

**TÜRKMEN POLITEHNIKI  
INSTITUTY**

**B.Baýlyýew**

# **Elektronika we mikroelektronika**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw  
kitabý

Aşgabat – 2010

**B.Baýlyýew, Elektronika we  
mikroelektronika.**

Ýokary okuw mekdepleri üçin okuw  
kitaby, Aşgabat – 2010 ý.

# I BÖLÜM

## Elektronika barada umumy düşünje. Kesgitlemeler we adalgalar.

**Kesgitlemesi.** Elektronika – zaryadlanan bölejikleriň elektromagnit meýdany bilen özara täsirlerini hem-de elektron abzallaryny we gurnamalaryny döretmegiň we olary önümçilikde ulanmagyň usullaryny öwredýän ylymdyr. Şeýlelikde, özara täsirleriň netijelerinden döreýän dürli – dürli maglumatlary kämilleşdirmek, deňişli zynjyrlara güýçlendirip geçirmek we geregiçe uzak wagtlap ýatda saklap bilýän elektron abzallary (gurnamalary) giňden ulanylýär.

Elektronikany – esasan-da iki bölege bölýärler:

1. Fiziki elektronika;
2. Tehniki elektronika.

**Fiziki elektronika** – wakuumlarda, gazlarda, suwukluklarda, plazmalarda we gaty jisimlerde hem-de olaryň ýakyn araçäklerinde döreýän hadysalary öwredýän ylymdyr. (Ylmy derňewler esasynda kanunlar açylýar, öwrenilýär).

**Tehniki elektronika** – tehnika äleminde elektron abzallaryň dürli görnüşleriniň döredilişini, olaryň öndürilişini (tehnologiýasyny) we ulanylyşyny öwredýän ylymdyr.

### **Tehniki elektronikanyň ugurlary :**

1. **Radioelektronika** – özara baglanşykly hyzmat edýän ähli aragatnasyk desgalary (**radiolokasiýa** – radio üsti bilen tapmak, radioastronomiýa, radiogepleşikler, radio üsti bilen dolandyryş, radio üsti bilen aragatnaşyk, telewideniýe, radionawigasiýa – radio üsti bilen herekete getirmek).

2. **Senagat elektronikasý** – tehnikanyň dürli pudaklarynda elektroniki abzallaryň (gurnamalaryň) üsti bilen ölçegler geçirmek, barlaglar gurnamak, işleri sazlamak, guramak we başga-da ençeme (dürli-dürli) dolandyryşlary amala aşyrmak.

### **Senagat elektronikanyň ugurlary :**

a) Habar beriş (informasiýa) elektronikasy – senagat desgalarynyň iş düzgünlerini we tehnologiýa proseslerini yzygiderligini hem-de ölçeglerini derňewde (gözastynda) saklap, habardar edip durýan ugur ;

b) Energetiki elektronikasy – elektrik akymalaryny bir görnüşden beýleki (başga) bir görnüşe geçiriji elektron desgalary;

ç) elektron tilsimaty – elektromagnit we ultrases tolkunlarynyň hem-de elektron we ion çüwdürümleri bilen jisimlere täsir edilşini öwredýän ugur.

3. Ýader elektronikasy – elektron bölejiklerini peýdalanyp, elektron desgalaryny işletmek we olary öwrenmek, önümçilikde peýdalanmak ýaly ugur.

4. Biologiýa elektronikasy – biologiýada, medisina da ylmy barlag we derňew işlerini geçirmek üçin elektron desgalaryny işletmek we olary öwrenmek hem-de peýdalanmak ýaly ugur.

5. Kompýuter tehnologiýasynyň elektronikasy – bu ugurda maglumatlary toplam işleýji we hasaplaýjy maşynlarynda dürli meseleler seredilip, elektroniki önümleriniň özleşdirilişi we olaryň dürli pudaklarda giňişleýin ulanylşy öwrenilýär (ses ýazgylary, şekilleri gurnamak we hasaplaýjy elektronika).

Elektronikanyň ugurlaryny baş topara bölüşleri ýaly onuň ösüş ýollaryny-da birnäçe döwürlere bölýärler. Her bir döwür bolsa elektronikanyň belli bir pudagyň ösmegi bilen baglydyr. Häzirki wagtda elektronikanyň ösüş ýoluny dört döwre bölýärler:

Birinji döwür (etap) – elektrowakuumly enjamlaryň giňden ösen döwüridir. Ilkinji bolup, 1904-nji ýylda, inlis alymy **D.Fleming** ikielektrodly elektron çyrasyny oýlap tapýar we üýtgeýän togy hemişelik toguna göneldiji hökmünde işde ulanýar. 1907-nji ýylda bolsa Amerikan alymy **Li de Forest** üçelektrodly elektronly çyrany oýlap tapýar we onuň güýçlendiriji häsiýetiniň bardygyny anyklaýar. Soňra birnäçe torly (tetrod, pentod, geklod, geptod, oktod we nonnod ýaly)

elektrowakuumly çyralar ýüze çykyp, hatda birleşdirilen (bir çyranyň içinde iki diod, iki triod) elektrowakuumly çyralar döredilýär.

Şol bir wagtyň özünde gazlar bilen zaryadsyzlanýan (ionly) enjamlar (abzallar) hem oýlanylyp tapylýär. 1908-nji ýylda **W.P.Wologdin** tarapyndan **simaply** (rtutly) göneldiji döredilýär. 1929-1931-nji ýyllarda **gazatron**, **tiratron**, **stabilitron** ýaly we başga-da birnäçe görnüşli elektronly çyralar döredilýär.

**Fotoeffektli** çyralaryň oýlanylyp tapylmagy we olaryň ylmy esasyda öwrenilmegi fotoelektron enjamlarynyň (abzallarynyň) dürli görnüşlerini dürli maksatlar üçin ulanymaga mümkinçilik dörettdi.

Bu ugurdan ylmyň rowaçlanmagy, elektron tehnikasyna **elektron-şöhleli** abzallaryň we aşa ýokary ýygylkda işläp bilýän elektron abzallaryň-da oýlanyp tapylmagyna sebäp bolýar.

Elektrowakuumly abzallarda elektronlaryň akymyny döredip, olaryň peýdalanyşynyň, elektronlaryň emissiýalanmagynyň dört görnüşi bardyr, olar:

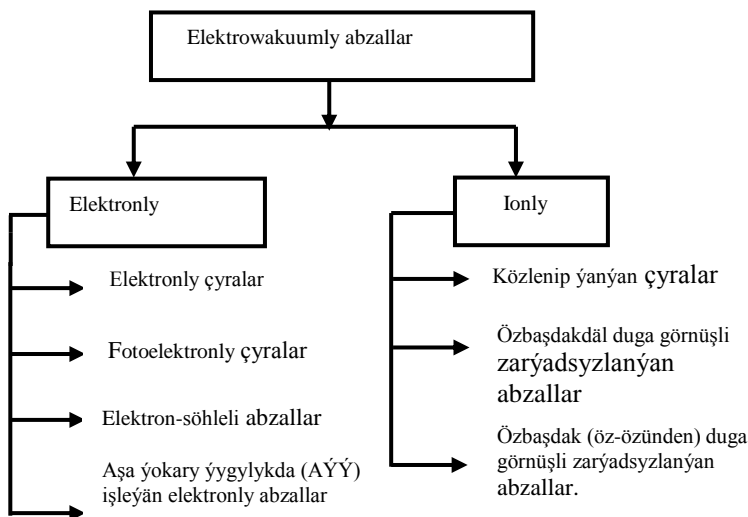
- 1) termoelektronly;
- 2) fotoelektronly;
- 3) ikilenji emissiýa;
- 4) awtoelektronly (elektrostatiki) emissiýalardyr.

Elektrowakuumly abzal diýlip, abzalyň iş meýdanyna (abzalyň içki giňişligine) howany, gazy geçirmeýän gatlak hem-de goraýjy bilen üpjün edilende aýdylýar. Abzalyň içindäki howasy sorulyp çykarylýar we ýörite niýetlenilen gazlar (gazlaryň buglary) bilen doldurylýar. Şonuň üçin-de, elektronly abzallaryň işleýiş düzgünleri wakuumlarda ýa-da gazlarda döreyän fiziki hadysalar bilen düşündirilýär.

Elektrowakuumly abzallar elektronly we ionly (gazy seýreklandirililen) diýilýän iki topara bölünýär. Tehnikanyň dürli pudaklarynda XX-asyryň 50-nji ýyllaryna çenli elektrowakuumly abzallar esasy orun tutýardy.

Aşakda elektrowakuumly abzallaryň ösüş ýollary we toparlara bölünüşleri görkezildi .

Elektrowakuumly abzallaryň ýetmezçiligi, ol hem olary işletjek bolsaň, hökmany gyzdyryjy simleri bilen katodyny gyzdymaly bolýandygy hem-de tutýan göwrüminiň ullakanlygydyr. Netijede, epesli kuwwatyň özünde harçlanmagyna, işlemek ömrüniň gysgalmagyna, olara bolan ynamyň, umydyň peselmegine getirýär.



**Ikinji döwür** – Tranzistorlaryň, **diskretli** ýarymgeçirijili abzallaryň oýlanyp tapylmagy we olaryň elektron abzallarynda (enjamlarynda) ulanylyp başlanmagy bilen baglydyr.

Amerikaly alymlar **Jon Bardin**, **Uolter Bratteýn** we **Uilýam Şokli** tranzistory (üçelektrodly ýarymgeçiriji) döredýärler. **1947-nji** ýylyň **23-nji** noýabr aýynda tranzistoryň güýçlendiriji häsiýetiniň bardygy açylýär.

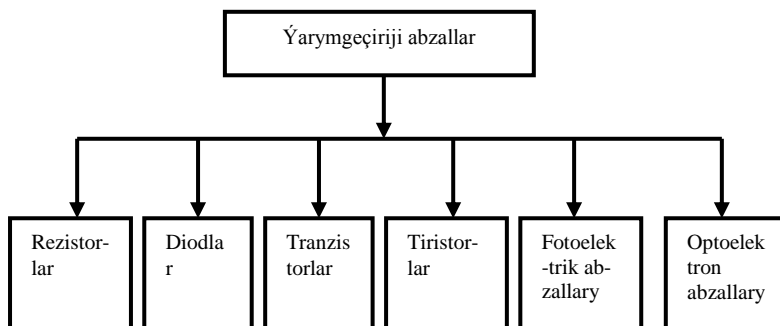
Tranzistoryň beýany, fiziki häsiýetleriniň netijeleri, elektrik häsiýetleriniň dürli görnüşleri **1949-njy** ýylda **"The Physical Review"** žurnalynda çap edilýär we bu täsin açyş üçin ýazarlar **1956-njy** ýylda **fizika** ylmy boýunça **Nobel** baýragyna mynasyp bolýarlar.

**XX** - asyryň **50 – nji** ýyllarynyň başlarynda elektron enjamlarynda (abzallarynda) ýarymgeçirijiler peýda bolýar we ähli elektrowakuumly abzallary gysyp çykarýar. Netijede rezistiw, induktiw, sygym, transformator ýaly birnäçe düzümler böleklerde üýtgeşmeler bolup geçýär, meselem göwrümleriniň birnäçe esse kiçelmegine getirýär.

Diskret elementleriň özara tirkeşdirilip birleşdirilmekleri **peçatlanan platalaryň** öndürilip başlamagyna we täze tilsimat önümçiligiň döremegine sebäp bolýar. Olardaky özara birleşdiriji sim hökmünde **platalaryň** üstüne mis çäýylyp tilsimat işleriň çalt ýerine ýetirilmegine we zawod möçberinde öndürilip başlanmagyna getirýär. Diskretlenen elementleri özara kebsirlemek hem awtomatlaşdyrylýar, netijede tranzistorlary köp çykarmaklygyň önümçiligi artýar.

Ýarymgeçiriji abzallaryň elektrowakuumly abzallara garanynda gowy tarapy, olaryň uzak wagtlap işläp bilýändigleri, ykjamlygy we gyzdyryjy nakalynyň ýoklugyndadyr.

Diskretlenen ýarymgeçiriji abzallaryň (enjamlaryň) dürli toparlara bölünüşleriniň shemasy aşakda görkezildi



Optoelektron abzallar diýlip ähli işlenilýän maglumatlary elektrik we ýagtylyk signallarynyň kömegi bilen amala aşyran abzallara aýdylýar.

**Üçünji döwür** – täze tehnologiki prosesleriň usullary oýlanyp tapylmagy, täze-täze elektro-radio elementleriniň dürli

görnüşli formalarynyň (**integral elektronikanyň**) emele gelmegi bilen baglanşyklydyr. Munuň özi birwagtda elektro-radio elementleriň ýüzlerçe **kristallardan** emele gelip, bir tehnologiiki prosesde öndürilýänligi tehniki progresiň ýokary derejä ýetendigini aňladýar. Şeýlelikde, täze elektroniki tehnologiýa bilen taýarlanylýan **integral** tehnologiýasynyň önümlerine integrirlenen mikroshemalar diýilýär.

**Integrallanan mikroshemalar** – örän ýokary dykzylykda ýerleşdirilen komponentlerden ýygnaýp gaplanan mikroelektronikanyň önümi bolup, elektrik signallaryny özgerdiji, täzeden işleýji, güýçlendiriji ýaly funksiýalary ýerine ýetirýän abzallar deňşlidirler.

Integrallanan mikroshemalar dielektrik materiallaryň üstünde ýygnaýan elementleriň sany (mukdary) bilen häsiýetlendirilýär. Şonuň üçin-de mikroshemalar **kiçi** , **orta** , **uly we aşa uly** integrallanan shemalara bölünýärler :

1. Integrallanan elementleriň sany 10-a çenli bolsa **kiçi mikroshemaly**.
2. Integrallanyp ýerleşdirilen elementleriň sany **11**-den **1000**-e çenli bolsa orta mikroshemaly.
3. Integrallanyp ýerleşdirilen elementleriň sany **1001**-den **10000**-e çenli bolsa, ýokary mikroshemaly.
4. Integrallanyp ýerleşdirilen elementleriň sany **100000**-den ýokary bolsa, onda aşa ýokary mikroshemaly diýilýär.

**Dördünji döwür** – funksional elektronikalý abzallaryň döremegi we ulanylmagy bilen baglydyr. Funksional elektronikalý abzallarda elektro-radio elementler we hemmä belli **shematehnika** ulanylmaýar. Olaryň deregine (funksiýasyny) gaty jisimlere mahsus bolan **göwrüm häsiýetler** we **molekulýarara** baglanşyklar ýerine ýetirýärler.

Funksional elektronikanyň ýüze çykmagy, **elektro-radio** elementleriň hem-de **shematehnikany** peýdalanmazdan elektron enjamlarynyň hil taýdan çalt ösmegine uly itergi berdi.

**Funksional elektronika** – dürli signallar görnüşinde gelýän maglumatlary işlemek , **generirlemek** we uzak wagtlap



ýatda saklamak maksady bilen mikroelektronika äleminde ýüze çykýän dürli fiziki hadysalaryň (meselem: akustikanyň, ýylylygyň, elektrik we magnit meýdanlarynyň) **täsirlerinden** döreýän **dinamiki durnuksyzlardan** peýdalanmakdan ybaratdyr.

**Dinamiki durnuksyzlyk (birjynsyzlyk)** – tutuş giňişligiň (göwrümiň) içinde ýa-da daşynda aýratyn ýerleşdirilen göwürüm, öz içinde statiki näsazlyklary bolmadyk, häsiýetnamasy boýunça-da tapawutlanýan bolanda aýdylýar.

**Elektronikanyň mundan beýläk ösmeginde funksional elektronika iň täze we gelejegi gowy ugur hasap edilýär.**

**Ýarymgeçirijiler barada umumy maglumatlar.**

**Ýarymgeçirijilerde elektrik geçirijilikleri hakda esasy düşüňjeler.**

Ähli jisimler, özleriniň energetiki ýagdaýlaryna göre üç topara bölünýärler. Olar geçirijiler, ýarymgeçirijiler we geçirmeýjiler (dielektrikler).

Udel elektrik garşylyklary boýunça ýarymgeçirijiler geçirijiler bilen geçirmeýjileriň aralygyndaky ýagdaýy eýeleýär.

Eger-de, metallarda udel elektrik garşylyk  $1,72 \cdot 10^{-8} - 0,973 \cdot 10^{-6}$  Om.m. töweregi bolsa, onda gaty dielektriklerde  $10^5 - 10^{17}$  Om.m. töweregidir.

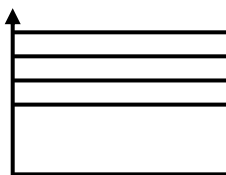
Elektronlary öwredýän ylyma esaslansak, onda jisimleriň düzüminde elektronlar ýadronyň daşynda dürli uzak aralyklarda ýerleşip hereket edýärler. Elektronlaryň dürli radiusda (aralyklarda) ýerleşmekleri, olaryň energetiki ýagdaýlaryna baglydyr.

Elektron ýadrodan näçe uzakda ýerleşse, şonça-da energiýasy köpdür, **emma** ýadro bilen baglansygy şonça-da gowşakdyr. Ýadrodan iň uzakda ýerleşip hereket edýän elektronlara **walentli** elektronlar diýilýär.

