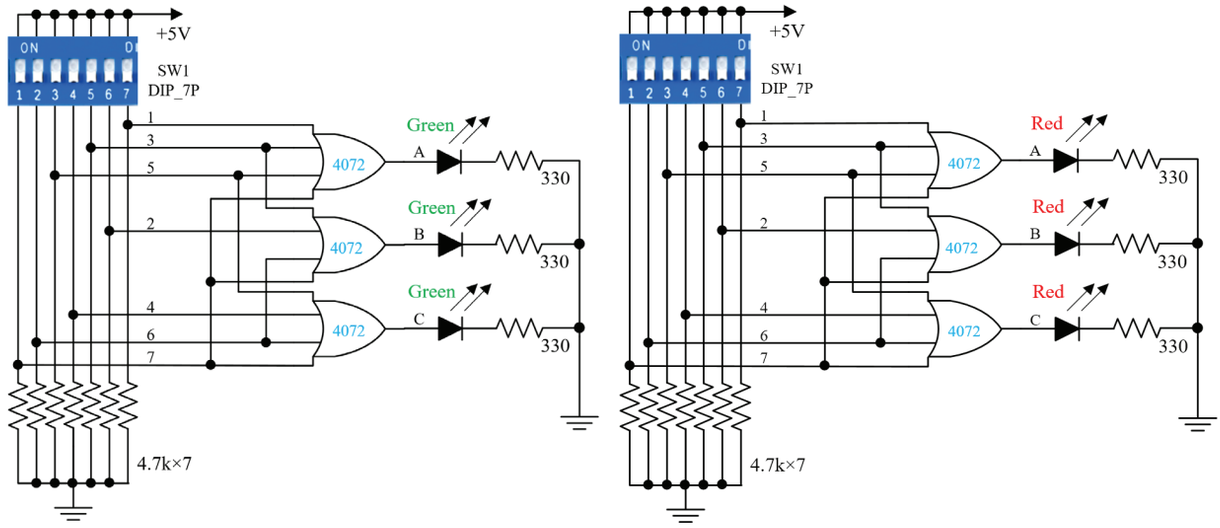
(1) Şəkil 10-da göstərildiyi kimi, məntiqi elementlərdən ibarət 8×3 şifrələyici sxemi bir maket lövhə və ya bir lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.

(2) Şifrələciyi sxemin iş prinsipini dərk edin və sxemi mümkün qədər sadə qurun.

(3) Enerji verildikdən sonra çıxış işıqsaçan diodunun vəziyyətini açarın işinə uyğun olaraq, Cədvəl 4-də qeyd edin.

Bununla belə, açarın məntiqi səviyyəsi «0» olduğu zaman qoşulu vəziyyətin məntiqi səviyyəsi «1», işıqsaçan diod qoşulu olduqda isə, çıxış «1» olur.

(4) Şifrələyicinin məntiqi ifadələri və doğruluq cədvəllərinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.



Şəkil 10: 8×3 deşifrələyici sxemi

4. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş ərazinizi təmizləyin.
- Avadanlıq və ehtiyat materiallarını düzgün saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədən keçirərkən, tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Deşifrələyici /şifrələyici sxemləri necə konfiqurasiya və istifadə etməyi izah etdimi? 2. Deşifrələyici /şifrələyici sxemi qurdumu? 3. Deşifrələyici /şifrələyici sxemi yığa və ölçə bildimi? 4. Deşifrələyicinin /şifrələyicinin doğruluq cədvəllərini müəyyən edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Deşifrələyici/şifrələyici sxemi üzərində təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: 2×4 deşifrələyicsinin doğruluq cədvəli

Giriş		Çıxış			
B	A	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Cədvəl 2: BCD-7 seqmentli deşifrələyicinin doğruluq cədvəli.

Onluq	BCD girişi				7-seqmentli çıxış							FND
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	F	g	
0	0	0	0	0								
1	0	0	0	1								
2	0	0	1	0								
3	0	0	1	1								
4	0	1	0	0								
5	0	1	0	1								
6	0	1	1	0								
7	0	1	1	1								
8	1	0	0	0								
9	1	0	0	1								
10	1	0	1	0								
11	1	0	1	1								
12	1	1	0	0								
13	1	1	0	1								
14	1	1	1	0								
15	1	1	1	1								

Cədvəl 3: BCD-onluq deşifrələyicinin doğruluq cədvəli

Onluq	BCD girişi				Onluq deşifrələyicinin çıxışı								
	D	C	B	A	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_7	Y_8	Y_9
0	0	0	0	0									
1	0	0	0	1									
2	0	0	1	0									
3	0	0	1	1									
4	0	1	0	0									
5	0	1	0	1									
6	0	1	1	0									
7	0	1	1	1									
8	1	0	0	0									
9	1	0	0	1									
10	1	0	1	0									

1) Sabit sxem-plan və 2 × 4 deşifrələyicisinin TTL 74139 və CMOS 4555, 4556, 3 × 8 deşifrələyicisinin, 74138, 4 × 16 deşifrələyicisinin 74154 doğruluq cədvəli üçün məlumatlar vərəqi İnternetdən əldə edilir və təsdiqlənir.
2) Sabit sxem-plan və BCD-7 seqmentli deşifrələyicinin TTL 7447 və 7448 doğruluq cədvəli üçün məlumatlar vərəqi internetdən əldə edilir və təsdiqlənir
3) Sabit sxem-plan və BCD-10 (onluq) seqmentli deşifrələyicinin TTL 7442 doğruluq cədvəli üçün məlumatlar vərəqi internetdən əldə edilir və təsdiqlənir.

Cədvəl 4: 8×3 şifrələyicisinin doğruluq cədvəli

Giriş							**Çıxış**		
7	6	5	4	3	2	1	$C(D_2)$	$B(D_1)$	$A(D_0)$
0	0	0	0	0	0	1			
0	0	0	0	0	1	0			
0	0	0	0	1	0	0			
0	0	0	1	0	0	0			
0	0	1	0	0	0	0			
0	1	0	0	0	0	0			
1	0	0	0	0	0	0			

4) Sabit sxem-plan və 8-3 xətli prioritet şifrələyicinin (74148) və 10-bitlik BCD prioritet şifrələyicinin (74147) doğruluq cədvəli üçün məlumatlar vərəqi internetdən əldə edilir və təsdiqlənir.

2. Deşifrələyici/Şifrələyicilər sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayıb əmin olun.

8. Multipleksor/demultipleksor sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Multipleksor/demultipleksor sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. Multipleksor/demultipleksor sxemini layihələndirə biləcək;
3. Multipleksor/demultipleksor sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. IC: 4069 2ədəd 4073 4ədəd, 4072, 74LS139 & İnteqal Sxem (İS) yuvası
2. Rezistor:330Ω 2ədəd 4.7kΩ 13ədəd
3. LED: qırmızı 5Φ6ədəd
4. DIP açar: 2bit, 3bit 3ədəd, 4bit 2ədəd
5. Universal PCB 28×62 yuvası 2ədəd, 28×28 yuvası 2ədəd, əlaqələndirici kabeli

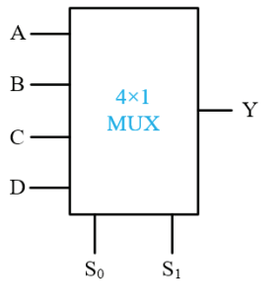
Avadanlıq və alətlər

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

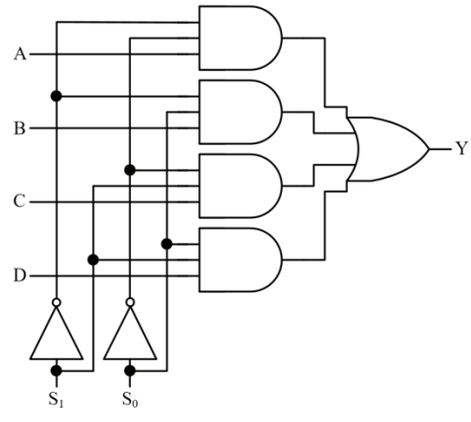
Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Multipleksorun quruluşu və iş prinsipi

1) Multipleksor n giriş siqnalları arasında seçim nəzarətinin vəziyyətinə görə yalnız bir giriş və çıxış edən kombinasiyalı məntiqi sxemdir və ona "xətti verilənlər selektoru" da deyilir.
2) 2^n verilənlər girişini idarə etmək üçün ən azı n seçim idarəetmə xətləri tələb olunur və çıxış siqnalı seçim idarəetmə xəttinin (siqnalların ötürülməsi) vəziyyətinə uyğun olaraq müəyyən edilir.



(a) Blok diaqramı



(b) Sxem

Seçim		Çıxış
S_1	S_0	Y
0	0	A
0	1	B
1	0	C
1	1	D

(c) Doğruluq cədvəli

Şəkil 1: 4×1 multipleksor sxemi

3) Dörd A, B, C və D-nin giriş siqnalı (Şəkil 1)-də göstərildiyi kimi, çıxışı S_0 və S_1 verilənlərinin seçilməsi ilə müəyyənləşdirilən 4×1multipleksor sxemidir.
Düsturu: $Y = A \cdot \overline{S_0} \cdot \overline{S_1} + B \cdot S_0 \cdot \overline{S_1} + C \cdot \overline{S_0} \cdot S_1 + D \cdot S_0 \cdot S_1$.

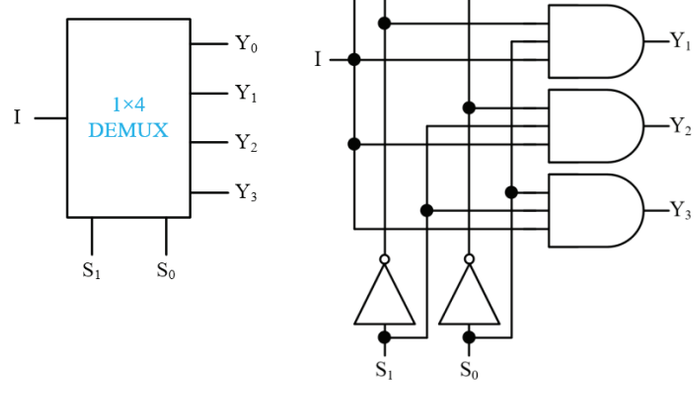
4) Şəkil 1-də göstərilən sxemdə əgər seçmə xəttinin S_1 və S_0 verilənləri "0, 0" olarsa, A girişi seçilir və çıxır və əgər "0, 1" olarsa, B girişi seçilir və çıxır. Əgər "1, 0" olarsa, C girişi və çıxış seçilir. Əgər "1,1", D girişi seçilir və çıxır. Buna da "verilənlər selektoru" deyilir.

2. Demultipleksorun quruluşu və işləmə prinsipi

1) Verilənləri bir giriş xəttindən qəbul edən və verilənləri 2n çıxış xətləri arasında n-bit seçmə siqnalı ilə seçilmiş bir çıxış xəttinə paylaşdıran (həmçinin verilənlərin paylayıcısı/distributoru adlandırılan) kombinasiyalı məntiqi sxemdir.
2) Demultipleksor 2n çıxış xəttindən birini seçmək üçün ən azı n seçim xətlərini tələb edir.
3) 1×4 demultipleksorun məntiqi ifadəsi

$$Y_0 = I \cdot \overline{S_1} \cdot \overline{S_0}$$
$$Y_1 = I \cdot \overline{S_1} \cdot S_0$$
$$Y_2 = I \cdot S_1 \cdot \overline{S_0}$$
$$Y_3 = I \cdot S_1 \cdot S_0$$

4) 1×4 demultipleksorun blok və sxem diaqramları Şəkil 2-də (a) və (b) göstərilir.



Giriş			Çıxış			
I	S_0	S_1	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	H	L	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

(a) Blok diaqramı (b) Sxem (c) Doğruluq cədvəli

Şəkil 2: 1×4 demultipleksor sxemi

5) Şəkil 2-də göstərilən sxemdə seçmə xəttinin S_1 və S_0 verilənləri "0, 0" olduqda Y_0 seçilib və çıxdıqda. "0, 1" olduqda Y1 seçilir və çıxış xəttinə paylaşdırılır. Əgər "1, 0", Y_2 seçilir və çıxış xəttinə paylaşdırılırsa və "1, 1" olarsa, Y_3 seçilir və çıxış xəttinə paylaşdırılır. Həmçinin verilənlər distributoru adlanır.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Multipleksor sxemi ilə bağlı təcrübə

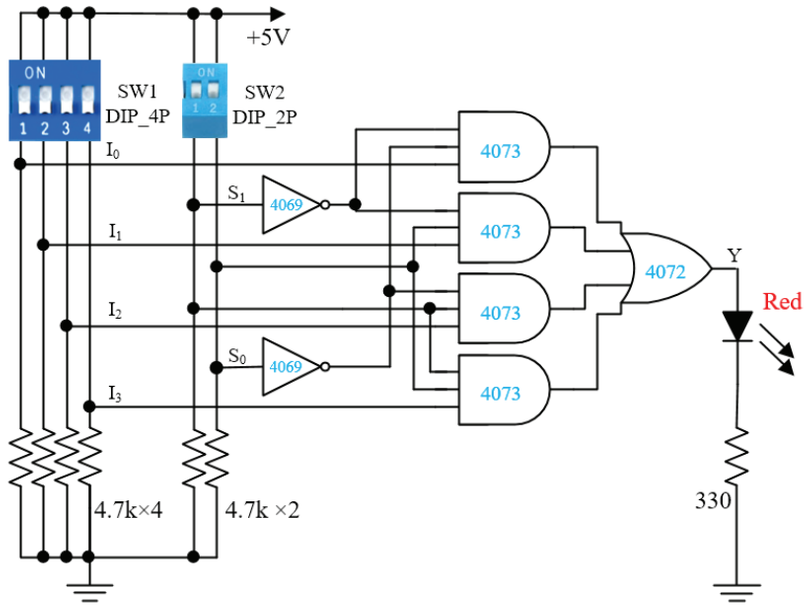
1) 4×1 multipleksor sxemi ilə bağlı təcrübə

(1) Şəkil 3 və Şəkil 4-də göstərildiyi kimi, məntiqi elementlərdən ibarət olan 4×1 multipleksor sxemini xüsusi bir lövhə və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.

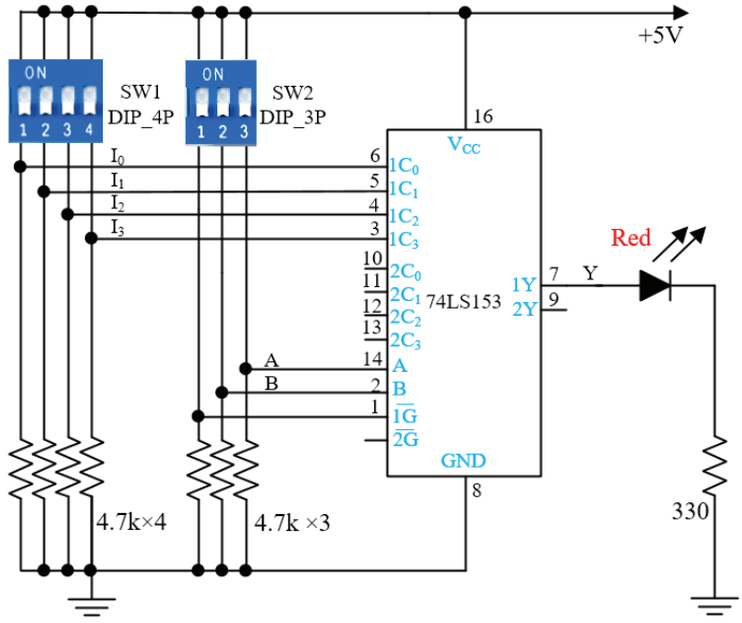
(2) 4×1 multipleksor sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.

(3) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-in çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.

(4) Multipleksor sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 3: 4×1 multipleksor sxemi



Şəkil 4: 74153 seriyalı İS-dən istifadə edən 4×1 multipleksor sxemi

3. Demultipleksor sxemi üzrə təcrübə

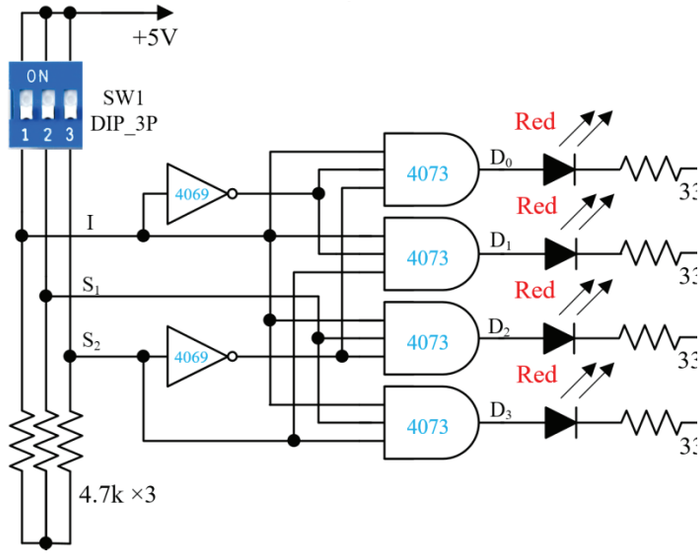
1) 4×1multipleksor sxemi ilə bağlı təcrübə

(1) Şəkil 5-də göstərildiyi kimi, məntiqi elementlərdən ibarət olan 1×4 demultipleksor sxemini xüsusi lövhə və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.

(2) 4×1 demultipleksor sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.

(3) Naqillərin vəziyyətini yoxladıqdan sonra sxemə gərginlik verililməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 2-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarının məntiqi səviyyəsi "0" olduqda, On" (Açıq) vəziyyətdə "1" məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "1" çıxış səviyyəsinə malik olur.

(4) Demultipleksor sxeminin məntiqi ifadələrinin və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 5: 1×4 demultipleksor sxemi

4. Təmizləmə və səliqəyə salma

- **İş sahəsini təmizləyin.**
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu tamamladıqdan sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Multipleksor / demultipleksor sxemini necə konfiqurasiya etməyi və istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. Multipleksor / demultipleksor sxemini layihələndirə bildimi? 3. Multipleksor / demultipleksor sxemini qura və ölçə bildimi? 4. Multipleksor / demultipleksor sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Multipleksor/ demultipleksor sxemi üzərində təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: 4×1 multipleksorun doğruluq cədvəli

Seçim			Giriş				**Çıxış**
1G	B	A	I_3	I_2	I_1	I_0	Y
1	X	X	X	X	X	X	
0	0	0	X	X	X	0	
0	0	1	X	X	X	1	
0	1	0	X	X	0	X	
0	1	1	X	X	1	X	
1	0	0	X	0	X	X	
1	0	1	X	1	X	X	
1	1	0	0	X	X	X	
1	1	1	1	X	X	X	

1) 74153 - iki 4x1 multipleksorunu özündə ehtiva edən inteqral sxemdir, internetdə pin tapşırıqlarını və doğruluq cədvəllərini təyin edir və nəticələrə dair hesabatda bunları qeyd edir.

Cədvəl 2: 1×4 demultipleksorun doğruluq cədvəli

Seçim		Giriş	Çıxış			
S_1	S_2	I	D_3	D_2	D_1	D_0
X	X	0				
0	0	1				
0	1	1				
1	0	1				
1	1	1				

2) 74139 - iki 1x4 demultipleksorunu özündə ehtiva edən inteqral sxemdir. Çıxışların yerləşdirilmə sxemi, doğruluq cədvəli və blok diaqramı internet resurslarından əldə olunur və nəticələrə dair hesabatda qeydə alınır.

2. Multipleksorların / demultipleksorların sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin aparılan təcrübələrin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

9. Qrey - BCD kodu çevirmə sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodu konvertorunu (çeviricisini) necə konfiqurasiya etməyi və istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodunun konvertor (çevirici) sxemini layihələndirə biləcək;
3. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodunun konvertor (çevirici) sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İnteqral sxem: 74LS86 & İnteqral sxem yuvası
2. Rezistor: 330Ω 4ədəd 4.7kΩ 4ədəd
3. LED: RED 5Φ 4ədəd
4. DIP AÇAR: 4bit
5. Universal PCB 28×62 dəlikli, əlaqələndirici kabeli

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. BCD prinsipi - Qrey kodunun konvertor sxemi

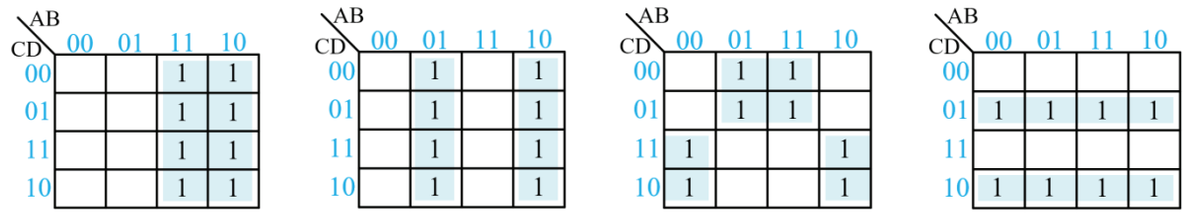
1) Qrey kodlar - mexaniki əməliyyatların idarə edilməsində istifadə olunmaq üçün uyğun kodlardır, çünki onlar yalnız 1 bit konversiya ilə qeyri-ölçülü koda çevrilə bildiyinə görə az fərqlidirlər.
2) Bu kodlar əməliyyat üçün uyğun deyil, yalnız analoq-rəqəmli çeviricilər və giriş / çıxış cihaz kodları üçün istifadə olunur. 0000-dan 1000-dək olan məzmunlar / kontentlər növbəti kod yalnız 1 bitə çevrildikdə ardıcıl ola bilməsi üçün dövr edir.
3) Qrey kodun xarakteristikaları
   (1) Qeyri-ölçülü kod olduğuna görə əməliyyat üçün uyğun hesab edilmir, lakin, əsasən, analoq-rəqəmli çeviricilər və Giriş/Çıxış cihaz kodları üçün istifadə olunur.
   (2) Qrey kodun xarakteristikası ondan ibarətdir ki, tək bit dəyişir və yeni koda çevrilir və giriş kodu kimi istifadə edildikdə xəta (səhv) azalır.
   (3) Cədvəl 1 4 bit BCD kodunda və Qrey kodunda ikili rəqəmləri göstərir.

(Cədvəl 1) BCD-Qrey kodu çevirmə doğruluq cədvəli

Onluq	BCD kodu				Qrey kodu			
	A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	1	1

3	0	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	1	1	0
5	0	1	0	1	0	1	1	1
6	0	1	1	0	0	1	0	1
7	0	1	1	1	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	1	1	0	1
10	1	0	1	0	1	1	1	1
11	1	0	1	1	1	1	1	0
12	1	1	0	0	1	0	1	0
13	1	1	0	1	1	0	1	1
14	1	1	1	0	1	0	0	1
15	1	1	1	1	1	0	0	0

1) BCD kodunun Qrey kodu ilə məntiqi ifadəsinin sadələşdirmə prosesi Şəkil 1-də göstərilmişdir.



Şəkil 1: BCD kodunun Qrey kodu ilə məntiqi ifadəsini sadələşdirin.

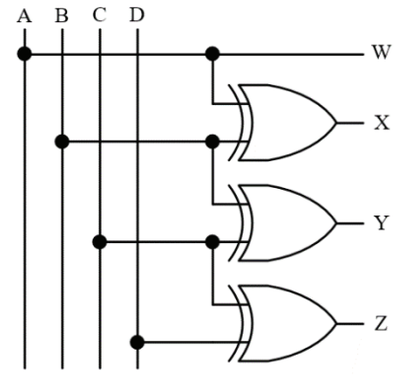
2) Əgər Qrey kodunun məntiqi ifadəsi sadələşdirilərsə və məntiqi sxem kimi tətbiq edilərsə, bu halda Şəkil 2-də göstərilən sxem ilə eyni olacaq.

W(A, B, C, D) = Σ(8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)
= A

X(A, B, C, D) = Σ(4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11)
= $\overline{A}B + A\overline{B} = A \oplus B$,

Y(A, B, C, D) = Σ(2, 3, 4, 5, 10, 11, 12, 13)
= $\overline{B}C + B\overline{C} = B \oplus C$,

Z(A, B, C, D) = Σ(1, 2, 5, 6, 9, 10, 13, 14)
= $\overline{C}D + C\overline{D} = C \oplus D$



Şəkil 2: BCD-Qrey kodunun konversiya (çevrilmə) sxemi

7) İkili kodu Qrey koda necə çevirməli?

(1) Birinci bit (MSB) Qrey kodun ilk biti kimi istifadə olunur. İkinci bit ilk bitin və BCD kodunun ikinci bitinin Exclusive OR (əgər 0 eyni və 1 fərqli olarsa) məntiqi elementi ilə yaradılır.

(2) Üçüncü bit ikinci bitin və BCD kodunun üçüncü bitinin Exclusive OR (əgər 0 eyni və 1 fərqli olarsa) məntiqi elementi ilə yaradılır.

(3) Dördüncü bit (LSB) üçüncü bit və BCD kodunun dördüncü bitinin Exclusive OR (0 əgər eyni və 1 fərqli olarsa) məntiqi elementi ilə yaradılır.

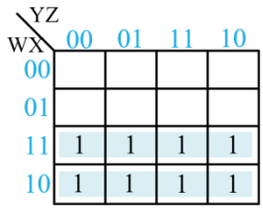
2. Qrey - BCD kodlarının çevrilmə sxeminin iş prinsipi

1) Cədvəl 2 4 bitlik Qrey kodu - BCD kodunun ikili ədədlərini göstərir.

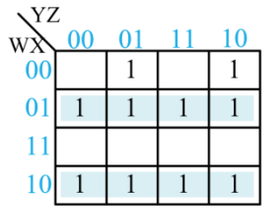
Cədvəl 2: Qrey Kodu - BCD kodunun çevrilməsinin doğruluq cədvəllərini göstərir.

Onluq	Qrey Kodu				BCD kodu			
	W	X	Y	Z	A	B	C	D
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0	1
2	0	0	1	1	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	0	1	1
4	0	1	1	0	0	1	0	0
5	0	1	1	1	0	1	0	1
6	0	1	0	1	0	1	1	0
7	0	1	0	0	0	1	1	1
8	1	1	0	0	1	0	0	0
9	1	1	0	1	1	0	0	1
10	1	1	1	1	1	0	1	0
11	1	1	1	0	1	0	1	1
12	1	0	1	0	1	1	0	0
13	1	0	1	1	1	1	0	1
14	1	0	0	1	1	1	1	0
15	1	0	0	0	1	1	1	1

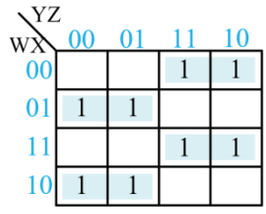
2) Əgər Qrey kodunu sadələşdirən məntiqi ifadə məntiq sxemi kimi tətbiq edilərsə, bu, Şəkil 3-də göstərilən sxem ilə eynidir.



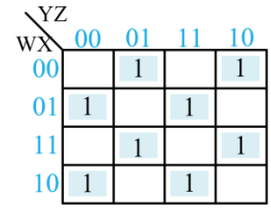
$A = W$



$B = \overline{W}X + W\overline{X}$



$C = W \oplus X \oplus Y$



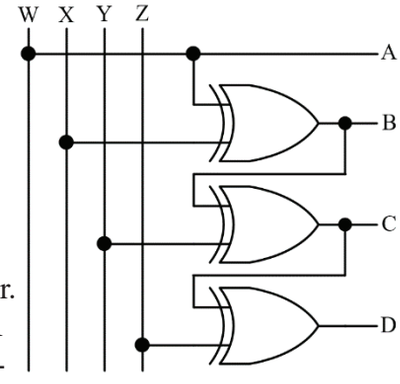
$D = W \oplus X \oplus Y \oplus Z$

A(W, X, Y, Z) = Σ(8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)= W

B(W, X, Y, Z) = Σ(4, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15)= $\overline{W}X + W\overline{X} = W \oplus X$

C(W, X, Y, Z) = Σ(2, 3, 6, 7, 9, 10, 14, 15)= $\overline{W}X\overline{Y} + \overline{W}\overline{X}Y + WXY + W\overline{X}\overline{Y}$= W⊕X⊕Y

D(W, X, Y, Z) = Σ(1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15)= W⊕X⊕Y⊕Z



3) Qrey kodunun ikili koda çevrilmə prosesi

(1) Birinci bit (MSB) BCD kodunun ilk biti kimi istifadə olunur.

(2) İkinci bit yaradılan BCD kodunun birinci biti Exclusive OR (əgər 0 eynidirsə, 1 fərqlidirsə) və Qrey kodunun ikinci bitinin məntiqi elementi ilə yaradılır.

(3) Üçüncü bit yaradılan BCD kodunun ikinci bitinin və ya Qrey kodun üçüncü bitinin Exclusive OR (bərabər 0, fərqli 1) məntiqi elementi ilə yaradılır.

(4) Dördüncü bit yaradılan BCD kodunun üçüncü bitinin və Qrey kodun dördüncü Exclusive OR (əgər 0 eynidirsə, 1 fərqlidirsə) elementi ilə yaradılır.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

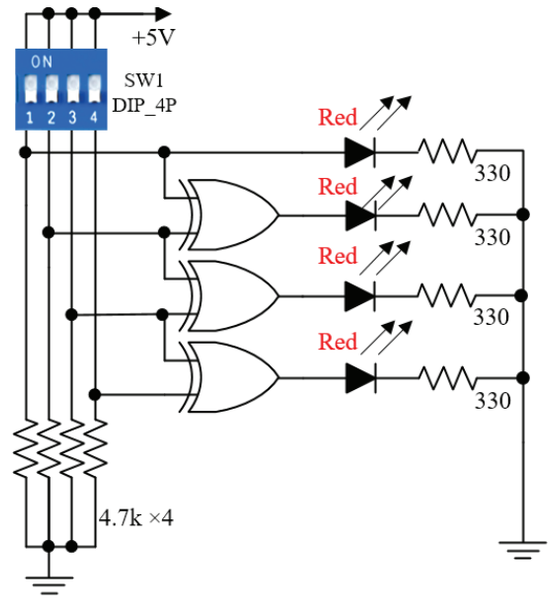
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Təcrübə üçün avadanlığı, alətləri və materialları hazırlayın

2. BCD–Qrey kodunun çevrilmə sxemi ilə bağlı təcrübə

1) BCD kodu-Qrey kodunu Şəkil 4-də göstərildiyi kimi, bir lövhə və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) BCD kodu - Qrey kodununun çevrilmə sxemini lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.
   2) BCD - Qrey kodlarının çevrilmə sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin, nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı “Off” (Sönülü) vəziyyətində “0” məntiq səviyyəsinə, “On” (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda “0” çıxışına malikdir.
   4) BCD kodunun - Qrey kodunun məntiqi və doğruluq cədvəllərinin çevrilmə sxeminin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 4: BCD Kodu - Qrey kodunun çevrilmə sxemi

3. Qrey kodu - BCD kodunun çevrilmə sxemi üzərində təcrübə

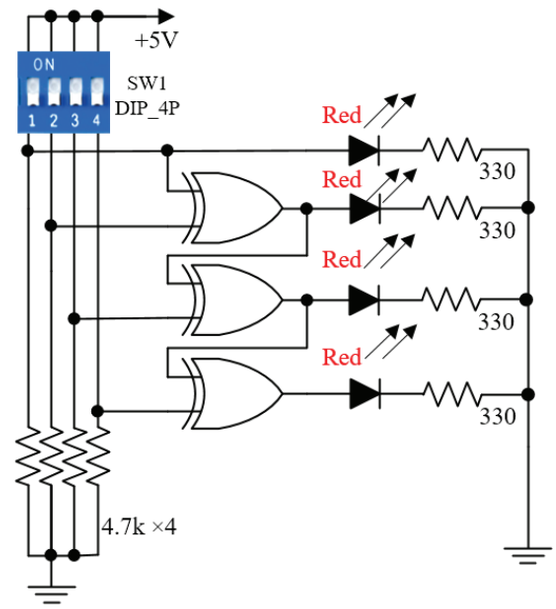
5) Qrey kodu - BCD kodunun çevrilmə sxemini Şəkil 5-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.

1) BCD - Qrey kodlarının çevrilmə sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.

2) BCD kodu - Qrey kodununun çevrilmə sxemini xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.

3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 2-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.

4) BCD kodunun - Qrey kodunun məntiqi və doğruluq cədvəllərinin çevrilmə sxeminin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 5: BCD kodu - Grey kodunun çevrilmə sxemi

4. Təmizləmə və səliqəyə salma

- **İş sahəsini təmizləyin.**
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
*Tələbə bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdə a***şağıdakıları yerinə yetirdimi***?* 1. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodu çeviricisini (konverteri) necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodu çeviricisini (konverteri) layihələndirə bildimi? 3. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodu çeviricisini (konverteri) qura və ölçə bildimi? 4. BCD - Qrey /Qrey - BCD kodu çeviricisinin (konverteri) doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Qrey kod - BCD kodu çevirmə sxemi üzərində təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Ad		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: BCD-Qrey kodunun çevirmə doğruluq cədvəli

Onluq	BCD kodu				Qrey kodu			
	A	B	C	D	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0				
1	0	0	0	1				
2	0	0	1	0				
3	0	0	1	1				
4	0	1	0	0				
5	0	1	0	1				
6	0	1	1	0				
7	0	1	1	1				
8	1	0	0	0				
9	1	0	0	1				
10	1	0	1	0				
11	1	0	1	1				
12	1	1	0	0				
13	1	1	0	1				
14	1	1	1	0				
15	1	1	1	1				

Cədvəl 2: Qrey- BCD kodunu çevirmə doğruluq cədvəli

Onluq	Qrey kodu				BCD kodu			
	W	X	Y	Z	A	B	C	D
0	0	0	0	0				
1	0	0	0	1				
2	0	0	1	1				
3	0	0	1	0				
4	0	1	1	0				
5	0	1	1	1				
6	0	1	0	1				
7	0	1	0	0				
8	1	1	0	0				
9	1	1	0	1				

10	1	1	1	1				
11	1	1	1	0				
12	1	0	1	0				
13	1	0	1	1				
14	1	0	0	1				
15	1	0	0	0				

2. BCD kodu - Qrey kodunun çevrilmə sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

10. Cütlük bitinin təyini sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Cütlük bitinin təyini sxemini necə konfiqurasiya edilməsini və istifadə edilməsini izah edə biləcək;
2. Cütlük bitinin təyini sxemini layihələndirə biləcək;
3. Cütlük bitinin təyini sxemini yığa və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. IC: CD4030, CD4077& İnteqral sxem yuvası
2. Rezistor: 330Ω 2ədəd 4.7kΩ8ədəd
3. LED: RED 5Φ2ədəd
4. DIP AÇAR: 4bit 2ədəd
5. Universal PCB 28×28 yuvası, əlaqələndirici kabeli

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (tester) (Analoq/Rəqəmli tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Cütlük sxeminin konsepsiyası və iş prinsipi

1) Eksklüziv məntiq və uyğunluq sxemləri xətaların aşkarlanması və düzəliş edilməsi üçün çox asandır və verilənlərin ötürülməsi zamanı baş verən xətalar üçün istifadə olunur.
2) Cütlük biti ikili məlumatlarla birlikdə əlavə edilir və ötürülür, hansı ki, ötürülən məlumatlarının 1s ədədini tək və ya cüt edə bilər.
3) Cütlük bitləri də daxil olmaqla məlumat ötürüldükdə cütlük bitləri qəbuldan sonra səhvləri aşkar etmək üçün yoxlanılır. Yoxlanılmalı olan cütlük bitini yaradan dövrəyə "cütlük bit generatoru" (yaradıcı qurğu) deyilir və qəbul edən tərəfdə cütlük bitini sınayan dövrəyə isə "cütlük yoxlayıcısı" deyilir.
4) Cədvəl 1 üç bitin təkliyə görə yoxlama biti ilə birlikdə ötürüldüyü zaman cütlük bitinin yaranması üçün doğruluq cədvəlidir.

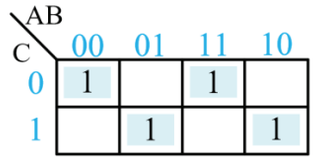
Cədvəl 1: Tək cütlük bitlərinin doğruluq cədvəli

Giriş məlumatları			Cütlük biti
A	B	C	$Y_o(P)$
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

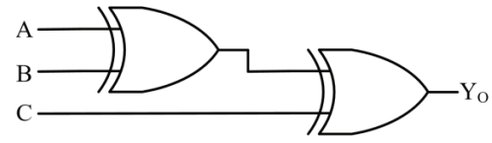
5) Ötürülən üç bitdən 1s rəqəmi yalnız cüt ədəd olduqda $Y_o(P)$ "1"-ə bərabər olur və tək ədəd olduqda $Y_o(P)$ "0"-a bərabər olur.
6) Doğruluq cədvəlindən Karno xəritəsindən istifadə etməklə məntiqi ifadələri sadələşdiririk və Şəkil 1-də göstərildiyi kimi, məntiqi ifadələri və dövrə diaqramlarını ifadə edirik.
7) Səhv (xəta) qəbul edən tərəfdə alınan dörd biti (üç ötürmə bit və parite biti) yoxlamaqla təyin

edilir. Əgər yoxlanılan cütlük tək ədəd olarsa, bu, anormal hal deyil. Lakin cüt ədəd olarsa, ötürülmə zamanı səhvin meydana gəldiyi məlum ola bilər.

8) (Cədvəl 2) təkliyə görə yoxlama üçün sınaq doğruluq cədvəlidir.



(a) 3 bitlik cütlük bitinin Karno xəritəsi



(b) $Y_O = (A \odot B) \odot C$ sxemi

Şəkil 1: 3 bitlik təkliyə görə yoxlama bitlərinin Karno xəritəsi və sxemləri

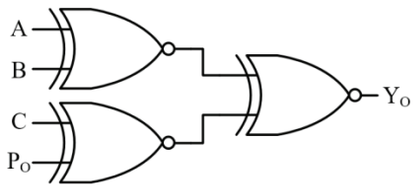
Cədvəl 2: Təkliyə görə yoxlama üçün doğruluq cədvəli

Onluq	A	B	C	P_O	Cütlük biti Y_O(P)
0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0
3	0	0	1	1	1
4	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	1
6	0	1	1	0	1
7	0	1	1	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	1	1
10	1	0	1	0	1
11	1	0	1	1	0
12	1	1	0	0	1
13	1	1	0	1	0
14	1	1	1	0	0
15	1	1	1	1	1

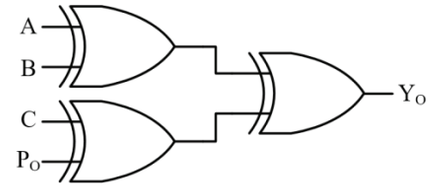
9) Y_O çıxışı aşağıdakı Cədvəl 2-də göstərildiyi kimi sadələşdirilə bilər.

$$Y_O = (A \odot B) \odot (C \odot P_O)$$

10) Təkliyə görə yoxlama üçün məntiqi ifadəsi üç XNOR (uyğunluq sxemi) elementindən ibarətdir. Şəkil 2 (a) 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxemini göstərir və hətta cütlüyə görə yoxlama sxemi Şəkil 2 (b)-də göstərildiyi kimi istisna məntiqdən (XOR) ibarətdir.



(a) 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxemi



(b) 4 bitlik ikili (cütlüyə görə yoxlama) yoxlama sxemi

Şəkil 2: 4 bitlik təkliyə / cütlüyə görə yoxlama sxemi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

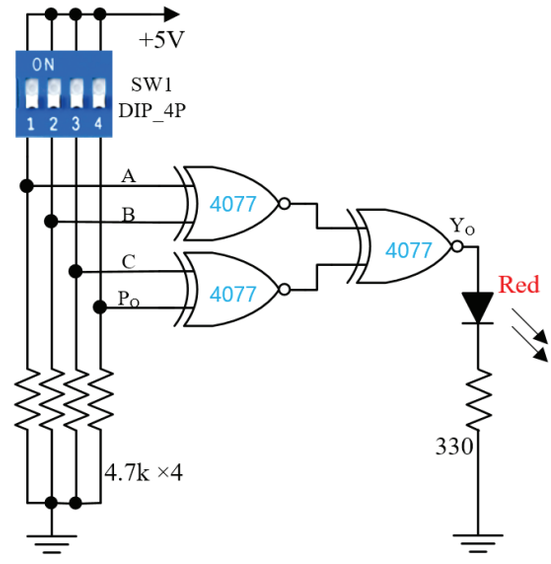
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxemi ilə bağlı təcrübə

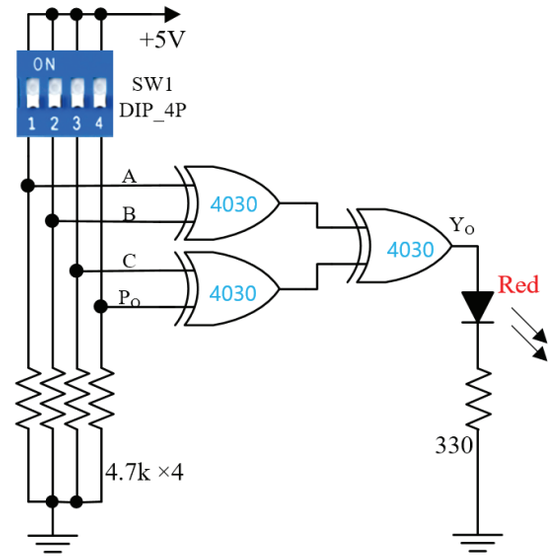
1) BCD – Qrey kodlu çevrilmə sxemini Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxemi xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-in çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı “Off” (Bağlı) vəziyyətində “0” məntiq səviyyəsinə, “On” (Açıq) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda “0” çıxışına malikdir.
   4) 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 3: 4 bitlik təkliyə görə yoxlama sxemi

3. 4 **bitlik cütlüyə görə yoxlama sxemi ilə bağlı təcrübə**

1) 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxemini [şəkil 4-də göstərildiyi kimi, xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxemi xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "OFF" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "ON" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
   4) 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 4: 4 bitlik cütlüyə görə yoxlama sxemi

4. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. İkili (cütlük) bitin təyin etmə sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadəni izah edə bildimi? 2. İkili (cütlük) bitin təyin etmə sxemini layihələndirə bildimi? 3. İkili (cütlük) bitin təyin etmə sxemini qura və ölçə bildimi? 4. İkili (cütlük) bitin təyin etmə sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Cütlük bitinin təyini sxemi üzərində təcrübə təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: 4-bitin tək cütlüyə görə yoxlama sxeminin doğruluq cədvəli

Onluq	A	B	C	P_O	Cütlüyə görə yoxlama $Y_O(P)$
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	

Cədvəl 2: 4-bitin tək cütlüyə görə yoxlama sxeminin doğruluq cədvəli

Onluq	A	B	C	P_O	Cütlüyə görə yoxlama $Y_O(P)$
0	0	0	0	0	
1	0	0	0	1	
2	0	0	1	0	
3	0	0	1	1	
4	0	1	0	0	
5	0	1	0	1	
6	0	1	1	0	
7	0	1	1	1	
8	1	0	0	0	
9	1	0	0	1	
10	1	0	1	0	
11	1	0	1	1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	1	
14	1	1	1	0	
15	1	1	1	1	

2. 4 bit cütlüyə görə yoxlama sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

11. 2 bitlik komparator sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. 2 bit komparatoru necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək.
2. Komparatorun yarısını və komparatoru bütövlükdə layihələndirə biləcək.
3. 2 bit komparator sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. IC: 74LS04, 74LS08, 74LS86 & İnteqral sxem yuvası
2. Rezistor: 330Ω 3ədəd 4.7kΩ2ədəd
3. LED: Qırmızı 5Φ, Yaşıl 5Φ, Sarı 5Φ
4. DIP açar: 2bit
5. Universal PCB 28×28 dəlikli, əlaqələndirici kabeli

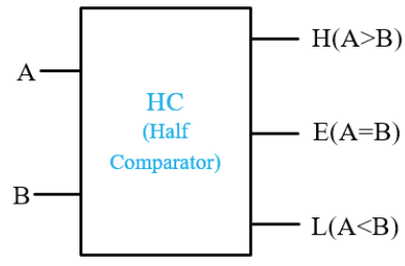
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmli tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. 2 bit (yarı) komparatorun istismarı və iş prinsipi

1) İki bitlik komparatorlar (kütlə komparatoru) bir ədədin digər bir ədədə nisbətən daha böyük, daha az və ya bərabər olub-olmadığını müəyyən edən kombinasiyalı məntiqi sxemlərdir və A və B ikili girişlərin ölçüsünü müqayisə edən sxem ikili komparator adlanır.
2) A> B, A = B və A <B təyin etmək üçün A və B iki giriş bitini müqayisə edir. Yarım komparator (müqayisə qurğusu) bir bitdən ibarət olan iki A və B bitini müqayisə edir. Tam komparator A və B iki giriş bitinin (o cümlədən aşağı rəqəmlərə qədər müqayisə edə bilən, iki A və B bitini müqayisə etmək üçün n-bit komparatoru da daxil olmaqla) komparator sxemidir.



Şəkil 1: 2 bit komparatorunun blok diaqramı

3) 1 bitlik uyğunluq (məntiqi) sxemi 1bitlik ölçülü komparator kimi istifadə edilir və hər iki giriş A və B ‘1’ və ya hamısı ‘0’ olduqda çıxış ‘1’ olur.

Cədvəl 1: 2 bit komparatorunun doğruluq cədvəli

Giriş		Çıxış
A	B	A>B
0	0	0
0	1	0
1	0	**1**
1	1	0

(a) A>B

Giriş		Çıxış
A	B	A=B
0	0	**1**
0	1	0
1	0	0
1	1	**1**

(b) A=>B

Giriş		Çıxış
A	B	A<B
0	0	0
0	1	**1**
1	0	0
1	1	0

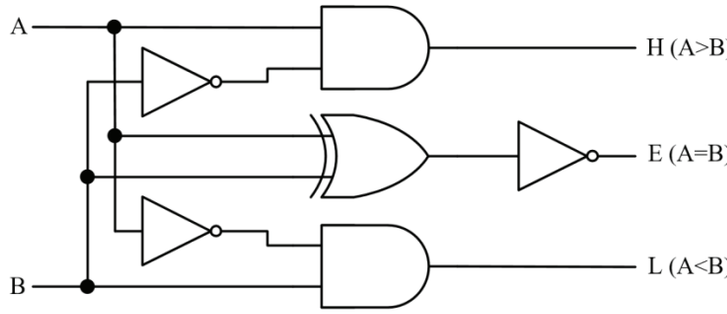
(c) A<B

4) Əgər iki rəqəm eyni ölçülü olarsa, E (Bərabər) və $E = \overline{\overline{A}B + A\overline{B}} = \overline{A \oplus B}$

Əgər A B-dən böyük olarsa, bu halda H (Yuxarı) və $H = \overline{A}B$

Əgər B A-dan böyük olarsa, bu halda L (Aşağı) və . $L = A\overline{B}.$

5) Yuxarıda göstərilən L, H və E tənlikləri (bərabərlikləri) üçün sxem Şəkil 2-də göstərilir. H 1 olduqda, A B-dən daha böyük olur. Əgər E 1 olarsa, A və B eyni ölçüdə olur. Əgər L 1 olarsa, A B-dən aşağı olur.



Şəkil 2: 2 bitlik komparator sxemi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

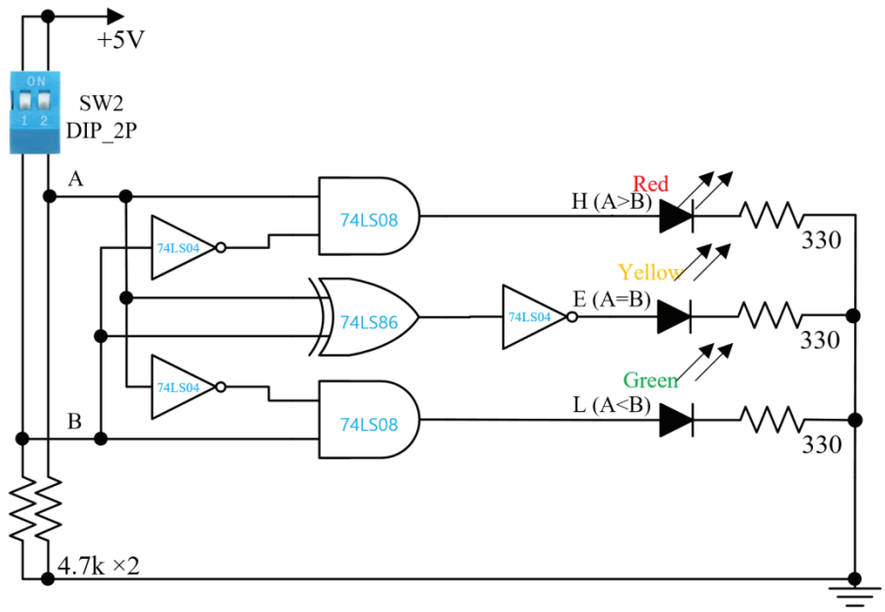
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıqları, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. 2 bitlik komparator sxemi üzərində təcrübə

1) BCD kodu ilə 2 bitlik komparator sxemini Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) 4 bitlik komparator sxemi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) 2 bitlik komparator sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
4) 2 bitlik komparator sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 3: 2 bitlik komparator sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. 2 bit komparatoru necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadəni izah edə bildimi? 2. Yarım komparatoru və komparatoru bütövlükdə layihələndirə bildimi? 2. 2 bit komparator sxemini qura və ölçə bildimi? 3. 2 bit komparator sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**2 bitlik komparator sxemi üzərində təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: 2 bit komparator sxeminin doğruluq cədvəli

Giriş(açar)		**Çıxış**		
A	B	H(A>B) Qırmızı LED	E(A=B) Sarı LED	L(A<B) Yaşıl LED
Sönülü	Sönülü			
Sönülü	Yanılı			
Yanılı	Sönülü			
Yanılı	Yanılı			

2. 2 bitlik komparator sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

12. 2^n bit komparator sxemi ilə bağlı təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. 2 bit komparatoru necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək
2. Yarım komparatoru və tam komparatoru layihələndirə biləcək
3. 2 bitlik komparator sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS90, 74LS85 & İnteqral sxem yuvası
2. Rezistor: 220Ω 5ədəd, 330Ω 4ədəd, 3.3 kΩ
3. Kondensator: 47μF
4. LED: Qırmızı 5Φ, yaşıl 5Φ, sarı 5Φ
5. DIP açar: 2bit
6. Universal PCB 28×28 dəlikli, əlaqələndirici kabeli

Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmli tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Tam komparatorların işləmə prinsipi

1) Tam komparator aşağı sıralara qədər olan rəqəmlərin müqayisəli nəticələrini daxil edən tək bitdən ibarət iki bitlik komparator (müqayisə qurğusu) sxemdir.
2) 2 bitlik komparatorda müqayisəli nəticə H, E və L kimi ifadə edilir. Bununla belə, komparatorda G (Böyük), Z (Sıfır) və S (Kiçik) kimi ifadə edilir. Tam komparator A> B olduqda, G_{i+1} doğruluq Cədvəl 1-də göstərilir və Karno xəritəsi Şəkil 1-də göstərilir. (Cədvəl 1) G_{i+1} 1-dir, bu, o deməkdir ki, verilənlərin cari müqayisəsindən istifadə edərək müqayisəli nəticələr A_i və B_i-nin və G_i böyükdür.
3) Cədvəl 1-də A_i and B_i cari giriş verilənləridir və G_i aşağı bitləri müqayisə edir. G_i 1-dir, bu da o deməkdir ki, aşağı A_{i-1} bitlərinin müqayisəli qiyməti və B_{i-1} bitləri A_{i-1} daha böyükdür (A_{i-1}> B_{i-1}) və toplayıcı dövrəsinin daşıdığı (yadda saxladığı) rəqəmə bərabərdir.