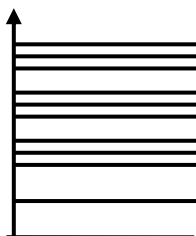
Kwant ylymynyň öwredişine görä atomyň elektronlary energiýanyň diňe **takyk** bahasyna eýe bolup bilýärler (ýagny özüne bölünip berilen **rugsat** ýeri bolýar). Energiýalaryň şular ýaly **takyk** bahalaryna elektronlaryň **energetiki ýagdaýy** diýilýär.

Energetiki ýagdaýlaryna laýyklykda elektronlaryň paýlanmagyna energetik diagramma ýa-da energetiki ýagdaýynyň diagrammasy diýilýär.

Mysal hökmünde, üznälikde duran ýeke-täk atomyň energetiki diagrammasy 1.1-nji "a" çyzgyda görkezildi. Dikligine energiýanyň ululygyny aňladýan bahalary ýerleşdirilen bolsa, onda keseligine görkezilen çyzyklar elektronlaryň energetiki ýagdaýyny görkezýär.



a) bir atom üçin



b) birnäçe atom üçin

1.1-nji çyzgy.

Üznälikdäki

bir atom üçin energetiki ýagdaýyň (derejeleriň) rugsatly ýerleri ;

a) b) Kristallarda energetiki ýagdaýlaryň (derejeleriň) özara ilişmekleriniň düşündirlişi.

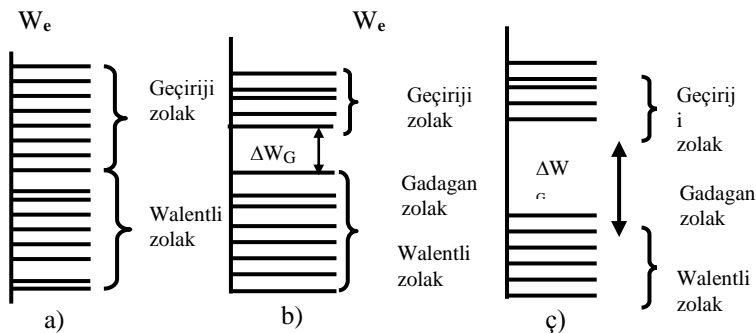
Kristallar emele gelende atamlaryň bir-birege golaýlaşmaklary netijesinde özara täsirli bolýarlar. Şeýlelikde, bir atomyň energetiki ýagdaýy beýleki (golaýyndaky) atamlaryň energetiki ýagdaýlary bilen **jilişmeleri** emele getirýärler. Ol ilişmeler 1.1-nji "b" çyzgyda aýratynlykda, ýöne örän golaý ýagdaýda görkezildi.

Temperatura  $T = 0^0$  K ýagdaýda elektronlaryň eýeleýän energetiki derejesine kristalyň **doldurylan** energetiki zolaklary diýilýär. Bu zolaklaryň iň ýokary gatlagyny emele getirýän (eýeleýän) elektronlara bolsa elektronlaryň **walent** zolagy diýilýär.

Elektronlaryň energetiki ýagdaýlaryna düşünmek üçin möhüm zat, ol hem absolýut  $T = 0^0$  K temperaturada elektronlar bilen eýelenmedik (elektronlary kabul etmäge rugsatly) zonalara (ýagny walentli zonadan-da ýokarda) kristallaryň erkin zolagy diýilýär. Başga (özge) güýçleriň täsirinden energiýa alan erkin elektronlar **rugsatly** zolagyň iň aşaky **eteginde** tä ýokarsyna çenli eýeläp bilýärler, şonuň üçin-de bu erkin zona **geçirijilik** zolagy diýilýär.

Elektrik geçirijiligi boýunça tapawutlanýan dürli häsiýetli jisimlerde walent zolaga bilen geçiriji zolaga özara galtaşyp durmaklary mümkin (1.2-nji "a" çyzgy) ýa-da bu iki zolagyň aralary **gadagan** diýilýän zolaga bilen bölünmekleri – de mümkindir (1.2-nji "b", "ç" çyzgylar).

Gadagan zolagyň energiýasy metallarda bolmaýar  $\Delta W_{\text{gadagan}}=0$ , emma ýarymgeçirijilerde we dielektriklerde  $\Delta W_{\text{Gadagan}} \neq 0$ . 1.2-nji çyzgyda metallaryň "a", ýarymgeçirijileriň "b" we dielektrikleriň "ç" energetiki diagrammalary görkezildi.



1.2-nji çyzgy. Metallaryň "a", ýarymgeçirijileriň "b", dielektrikleriň "ç" energetik diagrammalary.

"Gadagan" - zolagyň giňligi :  $\Delta W_{\text{Gadagan}}$  – Bu giň aralyk energiýany aňladýar. Başgaça aýdylanda, walentli zolakdaky elektronlardan geçiriji zona (ýa-da tersine) geçirmek üçin şol elektronlara berilmeli energiýany aňladýar. Bu energiýanyň ölçeg birligi **elektron – wolt**dyr (**eW**). Bir elektron – wolt ( **1 eW**) diýlip, potensiallarynyň tapawudy **1 W** – ta deň bolan elektrik meýdanyny geçmek üçin elektronyň özünde jemlän energiýasyna düşünilýär.

Metallarda "Gadagan" zolak ýokdur. Ýarymgeçirijilerde bolsa **0,1 eW** – dan **2 – 3 eW** töweregidir. Meselem , **Germaniý** element üçin "Gadagan" zolagyň giňligi **0,72 eW**, **Kremniý** üçin **1,12 eW**. Dielektriklerde gadagan zonanyň giňligi **6 – 10 eW** töweregidir.

Dielektriklerdäki ýokary **eW**, atomlaryň walent zolak kristal gözenekleri bilen berk baglansykdadygyny aňladýar. Şonuň üçin-de, dielektriklerde erkin elektronlar ýok diýen ýalydyr, bu bolsa **udel** elektrik geçirijiligiňiň juda az bolmagyna sebäp bolýar.

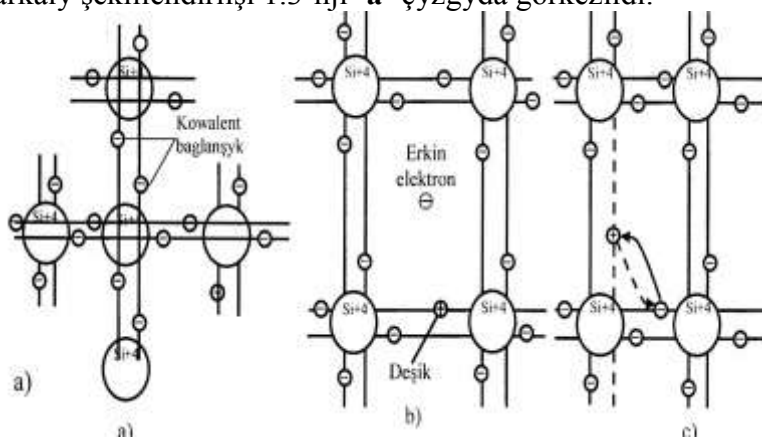
Ýarymgeçirijilerde "Gadagan" zolagyň kân bir uly dældigi sebäpli **T= 0° K** – den ýokary temperaturada eýýäm

elektronlaryň belli bir böleginde ýeterlik derejede energiýa jemlenýär we geçiriji zolak tarap hereket edip başlaýarlar. Temperaturanyň ýokary galmagy bilen erkin elektronlaryň sany artýar. Diýmek, ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligi ösüp, elektrik garşylygy bolsa peselýär.

### Ýarymgeçirijilerde elektrik geçirijilikleri hakda esasy düşüňjeler.

Arassa diýilýän ýarymgeçirijileriň-de düzüminde azdäkäde **garyndylaryň** bolmagy elektrik geçirijiligiň ösmegine getirýär. Sähelçe **garyndy**-elektrik geçirijiligiň ummasyz ösmegine sebäp bolýar.

Ilki bilen, himiki taýdan arassa (garyndysyz) ýarymgeçirijilere seredeliň. Mysal hökmünde kremniý element üçin tekizligiň üstünde onuň kristallik gözeneginiň shema arkaly şekillendirlişi 1.3-nji "a" çyzgyda görkezildi.



Kremniý, Mendeleýewiň elementleriniň periodiki ulgamynda IV-nji elementler toparyna girýär, şonuň üçin-de özüniň daşky gatlagynda dört sany walent elektronlary bolup, **kremniniň** gözenekleriniň düwünlerinde ýerleşen her bir atomy dört sany goňşy atom bilen walentli baglansykda bolýarlar. Şonuň üçin-de, walent elektronlaryň özara jübütleşmeklerine (ýa-da goşalanmaklaryna) **kowalentlik** diýilýär.

Kristalyň düwünleri bolup hyzmat edýän, çöküp galan atomlar içi boş töwerejikler bilen şekillendirildi ( 1.3-nji "a" çyzga seret). Bu atomlar walentsizdirler ( ýagny, walent elektronlary ýokdur).Şol töwerejikleriň içindäki (+4) galyndy hasap edilýän atomyň zarýadynyň (+) – alamatlydygyny aňladýar.

Goňşy atomlary birleşdirýän goşa çyzyklar şol atomlaryň walent elektronlarynyň kowalent baglansyga geçendiklerini aňladýar.

Eger-de, kristalyň düzüminde özge element bolmasa, onda  $T=0^0\text{K}$  temperaturada ýarymgeçiriji hasap edilýän elementleriň kristalyndaky atomlaryň walent elektronlary başga atomlar bilen diňe **kowalent** baglansykda bolýarlar. Şonuň üçin-de  $T = 0^0 \text{ K}$  temperaturada erkin elektronlar bolmaýar, kristal tok geçirmeýär we ideal dielektrik ýagdaýa öwrülýär.

Eger-de, temperatura  $T = 0^0 \text{ K}$ -den ýokary ösüp başlasa, onda kristaly emele getirýän gözenekler yrgyldap başlaýarlar. Kowalent baglansykyly elektronlarda energiýa artykmaçlyk edip, ol energiýa "**Gadagan**" zolagyň  $\Delta W$  – energiýasyndan-da ösüp, kowalent baglansykdan sypyp ( **üzülip** ) gitmek bilen bolýarlar. Şular ýaly boşan elektronlar **erkin** hala eýe bolup, kristal gözenegiň içinde hereket edip başlaýarlar (1.3-nji "b" çyzga seret). Erkin elektronlaryň hereketleri ( - ) – alamatly zarýadlaryň (toguny) akymyny döredýärler.

Erkin elektronlaryň (zarýadlaryň) döremegi kowalent baglansygyň çagşamagyna sebäp bolýar we olaryň ýerleri boşap galýarlar. Bu boşap galan ýerlere **deşikler** diýilýär. **Deşikler** – elektronlar bilen eýelenmedik kowalent baglansykdaky boş ýerlerdir. Şol boş deşikleri **erkin** elektronlar eýeläp-de bilýärler we ondan elektronlar boşap gidip-de bilýärler. Kowalent baglansyklarda elektronlaryň ýerleriniň boşamagy (+)e zarýadlaryň döremegine deňgüýçlidirler. Emele gelen (+) zarýadlar elektronlaryň (-) zarýadlaryna ululygy boýunça deňdirler.

Eger-de, birinji atomda dörän deşigi ikinji atomyň walentli elektrony doldursa, ikinji atomyň walentli zonasynda emele gelen deşigi üçünji atomyň walentli elektrony doldurýar we ş.m., onda (+) zarýadly hasap edilýän deşikleriň hereketleri (-) zarýadly elektronlaryň üzülip çykyşlaryna baglydyrlar (1.3.-nji çyzyga seret). Şeýlelikde, deşiklere (+) zarýadlary äkidijiler hökmünde-de seredip bileris.

**Indi, elektronlar bilen deşikleriň hereketleriniň ugurlary hakda:** - Eger-de, erkin elektronlar kristal gözenekleri emele getirýän düwünleriň arasyndaky giňişliklerde hereket edýän bolsalar, onda deşikler kowalent baglanyşygy emele getirýän çyzyklar boýunça süýşýärler, şonuň üçin-de (-) zarýadlary äkidijileriň tizligi (+) zarýadlaryňkydan ýokarydyr.

Erkin elektronlar bilen deşikleriň **jübütleşmek** prosesine zarýady äkidijileriň jübütleniş generasiýasy diýilýär.

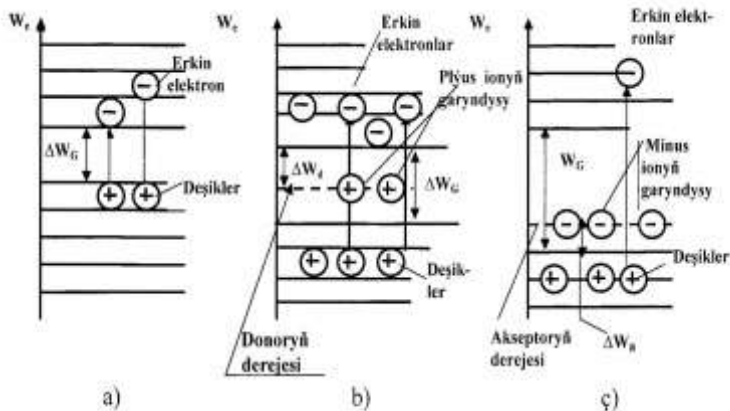
Ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligi zarýady äkidijileriň çalasyňlygy (подвижности) bilen kesgitlenilýär. Elektrik meýdanynyň ýok wagty zarýady äkidijiler dürli tarapa (haos) – tertipsiz hereket edýärler. Eger-de elektrik meýdany bilen täsir etsek, onda elektronlar we deşikler meýdanyň boýyna görä süşüp hereket edýärler : Elektronlar (+) – potensiala tarap, deşikler (-) – potensiala tarap süşýärler.

Zarýadlary äkidijileriň iki görnüşi-de kristal gözeneklerde elektrik tolkunlaryň döremegine sebäpkädirler. Umuman, tok iki sany tok goşulmalarynyň netijesidir ( elektronlaryň we deşikleriň döredýän toklarynyň jemidir). Bu iki toklar hemişe bilelikde çykyş edýärler, ýöne biri beýlekisinden az ýa-da köp bolup bilerler.

Eger-de, elektronlaryň döredýän togy deşikleriň döredýän togundan köp bolsa, onda **kristallara** elektrony geçiriji diýilýär we tersine ,eger-de deşikleriň döredýän togy köp bolsa, onda kristallara deşikli geçiriji diýilýär.

Arassa ýarymgeçirijilerde elektronlar bilen deşikleriň mukdarlary deňdirler, sebäbi arassa ýarymgeçirijilerde elektrik

geçirijilik diňe kowalent baglanyşygyň çağşamagy netijesinde döreýär. Şonuň üçin-de kowalent baglanyşygyň dargamagy netijesinde döreýän geçirijiliklere **hususy** elektrik geçirijilik diýilip, garyndysyz ýarymgeçirijilere bolsa arassa ýarymgeçirijiler diýilýär. **1.4-nji "a"** çyzgyda arassa ýarymgeçirijileriň diagrammasy görkezildi.



1.4-nji çyzgy : a) – Garyntgysyz, arassa ýarymgeçirijiniň energetiki diagrammasy ; b) – **n-tipli** ýarymgeçiriji ; c) – **p-tipli** ýarymgeçiriji.

Garyntgysyz, arassa ýarymgeçirijilerde elektronlaryň  $n_i$  – konsentrasiýasy (mukdary) bilen deşikleriň  $p_i$  – konsentrasiýasy (**mukdary**) özara deňdirler. Harplardaky (**i**) – „içindäki“ sözün birinji harpyny aňladýar (ýagny ýarymgeçirijiniň içindäki  $n_i$  – elektronlaryň,  $p_i$  – deşikleriň sany diýen manylary berýär).

Ýarymgeçirijilerde zarýady äkidijileriň mukdarynyň (konsentrasiýasynyň) çalasynlygy näçe ýokary bolsa, şonça-da kristalyň temperaturasy ýokarydyr, **gadagan** zonasy bolsa daralýar ( $\Delta W_G$  – kiçelýär).

Şol bir wagtyň özünde, zarýady äkidijileriň jübütleniş generasiýasy bilen birlikde şol generasiýa ters proses (geçiş) hem bolup geçýär – ýagny ters alamatly zarýadlary äkidijileriň rekombinasiýasy bolup geçýär.



**Rekombinasiýa** – erkin elektronlar bilen deşikleriň täzeden birleşmekleridir (üzülen kowalent baglanşyklaryň öňki ýagdaýyna gaýdyp gelmegi), şeýýelikde elektronlaryň we deşikleriň zaryadlaryny äkidijileriň geçirijilik ukyplary ýitip gidýär. Bu proseslerde (geçişlerde) artykmaç energiýalar ýylylyga ýa-da ýagtylyga öwrülýärler.

Generasiýa bilen rekombinasiýa aralykda togy döredýän zaryady äkidijileriň ömrüne erkin elektronlaryň we deşikleriň ýaşap geçen wagty (ömrü) ýa-da dowamlylygy diýilýär. Şol wagtyň dowamynda geçilen ýola bolsa **diffuzion uzynlyk** diýilýär.

Eger-de, her bir zaryady äkidijilere aýratynlykda seretsek, onda olaryň diňe bir tizlikleri däl, eýsem ýaşap geçen döwürleri-de, diffuzion uzynlyklary-da deňdäldirler. Şonuň üçin-de, orta hasapdan ortaça diffuzion uzynlyk, elektronlaryň we deşikleriň ortaça tizlikleri, ortaça ömrü diýilýän düşünjeden ugur almaklyk maslahat berilýär.

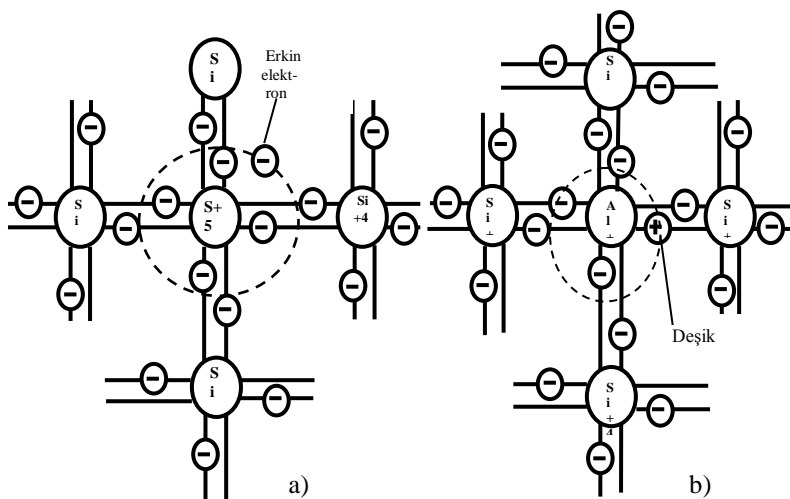
Himiki taýdan arassa hasap edilýän ýarymgeçirijilere ilkinji berilen material hökmünde garap, olaryň düzümine garyntgylar goşýarlar, netijede geregiçe garyntgy goşup öz islegimize görä nähili ýarymgeçiriji gerek bolsa öndürip bilýäris.

Tehniki tilsimler bilen garyntgylary arassa ýarymgeçirijileriň düzümine goşup ýarymgeçirijileriň elektrik geçirijiligini ( öz islegimize görä **n** – tipli ýa-da **p** - tipli garyntgyny) geregiçe ulaldyp (üýtgedip) bolýar ( 1.5-nji çyzga seret).

Elektron berýän atoma **donorly** atomlar diýilýär. Olaryň energiýa derejesi erkin geçirijiligiň zonasyna has golaýdyr (1.4-nji **b** çyzga seret). Donor energiýasynyň derejesi  $\Delta W_d = 0,01 - 0,07 \text{ eV}$  töweregidir.

Dört walentli topardaky elementler ( meselem  $\text{Si}_{+4}$  ) üçin donorly materiallar hökmünde 5 (baş) walentli himiki elementler ulanylýar (meselem : mysýak, fosfor, surma).

**Kristalyň** gözenekleriniň käbir düwünlerinde arassa ýarymgeçirijiniň atomlarynyň ýerini garyndynyň atomlary eýeleýärler. Şonuň üçin-de **5** (baş) walentli elementleriň dört elektrony kowalent baglansyga geçip, başinjisi kowalentlikden artyk bolup, öz atomynyň orbitasyndan aňsatlyk bilen çykyp bilýär we geçirijiligiň köpelmegine ýardam edýär (1.5-nji **a** çyzga seret). Şonuň üçin-de elektronlaryň konsentrasiýasy deşikleriň konsentrasiýasyndan epesli ýokarydyr, ýagny  $n_n \gg p_n$



1.5-nji çyzgy. a) Donor garyndyly Kremniniň kristal gözenekleriniň shemasynyň modeli ; b) Akseptor garyndyly Kremniniň kristal gözenekleriniň shemasynyň modeli.

Düzüminde elektronlary artykmaçlyk edýän ýarymgeçirijilere **n** – tipli ýarymgeçirijiler diýilýär ( **n** – negatiw sözünüň birinji harpydyr, minus " - " manyny berýär). Bular ýaly ýarymgeçirijilerde esasy zarýady döredijiler we äkidijiler elektronlardyr, deşikler esasydäldirler (1.5-nji **a** çyzga seret).

Eger-de, **kremniý** kristalynyň düzümine üçwalentli himiki elementlerden göşsak ( Indiý, Alýuminiý, Bor ýa-da

Galliý), onda bu elementler özleriniň üçwalentli elektronlary bilen goňşynyň dörtwalentli atomlaryna diňe üç kowalentli aragatnaşyk saklaýar ( 1.5-nji **b** çyzga seret).

Dördünji kowalent bolmak üçin bir elektron ýetmeýär, şonuň üçin-de kristalyň üçwalentli atomynda bir **boş** ýer döräp, oňa ýeri boş bolany üçin **deşik** diýilýär. Sol deşigi eýelemek (doldurmak) üçin üçwalentli atom dörtwalentli atomdan bir elektronyny özüne çekip alýar we dörtwalentli atomda deşigin emele gelmegine sebäp bolýar. Netijede, üçwalentli atomyň dört elektronly bolmagy minus **ionly** atoma, dörtwalentli atom bolsa bir elektronyny gidireni üçin plýus **ionly** atoma öwrülýärler.

Goňşy atomyň walentli elektronynyndan alyp öz walentli zonynda kabul edip bilýän atomlara (garyndylara) **akseptorlar** diýilýär.

Akseptorly garyndyny goşmaklygyň netijesinde deşikleriň konsentrasiýasy (mukdary) elektronlardan köp bolýar **p<sub>p</sub> > n<sub>p</sub>**.

Akseptorly ýarymgeçirijilerde döredýän elektrik togunyň düzüminde deşikleriň hereketleriniň sany elektronlaryň hereketlerinden köpdür.

**Deşikleriň** elektrik geçirijiligi (döredýän togy) agdyklyk edýän ýarymgeçirijilere **p** – tipli ýarymgeçirijiler diýilýär (**p** – harpy **pozitiw** sözünüň birinji harpyny aňladýar). Bular ýaly ýarymgeçirijilerde esasy zarýady döredijiler we äkidijiler deşiklerdir, elektronlar esasy dälidirler.

Akseptorly, ýagny **p** – tipli ýarymgeçirijileriň energetika diagrammasy 1.4-nji **ç** çyzgyda görkezildi. Akseptor garyntgylý atomlarynyň energiýa derejesi **esasy** ýarymgeçirijiniň walentli zonynda golaýdyr. Akseptoryň **ΔW** – energetiki derejesi örän kiçidir, takmynan **0,01 – 0,07 eV** töweregidir.

Şonuň üçin-de, öý temperaturasy hasap edilýän (**20° C**) ýylylykda eýýäm ähli akseptor derejesindäki energiýalar eýelengi ýagdaýa geçýärler we elektronlar bilen doldurylýarlar.

Şol elektronlaryň hemmesi walentli zonadan goparylyp alynýar, netijede juda köp **boş** (wakans) ýerler walentli zonada döreýär.

Şeýlelikde, garyndyly ýarymgeçirijilerde zaryadlary äkidijileriň **esasy** bolup garyntgynyň atomlary çykyş edýärler, esasydäl äkidijiler bolup bolsa kowalent aragatnaşyklygyň ýumrulmagy esasynda hem-de zaryady äkidijileriň goşalanmagy (jübütlenmegi) netijesinde generasyýa bolup geçýär.

### **Ýarymgeçirijilerde dreýf we diffuzion toklar.**

Ýarymgeçirijilerde zaryady äkidijileriň hereketleriniň **ugurlary** ýa elektrik meýdanynyň täsirinden ýa-da kristalyň göwrümünde zaryady äkidijileriň dykzlygy boýunça deňölçeşsiz ýaýrandyklary netijesinden (meselem, kristalyň bir tarapyň sowadylmagy ýa-da gyzdyrylmagy) ýarymgeçirijilerde elektrik togunyň döremegine sebäp bolýar.

Elektrik meýdanynyň ýok wagty **elektronlar** we **deşikler** dürli tarapa bitertip (haotiki) hereket edip, ýylylyk energiýany bölup çykarmak bilen çäklenýärler.

Ýarymgeçirijilere naprýaženiýe berilenden, onuň kristalynda elektrik meýdany döräp, zaryady äkidijileri tertipleşdirýär we belli (takyk) bir ugur bilen hereket etmäge mejbur edýär.

Elektrik meýdanynyň güýji esasynda hereket edýän zaryady äkidijilere **dreýf** ( öňki ýolundan çykyp, täze ýola düşen) togy diýilýär. Eger-de bu dörän tok **elektronlar** tarapyndan dörese **elektron** häsiýetli, **deşikler** tarapyndan dörese **deşik** häsiýetli ýarymgeçirijiler diýilýär.

Dreýf togunyň dykzlygy şu aşakdaky formuladan peýdalanlyp tapylýar.

$$\delta_{\text{dif}} = q (n \cdot V_{\text{dr-n}} + p \cdot V_{\text{dr-p}}) = q (n \cdot \mu_n \cdot E + p \cdot \mu_p \cdot E)$$

Bu ýerde : **E** – elektrik meýdanynyň dartgynlygy [ W/m ] ;

$\mu_n$  ,  $\mu_p$  – elektronlaryň we deşikleriň çakganlygy (ýerinden gozganyş tizlenmesi) diýilýär. (Kremniň üçin  $\mu_n \approx 1200 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ,  $\mu_p \approx 500 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ )

$V_{dr,n}$  ,  $V_{dr,p}$  – elektronlar bilen deşikleriň ortaça dreýf tizlikleri;

$n$  ,  $p$  – elektronlar bilen deşikleriň mukdary (konsentrasiýasy);

$q$  – elektronlaryň we deşikleriň zaryadlary  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$ .

Eger-de, **elektronlar** kristal gözeneklerini emele getirýän düwünleriň arasyndaky giňişliklerde hereket edýän bolsa, onda **deşikler** kowalent baglanyşygyň ýodajyklary boýunça hereket edýärler. Şonuň üçin-de elektronlaryň  $V_{dr,n}$ ,  $\mu_n$  ululyklary (parametrleri) deşikleriň  $V_{dr,p}$ ,  $\mu_p$  – parametrlerinden epesli uludyr.

**Kremniýde** zaryady äkidijileriň çakganlygy Germaniýe garaňda kiçidir.

Arassa ýarymgeçirijilerde elektronlaryň we deşikleriň konsentrasiýalary (mukdarlary) deňdirler, ýöne olaryň çakganlygy ( $\mu_n > \mu_p$ ) deňdäldikleri üçin togy döretmekde elektronlaryň gatanjy deşiklerinkiden köpdür.

Garyntgylý ýarymgeçirijilerde toguň häsiýeti (ýa-da alamaty) esasy-zaryady äkidijiler bilen kesgitlenilýär, meselem  $p$  – tipde deşikler bolsa, onda  $n$  – tipde elektronlardyr.

Zaryady – äkidijileriň konsentrasiýasy (mukdary) kristalyň göwrümi boýunça deňdäl (deňölçegsiz) ýerleşenlerinde , onda konsentrasiýanyň has köp ýerinde özara çakyşmalar-da has köp bolup geçýär.

Zaryady – äkidijiler çar tarapa (haotiki) hereket edenlerinde diňe, bir ýylylyk bölüp çykarmak bilen çäklenmän, eýsem olaryň hereketleriniň ugurlary konsentrasiýanyň niredе az ýeri bar bolsa, şol tarapa-da süýşmek bilen bolýarlar (ýagny, hereket konsentrasiýanyň köp ýerinden az ýerine tarap bolýar).

Zaryady – äkidijileriň konsentrasiýalary deňdäldikleri sebäpli belli bir tarapa ugrukdyrylan (meselem, konsentrasiýasy köp gatladan az gatлага tarap) hereketlerine

**diffuziýa** diýilýär. Şeýle hadysa bilen döreýän toklara bolsa diffuzion togy diýilýär.

Zarýady äkidijileriň konsentrasiýalarynyň deňölçegsizligini **konsentrasiýanyň gradiýenti** diýilýän düşünje bilen häsiýetlendirilýär.

Bu fiziki ululyk (gradiýent) konsentrasiýanyň sähelçe üýtgemeginiň, geçilen ýolunyň sähelçe üýtgemegine bolan gatnaşygyna aýdylýar. Meselem,

$$\frac{\Delta n}{\Delta x} \quad ýa-da \quad \frac{\Delta p}{\Delta x}$$

Konsentrasiýanyň gradiýenti näçe uly bolsa, şonça-da **diffuzion** tok uludyr.

Diffuzion toguň dykzlygynyň hasaplanýş formulasy

$$\Delta dif = q \cdot D_n \cdot \frac{\Delta n}{\Delta x} + q \cdot D_p \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x}$$

Bu ýerde : **D<sub>n</sub>** ; **D<sub>p</sub>** – elektron bilen deşikleriň diffuzion koeffisiýentleri;

$$\frac{dn}{dx} \cdot \frac{dp}{dx} ; \quad - \text{ birlik, ölçegdäki uzynlykda zarýady -}$$

äkidijileriň **x** – boýunça özgerişi (üýtgeýşi).

**q** - elektronlaryň we deşikleriň zarýadlary,  $1,6 \cdot 10^{-16}$  Kl.

### **Ýarymgeçiriji rezistorlar: waristorlar, ýarymgeçiriji termistorlar, fotorezistorlar, tenzorezistorlar.**

Temperaturanyň, elektromagnit şöhlemenegiň, mehaniki ýükleriň, berlen naprýaženiýeniň, elektrik we magnit meýdanlarynyň täsirlerinden öz garşylyklaryny üýtgedýän ýarymgeçirijili abzallara ýarymgeçiriji rezistorlar diýilýär.

Ýarymgeçiriji rezistorlaryň kömegi bilen örän köp tehnik meseleleri çözüp bolýar. Meselem, elektrik we elektrik

däl ululyklary ölçemek, magnit ölçeglerini gurnamak, abzallary we gurnamalary tokdan, naprýaženiýeden we başga görnüşli aşa ýüklerden gorumak ýaly dürli görnüşli işleri amala aşyrmakda giňden ulanylýar.

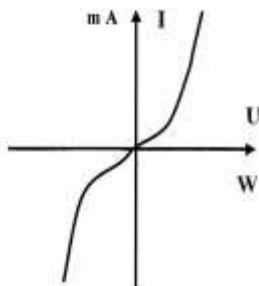
Ýarymgeçiriji rezistorlara edilýän talaplara laýyklykda ýarymgeçiriji hasap edilýän we geçirijilikleri bilen özara tapawutlanýan islendik elementden ýarymgeçiriji rezistorlary taýýarlap bolýar.

Ýarymgeçiriji rezistorlar özleriniň bitirmeli işlerine laýyklykda birnäçe toparlara bölünýärler.



**WAH-lary göniçyzykly rezistorlar** – şular ýaly ýarymgeçiriji abzallaryň düzümi arsenid galliýden hem-de metall garyndyly (legirlenen) kremniden gurnalýar. Şeýle ýarymgeçiriji rezistorlaryň naprýaženiýesi we toklary giň ararykda (gerimde) üýtgedilende-de, ondaky garşylyk özüni göni çyzyk bilen üýtgemegini başarýar. Bu rezistorlar integrally shemalarda giňden ulanylýar.

**Waristorlar** – ýarymgeçirijilerden ýasalan rezistordyr. Waristorlaryň garşylygy üstünden akýan toga we egnine düşýän naprýaženiýe baglydyr. Wolt-Amper häsiýetnamasy parabola görnüşlidir we koordinatanyň merkezine görä simmetrikdir (1.6-njy çyzga seret).



1.6-njy çyzgy. Waristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy

WAH-y egriçyzykly, koordinatanyň merkezine görä simmetrik waristorlar tehnikada iň köp ulanylýandyr.

Waristoryň daşky şekili disk ýa-da silindir görnüşlidir.

Uglerodly kremniýden ( $\text{Si-C}$ ) ýasalýan waristorlar ýokary temperaturada gyzdyrlyp taplananda, ýöriteleşdirilen tehnologiýaly tilsimler bilen taýýarlanylýarlar. Disk ýa-da silindir görnüşli waristorlaryň sim uçlary ýörite çykarylýarlar hem-de hapalanmaz ýaly we çyg çekmez ýaly ýarymgeçiriji bölegi goralýar, meselem waristorlaryň üstlerine ýörite emal çaýylýar.

Waristorlaryň WAH-larynyň egriçyzykly häsiýete eýe bolmagy örän çylşyrymly fiziki prosesler bilen düşündirilýär.

Waristora berilýän naprýaženiýeni näçe köpeltidigiňçe, şonça-da onuň düzümindäki kristallaryň özaralarynda döreýän elektrik meýdanynyň güýjenmesi ulalýar. Bu bolsa, öz gezeginde karbidli Kremniniň kristallarynyň ýiti uçlarynda we gýralarynda elektrostatiği emissiýanyň ösmegine sebäp bolýar. Şeýle fiziki proses kontakt nokatlarynyň mikrogyzmagyna hem-de emele gelen oksid plýonkalarynyň böwsülmegine getirýär. Şeýlelikde, waristoryň geçirijiliginiň ösmegi bolup geçýär.

Waristorlar naprýaženiýeni stabill-sarsdyrman saklamak üçin, diýmek duýdansyz döreýän uly naprýaženiýelerden goranmak üçin, elektrik kontaktlarynda döreýän uçgunlary söndürmek (ýuwtmak) üçin, zyýanly

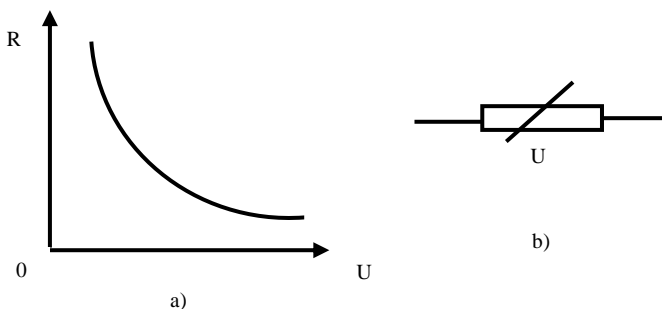


gohlardan goranmak we naprýaženiýe impulslaryny çäklendirmek üçin giňden ulanylýarlar.