(Cədvəl 1) A>B

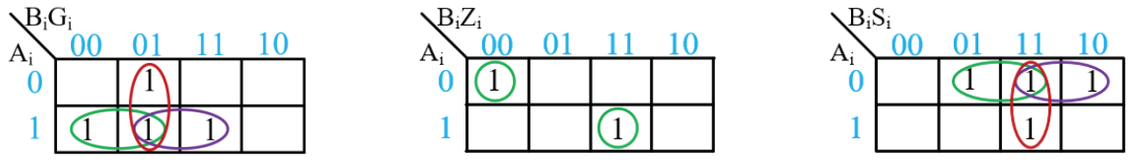
A_i	B_i	G_i	G_{i+1}
0	0	1	1
0	1	X	0
1	0	X	1
1	1	1	1

(Cədvəl 2) A=>B

A_i	B_i	Z_i	Z_{i+1}
0	0	1	1
0	1	X	0
1	0	X	1
1	1	1	1

(Cədvəl 3) A<B

A_i	B_i	S_i	S_{i+1}
0	0	1	1
0	1	X	0
1	0	X	1
1	1	1	1



(a) A>B (b) A=>B (c) A<B

Şəkil1: Tam komparatorun doğruluq cədvəli

Cədvəl 1-də və Şəkil 1 (a)-da:

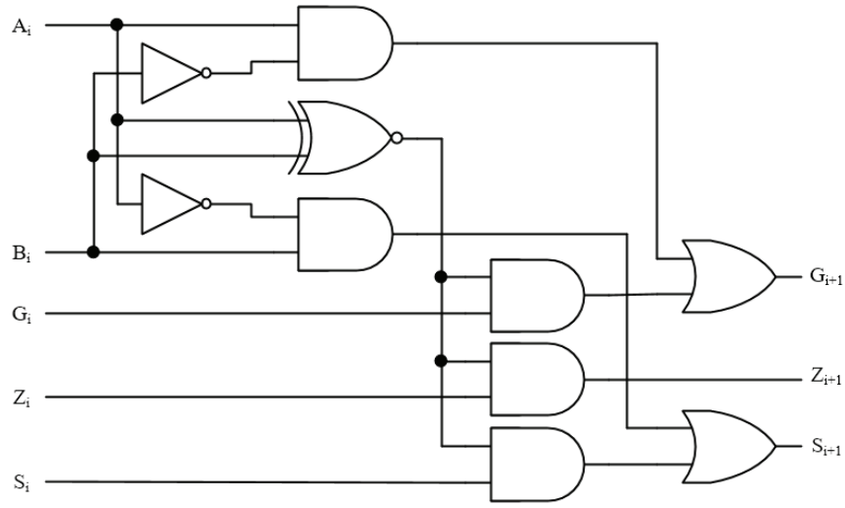
$$G_{i+1} = \acute{A}_i\acute{B}_iG_i + A_i\acute{B}_i + A_iB_iG_i = A_i\acute{B}_i + (\acute{A}_i\acute{B}_i + A_iB_i)G_i = A_i\acute{B}_i + (A_i \odot B_i)G_i$$

Cədvəl 2-də və Şəkil 1 (b)-də

$$Z_{i+1} = \acute{A}_i\acute{B}_iZ_i + A_iB_iZ_i = (\acute{A}_i\acute{B}_i + A_iB_i)Z_i = (A_i \odot B_i)G_i$$

Cədvəl 3-də və Şəkil 1 (c)-də

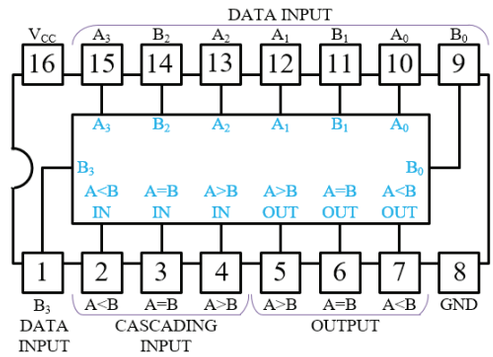
$$S_{i+1} = \acute{A}_i\acute{B}_iS_i + \acute{A}_iB_i + A_iB_iG_i = \acute{A}_iB_i + (\acute{A}_i\acute{B}_i + A_iB_i)G_i = \acute{A}_iB_i + (A_i \odot B_i)G_i$$



Şəkil 2: Tam komparator sxemi

2. 4 bitlik komparator

1) 74LS85 - 4 bitlik komparator (müqayisə qurğusu) A-nın məlumatlarını A3A2A1A0-a və B-nin məlumatlarını B3B2B1B0-a daxil etməklə (Şəkil 3) Pinin yerləşmə sxemini göstərir.
2) A və B-nin müqayisəli məlumatlarının nəticələri çıxış pininə (A> B, A = B, A <B) daxil edilir.

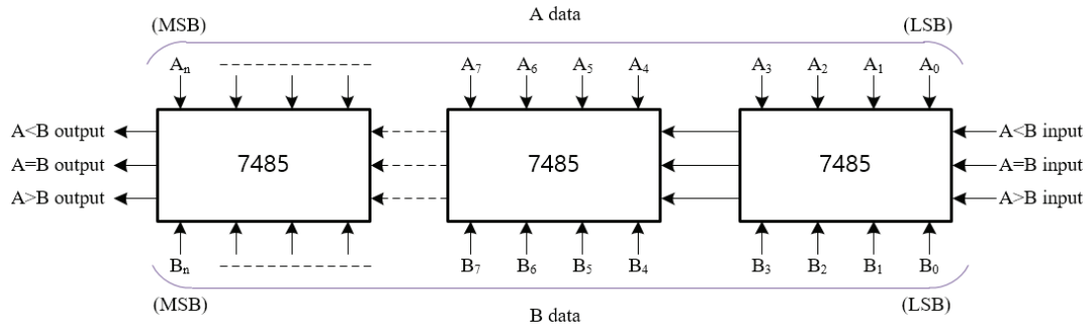


Şəkil 3: 4 bitlik komparatorun pin yerləşmə sxemi (74LS85)

Cədvəl 4: 4 bitlik komparatorun 74LS85doğruluq cədvəli

Komparator girişi				Kaskadvari (çoxaddımlı) giriş			**Çıxış**		
A_3, B_3	A_2, B_2	A_1, B_1	A_0, B_0	A>B	A=B	A<B	A>B	A=B	A<B
$A_3>B_3$	X	X	X	X	X	X	H	L	L
$A_3<B_3$	X	X	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2>B_2$	X	X	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2>B_2$	X	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1>B_1$	X	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1>B_1$	X	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0>B_0$	X	X	X	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0>B_0$	X	X	X	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	H	L	L	H	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	H	L	L	H	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	L	H	L	L	H
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	X	X	H	L	L	H
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	H	H	L	L	L	L
$A_3=B_3$	$A_2=B_2$	$A_1=B_1$	$A_0=B_0$	L	L	L	H	H	L

3) 7485 İS-dən istifadə etməklə N bit kaskadvari birləşmə Şəkil 4-də və vaxtda doğruluq cədvəli Cədvəl 5də göstərilir.



Şəkil 4: n-bit kaskadvari birləşmə

Cədvəl 5: n-bit kaskadvari birləşmənin doğruluq cədvəli

Müqayisə girişi	**Kaskadvari giriş**			**Çıxış**		
	A>B	A=B	A<B	A>B	A=B	A<B
[A] > [B]	X	X	X	H	L	L
[A] = [B]	H	L	L	H	L	L
	X	H	X	L	H	L
	L	L	H	L	L	H
[A] < [B]	X	X	X	L	L	H

X=laqeyd vəziyyət

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazır vəziyyətə gətirin.

2. BCD kodu ilə 4 bitlik komparator sxemi üzərində təcrübə

1) BCD kodu ilə 4 bitlik komparator sxemini Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
2) ABCD kodu ilə 4 bitlik komparator sxemi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.
3) BCD kodu ilə 4 rəqəmli komparatorun (müqayisə qurğusu) iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
4) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini müşahidə edin və nəticənin hesabatını Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, elektrik açarı "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED işıq diodu yanılı olduqda "0" çıxışına malik olur.

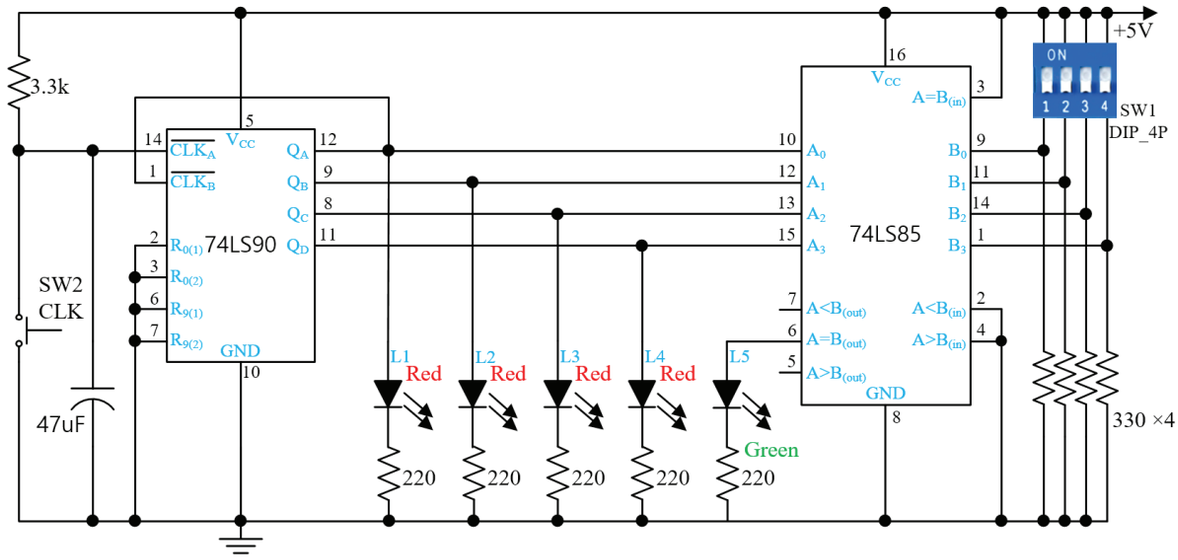
1 AÇAR1-in BCD girişi yalnız 0-dan 9-a qədər müəyyən edilir.

2 Hər dəfə AÇAR2 sıxıldıqda və ya basıldıqda BCD kodu hesablanır və LED-ə (işıq dioduna) ötürülür.

3 AÇAR1 BCD kodu və LED-in BCD çıxışı eyni olduqda LED5 (yaşıl) işığı yanır.

4 AÇAR1 məlumatlarını təsadüfi seçim əsasında müəyyən etdikdən sonra CLK açarı ilə sayğacı sinxron impulsla təchiz edin və çıxış nəticəsini nəticələrə dair hesabatda (Cədvəl 1) qeyd edin. Nəticələri 5 dəfədən çox dəyişdikdən sonra qeydə alın.

(1) BCD kodunun 4 bitlik komparator sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 3: 2 bitlik komparator sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdən sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. 2^n bit sxemini necə konfiqurasiya etməyə və ondan istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. Yarım komparatoru və tam komparatoru layihələndirə bildimi? 3. 2^n bit komparator sxemini qura və ölçə bildimi? 4. 2^n bit komparator sxemini doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Təcrübə 2^n bit komparator sxemi ilə bağlı təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: BCD kodu 4 rəqəmli komparator sxeminin doğruluq cədvəli

DƏY2	LED vəziyyəti				BCD kodu (DƏY1, DIP DƏY)				LED5 vəziyyəti
	L4	L3	L2	L1	D4	D3	D2	D1	
0	BAĞLI	BAĞLI	BAĞLI	BAĞLI					
1	BAĞLI	BAĞLI	BAĞLI	AÇIQ					
2	BAĞLI	BAĞLI	AÇIQ	AÇIQ					
3	BAĞLI	BAĞLI	AÇIQ	AÇIQ					
4	BAĞLI	AÇIQ	BAĞLI	BAĞLI					
5	BAĞLI	AÇIQ	BAĞLI	AÇIQ					
6	BAĞLI	AÇIQ	AÇIQ	BAĞLI					
7	BAĞLI	AÇIQ	AÇIQ	AÇIQ					
8	AÇIQ	BAĞLI	BAĞLI	BAĞLI					
9	AÇIQ	BAĞLI	BAĞLI	BAĞLI					

2. 2 bitlik komparator sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübələrin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

13. RS-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. RS triqqer / T triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. RS triqqer / T triqqer sxemini layihələndirə biləcək;
3. RS triqqer / T triqqer sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00, 74LS02,74LS76 & İnteqral sxem yuvası
2. Rezistor: 330Ω 4ədəd, 4.7kΩ6ədəd
3. Kondensator: 10μF
4. LED: Qırmızı 5Φ 3ədəd, Yaşıl 5Φ 3ədəd
5. DIP açar: 3bit, 2bit 2ədəd, PB AÇAR: 2p
6. Universal PCB 28×62 dəlik 2ədəd, 28×28 dəlik 2ədəd, əlaqələndirici kabeli

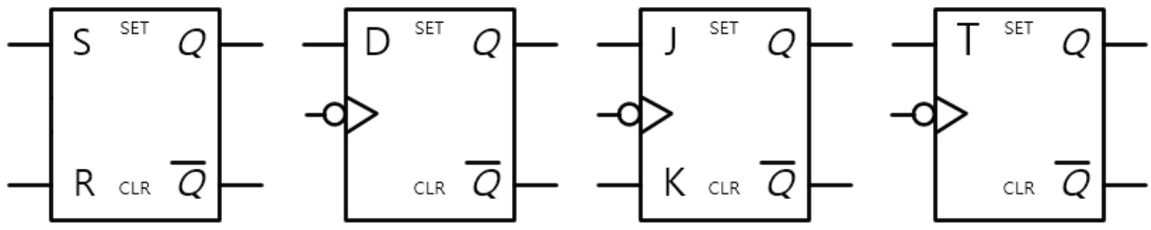
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Triqqerlərin əsasları

1) Triqqer (F / F) adlanan registrin əsas tərkib elementi ilə 0 və 1 sabit məntiqi vəziyyətə malik olan bistabil (iki vəziyyətli) multivibrator.
2) Xarici triqqer siqnalı hər hansı bir vəziyyətdə olduqda, növbəti triqqer (işə düşmə) siqnalı verilənə qədər mövcud vəziyyət sabit olaraq qalır. Bu xüsusiyyət bir ikili rəqəmi saxlaya bilən yaddaş elementi kimi istifadə olunur.

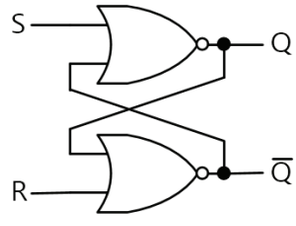


RS FF D FF JK FF T/FF

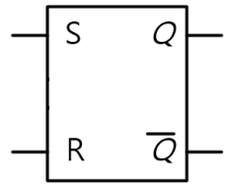
Şəkil 1: Müxtəlif triqqerlərin simvolları

2. RS triqqer sxeminin konfiqurasiyası və işləmə prinsipi

1) Kombinasiya sxemi çıxışı yalnız giriş ilə müəyyən edir, lakin çıxışın giriş vəziyyətinə və düzülüş sxeminə görə təyin edildiyi triqqer sxemi isə düzülüş sxemində daha prinsipial sxem hesab edilir.
2) Triqqer (flip-flop) sxemi takt (vaxt) və vəziyyəti dəyişdikdə dəyişən sxemə və takt impulslarından istifadə etmədən hər dəfə giriş vəziyyəti dəyişən çıxış vəziyyətinə malik olan işəsalma mexanizmidir.
3) RS triqqeri iki girişə S (Set – parametrləri qurmaq) və R (Reset - sıfırlama) və iki çıxışa Q və $\overline{Q}$ malikdir. Çıxış vəziyyəti R və S girişlərinin kombinasiyasına görə dəyişir, lakin S = R = 1 olduqda qeyri-müəyyən (inkar vəziyyət) vəziyyətli triqqer mexanizmi olur.
4) RS triqqer sxemində Q və $\overline{Q}$ həmişə əks (tərsinə) qiymət əldə etmək üçün layihələndirilir. O, iki NAND elementindən və ya iki NOR elementindən təşkil oluna bilər. Triqqer sxemi aşağıda Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, NOR elementindən istifadə edilməklə təşkil olunan quruluşa malik olduqda.
   (1) Əgər S=0 və R=1 olarsa, G_1 elementinin çıxışı Q=0 olduqda və G_2 elementi =1 olduqda.
   (2) Əgər S=0 və R=0 olarsa, =1 G_1 elementinə girişdir və Q=0, beləliklə çıxış vəziyyəti dəyişmir.
   (3) Əgər S=1 və R=0 olarsa, G_2 elementinin çıxışı =1 olduqda və G_1 elementinin girişinə çevrildikdə və Q=1 olduqda.
   (4) Əgər S=1 və R=1 olarsa, həm Q, həm də $\overline{Q}$ 0 olarsa, hansı ki triqqer vəziyyətinin pozulması deməkdir və qadağan edilməlidir.



(a) Sxem

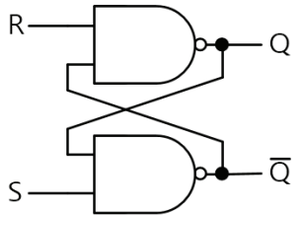


(b) Simvol

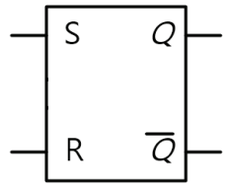
Giriş		Çıxış	
R	S	Q	$\overline{Q}$
0	0	Q_t	$\overline{Q}_t$
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Qadağan	Qadağan

(c) Doğruluq cədvəli

Şəkil 2: NOR elementləri ilə RS triqqer sxeminin simvolları və doğruluq cədvəlləri



(a) Sxem



(b) Simvol

Input		Output	
R	S	Q	$\overline{Q}$
0	0	Qadağan	Qadağan
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Q_t	$\overline{Q}_t$

(c) Doğruluq cədvəli

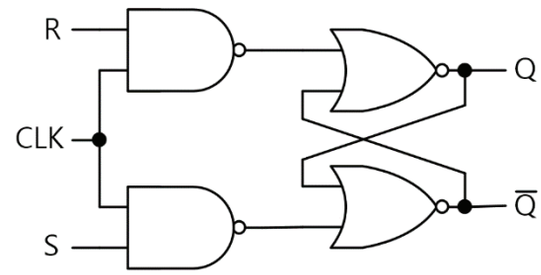
Şəkil 3: NAND elementləri ilə RS triqqer sxeminin simvolları və doğruluq cədvəlləri

5) RST (takt tipli) triqqer sxemi
   (1) RST tipli triqqer sxemi çıxışı, hətta əgər giriş vəziyyəti takt impulsları verilməsə belə dəyişməz olaraq qalan işəsalma mexanizmidir.Şəkil 4-də göstərilən RST triqqer sxemi NOR və 2

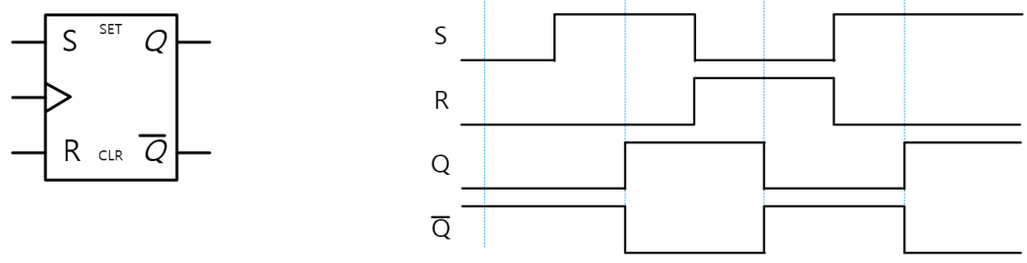
AND elementindən istifadə etməklə RS işəsalma mexanizmindən təşkil olunub. Takt impulsu 0 olduqda AND elementinin çıxışı S və R girişindən asılı olmayaraq 0 olur. Bu halda triqqerin çıxış vəziyyəti dəyişmir.

(2) Əgər takt impulsu 1 olarsa, S və R girişləri triqqerə ötürülür və əgər S=1 və R=0 olarsa Q=1 təyin edilir.

(3) RST tipli triqqer sxeminin blok diaqramı (a) və vaxt diaqramı (b) aşağıda Şəkil 5-də verilir.



Şəkil 4: RST trigger (F/F) sxemi



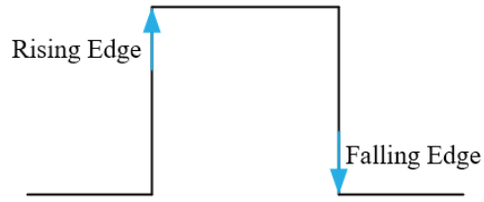
(a) Blok diaqramı (b) Takt (sinxronlaşdırma) diaqramı

Şəkil 5: RST FF sxeminin blok və vaxt diaqramları

6) Triqqerin işə düşməsi

(1) Giriş siqnalının ani dəyişikliyinə görə triqqerin dəyişmə vəziyyəti və bu ani dəyişiklik triqqer (işə düşmə) adlanır.

(2) Şəkil 6-da göstərildiyi kimi, saat 1-dən 0-dək dəyişdikdə yüksəlmə həddi (müsbət hədd), saat 0-dan 1-dək dəyişdikdə düşmə həddi (mənfi hədd) adlanır.



Şəkil 6: İmpulsda qütb

(3) Aşağıda (Şəkil 7) göstərildiyi kimi , (a) yüksəlmə həddi (siqnal impulsunun yüksəlmə vaxtı) (b) isə düşmə həddi (siqnal impulsunun düşmə vaxtı) göstərir.

(a) Yüksəlmə həddi və ya müsbət hədd (b) Enmə həddi və ya mənfi hədd

Şəkil 7: Triqqerlərin işə düşməsi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

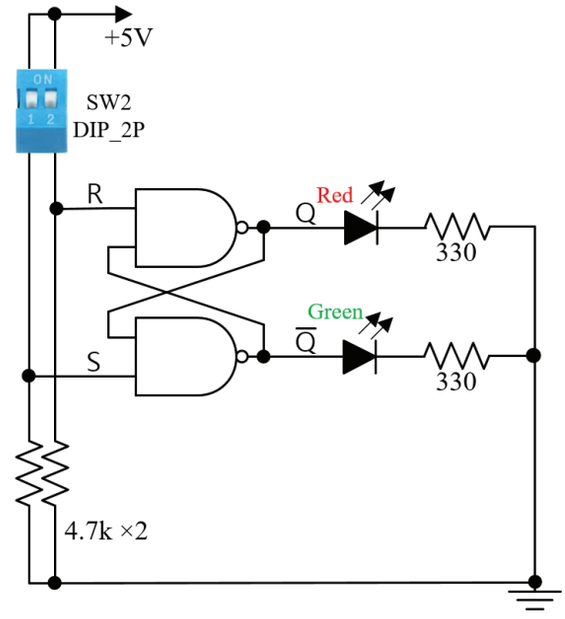
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlığı, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. RS-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə

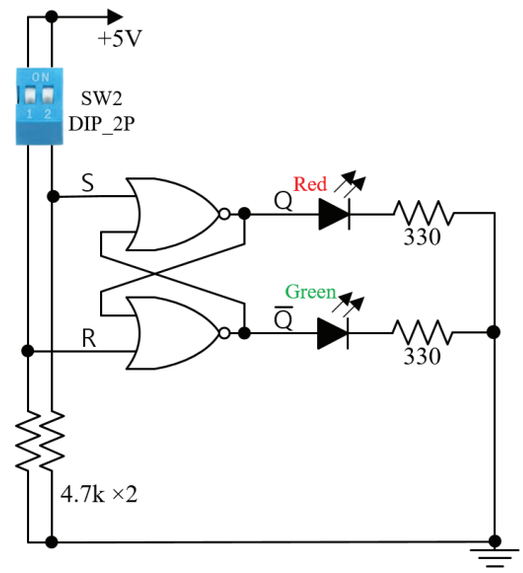
1) RS triqqer sxemini Şəkil 8, 9-da göstərildiyi kimi, xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) RS triqqer sxemini lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) RS triqqer sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
   4) RS triqqer sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrüb' nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



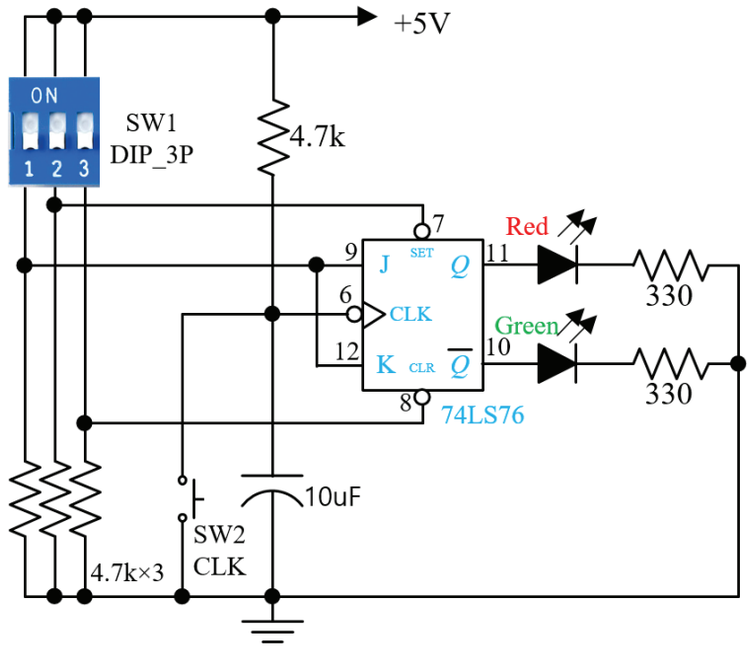
Şəkil 8: NAND elementini istifadə etməklə RS triqqer sxemi

3. RS-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə

1) T triqqer sxemini Şəkil 10-da göstərildiyi kimi, xüsusi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) T triqqer sxemini lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) T triqqer sxeminin işləmə prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 2-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
   4) T triqqer sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübə nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 9: NOR elementini istifadə etməklə RS triqqer sxemi



Şəkil 10: IC 7476 İnteqral sxemindən istifadə etməklə T triqqer sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. RS triqqer sxemini / T triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadəni izah edə bildimi? 2. RST / T triqqer sxemini layihələndirə bildimi? 3. RST / T triqqer sxemini qura və ölçə bildimi? 4. RST / T triqqer sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**Təcrübə RS-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: RS triqqer sxemi doğruluq cədvəli

Giriş		Çıxış	
S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

(a) NAND elementləri ilə RS triqqerləri

Giriş		Çıxış	
S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

(b) NOR elementləri ilə RS triqqerləri

Cədvəl 2: T triqqer sxemi doğruluq cədvəli

Giriş			Çıxış	
$C\acute{L}R$	$P\acute{R}$	T	Q	$\overline{Q}$
0	1	X		
1	0	X		
1	1	0		
		1		

2. RS F / Frator sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübələrin nəticələri ilə uyğunluğunu yoxlayın.

14. D-FF sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. D triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. D triqqer sxemini layihələndirə biləcək;
3. D triqqer sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS74 & İnteqal sxem (IS) yuvası
2. Rezistor: 330Ω 4ədəd, 4.7kΩ 8ədəd
3. LED: Qırmızı 5Φ 2ədəd, Yaşıl 5Φ 2ədəd
4. DIP AÇAR: 3bit 2ədəd, PB AÇAR: 2p 2ədəd
5. Universal PCB 28×62 yuvası 2ədəd, əlaqələndirici kabel

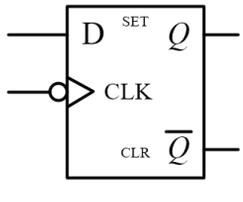
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmli)
3. Ossiloqraf

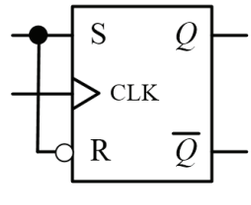
Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. D triqqerin işləmə prinsipi

1) D (ləngimə) triqqeri RS-FF-də (1) iki R və S girişləri sinxron qaydada olarsa, belə müəyyən edilməmiş çıxış vəziyyətinin qarşısını almaq üçün girişin hər iki tərəfinə əlavə edilən invertordur (element deyil). Bu, triqqer sxemi və ya verilənləri müvəqqəti saxlayan sürüşmə registri üçün istifadə olunur.
2) Takt impulsu (CLK) tətbiq edildikdə verilənlər girişinin D siqnal vəziyyəti çıxışda görünür. Bu isə, o deməkdir ki, Giriş D 1 çıxış olur. Digər sözlə, takt impulsu (CLK) olmadıqda, çıxış olduğu vəziyyətdə qalır və məlumatların saxlanılması funksiyasına malik olan verilənlərin ötürülmə reyestrində istifadə edilə bilər.



(a) D triqqerinin işarəsi



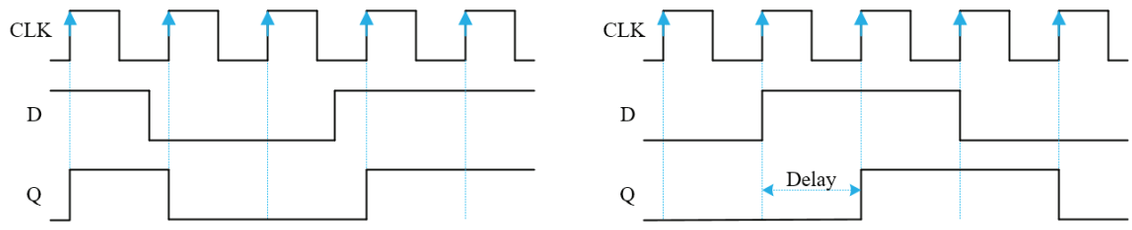
(b) RS triqqerinin dəyişkənliyi

CLK	D	$Q_{(t+1)}$
0	0	0
	1	0
0	0	0
	1	1

(c) D triqqerinin doğruluq cədvəli

Şəkil 1: D triqqeri

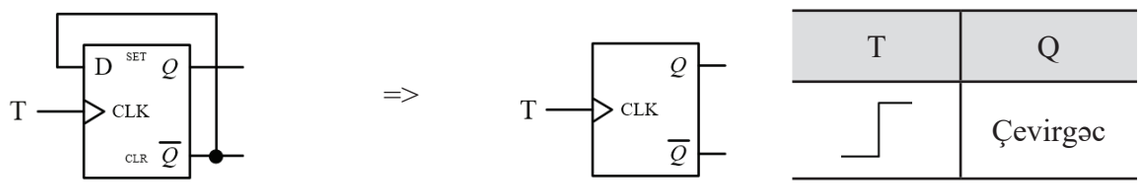
3) Triqqer takt impulsunun yüksəlmə həddi ilə işə düşdükdə giriş D siqnalı çıxış Q-a birbaşa çıxır. Giriş siqnalı takt impulsunun dövrü ilə gecikdirildiyinə görə D triqqeri, həmçinin "gecikmə (ləngimə) triqqeri" adlanır.
4) Şəkil 2 (a)-nın (D) verilənlərin məntiqi qiymətinin yüksələn həddini göstərdiyi və (b)-nin isə sürüşmə və ya gecikmə vəziyyətini göstərdiyi D triqqerinin vaxt diaqramını (sinxronlaşdırma diaqramını) göstərir.



(a) Yüksələn hədd triqqeri (b) D triqqerinin gecikməsi və ya sürüşməsi

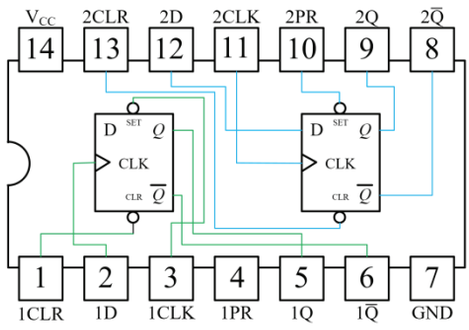
Şəkil 2: D triqqerinin vaxt diaqramı

5) Bu, D triqqeri ilə T-triqqerinə malik olan triqqerdir və T giriş keçidi baş verdiyi zaman dəyişən (çevirən) xarakteristikası olan triqqerdir.



Şəkil 3: D triqqerindən istifadə etməklə T triqqeri

6) D triqqeri 7474 TTL və 4013 CMOS seriyalı sxemlərdən ibarətdir. 7474 bir paketdə iki sxemdən təşkil olunub. Terminal birləşməsinin doğruluq cədvəli Şəkil 4-də və Cədvəl 1-də göstərilir..



Şəkil 4: 7474 seriyalı sxemin pin yerləşməsi

Cədvəl 1: 7474 seriyalı sxemin doğruluq cədvəli

Inputs				Outputs	
SET	CLR	CLK	Data	Q	$\overline{Q}$
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H*	H*
H	H	↑	H	H	L
H	H	↑	L	L	H
H	H	L	X	Q_0	Q'_0

7) 7474 İnteqral sxeminin giriş takt impulsu 0-dan 1-ə dəyişdikdə D girişi çıxışdan 1 bit sonra görünür və Clear (Təmizlə) və Preset (Əvvəlcədən quraşdırma) terminalları əlavə edilir.
8) PİN bağlantısı diaqramında CLR və PR-nin "0" cədvəli (NOT) onun sıfır (0) olduqda aktivləşdirildiyini bildirir. CLR 0-a və PR 1-ə təyin edildikdə Q girişdən asılı olmayaraq, sıfır (0) olur. Əgər PR "0" və CLR 1-dirsə, Q girişdən asılı olmayaraq 1 olur.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

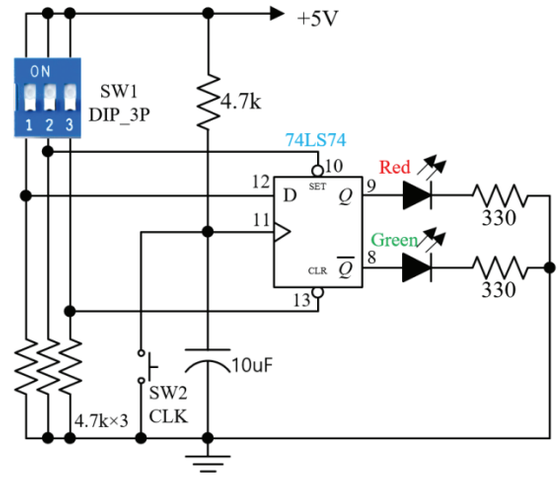
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış sxemə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

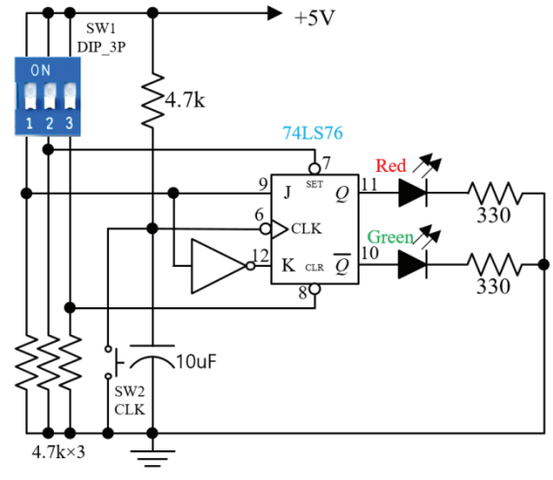
1. Avadanlıqları, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. D FF sxemi ilə bağlı təcrübə

1) D triqqer sxemini Şəkil 5,6-da göstərildiyi kimi bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) D triqqer sxemini lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.
   2) D triqqer sxemini iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
   4) D triqqer sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 5: 74LS74-dən istifadə etməklə d triqqer sxemi



Şəkil 6: 74LS76-dan istifadə etməklə D triqqer sxemi

3. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdən sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. D triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. D triqqer sxemini layihələndirə bildimi? 3. D triqqer sxemini qura və ölçə bildimi? 4. D triqqer sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**TD-FF sxemi üzərində təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: D triqqer sxeminin doğruluq cədvəli

(a) 7474-dən istifadə etməklə D FF

Giriş			Çıxış	
$C\acute{L}R$	$P\acute{R}$	D	Q	$\overline{Q}$
0	1	X		
1	0	X		
1	1	0		
		1		

(b) 7476-dən istifadə etməklə D FF

Giriş			Çıxış	
$C\acute{L}R$	$P\acute{R}$	D	Q	$\overline{Q}$
0	1	X		
1	0	X		
1	1	0		
		1		

2. D FF sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

15. JK-FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. JK triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə biləcək;
2. JK triqqer sxemini layihələndirə biləcək;
3. JK triqqer sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS76 & İnteqal sxem (IS) yuvası
2. Rezistor: 330Ω 2ədəd, 4.7kΩ 5ədəd
3. LED: Qırmızı 5Φ, Yaşıl 5Φ
4. DIP AÇAR: 4bit, PB AÇAR: 2p 2ədəd
5. Universal PCB 28×28 dəlik ölçülü, əlaqələndirici kabeli

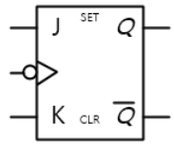
Avadanlıq və alətlər:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. JK triqqer sxeminin işləmə prinsipi

1) RS girişində R = S = 1 vəziyyətində əməliyyat qeyri-müəyyən olur. RS giriş sxemində qeyri-müəyyən vəziyyətlərin yaranmaması Q çıxışı R girişi ilə və $\overline{Q}$ çıxışı isə S çıxışı ilə əks əlaqədə yaradır. Belə sxemə "JK triqqer sxemi" deyilir.



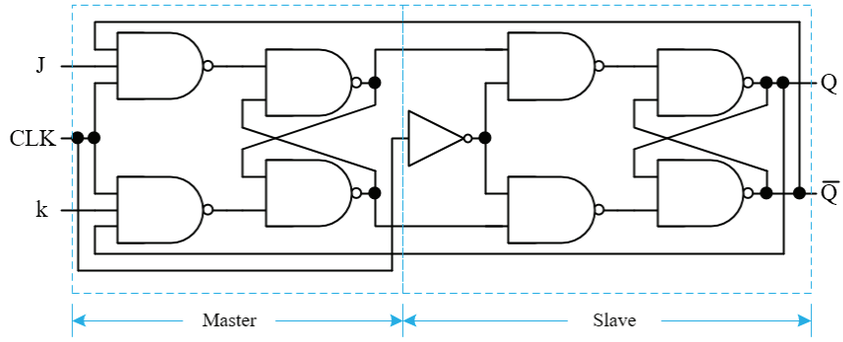
(a) İşarə

J	K	Q_{n+1}
0	0	Q_n(No Change)
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q}'n$ (Tumbler)

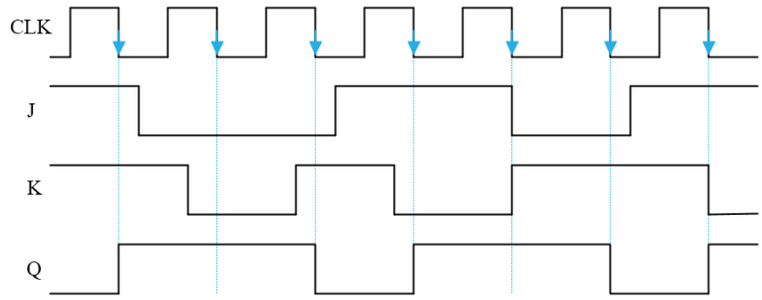
(b) Doğruluq cədvəli

Şəkil 1: JK triqqerinin simvolu və doğruluq cədvəli

2) Aparıcı / İdarəedici (Master/Slave) multivibrator iki kaskadvari triqqer mexanizminə malikdir və takt impulsları bir-birinə əks istiqamətdə ötürülür. Takt impulsu yüksələn həddə olduqda, giriş siqnalının verilənləri bir dəfə giriş tərəfində aparıcı (ötürücü) triqqerdə saxlanılır. Takt impulsu enmə həddində olduqda, aparıcı triqqerdə saxlanılan verilənlər idarəedici triqqerin çıxış tərəfində göstərilir.
3) Əgər Ötürücü / İdarəedici triqqerlərdən biri işləyirsə, onlardan biri işləməyəcək, buna görə də məzmunlar yarım takt gecikmə vaxtına malik olacaq.

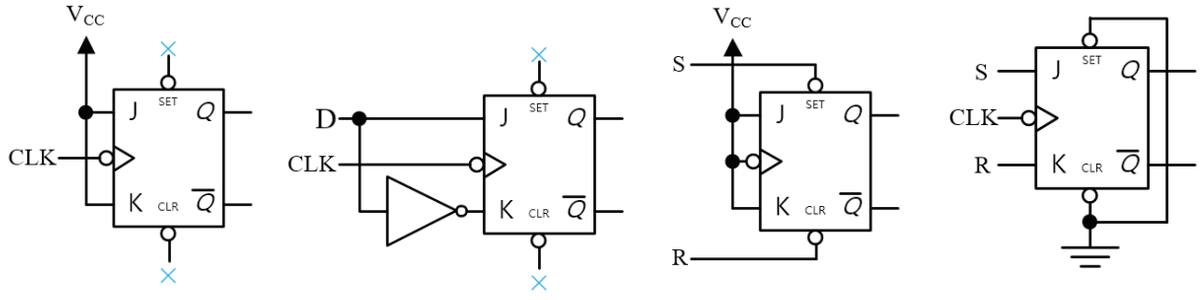


Şəkil 2: Ötürücü/İdarəedici JK triqqerinin sxemi



Şəkil 3: Ötürücü/İdarəedici JK triqqerinin vaxt diaqramı

4) JK triqqer kimi sinxron triqqerdə yarış fenomeni (tezliyi) baxımından texniki nasazlığın əmələ gəlməsinin qarşısını almaq üçün takt impulsu genişliyinin kifayət qədər azaldılması metodu mövcuddur.
5) Daha etibarlı bir üsul olaraq, əvvəlki mərhələdə ötürücü triqqer iki mərhələdə triqqerdən istifadə edərək taktın S yüksələn həddində müəyyən edilir və əvvəlki mərhələdə taktın enmə həddində idarəedici triqqerin girişinə siqnal daxil edilir. Bu üsul Ötürücü / İdarəedici triqqer mexanizmi (Master-Slave flip-flop) adlanır.
6) JK triqqeri, həm RS triqqerinə, həm də T triqqerinə çevrilə bildiyindən ən geniş istifadə olunan triqqer (multivibrator) hesab edilir.



(a) T FF (b) D FF (c) RS Latch FF (d) Synchronous RS FF

Şəkil 4: JK triqqeri

(1) J və K girişləri Şəkil 4 (a)-da göstərildiyi kimi, + VCC-yə (J = K = 1) qoşulduqda CLK terminalına bir takt impulsunun daxil edilməsi çeviricinin hərəkətinə (dəyişiklik etməsinə) səbəb olur. Buna görə də bunun işləmə prinsipi T triqqeri ilə eynidır.
(2) Əgər J girişi invertor (çevirici) vasitəsi ilə K-yə qoşulubsa, Şəkil 4 (b)-də D triqqer olur.

Məsələn, əgər J = 0 və K = 1 olarsa, bir takt impulsu tətbiq edildikdə Q çıxışı sıfırlanır və əgər və J = 1 və K = 0 olarsa, 1 müəyyən edilir. Belə ki, takt impulsunun tətbiqinə cavab olaraq çıxış kimi göstərilən giriş vəziyyəti D triqqeri ilə eynidir.

(3) JK triqqeri Şəkil 4 (c) -də göstərildiyi kimi, "Preset" (əvvəlcədən təyin edilmiş) və "Clear" (Sıfırla) funksiyası ilə J və K və CLK girişlərini + V_{CC} girişinə, PRE girişini S girişinə və CLR girişini R girişinə birləşdirin. Bu RS işəsalma triqqerinin iş prinsipi ilə eynidir.

(4) Şəkil 4 (D) -də göstərildiyi kimi, PRE və CLR terminalları torpaqlandıqda S girişi J terminalına və R girişi K terminalına birləşdirilir və CLK terminalına takt impulsu tətbiq edilir, bu sxem sinxron RS triqqer mexanizmi kimi işləyir.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

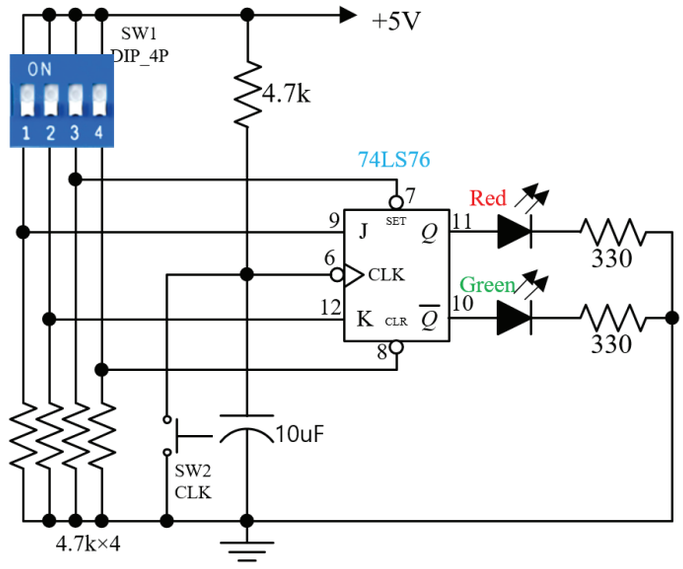
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Avadanlıqları, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. JK FF triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə

1) JK triqqer sxemini Şəkil 5-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
1) JK triqqer sxemini lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.
2) JK triqqer sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
3) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
4) JK triqqer sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin çevrilmə sxeminin təcrübənin nəticələrinə uyğun olduğunu yoxlayın.
5) JK triqqer sxeminin - TTL 7473 və 7476 seriyalı inteqral sxemləri daxil edir və CMOS mikrosxemi 4027 seriyalı inteqral sxemə malikdir. İnternetdə 7473 və 7476 inteqral sxemlərinin pin tapşırıqlarını və doğruluq cədvəllərini tapın və nəticələrə dair hesabatda yazın.



Şəkil 5: JK triqqer sxemi

2. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdən sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1) JK triqqer sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadəni izah edə bildimi? 2) JK triqqer sxemini layihələndirə bildimi? 3) JK triqqer sxemini qura və ölçə bildimi? 4) JK triqqer sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat			
Təcrübənin adı	**JK-FF sxemi triqqer sxemi ilə bağlı təcrübə**	Tarix	
Şöbə		Adı	

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: JK triqqer sxeminin doğruluq cədvəli

Giriş				Çıxış	
$C\acute{L}R$	$P\acute{R}$	J	K	Q	$\overline{Q}$
0	1	X	X		
1	0	X	X		
1	1	0	0		
		0	1		
		1	0		
		1	1		

Pin tapşırıqları 7473 və 7476İC inteqral sxemlərinin doğruluq cədvəlləri

2. JK FF sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

16. Sayğac sxemi üzərində təcrübə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Asinxron / sinxron sayğaclar sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadəni izah edə biləcək.
2. Asinxron / sinxron sayğaclar sxemini layihələndirə biləcək;
3. Asinxron / sinxron sayğaclar sxemini qura və ölçə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. İS: 74LS00, 74LS08,74LS76 4ədəd, NE555 2ədəd & İS yuvası
2. Rezistor: 330Ω 8ədəd, 4.7kΩ 3ədəd, SVR: 500kΩ 2ədəd
3. Kondensator: 1μF 2ədəd, 0.1μF2ədəd
4. LED: Qırmızı 5Φ (farad) 8ədəd
5. PB açar: 2p
6. Universal PCB 28×62 yuvası 2ədəd, əlaqələndirici kabeli

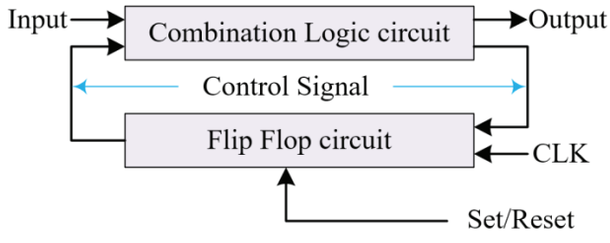
Avadanlıqlar və cihazlar:

1. Sabit cərəyan enerji mənbəyi
2. Cərəyan ölçən multimetr (Multi tester) (Analoq/Rəqəmsal tipli)
3. Ossiloqraf

Mövzu ilə əlaqəli biliklər

1. Asinxron sayğacın quruluşu və iş prinsipi

- Çıxış siqnalına əsasən çıxış vəziyyətinin əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydada dəyişdiyi ardıcıl məntiqi sxem impulsun triqqer metoduna uyğun olaraq sinxron və asinxron sayğaca təsnif edilir.



İnput – giriş
Output – çıxış
Control signal – idarəetmə siqnalı
Flip-flop circuit – triqqer sxemi
Combination Logic circuit – kombinə olunmuş məntiqi sxem

Şəkil 1: Asinxron sayğacın quruluşu

- Sayğac triqqerdən istifadə edən ardıcıl məntiqi sxemə deyilir. Giriş impulsları daxil edildikdə triqqerin vəziyyətini əvvəlcədən müəyyən edilmiş qaydada dəyişməklə girişlərin sayını hesablayır və tezliyin, vaxtın və ya tezlik bölməsinin ölçülməsi üçün istifadə olunur.
- Sayğacın növü n modul sayğacına (MOD-n Sayğacı), yuxarı və ya aşağı sayğaca təsnif edilir. Bu, takt impulsları metoduna görə sinxron və asinxron sayğaclara təsnif edilir.
- Asinxron tipli sayğaclar aşağıdakı xarakteristikalara malikdir.

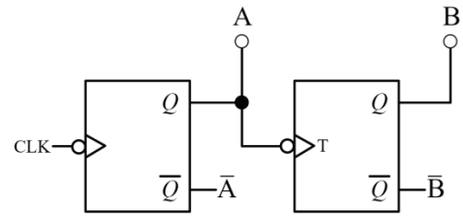
1 Triqqerin girişi olaraq saat (CLK) və interfeysin çıxışı qayda ilə birləşir və vəziyyət eyni zamanda dəyişmədən ardıcıl olaraq dəyişir.

2 Əməliyyat yavaşdır, dizayn qeyri-müntəzəm və mürəkkəbdir.
3 İdarəedici siqnal, takt (CLK) və sıfırlama/qurma (reset/set) siqnalı triqqer qurğusuna daxil edilir.
4 Sxem sadədir və kiçik ölçülü sxemlər üçün uyğundur.
5 Takt siqnalı yalnız ilkin mərhələyə tətbiq olunur, lakin gecikmə vaxtı problemlidir.

1) İkili asinxron sayğacın iş prinsipi və quruluşu

(1) Sayğacın takt impulslarını saydıqda, hər mərhələdə çıxış vəziyyəti triqqerdən dəyişən sayğac növbədə olan növbəti çıxış mərhələsinə ötürülür, buna da "asinxron sayğac" deyilir.

(2) Şəkil 2 iki mərhələli T tipli triqqerdən istifadə edən dörd komponentli sayğac sxemidir.



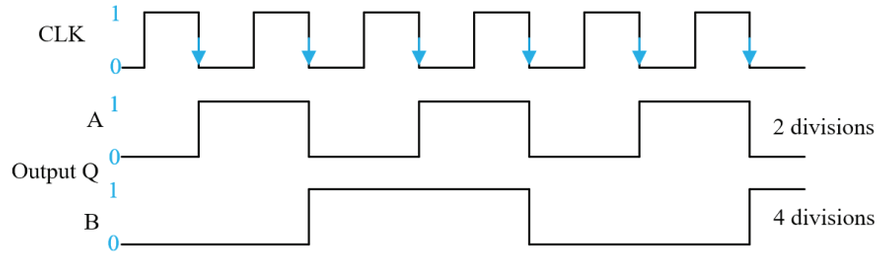
Şəkil 2: Dörd komponentli sayğac

(3) Hər bir takt impulsu (CLK) çıxış vəziyyətinə keçid üçün giriş tərəfinə tətbiq edilir və bu, Q və $\overline{Q}$ çıxışlarına məntiqi zidd olması üçün daima qoşulu olur. Yəni çıxış Q məntiqi "1" (Set) vəziyyətdə olduqda $\overline{Q}$ "0" (Reset - Sıfırla) məntiqi vəziyyətinə çevrilir.

(4) [Şəkil 2]-də göstərildiyi kimi, birinci mərhələnin (2^0) Q çıxışı növbəti mərhələnin (2^1) giriş tərəfinə birləşir. Ümumiyyətlə, iki ardıcıl mərhələdən ibarət Q çıxışları müvafiq olaraq sırası ilə A və B ilə ifadə edilir. Buna görə də, Q (A siqnalı) çıxışı növbəti mərhələyə dəyişdiyindən sonuncu mərhələnin çıxışı birinci mərhələnin Q çıxışı yüksək gərginlikli vəziyyətdən aşağı gərginlikli vəziyyətə ("1"-dən "0"-a) keçdiyi zaman dəyişir.

(5) Son mərhələnin tezlik çıxışı tezliyin bölünməsi adlanan giriş taktlarının sayının yarısıdır.

(6) Şəkil 3 dörd komponentli sayğacın girişinə daxil olan çıxış dalğa formalarının keçid vəziyyətini göstərir. Buradan hər bir çıxış dalğasının düşmə həddində (takt siqnalının yüksək gərginlikli vəziyyətdən aşağı gərginlik vəziyyətə düşdüyü həd) inversiya olduğunu görmək olar.

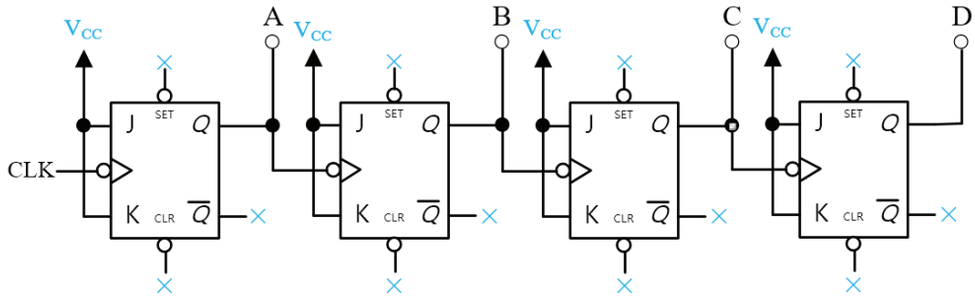


Şəkil 3: İkili iki mərhələli impuls sayğacının çıxış dalğa forması

(7) Ümumiyyətlə, n-mərtəbəli sayğac 2^n impulslarını sayır və buradan da aşağıdakı tənlik əldə edilə bilər. $N = 2^n$ (burada N sayğacın sayımlarının nömrəsidir, n - sayğacın mərtəbələrinin və bitlərinin sayıdır).

2) Onaltılıq say sistemli impuls sayğacın iş prinsipi və quruluşu

(1) FF-nin 4 mərtəbəsindən istifadə edən onaltılıq sayğac kimi, eyni əmsal hər 16 giriş impulsunda təkrarlanır.



Şəkil 3: Asinxron onaltılıq sayğac

(2) Cədvəl 1-də göstərildiyi kimi, 4 mərhələli sayğacın əmsalı hər dəfə 2^0 vəziyyətində impuls daxil edildikdə və 2^0 mərhələsindən çıxdıqda, "1"-dən "0"-a hər dəfə dəyişdikdə iki çıxış impulsu daxil edilir. 2^2 mərhələsinin çıxışı hər dörd giriş impulsunu inversiya edir (əksinə çevirir) və 2^3 mərhələsi hər səkkiz giriş impulsunu inversiya edir. Buna görə də, hər bir mərhələnin çıxışının ikili ədədlərdə 1, 2, 4 və 8 saylı giriş impulslarının sayını ifadə etdiyini görmək olar.

(3) Onaltılıq sayğac ilə hesablana bilən ən yaxşı ikili ədəd 1111-dir və növbəti giriş impulsu tətbiq edildikdə bütün çıxışlar 0000-a qayıdır.

(4) Onaltılıq sayğacın əmsal dalğa forması (və ya vaxt diaqramı) olaraq, hər dəfə bir takt impulsu tətbiq edildikdə ikili ədəd sayının artması, ikili sayğacın hesablaması kimi qəbul edilir.

(5) Bunun əksinə olaraq, hər mərhələdən çıxış növbəti mərhələnin T girişinə tətbiq edildikdə, hər dəfə takt impulsu (sinxronlaşdırma impulsu) tətbiq edildikdə, ikili ədəd 1111 yüksək ədədindən bir ədəd azalır və nəhayət 0000 olur. Yəni aşağıya doğru azalan əmsal əldə edildiyi üçün buna "ikili əks hərəkətli sayğac" deyilir.

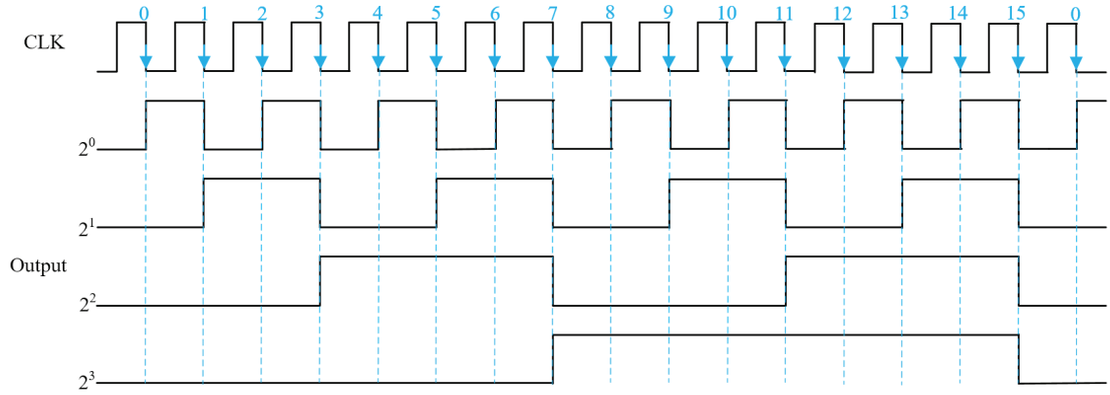
Cədvəl 1: 4 mərtəbəli sayğacın hesablama / sayma əməliyyatı

CLK	2^4 D	2^2 C	2^1 B	2^0 A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
16(0)	0	0	0	0

3) MOD-10 sayğacının iş prinsipi və quruluşu

(1) Cədvəl 2-də onluq sayğacının hesablama əməliyyatı cədvəlindən göründüyü kimi, dörd mərhələli triqqer aşağıdakı kimi layihələndirilib.

- A mərhələsi: $C_{KA} = C_K$, $J_A = K_A = 1$, belə ki, hər dəfə giriş impulsu tətbiq edildikdə çıxış inversiya olunur.
- B mərhələsi: $C_{KB} = A$, ona görə ki, A mərhələsinin çıxış vəziyyəti 1-dən 0-a dəyişdikdə inversiya baş verir. Lakin son impulsda, yəni 9-dan 10-dək əmsalına dəyişdikdə verilənlərin inversiyası mümkün deyil, ona görə də 0-dan 0-dək nəzarət edilməlidir, beləliklə, D çıxışı J_B-dən alınmalıdır. Yəni, $J_B = D = 0$.
- C mərhələsi: $C_{KC} = B$ and $J_C = K_C = 1$, belə ki, B mərhələsinin çıxışı 1-dən 0-a hər dəfə dəyişdikdə o inversiya edir.
- D mərhələsi: hər dəfə A çıxışı 1-dən 0-a dəyişdikdə B= C= 1, B= C= 0 vəziyyətində inversiya edir. Buna görə də o, $C_{KD} = A$ və $J_D = BC$, $K_D = 1$ verilənlərin idarə edilməsini qəbul edir.

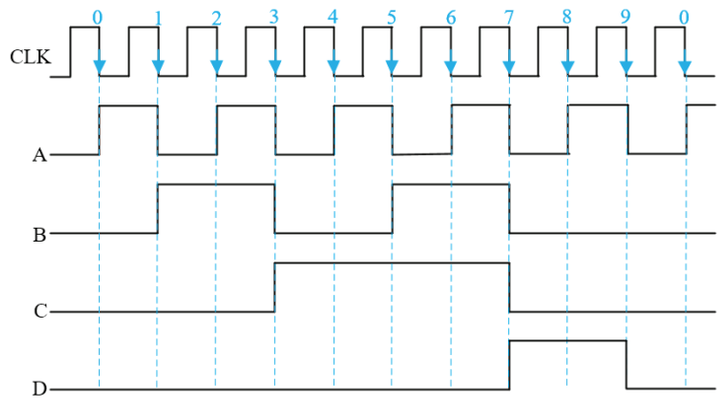


Şəkil 4: Onaltılıq (4-mərhələli, ikili) sayğacının dalğa forması

(2) Verilənlərin idarə edilməsi ilə əlaqədar olan J_B və J_D-nin məntiqi ifadələri aşağıdakı kimi Karnonun xəritəsindən istifadə etməklə əldə oluna bilər.
- Doğruluq cədvəli növbəti vəziyyətə daxil olması ilə əlaqədar C və D-nin hazırkı vəziyyətini müqayisə edir və çıxış vəziyyətinin dəyişməsinə görə J və K qiymətini əldə edir və Karno xəritəsində J_B qiymətini əldə edir. J_D qiyməti də eyni şəkildə əldə edilir.

Cədvəl 2: Onluq sayğacının doğruluq cədvəli

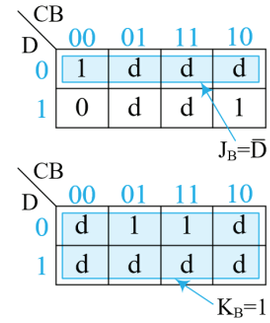
CLK	2^4 D	2^2 C	2^1 B	2^0 A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
0	0	0	0	0



Şəkil 5: Onluq sayğacın vaxt diaqramı

Onluq	D	C	B	CS → NS	J_B	K_B
1	0	0	0	0 1	1	d
3	0	0	1	1 0	d	1
5	0	1	0	0 1	1	d
7	0	1	1	1 0	d	1
9	1	0	0	0 0	0	d

(a) Çıxışın cari vəziyyəti (CS) və növbəti vəziyyəti (NS)

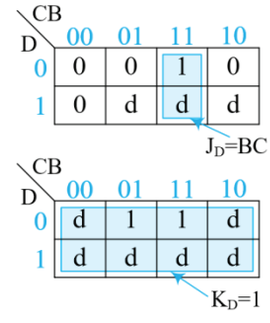


(b) Karno xəritəsi

Şəkil 6: B mərhələsində hesablama əməliyyatı cədvəli və Karno xəritəsi

Onluq	D	C	B	CS → NS	J_D	K_D
1	0	0	0	0 0	0	d
3	0	0	1	0 0	0	d
5	0	1	0	0 0	0	d
7	0	1	1	0 1	1	d
9	1	0	0	1 0	d	1

(a) Çıxışın cari vəziyyəti (CS) və növbəti vəziyyəti (NS)



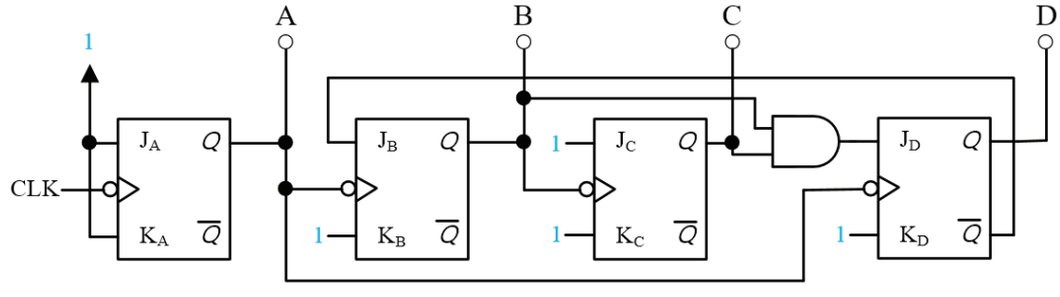
(b) Karno xəritəsi

Şəkil 7: D mərhələsində hesablama əməliyyatı cədvəli və Karno xəritəsi

- Hər bir mərhələdə triqqerlərin takt impulslarının girişi (CLK) və verilənlərin idarə edilməsi aşağıdakı kimi yekunlaşdırılır və sxem diaqramı rəqəmdə göstərildiyi kimi əldə edilir.

A mərhələsi: $C_{KA} = C_K$, $J_A = K_A = 1$, B mərhələsi: $C_{KB} = A$, $J_B =$, $K_B=1$

C mərhələsi: $C_{KC} = B$, $J_C = K_C = 1$, D mərhələsi: $C_{KD} = A$, $J_D = BC$, $K_D = 1$



Şəkil 8: MOD-10 tipli sayğacın sxematik diaqramı

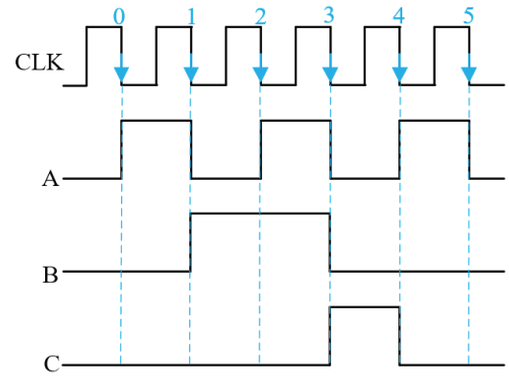
4) MOD-5 tipli sayğacın iş prinsipi və quruluşu

Psevdo-sayğac üçün asinxron sayma əməliyyatı cədvəli aşağıdakı kimi göstərilir.

(1) Üç mərhələli triqqerin zəruriliyi məlum olduğu üçün hər mərhələdə FF aşağıdakı qaydada olur.

Sayma	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
0	0	0	0

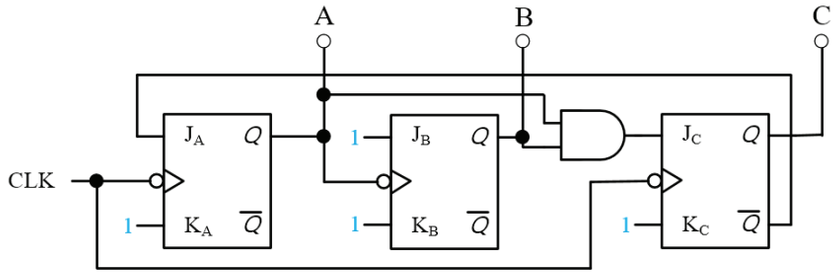
(a) MOD-5 sayğacının doğruluq cədvəli



(b) MOD-5 sayğacının vaxt diaqramı

Şəkil 9: MOD-5 sayğacı

- A mərhələsində, A çıxışı takt impulsu hər dəfə daxil edildikdə dəyişir, beləliklə, CLK-nı birbaşa CKA girişinə birləşdirin. Bununla belə, son sayımda (hesablamada) 0-dan 1-ə çevrilmədən "0" saxlamaq üçün C^{-}çıxışından aydın siqnal almaq lazımdır. Yəni, J_A=and K_{CA}=l.
- B mərhələsində A çıxışı 1-dən "0-a dəyişdikdə B mərhələsinin çıxışı inversiya olur, beləliklə, A çıxışı birbaşa triqqer girişinə (C_{KB}) qoşula bilər. Yəni $J_B = K_B = l$.
- C mərhələsində, C mərhələsinin çıxışı A=B=l vəziyyətində 0-dan 1-ə olduqda, A=B=0 vəziyyətində 1-dən 0-a olduqda, verilənlərin idarəedilməsi J_C = AB və takt impulsu (CLK) ilə həyata keçirilir. Yəni K_C = l.

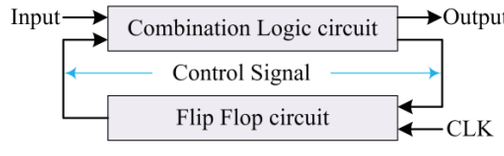


Şəkil 9: MOD-5 tipli sayğacın sxematik diaqramı

(2) Əslində toplayıcı dövrəni qurarkən təyin edilmiş inteqral sxemdən istifadə etmək daha rahatdır. Asinxron sayğac çipində 7490 seriyalı onluq sayğac, 7492 seriyalı onluq sayğac və 7493 seriyalı onaltılıq sayğac mövcuddur.

2. Sinxron sayğacın işləmə prinsipi və quruluşu

1) Sinxron sayğac bütün triqqerlərin siqnallarını paralel olaraq bir takt impulsuna birləşdirməklə eyni vaxtda aktivləşdirilən (işə düşən) sayğaca deyilir.



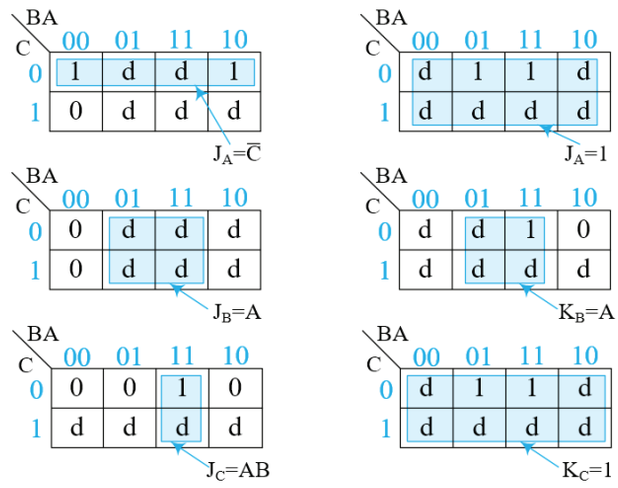
Şəkil 10: Sinxron sayğacın konfiqurasiya diaqramı

2) Sinxron sayğac aşağıdakı xarakteristikalara malikdir.
   (1) Sayğacının triqqer vəziyyətinin eyni anda dəyişə bilməsi üçün takt impulsu (CLK) birbaşa sinxronlaşdırma giriş siqnalına və ya triqqerin girişinə qoşulur.
   (2) Əməliyyat sürəti yüksəkdir, dizayn layihəsi asan və müntəzəmdir.
   (3) İdarəetmə siqnalı triqqerin girişi olur.
   (4) Sxemlər mürəkkəb və iri sistemlərdə tətbiq olunur.
   (5) Takt generatoru (sinxonlaşdırma siqnalları generatoru) ayrılıqda tələb olunur və gecikmə vaxtından asılı deyil.
3) MOD-5 tipli sinxron sayğacın iş prinsipi və quruluşu
   (1) 5 fazalı sinxron sayğac 3 mərhələdən ibarətdir. Takt impulsu siqnalı birbaşa paralel olaraq hər mərhələnin sinxronlaşdırma giriş terminallarına tətbiq olunur, yalnız 5 impulsu hesablayır və "0" vəziyyətinə geri dönür.
   (2) MOD-5 tipli sinxron sayğacın layihələndirmə prosesi aşağıdakı kimidir.
   - Əmsallar cədvəlinə və vəziyyət dəyişikliyinə görə J,K vəziyyətini müəyyənləşdirmək üçün əmsallar cədvəli Cədvəl 3-də göstərildiyi kimi hazırlanır.

(Cədvəl 3) MOD-5-tipli sinxron sayğacın hesablama statusu

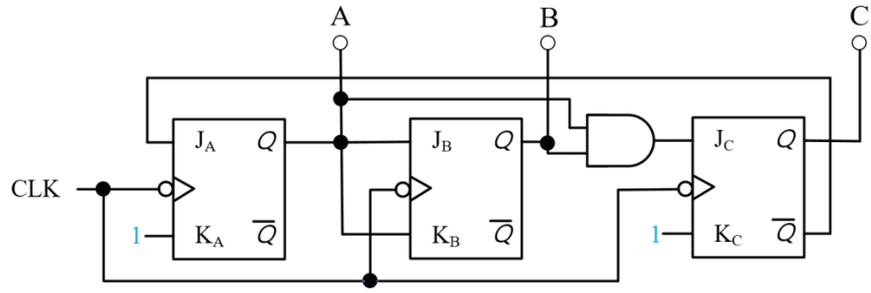
CLK	C	B	A	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C
0	0	0	0	1	D	0	d	0	D
1	0	0	1	d	1	1	d	0	D
2	0	1	0	1	D	D	0	0	D
3	0	1	1	d	1	D	1	1	D
4	1	0	0	0	D	0	d	d	1
5(0)	0	0	0	-	-	-	-	-	-

- Karno xəritəsini Şəkil 11-də göstərildiyi kimi qurun və məntiqi ifadəni tapın.



Şəkil 11: MOD-5 tipli sinxron sayğacın Karno xəritəsi

- Məntiqi ifadədən sinxron 5-lik sayğacın sxematik diaqramı Şəkil 12-də göstərilir.
  J_A =, K_A = 1 (J_A verilənlər girişi C′-dən idarə olunur)
  $J_B = K_B = A$ (J_B və K_B verilənlər girişi A vəziyyəti kimi daxil edilir)
  $J_C = AB$, $K_C = 1$ (J_C -nin verilənlər girişi A və B-nin AND elementi ilə idarə olunur)



Şəkil 12: MOD-5 tipli sinxron sayğacın diaqramı

4) MOD-10 tipli sinxron sayğac

(1) Onluq sayğac dörd mərhələdən ibarətdir, hər biri birinci mərhələdə (A mərhələsi) ikili sayğac və yerdə qalan üç mərhələdə beş hesablayıcı kimi işləyir.

(2) Sinxron MOD-5 sayğacında istifadə olunan üsulla sxem yaratmaq üçün JK triqqerindən istifadə edin.

(3) Onluq sayğacların hesablama statusu cədvəlindən o, Karno xəritəsini qurur və sadələşdirilmiş məntiqi ifadələri və məntiqi sxemləri əldə edir.

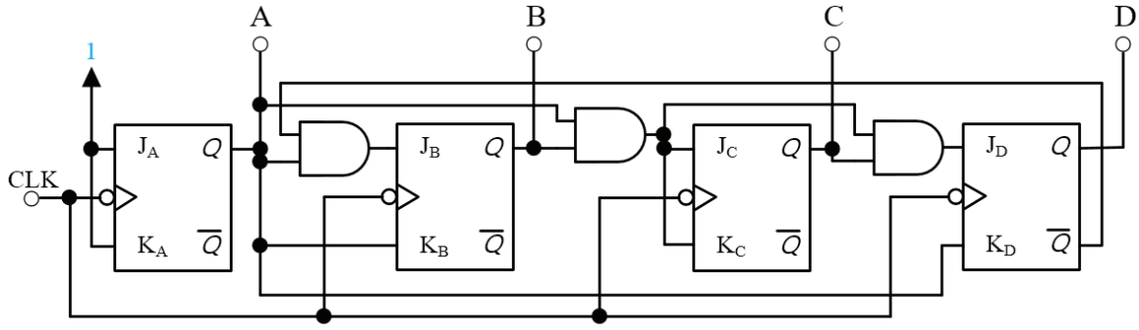
Cədvəl 4: MOD-5 tipli sinxron sayğacının sayma statusu cədvəli

CLK	D	C	B	A	J_A	K_A	J_B	K_B	J_C	K_C	J_D	K_D
0	0	0	0	0	1	d	0	d	0	d	0	d
1	0	0	0	1	d	1	1	d	0	d	0	d
2	0	0	1	0	1	d	d	0	0	d	0	d
3	0	0	1	1	d	1	d	1	1	d	0	d
4	0	1	0	0	1	d	0	d	d	0	0	d
5	0	1	0	1	d	1	1	d	d	0	0	d
6	0	1	1	0	1	d	d	0	d	0	0	d
7	0	1	1	1	d	1	d	1	d	1	1	d
8	1	0	0	0	1	d	0	d	0	d	d	0
9	1	0	0	1	d	1	0	d	0	d	d	1
10(0)	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-

(4) Karno xəritəsi yaratmaqla əldə edilən məntiqi ifadə Cədvəl 4-də sayğac statusu (count status) cədvəlində aşağıdakı kimi verilmişdir.

- A mərhələsi: $J_A = 1$, $K_A = 1$,
- B mərhələsi: $J_B = A\cdot$, $K_B = A$
- C mərhələsi: $J_C = A \cdot B$, $K_C = A \cdot B$,
- D mərhələsi: $J_D = A \cdot B$, $K_D = A$

(5) Bu, Şəkil 13-də göstərilən məntiqi ifadə üzərində qurulan onluq sayğacının məntiqi sxem diaqramıdır.



Şəkil 13: Sinxron MOD-10 sayğacının sxemi

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

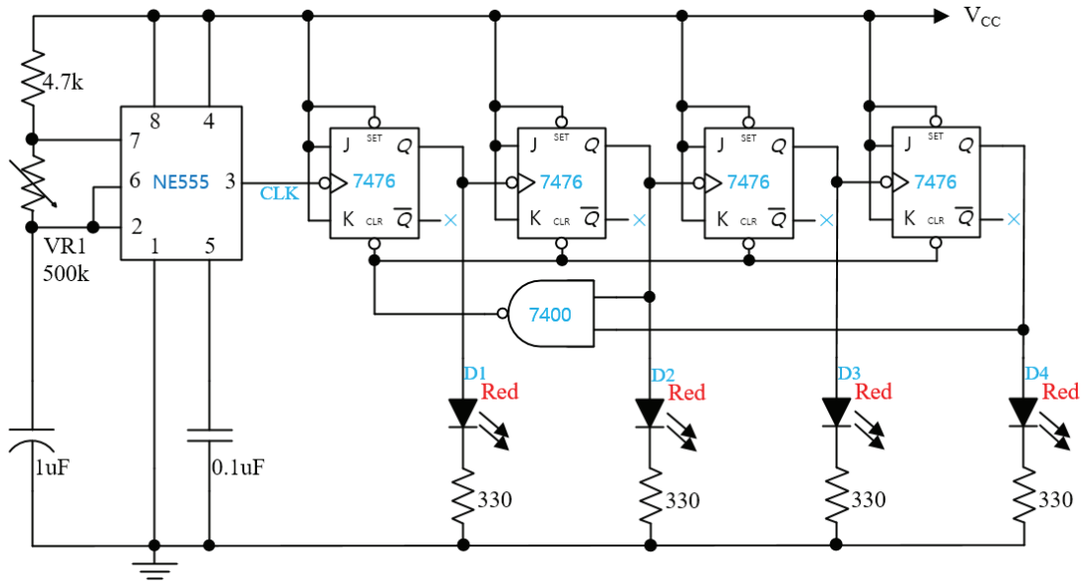
1. Alət və cihazlardan düzgün istifadə olunmasına və işləyərkən təhlükəsizlik qaydalarına riayət edilməsinə diqqət yetirin.
2. Quraşdırılmış dövrəyə nominal gərginliyin verilməsini təmin edin.
3. Təhlükə və ya zərərin qarşısını almaq üçün alət və cihazlardan düzgün istifadə edilməsinə nəzarət edin.

Təcrübə mərhələləri

1. Zəruri avadanlıqları, cihazları və materialları təcrübə üçün hazırlayın.

2. Asinxron onluq (10) sayğac üzərində təcrübə

1) Asinxron onluq (10) sayğac sxemini Şəkil 14-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.
   1) Asinxron onluq (10) sayğac sxemi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edilir.
   2) Asinxron onluq (10) sayğac sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
   3) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 1-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
2) Asinxron onluq (10) sayğac sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin çevrilmə sxeminin təcrübənin nəticələrinə uyğun olduğunu yoxlayın.
3) Asinxron onluq (10) sayğac inteqral sxemləri - TTL 7490, 7492 və 7493 İS-ni daxil edir. İnternetdə 7490, 7492 və 7493 inteqral sxemlərinin pin tapşırıqlarını və doğruluq cədvəllərini tapın və nəticələrə dair hesabatda yazın.

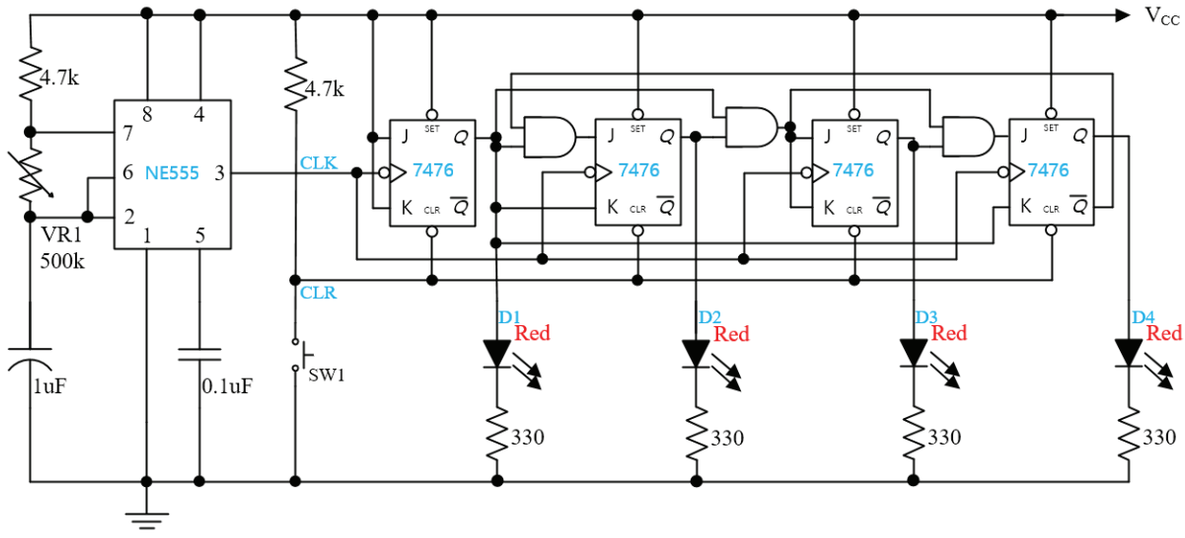


Şəkil 14: Asinxron onluq (10) sayğac sxemi

3. Sinxron onluq sayğacla bağlı təcrübə

(1) Sinxron onluq sayğac sxemini Şəkil 15-də göstərildiyi kimi, bir lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin və ya ölçülmüş qiymətləri qeyd edin.

1) Sinxron onluq sayğac sxemi lövhə (elektron sxem maketi) və ya universal lövhə üzərində konfiqurasiya edin.
2) Sinxron onluq sayğac sxeminin iş prinsipini anlayın və sxemi mümkün qədər sadə şəkildə qurun.
3) Naqillərin (montaj) vəziyyətini təsdiq etdikdən sonra sxemə gərginlik verilməsini təmin edin və çıxış LED-nin çıxış vəziyyətini elektrik açarının vəziyyətinə görə müşahidə edin və nəticələrə dair hesabatda Cədvəl 2-də qeyd edin. Buna baxmayaraq, "Off" (Sönülü) vəziyyətində "0" məntiq səviyyəsinə, "On" (Yanılı) vəziyyəti məntiq səviyyəsinə və LED yanılı olduqda "0" çıxışına malikdir.
4) Sinxron onluq (10) sayğac sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərinin təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.



Şəkil 15: Sinxron onluq sayğac sxemi

4. Təmizləmə və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıqları və ləvazimatları düzgün qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Bu modulu təcrübədə sınaqdan keçirdikdən sonra tələbə aşağıdakıları yerinə yetirdimi? 1. Asinxron / Sinxron onluq sayğaclar sxemini necə konfiqurasiya etməyi və ondan istifadə etməyi izah edə bildimi? 2. Asinxron / Sinxron onluq sayğaclar sxemini layihələndirə bildimi? 3. Asinxron / Sinxron onluq sayğaclar sxemini qura və ölçə bildimi? 4. Asinxron / Sinxron onluq sayğaclar sxeminin doğruluq cədvəllərini təyin edə bildimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

Təcrübənin nəticələrinə dair hesabat				
Təcrübənin adı	**Sayğac sxemi üzərində təcrübə**		Tarix	
Şöbə		Adı		

1. Təcrübə nəticələrinin cədvəli

Cədvəl 1: 10 asinxron sayğac sxeminin doğruluq cədvəli

Onluq	Çıxış			
	D4(2^4)	D3(2^2)	D2(2^1)	D1(2^0)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

- Pin tapşırıqları və 7490, 7492 və 7493 inteqral sxemlərinin doğruluq cədvəlləri

Cədvəl 2: 10 sinxron sayğac sxeminin doğruluq cədvəli

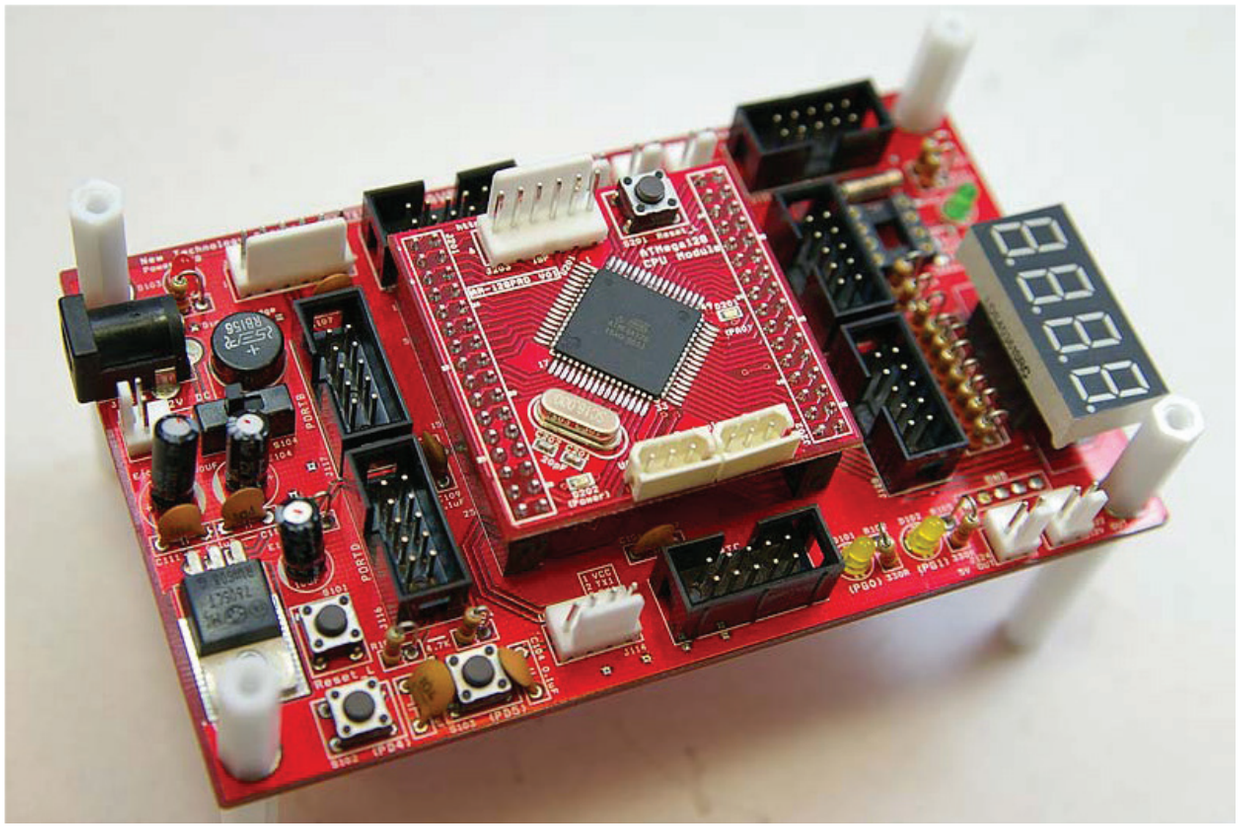
Onluq	Çıxış			
	D4(2^4)	D3(2^2)	D2(2^1)	D1(2^0)
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

2. JK FF sxeminin məntiqi və doğruluq cədvəllərini təcrübənin nəticələrinə uyğunluğunu yoxlayın.

Sərişdə əsaslı modul

ELEKTRONİKA

Mikrokontroller



Sənaye və İnnovasiyalar üzrə
Bakı Dövlət Peşə Təhsil Mərkəzi

1. AVR seçimlərinin konfiqurasiyası

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. AVR mikrokontrollerin quruluşunu və prinsiplərini izah edə biləcək;
2. AVR kompilyatorundan istifadə edə biləcək;
3. Proqramın sadə quruluşuna uyğun şəkildə kodlaşdıra biləcək;
4. Funksiyanın sadə quruluşunu tərtib edəcək;
5. Proqramı AVR mikrokontrollerinə yükləyə biləcək.

Avadanlıq və Alətlər:

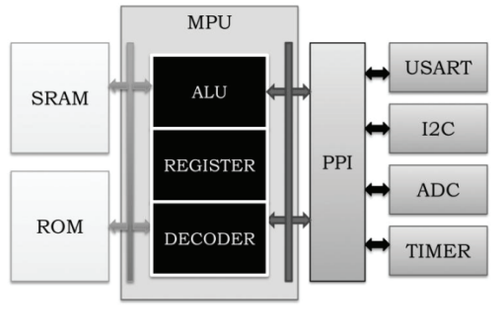
1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası
3. USBISP modulu və ISP kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Mikroprosessor və mikrokontroller arasında fərq

1) Mikroprosessor (MPU)

Mikroprosessorun quruluşu mərkəzi prosessor blokuna (MPB) müvafiq olan riyazi-məntiqi qurğudan (RMQ), registratordan, təlimatçı kod açan qurğudan və nəzarət blokundan ibarətdir. Sistem mikroprosessor vasitəsilə konfiqurasiya edildikdə sistemin bütün hissələrinin təkcə mikroprosessorla qurulması mümkün olmur. Aşağıdakı şəkil mikroprosessordan istifadə etməklə konfiqurasiya edilən elementləri göstərir.



Şəkil 1: Mikroprosessorun sistem konfiqurasiyası

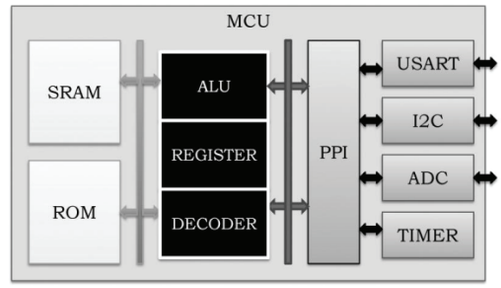
Mikroprosessordan istifadə etməklə sistemin tətbiq edilməsi üçün mikroprosessoru işə salacaq proqram təminatının yazılması və yaradılmış proqramın yaddaşda saxlanması zəruridir. Bundan əlavə, yaddaşda saxlanılmış proqrama əmr verildikdə və icra edildikdə zəruri yaddaş müəyyən həcmə malik olmalıdır. Emal edilmiş nəticələrdən istifadə edərək xarici qurğunu işə salmaq və ya məlumatları kənara ötürmək üçün ötürücü qurğuya ehtiyac duyulur. Buna görə şəkildə göstərildiyi kimi, mikroprosessor FLEŞ (ROM) yaddaşa malikdir ki, bu yaddaş növü proqramın yaddaşda saxlanması, həcm, ROM yaddaşda proqramın oxunması və əməliyyatları yerinə yetirməsi üçün STGY (statik təsadüfi giriş yaddaşı) təqdim edir və emal olunmuş nəticələrin kənara ötürülməsi üçün PPİ (Proqramlaşdırıla bilən Periferik İnterfeys) tələb olunur. Mikroprosessor ona birləşdirilmiş şin vasitəsilə əməliyyatlara nəzarət etmək üçün bu imkanlara malik GD-nin (giriş dövrələri-

nin) mikroprosessordan kənarda yerləşdirilməsinə imkan verən prosessordur.

2) Mikrokontroller (MKV)

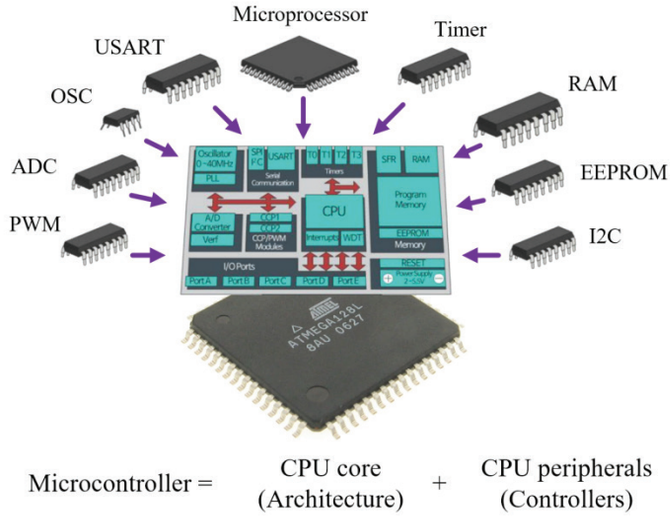
Mikrokontroller vahid GD-də yerləşən MPB-dan, ROM/ fleş yaddaş, STGY və PPİ funksiyalarından ibarətdir. Başqa sözlə, bu qurğu ayrıca periferik GD olmadan mikrokontrollerə enerji təchizatı yolu ilə arzu olunan əməliyyatın yerinə yetirilməsi üçün konfiqurasiya edilmiş MKV-nə istinad edir. Ölçüsündən, həcmindən və periferik qurğularının konfiqurasiyasından asılı olaraq, müxtəlif ölçülü çox sayda mikrokontrollerlər mövcuddur. Həmçinin qiymət periferik cihazın konfiqurasiyasından asılı olaraq dəyişir.

Mikrokontroller istifadəçiyə lazım olan funksiyaya uyğun olan MKV-ni seçə bilər. MKV istehsalçısı PPI-ni eyni funksiyalarla MPB-nin eyni nüvəsinə (RMB, registrator, təlimatçı kod açan qurğu və şin məntiqi) birləşdirməklə müxtəlif MKV-lar təqdim edir.



Şəkil 2: Mikrokontrollerin sistem konfiqurasiyası

Mikroprosessor və mikrokontroller arasındakı fərq ondan ibarətdir ki, mikrokontroller yaddaş və periferik qurğuları MPB-nun GD-də saxlayır, mikroprosessor isə MKB-nin GD-dan kənarda yerləşən şinin məntiqi sxeminə birləşdirilmiş yaddaş və periferik qurğulara malikdir.



Şəkil 3: Mikrokontrollerin konseptləri

Microprocessor – mikroprosessor
Timer – taymer
CPU core – MPB nüvəsi
Architecture – arxitektura
CPU peripherals – MPB periferik qurğuları
Controllers – kontrollerlər
RAM – TGY
PWM – PVM
ADS – ARÇ

Hal-hazırda mikroprosessorun nümunəvi GD-si kompüterdə istifadə olunan MPB-dur və yüksək sürətli məlumatları emal edən sistemlərin bir çoxu sistemi konfiqurasiya etmək üçün mikroprosessordan istifadə edir. Həmçinin xüsusi məqsədlər üçün hazırlanmış prosessorlar mövcuddur və səciyyəvi prosessor RSP-dur (Rəqəmsal Siqnal Prosessoru). Digər tərəfdən, mikrokontrollerlər, əsasən, nisbətən aşağı sürətə, kiçik həcmə və aşağı enerji sərfiyyatına malik sistemlərdə istifadə olunur və asanlıqla hazırlanan və aşağı məsrəfli tək çipdən ibarət olurlar.

2. AVR mikrokontrollerindən istifadə

ATMEL markalı AVR silsiləsi sənaye və tədris tətbiqlərində istifadə olunan 8-bit mikrokontrollerdir. AVR silsiləsi oxşar QƏDH (qısaldılmış əmrlər dəsti ilə hesablamalar) arxitekturasına malik (QƏDH şəkilli Arxitektura) aşağı-enerji sərfiyatlı 8-bitlik ƏMOY (əlavə metal-oksid yarımkeçiricisi) mikrokontrolleridir. AVR mikrokontrolleri silsiləsi proqramların saxlanması üçün daxili fleş yaddaşa (2K~128K bayt) malikdir və əməliyyat zamanı zəruri məlumatların saxlanması üçün EEPROM-a malikdir. Bundan əlavə, mikrokontrollerin daxilində açılış rejimi mövcuddur, beləliklə, proqramlar xüsusi proqram təminatı olmadan xarici rabitə vasitəsindən istifadə edərək fleş yaddaşda saxlana bilər.

1) ATmega128-in xüsusiyyətləri

- Yüksək performansa və aşağı enerji sərfiyatına malik 8-bit prosessor
- Qabaqcıl QƏDH quruluşu:
  - 133 güclü əmr (əsasən, tək saat dövriyyəsini icra edir)
  - Ümumi istifadə üçün nəzərdə tutulmuş 32*8 bitlik iş registratoru
  - 16MHz-da 16MIPS
- Məlumat və qeyri-dəyişkən yaddaş
  - 128K bit proqram həcmli daxili fleş yaddaş: 10,000 dəfədən çox yazılma/silinmə imkanı
  - Müstəqil kilid bitləri və seçici açılış kodu sahəsi: proqramın icrası zamanı çipdə yerləşdirilən açılış proqramı vasitəsilə ISP proqramlaşdırma
  - 4kB daxili STGY, 4K bitlik EEPROM (dözümlülük: 100,000 yazılma/silinmə dövriyyəsi)
  - 64K bitə qədər xarici fleş yaddaş həcmi
  - Proqram təminatının təhlükəsizliyi üçün proqramlaşdırma kilidi
  - Sistemdaxili proqramlaşdırma üçün SPI interfeysi
- JTAG (IEEE 1149.1 nömrəli standartına müvafiq) Interfeysi:
  - JTAG standartına uyğun periferik skan qabiliyyəti
  - Genişləndirilmiş çipdə nasazlıqların aradan qaldırılmasına dəstək – əlavə yaddaşın, EEPROM-un, birləşmələrin və kilid bitlərinin JTAG interfeysi ilə proqramlaşdırılması
- Periferik xüsusiyyətlər:
  - Ayrı ilkin tezlik bölücüsünə, müqayisə rejiminə və tutma rejiminə malik iki genişləndirilmiş 16-bitlik taymer/sayğac
  - Ayrı osilloqrafa malik real zaman sayğacı – iki 8-bit PVM kanalı
  - 2-16 bitlik proqramlaşdırıla bilən təsvir rejiminə malik 6 PVM kanalı
  - Çıxış müqayisə modulyatoru – 8-kanallı, 10-bitlik ARÇ
  - 8 təkçıxışlı kanal
  - 7 diferensial kanal
  - 1x, 10x və ya 200x sürətlə proqramlaşdırılma gücünə malik 2 diferensial kanal
  - Bit-yönümlü ikinaqilli silsilə interfeys
  - İkili proqramlaşdırıla bilən silsilə ÜSAQÖ-lər (ümumi sinxron asinxron qəbuledici və ötürücülər)

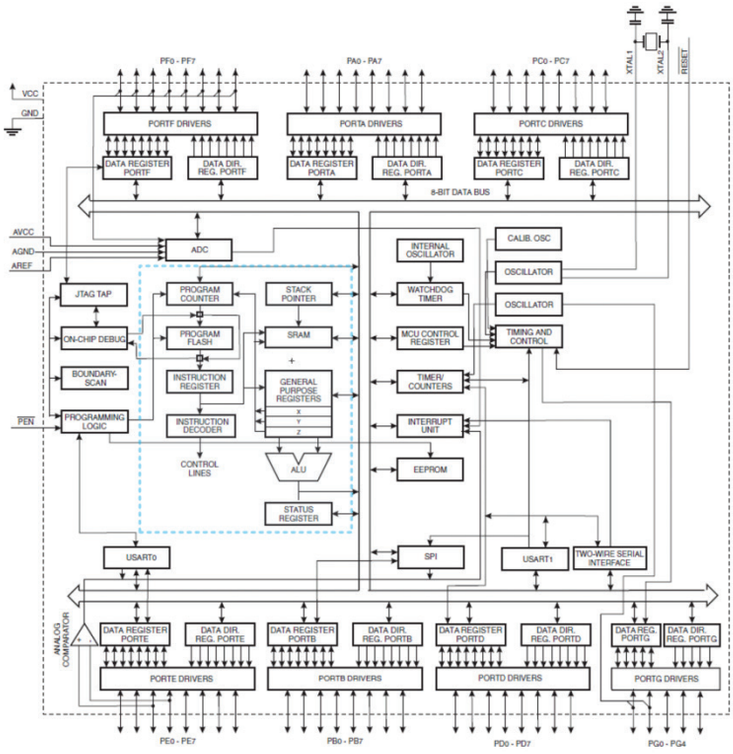
- Baş/xidməti SPİ
- Çip osilloqrafına malik proqramlaşdırıla bilən nəzarət taymeri
- Çip analoq müqayisə bloku

- Xüsusi funksiyalar:
  - Enerji axımının kəsilməsi ilə dayanan və proqramlaşdırıla bilən qismi elektrik kəsintisinin aşkar edilməsi
  - Daxili Kalibrasiya edilmiş həcm-rezistiv osilloqrafı – xarici və daxili kəsinti mənbələri
  - Altı gözləmə rejimi: boşdayanma, ARÇ səs azalması, enerjiyə qənaət, enerji ötürülməsinin dayanması, gözləmə və uzunmüddətli gözləmə
  - Proqram təminatı ilə seçilə bilən saat tezliyi

- G/Ç (I/ O) və proqram paketi:
  - 53 proqramlaşdırıla bilən G/Ç (I/ O) xətləri
  - 64-başlıqlı nazik QFT tipli korpus və 64-yastıqlı MQÇ (mikro qurğuşun çərçivə)
  - 64-lead TQFP and 64-pad MLF
- Enerji:
  - ATmega128L üçün 2.7V~5.5V
  - for ATmega128 üçün 4.5V~5.5V
- Saat:
  - for ATmega128L üçün 0~8MHz
  - for ATmega128 üçün 0~16MHz

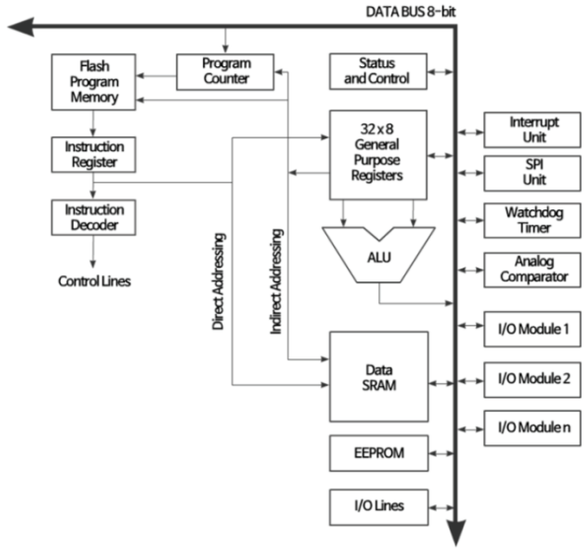
2) ATmega128-in quruluşu

Şəkil 4 ATmega128 və daxili şinə qoşulmuş kontrollerlərin ümumi quruluşunu göstərən blok diaqramıdır.



Şəkil 4: ATmega128-in daxili quruluşu

Fleş yaddaş MKV-ya daxildir və istifadəçi tərəfindən yazılmış proqram daxili fleş yaddaşda saxlana bilər. Bundan əlavə, EEPROM MKV daxilində saxlana bilər ki, proqramın icrası zamanı yaddaşa ötürülməli olan göstəricilər az sayda əmrlərdən istifadə etməklə yaddaşda saxlana bilsin. İstifadə zamanı enerji təchizatı kəsilsə, tələb olunan göstəricilər saxlanacaq. Nəzarət taymeri funksiya işə salındıqda mikrokontrollerin əməliyyatına nəzarət edir və mikrokontroller təyin olunmuş müddət ərzində müvafiq şəkildə işləmədikdə sistemi təkrar işə salır (məsələn, nəzarət əmri bu müddət ərzində işə düşmədikdə). MKV xarici emulyatora qoşulmaq üçün sənaye standartı olan 4-naqilli giriş/çıxış nöqtəsinə, JTAG nöqtəsinə və xarici İSP-dən proqramlaşdırmaq üçün 3-naqilli giriş/çıxış nöqtəsinə malikdir.

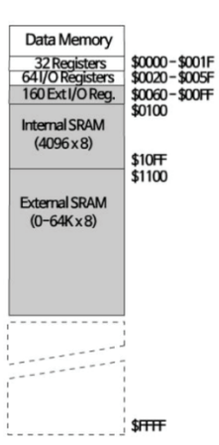


Data bus – məlumat şini
Flash program memory – fleş proqram yaddaşı
Instruction register – təlimatların registratoru
Control lines – nəzarət sətirləri
Proqram counter – proqramın sayğacı
Status and control – status və nəzarət
General purpose registers – ümumi təyinatlı registratorlar
Data SRAM – Verilənlər STGY
Interrupt unit – kəsilmə bloku
SPI unit – SPİ bloku
Watchdog timer – nəzarət taymeri
Analog comprator – analoq komprator
I/O module – G/Ç modulu
I/O lines - G/Ç xətləri

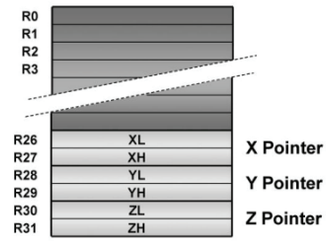
Şəkil 5: ATmega128-in MPB-nin nüvə hissəsi

2) ATMEGA128-in yaddaşının quruluşu

Şəkil 6 (a) ATMEGA128-in yaddaşının quruluşunu göstərir. ATMEGA128 32 daxili registratora və 64 G / Ç registratoruna malikdir. ATMEGA128-in verilənlər yaddaşı G / Ç funksiyası üçün R0-dan R31-dək 32 ümumi registratordan, 0x00-dan 0x3F-dək 64 registratordan, verilənlərin saxlanması və toplanması sahəsi üçün STGY 0x60-dan 0x25F-dək 512 registratora malikdir.

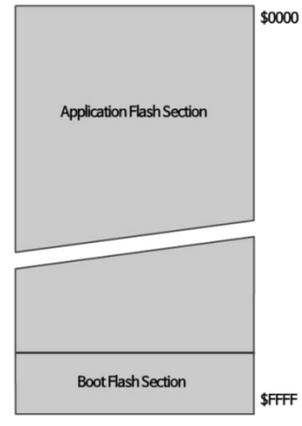


(a) Verilənlər yaddaşının təsviri



Data memory – verilənlərin yaddaş həcmi
Registers – registratorlar
Internal SRAM – daxili STGY
External SRAM – xarici STGY
Pointer – göstərici
Application flash Section – tətbiqetmənin fleş bölməsi
Boot flash section – açılış rejiminin fleş bölməsi

(b) Registratorun təsviri



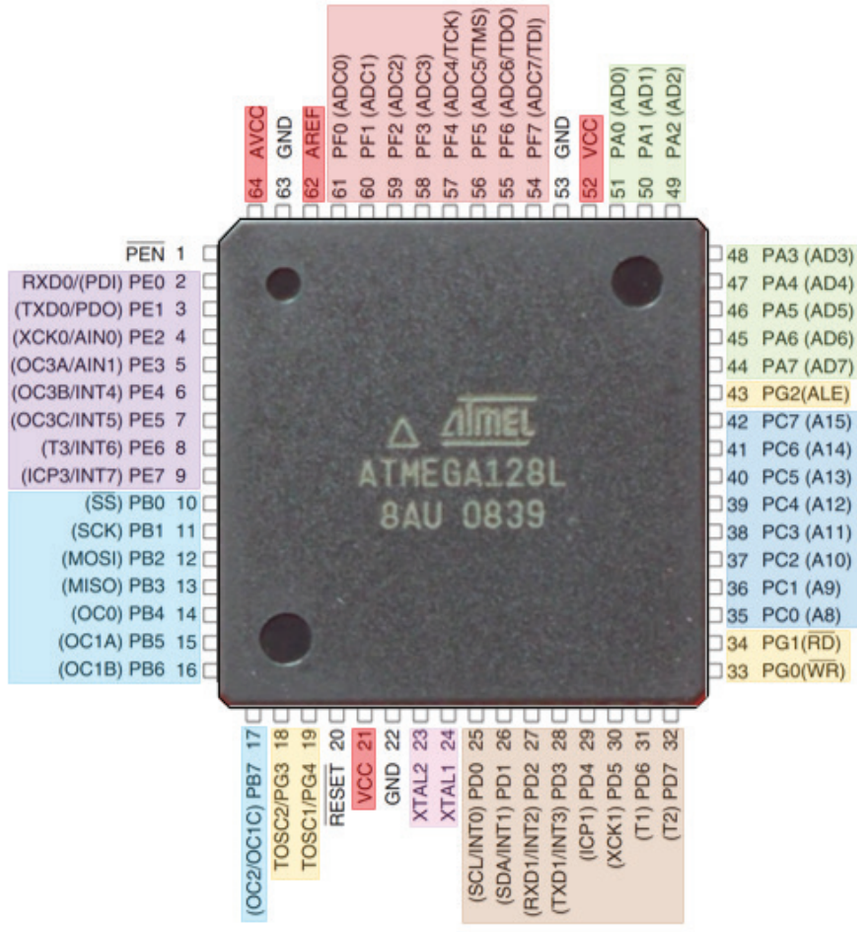
(c) Proqram yaddaşının təsviri

Şəkil 6: ATMEGA 128-in yaddaşının quruluşu

Şəkil 6 (b) ATMEGA128-in daxili registratorunun quruluşunu göstərir. (Şəkil 6) (c) proqram yaddaşının (fleş yaddaş) quruluşunu təsvir edir. Proqram yaddaşının hər hissəsi 16 bit quruluşa malikdir və yaddaş 16 bit x 64K=128K həcmə malikdir. Bundan əlavə, açılış yaddaşının sahəsi və proqramın yaddaş sahəsi ayrılmış olduğu üçün, İSP funksiyasından istifadə edərək proqramlaşdırmaq mümkündür.