Waristorlaryň esasy parametrleri hökmünde şu aşakdaky getirilen parametrlr kabul edilendir :

1. Tok we naprýaženiýe boýunça temperatura koeffisiýentleri ;
2. Tok we naprýaženiýe toparlary ;
3. Ýitirilýän (harçlanýan) kuwwatyň möçberi ;
4. Naprýaženiýe amplitudasynyň möçberi ;
5. Işleýän naprýaženiýesi we togy.

Waristoryň garşylygynyň naprýaženiýeden baglanşygy hem-de shemalarda belgilenişi 1.7-nji **a, b.** çyzgylarda görkezildi



1.7-nji çyzgy. Waristoryň garşylygynyň naprýaženiýeden baglanşygy we shemalarda şertli belgilenişi.

**Ýarymgeçiriji termistorlar.** Temperatura baglylykda garşylygy üýtgeýän abzallara termistorlar diýilýär. Termorezistor efektine esaslanyp taýýarlanylýan termistorlar şu aşakdaky toparlara bölünýärler :

1. Naprýaženiýeni ölçemek we sazlamak üçin.
2. Elektrik zynjrlarynda ulanylýan elementleriň temperaturalaryny kompensirlemek üçin.

3. Şöhlelenýän energiýanyň induksiýasyny we ýokaryýyglykly tolkunlaryň kuwwatyny ölçemek üçin.
4. Hemişelik we üýtgeýän toklarda naprýaženiýeni stabill saklamak üçin.
5. Garşylygyny kontaktsyz üýtgedip bolýan rezistor hökmünde.

Termorezistorlar disk, silindr (steržen, şaýba, plastin we monjuk görnüşlerde ýasalyp, okisli metalyň garyndysyndan ýa-da ýörite garyndyly **titanat** – **bariýden** ( $\text{BaTiO}_3$ ) taýýarlanylýar.

Özleriniň gurluşlary we işleýiş düzgüni (tertibi) boýunça termorezistorlar iki topara bölünýärler :

1. Göni – özi gyzdyrylýan termorezistorlar.
2. Başga bir gyzdyryjy bilen gyzdyrylýan termorezistorlar.

Özi gyzdyrylmak - üstünden tok geçse ýa-da daşky giňişligiň temperaturasy gyzanda-da termoduýgur elementniň (TE)-garşylygy üýtgeýär.

Başga bir gyzdyryjy bilen gyzdyrylýan termorezistorlarda ýörite elektrik peçleri bilen termorezistorlar gyzdyrylýarlar. Gyzdyryjy peç bilen termorezistoryň shemalary hersi özbaşyna aýratyndyrlar, olaryň arasynda elektrik kontakty ýokdur.

Termorezistoryň esasy parametri hökmünde onuň garşylygyny häsiýetlendirýän – garşylygyň temperatura koeffisiýentidir.

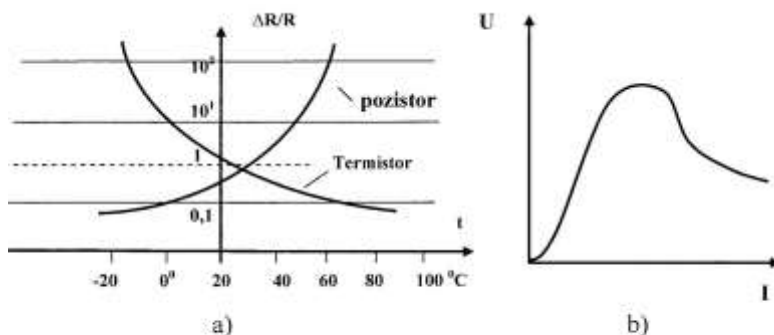
$$\alpha = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Bu koeffisiýent - temperatura  $1^{\circ}\text{C}$  – üýtgände termorezistoryň garşylygynyň göterim (prosent) hasabynda näçeräk üýtgeýändigini aňladýar.

Termorezistorlar minus garşylykly – **termistorlara** hem-de plýus garşylykly – **pozistorlara** bölünýärler.

Temperaturanyň ýokary galmagy bilen termistoryň garşylygy peselse, pozistoryň garşylygy ösýär.

Termistorlar kobaltyn okisi, mis, margenes ýaly elementleriň garyndylaryny hamyr eýlän ýaly eýläp ýasaýarlar. Pozistorlar bolsa titanato-bariýli kremnä seýrek duş gelýän Ýer elementleriň garyndylaryndan ýasalýarlar. 18-nji çyzgyda termorezistorlaryň göterim  $\Delta R/R$  – garşylygynyň temperaturadan baglanşygy hem-de Wolt-Amper häsiýetnamasy görkezildi.



1.8-nji çyzgy. Termorezistoryň häsiýetnamalary : a – göterimde ,  
b – Wolt-Amper häsiýetnamalary.

**Fotorezistorlar** – Elektromagnit şöhleleriniň täsirinden garşylygy üýtgeýän ýarymgeçiriji abzallara fotorezistor diýilýär.

**Tenzorezistorlar** – mehaniki güýç (basyş, ýük) bilen täsir edeniňde garşylyklaryny (elektrik geçirijiligini) üýtgedýän ýarymgeçirijiden ýasalan abzallara tenzorezistor diýilýär. (Tensor – süýnýän ýa-da ýygrylýan diýmekdir). Meselem, islendik mehaniki ýükde tenzorezistor özüniň geometriki ölçeglerini üýtgedýärler, şonuň üçin-de olaryň garşylygy üýtgeýär.

Tenzorezistorlary köplenç Kremniýden ýa-da Germaniýden ýasaýarlar. Germaniý elementden ýasalan tenzorezistorlaryň duýgurlygy Kremniý bilen deňeşdireniňde has uludyr hem-de ýokary temperaturalara çydamlydyr.

Kremniýniň **p** – tipinden ýasalan tenzorezistorlar **plýus** garşylyklydyrlar (basyşyň ösmegi bilen garşylygy ösýär).

Kremniýniň **n** – tipinden ýasalan tenzorezistorlar minus garşylyklydyrlar (basyşyň ösmegi bilen garşylygy kiçelýär).

Tenzorezistorlary taýýarlanlarynda ýarymgeçirijileriň kristallografiki ügurlaryny anyklanlaryndan soň monokristallary ýörite usullar bilen kesişdirip ýasaýarlar.

Tenzorezistor – basyşy ölçemek üçin, mehaniki naprýaženiýeleri we güýçleri anyklamak üçin, örän kiçijik mikrosüýşmeleriň bardygyny ýa-da ýokdugyny bilmek üçin, towlanýan momentleri anyklamak üçin gurluşyk edaralarynda, seýsmologiyada bahasyna ýetip bolmajak işleri bitirýän abzaldyr.

Tenzorezistorlaryň esasy parametrleri hökmünde: 1) temperatura koeffisiýenti, ygtyýar edilen temperaturasy, olarda ýitirilýän (harçlanýan) kuwwat kabul edilendir.

Tenzorezistoryň tenzoduýgurlyk koeffisiýentiniň anyklanşy.

$$k = \frac{\left( \frac{\Delta R}{R} \right)}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\Delta R}{R \varepsilon}$$

Bu ýerde :  $\frac{\Delta R}{R \varepsilon}$  – tenzorezistoryň garşylygynyň  
näçeräk göterim üýtgeýändigini  
aňladýan gatnaşyk ;

$\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon$  – uzynlygynyň näçeräk göterim  
üýtgeýändigini aňladýan gatnaşyk.  
[mkm/m] .

Garşylygynyň temperatura görä näçeräk göterim üýtgeýändigini bilmek üçin şu aşakdaky formuladan peýdalanýarlar.

$$\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt}$$

Tenzorezistorlarda harçlanýan kuwwatyň mukdary ygtyýar berilen temperatura bilen anyklanylýar.

Ygtyýar berilýän temperatura diýlip, tenzorezistoryň öz fiziki häsiýetini ýitirmeginiň öň ýanyndaky temperatura düşünilýär. Şol temperaturadan soň tenzorezistory gaýtadan ulanyp bolmaýar.

Meselem, kremniýden ýasalan tenzorezistorlarda garşylygy (50 – 400) Om bahalarda taýýarlanylanda onuň tenzoduýgurlyk koeffisiýenti 100 – 135 ,

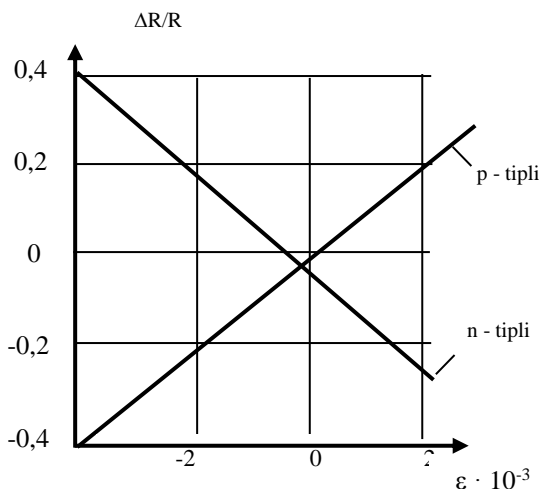
$\varepsilon = \pm (5-10) \cdot 10^{-4}$  mkm/m, işläp bilýän temperaturasy 200 – 250 °C

1.9-njy çyzgyda tenzorezistoryň

**R/R** – göterim garşylygynyň,

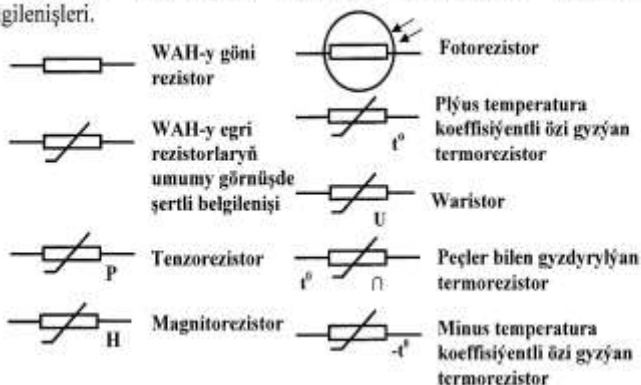
$\frac{\Delta l}{l} = \varepsilon$  – göterim uzynlygy (maýyşgaklygy) bilen baglansygy

görkezildi.



1.9-njy  
çyzgy.  
Tenzorezisto-  
ryň göterim  
garşylygynyň  
göterim  
maýyşgakly-  
gyndan  
baglansygy.

Elektrik shemalarynda ulanylýan ýarymgeçiriji rezistorlaryň şertli belgilenişleri.



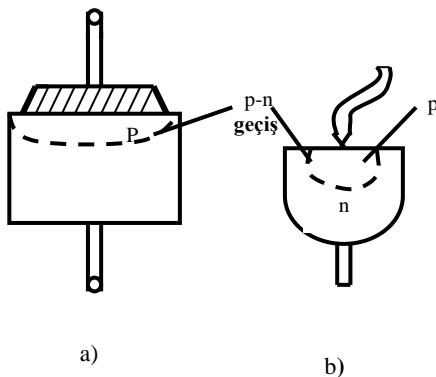
## Ýarymgeçiriji diodlar. Diodlaryň toparlara bölünüşleri.

### Diodlaryň Wolt- Amper häsiýetnamalary.

#### Diodlaryň şertli belgileniş.

**Kesgitlemesi.** Ýarymgeçiriji diod diýlip, düzümi iki gatlakdan bolup, bir **p-n** geçişli, iki sany sim çykalgaly ýarymgeçiriji abzallara aýdylýar.

**Diodyň gurluşy (konstruksíasy)** – ýarymgeçiriji diodlar ýasalşy boýunça iki görnüşde taýýarlanylýarlar : 1) Üsti tekizlenen ; 2) Üsti nokatlanan.

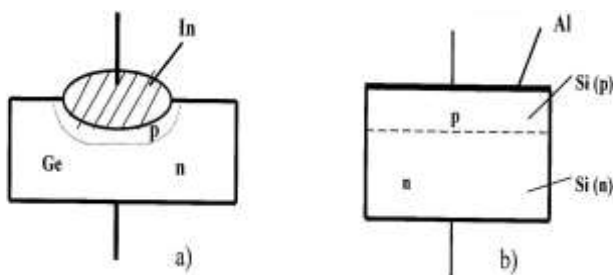


1.10-njy çyzgy  
Diodlaryň  
gyrlyşlarynyň  
schema bilen  
aňladylyşy

- a) Üsti tekizli.
- b) Üsti nokatly.

Tekiz üstli diodlaryň **p-n** geçelgesi-de özleriniň ýalpaklygy bilen tapawutlanýarlar, olardaky tekizligiň islendik tarapyna bolan uzynlygy **p-n** geçelgäniň galyňlygyndan epesli uludyr (1.10-njy a çyzga seret).

Düzümi iki gatlakdan sepleşdirip ýasalan tekiz üstli **p-n** geçişli diodlary ýa eredip sepleýärler ýa-da diffuzirlmek tehnologiýasy bilen taýýarlaýarlar. Soňra termiki gyzdýrlyp taba getirilende **Indiýniň** ýa-da **Alýuminiň** atomlary **n** – tipli ýarymgeçirijileriň göwrümüne siňip **p**- tipli gatlak döredýärler (1.11-nji a, b çyzglara seret).



1.11-nji çyzgy. a) eredilen ; b) diffuzirlenen diodlaryň çyzgyda düşündirişi .

Diodyň **p** – bölegindäki akseptorly erginiň konsentrasiýasy **n** - bölegindäki donorly erginiň konsentrasiýasyndan epesli köpdür, diýmek simmetrik däl **p-n** geçiş emele gelýär. Bular ýaly diodlarda göni tok esasan-da **p** – bölekden **n** – bölege tarap deşikleriň inžeksiýalary (çüwdürimleri) esasynda döreýär. Öz gezeginde **p** – bölek emitter, **n** – bölek bolsa baza bolup hyzmat edýär. Diodyň içinde göni tok **p** – bölekden **n** – bölege tarap akýar.

Ýarymgeçiriji diodlardan daşky zynjyrlara birikdirmek üçin çykarylýan simjagazlary diňe om garşylygyny döredýän (ýagny, göneldişi döretmeýän) metallardan ýasaýarlar.

Toguň daşky zynjyra tarap akýan çykalgasyna katod **K**, beýleki çykalgasyna bolsa anod **A** diýilýär.

Diffuzion usul bilen tekiz üstli **p-n** geçelgäni döredenlerinde akseptorly (ýa-da donorly) diffuzirlenmek gazly giňişlikden **p** ýa-da **n** tipli bölekleriň göwrüminiň içine tarap aralaşýarlar.

Diffuzion geçişlikde tekizligiň üstüne çäýýlýän garyndy göwrümiň çyňlugyna aralaşdygyça onuň konsentrasiýasy azalýar, şonuň üçin-de emitterli gatlagy birjynssyz bolup, **p-n** geçelgede toguň endigan akymyny döredýär.

Üsti nokatly diodlary taýýarlanlarynda **n** – tipli ýarymgeçirijiniň tekizliginiň üstünden uýy ýiti metaldan ýasalan temen (iňňe) bilen sanjylyp gysdyrylýar. Iňňe bilen sanjylandan soň, şol ýarymgeçirijiniň üstüne seplesýän ýerinde göneldişe ukyplylyk hadysasy döreýär. Şonuň üçin-de bu zyýanly göneldiş hadysany azaltmak (mümkingadar ýok etmek) maksady bilen kontaktlary **elektrik formowka** bilen gowulandyryýarlar. **Elektrik-formowka** üsti nokatly kontaktyň üstünden örän kuwwatly toguň impulsyny bermekdir.

Şeýlelikde, üsti nokatly kontaktjagaz güýçli toguň zarbyna çydaman gyzarýar we iňňäniň uýy ýarymgeçirijiniň içinde ereýär we berkeýär.

Garyndylaryň diffuziýalanmaklary netijesinde üsti nokatly kontaktjagazyň töwereginde beýle bir uly bolmadyk deşikli geçirijilik emele gelýär.

Üsti nokatly diodlarda nokatlanşyň tutýan meýdany örän kiçiligi sebäpli **p-n** geçelgesinde emele gelýän sygym hem örän kiçidir. Şonuň üçin-de bu diodlar ýokary we aşýokary ýygýlyklarda (AÝÝ) işlemäge ukyplydyrlar.