1) ATMEGA 128-in ümumi görünüşü

ATmega128 ümumilikdə 64 rezonator sisteminə və 53 proqramlaşdırıla bilən G / Ç nöqtəsinə malikdir. [Şəkil 7] ATmega128-in ümumi görünüşünü təqdim edir.



Şəkil 7: ATmega128-in ümumi görünüşü

Rezonator sisteminin təsviri

- VCC[21, 52]: Rəqəmsal təchizat voltajı.
- GND[22, 53]: Torpaqlama.
- Port A (PA7..PA0)[51~44]: Port A (hər bit üçün seçilmiş) daxili yükləmə rezistorlarına malik 8-bitlik iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portudur.
- Port B (PB7..PB0)[10~17]: Port B (hər bit üçün seçilmiş) daxili yükləmə rezistorlarına malik 8-bit iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portudur.
- Port C (PC7..PC0)[35~42]: Port (hər bit üçün seçilmiş) daxili yükləmə rezistorlarına malik 8-bit iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portudur.
- Port D (PD7..PD0)[25~32]: Port D (hər bit üçün seçilmiş) daxili yükləmə rezistorlarına

malik 8-bit iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portudur.

- Port E (PE7..PE0)[2~9]: Port E (hər bit üçün seçilmiş) daxili yükləmə rezistorlarına malik 8-bit iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portudur.
- Port F (PF7..PF0)[61~54]: Port F A/R (A/D) konverterə analoq girişlər qismində xidmət edir. Port F həm də A/R (A/D) açar istifadə olunmadıqda 8-bit iki istiqamətli G/ Ç (I/O) portu qismində xidmət edir. Portun rezonator sistemləri daxili yükləmə rezistorları təqdim edə bilər (hər bit üçün seçilmiş).
  - TGP (test giriş portu) yüksək registora keçid verilənlərinin daxil edildiyini göstərməzsə, TVÇ (test verilənlərin çıxışı) rezonator sistemi üç vəziyyətdə olur. Port F həm də JTAG interfeysinin funksiyalarını yerinə yetirir.
  - ATmega103-un uyğunluq rejimində Port F yalnız giriş portu olur.
  - Port G (PG4..PG0)[33, 34, 43, 18, 19]: Port G daxili yükləmə rezistorlarına malik (hər bit üçün seçilmiş) 5-bit iki istiqamətli G/Ç (I/ O) portudur.
  - [20]: Sıfırlama. Saat işə salınmadıqda belə, minimum nəbz müddətindən daha uzun müddətdə bu rezonator sistemində aşağı səviyyənin olması vəziyyəti sıfırlayacaq.
  - XTAL1[24]: Osilloqrafın gücləndiricisinin əks çevrilməsi üçün giriş və daxili saatla işləyən dövrənin girişi.
  - XTAL2[23]: Tərs açar osilloqrafın gücləndiricisinin çıxışı.
  - AVCC[64]: ƏPİNAV (əməliyyatların paralel icrasına nəzarətin alternativ versiyası) Port F və A/R (A/D) konverter üçün VCC voltaj təchizatının rezonator sistemidir. O, xaricdən aşağı tezlikli filter vasitəsilə ƏPİNV-a qoşulmalıdır.
  - AREF[62]: AREF A/R (A/D) açar üçün analoq istinad rezonator sistemidir.
  - [1]: PEN proqramlaşdırmanı mümkün edən SPİ silsilə proqramlaşdırma rejimi üçün rezonator sistemidir və yüksək daxili yüklənməyə malikdir. Enerji təchizatının kəsilməsi zamanı bu rezonator sistemini aşağı səviyyədə saxladıqda, cihaz SPİ silsilə proqramlaşdırma rejiminə daxil olur. PEN normal fəaliyyət zamanı heç bir funksiyaya malik olmur.

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

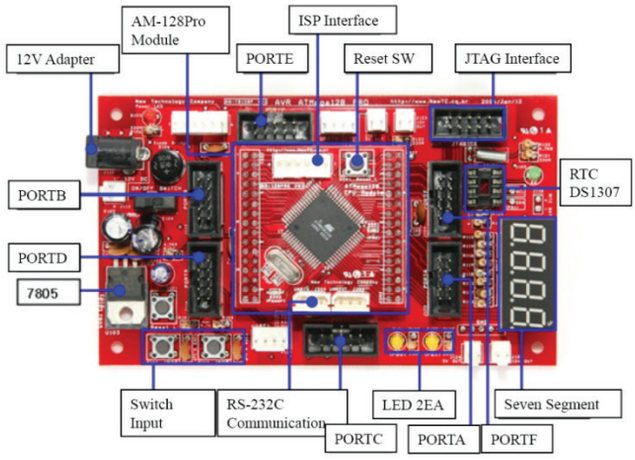
1. ATmega 128-dən istifadə etməklə inkişaf mühitinin qurulması

1) ATmega128 inkişaf platası
   Atmel-in ATmega128 mikrokontroller platası və dövrə diaqramı hazırlanmalıdır, sadə nəzarət metodu öyrənilməli və ATmega128 platasına tətbiq edilməlidir. Həmçinin ATmega 128 daxilindəki kontrolleri başa düşmək və nəzarət etmək vacibdir.
   AM-128PRO MKV müxtəlif modullara qoşularaq ATMega 128 kimi təkmilləşdirilə biləcək moduldur. ATMega 128-in bütün portları (PORT A-PORT F) 10 rezonator sistemi konnektoruna qoşulub. Bundan əlavə, modulun nazaslıqları AM-128PRO daxilinə quraşdırılmış silsilə port, 7-seqmentli rəqəmli kod, 12 V xarici elektrik təchizatı və daxili əməliyyat üçün 5V tək elektrik təchizatı vasitəsilə aradan qaldırıla bilər.
2) İSP (Sistem proqramında)
   AVR-ə nəzarət etmək üçün C proqramlaşdırma dilindən istifadə etmək üçün siz C kompilatorunu quraşdırmalısınız. Satış məqsədli kompilatorlara IAR şirkətinin EWAVR, Image-

craft şirkətinin ICCAVR və hpinfotech platformasının Codevision kompilatorları, həmçinin ödənişsiz lisenziya təqdim edən gcc əsaslı WinAVR kompilatoru daxildir.

İSP proqramçı tərəfindən hazırlanmış proqramı ATmega128 daxilindəki əlavə yaddaşa yükləyən cihazdır və AVRISP mkII, STK500, STK600, TAGICE3 və JTAGICE mkII elementərinə malikdir. İSP konnektorlarının rezonator sistemi istehsalçılar arasında fərqləndiyinə görə, ATmega128 platası və İSP arasında rezonator sistemi uyğunlaşdırılmalıdır.

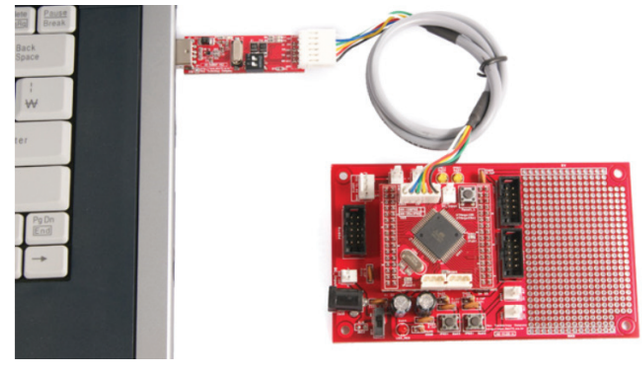
USBISP-dən istifadə edə bilən proqram təminatı AVR Studio proqramında sabit olan ICCAVR V7, V8 (AVR Studio quraşdırılmalıdır) və Codevision V1.25.x proqramları və ya STK500 protokolunu dəstəkləyən sonrakı versiyalarıdır.



Adapter – adapter
Module – modul
ISP interface – İSP interfeysi
Reser – sıfırlama
Switch input – açar girişi
Communication – rabitə
Seven segment – yeddi seqment

Şəkil 1: AB-M128PRO-A(ATmega128 proqram sxemi)

(a) USBISP V03.6



(b) USB-ISP
və AB-M128-A plataları arasında rabitə

Şəkil 2: USBISP V03.6 və rabitə

(1) Drayverin quraşdırılması

- USBISP-ni, [şəkil 2, (a)]-da göründüyü kimi kompüterin USB portuna birləşdirin. Faylı çıxardıqdan sonra, siz CP210xVCPInstaller_x64.exe faylı ilə qarşılaşacaqsınız, əvvəlcə bu proqramı, sonra isə USBISP drayverini quraşdırın.
- USB-ISP birləşdirilibsə, siz Windows-Start > Control Panel > System hardware device manager ‘CP210x USB to UART Bridge (COM2) mikrosxem kristalları laboratoriyasını görəcəksiniz, siz həmçinin OCOM6 ilə qarşılaşa bilərsiniz, lakin hər bir kompüter və ya usb portu fərqli virtual COM portuna malikdir, buna görə də siz port nömrəsini yoxlamalısınız. Şəkilə istinad edin [şəkil 3]
- COM portunu dəyişmək istəyirsinizsə, ‘CP210x USB to UART Bridge(COM2)’ mikrosxem

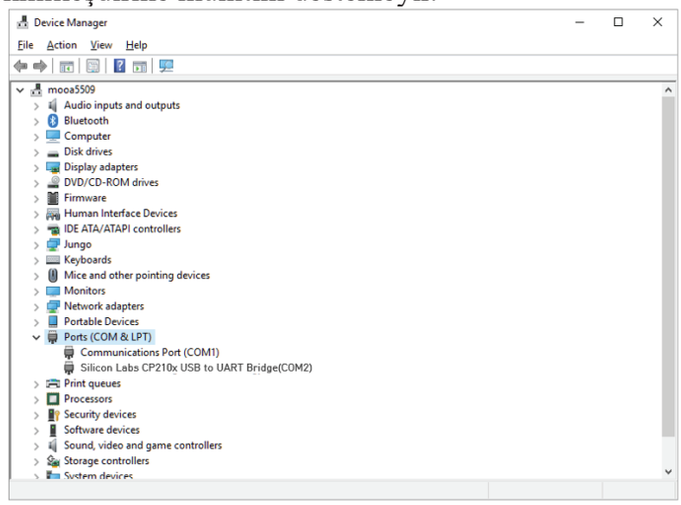
kristalları laboratoriyasında mausun sol düyməsini və sağ düyməsini, sonra isə properties port setting advanced-> klikləyin, bununla da portun nömrəsini dəyişə bilərsiniz.

- Bəzi kompüter sistemləri kənar müdaxilə ilə port nömrəsi dəyişdikdən sonra təkrar yüklənmə tələb edə bilər.

3) AVR kompilatorundan istifadə edin.

(1) Kompilator (AVR Studio + WinAVR)

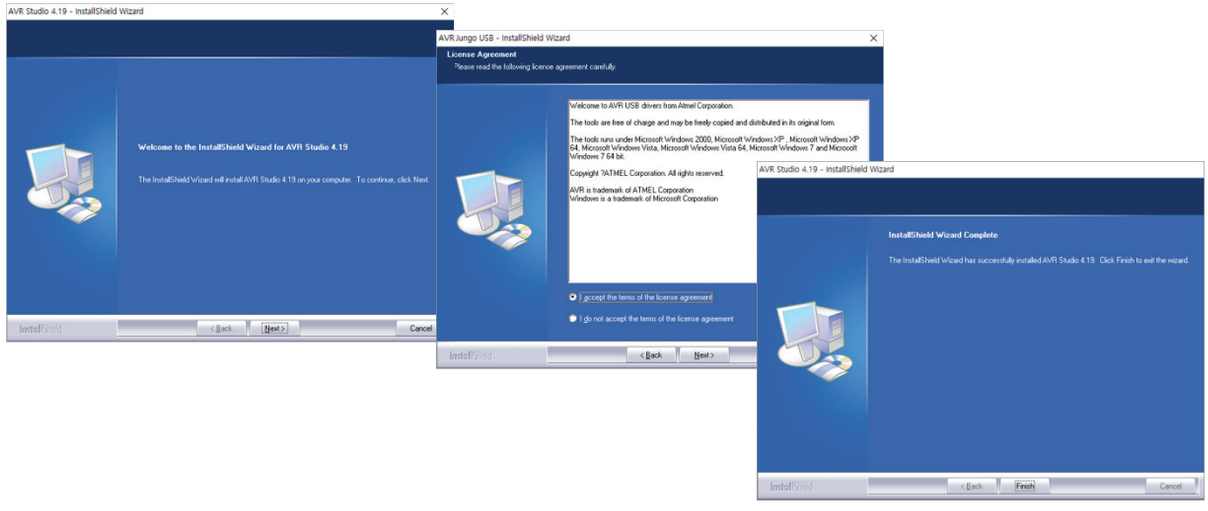
WinAVR kompilatoru ictimaiyyətə açıq proqram təminatıdır və ATMEL-in AVR Studio təminatı ilə birlikdə işə salınır, buna görə də çox faydalı proqramdır, çünki istifadəçi AVR Studio ilə birlikdə toplaya və yükləyə bilər. WinAVR C Kompilatorudur və AVR Studio kompilator daxilindəki GUI təkmilləşdirmə mühitini dəstəkləyir.



Şəkil 3: USBISP V03.6 Drayverinin quraşdırılması

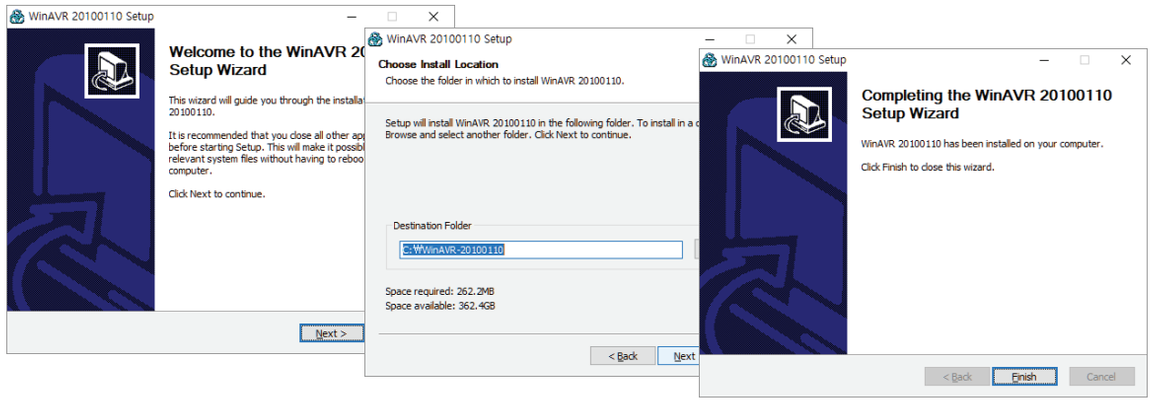
(1) AVR Studio WinAVR proqramlarının quraşdırılması

(1) DVD-də ATMEGA128_board → AVR Tools → AVR Studio V4.19 → AvrStudio4Setup.exe faylını işə salın.



Şəkil 4: AVR Studio 4.19 proqramının quraşdırma prosesi

(2) DVD-dən, ATMEGA128_board → Compiler → 'WinAVR-20100110-install.exe' faylını işə salın.

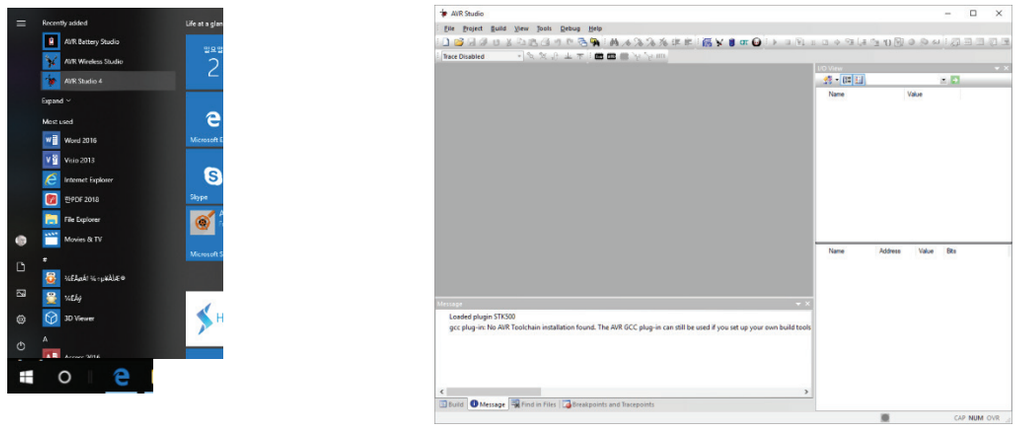


Şəkil 5: WinAVR proqramının quraşdırma prosesi

AVR Studio proqramının alətləri və yığılması

(1) Windows-un Start simvoluna mausun sol düyməsi ilə klikləyin və başlama pəncərəsində AVR Studio 4 faylını klikləyin. Şəklə istinad edin. (Şəkil 6(a))

(2) AVR Studio 4 proqramını işə saldıqda, (Şəkil 6 (b)) hissəsindəki ilkin ekran meydana gələcək.



(a) AVR Studio 4 (b) AVR Studio 4 proqramının ilkin ekranı

Şəkil 6: AVR Studio 4 proqramının icrası

(3) Yeni layihənin yaradılması

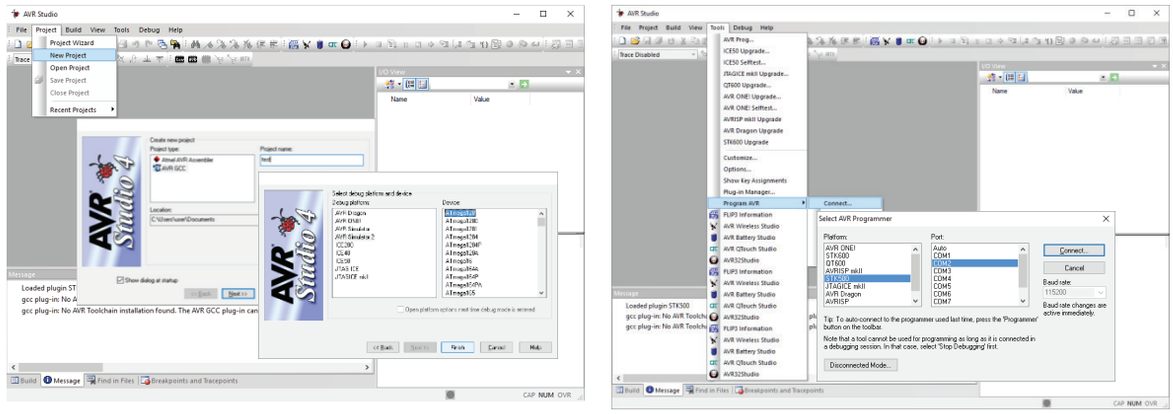
- Menu → Project → New Project → Select ACR GCC → Set of Project Name and Location→ Next → Select Debug Platform and Device→ Finish. Şəklə istinad edin. (Şəkil 7 (a))

(4) USBISP cihazının seçilməsi

- Menu → Tools → Program AVR → Connect → SelectAVR Programmer→ Set platform (STK500 və ya USBIAP) and Port (COM2) → Şəklə istinad edin. (Şəkil 7 (b))

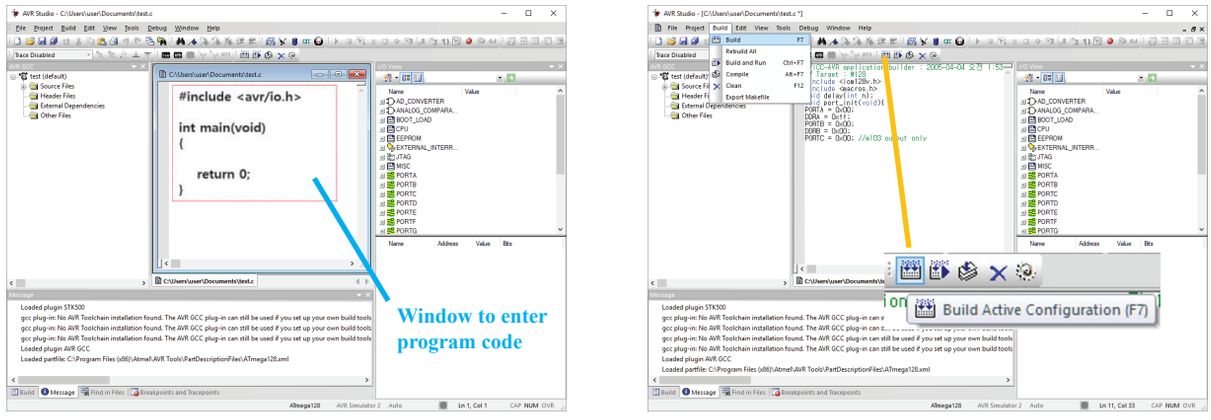
(5) Proqram kodunun daxil edilməsi və yığılması

- Proqram kodunu tapşırıq (iş) pəncərəsinə daxil edin. Şəklə istinad edin. (Şəkil 8 (a))
- Menu → Build → Build (F7) və ya Alət menyusuna kliklə. Şəklə istinad edin (Şəkil 8 (b))



(a) Yeni layihənin yaradılması (b) USBISP cihazının seçilməsi

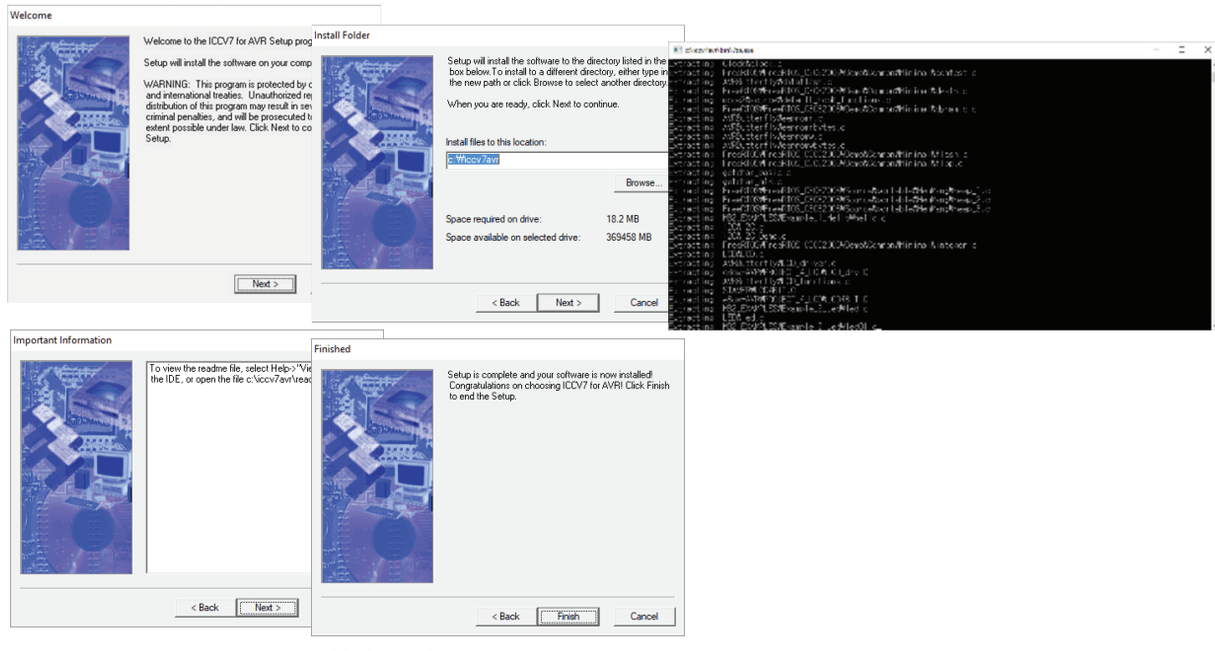
Şəkil 7: Yeni layihənin yaradılması və USBISP cihazının seçilməsi



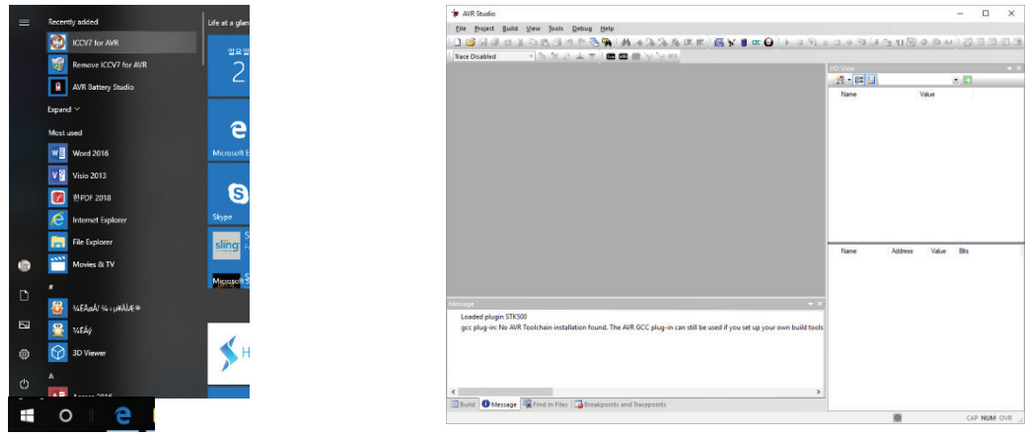
(a) Proqram kodunun daxil edilməsi (b) Yığılma

Şəkil 8: Proqram kodunun daxil edilməsi və yığılma

4) ICCAVR proqramından istifadə



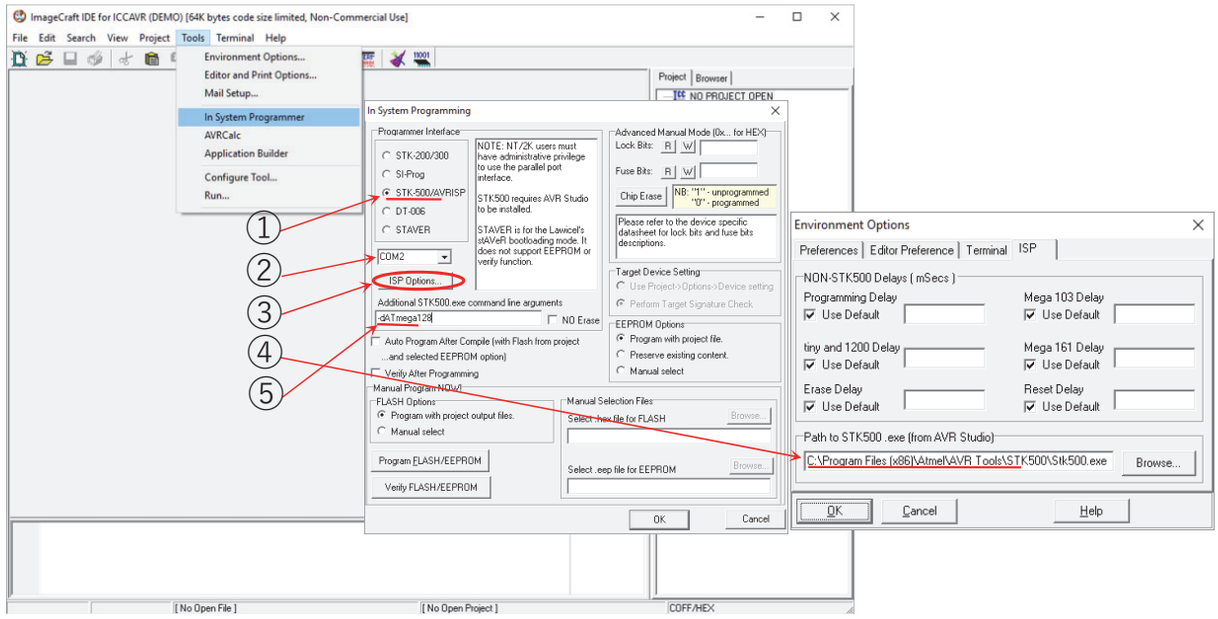
Şəkil 9: ICCAVR _V7 proqramının quraşdırılma mərhələsi



(a) AVR üçün ICCV7 seçilməsi (b) ICCAVR-ın açılış ekranı

Şəkil 10: ICCAVR proqramının icrası

(1) ICCAVR proqramının quraşdırılması
(2) DVD də ATMEGA128_board → AVR_Tools → ICCAVR_V7→ iccv7avr_demo.exe faylını işə salın. Şəklə istinad edin. (Şəkil 9)
(3) ICCAVR proqramını icra etdikdən sonra Tools →System Programmer seçimini klikləyin. Şəklə istinad edin. (Şəkil 10)



Şəkil 11: ICCAVR proqramının quruluşu

(4) Şəkil 11-də olduğu kimi ICCAVR proqramının quruluşu
1 STK-500 seçin (Bu USB-ISP STK-500 rejimində işləyir).
2 2-ni seçin, sonra isə COM port nömrəsini seçin.
3 ISP Seçimləri-nə klikləyin.
4 Mühit seçimləri düyməsini görəcəksiniz. Stk500.exe faylını tapın və ya STK500.exe faylının yerini daxil edin.
5 ATMega128 proqramından istifadə edirsinizsə, '–dATmega128' qeyd edin. Digər AVR proqramından istifadə edirsinizsə, bu hissəni boş saxlayın.

*Seçimləri yuxarıda göstərildiyi şəkildə yerinə yetirsəniz, ICCAVR proqramında USB ISP

alətindən istifadə edə bilərsiniz.

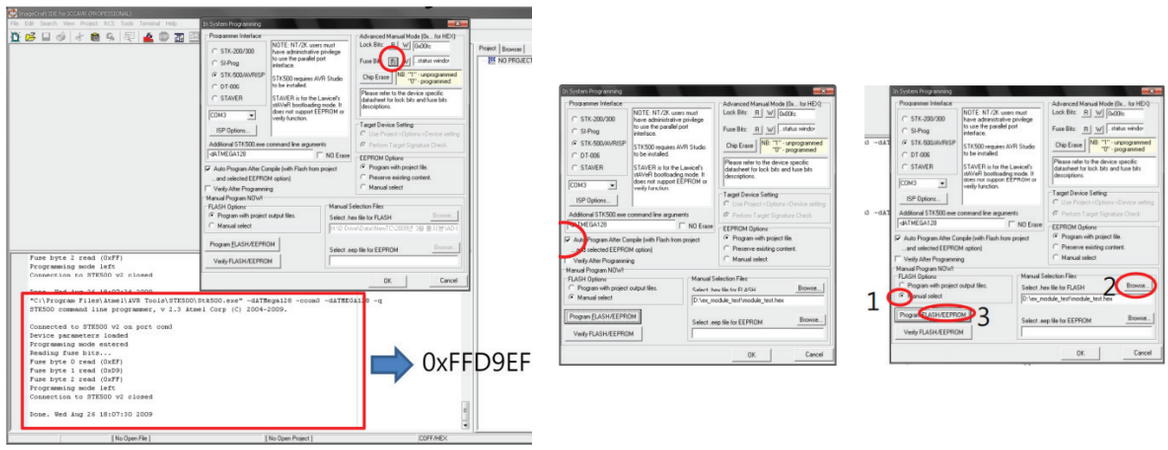
*Əgər siz f bit yazmaq istəyirsinizsə, ICCAVR I 5 versiyasından istifadə edin (ICCAVR proqramında əlavə STK500, In 5 versiyasında isə əlavə STK500.exe əmr sətri…..), –dATmega128 –fD9EF –FD9EF –EFF –GFF daxil edin, sonra proqramlaşdırma zamanı əlavə proqrama 0xFFD9EF yazılacaq.

(5) Şəkil 12 (a)-da təsvir olunduğu kimi, ICCAVR V7 proqramında USBISP alətindən istifadə edərək hüceyrə bitlərini(fuse bit) oxuyun.

- Fusebit oxunması üçün R düyməsini klikləyin.
- ATMEGA128 adətən 0xFFD9EF konfiqurasiyasından istifadə edir.

(6) Şəkil 12 (a)-da təsvir olunduğu kimi, ICCAVR V7 proqramında USBISP alətindən istifadə edərək fleş yükləyin.

- İki üsul mövcuddur.
  - Birinci üsul: [FLEŞ seçimləri] “Layihənin çıxış faylları olan proqram” seçin və layihəni yaratdıqdan sonra “Auto program after Compile” (Kompilasiyadan sonra avto-proqram) qutusunu işarələyin. F9 düyməsinə basın, bundan sonra proqram kompilasiya etməyə və yükləməyə başlayacaq.
  - İkinci üsul: [FLEŞ seçimləri] “Manual select” (Əllə seçim) seçin. Şəklə istinad edin. (Şəkil 12 (c))



(a) (b) (c)

Şəkil 12: ICCAVR proqramında USB ISP alətindən istifadə

(7) Fleş yükləmə

- Project → Options→ Target → Device Configuration→ ATmega128 seçin

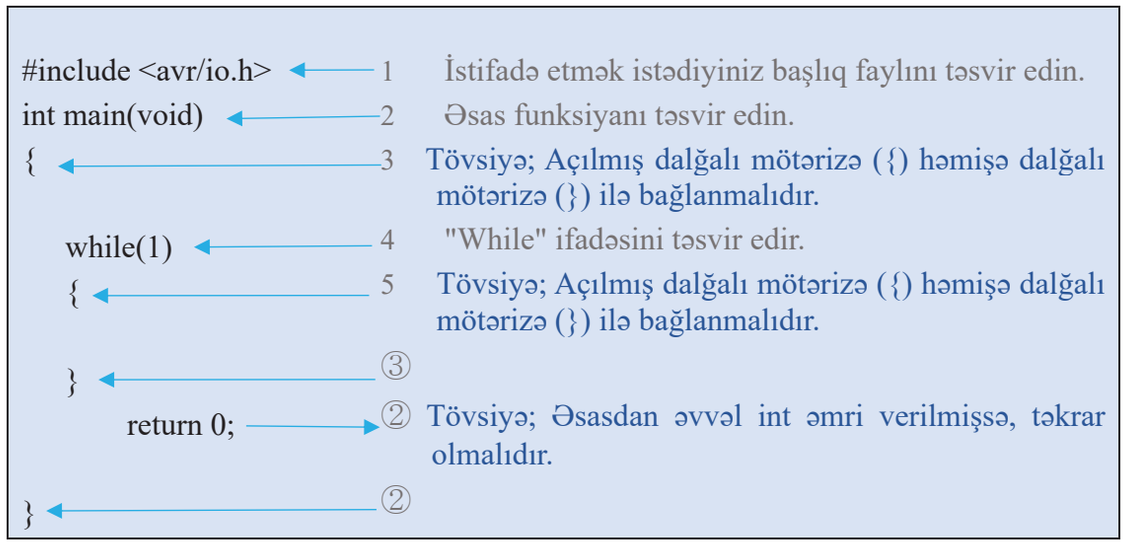
(8) USBISP V03-də LED göstəricisi

- USBISP V03 versiyasına qədər olan seçimlərdə LED işarələmə aydın şəkildə dəyişir. 5 rejimə malikdir. USBISP kompüterə qoşulmuşsa, mavi LED yanır.
- ISP yükləmə rejimi: Qırmızı LED yanır. Yaşıl LED sönmüş halda olur.
- ISP yükləməsinin başa çatması: Qırmızı LED sönür. Yaşıl LED yanır.
- Normal vəziyyət (enerji təchizatı yanılı halda olduqda, USBISP kompüterə və ya nəzərdə tutulmuş plataya qoşulmuşsa): Qırmızı LED sönür. Yaşıl LED saniyədə 1 dəfə yanıb-sönür.
- USBISP hədəfə qoşulmamışsa və ya hədəf enerji təchizatı sönmüşsə: qırmızı LED yanıb-sönür. Yaşıl LED sönmüş halda olur.
- Yükləmə xətası: 4 saniyə ərzində qırmızı və yaşıl LED eyni anda yanıb-sönəcək və normal vəziyyətə qayıdacaq.
- Yəni əgər USBISP kompüterin USB portuna qoşulmuşsa, LED AVR qoşulmayıb, bu

halda LED qırmızı rəngdə yanıb-sönəcək. USBISP təkrar açıldıqda və hədəf AVR təkrar açıldıqda LED yaşıl rəngdə sönüb-yanacaq. Yükləmə zamanı qırmızı LED yanacaq. Yükləmədən sonra yaşıl LED təkrar yanacaq və bur müddətdən sonra yaşıl LED yanıb-sönəcək.

4. Proqramın yazılması

1) Proqramın yazılması
Mikrokontrollerdən istifadə edərək sistem yaradılarkən hansı mikrokontrollerdən istifadə ediləcəyini seçmək çox vacibdir. Yəni siz yaradacağınız aparat üçün ən uyğun mikrokontrolleri seçməlisiniz. Mikrokontrolleri seçərkən yaradılacaq aparatın funksiyası aydın şəkildə müəyyən edilməli və yaradılacaq sistemdə tətbiq edilməlidir. Bundan əlavə, proqram yazarkən hansı əməliyyatların yerinə yetirilməli olduğunu, hər funksiya üçün əməliyyat müddətini və əməliyyat üçün vaxt cədvəlini müəyyən etmək lazımdır.
2) Proqramın yazılma ardıcıllığı
(1) Bütün layihələr əsas () funksiyaya malik olmalıdır. Mikrokontroller enerji ilə təchiz edilirsə və avadanlıq işə salınmışsa, başlamaq üçün birinci funksiya əsas () funksiyadır. Əsas () funksiya ən çox bir layihəyə malik olur.
(2) Mikrokontrollerdən istifadə edərək sistem yaradılarkən xüsusi hallar istisna olmaqla, proqram enerji ilə təchiz edilməli və sistemin enerji təchizatı kəsilənə qədər qeyri-müəyyən müddətdə və təkrar şəkildə işləməlidir. Buna görə də sonsuz təkrarın sonsuz sayda dövrləri mövcud olmalıdır. Ümumilikdə, C proqramlaşdırma dili sonsuz sayda dövrlərin icrası üçün "while" (1) və "for" (;;) əmrlərindən istifadə edir.
(3) İstifadə etməyə cəhd etdiyiniz proqramın əmri, dəyişənləri və funksiyaları istifadə edə bilməyiniz üçün əvvəlcədən müəyyən edilməlidir. Dördüncü mərhələ proqramın düzgün ardıcıllıqla yazılmasıdır.



Şəkil 13: Proqramın sadə quruluşu

1 Birinci növbədə siz mikrokontrollerin istifadə etmək istədiyiniz başlıq faylını #include əmri ilə bildirməlisiniz. Proqramın yazılmasını asanlaşdırmaq üçün kompilator dəyişənləri və ya funksiyaları yaratmaq və onları kompilator daxilində sıxlaşdırmaq üçün başlıq faylından istifadə edir ki, beləliklə, proqramçı proqram qarşısında funksiya və ya dəyişənlər tərəfindən müəyyən edilmiş başlıq fayllarından istifadə edə bilsin. Siz mikrokontroller proqramı ilə işləyirsinizsə, kompilator tərəfindən müəyyən olunmuş başlıq faylı istifadə etmək istədiyi-

niz mikrokontrollerdən asılı olaraq dəyişəcək. Buna görə də proqramçılar mikrokontroller üçün əvvəlcədən təyin olunmuş başlıq fayllarını tapmalı və istifadə etməlidirlər. Başlıq faylı eyni mikrokontroller üçün nəzərdə tutulmuş fayl olsa da, bu həm də hər kompilator şirkəti üçün fərqli addan istifadə edir. Proqram daxilində istifadə olunan metod ‘ #include <stdio.h>’ şəklində təsvir olunur.

2 Proqramın əsas funksiyasını təsvir edin. Əsas funksiyanın yerinə yetirilmə üsulu heç bir halda boş əsas (boş), boş əsas (), int əsas (boş) və int əsas () şəklində təsvir edilməməlidir. Yadda saxlayın ki, siz int funksiyasına başladıqdan sonra sonra “return” (təkrar) cümləsini daxil etməlisiniz.

3 While (1) bəyanatı təsvir edir. Avadanlığın yaradılması üçün mikrokontrollerdən istifadə edərkən enerji təchizatı kəsilənə qədər o, qeyri-müəyyən sayda təkrar olunmalıdır. Beləliklə, əsas () proqramda while (1) adlı sonsuz dövretmə əmri olmalıdır.

4 C proqramlaşdırma dilində proqram daxilində sətirlər arasındakı fərq nöqtə-vergül simvolu (;) ilə müəyyən edilir. Nöqtə-vergül işarəsi (;) aşkar edilməyibsə, növbəti əmrlər hazırkı əmrlə əlaqəli hesab olunur və kompilator xətanın meydana gəldiyini göstərir.

(4) Funksiyanın sadə quruluşu

Şəkil 14 sadə funksiyanın quruluşunu təsvir edir. Funksiya dörd sadə quruluşa malikdir və deformasiyaya əlavə olaraq istifadə olunur. Funksiya daxilində siz boşluğu C dilində funksiyanın təkrar etmə xüsusiyyətinin olmaması əmri kimi fərz edə bilərsiniz.

①
```
void fun_name(void)
{
}
```

②
```
unsigned char fun_name1(void)
{
        unsigned char ret;
        return ret;
}
```

③
```
void fun_name2(unsigned char in)
{
        unsigned char a ;
        a = in + 10;
}
```

④
```
unsigned char fun_name3(unsigned char in)
{
        unsigned char ret;
        result = in + 20;
        return ret;
}
```

Şəkil 14: Sadə funksiyanın quruluşu

5 Funksiyanın adından əvvəl boşluq mövcuddursa və funksiyanın adı növbətidirsə (boşluq), bu funksiyalar ən geniş şəkildə istifadə olunan funksiyalardır və funksiyaya kənardan dəyişənlər daxil edilmir, beləliklə, funksiya verilənləri funksiyadan əldə etmir.

6 Bu halda dəyişənin növü funksiyanın adından əvvəl bəyan edilir və funksiyanın adı növbəti (boşluq)-dur. Bu funksiyalar funksiyaya kənardan daxil edilən dəyişənlərə malik deyillər, onlar verilənləri funksiyadan əldə edə bilirlər. Bu halda verilənlər funksiya daxilindəki “return” (təkrar) əmrindən istifadə edilməklə kənara çıxarılır. Çıxarılmış dəyişənin aldığı qiymət funksiyadan əvvəl bəyan edilmiş funksiyanın növünə uyğun şəkildə istifadə olunmalıdır. Şəkildə funksiyanın dəyişəninin adı ‘unsigned char fun_name ()’ kimi təsvir olunmuşsa, funksiyada “return” (təkrar) RET kimi bəyan edilməli və təkrar üçün nəzərdə tutulmuş RET dəyişəni, həm də ‘unsigned char’ şəklində qeyd olunur.

7 Funksiyanın adından əvvəl boşluq qoyulmsı və funksiyanın adından sonra bəyan edilməsi (unsigned char in). Bu funksiya kənardan in dəyişəni şəklində daxil edilmiş funksiyadır və funksiya daxilindəki verilənləri funksiyadan kənara çıxarmır. Bu funksiyadan xarici məkanlarla rabitəyə girməməklə, funksiya daxilindəki xarici dəyişənləri emal etmək üçün istifadə etmək olar.

8 Funksiyanın növü funksiyanın adından əvvəl və funksiyanın adından sonra (unsigned char in) bəyan edilir. Bu funksiyalar əsas funksiyaya in dəyişəni şəklində kənardan daxil edilir və funksiyadan kənardakı verilənləri görə bilmək üçün funksiya daxilində yerləşdirilir. Bu halda, funksiyaya kənardan daxil edilmiş dəyişənlər funksiya daxilində emal edilir və verilənlər funksiya daxilində "return" əmrindən istifadə etməklə kənara çıxarılır. Çıxarılan dəyişənin aldığı qiymət funksiyadan əvvəl bəyan edilmiş dəyişənin növünə uyğun şəkildə istifadə edilməlidir. Şəkildə təsvir olunduğu kimi, əgər funksiyanın funksionalı 'unsigned char' şəklindədirsə, təkrar edilməli olan ret dəyişəni funksiya daxilində ' unsigned C ' şəklində bəyan edilməlidir.

(5) Funksiyanın əsas funksiyadan çağırılması

```
void main(void)
{
unsigned char indata;
unsigned char result = 0;
indata= 10;
func_name();
result = func_name1();        ← result : 30
func_name2(indata);
result = func_name3(indata);  ← result : 20
}
```

Şəkil 15: Funksiyanın əsas funksiyadan çağırılması

Şəkil 15 Şəkil 14-də göstərilən əsas () funksiyada müəyyən edilmiş funksiyalardan necə istifadə etməyi təsvir edir. 'Func_name ();' əmri ilə çağırıla bilməyən və ya dayanmayan funksiyalardır. Əgər yalnız bir çıxış mövcuddursa, bu çıxış 'result = Func_name ();' ilə yerinə yetirilmir. Bu zaman nəticə çağıran funksiyanın dəyişən növü ilə eyni olmalıdır.

Şəkil 14-də təsvir olunmuş nümunədə funksiya unsigned char func_name () əmri ilə bəyan edilir və həmçinin nəticə ‹ unsigned char result; ‹ əmri ilə bəyan edilməlidir. Əgər çağırılmayan funksiya mövcuddusa, ‹ Func_name (indata); ‹ əmrindən istifadə edə bilərsiniz.

Həmçinin daxili verilənlərin növü funksiyada müəyyən edilmiş verilənin növü (func_name (unsigned char in)) ilə eyni olmalıdır. Daxili verilənlərin dəyişən növü ' unsigned char unsigned ' şəklində bəyan edilməlidir, çünki funksiya bu dəyişəni 'char in şəklində' bəyan edir. Əgər daxil olan və çıxan verilənlər mövcuddursa, onları ' result = Func_name3 (Indata) ' şəklində bəyan etməlisiniz. G/Ç (I/ O) üçün dəyişənləri növləri funksiya tərəfindən bəyan edilən eyni dəyişənlərlə birlikdə istifadə oluna bilər.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulu təcrübədə yerinə yetirərkən 1. AVR mikrokontrollerinin quruluşunu və iş prinsiplərini izah etdimi? 2. Proqramı onun sadə quruluşuna uyğun şəkildə proqramlaşdırdımı? 3. Funksiyanın sadə quruluşunu yaratdımı? 4. AVR mikrokontrollerinə proqramı yüklədimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

2. G/ Ç (I/ O) hissələrindən istifadə etməklə LED-ə nəzarət

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. LED-dən axan cərəyanı izah edə və hesablaya biləcək;
2. LED-in yanıb-sönmə dövrəsini izah edə biləcək;
3. Dövrəyə qoşulmuş LED-lərin yanıb-sönməsi üçün proqram yaza biləcək;
4. Hər saniyə ardıcıl şəkildə dövrəyə qoşulmuş LED-lərin yanıb-sönməsi üçün proqram yaza biləcək;
5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatları yoxlayacaq.

Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, AM-TL8 (LED modulu), AM-TS8 (açar modulu)
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd birləşdirici kabeli

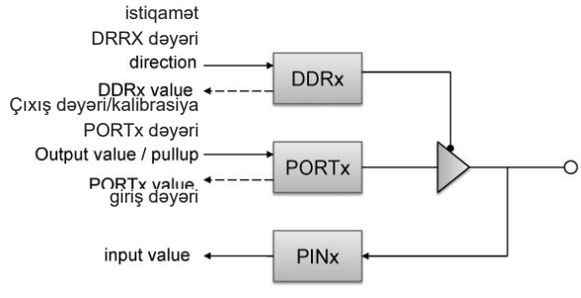
Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. ATmega128-in ÜTGÇ (Ümumi Təyinatlı Giriş Çıxışı)

1) ATmega128 GPIO-un quruluşu

ATmega128 MKV- nın PORTA, PORTB, PORTC, PORTD, PORTE, PORTF və PORTG olmaqla, ümumilikdə proqramlaşdırıla bilən 53 GÇ (giriş-çıxış) kontaktından ibarət olan ÜTGÇ portları var. PORTG-dən başqa digər portların hər biri 8, PORTG isə 5 kontaktdan ibarətdir.

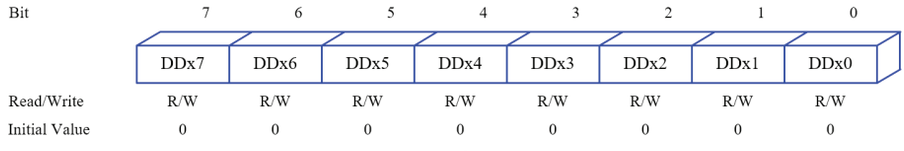
Aşağıdakı (Şəkil 1) ATmega128 portunun quruluşunu göstərir. ÜTGÇ kontaktına təsir edən funksiya registratorunun ÜTGÇ portuna giriş çıxış istiqamətini müəyyən edən DDRX-i (Verilənlərin İstiqamət Registratoru) var. Siqnalları PORT-dan mikrokontrollerin xaricinə göndərmək üçün istifadə edilən PORTx registratoru və siqnalları xaricdən mikrokontrollərə qəbul edən PINx registratoru mövcuddur.



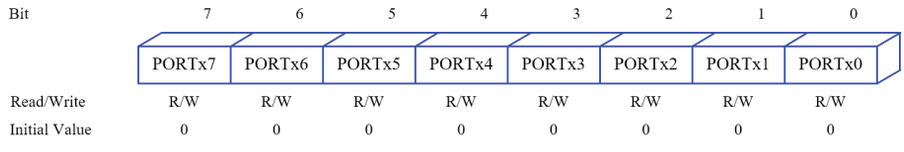
Şəkil 1: ATmega128 ÜTGÇ-nın quruluşu

2) G/Ç (I/ O) port nəzarəti

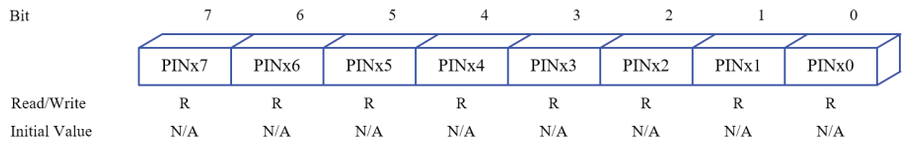
Şəkil 2 ÜTGÇ portunda funksiya registratorunun quruluşunu göstərir. PORTx, DDRx və PİNx registratorlərinin hər biri 8 bitdən ibarətdir. PORTx registratorunun həm oxuma, həm də yazma funksiyası var və ilkin olaraq enerji verildikdə bütün qiymətlər 0-a bərabərdir. DDRx registratorları oxuma və yazma funksiyalarına malik ola bilər və ilkin olaraq enerji verildikdə bütün qiymətlər 0-a bərabərdir. PİNx registratoru yalnız oxuma funksiyasına malik ola bilər və giriş qiyməti ilkin olaraq enerji verilərkən portun xarici kontaktının vəziyyətindən asılı olaraq dəyişə bilər.



(a) DDRx (Verilənlərin İstiqamət Registratoru)



(b) PORTx Registratoru



(c) PINx Registratoru

Read/write initial value – Oxuma/Yazmanın ilkin dəyəri

R/W – O/Y

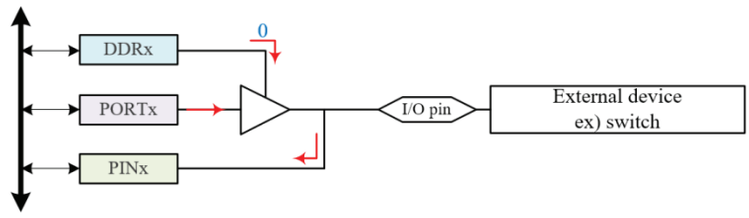
Şəkil 2: ÜTGÇ portunda funksiya registratorunun strukturu

(1) DDRx registratoru
Hər portun giriş və ya çıxış rejimini (istiqamətini) müəyyən edən DDRX registratorarıdır. DDRx registratorunun qiyməti 0 olduqda giriş rejimi, 1 olduqda isə çıxış rejimi işə salınır.

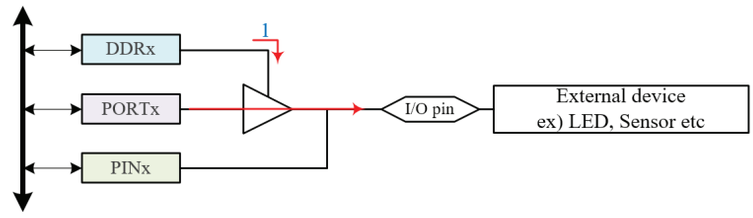
(2) PORTx registratoru
PORTx registratoru verilənləri çıxış dəyərlərini hazırlayır. PORTx registratorunun qiyməti 0 olduqda çıxış 0 [V] (aşağı aktivlik), 1 olduqda isə çıxış 5 [V] (yüksək aktivlik) olar.

(3) PINx registratoru
Verilənləri kontaktdan qəbul etmək üçün registrator

3) ÜTGÇ ilə nəzarət



(a) DDRx →0



(b) DDRx →1

I/O pin – G/Ç kontaktı
External device – xarici cihaz
Switch – açar

Şəkil 3: ÜTGÇ ilə nəzarət

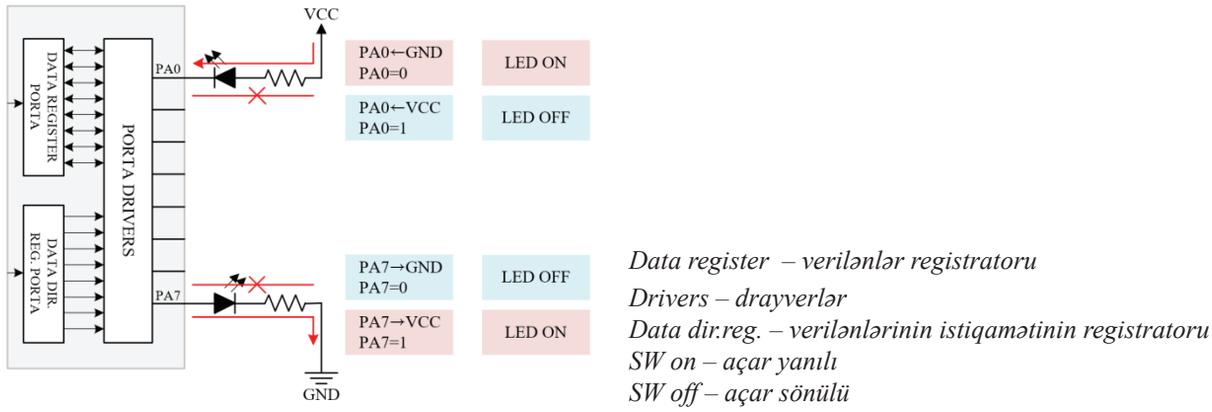
Şəkil 3 (a) göstərir ki, portun istiqaməti giriş olaraq təyin olunmuşsa, verilənlərin aldığı qimət PİNx registratoruna giriş qiymətidir. Bu halda DDRx registratorunun qiyməti 0, PORTx registratorunun qiyməti isə sabit qalır.

Şəkil 3 (b) portun istiqaməti çıxış olaraq təyin olunduqda PORTx registratorundan verilənin qiymətini göstərir. Bu zaman DDRx registratorunun qiyməti 1, PORTx registratorunun qiyməti isə 0 və ya 1 olur.

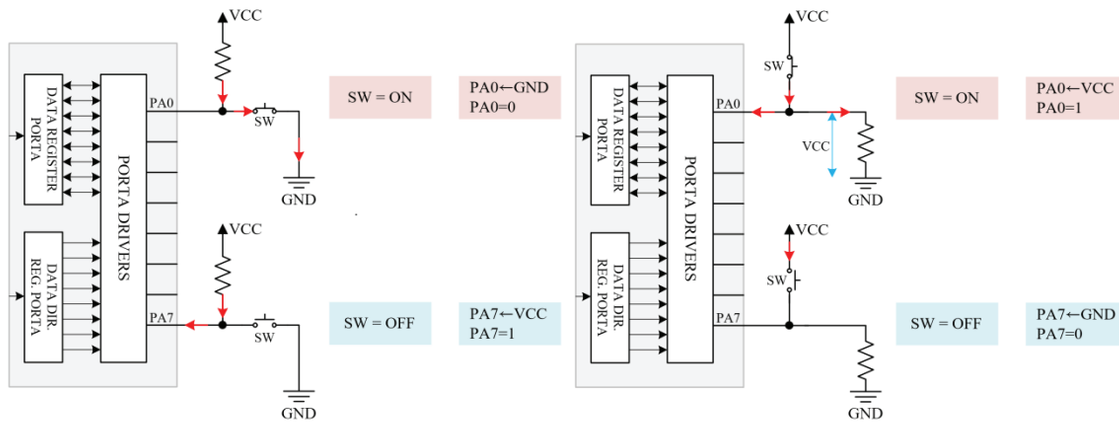
2. LED-ləri (işıq yayan diod) mikrokontrollerə necə qoşmalı

LED-ləri qoşma yolu mikrokontrollerə və mikrokontrollerin xaricinə elektrik cərəyanı verməklə mümkün olur. Şəkil 4-ə istinad edin.

1) Mikrokontrollerin çipinə cərəyan axını o deməkdir ki, axın mikrokontrollerdən portun daxilinə istiqamətdə axır. Cərəyan axını mikrokontrollerin portunun çıxışı və VCC enerji təchizatı arasındakı cihaza qoşulmaqla mikrokontrollerin daxilinə istiqamətlənmiş axındır. Bu halda, təqribən 20 mA tok mikrokontrollerə axır.
2) Mikrokontrollerin portu mənbə cərəyanıdır və cərəyan mikrokontrollerdən kənara axır. Cihaz mikrokontrollerin portunun çıxışı və GND arasında birləşdirilib. Bu halda cərəyan axını təqribən 5 mA-dır.



Şəkil 4: Mikrokontrollerdə LED-ə nəzarət



(a) Tamamilə dolu halda (b) Tamamilə boş halda

Şəkil 5: Açarı mikrokontrollerə birləşdirin dövrə

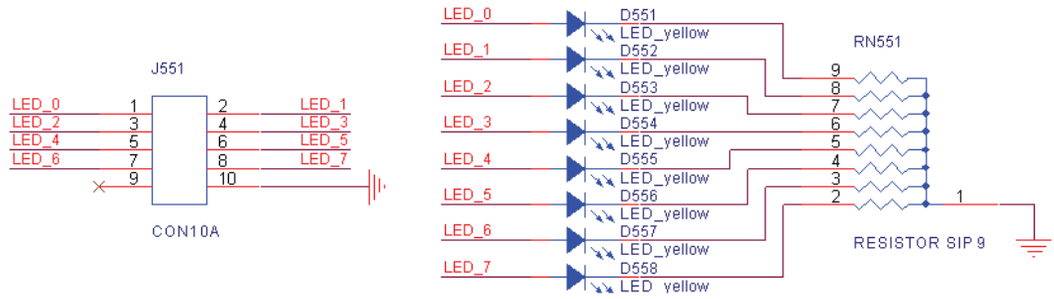
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütb birləşmələrinə diqqət edin.
2. Proqramı yükləyərkən statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. Sınaq üçün avadanlığı, alətləri və materialları hazırlayın.

1) PORTC istifadə olunur, buna görə də TL8-i (LED lövhəsi) PORTC ilə əlaqələndirin.
2) USB-ISP və enerji mənbəyini AB-M128PRO əsas platasına və kompüterə qoşun.
3) AM-TL8 və AB-M128PRO dövrələrinə və məmulatın texniki kitabçasına istinad edin və portun xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirin.
4) Aşağıda AM-TL8-in konnektor məlumatları əks olunub.



5) Registratorun nizamlamaları

(1) VİKR: C Portunun Verilənlərin İstiqamətini Nizamlama Registratoru

- VİKR = 0xFF; kökləyin.
- 8 portun hər birini C portuna çıxış kontaktı kimi kökləyin.

(2) PORTC: C Portunun Verilənlərinin Çıxış Registratoru

- PORTC = 0x00; köklə: əvvəlcə səkkiz LED-i söndürün və başlayın.

2. Sınaq üçün avadanlığı, alətləri və materialları hazırlayın.

1) LED yanılı / sönülü təcrübəsi

(1) LED-in yanıb-sönmə limiti

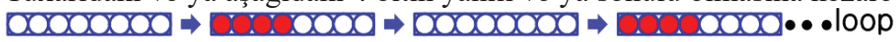
```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
int main(void)
{
unsigned int k = 20;            // LED 20 dəfə yanma-sönmə limiti
DDRC = 0xFF;                    // C port çıxışının bəyan edilməsi
PORTC = 0x00;                   // LED sönülü
while(k != 0)                   // Sonsuz sayda təkrar  for(;;), while(1)
{
_delay_ms(200);
PORTC = 0x01;          // 0b00000001
_delay_ms(200);
PORTC = 0x00;
k--;
}
return 1;
}
```

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>
int main(void)
{
DDRC = 0xFF;                    // C port çıxışının bəyan edilməsi
PORTC = 0x00;                   // LED sönülü

while(1)
{
PORTC=~((1<<3)|(1<<5));    // LED D4, D6 yanılı
 _delay_ms(250);
PORTC=~(_BV(4))|_BV(6);    // LED D5, D7 yanılı
_delay_ms(250);
}
return 1;
}
```

```
#include <avr/io.h>
#include <util/delay.h>

#define DDR_LED DDRC
#define PORT_LED PORTC              // #define PIN_LED PIND

int main(void)
{
unsigned char led_status = 0x00F;

DDR_LED= 0xFF;                  // C port çıxışının bəyan edilməsi
PORT_LED = 0x00;                  // LED SÖNÜLÜ

for(;;)
{
led_status = ~led_status;       // LED keçirmə
PORT_LED = led_status;
_delay_ms(200);
 }
return 1;
}
```

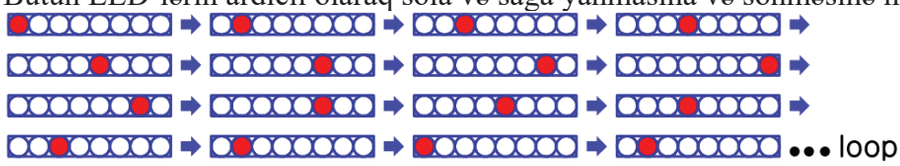
3. Aşağıdakı tələblərə cavab verən proqramı yazın və işə salın:

1) Yuxarıdakı və ya aşağıdakı 4 bitin yanılı və ya sönülü olmasına nəzarət edin.

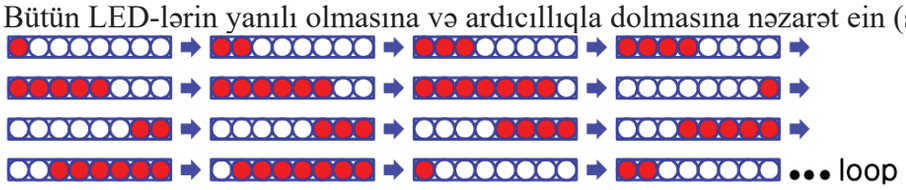


2) Yuxarı bitdən aşağı bitə istiqamətdə bütün LED-lərin ardıcıl şəkildə yanmasına və sönməsinə nəzarət edin.

3) Bütün LED-lərin ardıcıl olaraq sola və sağa yanmasına və sönməsinə nəzarət edin.



4) Bütün LED-lərin yanılı olmasına və ardıcıllıqla dolmasına nəzarət ein (sol, sağ loop)



5) LED-lərin yanma/sönmə bitinə kənardan daxilə istiqamətdə nəzarət edin.

4. Təmizlik və qaydaya salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlığı və alətləri müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. LED vasitəsilə cərəyan axınının hesablanmasını izah etdimi? 2. LED-in yanıb-sönən dövrəsini izah etdimi? 3. Dövrəyə qoşulmuş LED lövhələrin yanıb-sönməsi üçün proqram yazdımı? 4. Dövrəyə qoşulmuş LED lövhələrin ardıcıl şəkildə hər saniyə yanıb-sönməsi üçün proqram yazdımı? 5. Nəzarət proqramından istifadə edərək əməliyyatları yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

3. Fasilələrlə LED/açar/ traffik dövrələrinə nəzarət

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Açar ilə LED-ə nəzarət blokunu izah edə biləcək;
2. LED-lərdən istifadə edərək işıqforlara nəzarət proqramı yazacaq;
3. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxlayacaq.

Avadanlıq və alətlər:

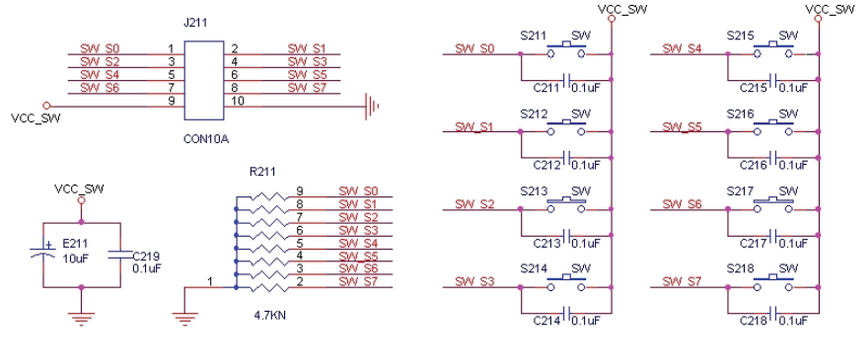
1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas lövhəsi, AM-TL8(LED modulu), AM-TS8(açar modulu)
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd birləşdirici kabel

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Açar dövrəsi və nəzarət məşqləri

8 S/W Giriş modulu giriş portu olaraq qəbul edilə bilən açar siqnalıdır. Açara basıldıqda giriş 1, basılmadıqda isə giriş 0-dır.

Portun girişini və çıxışını müəyyən edən MKV-nə bənzər AVR- dan istifadə etmək üçün müvafiq portun VİR registratoru üçün lazımi nizamlamalar yerinə yetirilməlidir. Şəkil 1 açar modulunun dövrə diaqramıdır.



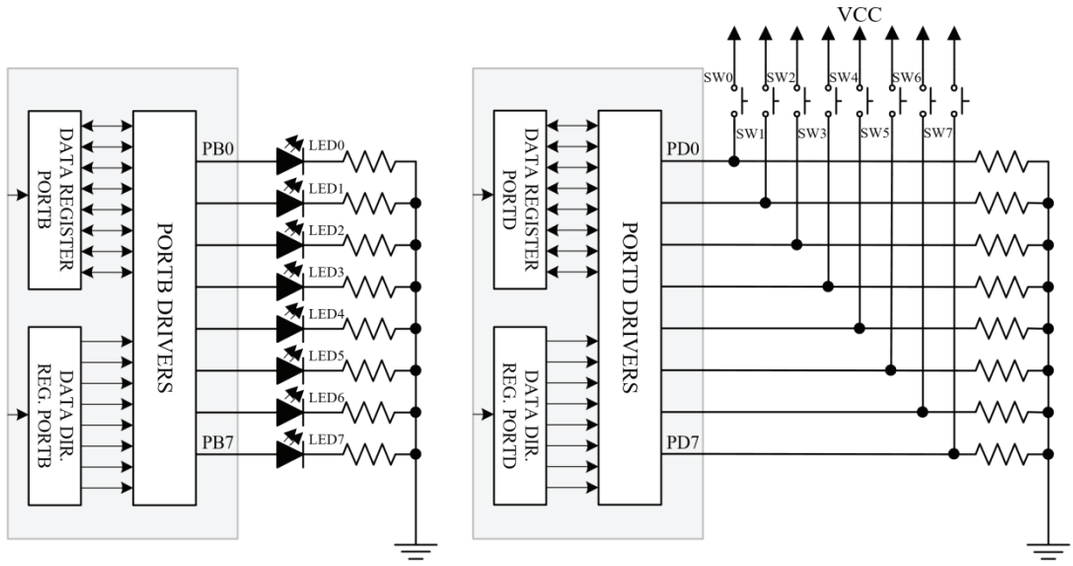
Şəkil 1: Açar modulunun dövrə diaqramı

Şəkil 2 (a) DDRB registratorunda müəyyən olunan B portunun istiqamətini dəqiqləşdirən qiyməti göstərir. Çıxış qismində istifadə olunmuş kontaktı təyin etmək üçün DDRB registratorunda olan biti 1-ə təyin edin.

Şəkil 2 (b) açar giriş siqnalı ilə D portunun kontaktı arasındakı qoşulma əlaqəsini göstərir.

[Şəkil 2 (b)-də göstərildiyi kimi, açar D portunun kontaktına qoşulur. Əgər açar basılmayıbsa, müvafiq bit 0 (GND, aşağı) olacaq, çünki voltaj kontakta bağlı deyil. Açar basıldıqda isə, elektrik cərəyanı D portuna qoşulmuş açardən keçərək, GND-yə axır və VCC voltajı rezistorda voltajın azalması ilə D portunun kontaktına verilir. Buna görə də, müvafiq bitin qiyməti 1 (VCC, yüksək) olur. Verilənləri D portundan qəbul etmə metodu PİND (in(giriş) = PİND) şəklində giriş olmalıdır.

Əgər giriş siqnalının qiymətini bilmirsinizsə, onu 0-a (in = PİND & 0xF0) kökləyərək istifadə edə bilərsiniz. Hər hansı bir kontaktın girişini sıfır etmək üçün 0 ilə bu kontakta qoşulmuş bitlərə And əmrini verə bilərsiniz.



Şəkil 2: LED nəzarəti və açar giriş dövrəsi

1) Şəkil 2-də göstərilən dövrədə təsvir olunan proqram dövrədə SW0 basdıqda LED0, SW1 basdıqda LED1, SW2 basdıqda LED2, SW3 basdıqda isə LED3-ə yönəlsin.

```
        #include <avr/io.h>

        int main(void)
        {
        unsigned char in;
        DDRD = 0x00;              // D portunun giriş bəyanatı
        DDRB = 0xFF;              // C portunun çıxış bəyanatı
        PORTB = 0x00;             // Bütün LED sönülü (OFF)
        while(1)
        {
        in = PIND & 0xFF;
    PORTB = in;   // 'in'-ə daxil edilmiş qiyməti B portuna çıxarmaq üçün əmr
    }
    return 0;
}
```

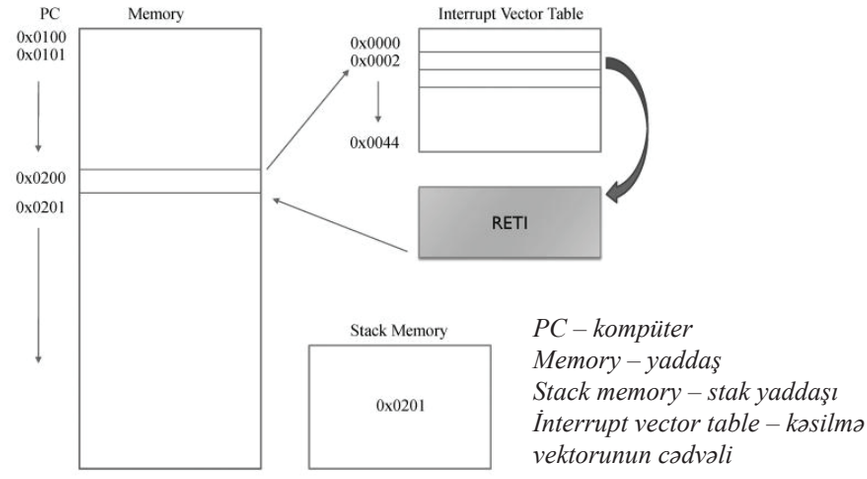
2. Kəsilmə

Kəsilmələrə proqram təminatı və kompüter avadanlığı ilə bağlı olan kəsilmələr daxildir. Proqram təminatı ilə əlaqədar kəsilmələr proqram sorğuları ilə meydana gələn kəsilmələr kimi mikroprosessorun daxilində baş verir.
Avadanlıqla əlaqədar kəsilmə avadanlıq sorğusu ilə meydana gələn kəsilmələr kimi mikroprosessorun xaricində baş verir. Açarlar və sensorlar avadanlıqla bağlı olan kəsilmələrdir.

1) Kəsilmələrin sadə əməliyyat prinsipi

Şəkil 3-də göstərildiyi kimi, kəsilmə meydana gəldikdə icra edilən proqramın yeri (PS: Proqram sayğacı) və indiyə qədər istifadə olunan dəyişənlər stakda saxlanır. Bu isə işlək kəsilmə veltor cədvəlinə şaxələnir və xidmət rutinini emal edir. RETİ ilə qarşılaşdıqda isə stakda verilənlərdən istifadə edərək ilkin vəziyyətinə qayıdır.

2) Mikrokontrollerdə kəsilmədən istifadə edərək proqramlaşdırma
   - Kəsilmə registratorunun kəsilmə funksiyasını aktivləşdirin.
   - Kəsilmə vektor ünvanına qoşulmuş hər kəsilmə funksiyası üçün proqramçı bu əməliyyat üçün zəruri olan proqram yazır.
   - Qlobal kəsilmənin işə salınması bitini təyin edin.
   - 'while (1) {}' əmrindən istifadə edərək lazımi proqramı yazın.



Şəkil 3: Kəsilmələrin sadə əməliyyat prinsipi

3) ATmega128-in kəsilmə növü

ATmega 128 35 kəsilmədən ibarətdir. Kəsilmə sırası apartda təyin olunur.

Cədvəl 1: Kəsilmə vektorunun cədvəli

Vektor NO.	Proqramın ünvanı	Mənbə	Kəsilmənin tərifi
1	$0000	Reset	Xarici kontakt, Enerji təchizatı ilə sıfırlama, Enerji kəsilməsində sıfırlama, Nəzarət sıfırlaması və JTAG AVR sıfırlama
2	$0002	INT0	Xarici kəsilmə sorğusu 0
3	$0004	INT1	Xarici kəsilmə sorğusu 1
4	$0006	INT2	Xarici kəsilmə sorğusu 2
5	$0008	INT3	Xarici kəsilmə sorğusu 3
:	:	:	:
30	$003A	TIMER3 OVF	Taymer/sayğac3 yüksəlməsi
31	$003C	USART1, RX	USART1, RX başa çatdı
32	$003E	USART1, UDRE	USART1, Verilənlərin registratoru boşdur
33	$0040	USART1, TX	USART1, TX başa çatdı
34	$0042	TW1	İkinaqilli silsilə interfeys
35	$0044	SPM READY	Proqramın yaddaşında saxlandı

4) Hazırlıq sorğusu (polling) və kəsilmə
Hazırlıq sorğusu xüsusi registrator qiymətində və ya kontakt qiymətində baş verən dəyişməni təlimatlardan istifadə etməklə fasiləsiz olaraq xüsusi registrator qiymətini oxuyaraq yoxlamaq üçün istifadə olunan metoddur. Kəsilmə aparatdakı dəyişiklikləri yoxladıqda aşkar olunan dəyişiklik yoxlandıqda işə düşən metoddur.

5) Kəsilmənin başlıq faylı
(1) iom 128 başlıq faylı
Kəsilmə vektorunun makro yoxlanılması avadanlıqda baş verən dəyişməni yoxlayan və yalnız dəyişmə zamanı işə düşən metoddur.
iom128 başlıq faylını açmaqda məqsəd bit kodlaşdırmasından istifadə etməkdir.
(2) Kəsilmənin xidmət rutini
- Kəsilmənin xidmət rutini funksiya deyil.
- Kəsilmənin xidmət rutini

*SIGNAL (vektor) formatı: Bəzi inteqrasiya olunmuş proqramlaşdırma mühitlərində dəstəklənmir.

*ISR (vektor, xassələr)

```
#include <avr/interrupt.h>
ISR (vector, property)
{
                    // Kəsilmənin xidmət rutini kodunu əlavə edin
}
```

- AVR GCC kəsilməsinin xidmət rutininin xüsusiyyətləri
  - EMPTY_INTERRUPT (vektor): Boş kəsilmələrin idarə olunması
  - ISR_ALIASOF (vektor): eyni İSR icra olunur
  - BADISR_vect: Elan olunmamış kəsilmələrin idarə olunması
  - ISR_NOBLOCK: yuvalı kəsilmələri idarə edir. sei()
  - ISR_NAKED: İSR rutinlərini birbaşa yazdıqda, reti() funksiyası çağırılmalıdır

(3) Vektor makrosu

Vektor NO.	Makro	Vektor NO.	Makro	Vektor NO.	Makro
2	INT0_vect	14	TIMER1_COMPB_vect	26	TIMER3_CAPT_vect
3	INT1_vect	15	TIMER1_OVF_vect	27	TIMER3_COMPA_vect
4	INT2_vect	16	TIMER0_COMP_vect	28	TIMER3_COMPB_vect
5	INT3_vect	17	TIMER0_CVF_vect	29	TIMER3_COMPC_vect
6	INT4_vect	18	SPI_STC_vect	30	TIMER3_OVF_vect
7	INT5_vect	19	USART0_RX_vect	31	USART1_RX_vect
8	INT6_vect	20	USART0_UDRE_vect	32	USART1_UDRE_vect
9	INT7_vect	21	USART0_TX_vect	33	USART1_TX_vect
10	TIMER2_COMP_vect	22	ADC_vect	34	TWI_vect
11	TIMER2_CVF_vect	23	EE_READY_vect	35	SPM_READY_vect
12	TIMER1_CAPT_vect	24	ANLAOG_COMP_vect		
13	TIMER1_COMPA_vect	25	TIMER1_COMPC_vect		

6) Kəsilmə proqramının yazılmasına aid nümunə

Aşağıdakı proqram kəsilmə proqramının necə yazılmasına aid nümunədir. 'ISR()' adlı funksiya kəsilməni müəyyən edən kəsilmə xidmət rutinini emal edən funksiyadır. Əgər funksiyanın parametri üçün hansı kəsilmədən istifadə olunacağını müəyyən edirsinizsə, o halda bu funksiyanın kəsilməsi baş verir. Mötərizə daxilində 'TIMER0_OVF_vector' kəsilmə vektorunun taymer göstəricisinin həddən artıq yüksəlməsini müəyyən edir. Kəsilməni müəyyən edən funksiyanı elan etmək hər bir kompilator üçün fərqli təsvir olduğuna görə proqramçı hər bir kompilatora uyğun olaraq kəsilmə xidmət rutinini elan etmək üçün özü yol tapmalıdır.

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000L
#include  <util/delay.h>          // Kəsilmə funksiyasının adı ( Timer0 həddən artıq yüksəlməsi
                    // zamanı kəsilmə)
#include <avr/interrupt.h>

ISR(TIMER0_OVF_vect) { }   //Kəsilmə vektor ünvanı ilə əlaqəli funksiyalar
int main(void)
{                    // Funksiyanın registratorunu və kəsilməni təyin edin
                                // (Timer0 funksiyasının köklənməsi)
DDRA = 0x0F;
TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CSI) | (0<<CS0); // Tezlik bölücünün nizamlamaları, clk / 64 bölməli
TIMSK=0x01; // OCM kökləyin
TCNT0 = 0; // Timer0 həddən artıq yüksəlməsi zamanı kəsilmə seçimləri
sei();                          // Qlobal kəsilmə işə salınır

while(1) { }
return 0;
}
```

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın

Təcrübə mərhələləri

1. Sadələşmiş işıqfor sisteminin rəsmini və əməliyyat metodunu başa düşməyə çalışın Şəkil 4 və açardan istifadə edərək nəzarət proqramı yazın və icra edin.

1) Açar əməliyyatı

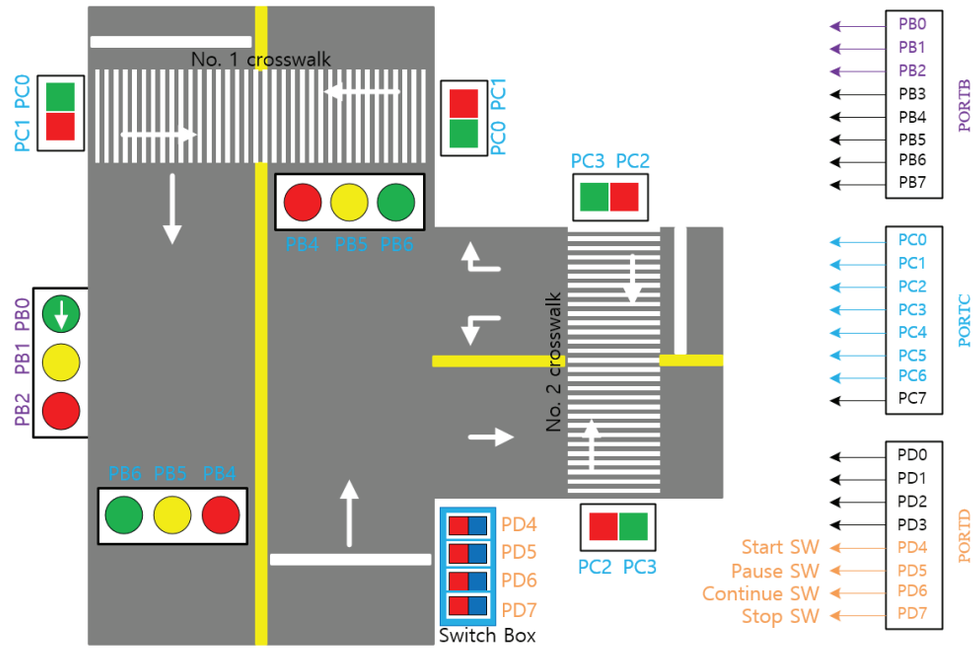
Açar 1 cari açardır və bu cari açarı basıldıqda LED işıqforları işə düşür.

Açar 2 cari işıqforu yanılı saxlayan fasilə açarıdır. Açar 3 normal hallarda göstərilən mərhələlərdən keçən açardır. Açar 4 dayanma açarıdır. Dayanma açarı basıldıqda işıqfor sönür

və təkrar başlama açarı basılmış olur.

2) Porta qoşulma

B portunun aşağı 4 biti üçistiqamətli, üçrəngli nizamlayıcı işığına qoşulub. Açar D portuna qoşulub. Piyada keçidi siqnalı C portuna, aşağı 4 kontakt keçidə qoşulub və yuxarı 3 kontakt düz getmə siqnalına qoşulub. Düz getmə siqnalı PC4 portundan PC6 portuna qədər qoşulub. (Düz getmə siqnalı üçün 3 saniyə, stop siqnalı üçün 3 saniyə, sarı siqnal üçün 1 saniyə, sola dönmə siqnalı üçün 3 saniyə)



Şəkil 4: Üç-istiqamətli nizamlayıcı işıq dövrəsi

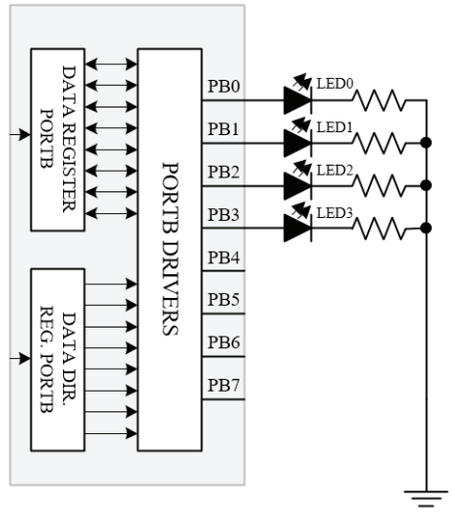
Start SW – başlama açarı
Pause SW – fasilə açarı
Continue SW – davam etmə açarı
Stop SW – dayanma açarı

```
#include <avr/io.h>
unsigned char stopflag = 0;
void delay_ms(int d); //
int main(void)
{
    unsigned char swin;
    unsigned char i;
    DDRB = 0xFF;            // Port B aşağı 4 bitli çıxış xxxx1111
    DDRC = 0xFF;            // Port C Bütün çıxışlar 11111111
    DDRD = 0x0F;            // Port D Yuxarı 4 bitli girişlər 0000xxxx
    PORTC = 0x00;            // bütün LED sönülü
    PORTB = 0x00;            // Aşağı 4 bit sönülü
    while(1)
    {
```

```
        swin = PIND & 0x0F;
        if(swin == 0x1F)            //Başlama açarının basıldığından əmin olun
        {
            while(1)
            {
            PORTB = 0x04; PORTC = 0x4A;     // Sola dönmə
             delay_ms(3000);          // 3 saniyə
             if(stopflag == 1)          // Əgər stopflag = 1, dayanma açarı basılacaq
                 {                  // və while (1) bəyanatından sonra dayanacaq
                  stopflag = 0;
                  break;
                  }
             for(i=0; i<2; i++)
                  {
                    PORTB = 0x02; PORTC = 0x2A; delay_ms(200); // 200 ms
                    PORTB = 0x00; PORTC = 0x00; delay_ms(200); // 200 ms
                    }
             PORTB = 0x10; PORTC = 0x15;          // Düz hərəkət yolu
             delay_ms(3000);                    // 3 saniyə
             for(i=0; i<2; i++)
                  {
                    PORTD = 0x02; PORTC = 0x15; delay_ms(200);
                    PORTD = 0x00; PORTC = 0x00; delay_ms(200);
                    }
             }
        }
    }
    return 0;
}
void delay_us(int d)
{
    int i;
    unsigned char read_sw = 0;
    read_sw = PIND & 0x0F;
```

```
    if(read_sw == 0x20)                    // Fasilə çevricisinin yoxlanması
    {
        while(1)
        {
         read_sw = PIND & 0x0F;
         if(read_sw == 0x40) break;  // D portunda açar verilənlərini oxuyun.
                  // və sw3-ün (əməliyyat açarı) basılıb-basılmadığını yoxlayın.
                                        // Basılıbsa, while () və 'break;' bəyanatı ilə
dayandırın.
          }
     }   // D portunda açar verilənlərini oxuyun və SW2-nin (Fasilə açarı) basıldığını təs-
diqləyin.
      for(i=0; i<d; i++)            // 4 dövr+
        {
           asm volatile("PUSH R0");     // 2 dövr +
           asm volatile("POP R0");      // 2 dövr + = 8dövr = 1us
           }
       }
       void delay_ms(int d)
       {
       int i;
       unsigned char stopsw = 0;
       for(i=0; i<d; i++)
           {
           stopsw = PIND & 0x0F;
           if(stopsw == 0x8F)  // D portunda açar verilənlərini oxuyun və yoxlayın.
        {            // Əgər SW3 (dayanma açarı) basılıbsa, stopflag = 1
              stopflag = 1; break;
              }
           delay_us(1000);
        }
}
```

2. Şəkil 5-ə baxın və taymer / sayğac kəsilmələrindən istifadə etməklə LED işıqlarının ardıcıl şəkildə hər 500 ms-də yandırıb-söndürən proqramını yazın.



Data register – verilənlərin registratoru
Port B drivers – B portunun drayverləri
Data Dir.Reg. Port B – Ver. İst. Reg. B Portu
(Verilənlərin istiqamət registrinin B portu)

Şəkil 5: Kəsilməyə nəzarət dövrəsi

```
#include <avr/io.h> //
#include <avr/interrupt.h>                  // Kəsilmə funksiyasını təyin edin.
#define F_CPU 8000000                       // İstifadə olunacaq MPB saatını təyin edin.
#include <util/delay.h>            // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə tərifi
#define TRUE 1
#define FALSE 0
volatile unsigned char T0Flag = FALSE;
volatile unsigned int tcnt = 0;
volatile unsigned char stat = 0;
ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
TCNT0 = 130;                                // 1 millisan sabit saxlamaq üçün
    tcnt++;
    if(tcnt >= 100)                         // hər 100 ms-da T0Flag doğrudur.
    {
        T0Flag = TRUE;
        tcnt = 0;
    }
}
int main(void)
{
    DDRB = 0x0F;            // B portunun PB0, PB1, PB2, PB3 portlarını çıxış təyin edin.
    TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CS1) | (0<<CS0);    // Tezlik bölücünün nizamlamaları, clk / 64
    TIMSK=(1<<TOIE0);               // Timer0 həddən artıq yüksəlməsi zamanı kəsilmə
    TCNT0 = 130;                            // TCNT0 1 millisan ilə başlayır.
// T=(1/8000000) * 64 = 8use, 1 millisan = 1000
                                    // TCNT0 = 255-(1ms/8us) = 255-(1000/8) = 255-125 = 130
```

```
PORTB = 0x00;
sei();    // Qlobal Kəsilməni işə salın (Kəsilmədən istifadə etmək üçün həmişə təyin edin. )
while(1)
  {
   if(T0Flag)
     {              // T0Flag DOĞRU olduqda, 100ms-dir.
     T0Flag = 0;
     switch(stat)
         {
         case 0:          // Vəziyyətin bəyanatı hər 500 millisan-də işləyir.
                          // (5 vəziyyəti bəyanatından sonra)
               PORTB = 0x01;          // LED0 yanılı
               stat = 1;
               break;
          case 1:
                PORTB = 0x02;          // LED1 yanılı
                stat = 2;
                break;
           case 2:
                PORTB = 0x04;          // LED2 yanılı
                stat = 3;
                break;
         case 3:
                PORTB = 0x08;          // LED3 yanılı
                stat = 4;
                break;
         case 4:
                PORTB = 0x00;          // LED hamısı sönülüdür.
                stat = 0;
                break;
          }
        }
    }
    return 1;}
```

3. Aşağıdakı tələblərə uyğun proqram yazın və onu icra edin

Şəkil 5-də təsvir olunan LED-ləri ardıcıl şəkildə yandırıb-söndürən proqram yazın.

LED hər 100 millisaniyədə LED0 → LED1 → LED2 → LED3 → LED2 → LED1 → LED0 ardıcıllığı ilə yanıb-sönməlidir və vaxt taymer kəsilməsi ilə təyin edilməlidir.

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. LED nəzarət dövrəsini izah etdimi? 2. Açar vasitəsilə LED-ə nəzarət proqramı yazdımı? 3. LED-lərdən istifadə edərək işıqfora nəzarət proqramı yazdımı? 4. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı? 5. Taymer kəsilməsinin sadə əməliyyat prinsipini izah etdimi?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

4. Kəsilmədən istifadə etməklə ÇRL (FND) dövrələrinə nəzarət

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. ÇRL (FND) nəzarət dövrəsini izah edə biləcək;
2. INT2 açarının neçə dəfə basıldığını sayan və göstərən proqram yaza biləcək;
3. Taymer kəsilmələri vasitəsilə YSE-da 0 ~ 99 nümayiş etdirən proqram yarada biləcək;
4. 100 saniyədə bir dəfə sayan saniyəölçən dövrə proqramını yarada biləcək;
5. Nəzarət proqramını icra etməklə əməliyyatları yoxlaya biləcək.

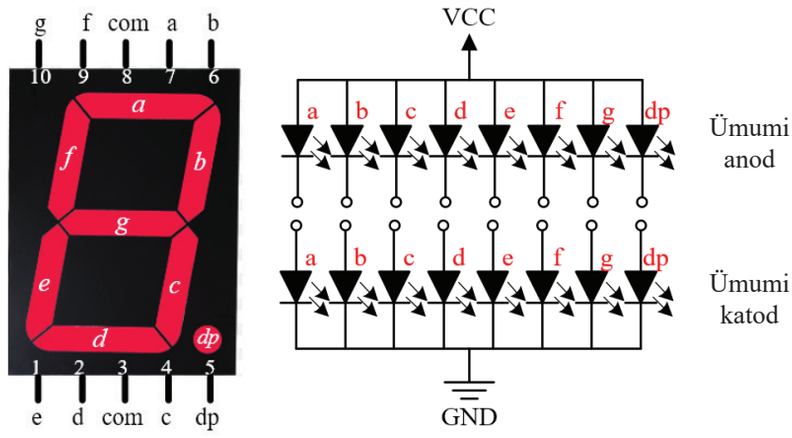
Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas lövhəsi, AM-TL8 (LED modulu), AM-TS8 (Açar modulu)
3. USBISP və ISP kabeli, 10P 2ea birləşdirici kabeli
4. 2ədəd ÇRL (FND), 4ədəd takt düyməsi, 330Ω 8ədəd, 4.7kΩ 2ədəd, 2SA101 2ədəd, 74HC573 1ədəd

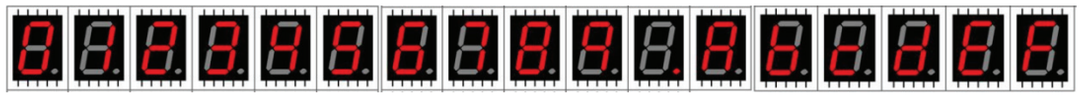
Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. ÇRL (FND)

ÇRL (FND) 8 LED-dən istifadə edərək, rəqəmləri və ya simvolları nümayiş etdirə bilən cihazdır. İki növ ÇRL (FND) mövcuddur. Şəkil 1-də təsvir olunduğu kimi, LED-in ümumi birləşdirici xətti ÜKV-da qoşulmuşsa, “ümumi anod” adlanır, GND girişinə qoşulmuşsa, “ümumi katod” adlanır.



Şəkil 1: ÇRL (FND) -nin sadə quruluşu



Şəkil 2: ÇRL (FND) -nin onaltılıq say sistemi ilə təsviri

ÇRL (FND) həm də LED-lərdən ibarət olduğuna görə, siqnal xəttinə nəzarət edilməlidir ki, elektrik axını LED-i yandırsın.

Ümumi anod növündə ÜKV geniş istifadə olunduğuna görə, LED-i yandırmaq üçün 0 lövhəsi (yanılı, GND) hər ÇRL (FND)-nin qoşulduğu qoşulma portuna qoşulmalıdır. Buna görə də 0 rəqəmini nümayiş etdirmək üçün ÇRL (FND) 0 rəqəmini o halda göstərir ki, yalnız g nöqtəsi 1 rəqəminə köklənsin (sönülü, ÜKV) və 0 (yanılı, GND) boşdayanma vəziyyətinə köklənir. Aşağıdakı cədvəl ümumi anod tipli ÇRL (FND) -nin 0 ~ 9 rəqəmlərini necə nümayiş etdirdiyini təsvir edir.

Cədvəl 1 ümumi anod tipli ÇRL-nin rəqəmləri necə nümayiş etdirdiyini təsvir edir. Cədvəl 2 ümumi katod tipli ÇRL (FND) -nin rəqəmləri necə nümayiş etdirdiyini təsvir edir.

Cədvəl 1 ümumi anod tipli ÇRL (FND) -nin rəqəmləri necə nümayiş etdirdiyini təsvir edir.

DEC	Dp	g	f	e	d	c	b	a	HEX
	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0	
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0xC0
1	1	1	1	1	1	0	0	1	0xF9
2	1	0	1	0	0	1	0	0	0xA4
3	1	0	1	1	0	0	0	0	0xB0
4	1	0	0	1	1	0	0	1	0x99
5	1	0	0	1	0	0	1	0	0x92
6	1	0	0	0	0	0	1	0	0x82
7	1	1	1	1	1	0	0	0	0xF8
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0x80
9	1	0	0	1	1	0	0	0	0x98

Cədvəl 2 ümumi katod tipli ÇRL-nin rəqəmləri necə nümayiş etdirdiyini təsvir edir.

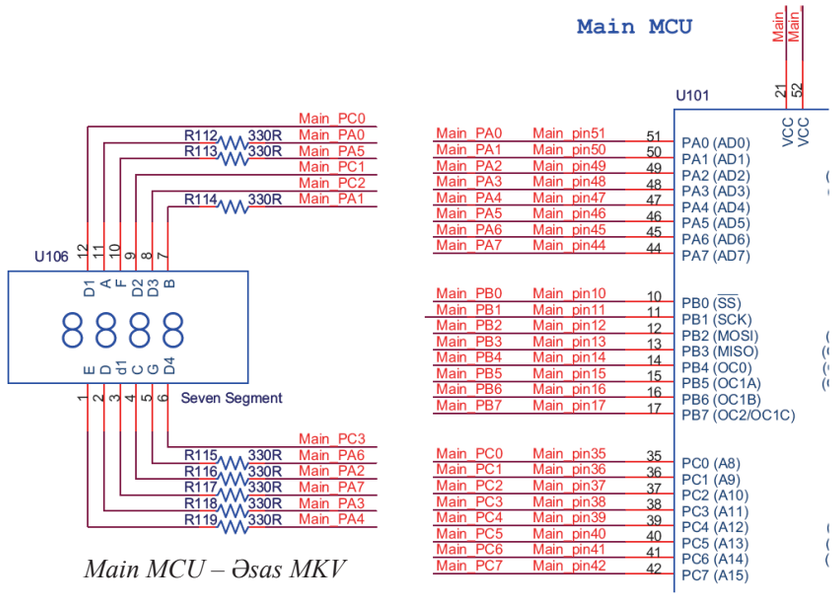
DEC	Dp	g	f	e	d	c	b	a	HEX
	PA7	PA6	PA5	PA4	PA3	PA2	PA1	PA0	
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0x3F
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0x06
2	0	1	0	1	1	0	1	1	0x5B
3	0	1	0	0	1	1	1	1	0x4F
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0x66
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0x6D
6	0	1	1	1	1	1	0	1	0x7D
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0x07
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
9	0	1	1	0	0	1	1	1	0x67

(Şəkil 3) 7-seqmentli dövrə diaqramıdır. 7-seqment PORTA və PORTC-dən istifadə edir. 0-3 nömrəli PORTC 7-seqmentdə istifadə olunacaq rəqəmi çevirir və verilənləri PORTA vasitəsilə nümayiş etdirir.

ATmüga128 cəmi səkkiz xarici kəsilmədən ibarətdir. Burada müvafiq olaraq, dörd D portu (PD0-PD3) və dörd E portu (PE4-PE7) mövcuddur.

Xarici kəsilmədən istifadə etmək üçün xarici kəsilmə funksiyasını təyin edən funksiya registratorunu müəyyən edin. Aşağıdakı (Şəkil 4) xarici kəsilmələrdən istifadə etməklə müəyyən edilməli olan funksiya registratorlarını təsvir edin.

EICRA və EICRB müəyyən dalğa növü qəbul edildikdə hansı xarici kəsilmələrin kəsilmə meydana gətirəcəyini müəyyən edən registratorlardır. EIMSK registratoru xarici kəsilməni işə salır.



(Şəkil 3) 7-seqmentli dövrə diaqramı

Bit	ISC31	ISC30	ISC21	ISC20	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

(a) EICRA (xarici kəsilmə vəziyyətinin registratoru A)

Bit	ISC71	ISC70	ISC61	ISC60	ISC51	ISC50	ISC41	ISC40
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

(b) EICRB (xarici kəsilmə vəziyyətinin registratoru B)

Bit	INT7	INT6	INT5	INT4	INT3	INT2	INT1	INT0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

(C) EIMSK (xarici kəsilmə vəziyyətinin registratoru)

Read/write initial value – Oxuma/yazmanın ilkin dəyəri
R/W – O/Y

Şəkil 4: Xarici kəsilmə

Cədvəl 3 xaricdən siqnal daxil olduqda meydana gələcək xarici kəsilmənin növünü təyin edən konfiqurasiya bitidir. Bu halda, aşağı səviyyəli kəsilmə siqnalı normal hallarda yüksək olsa və siqnal xaricdə meydana gələn hadisələr səbəbilə aşağı səviyyəyə keçsə, siqnalın zəifləyən ucu, adətən, yüksək olur və kəsilmə xarici siqnal aşağı səviyyədə olduqda meydana gəlir. Siqnalın yüksələn ucu o halda istifadə olunur ki, aşağı səviyyədə olan dalğanın şəkli yüksək səviyyəyə dəyişdikdə kəsilmə meydana gəlir.

Cədvəl 3: Xarici kəsilmələrin iş prinsipinin tərifi

ISCn1	ISCn0	Kəsilmə metodu
0	0	Kəsilmə aşağı səviyyədə meydana gəlir.
0	1	Saxlama
1	0	Kəsilmə siqnalın zəifləyən ucunda meydana gəlir.
1	1	Kəsilmə siqnalın yüksələn ucunda meydana gəlir.

Şəkil 3-də göstərilən dövrədə proqramı elə yazıb icra edin ki, ÇRL-da 0 rəqəmi nümayiş olunsun.

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/delay.h>

Int mail(void)
{
    DDRA=0xFF                  // PORTA bütün çıxışlar. Seqment
    DDRC=0x0F                  // PORTC aşağı 4-bit girişi. ÇRL

    While(1)
    {
      PORTA=0x3F;              //0b00111111
      PORTC=0x00;              //X1~X4 ÇRL işə sal
      _delay_ms(10);           // 10 millisan gecikmə nəzərə alınmaya bilər/
    }
    Return(1)
}
```

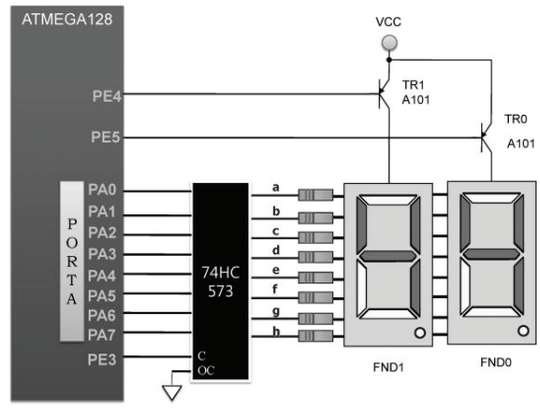
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. ÇRL-də 0-99 simvollarını göstərən proqram yazmaq üçün taymer kəsilməsindən istifadə edin. (Şəkil 5)

99 saniyə hər saniyədə 1 rəqəm artdıqda təkrar 0-dan başlayır.



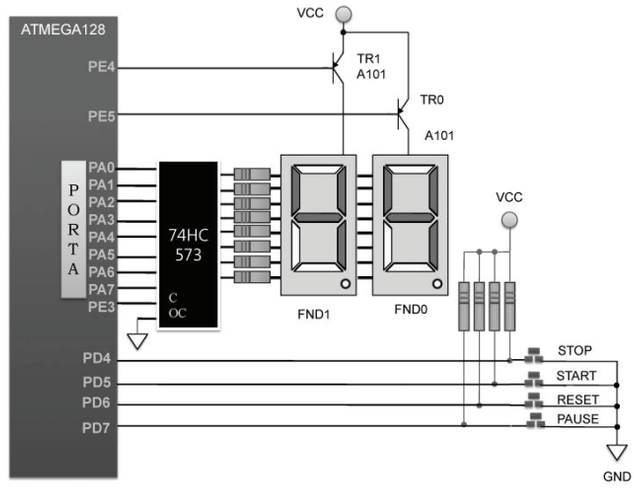
Şəkil 5

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define F_CPU 8000000                    // MPB saatını təyin edin.
#include <util/delay.h>      // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası

#define TRUE 1
#define FALSE 0

#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))        // Müəyyən bitləri hazırlamaq üçün makro funksiya 1
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))      // Müəyyən bitləri hazırlamaq üçün makro funksiya 0
volatile const unsigned char FND2DEC[10] =
      {0xC0, 0xF9, 0xA4, 0xB0, 0x99, 0x92, 0x82, 0xF8, 0x80, 0x98};

volatile unsigned char T0Flag = FALSE;
volatile unsigned int tcnt = 0;
volatile unsigned char stat = 0;

ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
    TCNT0 = 130;                    // 1 millisan sabit saxlamaq üçün
    tcnt++;
    if(tcnt >= 2)                   // 2 millisan çatdıqda T0Flag doğrudur.
    {
        T0Flag = TRUE;
        tcnt = 0;
    }
}
int main(void)
{
    unsigned char FndCNT = 0;
    unsigned char Time = 0;
    unsigned char Ten = 0 , Unit = 0;
    DDRA = 0xFF; // PORTA all Output
    DDRB = 0x0F;
    DDRD = 0xF3; // PD0, PD1 output of PORTD.  PD2, PD3 input of PORTD
    DDRE = 0xF0; // PE4, PE5, PE6, PE7 output of PORTE
    DDRG = 0x0F; // PG0, PG1, PG2, PG3 output of PORTD
    TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CS1) | (0<<CS0);     // Tezlik bölücünün nizamlamları, clk/64
    TIMSK=(1<<TOIE0);               // Timer0 həddən artıq yüksəlmə kəsilməsi
    TCNT0 = 130;                    // TCNT0 1 millisan-də başlayır
                        // T=(1/8000000) * 64 = 8use, 1 millisan = 1000
                        // TCNT0 = 255-(1ms/8us) = 255-(1000/8) = 255-125 = 130 while(1)
    PORTB = 0x0F;
    PORTE = 0x0F;           // FND bütün ÇRL sönülüdür və ÇRL söndürülüb cbi(PORTG, PG2);
// LCD İşə sal kontakt söndür
```

```
    sbi(PORTE, PE3);                    // ÇRL işə sal
    cbi(PORTE, PE7);                    // FND0 yanılı
    sei();

    while(1)
    {
        if(T0Flag)                      // T0Flag doğru olduqda 2m/s-ə çatır.
        {
            T0Flag = 0;
            switch(stat)
            {
            case 0:                     // hər 10 millisaniyədə bir dəfə işə salma
                if(FndCNT++ >= 100)
                {                       // 1000 millisan
                    FndCNT = 0;
                    if(Time++ >= 99) Time = 0;  // 1 saniyəyə artır, starts from 99-dadırsa, 0-dan
başlayır.
                }
                    Ten = Time/10;          // 10digit
                    Unit = Time%10;         // 1digit
                    stat = 1;
                    break;
             case 1:
                if(Time >= 10)          // Taymer 10-dan yüksəkdirsə, 10 rəqəm göstərir.
        {
                    sbi(PORTE, PE7); cbi(PORTE, PE6);
                    PORTA = FND2DEC[Ten];
                 }
                    stat = 2;
                    break;
             case 2:
                    cbi(PORTE, PE7); sbi(PORTE, PE6);
                    PORTA = FND2DEC[Unit];
                    stat = 3;
                    break;
             case 3:
                    stat = 4;
                    break;
             case 4:
                    stat = 0;
                    break;
            }
        }
    }
    return 1;
}
```

2. 0-99 saniyəlik saniyəölçən proqramı yazın. (Şəkil 6)

Vəziyyət: SW0 DAYAN, SW1 BAŞLA və SW2 SIFIRLA deməkdir.