### **Diodlaryň toparlara bölünişleri.**

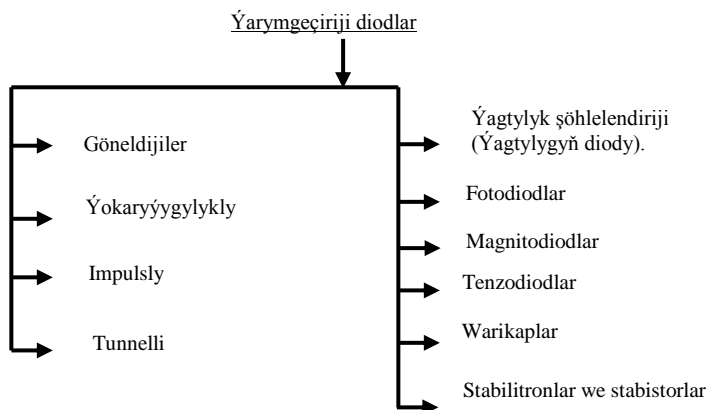
Ýarymgeçiriji diodlar özleriniň tehnikada ulanyljak ýerlerine niýetlenilip şu aşakdaky toparlara bölünýärler :

**Göneldiji diodlar** – diýlip, ýygýlygy (50,...1000 Gs) aralykda üýtgeýän togy hemişelik toguna öwürmek üçin ulanylýan diodlara aýdylýar.



**Ýokary ýygýlykly diodlar** – diýlip, ýokary ýygýlykly toklary detektirmek (göneltmek), modulirlmek we aşa ýokary ýygýlykly signallary özgertmek üçin ulanylýan diodlara aýdylýar.

**Impulsly diodlar** – diýlip, geçiş prosesiniň dowamlylygy kiçiräk bolup, tehnikanyň impulsly düzgüninde işleýän abzallar üçin niýetlenilen diodlara aýdylýar.



**Tunnelli diodlar** – diýlip, tunnelli effekti sebäpli Wolt-Amper baglansygynyň göni ösýän ugrunda minus alamatly differensial geçirijiligiň (ýa-da garşylygyň) emele gelýänligi üçin aýdylýar. Tunnelli diodlary **shemaly-generatorlarda**, güýçlendirijilerde we aşa ýokary ýygýlykda (AÝÝ) işleýän ikiýanlaýyn açar hökmünde-de ulanylýar.

**Ýagtylyk şöhlelendiriji diodlar** – diýlip, elektronlar bilen deşikleriň rekombinasiýalaşmalary netijesinde berilýän elektrik energiýasynyň ýagtylyk energiýasyna öwürülmegi bolup geçýänligi üçin aýdylýarlar. Bu diodlar tehnikada we durmuşda informasiýalary (habar beriş serişdeleri) wizual görnüşde peýdalanmak üçin niýetlenilendir (**wizual** – latyn sözi –görünýän diýmekdir).

**Fotodiodlar** – diýlip, fotogalwaniki efektleri peýdalanyp, ýagtylygyň akymalarynyň özgerişini (üýtgeýşini)

anyklamak üçin ulanylýan diodlara aýdylýar. Bu diodlar awtomatlaşdyrylýan tehnikalarda giňden ulanylýar.

**Magnitodiodlar** – diýlip, berilen magnit meýdanynda diodyň garşylygy üýtgäp, magnit ululyklaryny elektrik ululyklaryna özgertmek üçin niýetlenilen diodlara aýdylýar.

**Tenzodiodlar** – diýlip, mehaniki deformasiýalary elektrik ululygyna öwüriji diodlara aýdylýar.

**Warikaplar** - diýlip, **p-n** geçelgede sygymy ters naprýaženiýe bilen baglanşykda üýtgeýän diodlara aýdylýar. Bu diodlar sygym bilen dolandyrylýan shemalarda bir sygym element hökmünde giňden ulanylýar.

**Stabilitronlar** – ters naprýaženiýede döreýän elektrik böwsüşinden soň, naprýaženiýe toga juda az bagly bolup, belli bir bahada saklanýar. Şonuň üçin-de, stabilitronlar naprýaženiýeni durnukly (stabill) saklamak üçin tehnikada giňden ulanylýar.

**Stabistorlar** – bu diodlar 1 woltdan kiçi naprýaženiýeni hemişelik ululykda saklamak üçin ulanylýar. Toguň göni naprýaženiýeden baglylygy örän gowşak.

Elektrik shemalarynda ulanylýan ýarymgeçirijileriň şertli grafiki belgilenişleri.



- Göneldiji diodlaryň umumy görnüşde şertli belgilenişi



- Stabilitron



- Warikap diody



- Tunnell diody



- Şotkiniň diody



- Fotodiod



- Ýagtylygy şöhlelendirýän diod (optodid)



- Magnitodiod

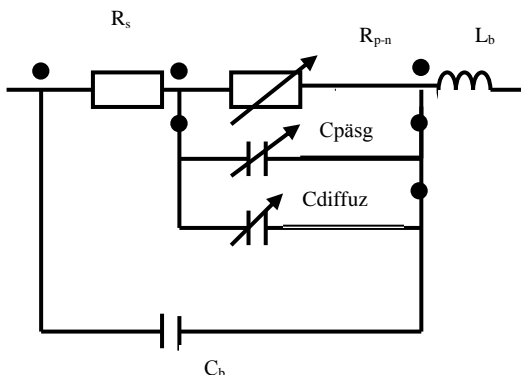


- Öwrülišikli diod



- Ikitaraplaýyn diod

## Ýarymgeçiriji diodyň ekwiwalent shemasy.



$C_{päs}$  – Päsgeçiligiň (barýeriň) sygymy

$C_{diffuz}$  – Diffuziýanyň sygymy

$C_b$  – Çykalgadaky gysgyçlaryň arasyndaky sygym

$L_b$  – Çykalgalaryň içki we daşky induktiwlikleri

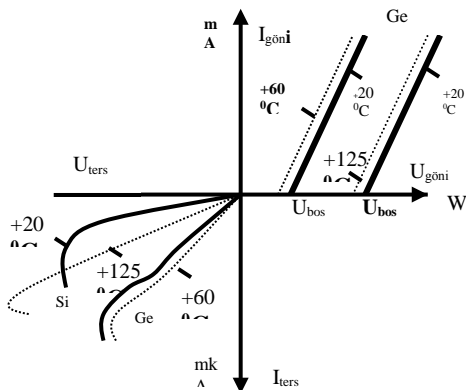
$R_s$  – Ýarymgeçirijiniň we onuň çykalga simleriniň umumy garşylygy

$R_{p-n}$  – Üýtgäp durýan **p-n** geçelgäniň garşylygy

## Diodlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary.

**Göneldiji diodlar** – Göneldiji diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy diýlip, dioddan akyp geçýän toguň we oňa berilen naprýaženiýeniň polýarlaryna görä baglansygyna aýdylýar.

Tejribe arkaly derňelen diodlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalaryny gurup, diodyň nähili dioddygyny, onuň **p-n** geçelgesiniň giňligi bosogadaky  $U_{bosoga}$  - naprýaženiýe bilen kesgitlenilýär.



1.12-nji çyzgy. Germaniý (Ge) bilen Kremniýden (Si) ýasalan diodlaryň dürli temperaturada ölçelip gurulan Wolt-Amper häsiýetnamalary. **Ge** – üçin ; $U_{bos} = 0,3 \div 0,5 \text{ W}$  ; **Si** – üçin ; $U_{bos}=0,6 \div 0,8 \text{ W}$

Real diodyň baglanşygy hiç wagt koordinatanyň merkezinden başlanmaýar. Meselem, real diodyň togy naprýaženiýeniň birnäçe bahasyndan soň akyp başlaýar (1.12-nji çyzga seret).

Diodyň açylmagy üçin gerek bolan naprýaženiýä diodyň **bosagasyndaky** naprýaženiýesi diýilýär. Bosaga naprýaženiýesi 1 woltuň ondan bir bölegi we ondan-da köp bolup biler. Kremniýden ýasalan diodlaryň bosaga naprýaženiýesi Germaniýden ýasalan diodlaryň bosaga naprýaženiýesinden uludyr. Temperaturanyň ösmegi bilen  $U_{bos}$  kiçelýär.

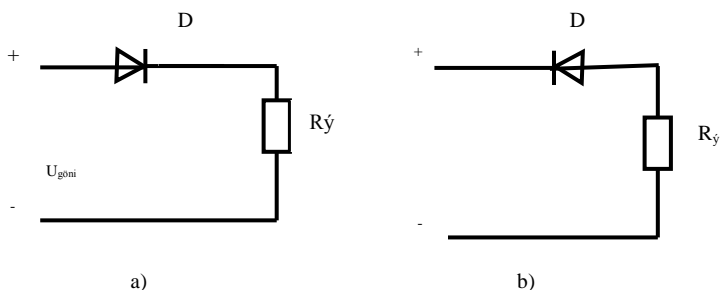
Kremniýniň häsiýetnamasynyň temperatura baglylykda çepesä-da saga süýşmegi Germaniý bilen deňeşdirlende epesli kiçidir. Diýmek Kremniýden ýasalan diodlar temperatura has çydamlydyr.

Germaniýden ýasalan diodlarda döreyän  $I_{ters}$  – tok , esasan-da temperaturanyň täsirinden döreyän tok bilen

kesgitlenýär. Şonuň üçin-de temperatura ýokary galdygyça  $I_{ters}$  – tok örän çalt ösýär,  $U_{ters}$  – naprýaženiýeden bolsa az bagly bolýar.

Kremniýden ýasalan diodlarda bolsa tersine, temperaturanyň täsirinden döreýän toguň ujypsyzlygy sebäpli kremniý diodlarda  $I_{ters}$  – tok diňe **isrip** (ýtgi) tok bilen kesgitlenilýär.

Kremniý diodlarda isrip tok  $U_{ters}$  – naprýaženiýeden bagly bolup, temperaturadan bagly däl diýse-de ýalňys bolmaz. 1.13-nji çyzgyda diodlaryň shemalarda bolup biläýjek iki ýagdaýy görkezildi.



1.13-nji çyzgy. Göneldiji ýarymgeçiriji diodlaryň göni –  
a) ters - b) birleşdirliş shemalary.

Göneldiji diodlaryň esasy parametrleri diýlip, şu aşakdaky parametrlere düşünilýär.

$I_{göni,ort}$  [ $I_F(AV)$ ] – Göni toguň ortaça bahasy (ýaýyçinde halkara belgileniş);

$U_{göni}$  [ $U_F$ ] – Diodyň gönelden hemişelik naprýaženiýesiniň täsir bahasy ;

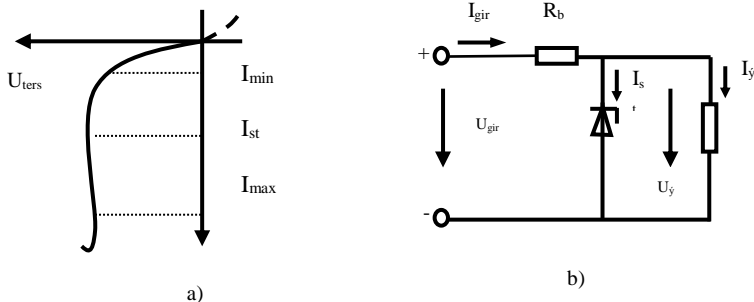
$U_{ters}$  [ $U_R$ ] – Diodyň ters naprýaženiýesiniň täsir bahasy;

$U_{göni,ort}$  [ $U_F(AV)$ ] – Göni naprýaženiýeniň ortaça bahasy;

$I_{ters}$  [ $I_R$ ] – Ters toguň täsir bahasy ;

$P_{ort}$  [ $P$ ] – Ýitirilýän kuwwatyň ortaça bahasy.

**Stabilitronlar.** Ýüke gelýän naprýaženiýeni stabill (sarsdyrman) saklamak üçin niýetlenilen dioddyr. 1.14-nji çyzgyda stabilitronyň Wolt-Amper häsiýetnamasy a) shemalara birleşdirlişi görkezildi.



1.14-nji çyzgy. a) Stabilitronyň Wolt-Amper häsiýetnamasy  
b) Shemalara birleşdirlişi.

Stabilitronyň iş düzgüni **p-n** geçelgäniň häsiýetinden peýdanylmagyna esaslanýar.

Elektronlaryň böwsüşinde (çüwdüriminde)  **$I_{\text{ters}}$**  – tok giň aralykda üýtgände-de onuň egnine düşýän naprýaženiýe üýtgemän **stabill** ýagdaýda saklanýar.

Shemalarda stabilitronyň diňe ters Wolt –Amper häsiýetnamasy ulanylýar (1,14-nji **a** çyzga seret).

Stabilitronyň shemalarda birleşdirlişi 1,14-nji **b** çyzgyda görkezildi.

Shemada:  **$U_{\text{gir}}$** ;  **$U_{\text{çyk}}$**  - girelgedäki we çykalgadaky naprýaženiýeler;

**$I_y$** ;  **$R_y$**  - elektrik ýüküniň togy we garşylygy;

**$U_{\text{st}}$** ;  **$I_{\text{st}}$**  - stabilitrondaky tok we naprýaženiýe;

**$I_{\text{gir}}$**  - girelgedäki tok;

**$R_b$**  - ballast(söndüriji) garşylyk.

Shema üçin Kirhgofyň kanunlary:

$$I_{gir} = I_{st} + I_{\dot{Y}}$$

$$U_{gir} = R_b I_{gir} + U_{st}$$

Elektrik yüküň  $R_{\dot{Y}}$  - garşylygy üýtgedilmän saklananda girelgedäki  $U_{gir}$  - naprýaženiýeniň san bahasyny ösdürsek zynjyrdaky  $R_b$  - garşylykdan we stabilitrondan akýan toklar köpeliýärler.

Naprýaženiýe  $U_{\dot{Y}} = U_{st}$  - hemişelik ululyklarynda saklanýarlar, emma girelgede emele gelen artykmaç  $U_{gir}$  - naprýaženiýe  $R_b$  - garşylyga sinýär.

Eger-de, girelgedäki  $\Delta U_{gir}$  - naprýaženiýe hemişeligine saklanyp, elektrik yüküniň  $R_{\dot{Y}}$  - garşylygy üýtgeşe, onda  $R_b$  - garşylykdan akýan tok üýtgemän galýar. Şeýlelikde, stabilitron bilen elektrik yüküniň özaralarynda  $I_{gir}$  - toguň bölünişmegi bolyp geçýär. Ýükdäki we stabilitrondaky  $U_{\dot{Y}} = U_{st}$  naprýaženýeler özara deň bolup, üýtgemän hemişeliginde saklanýarlar.

Göni naprýaženiýeniň tokdan azajyk baglanşykly ýerlerinde wolt-ampere baglanşygyň işewür bölegini durnukly peýdalanmak üçin şol bölege degişli naprýaženiýeni stabil saklamak maksady bilen ýörite diodlar ulanylýar.

Bu diodlara **stabistor** diýilýär.

**Stabilitronyň** esasy parametrleri:

$U_{st}[U_z]$  – stabilirlenen naprýaženiýe (Ýaý içinde halkara belgilenişi görkezildi);

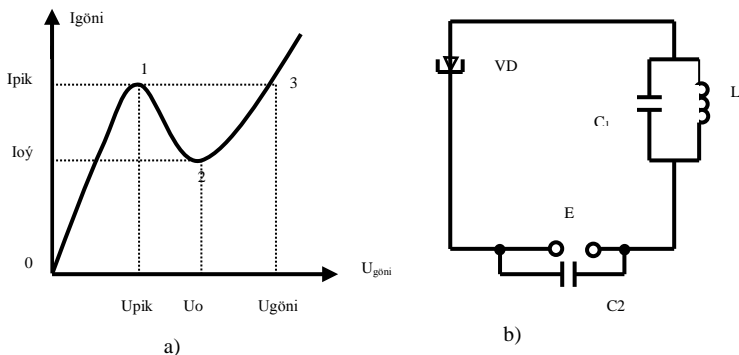
$I_{st}[I_{max}]$  - stabilirlenen tok;

$I_{st,max}[I_{z,max}]$  – stabilirlenen toguň in uly bahasy ;

$I_{st,min}[I_{z,min}]$  – stabilirlenen toguň in kiçi bahasy ;

$R_{st}[R_z]$  – stabilitronyň differensial garşylygy.

**Tunnelli diod.** 1.15-nji çyzgyda tunnelli diodyň Wolt-Amper baglanşygy we shemalara birleşdirilişi görkezildi.



1.15-nji çyzgy. a) Tunnelli diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy ;  
b) Shemaly generatorda tunnelli diodyň birleşdirlişi

Tunnelli diodyň Wolt-Amper baglanşygynda aşak düşýän bölegi (1-2 aralyk) ýörite öwrenilmäge mynasypdyr, sebäbi bu aralykda minus alamatly differensial garşylyk döreýär. Şonuň üçin-de tunnelli diodlaryndan islendik yrgyldyly generatorlary we güýçlendirijileri gurnap bolýar.

Häsiýetnamada görkezilen 1-nji nokatda tok özüniň maksimum bahasyna ýetýär, şonuň üçin-de bu nokatdaky toga **pik** – tok diýilýär we  $I_{pik}$  – görnüşde belgilenýär. 2-nji nokatda bolsa tok özüniň minimum bahasyna düşýär. Şonuň üçin-de bu nokatdaky toga **oýdaky** tok diýilýär we  $I_{oý}$  – görnüşde belgilenýär. Aşaklygyna ýykylýan 1-2 aralyk baglanşygyň minus alamatly differensial garşylygyny kesgitleýär.

$$R_{dif} = \frac{\Delta U_{göni}}{\Delta I_{göni}} < 0$$

Sebäbi, göni naprýaženiýeniň ösmegi bilen 1-2 aralykda toguň bahasy peselýär, 2-nji nokatda tunnelli effekt ýitýär, sebäbi **p** we **n** böleklerdäki gadagan zonalaryň derejeleri deňleşýärler we bir bitewi akyma öwrülýärler. Ikinji nokatdan soň göni naprýaženiýeni ulaldanyň bilen tok hem özüniň göni ösmegini dowan edýär. Bu ösüş esasy zarýadlary



äkidijileriň diffuzirlenmegi bilen düşündirilýär, sebäbi 2-3 aralykda päsgelçiligiň potensialy azalýandygy üçin özüni adaty diod ýaly alyp barýar.

Tunnell diodlarynyň esasy parametrleri diýlip, şu aşakdaky ululyklara düşünilýär :

$I_{pik}$  – pik togy ;  $U_{pik}$  – naprýaženiýesi-pik toguna gabat gelmeli ;

$I_{oý}$  – oýdaky tok ;  $U_{oý}$  – oýdaky naprýaženiýesi-oýdaky toga gabat gelmeli;  $U_{göni}$  – göni naprýaženiýe (hakyky bolmaly naprýaženiýeden uly) ;  $I_{göni}$  – şahadaky göni we hemişelik tok (girelgede) ;  $U_{göni.mah}$  – girelgedäki şahada göni we hemişelik naprýaženiýe ;  $I_{ters.mah}$  – ters toguň maksimal çägi.

Tunnelli diodlary Germaniýden we Arsenid Galliýden taýýarlaýarlar. Germaniýden ýasalan tunnelli diod üçin

$$I_{pik} = 4 \div 6 \frac{U_{pik}}{I_{oý}} = 40 \div 100 mW$$

$$U_{oý} = 300 \div 450 mW$$

Arsenid Galliý üçin

$$\frac{I_{pik}}{I_{oý}} = 10 \text{ we ondan-da ýokary}$$

$$U_{pik} = 100 \div 150 mW$$

$$U_{oý} = 400 \div 450 mW$$

Tunnelli diodlarda inžeksiýa hadysasynyň örän kiçiligi sebäpli, bu diodlaryň inersionlyklary-da ujypsyzdyr (ýagny, ýok diýen ýalydyr). Şonuň üçin-de tunnelli diodlar shemalary açyp-ýapmak üçin, shemalarda güýçlendiriji hökmünde-de, yrgyldylaryň generatorlary, has hem aşa ýokary yrgyldyly

generatorlary döretmek üçin-de praktikada örän giňden ulanylýar.

Shemalarda tunnelli diodlaryň örän şowly ulanylýandygynyň esasy bir sebäbi-minus alamatly differensial garşylygyň kömegi bilen yrgyldyly konturdaky ýitginiň öwezi doldurylýar we sönmeýän yrgyldylary alyp bolýar.

Tunnelli diodlardaky effektlere esaslanyp gurnalan yrgyldyly generatoryň in ýönekeý shemasy 1.15-nji b çyzgyda görkezildi.

### **Ortaça kuwwatly diodlaryň harplar bilen şertli belgileniş (markirowkasy).**

Kuwwaty kiçi diodlaryň şertli belgilenişleri ýyllaryň geçmegi bilen birnäçe gezek üýtgeýişe sezewar boldy.

Häzirki zaman diodlarynyň şertli belgileri **OST–11.336.919-81** laýyklykda baş element bilen şertli belgilenip şu günler hem güýjini ýitirmän gelýär. In soňky **OST-11336.919-81** – e görä şertli belgileriň düşündürlişini özleşdireliň :

**Birinji element** – harp ýa-da san bilen belgilenip ýarymgeçiriji abzalyň haýsy materialdan ýasalandygyny aňladýar.

1 ýa-da G – Germaniý ýa-da germaniý garyndyly ;

2 ýa-da K – Kremniý ýa-da kremniý garyndyly ;

3 ýa-da A – Galliý garyndyly ;

4 ýa-da I – Indiýa garyndyly.

**Ikinji element** – harp, abzalyň haýsy topara (klasa) degişlidigini aňladýar. Д – göneldiji diod, impulsly diod, özgerdiji diodlar (magnitodiodlar, termo, fotodiodlar we ş.m.), - göneldiji – sütünli we bloklar ; B – warikaplar;

И – tunnelli diodlar ; A – ýokary ýyglylykda işleýän diodlar ; Ж – toguň stabilitronlary, C – naprýaženiýe stabilitronlary (stabilitronlar, stabistorlar, naprýaženiýany çäklendiriji diodlar) ; A – şöhlenenýän optoelektronly abzallar.

**Üçünji element** – san, abzalyň iş prinsipini ýa-da näme üçin niýetlenilendigini aňladýar.

**Dördünji element** – iki sany san, 01-den 99-a çenli tertip nomeri, işlenip taýýarlanşyny aňladýar, üç sany san 101-den 999-a çenli. Şular ýaly belgiler abzallaryň tertip nomerleri 99-dan ýokary bolanda ulanylýar.

**Bäşinji element** – harp (A,Б,B we başgalar) abzalyň klassifikasiýasyny aňladýar.

**Goşmaça elementler** – C – harpy (üçinji elementden soň) biratly abzallaryň korpusyny aňladýar.

Eger-de başinji elementden soň **defis** (çyzyk) bilen ýazylsa korpusyz abzaldygyny aňladýar. **P ; T ; Г ; К ; Н** – harplar başinji elementden soň ýazylýar – abzallary seçip almagyň hilini aňladýar.

Şertli belgilenşe bir mysal : ГД-107Б – Germaniýden ýasalan göneldiji diod, kiçi kuwwatly, işlenip ýasalan nomeri 07, topary Б.

### **Tranzistorlar. Ikipolýarly tranzistorlar we olaryň çyzgyda birleşdirilişi. Tranzistorlaryň stubiki häsiýetnamalary.**

**Kesgitlemesi** : Tranzistorlar ýarymgeçirijilerden gurnalan abzal bolup, elektrik zynjyrlarynda elektrik yrgyldylaryny güýçlendirmek we generirlemek üçin ulanylýar.

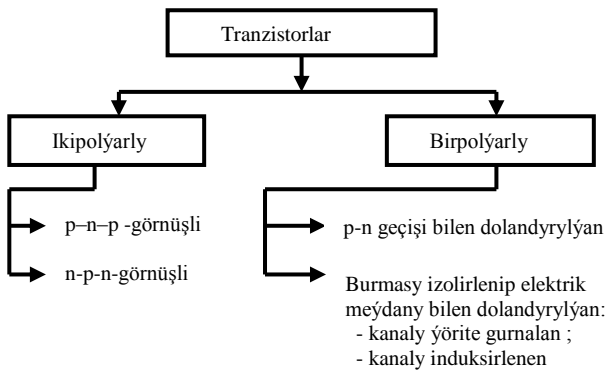
**Tranzistor** [İňlis sözi – **tran (sfor)** – üstünden geçirýän (**re**) **zistor** – garşylyk] sözlerden döräpdir.

**Tranzistorlaryň görnüşleri.** Islendik tranzistor ýarymgeçirijilerden ýygnaýar we olary görnüşleri boýunça iki topara bölýärler :

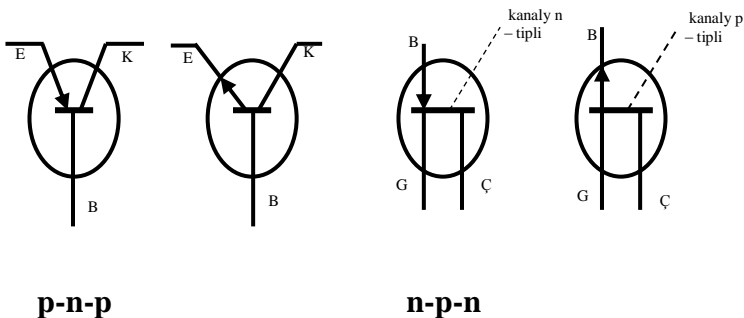
1) Ikipolýarly (**bi**-polýarly) tranzistorlar ;

2) Birpolýarly (**uni**-polýarly) tranzistorlar.

Ikipolýarly tranzistorlarda elektron (**n**) we deşik (**p**) görnüşli togy äkidijileriň ikisi-de deňgüçli ulanylýarlar. Emma, birpolýarly tranzistorlarda welin haýsy-da bolsa **bir** görnüşli geçirijiler ( **n-elektron** ýa-da **p-deşik**) ulanylýar.



### Shemalarda belgilenişi



Elektrik meýdany bilen ilkipolýarly tranzistorlar

Dolandyrylýan **p-n** geçişli tranzistorlar

E – emitter

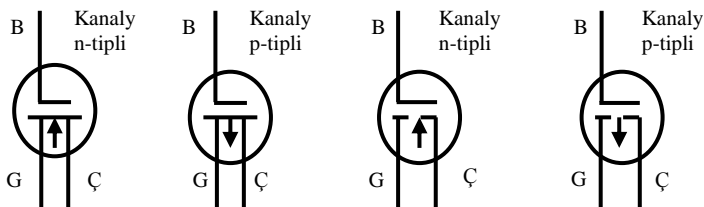
G – girelgesi ;

K – kollektor

Ç – çykalgasy ;

B – baza

B – burmasy.



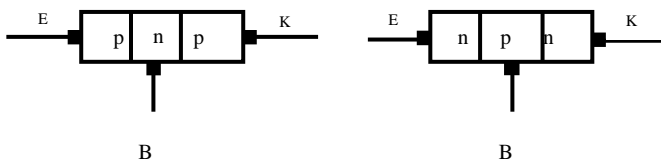
Burmasy izolirlenen  
tranzistoryň içinde gurnalan  
ýörite kanally (Elektrik meý-  
dany bilen dolandyrylýan)

Burmasy izolirlenen  
tranzistoryň içinde gurnalan  
ýörite kanaly induksirlenen  
(Elektrik meýdany bilen  
dolandyrylýan).

## **Ikipolýarly tranzistorlar, olaryň gurluşy we shemalara birleşdirilişi.**

**Kesgitlemesi** : Ikipolýarly tranzistorlaryň üç sany çykalgasy (elektrody) bolup, iki sany **p-n** geçişli ýarymgeçirijilerden gurnalan abzaldyr. Ikipolýarly tranzistorlaryň güýçlendiriş ukyby inžeksiýa (çüwdüriliş) hadysasyna hem-de toguň bazadan akdyrlyşyna ýagny ekstrasiýasyna baglydyr (Ekstrasiýa-Latyn sözi-daşyndan täsir edilişine bagly diýmekdir).

**Tranzistoryň gurluşy** – Ikipolýarly tranzistorlar üç gatladan gurnalyp elektrik geçirijilikleri **p-n-p** ýa-da **n-p-n** görnüşli yzygiderlikde seplenýärler (1.16-njy çyzga seret).



1.16-njy çygy. Ikipolýarly tranzistoryň  
gyrluşynyň şertli düşündirlişi.

Tranzistorlaryň **p** we **n** görnüşleriniň giňişliklerinde **p-n** geçiş döreýär.

Togy döredijileriň köp bölegi tranzistoryň bir tarapyna (çyzgyda çep tarapyna), az bölegi tranzistoryň ortasynda galýar.

Togy döredijileriň has köp toplanyp ugradylýan ýerine (daşky bölegine) emitter diýilýär we **E** – harpy bilen belgilenýär, daşky bölegiň beýleki ýarysyna bolsa kollektor diýilýär we **K** – harpy bilen belgilenýär. Tranzistoryň içki bölegine baza diýilýär we **B** – harpy bilen belgilenýär.

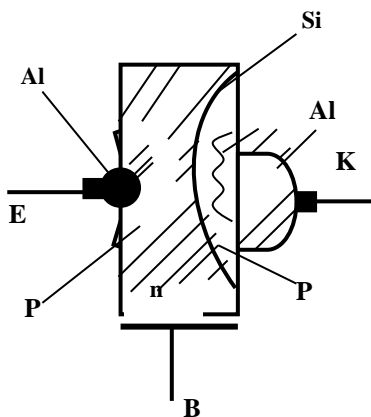
Emitter bilen baza aralygyndaky elektron-deşik (**p-n**) geçişe emitterli geçiş, kollektor bilen baza aralykdaky (**p-n**) geçişe bolsa kollektorly geçiş diýilýär.

Togy döredijileriň şular ýaly toplanmagy (konsentrasiýasy) bazanyň garşylygynyň ýokary omly , kollektoryň garşylygynyň pes omly, emitteriň bolsa has kiçi omly bolmagyna getirýär.

Bazanyň galyňlygy juda ýukadyr ýagny birnäçe mikrona deňdir.

Kollektorly geçişin tutýan meýdany emitteriň geçiş meýdanyndan birnäçe esse uludyr.

Tranzistoryň esasy massasy hökmünde Kremniý (**Si**) elementiniň ýa-da Germaniý (**Ge**) elementiniň kristalyndan ýasalyp iki sany **p-n** geçişli tekiz üst bilen üpjün edilýär. Şular ýaly tekiz üstli **p-n-p** görnüşli eredilip guýulan kristalyň gurluşy 1.17-nji çyzgyda görkezildi.

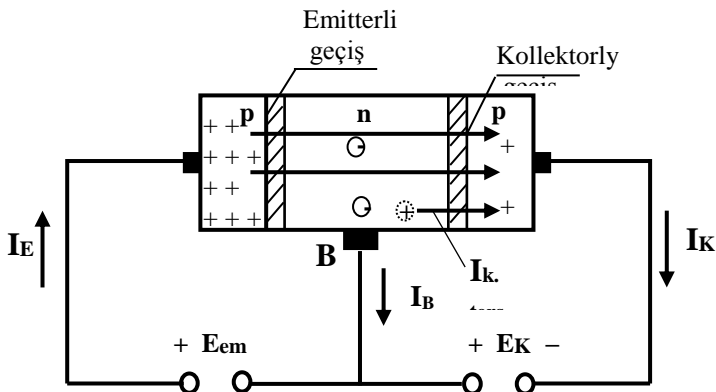


Tranzistoryň taýýarlanylş tehnologiýasy şu aşakdaky ýaly tertipdedir. Mysal üçin, **n**-tipli ýarymgeçirijiniň bazasy donor garyndysy az bolan plastinkany taýýarlaýarlar. Soňra, bazanyň iki tarapyndan akseptor garyndyly ergin damdyrylýar. Germaniý üçin-Indiý elementi; Kremniý üçin – Alýuminiý elementi. Gyzgyn peçlerde termiki çydamlylygy barlananda kristalyň (**B-bazanyň**) içine ergin siňýär, netijede **p**-gatlak döreýär.

1.17-nji çyzgy. Eredilip kebşirlenen tranzistoryň gurluşy.

Şular ýaly tehnologiki proseslerden soň **p**-niň meýdançasyny bilen **n**-niň meýdançasynyň aralarynda **p-n** geçişler emele gelýär.

**Tranzistoryň işledilişi**. Iki polýarly tranzistorlar işlände togy döredijileriniň ikisinden-de (elektronlardan we deşiklerden) bagly bolýarlar. Şonuň üçin-de iki polýarly tranzistor diýilýär. 1.18-nji çyzgyda tranzistoryň birleşdirilişi görkezildi. Çyzgyda görkezilişi ýaly, emitterli **p-n** geçişe  $U_{göni}$  – naprýaženiýe, kollektorly **p-n** geçişe bolsa  $U_{ters}$  – naprýaženiýe berilýär.  $U_{göni}$  – naprýaženiýeniň ýok wagty kollektorly geçişden örän az  $I_{ters}$  – tok geçýär. Bu tok örän ujypsyzdyr.



1.18-nji çyzgy. Tranzistoryň işledilişi.

Eger-de elektrik çeşmesinden emitterli geçişe  $U_{göni}$  – naprýaženiýe berilse onda  $E_{emit}$  – çeşmäniň täsiri netijesinde tranzistoryň emitterinden bazasyna tarap inžeksiýa (togy döredijileriň çüwdürimi) bolup geçýär. Muňa garamazdan, inžeksiýa togy esasy tok hasap edilmeýär.

Tranzistoryň **p-n-p** görnüşlerinde esasy togy döredijiler hökmünde deşikler çykyş edýärler. Inžeksiýanyň netijesinde emitterli **p-n** geçişden  $I_E$  – emitter togy döreýär. Baza tarap geçýän deşikler emitterli geçişiň golaýynda ummasyz konsentrasiýany (üýşmegi) emele getirýänligi üçin bazada diffuziýa (deşikleriň siňip gitmegi) döreýär. Bazanyň galyňlygynyň örän ýukalygy sebäpli, deşikli geçirijileriň (diffuziýa wagty) kollektorly **p-n** geçişiniň golaýynda zaryadlaryň üýşmekligi bolup geçýär. Olaryň birnäçesi bazadaky elektronlar bilen kompensirlenmäge ýetişmän elektrik meýdanyň täsirinden tizlenip kollektora tarap çekilýärler. Şeýlelikde,  $U_{ters}$  – naprýaženiýeniň täsirinden deşikli geçirijileriň tutulmaklary (ekstrasiýasy) bolup geçýär. Ekstrasiýa wagty deşikleriň bazadan kollektora tarap hereketinden  $I_K$  – kollektor toguny döredýär. Emitterden



baza tarap çüwdürilen (inžektirlenen) deşikleriň az-bölegi bazadaky elektronlar bilen kompensirlense-de olaryň öwezini (ýerini) daşky  $E_{em}$ - çeşmäniň üsti bilen doldurylyp durulýar. Şonuň netijesinde bazadan hem  $I_B$  – tok akyp başlaýar.

Bazanyň örän ýukalygy hem-de esasy togy döredijileriň toplanmagynyň (üýşmeginiň) azlygy sebäpli bazadaky  $I_B$  – tok örän ujypsyzdyr.