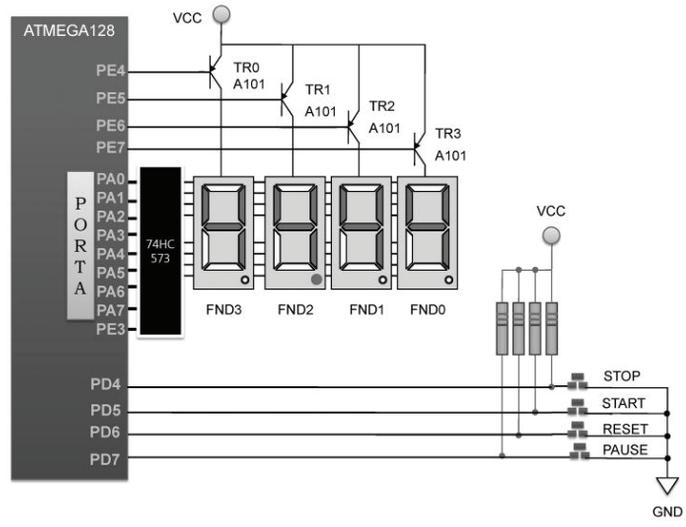


Şəkil 6

3. Mürəkkəb tapşırıq

0-99 saniyəlik saniyəölçən proqramı yazın. (Şəkil 6). Şəkil 7-də göstərilən şəkildə taymer kəsilməsindən istifadə edərək hər saniyədə FND3 və FND2-də 0-dan 99-a qədər və FND1 və FND 0-da hər 100 saniyədə 1 dəfə sayan proqram yazın.

Vəziyyət: Sayğacı işə salmaq üçün başlama düyməsinə, saymanı dayandırmaq üçün dayanma düyməsinə və açılış üçün sıfırlama düyməsinə (FND 2-də nöqtə) basın.



Şəkil 7

4. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıq və qurğuları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. ÇRL dövrəsini izah etdimi? 2. INT2 düyməsinin neçə dəfə basıldığını sayan və bu sayı ÇRL-da göstərən proqramı yazdımı? 3. Tamyer kəsilməsi ilə ÇRL-da 0 ~ 99 simvollarını göstərən proqramı yazdımı? 4. 100 saniyədə 1 dəfə sayan saniyəölçən dövrə proqramı yazdımı? 5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatları yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

5. Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək xarici cihazlarla rabitə

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə rabitə metodunu izah edə biləcək;
2. Ardıcıl birləşmə mühitini konfiqurasiya edə biləcək;
3. Nəzarət dövrəsini konfiqurasiya edə biləcək;
4. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə kompüterə ad göndərmək üçün proqram yarada biləcək;
5. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə nəzarət LED-i üçün proqram yarada biləcək;
6. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə sadə üçistiqamətli nəqliyyat siqnal proqramı yarada biləcək;
7. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxlaya biləcək.

Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR inkişafının əsas lövhəsi
3. USBISP bloku və ISP kabeli, 10 P 2da əlaqələndirici kabeli, RS232C
4. ÇRL 2ədəd, takt açarı 4ədəd, 8ədəd, 4.7kΩ 2ədəd, 2SA101 2ədəd, 74HC573 1ədəd

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

Hal-hazırda satışda olan rabitə metodlarının iki növü mövcuddur: naqilli və naqilsiz. Naqilsiz rabitə metodu WiFi, mobil telefon, Bluetooth, ZigBee və RFID kimi heç bir xətt olmadan radio dalğalar vasitəsilə rabitə qurmaq metodudur. Naqilli rabitə Ethernet, RS232C və RS485 tərəfindən istifadə olunan səciyyəvi metoddur. Ethernet metodu, əsasən, şəbəkənin konfiqurasiyası üçün istifadə olunur və rabitə vasitəsi UTP, optik kabel və oxşar üsullardan istifadə edərək konfiqurasiya edilir. Sənaye avadanlıqlarında RS232C rabitəsi, əsasən, 1:1 rabitəsi və RS485 rabitəsi 1:N rabitəsi və 1 km məsafədən rabitə üçün istifadə olunur.

Naqilli rabitə üsulunun təsnifatı olaraq ardıcıl və parallel birləşmə metodları mövcuddur. Ardıcıl birləşmə metodu verilənlərin bir xəttən istifadə edərək ötürülməsi metodudur, paralel birləşmə isə verilənlərin eyni zamanda bir neçə xətlə ötürülməsi metodudur.

Platalar arasında, plata və avadanlıq arasında, həmçinin avadanlıqlar arasında rabitə, əsasən, qeyri-sinxron rabitə üsulları olan RS232C və RS485-dən istifadə edir, sinxron rabitə üsulları olan SPI, I2C (TWI) isə lövhədəki cihazların rabitəsi üçün istifadə olunur.

1. RS232C

Verilənlərin terminal avadanlığı (VTA) və verilənlərin rabitə avadanlığı (VRA) üçün interfeys metodu

RS232C-də istifadə olunan rabitə kabeli ən az üç xəttən (RX, TX, GND) ibarətdir. Fiziki rabitə məsafəsi 232 səviyyəsində 15 m və TTL səviyyəsində 1 m ola bilər.

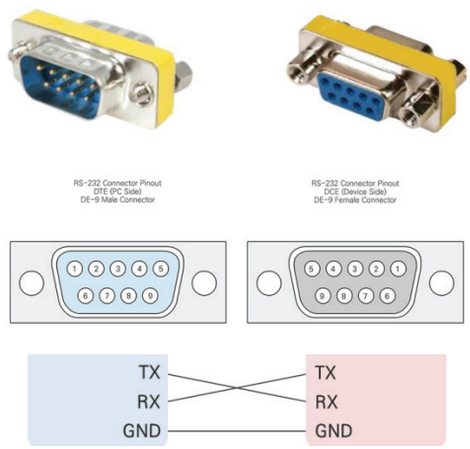
Max232 drayveri TTL səviyyəsini 232 səviyyəsinə qədər gücləndirən IC drayveridir. Siqnalın gücləndirilməsinin səbəbi siqnalın uzaq məsafəyə ötürülməsidir.

2. Protokolun spesifikasiyası

RS232C rabitəsi ardıcıl birləşmə və qeyri-sinxron rabitə metodudur, iki cihaz arasındakı qarşılıqlı rabitə üçün protokola istinad edir.

Rabitənin sürəti bit/saniyə (bt/san) kimi ifadə olunan, bir saniyədə ötürülən bitlərin sayı kimi tərif edilir. Verilənərin biti 8 bitə əsaslanır, lakin zəruri olduqda, 7 bit və 9 bit istifadə oluna bilər.

Verilənlərin biti 7 bitdirsə, xətaların aşkar edilməsi üçün ekvivalentlik biti üçün bir bit istifadə oluna bilər.



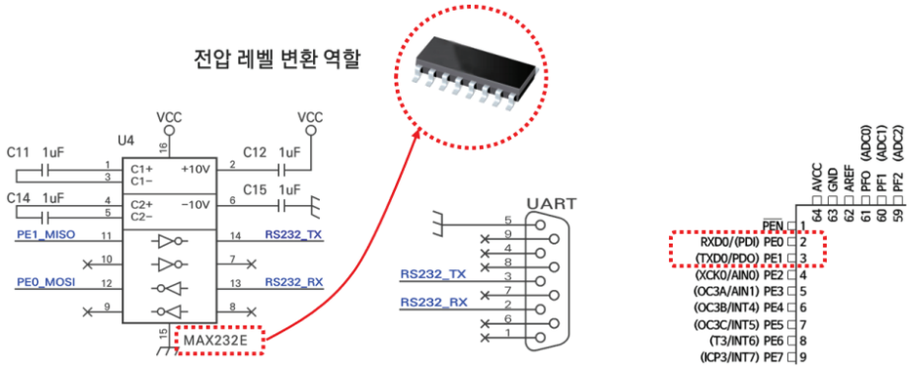
Pin NO.	Ad	Funksiya
1	DCD	Verilənlər daşıyıcısı aşkarlandı
2	RXD	Verilənləri qəbul et
3	TXD	Verilənləri ötür
4	DTR	Verilənlər Terminalı hazırdır
5	SG	GND siqnalı
6	DSR	Verilənlərin qoşulma cihazı hazırdır
7	RTS	Göndərmək üçün sorğu
8	CTS	Verilənlər ötürülmə üçün hazırdır
9	RI	Halqa göstəricisi

Şəkil 1: R232C rabitəsinin ümumi quruluşu və birləşmə metodu

3. ATmega 128 iki USART-a (Ümumi sinxron asinxron qəbuledici/ötürücü) malikdir.

USART0 PE0 (RXD0), PE1 (TXD0), USART1 PD2 (RXD1) və PD3 (TXD1)-dən ibarətdir. ATMEGA128 və MAX232 IC aparatlarını əlaqələndirmək üçün Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, MKV-nin RXD0 çıxışını MAX232-nin R1OUT çıxışına və MKV-nın TXD0 çıxışını MAX232C-nin T1IN çıxışına birləşdirin.

Bundan əlavə, MAX232C və xarici cihazlar, adətən, DSUB9 konnektorundan istifadə edərək xarici qurğulara qoşulurlar və rabitə xətləri RX, TX və GND-dir.



Voltage level conversion – voltaj səviyyəsinin çevrilməsi

Şəkil 2: ATmega128 və MAX232C IC-nin əlaqələndirilmə üsulu

4. Ardıcıl birləşmədə istifadə olunan funksiya registratorlarının təsviri

Ardıcıl birləşmədə istifadə olunan funksiya registratorlarına aiddir: UDRn, UCSRnA, UCSRnB, UCSRnC, UBRRnH, UBRRnL və s.

1) UCSRnA registratoru verilənlərin ötürülməsinin/qəbul edilməsinin statusunu göstərən registratordur. RXC hazırkı verilənlərin qəbulunun başa çatdığını göstərən bitdir. URRE ötürmənin başa çatdığını və hazırkı ötürmə bufer yaddaşının boş olduğunu göstərən bitdir. U2X 1-ə kökləndikdə hal-hazırda müəyyən olunmuş rabitə sürətini iki dəfə artıran bitdir.

UCSRnA(USART Control, Status register A)

Bit	RXC	TXC	UDFE	FE	DOR	UPE	U2X	MPCM
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Control – nəzarət
Status register – statusun registratoru
Read/write initial value – oxuma/yazma ilkin dəyəri
R/W – O/Y

2) UCSRnB registratoru ötürmə və qəbul kəsilmələrini aktivləşdirən və ötürmə və qəbul prosesini aktivləşdirən registratordur. RXEN and TXEN ötürmə və qəbul prosesini işə salan bitlərdir. RXCIE və TXCIE ötürmə/qəbul kəsilmələrini işə salan bitlərdir. UCSZn2 UCSRnC bitinin UCSZn1 and UCSZn0 ilə birlikdə ardıcıl birləşmənin verilənlər bitini nizamlamaq üçün istifadə olunan bitdir.

UCSRnB(USART Control, Status register B)

Bit	RXCIE	TXCIE	UDRIE	RXEN	TXEN	UCSZ2	RXB8	TXB8
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

3) UCSRnC sinxron rabitə, asinxron rabitə, verilənlərin biti və dayanma biti kimi protokol spesifikasiyalarını müəyyən edən registratordur. Cədvəl 1-də göstərildiyi kimi, UPMn1 və UPMn0 bitləri ekvivalentlik bitini müəyyən etmək üçün istifadə olunur. USBS dayanma biti üçün istifadə olunacaq bitlərin sayını müəyyən edir. Təsvir olunduğu kimi, UCSZn1 və USCZn0 verilənlərin bitindən istifadə olunacaq bit sayını göstərən bitlərdir.

UCSRnC(USART Control, Status register C)

Bit	-	UMSEL	UPM1	UPM0	USBS	UCSZn1	UCSZn0	UCPOLn
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

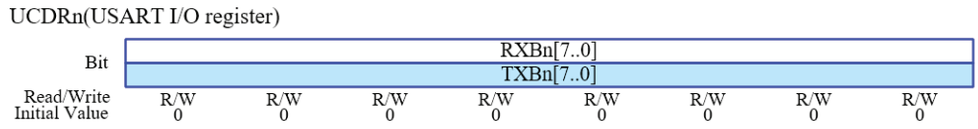
Cədvəl 1

UPMn1	UPMn0	Ekvivalentlik rejimi
0	0	Ekvivalentlik rejimini söndür.
0	1	-
1	0	Cüt ekvivalentlik rejimini işə sal.
1	1	Tək ekvivalentlik rejimini işə sal.

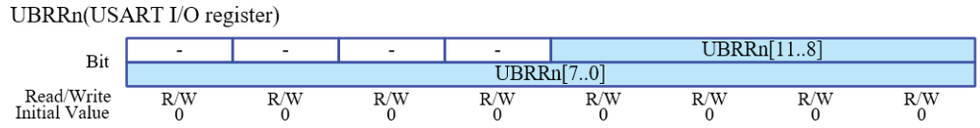
Cədvəl 2

UCSZn2	UCSZn2	UCSZn2	Ötürmə verilənlərinin uzunluğu
0	0	0	5 bit
0	0	1	6 bit
0	1	0	7 bit
0	1	1	8 bit
1	0	0	-
1	0	1	-
1	1	0	-
1	1	1	9 bit

4) UDRn verilənlər ötürüldükdə/qəbul edildikdə ötürülən/qəbul edilən verilənləri yaddaşda saxlayan registratordur. Registrator ötürmə və qəbul üzrə RXBn və TXBn-nin hər biri üçün 8 bitdən ibarətdir.



5) The UBRRn registratoru rabitə sürətini müəyyən edən registratordur. O, 12 bitdən ibarətdir və maksimum 2048 qiymətini alır. MKV tərəfindən istifadə olunan saatdan asılıdır.



6) Bod sürətinin düsturu

Əməliyyat rejimi	Bod sürətinin hesablanması üçün düstur	UBRR dəyərinin hesablanması düsturu
Qeyri-sinxron normal rejim (U2X=0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16(BAUD-1)}$
Qeyri-sinxron ikiqat sürət rejimi (U2X=1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8(BAUD-1)}$
Sinxron əsas rejim	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR+1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2(BAUD-1)}$

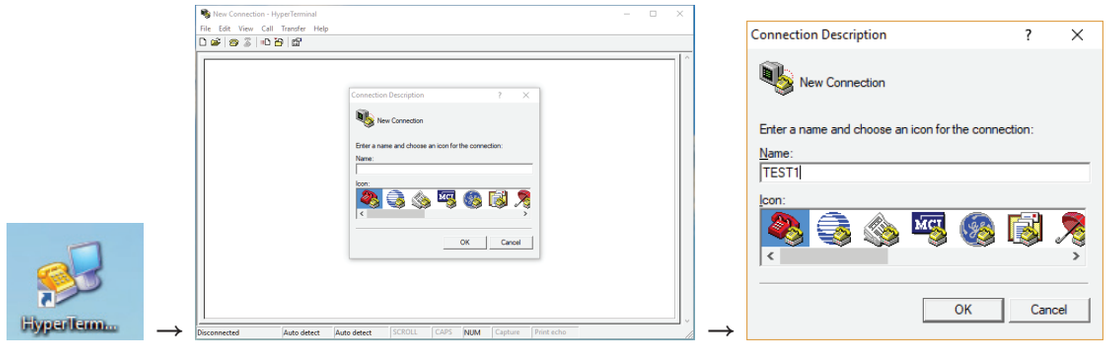
5. Nümunə: Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək sətirləri ötürən proqram yazın.

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000                    // MP-nin saatını kökləyin.
#include <util/delay.h>          // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası
int main(void)
{
    DDRE = 0xfe;                  // USART0, PE0(TXD0), PE1(RXD0) istifadə olunur.
    UCSR0A = 0x00;
    UCSR0B = (1<<TXEN) | (1<<RXEN);       // Göndərmə və qəbulun işə salınması
    UCSR0C = (1<<UCSZ01) | (1<<UCSZ00);    // 8bit, Ekvivalentlik yoxdur, 1 dayanma biti
    UBRR0H = 0;
    UBRR0L = 51;                        // Focs : 8 MHz, Bod : 9600 bt/san
    PORTE = 0xF0;                       // ÇRL (FND) söndürülməsi
    Put_String("Hello World\n\r");
    return 1;
```

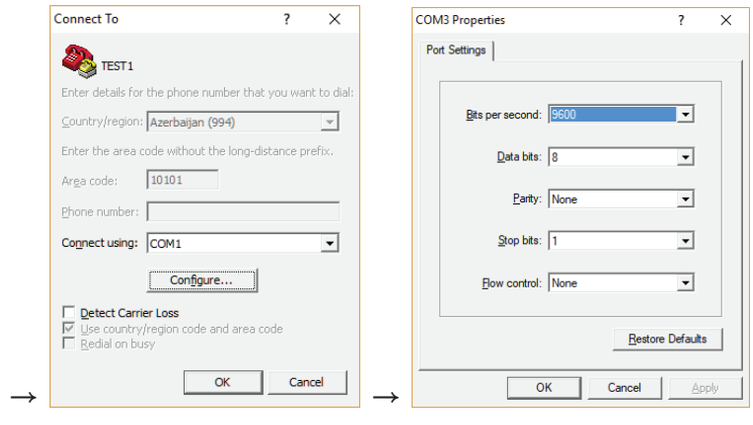
```
}
void Put_Char(unsigned char Txdata)
{
    while(!(UCSR0A &(1<<UDRE)));        // Göndərmə hazır olana qədər gözləyin.
    UDR0 = Txdata;
}
void Put_String(unsigned char *str)
{
    while(*str) Put_Char(*str++);
}
```

Nəticəni təsdiqləmək üçün siz HyperTerminal rabitə proqramını işə salmalısınız.

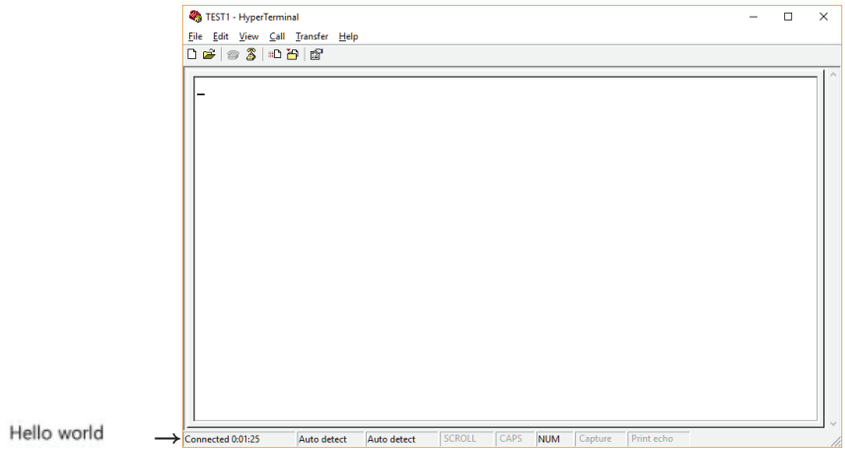
Windows 10 əməliyyat sistemində HyperTerminal proqramı mövcud deyil, buna görə də proqramı https://www.hilgraeve.com/ hyperterminal-trial/ ünvanından yükləyin və quraşdırın.



(a)Hyperterminal (b) Hyperterminal (1) icrası (c) Hyperterminal (2) icrası



(d) Rabitə portunun müəyyən edilməsi (e) Bod sürətinin və axın nəzarətinin müəyyən edilməsi



(f) Proqramın icrasının nəticə ekranı

Şəkil 3: HyperTerminal proqramının icra prosesi

Əgər rabitə Şəkil 3 (f) bəndində göstərildiyi kimi, normal icra olunmuşsa, "Hello world" ifadəsi göstəriləcək.

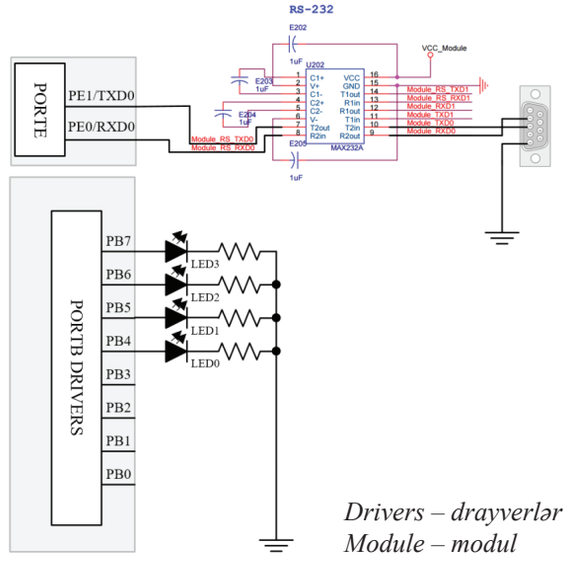
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. Aşağıdakı tələblərə cavab verən proqram yazmaq üçün Şəkil 4-dəki ardıcıl birləşmə diaqramından istifadə edin.

Şərt: Kompüterin klaviaturasında 1 düyməsini basdıqda, LED0 yanır. 2 düyməsini basdıqda, LED1 yanır. 3 düyməsini basdıqda, LED2 yanır. 4 düyməsini basdıqda, LED3 yanır. (Qəbul kəsilməsindən istifadə edən proqram yazın).



Şəkil 4: USART-dan istifadə edən LED nəzarət diaqramı

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000      // MPB-nun saatını nizamlayın.
#include <util/delay.h>       // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası
#include <avr/interrupt.h>     // Kəsilmə ilə əlaqəli funksiyalar
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define BAUD 9600
volatile unsigned char RxData = 0;              // Dəyişkən olaraq müəyyən edilməlidir.
volatile unsigned char RxFlag = 0;       // Qeyd edilməmişsə, dəyişən kəsilmə registratorunda
                                  // emal olunur və dəyər kəsilmə dövranının sonunda dəyişir.
void Put_Char(unsigned char Txdata);
void Put_String(unsigned char *str);
ISR(USART0_RX_vect) {
RxData = UDR0;
RxFlag = TRUE;                 // Qəbul prosesinin başa çatdığını bildirən dəyişən
}
int main(void) {
unsigned int BaudTemp = 0;
DDRB = 0x0F;
DDRE = 0xFE;                              // USART0, PE0, PE1 istifadə olunur.
UCSR0A = 0x00;
UCSR0B = (1<<TXEN0) | (1<<RXEN0);          // Göndərmə və qəbul işə salınır.
UCSR0B |= (1<<RXCIE0);                    // qəbul işə salınır.
UCSR0C = (1<<UCSZ01) | (1<<UCSZ00);       // 8bit, Ekvivalentlik yoxdur, 1 dayanma biti
BaudTemp = F_CPU / (BAUD * 16L) - 1;         // UBRR düsturu
UBRR0H = (BaudTemp >>8) & 0xFF;
UBRR0L = BaudTemp & 0xFF;                 // Focs : 8MHz, Bod : 9600 bt/san
```

```
PORTB = 0x00;                          // bütün LED-ləri söndür.
PORTE = 0xF0;                          // PE0, PE1 söndür.
    sei();                            // Qlobal kəsilmə işə salınır.
    Put_String("USRAT Program \n\r");
    while(1){
        if(RxFlag) {                  // RxFlag = TRUE Qəbulun başa çatdığını göstərir.
            RxFlag = FALSE;           // Yalnız qəbul edikdikdən sonra emal olunur.
            Put_char(RxData);         // Ötürülən verilənləri qəbul et.
                                      // Kompüter ekranında əsas dəyəri göstər.
            if(RxData == '1') PORTB = 0x01;   // klaviatura 1 ASCII dəyəridir, "1"-ə köklənir.
                                      // ASCII '1' qəbulu HEX və 0x31-dir.
            else if(RxData == '2') PORTB = 0x02;
            else if(RxData == '3') PORTB = 0x04;
            else if(RxData == '4') PORTB = 0x08;
            else if(RxData == '0') PORTB = 0x00;
         }
     }
     return 1;
}
void Put_Char(unsigned char Txdata)
{
    while(!(UCSR0A &(1<<UDRE)));          // Göndərmə hazır olana qədər gözlə.
    UDR0 = Txdata;
}
void Put_String(unsigned char *str)
{
    while(*str) Put_Char(*str++);
}
```

2. Mürəkkəb tapşırıqlar

Taymer kəsilməsindən istifadə etməklə üç-istiqamətli işıqfor proqramı yazın və işıqfora nəzarət etmək üçün açar və ardıcıl birləşmədən istifadə edək proqram yazın. Şəkil 5-ə istinad edin.

Nəzarət şəraiti:

Açar 1 başlanğıc düyməsidir. Düyməyə basdıqda LED işıqforu işə başlayır.

Açar 2 dayanma açarı basıldıqda işə düşür, siqnal lampası dayanır və sıfırlama açarı basılır.

Açar 3 başlanğıcda işıqforu yandıran sıfırlama düyməsidir.

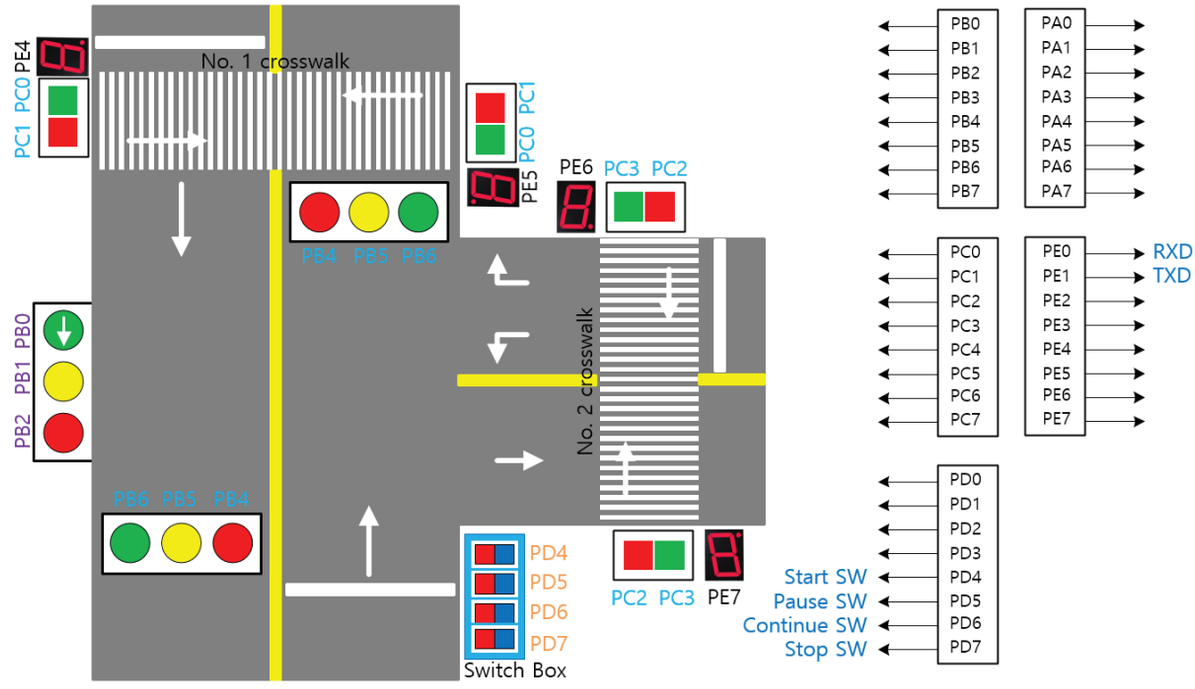
Açar 4 hazırkı işıqforları yanılı saxlayan fasilə düyməsidir.

Ardıcıl birləşmədə:

1-ci klaviatura 1-ci açar kimi, 2-ci klaviatura 2-ci açar kimi, 3-cü klaviatura 3-cü açar kimi və 4-cü klaviatura 4-cü açar kimi fəaliyyət göstərir.

B portu üçistiqamətli üçrəngli işıqfora birləşdirilib və açar D portuna qoşulub.

Piyada keçidi siqnalı C portuna qoşulub və daha aşağıdakı dörd girişli piyada keçidinə, yuxarı dörd giriş düz keçmə siqnalına qoşulur. Düz xətt siqnalı C portunun PC4-PC6 portlarına birləşdirilir (düz xətli siqnal üçün 30 saniyə, durma işığı üçün 30 saniyə, sarı işıq üçün 10 saniyə və sola dönmə işığı üçün 30 saniyə).



Start SW – başlama açarı
Pause SW – fasilə açarı
Continue SW – davam etmək açarı
Stop SW – dayanma açarı

Şəkil 5: Ardıcıl birləşmə ilə sadə işıqfor

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq şəkildə saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək rabitə metodunu izah edibmi? 2. Ardıcıl birləşmə mühitini konfiqurasiya edibmi? 3. Nəzarət dövrəsini konfiqurasiya edibmi? 4. Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək adı kompüterə göndərmək üçün proqram yazıbmı? 5. Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək LED-ə nəzarət üçün proqram yazıbmı? 6. Ardıcıl birləşmədən istifadə edərək sadə üç-istiqamətli işıqfor proqramı yazıbmı? 7. Nəzarət proqramından istifadə edərək əməliyyatı yoxlayıbmı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

6. Simvolların LCD-də nümayişi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. LCD nəzarət dövrəsini izah edəcək;
2. LCD-də “Hello World” yazısını göstərən proqram yaza biləcək;
3. LCD-nin birinci sətirinin ikinci hücrəsində olan və hər 500 millisan-da yanıb-sönən “LCD TEST” sətrini göstərən proqram yaza biləcək;
4. LCD-dən istifadə edərək saniyəölçən proqramı yaza biləcək;
5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxlaya biləcək.

Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, LCD modulu
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd konnektor kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. LCD (Maye kristal monitor)

LCD (Maye kristal monitor) hərfləri, rəqəmləri və s. nümayiş etdirən nümayiş cihazıdır. Simvol tipli LCD və qrafika tipli LCD. Üfüqi şəkildə yazılmış simvolların və şaquli şəkildə nümayiş olunan sətirlərin maksimum sayı ilə müəyyənləşdirilən, 16x2, 40x2 və 20x4 ölçülü bir sıra simvollar mövcuddur.

Bu LCD və kontrolleri (əksəriyyəti Hitachi HD44780 kontrolleri ilə təchiz edilmişdir) özündə birləşdirən bir moduldur.

(a) 16 ×2 LCD (b) 20 ×4 LCD (c) Qrafik LCD

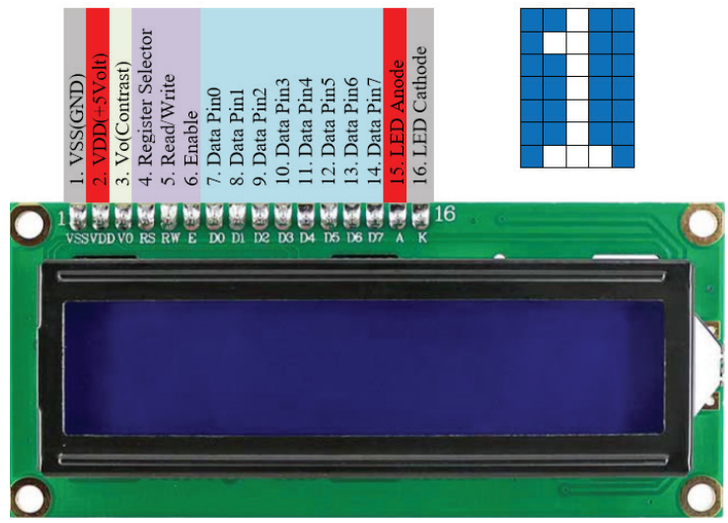
Şəkil 1: LCD tipləri

2. Simvolun LCD-də əməliyyat prinsipi

Şəkil 1 və Cədvəl 1-də kontakt konfiqurasiyası və funksiyaları göstərilib.

Cədvəl 1: Kontaktın funksiyası

Kontakt NO.	Simvol	Funksiya
1	V_{SS}	GND
2	V_{DD}	+ 5V
3	V_O	Dəyişkən rezistor vasitəsilə parlaqlığa nəzarət
4	RS	Registratorun seçilməsi (PG0), H: verilənlər registratoru L: təlimat registratoru
5	R/W	Oxuma/yazma (PG1), H: Oxuma L: Yazma
6	E	İşə salma (PG2), H: İşə sal L: Dayandır
7~14	D0~D7	8 bit verilənlər şini
15	Anod	Arxa işıq LED anodu
16	Katod	Arxa işıq LED katodu



Şəkil 1: Kontakt sxemi

Register selector – Registratorun selektoru
Read/write – Oxuma/yazma
Enable – İşə salma
Data pin() – Verilənlər kontaktı ()
LED anode – LED anodu
LED cathode – LED katodu

3. Simvolun LCD-də əməliyyat prinsipi

1) Verilənin nümayişi üçün TGY (VNTGY)

VNTGY (Verilənin nümayişi üçün TGY) 80*8 bit (maksimum 80 simvolluq yaddaş) yaddaş tutumuna və 0x00 ~ 0x27 ünvana (40 simvol) malikdir: VNTGY-ın bir sətirində 0x80 + (0x00 ~ 0x27), 0x67 ünvan (40 simvol): 0x80 + (0x40 ~ 0x67). Hal-hazırda hər sətirə 40 simvoldan yalnız 16 simvol göstərir.

VNTGY -nin ünvan əməliyyatı statusu (faktiki yaddaş intervalı: 0x80 ~ 0xA7, 0xC0 ~ 0xE7)

2) SG TGY (Simvol generatoru TGY)
SG TGY (Simvol generatoru TGY) 16 üfüqi x 12 şaquli ünvan kodu olan simvol istehsal edən TGY-dir. Ümumilikdə 192 rəqəm və simvol forması mövcuddur.

3) SG TGY (Simvol generatoru TGY)

SG TGY (Simvol generatoru TGY) istifadəçi simvol formasını proqramlaşdırdıqda istifadə olunan simvol istehsal edən TGY- dir. 0x00 ~ 0x3F ünvan yadda saxlanılır və 8 istifadəçi yeri istifadə oluna bilər. Elektrik təchizatı kəsildikdə məlumat silinir.

4) Registratorun seçim siqnalı

Cədvəl 2: Registratorun seçim siqnalı

RS	R/W	Funksiya
0	0	TR-na (təlimat registratoruna) nəzarət məlumatlarının yazılması
0	1	LCD-də yazılmanı mümkün etmək üçün məşğul işarəsinin oxunması
1	0	Nümayiş olunacaq simvolların verilənlər registratoruna (VR) yazılması
1	1	LCD-nin VR məlumatlarının MPB-da oxunması

4. LCD-də simvol əmri

1) LCD-də simvol əmri cədvəli

Cədvəl 2: LCD-də simvol əmri cədvəli

Təlimat	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Funksiya	Sürət
Ekran boşdur	0	0	0	0	0	0	0	1	Ekranı boşalt	1.64ms
Ana səhfəyə qayıt	0	0	0	0	0	0	1	-	Kursor ana səhifədədir	1.64ms
Giriş rejiminin təyini	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Kursorun istiqaməti, ekranın hərəkəti	40μs
Ekrana nəzarətin yanması/sönməsi	0	0	0	0	1	D	C	B	Ekran, kursor, yanıb-sönmə	40μs
Kursor və ya ekranın sürüşməsi	0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	Kursor, ekranın hərəkəti	40μs
Funksiyanın təyini	0	0	1	DN	N	F	-	-	İnterfeys, sətir, şrift	40μs
SG TGY ünvanının təyini	0	1	SG TGY ünvanı						SG TGY ünvanının təyini	40μs
VNTGY ünvanının təyini	1	VNTGY ünvanı							VNTGY ünvanının təyini	40μs
Məşğul işarələrinin oxunması	BF	Ünvan sayğacı							BF oxunması, ÜS tərkibi	40μs
SG TGY və ya VNTGY yazılması	Verilənlər (yazma)								Verilənlərin yazılması	40μs
SG TGY və ya VNGTY-dan verilənlərin oxunması	Verilənlər (oxuma)								Verilənlərin oxunması	40μs

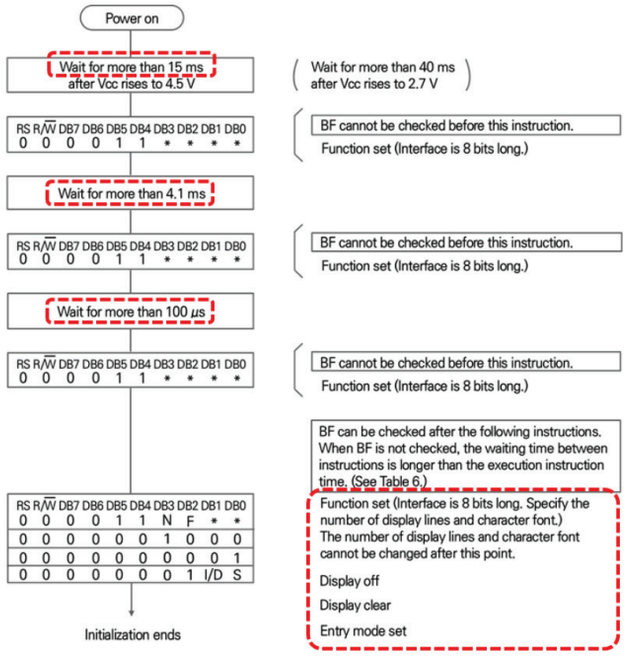
2) LCD-də simvol əmri seçimi

Cədvəl 3: LCD-də simvol əmri seçimi

I/D	1	Ünvan artır (address+1)	Artım
	0	Ünvan azalır (address-1)	Azalma
S/C	1	Müşayiət edən ekran	Sürüşmə
	0	Kursorun hərəkəti	Kursor
R/L	1	Sağa hərəkət	Sağ
	0	Sola hərəkət	Sol
D/L	1	8bit	Verilənlər sətri
	0	4bit	
N	1	2line	Rəqəm sətri
	0	4line	
D	1	Ekran yanılı	Ekran
	0	Ekran sönülü	
F	1	5×10dot	Şrift
	0	5×8dot	
BF	1	Daxili əmr işə salınmaqdadır: İnkar əmri	Məşğul işarəsi
	0	Gözləmə əmri: qəbul əmri	
*		Nəzərə almayın	
S=1	I/D=1	Tam şəkildə sola hərəkətin nümayişi	S=0 Hərəkət etmə
	I/D=0	Tam şəkildə sağa hərəkətin nümayişi	

5. LCD-nin ilkin quraşdırması

Şəkil 2 LCD-nin ilkin quraşdırılması üçün zəruri proseduru göstərir. LCD-ni işə salmaq üçün LCD-nin ilkin quraşdırılması icra edilməlidir və müvafiq ardıcıllıqla elektrik verildikdən sonra proqram icra edilməlidir.



Power on – Elektrik təchizatı yanılıdır.

Wait for more than 40 ms after Vcc rises to 2.7 V – VCC 2.7 V-a yüksəldiksən sonra 40 millisan-dən artıq müddətdə gözləyin.

BF cannot be checked before this instruction – BF bu təlimatdan əvvəl yoxlana bilməz.

Function set (Interface is 8 bits long) – Funksiyanın təyini (İnterfeys 8 bit uzunluğundadır).

BF can be checked after the following instructions. When BF is not checked, the waiting time between instructions is longer than the execution instruction time (See Table 6) – BF aşağıdakı təlimatlardan sonra yoxlana bilər. VF yoxlanmadıqda təlimatlar arasındakı gözləmə müddəti təlimatlardakı icra müddətindən uzun olur (Cədvəl 6).

Function set (Interface is 8 bits long. Specify the number of display lines and character font.) The number display lines and character font cannot be changed after this point – Funksiyanın təyini (İnterfeys 8 bit uzunluğundadır. Sətirlərin sayını və simvolların şriftini müəyyən edin). Ədədlərin nümayiş olunan sətirləri və simvolların şrifti bundan sonra dəyişdirilə bilməz.

Display off – Ekran sönülüdür.

Display clear – Ekran boşdur.

Entry mode set – Giriş rejiminin təyin edilməsi.

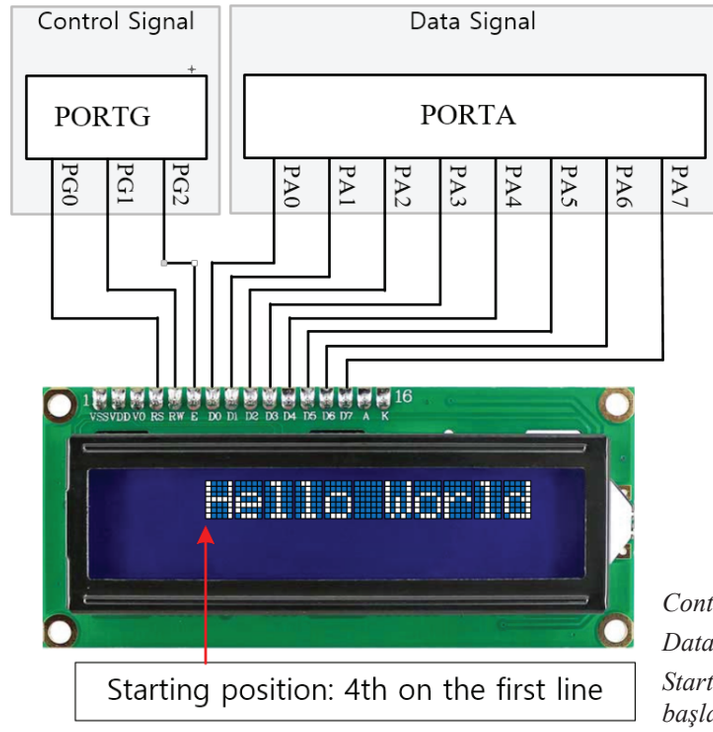
Şəkil 2: LCD- nin ilkin quraşdırılmasının ardıcıllığı və əmrlər

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. Şəkil 3-də verilmiş dövrə diaqramına baxın və LCD-də "Hello World" yazısını göstərən proqram yazın. "Hello World" yazısının başlanğıc mövqeyi 1-ci sətrin 4-cü cərgəsindədir.



Control signal – nəzarət siqnalı
Data signal – verilənlər siqnalı
Starting position: 4th on the first line – başlanğıc mövqeyi: birinci sətirdə 4-cü

Şəkil 3: LCD dövrəsi

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000            // MPB-nin saatını müəyyən et.
#include <util/delay.h>        // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası


#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))        // Bəzi bitləri 1 etmək üçün makro funksiya
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))      // Bəzi bitləri 0 etmək üçün makro funksiya
#define LCD_CON              PORTG
#define LCD_DATA             PORTA
#define LCD_DIR              DDRA
#define LCD_DATA_READ            PINA
#define LCD_RS               0
#define LCD_RW               1
#define LCD_E                2
```

```
void LCD_Init(void);
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char busyFlag);
unsigned char LCD_rCommand(void);
void LCD_wCommand(char cmd);
void LCD_wBusyCommand(char cmd);
void LCD_wData(char wdata);
void LCD_wString(char *str);
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y);
int main(void) {
    DDRA = 0xFF;                    // LCD verilənləri
    DDRG = 0x0F;                    // PG0 : RS, PG1 :RW, E:PG2 LCD nəzarəti
    sbi(PORTE, PE3);                  // ÇRL (FND)  söndür.
    LCD_Init();
    LCD_xyCommand(2, 1);           // 1-ci sətrin ikinci mövqeyini təyin etmək üçün əmr
    LCD_wString("Hello World");
    while(1);
    return 1;
}
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char rdata) {
        if(rdata & 0x80) return 1;          // LCD-də D7 bit dəyəri 1 və ya 0-dır.
        else return 0;
}
unsigned char LCD_rCommand(void) {
         unsigned char rdata = 0;
         LCD_DIR = 0x00;              // PORTA girişinin təyin edilməsi
         cbi(LCD_CON, LCD_RS);        // Əmr
         sbi(LCD_CON, LCD_RW);        // Verilənləri LCD-yə ötürəcək.
         sbi(LCD_CON, LCD_E);         // LCD-dən istifadə edəcək.
         _delay_us(1);
         rdata = LCD_DATA_READ; _delay_us(1);
         cbi(LCD_CON, LCD_E);
         LCD_DIR = 0xFF;              // A portunu çıxış kimi təyin etmə
         _delay_us(1);
         return rdata;
```

```
}
void LCD_wCommand(char cmd) {
        cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
        LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
        cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_wbusyCommand(char cmd) {
        while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand()))
        _delay_us(1);
        cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
        LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
        cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_wData(char wdata) {
        while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand())); _delay_us(1);
        sbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
        LCD_DATA = wdata; _delay_us(1);
        cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y) {
        unsigned char xypos = 0;
        if(y == 1) xypos = 0x80 + x;              // ünvan 0x00 ~ 0x3F 1Line
        else if(y==2) xypos = (0x80 | 0x40) + x;      // ünvan 0x40 ~ 0x7F 2Line
        LCD_wbusyCommand(xypos);
}
void LCD_Init(void) {
        _delay_ms(500);
        LCD_wCommand(0x38);
        _delay_ms(10);
        LCD_wCommand(0x38);
        _delay_us(200);
        LCD_wCommand(0x38);
        _delay_us(200);
        LCD_wbusyCommand(0x38);              // 5x8dot, 8bit, 2Line təyini
```