Şular ýaly şertlerde bazadaky  $I_B$  – togy kesgitleýjiler (kompensirlenen deşikleriň mukdary beýle bir uly däldir).

Kollektoryň toguny emitteriň togy bilen dolandyrylýar. Eger-de emitteriň toguny ulaltsak, onda kollektordaky tok göni baglanşykda ösýär.

Emitter tarapdaky p-n geçişde  $U_{göni}$  – naprýaženiýeniň sähelçe üýtgemegi emitter togunyň san bahasy giň aralykda üýtgäp bilmegi praktiki tarapdan gyzyklydyr.

Ýokarda aýdylanlardan şeýle netijä gelýäris :

**Tranzistor** – dolandyryp bolýan abzal hasap edilýär, onda emitterden – kollektora tarap bazanyň üsti bilen ugrukdyrylan zarýadlary äkidijileriň hereketlerini emitterdäki togy üýtgetmek bilen amala aşyrylýar. Diýmek, ikipolýarly (**bi** – polýarly) tranzistorlar tok bilen dolandyrylýar.

Emitterli **p-n** geçişniň  $U_{göni}$  - naprýaženiýesini sähelçe üýtgedeniňde, emitterdäki  $I_{göni}$  - tok (**p-n** geçişde) ummasyz üýtgeýär, netijede bu  $I_{göni}$  – toguň üýtgemegi kollektordaky toguň has güýçlenmegine getirýär.

Şeýlelikde, ikipolýarly tranzistoryň güýçlendiriji abzal hökmünde işledilmegi ýokardaky düşündirilişlere esaslanýar.

Tranzistordaky toklar Kirhgofyň birinji düzgünine (kanunyňa) boýun egýär.

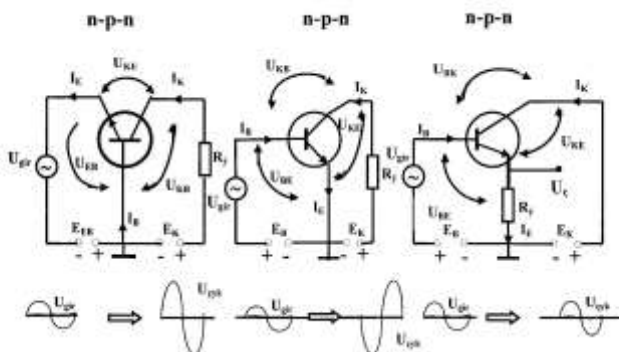
$$I_E = I_K + I_B$$

Kollektordaky  $I_K$  toguň emitterdäki  $I_E$  toga bolan gatnaşyga  $I_K / I_E = \alpha$  tranzistoryň tok boýunça emitteriň üstünden geçiriş statiki koeffisiýenti diýilýär.

## Ikipolyarly tranzistorlaryň shemalara birleşdirlişi.

Elektrik zynjyrlarynyň girelgesine we çykalgasyna görä tranzistoryň üç elektrodynyň **biri** – girelgesi, **ikinjisi** – çykalgasy, **üçünjisi** bolsa zynjyra görä umumy ýagdaýy eýeleýär.

Tranzistoryň haýsy elektrodynyň umumylygyna baglylykda shemalarda üç görnüşli birleşmelere düş gelinýär: 1) Umumy bazaly **U B** ; 2) Umumy emitterli **U E** ; 3) Umumy kollektorly **U K** . Bu görnüşleriň shemalary 1.19-njy çyzgyda görkezildi.



1.19-njy çyzgy. **n-p-n** görnüşli tranzistorlaryň shema birleşmeleri.

### Umumy bazaly (UB) shemanyň häsiýetleri :

1. Örän uly **R<sub>gir</sub>** we örän uly **R<sub>çyk</sub>** – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Fazalary üýtgemezden signalyň güýçlenmegi bolup geçýär.
3. Umumy bazaly (UB) shemada güýçlenmek naprýaženiýe we kuwwat boýunça bolup geçýär. Tok boýunça güýçlenmeýär, sebäbi **R<sub>gir</sub>** – we **R<sub>çyk</sub>** - garşylyklaryň san bahalary juda uludyrlar. Şonuň üçin-de :

$$\alpha = \frac{I_{yy}}{I_{gir}} = \frac{I_K}{I_B} = 0,95 \div 0,99 \text{ (güýçleniş ýok)}$$

### Umumy emitterli (UE) shemanyň häsiýetleri :

1. Örän kiçi  $R_{gir}$  - we örän uly  $R_{çyk}$  – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Signallaryň güýçlenmegi fazalarynyň  $180^0$  – üýtgemekleri esasynda bolup geçýär.
3. Umumy emitterli (UE) shemada güýçlenmek tok, kuwwat, naprýaženiýe boýunça bolup geçýär.
4. Umumy emitterli (UE) shema in köp ýaýran shemadyr sebäbi .

$$\beta = \frac{I_{yy}}{I_{gir}} = \frac{I_K}{I_B} = 20 \div 200 \text{ (güýçleniş bar)}$$

### **Umumy kollektorly (UK) shemanyň häsiýetleri :**

1. Örän uly  $R_{gir}$  we örän kiçi  $R_{çyk}$  – garşylyklary bilen tapawutlanýar.
2. Fazalary üýtgemezden signalyň güýçlenmegi bolup geçýär.
3. Shemada tok bilen kuwwatyň güýçlenmegi bolup, naprýaženiýe boýunça güýçleniş bolmaýar ( $K_u < 1$ ).
4. Bu shema emitteriň gaýtalaýjysy hem diýilýär (iki sany elektron gurnamany sazlaşdyryjy).
5. Elektronly shemalarda UK – shemaly tranzistorlar shemalaryň garşylyklaryny özara sazlaşdyryjy hökmünde giňden ulanylýar.

$$\gamma = \frac{I_{yy}}{I_{gir}} = \frac{I_E}{I_B} = 20 \div 200 \text{ (güýçleniş bar)}$$

### **Birpolýarly tranzistorlar. Birpolýarly tranzistorlaryň shemalarda çatylyşy we olaryň häsiýetnamalary.**

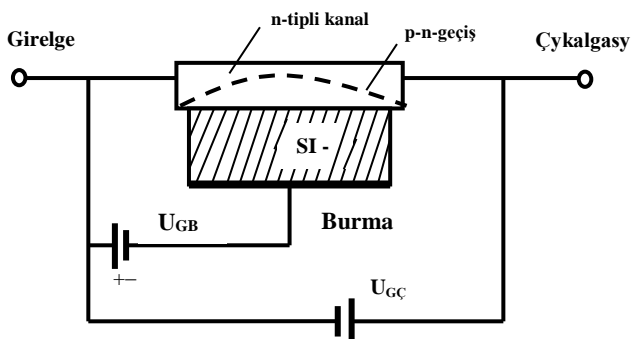
**Kesgitlemesi.** Birpolýarly (unipolýar) tranzistorlar diýlip, esasy togy döredijileriň akymyny elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan, ýarymgeçirijilerden ýasalan abzallara aýdylýar. (Eger-de, **ikipolýarly** tranzistorlarda esasy zarýady döredijiler **elektronlar** bilen **deşikler** bolsa, onda **birpolýarly**

tranzistorlarda esasy zaryadyakidijiler ýa **deşiklerdir** ýa-da **elektronlardyr**.

**Gurluşy** boýunça birpolýarly tranzistorlar iki görnüşde taýýarlanylýarlar :

- a) Bir **p-n** geçişli tranzistorlar özüniň **p-n** geçişne elektrik meýdany bilen täsir edip dolandyrylýar (1.20-nji çyzga seret);
- b) Burmasy izolirlenen we ýörite kanally tranzistorlar (1.21 we 1.22-nji çyzgylara seret) :

### **p-n geçiş dolandyrylýan birpolýarly tranzistorlar.**



1.20-nji çyzgy. Ýarymgeçiriji kristalyň üstünde gurnalan ýörite kanally tranzistoryň shema görnüşde şekillendirlişi.

Çyzgyda  $U_{GB}$  – girelge (gözbaşy) bilen burma aralykdaky naprýaženiýe;  $U_{GC}$  – girelge (gözbaşy) bilen çykalga aralykdaky naprýaženiýe.

Girelge bilen çykalgany baglaşdyrýan  $U_{GC}$  – hemişelik naprýaženiýe çeşmesiniň (–) – **minusy** tranzistoryň girelgesine, (+) – plýusy bolsa çykalgasyna berilende, kanaldan akýan esasy zaryadlary akidijiler elektronlardyr. Bu elektronlar gözbaşydan çykalga tarap hereket edýärler.

Tranzistordaky toguň güýji  $U_{G\zeta}$  – çeşmäniň naprýaženiýesinden, ýörite gurnalan kanalyň elektrik garşylygyndan we tranzistoryň çykalgasyna birleşdirilýän daşky shemasyny düzýän elementleriň garşylyklaryndan baglydyr.

Eger-de tranzistoryň  $U_{G\zeta}$  – naprýaženiýesiniň polýusy üýtgedilse (plýus deregine minus, minus deregine plýus berilse) onda ters naprýaženiýe sebäpli **p-n** – geçişniň giňligini (ýagny elektrik geçirijiligini) geregiçe üýtgedip bolýar.

Tranzistoryň **p-n** geçelgesini giňeldip ýa-da daraldyp bolýanlygy üçin, kanaldaky zarýadlaryň akysyny-da üýtgedip bolýar. Diýmek, **p-n** geçişni we **kanalyň** elektrik garşylyklaryny (ýa-da geçirijiliklerini) dolandyryp bolýar.

Umuman, **p-n** geçişi tranzistoryň dolandyrylyşy wakuumly elektron çyralarynyň işledilişine örän meňzeşdir. Ýagny, tranzistoryň girelgesi – wakuumly çyranyň katodyny, çykalgasy – anodyny, burmasy – toruny ýadyňa salýar.

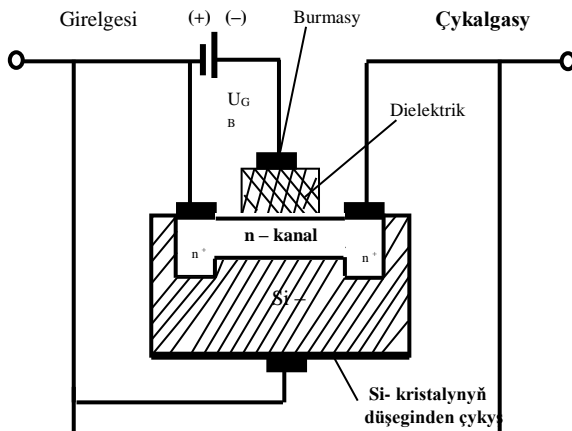
Tranzistoryň  $U_{GB}$  – naprýaženiýesiniň shemada görkezilen alamatlarynyň çalşyrylmagyna ýol berilmeli däl. Diýmek,  $U_{GB}$  – naprýaženiýe hemişe ters polýarly bolmalydyr.

Eger-de,  $U_{GB}$  – naprýaženiýe ters alamatly birikdirilse, onda tranzistoryň üstünden aşa köp tok akyp, onuň tizden-tiz hatardan çykmagyna sebäp bolýar.

Ýokarda seredilen **n** – kanally tranzistordan başga-da **p** – kanally tranzistorlar-da tehnikada giňden ulanylýarlar.

### **Burmasy izolirlenen we ýörite kanally gurnalan birpolýarly tranzistorlar.**

Burmasy izolirlenen birpolýarly (unipolýar) tranzistoryň shema görnüşde şekillendirlişi 1.21-nji çyzgyda görkezildi.



1.21-nji çyzgy. Ýarymgeçiriji kristalyň üstünde gurnalan, burmasy izolirlenen, ýörite kanally tranzistoryň shema görnüşde şekillendirlişi.

Metaldan ýasalan burma bilen **n – kanalyň** arasynda dielektrikden ýasalan ýukajyk gatlak ýerleşdirilýär, köplenç ýagdaýda iki okisli Kremniý (**SiO<sub>2</sub>**) elementden ýasalýär.

Kanalyň çep we sag tarapynda görkezilen **n<sup>+</sup>** - hapry, şol ýerde garyndynyň mukdary has köp diýen manyny aňladýar.

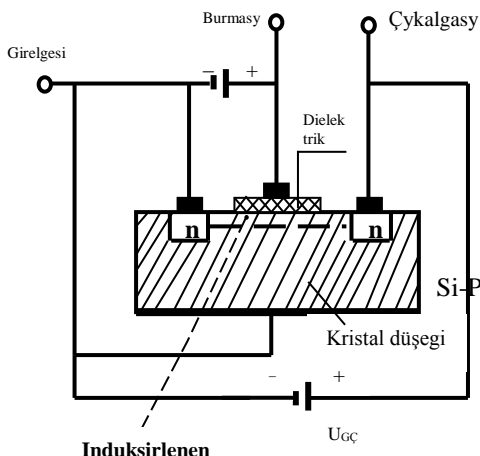
Seredilen tranzistorda **burmanyň** potensialy **girelgä** görä (+) – plýus polýarly bolanda işleýär (1.22-nji çyzga seret). Eger-de, tranzistoryň burmasyna (–) potensial berilse, onda kanaldaky elektronlaryň azalmagy bolup geçýär, diýmek kanalyň elektrik geçirijiligi-de peselýär (kanalda esasy zarýadlary äkidijileriň ýetmezçiligi duýulýar). Bu ýetmezçiligiň sebäbini kanaldaky zarýadlary äkidijileriň aglabasynyň kremniýden ýasalan kristall-düşege siňýänligi bilen düşündirilýär.

Eger-de, tranzistoryň burmasyna (+) potensial berilse, onda kanaldaky elektronlaryň köpelmegi bolup geçýär, diýmek kanalyň elektrik geçirijiligi-de artýar (kanalda esasy zarýadlary äkidijileriň artykmaçlygy duýulýar). Bu artykmaçlygyň

sebäbini kanaldaky zaryadlary äkidijleriniň juda köplügi bilen düşündirilýär ;

ç) Burmasy izolirlenen we kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistorlar.

Kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistoryň shema bilen şertli şekillendirilişi 1.22-nji çyzgyda görkezildi.



1.22-nji çyzgy. Ýarymgeçiriji kristalyň üstünde gurnalan, kanaly induksirlenýän birpolýarly tranzistoryň shema görnüşde sekillendirilişi.

Eger-de, girelge bilen burma aralykdaky  $U_{GB}$  – naprýaženiýe nula deň ( $U_{GB}=0$ ) bolsa, onda burma kanalsyz bolýar.

Eger-de, burma (+) – plýus naprýaženiýe berilse, onda elektrik meýdanynyň täsiri netijesinde (+) – alamatly hasap edilýän deşikler dielektrik bilen **Si-p** ýarymgeçirijiniň araçäginden daşlaşýarlar we (+) – zaryadlaryň ýetmezçilik edýändikleri sebäpli plýus zaryaddan garyp düşen gatlak döräp kanalda akseptor häsiýetli (-) – minus alamatly ionlar güýçlenýärler.

Eger-de, burmadaky naprýaženiýeniň (+) – plýus potensialyny öňküden-de ösdürsek, onda dielektrik bilen ýarymgeçirijiniň araçäginde esasy däl geçirijileri (**Si-p** – kristal

düşekde) döräp girelge bilen çykalganyň aralygynda ýukajyk geçiriji kanal emele gelýär. Netijede araçağıň bölünýän ýerinde zaryad gatlaklarynyň inwersiýasy bolup geçýär. ( **Inwersiýa** – Latyn sözi-ýerini ýa-da alamatyny üýtgedýär diýmekdir ).

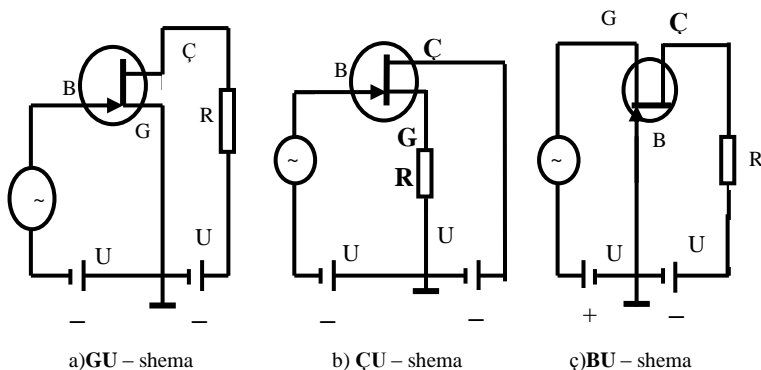
Kanally döretmek üçin zerur bolan naprýaženiýeniň edil oň ýanyndaky naprýaženiýä - bosoga naprýaženiýesi diýilýär. (  $U_{bos}$  ) – görnüşde belgileýäris.

Şular ýaly induksirlenýän tranzistorlar diňe kanaldaky zaryadlary äkidijileriň mukdaryny artdyrmak üçin ulanylýarlar.

### **Birpolýarly tranzistorlaryň shemalarda çatylyşy we olaryň häsiýetnamalary.**

Elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan tranzistorlary shemalara çatanlarynda zynjyryň girelgesine we çykalgasyna görä tranzistoryň haýsy-da bolsa bir elektrody **umumy** hasaplanylýar, şonuň üçin-de birpolýarly tranzistorlaryň shemalara çatylyşynyň üç görnüşini bolup biler.

- 1) Girelgesi umumylaşdyrлан GU; 2) Çykalgasy umumylaşdyrлан ÇU;
- 2) Burmasy umumylaşdyrлан BU.