```
        LCD_wbusyCommand(0x0c);
        LCD_wbusyCommand(0x01);
}
void LCD_wString(char *str)
{
        while(*str) LCD_wData(*str++);
}
```

2. Mürəkkəb tapşırıqlar

"LCD TEST" sətrini LCD-nin birinci sətrinin ikinci mövqeyində göstərən və hər 500 ms-də bir dəfə yanıb-sönən proqram yazın.

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. LCD nəzarət dövrəsini izah etdimi? 2. LCD-də "Hello World" yazısını göstərən proqram yazdımı? 3. LCD-nin birinci sırasının ikinci cərgəsi mövqeyində olan və hər 500 ms-də yanıb-sönən "LCD test" sətrini göstərən proqram yazdımı? 4. LCD-dən istifadə edərək saniyəölçən proqramı yazdımı? 5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

7. RVS (RTC)-dan istifadə etməklə LCD-də vaxtın nümayişi

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. RVS-dan (Real Vaxt Saatı) istifadə edə biləcək;
2. İNİ (I2C) rabitəsindən istifadə edə biləcək;
3. DS1307 saatının PP-nin kontakt sxemini təsvir edə biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor 4.7kΩ 6ədəd, VR 10kΩ
2. Kristal : 32.768MHz, yarımkeçirici: DS1307
3. Maket plata və əlaqələndirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, LCD modulu, açar modulu
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd konnektor kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

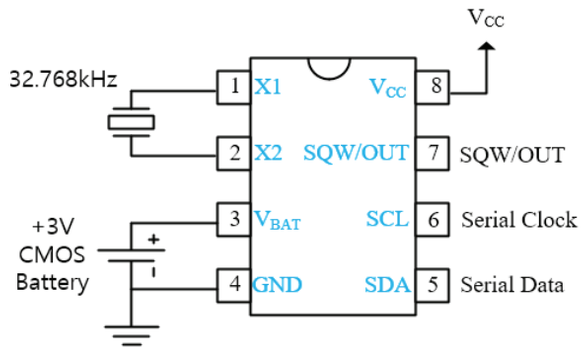
1. İNİ (ikinaqilli interfeys) (I2C) rabitəsi

İNİ (I2C) rabitə metodu aparıcı-aparılan metodudur. Başqa sözlə, bu metod bir neçə aparılanı bir aparıcıya qoşmaq üçün tərtib edilmiş rabitə standartıdır. Bundan əlavə, hər bir aparılan İC hansı İC-nin istifadə olunacağını fərqləndirə bilmək üçün xüsusi ID-yə malikdir. Atmega128-i əsas iş rejimində istifadə edərkən 128-ə qədər qul cihazı istifadə oluna bilər. Aparıcı məlumatı ötürdükdə aparıcının ötürücüsü (AÖ) kimi çıxış edir. Master məlumatı qəbul etdikdə isə, o, aparıcı qəbuledici (AQ) kimi çıxış edir.

I2C (İNİ) əksər MPB-larda xarici PP ilə (proqram plataları) rabitə üçün I2C funksiyasını təqdim edir.

2. RVS (Real Vaxt Saatı)

Real Vaxt Saatı (RVS) rəqəmli saatların düzəldilməsində istifadə olunan məşhur PP-dir, kompüterlərdə və bir çox hazır sxemli cihazlarda cari vaxtı təyin etmək üçün istifadə olunur. Saat PP-nin davamlı işləməsi üçün 32.768KHz lazımdır və o, bir çox saatların PP-da (DS1307) ən çox istifadə olunan saatdır. Bu saat növü, həmçinin geniş istifadə olunan saat PP-dir. DS1307 saatı PP, I2C (İNİ) metodundan istifadə edərək məlumatı MPB-də və MPB-dən oxuyur və yazır.



Serial clock – ardıcıl saat
CMOS battery – CMOS batareyası
Serial data – ardıcıl verilənlər

Ünvan	Dəyər
0x00	İkinci
0x01	Dəqiqələr
0x02	Saatlar
0x03	GÜN
0x04	TARİX
0x05	AY
0x06	İL
0x07	Nəzarət
0x08~0x3F	RAM 56×8

Şəkil 1: DS1307 PP-nin kontakt quruluşu və ünvan xəritəsi

3. İNİ-yə (I2C) nəzarət üçün istifadə olunan funksiya registratoru

TWBR, TWCR, TWSR və TWDR registratorları İNİ-yə (I2C) nəzarət etmək üçün istifadə olunan funksional registratorlardır. İNİ aparıcı qurğuda saatı meydana gətirən və məlumatı ötürmək və qəbul etmək üçün saatla sinxronlaşdıran rabitə metodudur. İNİ MPB-nin saatından yararlanır. ATmega128-də İNİ saatı aparıcı saatdan istifadə edilərək yaradılmalıdır.

1) TWBR (İNİ bit nisbəti registratoru) – Bu registrator İNİ bit nisbətini təyin etmək üçün istifadə olunur. O saatı bölməklə əsas rejimində istifadə etmək məqsədilə saatı meydana gətirmək üçün istifadə olunur.

Bit	TWBR7	TWBR6	TWBR5	TWBR4	TWBR3	TWBR2	TWBR1	TWBR0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

Read/write – oxuma/yazma
Initial value – ilkin dəyər

2) TWCR (İNİ nəzarət registratoru) – İNİ nəzarət registratorunu İNİ-dən istifadə etməyə icazə verən bir işə salma bitidir və İNİ başlama siqnalının çıxışına TWISTA 1 qeyd edir. TWSTO İNİ dayanma siqnalını təyin edən bitdir, TWIE isə İNİ kəsilməsini aktivləşdirən bitdir.

Bit	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	-	TWIE
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

3) TWSR (İNİ Status Registratoru) – İNİ statusunu göstərən TWS [7..3] bitlərindən və TWSP [1..0] ön sayma bitlərindən ibarətdir.

Bit	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	-	TWS1	TWPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

4) TWDR (İNİ verilənlər registratoru) – Göndərmə/qəbul etmə rejimlərində məlumatı göndərmək və qəbul etmək üçün ehtiyat verilənlər registratorudur. TWIINT biti 1-ə təyin olunduqda verilənlər cari qiymətini saxlayır və verilənlər dəyişmiş şəkildə çıxdıqda yeni verilənlər dəyişmiş şəkildə daxil edilir.

Bit	TWDR7	TWDR6	TWDR5	TWDR4	TWDR3	TWDR2	TWDR1	TWDR0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

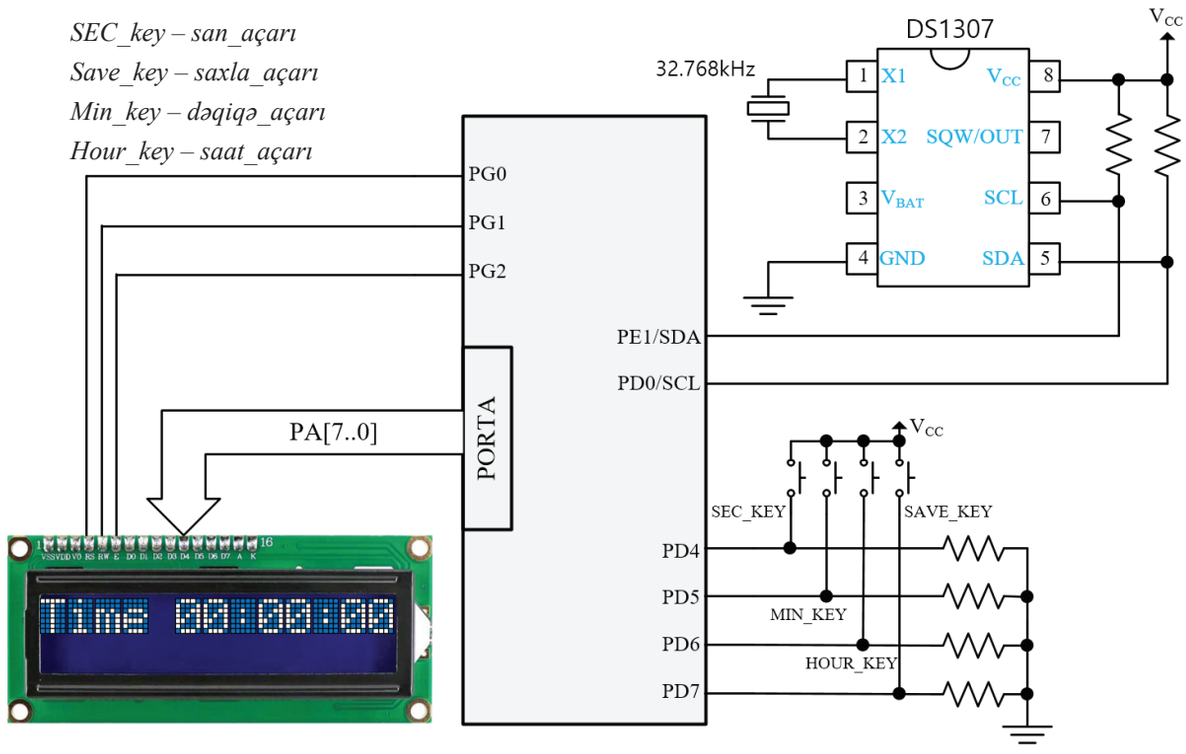
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. İndiki vaxtı RVS-da təyin edən və LCD-də göstərən proqram yazın. (Şəkil 2)

Şərt: Açar 0 hər saniyədə 1, Açar 1 hər saniyədə 1, Açar 2 hər saniyədə 1 saniyə artır və Açar 3 təyin olunma vaxtını RVS-da saxlayır.



Şəkil 2: RVS-dan istifadə etməklə cari vaxtı göstərən dövrə

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000                    // MPB-nin saatını nizamlayın.

#include <util/delay.h>       // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#define TRUE 1
#define FALSE 0
#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))          // Bəzi bitləri 1-ə bərabərləşdirən makro funksiya
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))                 // Bəzi bitləri 0-a bərabərləşdirən makro funksiya
```

```
#define LCD_CON          PORTG
#define LCD_DATA         PORTA
#define LCD_DIR          DDRA
#define LCD_DATA_READ    PINA
#define LCD_RS           0
#define LCD_RW           1
#define LCD_E                2
#define SEC_KEY          0
#define MIN_KEY          1
#define HOUR_KEY         2
#define SAVE_KEY         3

#define TWI_CLK 100000                          //100kHz
#define TWBR_SET (F_CPU-(16*TWI_CLK))/(4*2*TWI_CLK)    // TWBR təyin edilməsi
#define TWI_START (1<<TWINT)|(1<<TWSTA)|(1<<TWEN)      // İNİ başlaması
#define TWI_STOP (1<<TWINT)|(1<<TWEN)|(1<<TWSTO)       // İNİ dayanması

#define DS1307_ID        0xD0            // BS1307 PP-nin cihaz ID-si
#define WRITE_MODE           DS1307_ID | 0x00      // SLA+W D0 bit 0 olduqda yaz
#define READ_MODE            DS1307_ID | 0x01      //  SLA+R D0 bit 1 olduqda oxu
#define DS1307_ADDR_Sec      0x00
#define DS1307_ADDR_Min      0x01
#define DS1307_ADDR_Hour     0x02
volatile unsigned char T0Flag = FALSE;
volatile unsigned char KeyFlag = FALSE;
volatile unsigned char Prev_KeyIn = FALSE;
volatile unsigned int tcnt = 0;
volatile unsigned char stat = 0;
volatile unsigned int Tsec = 0;
volatile unsigned int TMin = 0;
volatile unsigned int THour = 0;
void DS1307_START(void);             // İNİ-nin başla şərti
void DS1307_STOP(void);              // İNİ -nin dayan şərti
void TWI_wCommand(unsigned char wAddress, unsigned char wdata);
```

```
volatile unsigned char TWI_rComamnd(unsigned char wAddress);
void DS1307_wTimeSetup(unsigned char data, unsigned char address);
unsigned char DS1307_rTimeRead(unsigned char address);
void LCD_Init(void);
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char busyFlag);
unsigned char LCD_rCommand(void);
void LCD_wCommand(char cmd);
void LCD_wBCommand(char cmd);
void LCD_wData(char wdata);
void LCD_wString(char *str);
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y);

ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
    TCNT0 = 130;                        // 1millisaniyəni sabit saxlamaq üçün
    tcnt++;
    if(tcnt >= 2) {
        T0Flag = TRUE;
        tcnt = 0;
        }
}
int main(void)
{
    unsigned char Keyin = 0;                    // Əsas açarını oxu.
    unsigned char KeySW = 0;                    // Əsas kodaçanın əsas işarəsi
    char TimeBuf[20] = {0, };
    DDRA = 0xFF;                        // LCD verilənləri
    DDRB = 0x0F;
    DDRD = 0x03;        // 0000(yuxarı 4bit açarını), 0011( INT3, INT2, SDA, SCL)
    DDRG = 0x0F;        // PG0 : RS, PG1 :RW, E:PG2 LCD Nəzarəti
    TWCR = 0x04;
    TWBR = TWBR_SET;    // 100kHz
    TWSR = 0x00;        // tezlik bölücünün 1 qiyməti
    PORTB = 0x0F;
```

```
    TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CS1) | (0<<CS0);  // Tezlik bölücünün (öncədən sayma) təyin olunması, clk/64
    TIMSK=(1<<TOIE0);              // Timer0 - həddən artıq yüksəlməsi halında kəsilmə
    TCNT0 = 130;
    sbi(PORTE, PE3); // FND Disable
    LCD_Init();
    LCD_xyCommand(1, 1); LCD_wString("TIME ");
    LCD_xyCommand(6, 1); LCD_wString("00:00:00");

    KeyFlag = FALSE;
    TimeSetupFlag = FALSE;
    TIME_SET_Flag = FALSE;
    Prev_KeyIn = 0xF0;
    sei();
    while(1) {
        if(T0Flag) {          // T0Flag doğrudursa, 1 millisan
        T0Flag = 0;
        switch(stat) {        // İlk 2 millisan icradan sonra hər 10 millisaniyədə bir dəfə "case" bəyanatını icra edin.
         case 0:
           Keyin = PIND & 0xF0;
           if(Prev_KeyIn == Keyin) { stat = 1; break; }  // Yalnız basıldıqda işə salınır.
           if(Keyin == 0xE0) { if(Tsec++ > 59) Tsec = 0;
                               TimeSetupFlag = TRUE; }
           else if(Keyin == 0xD0) { if(Tmin++ > 59) Tmin = 0;
                               TimeSetupFlag = TRUE; }
           else if(Keyin == 0xB0) { if(Thour++ > 23) Thour = 0;
                               TimeSetupFlag = TRUE; }
           else if(Keyin == 0x70) { TIME_SET_Flag = TRUE; }
           Prev_KeyIn = Keyin;
           stat = 1;
           break;
        case 1:
           if(TIME_SET_Flag) {                 // DS1307-da saatın təyini
```

```
                DS1307_wTimeSetup(Tsec,DS1307_ADDR_Sec);
                DS1307_wTimeSetup(Tmin,DS1307_ADDR_Min);
                DS1307_wTimeSetup(THour,DS1307_ADDR_Hour);
                TimeSetupFlag = FALSE;
                TIME_SET_Flag = FALSE;
            }
            stat = 2;
            break;
        case 2:
            stat = 3;
            break;
        case 3:
            if(!TimeSetupFlag) {
                Tsec = DS1307_READ_Time(DS1307_ADDR_Sec);
                Tmin = DS1307_READ_Time(DS1307_ADDR_Min);
                Thour = DS1307_READ_Time(DS1307_ADDR_Hour);
            }
            stat = 4;
            break;
        case 4:
            sprintf(TimeBuf, "%2d:%2d:%2d", Thour, Tmin, Tsec);
            LCD_xyCommand(6, 1);
            LCD_wString(TimeBuf);
            stat = 0;
            break;
        }
        return 1;
}
void TWI_wCommand(unsigned char wAddress, unsigned char wdata) {
    TWCR = TWI_START;                          // İNİ işə salma
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x08)));    //İNİ işə salındı?
    TWDR = WRITE_MODE;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);        // Ünvanı aparılana göndərməyə hazırdır?
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x18)));
```

```
    TWDR = wAddress;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x28))); // Aparılanın ünvanı təyin edilib.
    TWDR = wdata;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x28))); // Verilənlərin ötürülməsi tamamlanıb.
    TWCR = TWI_STOP; // TWI Stop
}
volatile unsigned char TWI_rComamnd(unsigned char wAddress) {
    unsigned char data = 0;
    TWCR = TWI_START;                          // İNİ işə salma
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x08 )));   //İNİ işə salındı?
    TWDR = WRITE_MODE;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);       // Ünvanı aparılana göndərməyə hazırdır?
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x18)));
    TWDR = wAddress;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x28)));   // Aparılanın ünvanı təyin edilib.
    TWCR = TWI_START;                  // İNİ-nin təkrar işə salma şərti gondərilir.
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x10)));
    TWDR = READ_MODE;
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);
                          // Oxuma siqnalını aparılana göndərir və təsdiq siqnalı qəbul olunur.
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x40)));
    TWCR = (1<<TWINT) | (1<<TWEN);
    while (!((TWCR & (1<<TWINT)) && (TWSR & 0x58)));   // Verilənlər baytı qəbul olunub.
    data = (unsigned char) TWDR;
    TWCR = TWI_STOP;                           // İNİ dayandır.
    return data;
}
unsigned char DS1307_SEND_FORMAT(unsigned char nTime) {
    unsigned char rdata = 0;
```

```
    rdata = ((nTime/10) <<4);                    // 10 simvol
    rdata += (nTime%10);                         // 1 simvol
    return rdata;
}
void DS1307_wTimeSetup(unsigned char data, unsigned char address) {
    unsigned char Temp = 0;
    Temp = DS1307_SEND_FORMAT(data);
    if(address == DS1307_ADDR_Hour) Temp &= 0x3F;
    TWI_wCommand(address, Temp);
}
unsigned char DS1307_rTimeRead(unsigned char address) {
    unsigned char mtime = 0, result = 0;
    mtime = TWI_rCommand(address);
    result = ((mtime >> 4) & 0x07) * 10 + (mtime & 0x0F);
    return result;
}
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char busyFlag) {
    if(busyFlag & 0x80) return 1;          // LCD-də D7 bit dəyəri 1 və ya 0-dır.
    else return 0;
}
void LCD_wCommand(char cmd) {
    cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_Init(void)
{
    _delay_ms(500);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_ms(10);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_us(200);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_us(200);
    LCD_wBusyCommand(0x38);                  // 5x8dot, 8bit, 2Line təyini
    LCD_wBusyCommand(0x0c);
    LCD_wBusyCommand(0x01);
```

```
}
void LCD_wString(char *str) {
    while(*str) LCD_wData(*str++);
    }
unsigned char LCD_rCommand(void) {
    unsigned char rdata = 0;
    LCD_DIR = 0x00;                          // Port A girişi
    cbi(LCD_CON, LCD_RS); sbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    _delay_us(1);
    rdata = LCD_DATA_READ; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); // LCD Disable
    LCD_DIR = 0xFF; // 포트A 출력
    _delay_us(1);
    return rdata;
}
void LCD_wBusyCommand(char cmd) {
    while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand()));
    _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_wData(char wdata) {
    while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand())); _delay_us(1);
    sbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    LCD_DATA = wdata; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y) {
    unsigned char xypos = 0;
    if(y == 1) xypos = 0x80 + x; // address 가 0x00 ~ 0x3F 1Line
    else if(y==2) xypos = (0x80 | 0x40) + x; // address 가 0x40 ~ 0x7F 2Line
    LCD_wBusyCommand(xypos);
}
```

2. Təcrübə mərhələləri

1-ci Təcrübə mərhələsindəki proqramda açar 0 vaxtı seçir, açar 1 dəqiqəni seçir, açar 2 saniyələri seçir və açar 3 yadda saxlama açarıdır. İNT0 və İNT1 seçildikdə, elə bir proqram yazın ki, İNT0 düyməsi üçün saniyələrin qiyməti 1 vahid artsın və İNT1-i isə 1 vahid azalsın.

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. LCD nəzarət dövrəsini izah etdimi? 2. İndiki vaxtı RTC-də təyin edən və LCD-də göstərn proqram yazdımı? 3. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

8. A / R çevirməsindən istifadə edərək LCD-də nümayiş

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. A/R (A/D) çevirmə dövrəsini izah edəcək;
2. Dəyişkən rezistorun voltaj dəyərini oxuyan və onu LCD-də nümayiş edən proqram yaza biləcək;
3. Dəyişkən rezistorun voltaj dəyərini oxuyan və voltaj dəyərini ardıcıl birləşmədən istifadə edərək kompüterə göndərən proqram yaza biləcək;
4. ADC 0-a qoşulmuş temperatur sensorunun dəyərini ölçən və LCD-də nümayiş edən proqram yaza biləcək;
5. Nəzarət proqramından istifadə edərək əməliyyatı yoxlaya biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor 1kΩ, VR 10kΩ 2ədəd
2. Maket plata və əlaqələndirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

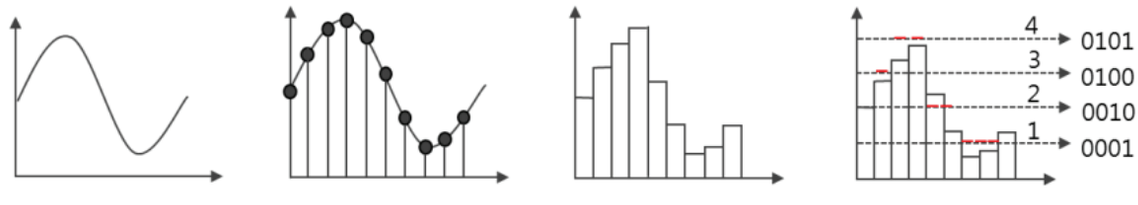
1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, LCD modulu, açar modulu
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd konnektor kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Analoq/rəqəmsal açar

A / R açar fasiləsiz analoq siqnalı şifrələnmiş ikili rəqəmsal siqnala çevirən qurğudur. Həmçinin rəqəmsal siqnalı analoq siqnala çevirmə D / C açar və ya RAÇ (rəqəmsal/analoq açar) adlanır.

Analoq siqnalı rəqəmsal siqnala çevirmə prosesi yoxlama →kvantlama → kodlama mərhələlərindən ibarətdir.

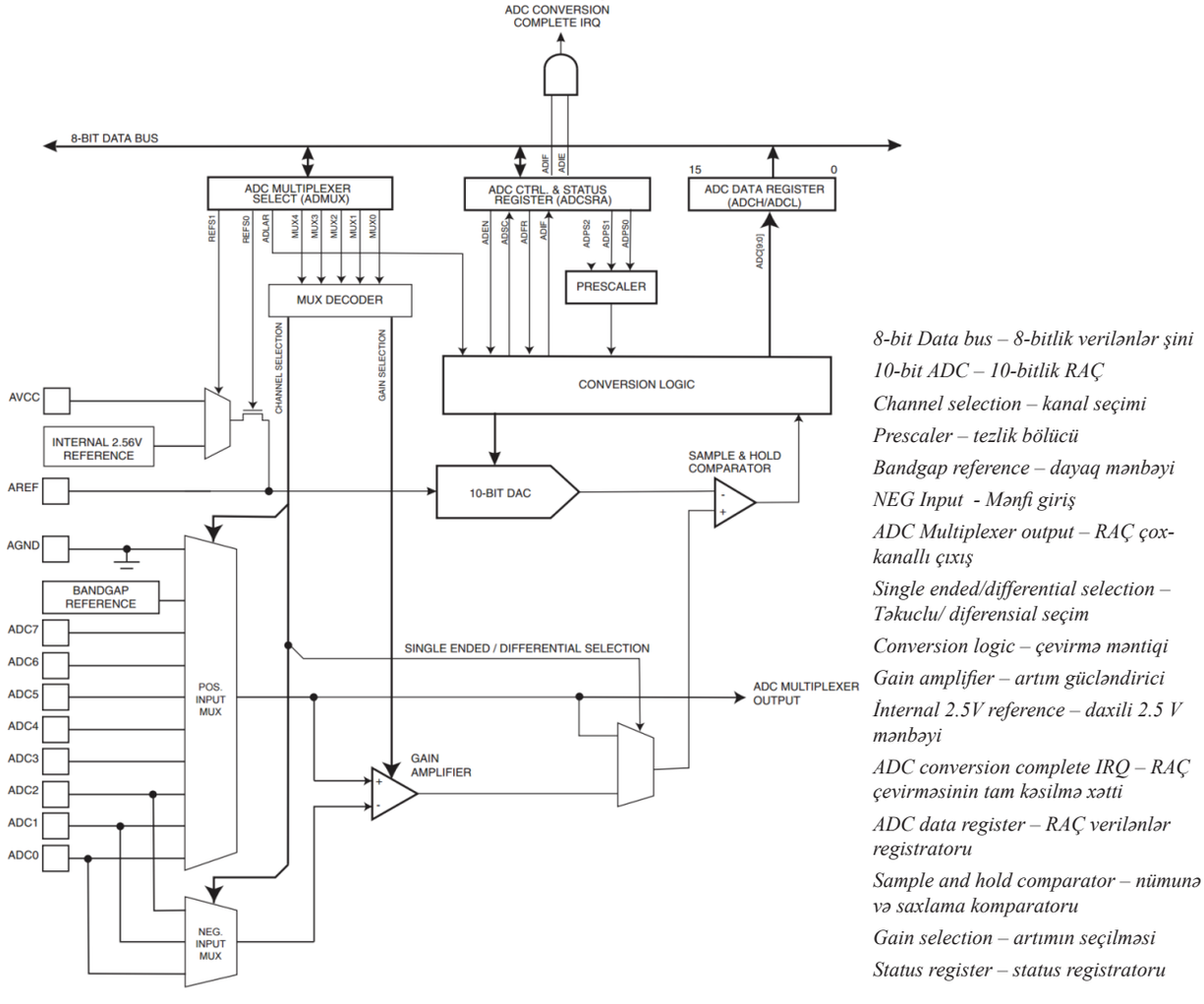


(a) Analoq siqnal (b) Nümunələmə (c) Kvantlama (d) Kodlama

Şəkil 1: Analoq siqnalı rəqəmsal siqnala çevirmə prosesi

2. ATmega128 RAÇ-nın daxili quruluşu və xüsusiyyətləri

- 10-bit rezolyusiya
- 0.5 LSB inteqral qeyri-xəttilik (İnteqral Qeyri-Xəttilik)
- ± 2 LSB Dəqiqlik (Mütləq dəqiqlik)
- 13~260µs Çevirmə müddəti (50kHz~200kHz)
- 15 kSPS maksimum rezolyusiya
- 8-kanallı tək-uclu giriş
- 7-kanallı diferensial giriş
- 10x və 200x artımlı 2-kanallı diferensial giriş
- A/R (A/D) çevirmə verilənlərinin sol-meylli seçimi
- A/R (A/D) çevrilmənin giriş voltaj aralığı: 0-dan VCC-a qədər
- 2.56V seçilə bilən RAÇ İstinad Voltajı
- Sərbəst Hərəkətli və ya
- Tək Çevrilmə Rejimi
- A/R (A/D) çevirmənin tamamlanması prosesinin kəsilməsi
- Yuxu Rejimi Səsazaldan



8-bit Data bus – 8-bitlik verilənlər şini
10-bit ADC – 10-bitlik RAÇ
Channel selection – kanal seçimi
Prescaler – tezlik bölücü
Bandgap reference – dayaq mənbəyi
NEG Input - Mənfi giriş
ADC Multiplexer output – RAÇ çox-kanallı çıxış
Single ended/differential selection – Təkuclu/ diferensial seçim
Conversion logic – çevirmə məntiqi
Gain amplifier – artım gücləndirici
İnternal 2.5V reference – daxili 2.5 V mənbəyi
ADC conversion complete IRQ – RAÇ çevirməsinin tam kəsilmə xətti
ADC data register – RAÇ verilənlər registratoru
Sample and hold comparator – nümunə və saxlama komparatoru
Gain selection – artımın seçilməsi
Status register – status registratoru

Şəkil 2: A/R (A/D) Açarının Quruluş Diaqramı

2. A/R açarlar ilə əlaqəli registrator

A/R (A/D) açarı ilə əlaqəli registratorlara (ADMUX, ADCSRA, ADCH/L) nəzarət etmək üçün A/R (A/D) açarlardan istifadə prinsipini başa düşmək vacibdir.

1) ADMUX (RAÇ Çoxkanallı Seçim Registratoru)

Bit	REFS1	REFS0	ADLAR	MUX4	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) Bit 7: 6 - REFS1: 0: Mənbə seçimi bitləri
Bu bitlər RAÇ üçün voltaj mənbəyi seçir. Əgər çevrilmə zamanı bu bitlər dəyişsə, bu dəyişiklik çevrilmə tamamlanmayana qədər öz müşahidə edilməyəcək (ADIF ADCSRA-da təyin olunur). Əgər xarici voltaj mənbəyi AREF kontaktına tətbiq olunmasa, daxili voltaj mənbəyi seçimləri istifadə olunmaya bilər.

REFS1	REFS0	Voltajın Mənbəyinin Seçimi
0	0	AREF, daxili vref sönülüdür.
0	1	AREF kontaktında xarici kondensator ilə AVUN
1	0	Ehtiyatda saxlanılıb.
1	1	AREF kontaktında xarici kondensator ilə 2.56V daxili voltaj mənbəyi

(2) Bit 5 – ADLAR: RAÇ sola meylli nəticə
Adlar biti RAÇ verilənlər registratorunda RAÇ çevrilmə nəticəsinin təqdim olunmasına təsir edir. Nəticəni sola meylli etmək üçün adlara bir yazın. Əks halda, nəticə sağa meyllidir. Adlar bitinin dəyişdirilməsi davam etməkdə olan çevirmələrdən asılı olmayaraq, RAÇ verilənlər registratoruna dərhal təsir edəcək.

(3) Bits 4:0 – MUX4:0: Analoq kanal və artım seçimi bitləri
Bu bitlərin dəyəri analoq girişlərin hansı kombinasiyasının RAÇ-a qoşulduğunu seçir. Bu bitlər, həm də diferensial kanallar üçün artımı seçir.
① ADC1 ~ ADC0 terminalları arasında diferensial giriş (artım 10 və ya 200)
② ADC3 və ADC2 arasında diferensial giriş (artım 10 və ya 200)
③ ADC1 terminalına əsaslanan 8 diferensial giriş
④ ADC2 terminalına əsaslanan altı diferensial giriş

2) RAÇ Nəzarəti və Status Registratoru A – ADCSRA

Bit	ADEN	ADSC	ADFR	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

(1) Bit 7 – ADEN: RAÇ-nın işə düşməsi
Bu biti 1-ə bərabər etmək RAÇ-ı işə salır. 0 yazdıqda isə, RAÇ sönür. Çevrilmənin gedişatında RAÇ-ın söndürülməsi bu çevrilməni kəsəcək.

(2) Bit 6 – ADSC: RAÇ-ın işə salma çevirməsi
Tək çevirmə rejimində hər bir çevirməyə başlamaq üçün bu biti 1 yazın. Sərbəst hərəkət rejimində birinci çevirməni başlamaq üçün bu biti 1 olaraq yazın. ADSC-dan sonrakı ilk çevirmə RAÇ işə salındıqdan sonra yazılıb və ya ADSC RAÇ işə salındığı anda yazılıb. Birinci çevirmə RAÇ-ın ilkin quraşdırılmasını həyata keçirir.
Çevrilmənin gedişatında ADSC 1 olaraq oxunacaq. Çevrilmə tamamlandıqda isə 0-a qayıdacaq. Bu bitə 0 yazmağın heç bir əhəmiyyəti yoxdur.

(3) Bit 5 – ADFR: ADC sərbəst hərəkət seçimi
Bu bit 1 yazıldıqda RAÇ sərbəst hərəkət rejimində fəaliyyət göstərir. Bu rejimdə RAÇ məlumat registratorlarını davamlı olaraq yoxlayır və yeniləyir. Bu biti 0 yazmaq sərbəst

hərəkət rejimini söndürəcək.

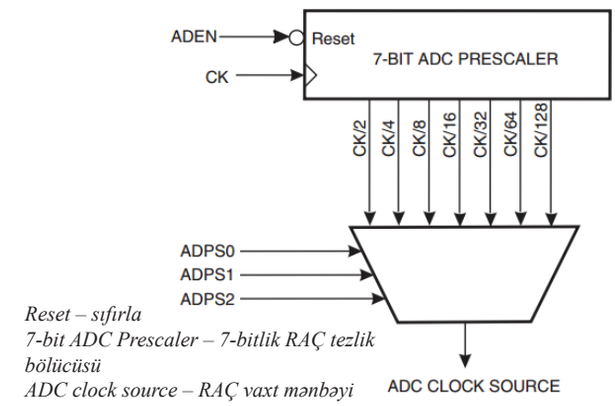
(4) Bit 4 – ADIF: ADC kəsilmə işarəsi
Bu bit RAÇ tərəfindən çevirmə prosesi tamamlandıqda və verilənlər registratorları yeniləndikdə təyin olunur. Əgər ADIE biti və SREG-dəki I-bit təyin olunubsa, RAÇ-ın çevirmə prosesinin başa çatması kəsilir. Alternativ olaraq, işarəyə məntiqi 1 yazmaqla ADIF təmizlənir. Yadda saxlayın ki, ADCSRA-da oxuma-dəyişmə-yazma həyata keçirilirsə, həll olunmamış kəsilmə söndürülə bilər. Bu, həm də SŞİ (sinxron şin interfeysi) və KƏM (kompüter-əsaslı məlumat) təlimatlarının istifadə olunduğu hallara tətbiq edilir.

(5) Bit 3 – ADIE: RAÇ kəsilməsinin işə düşməsi
Bu bitə 1 yazıldıqda və SREG-dəki I-bit təyin olunduqda RAÇ çevirməsinin başa çatmasının kəsilməsi aktivləşir.

(6) Bits 2:0 – ADPS2:0: RAÇ tezlik bölücü seçimi bitləri
Bu bitlər XTAL (kristal) tezliyi və RAÇ-a giriş saatı arasındakı bölünmə əmsalını müəyyən edir.

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Bölünmə əmsalı
0	0	0	2
0	0	1	3
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

(a) RAÇ Tezlik bölücü dəsti



Reset – sıfırla
7-bit ADC Prescaler – 7-bitlik RAÇ tezlik bölücüsü
ADC clock source – RAÇ vaxt mənbəyi

(b) RAÇ tezlik bölücüsü

Şəkil 3: RAÇ Tezlik bölücüsünün seçimi bitləri

3) RAÇ verilənlər registratoru – ADCL və ADCH

RAÇ çevirməsi başa çatdıqda onun nəticəsi bu iki registrdə aşkar oluna bilər. Əgər diferensial kanallar istifadə olunmuşsa, nəticə hər ikisinin tamamlayıcısı şəklində təqdim olunur.

ADCL oxunduqda RAÇ verilənlər registratoru ADCH oxunmayana qədər yenilənmir. Nəticədə, nəticə sola meylli olduqda və 8-bitdən artıq dəqiqlik tələb olunmadıqda ADCH-ni oxumaq kifayətdir. Əks halda, ilk olaraq ADCL, sonra isə ADCH oxunmalıdır.

ADMUX-da adlar biti və ADMUX-da MUXn bitləri nəticənin registratorlardan necə oxunmasına təsir edir. Əgər adlar təyin olunubsa, nəticə sola meyllidir. adlar təmizlənibsə (ilkin vəziyyətdədirsə), nəticə sağa meyllidir.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
ADCH	-	-	-	-	-	-	ADC9	ADC8
ADCL	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2	ADC1	ADC0
	7	6	5	4	3	2	1	0
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R
	R	R	R	R	R	R	R	R
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8
ADCH	ADC9	ADC8	ADC7	ADC6	ADC5	ADC4	ADC3	ADC2
ADCL	ADC1	ADC0	-	-	-	-	-	-
	7	6	5	4	3	2	1	0
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R
	R	R	R	R	R	R	R	R
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0

4) RAÇ çevirməsinin nəticəsi

Çevirmə başa çatdıqdan sonra (ADIF yüksəkdir) çevirmənin nəticəsi RAÇ məticə registratorlarında (ADCL, ADCH) müşahidə edilə bilər.

Tək uclu çevirmə üçün nəticə

$$ADC = \frac{V \cdot 1024}{V_{REF}}$$

VIN seçilmiş giriş kontaktındakı voltaj səviyyəsidir. VREF seçilmiş voltajın istinad dəyəridir. 0x000 torpaqlamanı və 0x3FF bir LSB çıxılmaqla seçilmiş voltajın istinad dəyərini bildirir.

Əgər diferensial kanallar istifadə olunubsa, nəticə

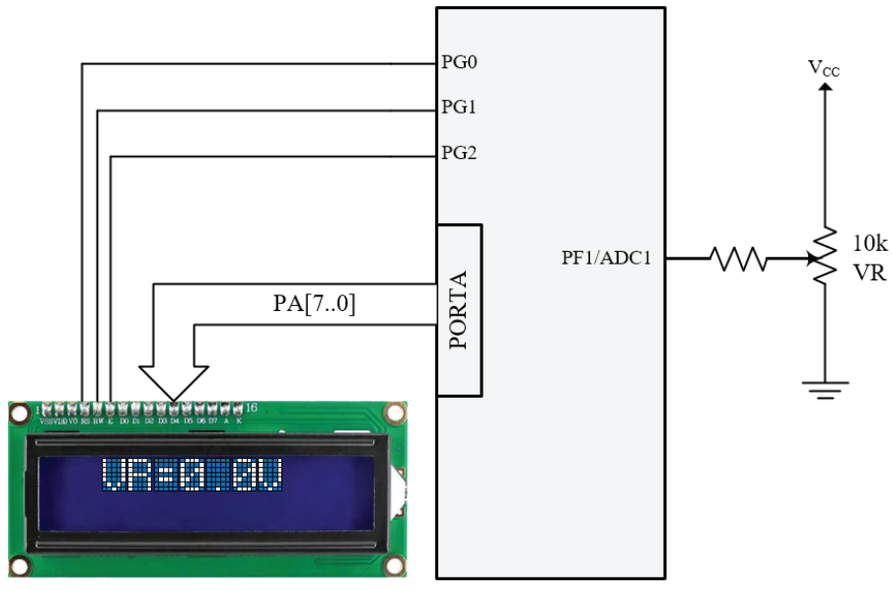
$$ADC =$$

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. (Şəkil 4) Bu dövrədə dəyişən rezistorun voltaj qiymətini oxuyan və onu LCD-də göstərən proqram yazın.



Şəkil 4: LCD-də analoq giriş qiymətini göstərmək üçün dövrə

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 8000000        // MPB saatını təyin edin.
#include <util/delay.h>       // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası
#include <avr/interrupt.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>


#define TRUE 1
#define FALSE 0


#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))      // Müəyyən bitləri 1-ə bərabər etmək üçün makro funksiya
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))   // Müəyyən bitləri 0-a bərabər etmək üçün makro funksiya
#define LCD_CON PORTG
#define LCD_DATA PORTA
#define LCD_DIR DDRA
#define LCD_DATA_READ PINA
#define LCD_RS 0
#define LCD_RW 1
#define LCD_E 2
#define vR 1 // ADC channel 1 , Variable Register
unsigned int ADC_Result = 0;
unsigned int ADC_Voltage = 0;
void LCD_Init(void);
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char busyFlag);
unsigned char LCD_rCommand(void);
void LCD_wCommand(char cmd);
void LCD_wBusyCommand(char cmd);
void LCD_wData(char wdata);
void LCD_wString(char *str);
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y);
unsigned int adc_read(unsigned char chn);
```

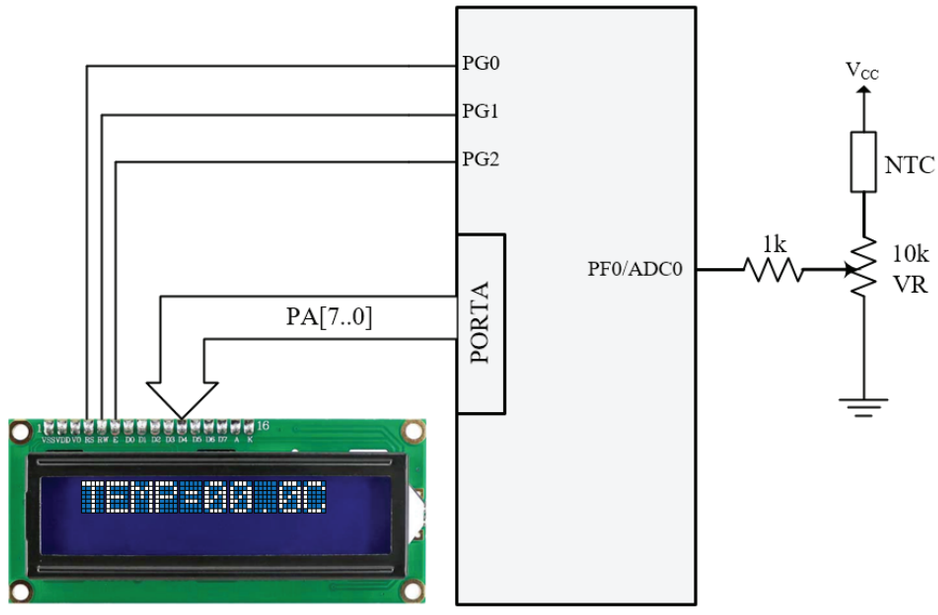
```
unsigned int adc2voltage(unsigned int inV);

int main(void)
{
      unsigned char Ten = 0;
      unsigned char Unit = 0;
      DDRA = 0xFF;              // LCD verilənləri
      DDRB = 0x0F;
      DDRD = 0x03;           // 0000(yuxarı 4bit açar), 0011( INT3, INT2, SDA, SCL)
      DDRF = 0xFC;              // PF0 : ADC0, PF1 : ADC1 girişi, 1111 1100
      DDRG = 0x0F;              // PG0 : RS, PG1 :RW, E:PG2 LCD nəzarəti
      ADMUX = (0<<REFS1) | (1<<REFS0);      // İstinad voltajının seçilməsi = AVCC
      ADMUX |= 0x01;                  // 1-ci AR kanaldan istifadə
      ADCSR = (1<<ADEN);                 // RAÇ-ı işə salma
      ADCSR |= 0x01;                 // 2 bölmədən istifadə
      sbi(PORTE, PE3);                   // ÇRL (FND) söndür
      PORTB = 0x0F;
      LCD_Init();
      LCD_xyCommand(2, 1);         // 1-ci cərgədə 6-cı mövqeni müəyyən etmək üçün əmr
      LCD_String("VR = ");
      LCD_xyCommand(7, 1);         //2-ci cərgədə 2-ci mövqeni müəyyən etmək üçüm əmr
      LCD_String("0.0");
      while(1){
         ADC_Result = adc_read(vR);
         ADC_Voltage = adc2voltage(ADC_Result);       // Nəticə  x.x * 10 = xx
         Ten = ADC_Voltage/10;                  // 10 xanalı ədədlər və
         Unit = ADC_Voltage%10;                  // 1 xanalı ədədlə ayır
         LCD_xyCommand(7, 1);
         LCD_wData(Ten + 0x30);                  // ASCII dəyərinə çevir.
         LCD_xyCommand(9, 1);
         LCD_wData(Unit+0x30);                  // ASCII dəyərinə çevir.
       }
       return 1;
}
```

```
unsigned int adc_read(unsigned char chn) {
	unsigned int adc_v = 0;
	ADMUX = (ADMUX & 0xE0) | chn;
	ADCSR |= (1<<ADSC);
	while((ADCSR & 0x10) == 0);
	adc_v = (int) ADCL + (int) (ADCH <<8);
	return adc_v;
}
unsigned int adc2voltage(unsigned int inV) {
	float voltage = 0.;
	unsigned int result = 0;
	voltage = (float) (5.0*inV)/1024.0;
	result = (unsigned int) (voltage * 10);		// x.xxx birinci onluq yerinə
	return result;
}
unsigned char LCD_BusyCheck(unsigned char busyFlag) {
		if(busyFlag & 0x80) return 1;		// LCD-də D7-nin bit qiyməti 1 və ya 0-dır		else
return 0;
}
unsigned char LCD_rCommand(void)
{
		unsigned char rdata = 0;
		LCD_DIR = 0x00;
		cbi(LCD_CON, LCD_RS); sbi(LCD_CON, LCD_RW);
		sbi(LCD_CON, LCD_E);
		_delay_us(1);
		rdata = LCD_DATA_READ; _delay_us(1);
		cbi(LCD_CON, LCD_E);
		LCD_DIR = 0xFF;
		return rdata;
}
void LCD_wCommand(char cmd)
{
		cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW);
```

```
        sbi(LCD_CON, LCD_E);
        LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
        cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_wBusyCommand(char cmd) {
    while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand())) _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    LCD_DATA = cmd; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_wData(char wdata) {
    while(LCD_BusyCheck(LCD_rCommand())) _delay_us(1);
    sbi(LCD_CON, LCD_RS); cbi(LCD_CON, LCD_RW); sbi(LCD_CON, LCD_E);
    LCD_DATA = wdata; _delay_us(1);
    cbi(LCD_CON, LCD_E); _delay_us(1);
}
void LCD_xyCommand(unsigned char x, unsigned char y) {
    unsigned char xypos = 0;
    if(y == 1) xypos = 0x80 + x;            // ünvan 0x00 ~ 0x3F 1Line
    else if(y==2) xypos = (0x80 | 0x40) + x;    // ünvan 0x40 ~ 0x7F 2Line
    LCD_wBusyCommand(xypos);
}
void LCD_Init(void) {
    _delay_ms(500);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_ms(10);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_us(200);
    LCD_wCommand(0x38); _delay_us(200);
    LCD_wBusyCommand(0x38);             // 5x8dot, 8bit, 2Line təyini
    LCD_wBusyCommand(0x0c);
    LCD_wBusyCommand(0x01);
}
void LCD_wString(char *str) {
    while(*str) LCD_wData(*str++);
}
```

2. Mürəkkəb tapşırıqlar

(Şəkil 5) Bu dövrədə ADC0-a qoşulmuş temperatur sensorunun qiymətini ölçən və onu LCD-də göstərən proqram yazın.



Şəkil 5: Temperatur sensorunun qiymətini LCD-də göstərən dövrə

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. A/R (A/D) açar dövrəsini izah etdimi**?** 2. Dəyişən rezistorun voltaj qiymətini oxuyan və onu LCD-də göstrərən proqram yazdımı? 3. Dəyişən rezistorun voltaj qiymətini LCD-də göstərən və ardıcıl birləşmə vasitəsilə bu voltaj qiymətini komputerə ötürən proqram yazdımı? 4. ADC0-a qoşulmuş temperatur sensorunun qiymətini ölçən və onu LCD-də göstərən proqram yazdımı? 5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

9. Açardan istifadə etməklə addım mühərrikinin işə salınması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Addım mühərrikinə nəzarət dövrəsini izah edəcək;
2. açardan istifadə etməklə addım mühərrikinə nəzarət proqramı yazacaq;
3. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə mühərrikə nəzarət proqramı yazacaq;
4. Açar ilə addım mühərrikinə nəzarət edəcək və fırlanma bucağını göstərəcək;
5. Nəzarət proqramını icra etməklə əməliyyatı yoxlayacaq.

Avadanlıq və alətlər:

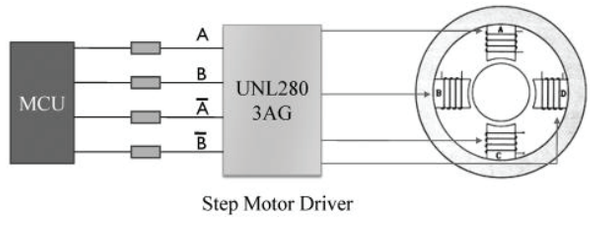
1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, addım mühərrikinin modulu, açar modulu
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ea konnektor kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Addım mühərriki

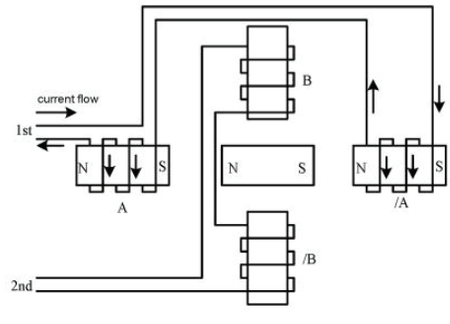
Addım mühərriki xarici SC voltajını və ya elektrik cərəyanını impuls şəklində mühərrikin hər bir yuxarı ucuna ötürməklə müəyyən bucaq altında dönən mühərrikdir.

Addım mühərrikinə nəzarət sisteminin sadə quruluşu nəzarət dövrəsinə və hərəkət dövrəsinə ayrılır. Nəzarət dövrəsi addım mühərrikini hərəkətə gətirmək üçün nəzarət siqnalı əmələ gətirən dövrədir. O, birbaşa MPB-nın çıxış kontaktına qoşulmuş dövrədir və impuls tətbiq etməklə hər bir faza üçün həyəcan siqnalı əmələ gətirir. Hərəkət dövrəsi nəzarət siqnalını qəbul edən və addım mühərrikinin dolağını elektrik enerjisi ilə təchiz edən dövrədir.



Step motor driver – addım mühərrikinin drayveri
Current flow – cərəyan axını

(a) Addım mühərriki drayveri



(b) Addım mühərrikinin sadə quruluşu

Şəkil 1: Addım mühərriki

1. Stator dolağına əsasən tipləri
   Statordakı müstəqil dolaqların sayından asılı olaraq, 2, 3 və 4 fazalı mühərriklər mövcuddur. 2 faza aşağı çıxışlı mühərrik, 3 faza dəyişən tipli mühərrikdir. 4 faza isə yüksək çıxışa malik olan qurğulara tətbiq edilir.
2. Quruluşuna görə tipləri

1. Daimi maqnit tipi: Elektrik cərəyanı daimi maqnit tərəfindən statorda yerləşən halqavari sarğı vasitəsilə verildikdə elektrik cərəyanı rotora axır və rotor statorla bərabərləşərək fırlanır. Səciyyəvi addım bucaqları 1.8, 7.5, 15, 30, 34 və 90 dərəcədir.

2. Dəyişən tip: Rotor yumşaq poladdan (aşağı karbonlu polad) hazırlandıqda mexanizm formalaşır. Elektrik cərəyanı stator dolağına tətbiq edildikdə rotor onu minimum maqnitorezistivliyə bərabərləşdirir. Adətən, addım bucağı 7.5, 15 dərəcədir. Rotorun ətaləti kiçikdir və yüksək sürətli cavab xüsusiyyət yüksək səviyyədədir, lakin dolağa elektrik cərəyanın verilməsi dayandıqda dönmə momentinin müstəqil dayanma imkanı 0 olur.

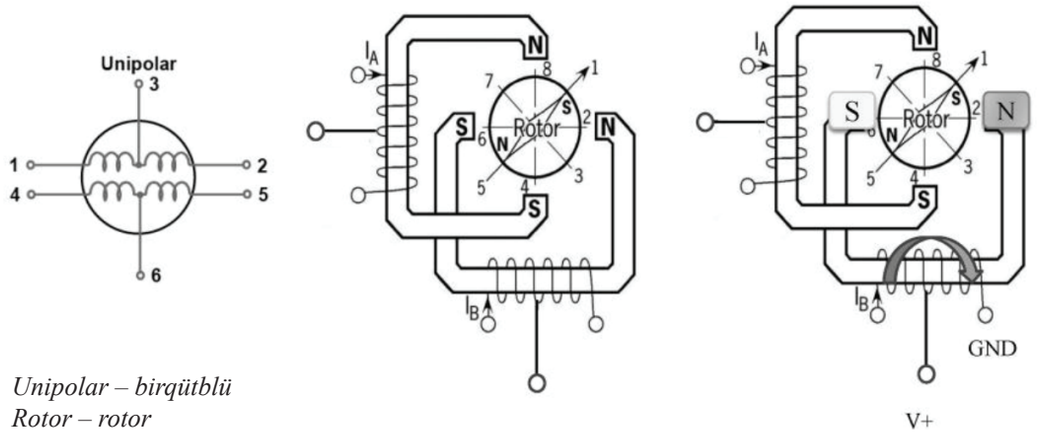
3. Hibrid tip: Daimi maqnit tipinin yüksək səmərəlilik və dəyişən tipin kiçik addım bucağı kimi üstünlüklərinin birləşməsi. Mişarşəkilli silikon polad lövhəcik rotorda silindrşəkilli daimi maqnitə yapışdırılıb. Addım bucaqları 0.8 və 1.8 dərəcədir və yüksək dəqiqlikli, yüksək çıxış qiymətli dönmə anı tətbiqləri üçün istifadə olunur.

3. 4 fazalı addım mühərrikinin əməliyat prinsipi

Addım mühərrikinin hərəkət metodları birqütblü hərəkət metodu və ikiqütblü hərəkət metodundan ibarətdir. Birqütblü sistemdə 1 fazalı həyəcanlandırma, 2 fazalı həyəcanlandırma və 1-2 fazalı həyəcanlandırma, ikiqütblü 1 fazalı həyəcanlandırma, ikiqütblü 2 fazalı həyəcanlandırma və ikiqütblü 1-2 fazalı həyəcanlandırma mövcuddur.

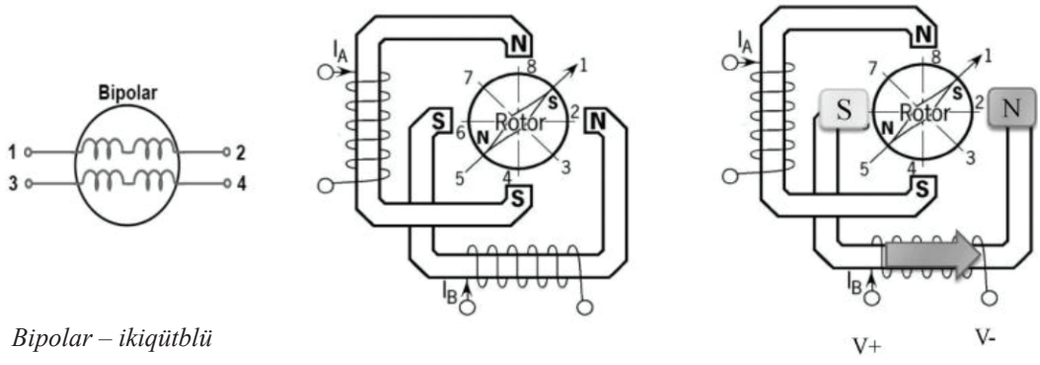
İkiqütblü metod dolağın bir tərəfini V+ və digər tərəfini V- etməklə, birqütblü metodda olduğu kimi elektrik cərəyanını dolağın mərkəzindəki V+ xətti üzrə keçirməməklə mühərrikə nəzarət metodudur.

(Şəkil 2) 4 fazalı addım mühərrikinin hərəkət metodunu göstərir.



Unipolar – birqütblü
Rotor – rotor

(a) Birqütblü hərəkət metodu



Bipolar – ikiqütblü

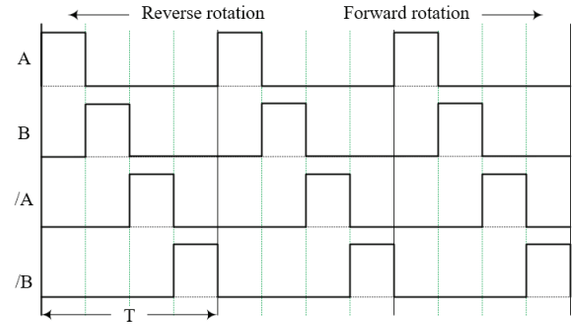
(b)İkiqütblü hərəkət metodu

Şəkil 2: 4 fazalı addım mühərrikinin hərəkət metodu

1. Birqütblü 1 fazalı həyəcanlandırma metodu (tam addım)

Elektrik cərəyanının axını bir fazalı olması səbəbilə giriş də bir fazalı olduğu üçün mühərriki hərəkətə gətirən cərəyan istehlakı aşağıdır.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	0	0	0	1	0	0	0
B	0	1	0	0	0	1	0	0
/A	0	0	1	0	0	0	1	0
/B	0	0	0	1	0	0	0	1

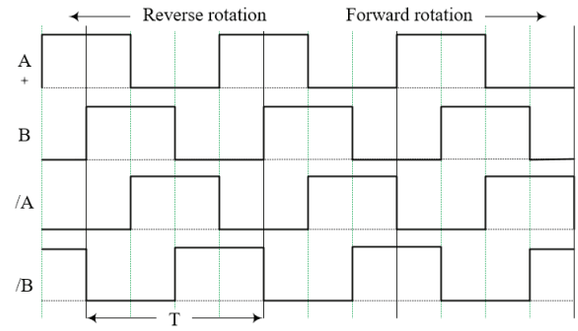


Reverse rotation – əksinə fırlanma
Forward rotation – önə istiqamətdə fırlanma

2. Birqütblü 2 fazalı həyəcanlandırma metodu

Elektrik cərəyanı həmişə iki fazadan axdığı üçün birfazalı həyəcanlandırma metodu ilə müqayisədə iki dəfə artıq elektrik sərf olunur. O, yüksək dönmə momenti və aşağı vibrasiya sönməsi ilə səciyyələnir. Faza dəyişdikdə 1 faza həmişə həyəcanlıdır və dayanma təsiri əməliyyat ərzində yaxşı vəziyyətdə olur. Bu, həm də ən çox istifadə olunan metodudur.

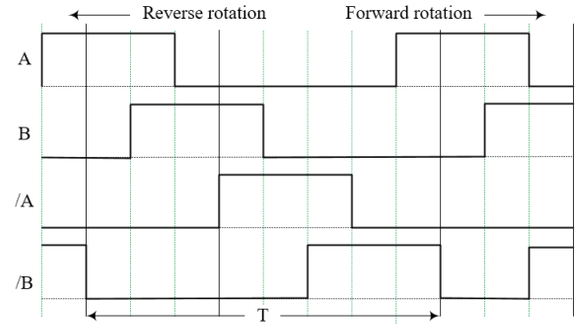
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	0	0	1	1	0	0	1
B	1	1	0	0	1	1	0	0
/A	0	1	1	0	0	1	1	0
/B	0	0	1	1	0	0	1	1



3. Birqütblü 1-2 fazalı həyəcanlandırma metodu

Bir-birinin ardınca 1 faza və iki fazanı axıtma metodu. 1 fazalı və 2 fazalı həyəcanlandırma metodlarından fərqli olaraq, addım bucağı ½ daha çox dəqiqliklə nəzarətdə saxlana bilər.

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	1	1	0	0	0	0	0	1
B	0	1	1	1	0	0	0	0
/A	0	0	0	1	1	1	0	0
/B	0	0	0	0	0	1	1	1

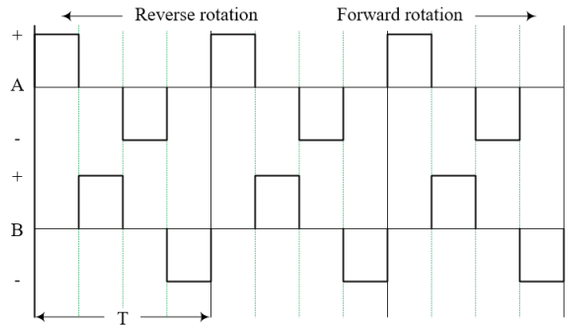


4. İkiqütblü 1 fazalı həyəcanlandırma metodu

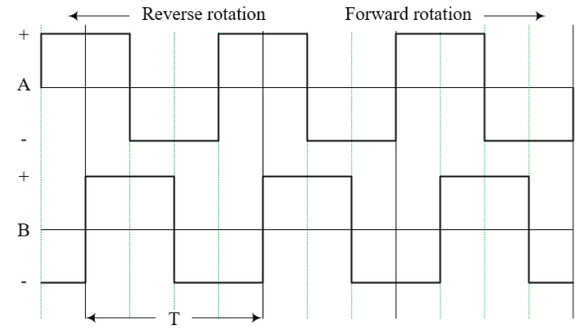
İki faza həmişə cüt hərəkət etdiyindən elektrik cərəyanının istiqaməti növbə ilə dəyişir. Dörd fazada yalnız iki faza həyəcanlandığından dəqiqlik yaxşıdır.

5. İkiqütblü 2-fazalı həyəcanlandırma metodu

Elektrik cərəyanı həmişə iki dəst fazada axır. Dörd dolağın hər birinin həyəcanlandırılması onun söndürmə xüsusiyyətidir.

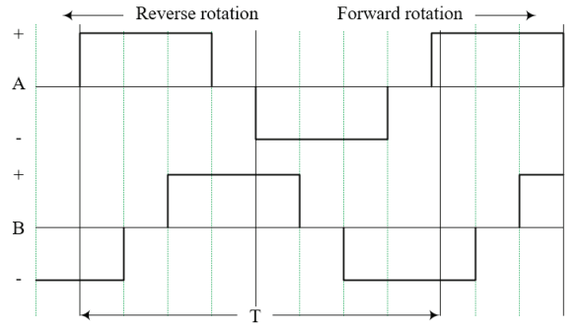


İkiqütblü 1 fazalı həyəcanlandırma metodu



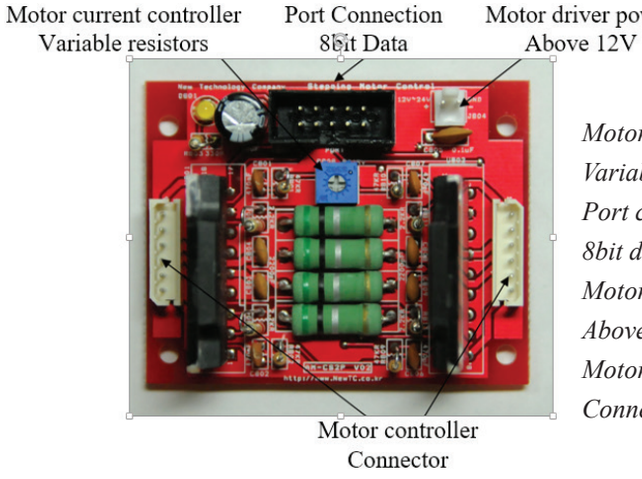
İkiqütblü 2 fazalı həyəcanlandırma metodu

6. İkiqütblü 1-2 fazalı həyəcanlandırma metodu
   Fazaların bir dəsti və faza dəyişdirən cərəyanların iki dəsti birbaşa birfazalı və ikifazalı ikiqütblülük xüsusiyyətinə malikdir. Addım bucağı ½-dir.



2. AM-CS2P Addım mühərrikinin hərəkət modulu H / W

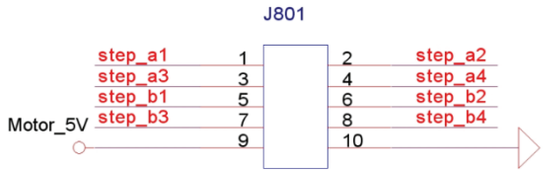
1. Aparat quruluşu



Motor current controller – mühərrikin cərəyan kontrolleri
Variable resistors – dəyişkən rezistorlar
Port connection – port qoşulması
8bit data – 8-bit verilənlər
Motor driver power – mühərrikin drayverinin enerji təchizatı
Above 12V – 12V-dan yüksək
Motor controller – mühərrikin kontrolleri
Connector – konnektor

Şəkil 4: Aparat quruluşu

2. Konnektorların qoşulması



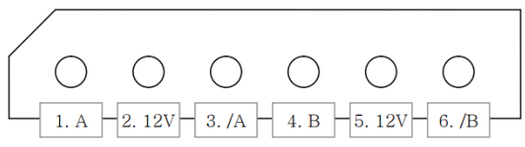
No 1	No 3	No 5	No 7	No 9
Left motor A	Left motor /A	Right motor A	Right motor /A	5V power
No 2	No 4	No 6	No 8	No 10
Left motor B	Left motor /B	Right motor B	Right motor /B	GND power

Right motor A – sağ mühərrik A

Power – enerji

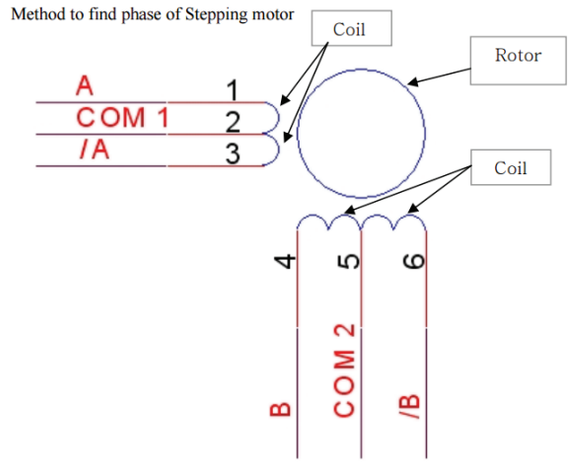
Step – addım

3. Addım mühərrikinin J802, J80 konnektorlarının kontakt nömrəsi



Method to wire Motor connector

1	Stepping Motor Phase A
2	Common (Above 12V)
3	Stepping Motor /Phase A
4	Stepping Motor Phase B
5	Common (Above 12V)
6	Stepping Motor /Phase B



Method to find phase of stepping motor – addım mühərrikinin fazasını tapmaq üsulu

Coil – sarğı

Rotor – rotor

Method to wire motor connector – mühərrik konnektorunu əlaqələndirmə üsulu

Stepping motor phase A – addım mühərrikinin A fazası

Common (above 12V) – ümumi (12V-dan yüksək)

4. Addım mühərrikinin fazasını tapmaq üsulu

Yuxarıda addım mühərrikinin ekvivalent dövrəsi təsvir olunub. Faza A və Faza /A, COM1 patronu, Faza B və Faza/B, COM2 patronu orada qoşulur və cəmi 6 kontaktdan ibarətdir.

Faza A və COM1 arasında buraya qoşulmuş 1 sarğı var və Faza /A və COM2 arasında buraya qoşulmuş daha bir dolaq mövcuddur. Buna görə də multimetr ilə yoxlandıqda həm Faza A və COM1, həm də Faza /A və COM2 arasında 50 om müqavimət var.

Qalan 3 kontakt qoşulmayıb və Faza A və Faza /A arasında 2 dolaq olduğu üçün müqavimət 100 om-dur.

Texniki göstəricilər üzrə fazanı müəyyən etmək mümkün olmadıqda COM1 patronunu tapa və digərlərini Faza A və Faza /A olaraq müəyyən edə bilərsiniz. COM2, B, /B də qalan üç kontaktdan istifadə etməklə yuxarıda izah edilmiş eyni üsulla aşkarlana bilər.

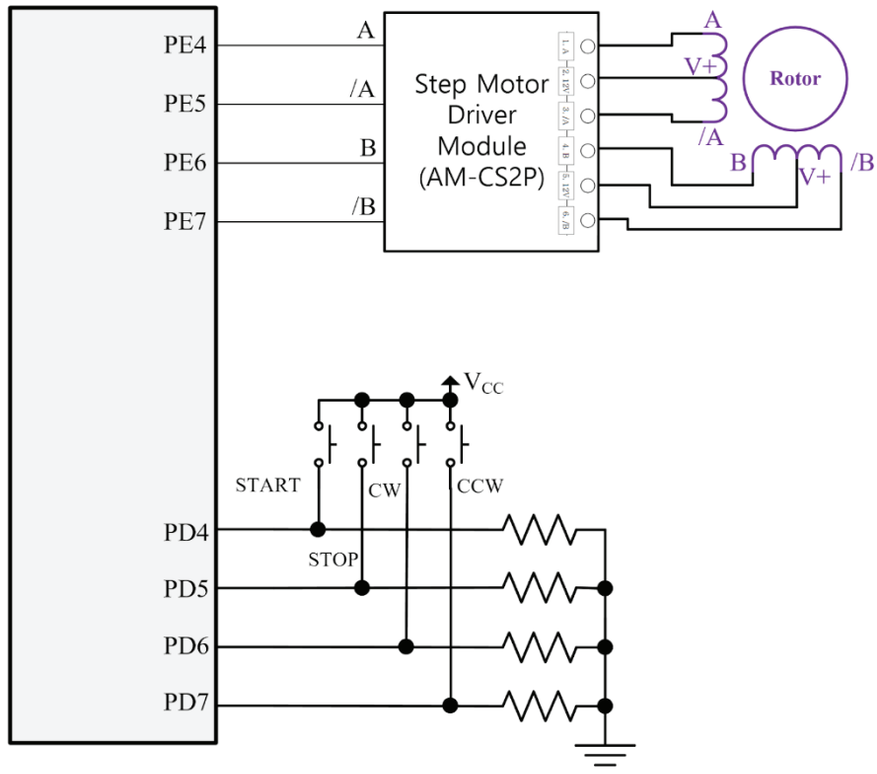
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. (Şəkil 5) Bu dövrədə açar vasitəsilə addım mühərrikinə nəzarət edən proqram yazın.

Şərt: Hərəkət dövrəsinin əməliyyat üsulu 1-fazalı həyəcanlandırma rejimidir. 1-ci drayver başla, 2-ci açar dayan, 3-cü açar önə (CW), 4-cü açar isə əks hərəkətdir (CW).



Şəkil 5: Addım mühərrikinə nəzarət dövrəsi

Step motor driving module – addım mühərrikinin hərəkət modulu

START – BAŞLA

STOP – DAYAN

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define F_CPU 8000000          // MPB saatını müəyyən edin.
#include <util/delay.h>        // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası
#define TRUE 1
#define FALSE 0

#define HIGH 1
#define LOW 0

#define M_STOP 0
#define M_START 1
#define M_CW 2
#define M_CCW 3

#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))      // Müəyyən bitləri 1-ə bərabər etmək üçün makro funksiya
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))     // Müəyyən bitləri 0-a bərabər etmək üçün makro funksiya
volatile unsigned char T0Flag = FALSE;
volatile unsigned int tcnt = 0;
volatile unsigned char stat = 0;
volatile unsigned char Mstat = 0;                  // Mühərrikin statusu
volatile unsigned char KeyCnt = 0;                 // Əməliyyat müddəti
volatile unsigned char M_Index = 0;      // Hal-hazırda göndərilən impulsların sayı
volatile unsigned char M_Flag = 0;       // CW : 1, CCW : 0
                                   // Mühərrikə nəzarət üçün siqnal qiyməti 0001 0010 0100 1000
unsigned char MOTOR_DIR_OP[4] = {0x10, 0x20, 0x40, 0x80 };
void step_Operation(void);
ISR(TIMER0_OVF_vect){
TCNT0 = 130;                           // 1 millisaniyəni sabit saxlamaq üçün
```

```
tcnt++;
T0Flag = TRUE;
}
int main(void)
{
    unsigned char Keyin = 0;    // Əsas açarın oxunması
    unsigned char KeySW = 0;   // Baş kodaçanın əsas işarəsi
    DDRB = 0x0F;           // B portunun PB0, PB1, PB2, PB3 portlarını çıxış təyin edin.
    DDRD = 0x0F;           // D portunun PD7, PD6, PD5, PD4 portlarını giriş təyin edin
    DDRF = 0xF0;           // F portunun addım mühərrikini çıxış təyin edin.
    TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CS1) | (0<<CS0);     // Tezlik bölücünün təyini, clk/64
    TIMSK=(1<<TOIE0);                  // Timer0 həddən artıq yüksəlmə halında kəsilməsi
    TCNT0 = 130;
    Mstat = M_STOP;
    M_Flag = HIGH;
    sei();


    while(1)
    {
   if(T0Flag)                          // T0Flag doğru olduqda 10 millisaniyə keçir.
   {
   T0Flag = 0;
   if(KeySW == M_START) { step_Operation(); }
                                        // KeySW doğrudursa, mühərrik işə düşür.
   switch(stat)
   {              // İlk 10 millisan icradan sonra hər 50 millisan-dən bir case əmrini icra edin.
   case 0:
     Keyin = PIND & 0xF0;
if(Keyin == 0xE0) KeySW = M_START;
else if(Keyin == 0xD0) KeySW = M_STOP;
else if(Keyin == 0xB0) KeySW = M_CW;
else if(Keyin == 0x70) KeySW = M_CCW;
stat = 1;
break;
```

```
   case 1:
      stat = 2;
      break;
   case 2:
if(KeySW == M_STOP) { };
stat = 3;
break;
   case 3:
if(KeySW == M_CW) {
      M_Flag = HIGH;            // önə istiqamətdə
      KeySW = M_START;
}
stat = 4;
break;
   case 4:
if(KeySW == M_CW) {             // əks istiqamətdə
M_Flag = LOW;
KeySW = M_START;
}
stat = 0;
break;
         }                          // açar
           }                              // if(T0Flag)
    }                                    // while(1)
    return 1;
}
void step_Operation(void)
{
   if(M_Index++ >= 3) M_Index = 0;
   if(M_Flag) PORTF = MOTOR_DIR_OP[M_Index];
   else PORTF = MOTOR_DIR_OP[3-M_Index];
}
```

2. Mürəkkəb Tapşırıqlar

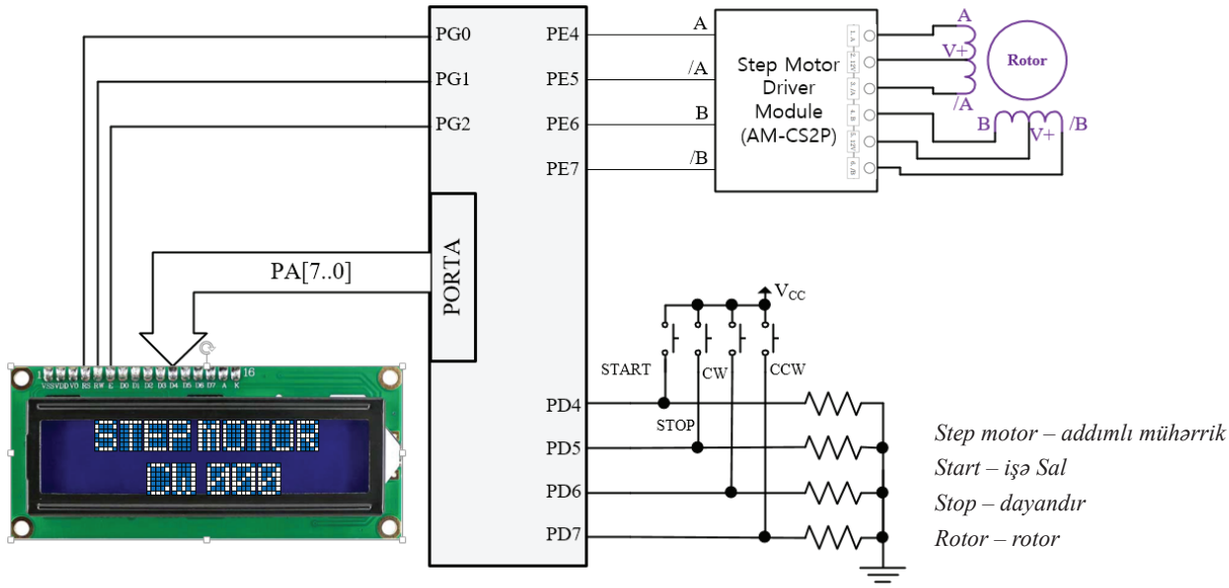
(Şəkil 5) Bu dövrədə ADC0-a qoşulmuş temperatur sensorunun qiymətini ölçən və onu LCD-də göstərən proqram yazın.

1. 1-ci təcrübə mərhələsində ardıcıl birləşmədə nistifadə etməklə mühərrikə nəzarət proqramı yazın. Şərt: Əgər kompüterinizin klaviaturasında S düyməsinə bassanız, mühərrik işləməyə başlayır. F düyməsinə basdıqda mühərrik irəliyə doğru fırlanır. B düyməsinə basdıqda mühərrik geriyə doğru fırlanır.

2. (Şəkil 6) Bu dövrədə açar ilə addım mühərrikinə nəzarət edin və fırlanma bucağını göstərin.

Burada addım mühərriki bu mühərrikin dönmələrinin sayına malik addım mühərriki kimi proqramlaşdırılıb.

Şərt: Əgər dolaqların sayı 200-dürsə və bir dövrə işə salınsa, bu halda 360/200 = 0.9 dərəcə olur. Addım mühərrikinin fırlanma bucağı cari mühərrikin 0-da dayandığı bucağı və bundan sonrakı hərəkət bucağını hesablayır. Nəzarət metodu birqütblü iki-fazalı həyəcan metodudur. Açar 1 işə sal, açar 2 dayandır, açar 3 ÖH (CW-önə hərəkət), açar 4 isə ƏH-dir (CCW - əks hərəkət).



Şəkil 6: açardan və ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə addım mühərrikinə nəzarət dövrəsi

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahəsini təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 6. Addım mühərrikinə nəzarət dövrəsini izah etdimi? 7. açardan istifadə etməklə addım mühərrikinə nəzarət proqramı yazdımı? 8. Ardıcıl birləşmədən istifadə etməklə mühərrikə nəzarət proqramı yazdımı? 9. Açar ilə addım mühərrikinə nəzarət edib, fırlanma bucağını göstərdimi? 10. Nəzarət proqramını icra etməklə əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

10. Açardan istifadə etməklə SC mühərrikinin işə salınması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. SC mühərrikinin nəzarət dövrəsini izah edə biləcək;
2. açardan istifadə edərək SC mühərrikinə nəzarət etmək üçün proqram yaza biləcək;
3. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxlaya biləcək.

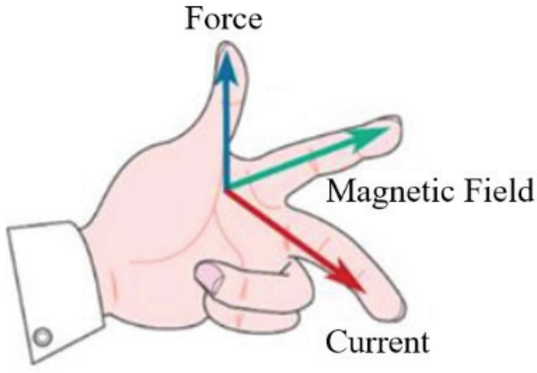
Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası, SC mühərriki, SC mühərrik modulu, açar modulu
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd konnektor kabeli, LCD modulu

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. SC mühərrik

SC mühərrik armaturdan axan cərəyanın istiqamətini dəyişməklə, maqnit qüvvəsinin itələmə gücü və dartma gücündən istifadə edərək, fırlanma gücü meydana gətirən mühərrik növüdür. Yəni Fleminqin sol əl qaydasına əsasən, keçiricidə maqnit sahəsində elektrik enerji kinetik enerjiyə çevrilir.

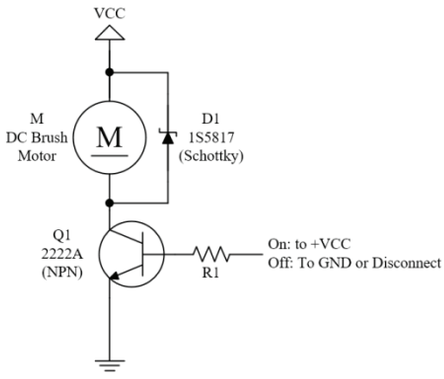


Force – qüvvə
Magnetic field – maqnit sahəsi
Current – cərəyan

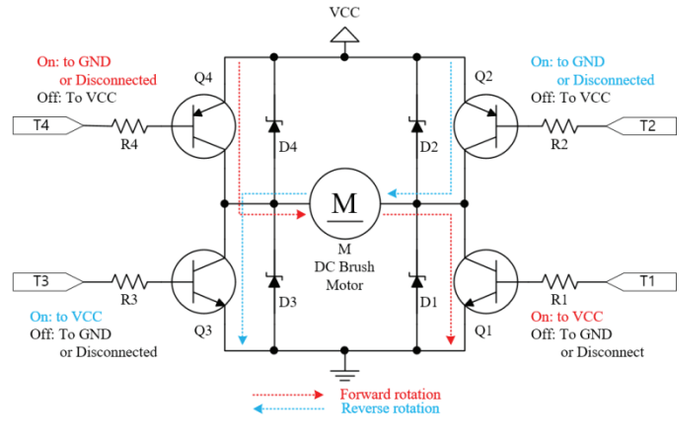
2. SC mühərrikinin hərəkət metodu

SC mühərrikinin hərəkət metodu tranzistordan istifadə edərək hərəkətə gətirmə metodudur. Bu metoda əsasən, voltaj itkisi az olduqda və SC mühərrikinin sürəti davamlı şəkildə dəyişdikdə sürət mühərrikin hərəkət voltajını nizamlamaqla dəyişə bilər. H-körpü metodu tranzistordan istifadə edərək SC mühərrikinin hərəkətə gətirilməsi üçün ənənəvi metoddur.

1) Tranzistorlardan istifadə etməklə çevirmə
   Mühərrik NPN (mənfi-müsbət-mənfi) tranzistorunun kollektoruna qoşulduqda və siqnal Şəkil 1-də təsvir olunan şəkildə bazaya daxil olursa, mühərrik fırlanır. Siqnal yoxdursa, mühərrik dayanır.



Şəkil 1: Tranzistorda istifadə etməklə çevirmə



Şəkil 2: H-körpü dövrəsindən istifadə SC mühərriki

DC brush motor – SC fırçalı mühərrik
On – yanılı
Off – sönülü
To GND or disconnect – torpaqlama və ya ayır
Forward rotation – önə doğru fırlanma
Reverse rotation - əks istiqamətdə fırlanma

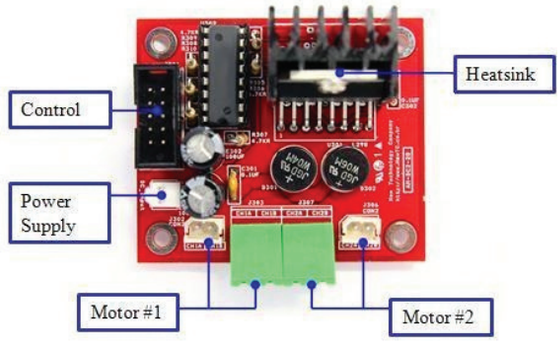
2) H-körpü dövrəsindən istifadə etməklə SC mühərrikinin önə doğru / əks istiqamətdə fırlanması
Şəkil 2-də göstərildiyi kimi, əgər iki H-körpü dövrələri iki PNP (müsbət-mənfi-müsbət) və NPN tranzistorları ilə konfiqurasiya olunmuşsa, bu dövrələr geniş istifadə oluna bilər, çünki onlar mühərriki tək enerji təchizatı ilə ön və əks istiqamətdə fırlada bilər.

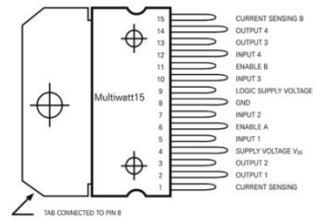
3. İEM(PWM) (İmpuls Eninin Modulyasiyası)

İEM metodu vahid impuls müddəti ərzində yükləmə nisbətini dəyişmə metodudur. SC mühərriklər mühərrikin fırlanma sürətinin tətbiq olunan voltaj səviyyəsinə uyğun şəkildə dəyişməsi ilə xarakterizə olunur. SC mühərrikinin fırlanma sürətini maksimallaşdırmaq üçün mühərrikin maksimal voltajı tətbiq oluna bilər.

İEM-dən istifadə etməklə mühərrikin fırlanma sürətinə nəzarət voltajın mühərrikə əvvəlcədən müəyyən olunmuş tətbiq müddəti ərzində tətbiq olunan voltaja uyğun impulsun yüklənmə nisbətinə nəzarət edir. Başqa sözlə, fırlanma sürəti mühərrikə tətbiq olunan voltajın miqdarını nizamlamaqla nəzarət olunur.

4. SC mühərrikin hərəkət modulunun quruluşu



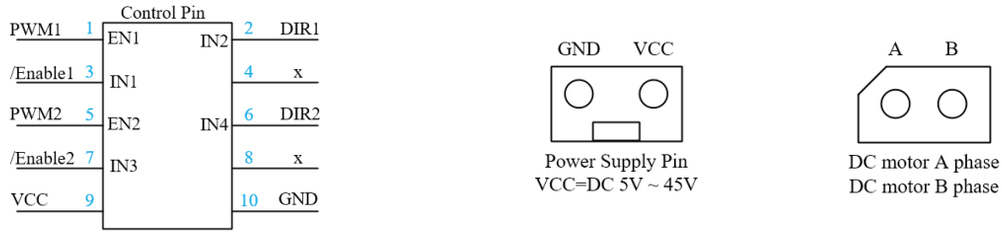


Control– nəzarət
Power supply – enerji təchizatı
Motor – mühərrik
Heatsink – radiator

(a) SC mühərrikin hərəkət modulu

Current sensing –
Output – çıxış
İnput – giriş
Logic supply voltage – qidalanma blokunun voltajı
Enable – işə salma
Supply voltage – təchiz olunan voltaj

(b) L298 Mühərrik modulunun PP-sı



(c) SC mühərrikinin hərəkət modulunun konnektor sxemi

Şəkil 1: SC mühərrikin hərəkət modulunun quruluşu

Enable – işə salma
Power supply pin – enerji təchizatı kontaktı
Motor A phase – mürərrikin A fazası
Motor A phase – mürərrikin B fazası

Cədvəl 1: L298 PP-nin əməliyyatları və xarakteristikaları

Girişlər		Funksiya
EN1/EN2 = H	IN1/IN3 = H, IN2/IN4 = L	Ön
	IN1/IN3 = L, IN2/IN4 = H	Əks
	IN1/IN3 = IN2/IN4	Mühərrikin sürətlə dayanması
EN1/EN2 = L	IN1/IN3 = X, IN2/IN4 = X	Mühərrikin sərbəst hərəkətlə dayanması

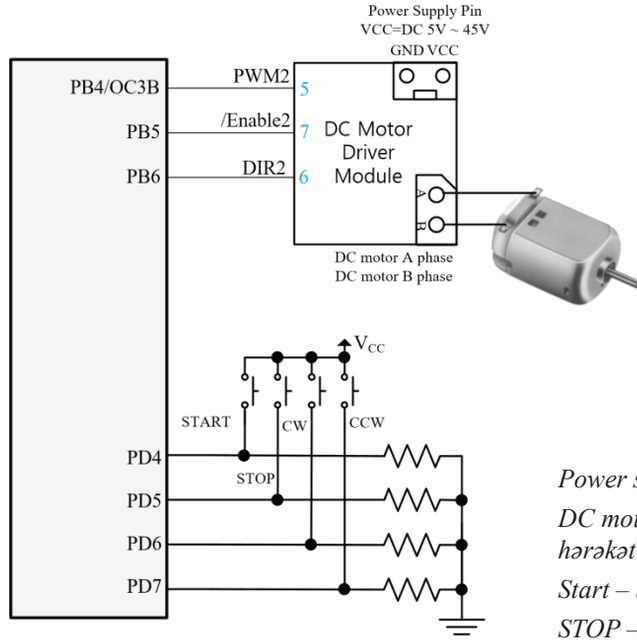
Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın

Təcrübə mərhələləri

1. Şəkil 2-də göstərilən qaydada açardan **istifadə edərək SC mühərrikinə nəzarət edin.**

Vəziyyət: L298 SC mühərrikinin hərəkət modulunu B portunun PB5, PB6, İEM çıxışına və 1 nömrəli taymerin/ sayğacın OC3B girişinə qoşun, başlamaq üçün 1-ə, dayanmaq üçün 2-yə, önə hərəkət (CW-ÖH) üçün 3-ə və əks hərəkət (CCW-ƏH) üçün 4-ə çevirin.



Power supply pin – enerji təchizatı kontaktı

DC motor driver module – SC mühərrikinin hərəkət modulu

Start – başla

STOP – dayan

Şəkil 2: SC mühərrikinin nəzarət dövrəsi

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>  // Kəsilmə funksiyasını təyin edin.
#define F_CPU 8000000   // MPB-nin saatını təyin edin.
#include <util/delay.h>     // winavr tərəfindən təqdim olunan standart gecikmə funksiyası

#define HIGH        1
#define LOW         0

#define TRUE                1
#define FALSE               0
#define TC1_TOP     0x4E20      // 10 millisan, 1 dövr 20 millisan
#define CCW         0x08        // 0000 1000
#define CW          0x04        // 0000 0100
#define FAST_STOP   0x00        // 0000 0011

#define M_STOP      0
#define M_START     1
#define M_CW                2
#define M_CCW       3
```

```
#define sbi(x, y) (x |= (1<<y))          // Bəzi bitləri 1 etmək üçün makro funksiya
#define cbi(x, y) (x &= ~(1<<y))          // Bəzi bitləri 0 etmək üçün makro funksiya

volatile unsigned char T0Flag = FALSE;
volatile unsigned int tcnt = 0;
volatile unsigned char stat = 0;
volatile unsigned char Mstat = 0;          // Mühərrikin statusu
volatile unsigned char MCnt = 0;           // Mühərrikin əməliyyat müddəti
volatile unsigned char Prev_KeySW = 0;
volatile unsigned char KeySW = 0;          // əsas kodaçan əsas bayraq
void DC_MOTOR_PWM_CONTROL(void);
volatile unsigned char duty = 0;           // İEM dövrəsinin parametrləri
void DC_MOTOR_PWM_CONTROL(void);
ISR(TIMER0_OVF_vect){
    TCNT0 = 130;                    // 1 millisan sabit saxlamaq üçün
    tcnt++;
    if(tcnt >= 2) {
        T0Flag = TRUE;
        tcnt = 0;
    }
}
int main(void)
{
    unsigned char Keyin = 0;    // Əsas açarın oxunması
    DDRB = 0x0F;          // 1110 OCR1C, OCR1B, OCR1A, çıxış qiymətini təyin edin.
    DDRC = 0xFF;          //
    DDRD = 0x03;          //
```

```
DDRF = 0xFC;      // PE3, PE2 çıxış qiymətini təyin edin (Mühərrikin istiqamət dəyəri).
TCCR0=(1<<CS2) | (0<<CS1) | (0<<CS0);     // Timer0 bölmə nisbəti, clk/64
TIMSK=(1<<TOIE0);                  // Timer0 həddən artıq yüksəlmə kəsilməsi
TCNT0 = 130;
TCCR1A = (1<<COM1A1) | (0<<COM1A0);    // İEM çıxış rejimi:
TCCR1B = 0x02;                     // Timer1 bölmə nisbəti: clk / 8
TCCR1A |= (1<<WGM11) | (0<<WGM10);
TCCR1B |= (1<<WGM13) | (1<<WGM12);      // sürətli İEM rejimi
ICR1H = TC1_TOP >> 8;
ICR1L = TC1_TOP & 0xFF;            // İEM həddən artıq yüksəlməsinin üst qiyməti OC-
R1AH = 0x00;                       // EN1 siqnalına İEM nəzarəti
OCR1AL = 0x00;
PORTF = CW;
KeySW = M_STOP;
PORTC = 0xFF;
sei();
PORTB = 0x0F;
sei();
while(1) {
    if(T0Flag) {         // TOFlag doğru olduqda Oms-ə çevrildi.
    T0Flag 0;
    switch(stat) {      // ilk 2 millisan icradan sonra hər 10 msan-də
                // seçim operatorunu icra edin.


case 0:
                    Keyin=PIND & 0x0F;
                    if(Keyin == 0xE0) KeySW = M_START;
```

```
                    else if (Keyin == 0xD0) KeySW = M_STOP;
                    else if(Keyin == 0xB0) KeySW = M_CW;
                    else if(Keyin == 0x70) KeySW = M_CCW;
                    stat = 1;
                    break;
case 1:
                        if(MCnt++ 〉= 10)
                        {
                              DC_ MOTOR PWM CONTROL();
                              Prev_Keysw = KeySW;  // Əvvəlki əsas dəyəri yaddaşda saxla.
                              MCnt = 0;
                        }
                        stat 2;
                        break;
case 2:
                stat 3;
                break;
case 3:
                stat 4;
                break;
case 4:
                stat 0;
                break:
                }           // Çevir.
                  }             // if(T0Flag)
            }                 // while(l)
return 1;
```

```
}
void DC_MOTOR_PWM_CONTROL(void)
{
    switch(KeySW) {
    case M_START:
        OCR1AH = (((TC1_TOP * duty) / 100) >> 8);       // SC mühərrikinin işə düşməsi
        OCR1AL = (((TC1_TOP * duty) / 100) & 0xFF);
        duty++;
        if(duty>= 100) duty = 100;
        break;
    case M_STOP:
        OCR1AH = (TC1_TOP duty) / 100) >> 8);           // SC mühərrikinin dayanması
        OCR1AL= (TC1_TOP duty) / 100) & 0xFF);
        if(duty > 0)    duty--;
        else            duty = 0;
        break;
    case M_CW:
        if(Pre_KeySW == M_CW) break;            // Eyni istiqamətdə keçmə
        if(duty > 0) {      // SC mühərriki dəyişməzdən əvvəl hazırkı mühərrikin dayanması
                OCR1AH = (((TC1_TOP * duty) / 100) >> 8);
                OCR1AL= (((TC1_TOP * duty) / 100) & 0xFF);
                if(duty > 0)  duty--;
                else          duty = 0;
            }
        if(duty == 0) {                     // SC mühərrikinin dəyişmə rotasiyası
                PORTF = CW;
                KeySW = M_START;
```

```
                }
        Break;
    case M_CCW:
        if(Pre-KeySW == M_CCW) break;              // Eyni istiqamətdə keçmə
        if(duty > 0) {      // SC mühərriki dəyişməzdən əvvəl hazırkı mühərrikin dayanması
                    OCR1AH = (((TC1_TOP * duty) / 100) >> 8);
                    OCR1AL- (TC1_TOP duty) / 100) & 0xFF);
                    if(duty > 0)       duty--;
                    else       duty = 0;
                    }
        if(duty == 0) {                 // SC mühərrikinin dəyişmə rotasiyası
                PORTF = CCW;
                KeySW = M_START;
                }
        Break;
         }                          //Çevir.
}
```

2. Mürəkkəb tapşırıqlar

Təcrübə mərhələsi (Şəkil 2): Dövrədə ardıcıl birləşmədən istifadə edərək mühərrikə nəzarət etmək üçün proqram yazın.

Vəziyyət: Mühərriki işə salmaq üçün kompüterin klaviaturasında S düyməsinə basın. Mühərriki önə istiqamətdə fırlatmaq üçün F düyməsinə basın. Mühərriki əks istiqamətdə fırlatmaq üçün B düyməsinə basın. Mühərriki dayandırmaq üçün T düyməsinə basın. Mühərrikin cari əməliyyat statusu LCD ekranda nümayiş olunur və ardıcıl birləşmədən istifadə edərək ötürmə üçün proqram yazılır.

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Fəaliyyətin standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. SC mühərrikinin nəzarət dövrəsini izah etdimi? 2. Açardan istifadə etməklə SC mühərrikinə nəzarət üçün proqram yazdımı? 3. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*

11. Nöqtəli matrisin işə salınması

İşin məqsədi: *Bu modulu bitirdikdən sonra tələbə:*

1. Nöqtəli matris dövrəsini izah edə biləcək;
2. Ardıcıllıqla nöqtəli matrisdə yaşıl, qırmızı və narıncı rəngəri yandıran proqram yaza biləcək;
3. Nöqtəli matrisdə A, V and R simvollarını göstərməkə rəngləri dəyişdirən proqram yaza biləcək;
4. Nöqtəli matrisdə AVR simvollarının aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət etməsi ilə rəngləri dəyişdirən proqram yaza biləcək;
5. Nəzarət proqramını icra etməklə əməliyyatı yoxlaya biləcək.

Təcrübə materialları:

1. Rezistor: 220Ω 8ədəd, 10kΩ 8ədəd,
2. Proqram platası : UDN2981, ULN2803, 8×8 LED MATRIX DISPLAY
3. Maket plata və əlaqələndirici kabel

Avadanlıq və alətlər:

1. Kompüter və proqram təminatı
2. AVR proqramının əsas platası
3. USBISP modulu və ISP kabeli, 10P 2ədəd konnektor kabeli

Mövzu ilə əlaqəli biliklər:

1. Nöqtəli matris

Hal-hazırda nöqtəli matrislərdən istifadə edən elektronik platalar müxtəlif sahələrdə geniş şəkildə istifadə olunur. Bu platalar metro stansiyalarında, hava limanlarında və avtobus terminallarında cari hərəkət vəziyyəti haqqında məlumat vermək üçün istifadə olunur. Hərfləri və fiqurları göstərməkdən əlavə, nöqtəli matris həm də hündür binaların hərəkət edən təsvirlərlə bəzədilməsi üçün işarə lövhəsi kimi istifadə olunur. Beləliklə, nöqtəli matris gündəlik həyatımızda geniş tətbiqə malikdir və gələcəkdə daha müxtəlif məqsədlər üçün istifadə olunmağa davam edəcək.

2. Nöqtəli matrisin əməliyyat prinsipi

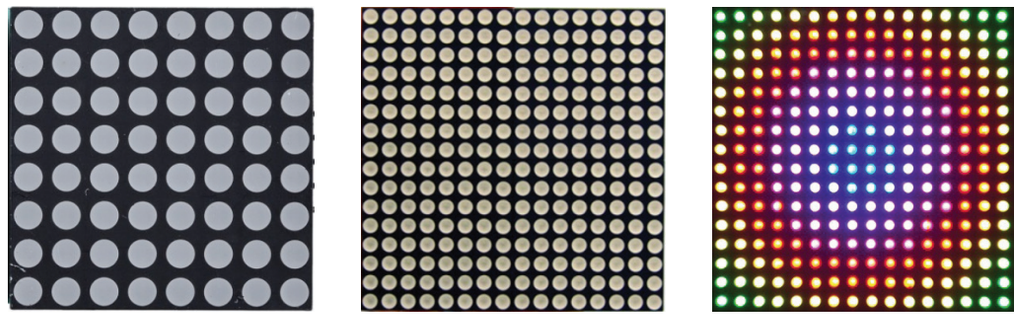
Nöqtəli matrisdən istifadə etməklə elektronik lövhələrdə sadə nümayiş metoduna əsasən, ekran eyni zamanda tamamilə işıqlanmır. Əlbəttə ki, bu mümkündür. Lakin bu, səmərəli deyil və çox miqdarda elektrik enerjisi sərf olunur. Buna görə də televizor və ya film izləyərkən optik illüziya təsiri yaradılır. Məsələn, 16*16 ölçülü nöqtəli matrisi göstərmək üçün hər sətir ardıcıl şəkildə nümayiş olunur. Biz isə bunu sanki 16*16 ölçülü matris eyni anda işıqlanırmış kimi görürük.

Tək sətirin nümayişi üçün tələb olunan vaxt aşağıdakı kimi hesablana bilər. Ümumilikdə, kompüter və ya televizorun monitoru hər saniyədə 60 dəfə ekranı işıqlandırır. 60 dəfə ışıqlanma insan gözünün yanıb-sönməni görə bilməməsi üçün zəruridir. Beləliklə, nöqtəli matrislərdə ekran təxminən 60 dəfə işıqlanır. Bir nümayiş üçün zəruri olan vaxt 1/60-dır. Ayrılıqda 16 sətir nümayiş olunmalı olduğu üçün tələb olunan vaxt təqribən (1/60)/16=0.001 saniyədir.

Tək sətiri 1 millisan-də nümayiş etdirmək üçün ekran bir saniyədə təqribən 60 dəfə işıqlanır. Buna görə də bizim gözümüzə elə görünür ki, sanki bütün ekran eyni zamanda işıqlanır. Əgər bir saniyədə ekran 60 dəfədən çox işıqlansa və nümayiş müddəti 1 millisaniyədən qısa olsa, ekranın parlaqlığı azalacaq və izləmədən sonra yaddaşda təsvir qalacaq. Əgər müddət 1 millisaniyədən çoxdursa, parlaqlıq artsa da, siz yanıb-sönməni hiss edəcəksiniz. Buna görə də, təqribən 1 millisaniyə optimal müddətdir.

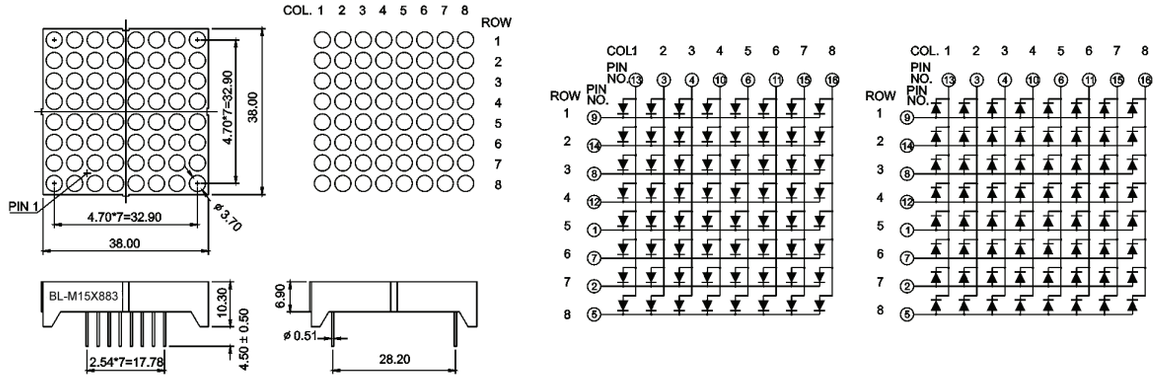
3. Nöqtə matrisinin növləri

Nöqtəli matrisin növləri 5×7, 8×8, 16×16 ölçülü matrislərə bölünür. Həmçinin tək və ya çox sayda rənglərdən ibarət matris növləri mövcuddur. Şəkil 1, 2-yə istinad edin.



(a) 8×8 (b) 16×16 (c) çox sayda rənglər

Şəkil 1: Nöqtəli matrisin növü



(a) Kontakt sxemi (b) Ümumi sətir katodu (c) Ümumi sətir anodu

Şəkil 2: Nöqtəli matrisin kontakt sxemi

Row – sətir

Col – sütun

Pin no. – kontakt nömrəsi

Şəkil 2-də göstərilmiş LED matris modulu 16 kontaktdan ibarət moduldur. Hər kontakt 8 sətiri və 8 sütunu təmsil edir. LED matris modulunun arxa səthinə baxdıqda görmək olar ki, 1 rəqəmi 1-ci kontakta uyğun gələn mövqedə nümayiş olunur. Ümumilikdə, modulun məlumat adının qeyd olunduğu ön səthin sol-yuxarı kontaktı 1 rəqəmi ilə işarələnir və rəqəm saat əqrəbinin əksi istiqamətində artır.

Şəkil 2 (b)-də modulun daxili hissəsi elə konfiqurasiya olunub ki, adətən, sətir LED-in katoduna və sütun LED-in anoduna qoşulur və bu, ümumi sətir katod növü və ya katod növünü formalaşdırır. (c) şəklində sətirlər LED-in anoduna, sütunlar isə adətən, LED-in katodlarına qoşularaq, ümumi

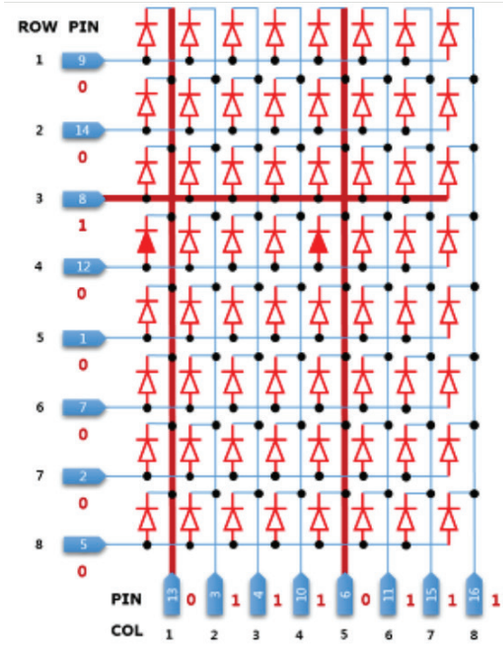
sətir anod növü və ya anod növü formalaşdırırlar.

LED matrislərə sətirlər və sütunlar vasitəsilə nəzarət edildiyi üçün bütün LED-lərə fərdi şəkildə nəzarət etmək mümkün deyil və eyni anda yalnız bir sətirə və ya sütuna nəzarət etmək mümkün ola bilər.

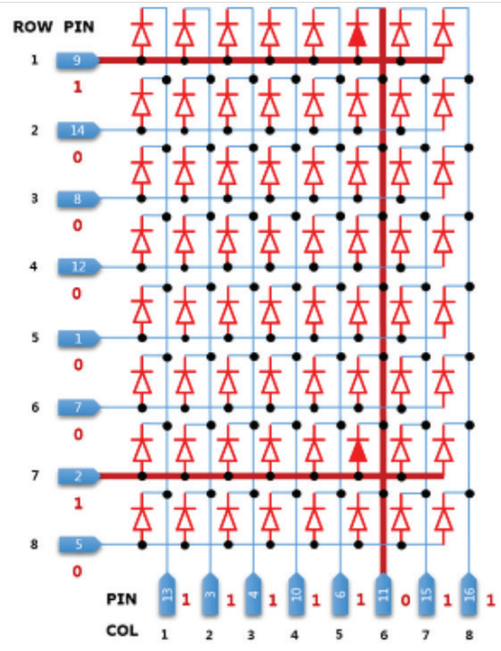
Şəkil 3 sətirin açılışını təsvir edir. Sətirlərdə yuxarı tərəfin yalnız üçüncü LED-i H mövqeyinə, digər sətirlər isə L mövqeyinə gətirilir. Sütunlarda isə yalnız soldakı birinci və beşinci LED-lər L mövqeyinə gətirilir.

Şəkil 4-də təsvir edilmiş sətir açılışına nəzarət də sətir blokuna bənzəyir. Əgər siz yalnız altıncı sütundakı birinci və yeddinci LED-i yandırmaq və digərlərini söndürmək istəyirsinizsə, altıncı sütunu L, digərlərini isə H mövqeyinə gətirməlisiniz və bu halda siz birinci və yeddinci sətirləri H mövqeyinə gətirməlisiniz.

Sətir açılışında sətirə tətbiq olunan siqnallardan yalnız biri H mövqeyindədir, qalanları isə L mövqeyindədir. Sütun açılışında sütuna göndərilən siqnallardan yalnız biri L, digərləri isə H mövqeyindədir.



Şəkil 3: Sətir açılışı



(Şəkil 4: Sütun açılışı

Row pin – sətir kontaktı

PIN – kontakt

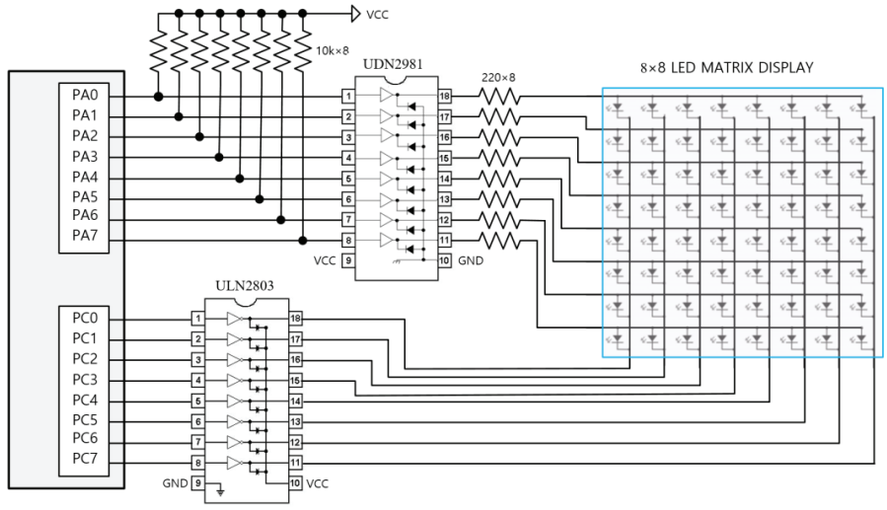
COL – sətir

Təcrübə təhlükəsizliyi və ehtiyat tədbirləri

1. Elektrikin qütblü birləşmələrini nəzərə alın.
2. Proqramın yüklənmə statusunu yoxlayın.

Təcrübə mərhələləri

1. (Şəkil 5) Maket platanın hissələrini dövrə şəklində montaj etdikdən sonra LED matrisinin ekranına nəzarət proqramı yazın.



LED Matrix display – LED matrisinin ekranı

Şəkil 5: LED matrisinin ekranına nəzarət dövrəsi

1) 8x8 ölçülü nöqtəli matrisin tam yanılı/sönülü vəziyyətlərinə nəzarət proqramı
matrix full on/off control program

```
#include<avr/io.h>

void main()                    // 8x8 ölçülü nöqtəli matris tamamilə yanılı

{

        DDRA=0xFF;
        DDRC=0xFF;
        while(1)
        {
                PORTA=0xFF;
                PORTC=0xFF;
        }
        }
```

```
#include<avr/io.h>

void main()                    // 8x8 ölçülü nöqtəli matris tamamilə sönülü

{

        DDRA=0xFF;
        DDRC=0xFF;
        while(1)
        {
                PORTA=0xFF;
                PORTC=0x00;
        }
        }
```

2) Nöqtə matrisinin yalnız 1 şaquli xəttini işə salın.

```
#include<avr/io.h>

void main()

{

        DDRA=0xFF;
        DDRC=0xFF;
        while(1)
        {
                PORTA=0x01;  // 2 sətir=0x02, 3 sətir =0x04, 4 sətir =0x08, 5 sətir =0x10
                        // 6 sətir=0x20, 7 sətir =0x40
                PORTC=0xFF;
        }
        }
```

3) Nöqtə matrisinin yalnız 1 şaquli xəttini işə salın.

```
#include<avr/io.h>

void main()

{

        DDRA=0xFF;
        DDRC=0xFF;
        while(1)
        {
                PORTA=0xFF;
                PORTC=0x01;    // 2 sətir=0x02, 3 sətir =0x04, 4 sətir =0x08, 5 sətir =0x10
                        // 6 sətir=0x20, 7 sətir =0x40
        }
        }
```

4) Nöqtə matrisi 0x00-dan 0xff-a qədər şaquli şəkildə işarır və ardıcıl hərəkət edir.

```
#include<avr/io.h>

void m_delay(unsigned int k)

{

        unsigned int i, j;

        for(i=0; i<2560; i++)

                for(j=0; j<k; j++);

}

void main()

{

        unsigned int cnt;
```

```
DDRA=0xFF;
DDRC=0xFF;
while(1)
{
        for(cnt=0; cnt<8; cnt++)
        {
                PORTA=0x01<<cnt;
                PORTC=0xFF;
                m_delay(50);
        }
}
}
```

5) İngilis dilindəki simvollarınızı nöqtəli matrisdə çap edin və onları aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət etdirin.

```
#include<avr/io.h>
#include<util/delay.h>

#define dot_j 0
#define dot_h 1
#define dot_y 2

unsigned char ccc[8] = { 0x01, 0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20, 0x40, 0x80 };
unsigned char row[3][8] = {{0x00, 0x70, 0xF0, 0xC0, 0xC0, 0xFF, 0x7E, 0x00},
{0x00, 0xFF, 0xFE, 0x18, 0x18, 0xFF, 0xFE, 0x00}, {0x00, 0x0F, 0x1E, 0xF8,
0xF8, 0x1F, 0x0E, 0x00}};
void shift(int n,int time){

        int w,v,l,i;
        unsigned char buf[8];
        for(v=7;v>=1;v--){
                for(w=0;w<8;w++){
                        buf[w]=row[n][w]<<v;
}
        for(l=0;l<time;l++){
                for(i=0;i<8;i++){
                        PORTA=ccc[i];
                        PORTC=buf[i];
```

```
                        _delay_ms(2);
                        }
                }
        }
        for(v=0;v<8;v++){
                for(w=0;w<8;w++){
                        buf[w]=row[n][w]>>v;
                }
                for(l=0;l<time;l++){
                        for(i=0;i<8;i++){
                                PORTA=ccc[i];
                                PORTC=buf[i];
                                _delay_ms(2);
                        }
                }
        }
}
void main()
{
        DDRA=0xFF;
        DDRC=0xFF;

                        while(1)
        {
                shift(dot_j,50);
                shift(dot_h,50);
                shift(dot_y,50);
        }
}
```

2. Mürəkkəb tapşırıqlar

Aşağıdakı proqramı Şəkil 5-də təsvir olunan dövrədə yazın və icra edin.

1) Ardıcıl şəkildə 0-dan 99-a qədər ədədləri nümayiş etdirən proqramın tətbiqi

3. Təmizlik və səliqəyə salma

- İş sahənizi təmizləyin.
- Avadanlıq və materialları müvafiq qaydada saxlayın.

Qiymətləndirmə testi

Qiymətləndirmə standart meyarları	Bəli	Xeyr	T/E
Tələbə bu modulun tapşırıqlarını yerinə yetirərkən 1. Nöqtəli matrisin dövrəsini izah etdimi? 2. Ardıcıllıqla nöqtəli matrisdə yaşıl, qırmızı və narıncı rəngləri yandıran proqram yazdımı? 3. Nöqtəli matrisdə A, V and R simvollarını göstərməkə rəngləri dəyişdirən proqram yazdımı? 4. Nöqtəli matrisdə AVR simvollarının aşağıdan yuxarıya doğru hərəkət etməsi ilə rəngləri dəyişdirən proqram yazdımı? 5. Nəzarət proqramını icra edərək əməliyyatı yoxladımı?			

*T/E (tətbiq edilmədi) – *Tələbə təcrübi məşq şəraiti ilə əlaqədar olaraq məşqi yerinə yetirə bilmədi.*