1.23-nji çyzgy. Birpolýarly tranzistorlaryň shemalara çatylyşy.



Birpolýarly tranzistorlaryň shemalara çatylyşy ikipolaýrly (**UE**, **UK** we **UB**) tranzistorlaryň shemalaryna meňzeşdir (**UE**-emitteri umumylaşdyrlan, **UK**-kollektory umumylaşdyrlan we **UB**-bazasy umumylaşdyrlan diýmekdir).

a) Shemalarda girelgesi umumylaşdyrlan **GU** tranzistorlarda **I** – toguň, **U** – naprýaženiýeniň we **P** – kuwwatyň güýçlenmekleri bolup biler. Bir kaskadyň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş koeffisiýentiniň anyklanşy.

$$K_u = R_y \cdot S$$

Bu ýerde **R<sub>y</sub>** – elektrik ýüküniň garşylygy;

**S** – häsiýetnamanyň ýapgytlygy (krutiznasy)

b) Shemalarda çykalgasy umumylaşdyrlan **ÇU** – tranzistorlarda naprýaženiýe boýunça  $K_u \approx 1$  deň bolup, çykalgasyndaky **R<sub>çyk</sub>** – garşylyk kän bir uly bolmaýar, emma girelgesindäki **R<sub>gir</sub>** – garşylyk has uludyr. Bu parametrlerinden başga-da girelgesinde **C<sub>gir</sub>** – sygymy-da bolýar. **ÇU** – shemanyň **I** – tok we **P** – kuwwat boýunça güýçlenmesi bolup, signalyň fazasy üýtgemeyär. Şular ýaly häsiýetli shemalara girelgesini gaýtalaýjy (повторитель) diýýärler.

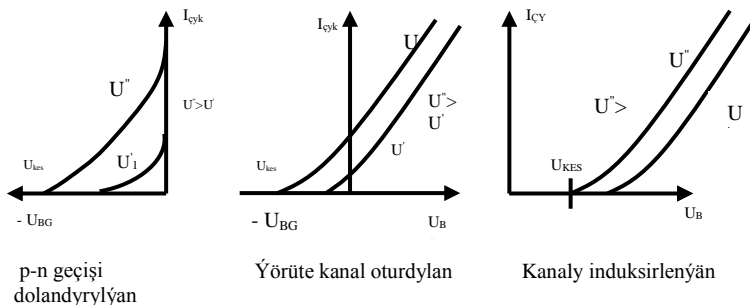
ç) Shemalarda burmasy umumylaşdyrlan **BU** – tranzistorlarda **I** – tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýent  $K_i \approx 1$  bolmaýar. Bular ýaly shemanyň girelgesinde **R<sub>gir</sub>** – garşylygy örän kiçi bolup, çykalgasyndaky **R<sub>çyk</sub>** – garşylygy örän uly bolýar.

**Birpolýarly tranzistorlaryň häsiýetnamalaryny özleşdireliň:**

Birpolýarly tranzistoryň häsiýetnamalaryny iki topara bölýärler :

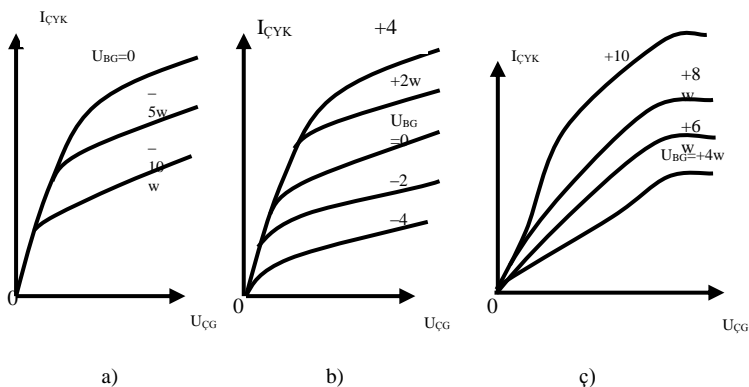
1)  $I_{çyk} = f(U_{BÇ})$  **U** = hemişelik saklananda ;

$I_{çyk} = f(U_{ÇG})$  **U<sub>BÇ</sub>** – hemişelik saklananda.



1.24-nji çyzy. Naprýaženiýeniň iki bahasynda alnan  
Wolt - Amper häsiýetnamalar.

Diagrammada görkezilen kesiji  $U_{kes}$  – naprýaženiýe tranzistoryň işläp başlamagynyň öň ýanyndaky gerek bolan zerur naprýaženiýedir  $U_{kes}$  – naprýaženiýeden soň tranzistor işläp başlaýar.



1.25-nji çyzy. n – kanally tranzistoryň häsiýetnamalary :  
a) p-n geçişi ; b) ýörite kanally ; c) kanally induksirlenýän.

Elektrik meýdany bilen dolandyryp bolýan birpolýarly tranzistorlaryň parametrleri.

$$1) \quad S = \frac{dI_{\text{cyk}}}{dU_{BG}} \left| \left( \frac{mA}{W} \right) - \text{çykalga bilen burmany suratlandyryan} \right.$$

häsiýetnamanyň (krutiznasy) ýapgytlygy.

$U_{CG} = \text{hemiş}$

$$2) \quad R_i = \frac{dU_{CG}}{dI_{\text{cyk}}} \left| [Om] - \text{içki garşylyk (üýtgeýän toga görä} \right.$$

differensial garşylyk).

$U_{CB} = \text{hemiş}$

$$3) \quad \mu = \frac{dU_{CG}}{dU_{GB}} \left| - \text{tranzistoryň güýçlendiriş koeffisiýentiniň tapylyşy.} \right.$$

$I_G = \text{hemiş}$

$$\text{ýa} - da \quad \mu = R_i \frac{dI_{\epsilon}}{dI_{\epsilon}} \cdot S = R_i S$$

Diýmek, parametrler özara baglanşyklydyrlar.

Ýokarda agzalan parametrlerden başga-da, ýene-de birnäçe parametrlerden peýdalanýarlar, olar:

$U_{kes}$  – Tranzistoryň işläp başlamagy üçin zerur bolan kesiji naprýaženiýe. Şu naprýaženiýa çenli girelgedäki  $I_G=0$  tok nula deňdir.

$C_{BG}$  – Burma bilen girelge aralykda döreýän sygym;

$C_{BÇ}$  – Burma bilen çykalga aralykda döreýän sygym;

$C_{düşeg}$  – Kristal düşek bilen girelge aralykda döreýän sygym.

$$f_{\text{çäk}} = \frac{1}{2\pi\tau} - \text{araçägiň ýygyllygy. Bu ýerde } \tau - \text{burmanyň wagt hemişeligidir.}$$

**Tiristorlar. Diodly tranzistorlar. Triodly tranzistorlar.**

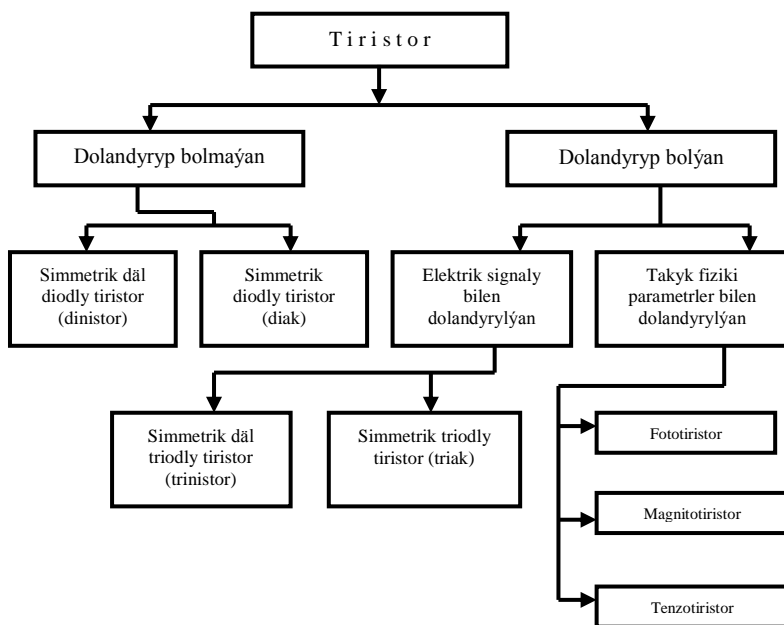
**Açylyp we ýapylyp bilýän tiristorlar. Tiristorlaryň şertli belgilenişi.**

**Kesgitlemesi.** Tiristorlar iki sany durnukly ýagdaýly, üç ýa-da üçden-de köp **p-n** – geçişi bolan ýarymgeçiriji abzaldyr. Iki

sany ýagdaýy diýlip, tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açylyp ýada açyk ýagdaýyndan ýapylyp bilýänligine düşünmeli.

**Tiristor** – grek we iňlis sözleriniň, grekçe thyra – gapy, girelge + iňlis **(res)istor** – garşylyk sözleriniň goşulmalarynyň netijesidir.

Tiristorlary hem beýleki ýarymgeçiriji abzallar ýaly birnäçe toparlara bölýärler, olar : simmetrik we simmetrik däl, diodly we triodly, dolandyryp bolýan we dolandyryp bolmaýan, ýapylyan we ýapylmaýan ýaly toparlara bölünýärler. Aşakda tiristorlaryň toparlara bölünişiniň shemasy ýerleşdirildi



Çet ýurt sözleriniň ulanylmagy we olaryň manylary.

**Triak** – Iňlis.Triode Alternating Current switch – Üýtgeýän togy açyp - ýapyjy.

**Diak** – Iňlis. Diode Alternating Current Switch – Üýtgeýän togy diodly açyp-ýapyjy.

**Dinistor** – Grek sözi, di(s) - iki gezek + iňlis(rez)istor – garşylyk .

**Trinistor** – Grek sözi, tri-üç + iňlis (rez)istor – garşylyk .

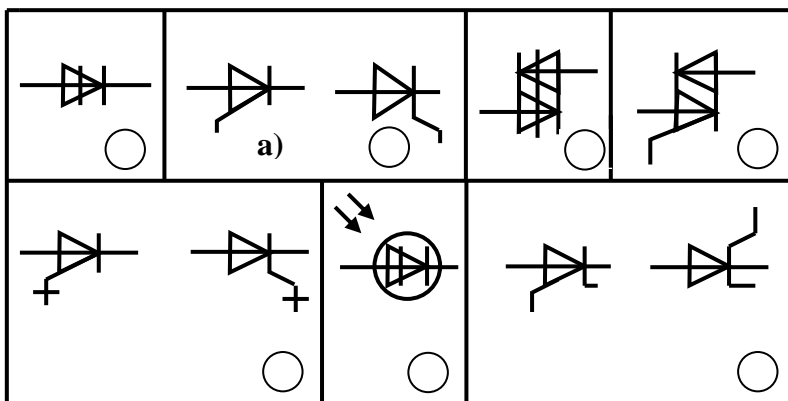
Simmetrik tiristorlara **simistorlar** hem diýilýär.

**Simistorlar** diýlip, polýarlaryň göni we ters ýagdaýlarynda (tapawudy ýok) shemany ýapyk ýagdaýdan açyk ýagdaýa geçirýän tiristorlara aýdylýar.

Tiristorlaryň aglabasy ýapylmaýan häsiýetlidirler (ýagny, işläp bolandan soň açyk ýagdaýynda saklanýarlar). Tiristorlar işläp bolandan soň, ýörite usul bilen täsir edip ýapmaklygy talap edýär.

Tiristorlaryň käbir toparyny elektrik signallaryň täsiri bilen açyk ýagdaýdan ýapyk ýagdaýa we tersine, ýapyk ýagdaýdan açyk ýagdaýa-da geçip bolýar. Şular ýaly tiristorlara **ýapyp** bolýan ýa-da iki operasiýaly tiristorlar diýilýär.

**Tiristorlaryň elektrik shemalarynda şertli belgilenişleri.**



1.26-nji çyzgy.

Çyzgyda görkezilen şertli belgileriň manylary

1 – Diodly tiristor, polýary ters birikdirilende ýapyk (üstünden tok geçirmeýär).

2 – Triodly tiristor, polýary ters birikdirilende ýapyk :

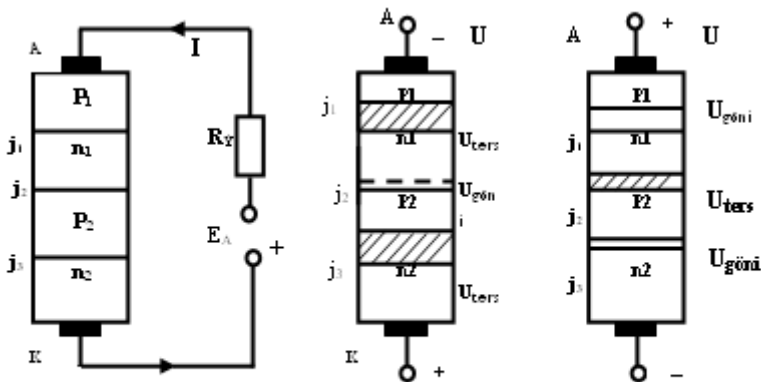
- a) anody bilen dolandyrylýar ;
- b) katody bilen dolandyrylýar ;
- 3 – Simmetrik diodly tiristor .
- 4 – Simmetrik triodly tiristor .
- 5 – Triodly tiristor , ýapylýan :
  - a) anody bilen dolandyrylýar ;
  - b) katody bilen dolandyrylýar.
- 6 – Fototiristor.
- 7 – Triodly tiristor, ters ugruna üstünden tok geçirýär :
  - a) anody bilen dolandyrylýar ;
  - b) katody bilen dolandyrylýar.

## Tiristorlaryň görnüşleri.

### Diodly tiristorlar. (Dinistorlar)

#### 1) Diodly simmetrik däl tiristor (dinistor).

Dolandyryp bolmaýan diodly tiristorlaryň gurluşy dörtgatlakdan ýygnaýlar. Bu gatlaklar **p-n** tertipde biri beýlekisiniň yzyna tirkeşdirilýär, ýagny **p<sub>1</sub> → n<sub>1</sub> → p<sub>2</sub> → n<sub>2</sub>** ( 1.27-nji çyzga seret). Şular ýaly tiristorlaryň iki sany çykalgasy bolup, onuň daşky gatlagynyň **p<sub>1</sub>** – elektrodyna **A** – anod, **n<sub>2</sub>** – elektrodyna bolsa **K** – katod diýilýär.



1.27-nji çyzgy.

Diodly tiristoryň shemalara birleşdirlişi ;

a) Ters ugurly polýarda **p-n** – geçişlerdäki naprýaženiýeler ;

b) Göni ugurly polýarda **p-n** – geçişlerdäki naprýaženiýeler.

Dolandyryp bolmaýan iki elektrodly tiristorlaryň elektrik shemalarynda diňe bir taraplaýyn birleşdirlişi bolýar. Özara goňşy her bir jübüt gatlaklar özleriniň dürli elektrik geçirijiliklerdigine garamazdan **p-n** geçelgäni emele getirýärler.

Anod bilen katoda ters naprýaženiýe berilende (1.27-nji **b** çyzga seret) **j<sub>1</sub>** bilen **j<sub>3</sub>** geçelgelere ters **U<sub>ters</sub>** – naprýaženiýe düşýär, emma **j<sub>2</sub>** – geçelgä bolsa göni **U<sub>göni</sub>** – naprýaženiýe düşýär.

Tiristoryň **j<sub>2</sub>** – geçelgesine düşýän **U<sub>göni</sub>** - naprýaženiýe örän ujypsyzdyr, şonuň üçin-de daşyndan berilýän ähli **U<sub>a</sub>** – naprýaženiýe **j<sub>1</sub>** bilen **j<sub>3</sub>** – geçelgeler özara paýlaşýarlar diýsek ýalňyş bolmaz. Şeýle ýagdaýda tiristor özünü edil naprýaženiýesi ters berilen diod ýaly alyp barýar. Anoddaky tok kiçelip nula golaýlaşýar we **j<sub>1</sub>** hem-de **j<sub>3</sub>** – geçelgelerdäki tersine akýan toklar bilen deňleşýär. Netijede tiristor ýapyk ýagdaýa geçýär.

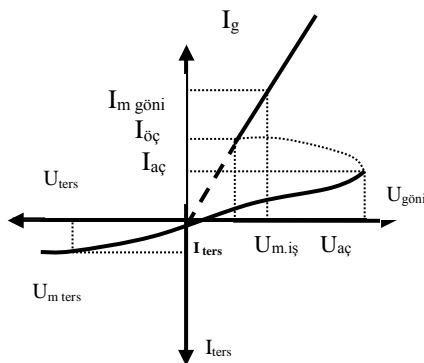
Eger-de tiristora göni **U<sub>göni</sub>** - naprýaženiýe berilse (1.27-nji **ç** çyzga seret), onda tiristoryň **p-n** geçelgelerindäki naprýaženiýeleriniň polýarlary üýtgär. Şeýlelikde **j<sub>1</sub>** we **j<sub>3</sub>** geçelgelerde göni naprýaženiýe, **j<sub>2</sub>** – geçelge bolsa ters naprýaženiýe bolýar. Şeýle ýagdaýda çetki ( **j<sub>1</sub>** bilen **j<sub>3</sub>** ) geçelgelere düşýän naprýaženiýe örän ujypsyz bolýar.

Hakykatda welin, ähli daşyndan berilýän naprýaženiýe ortadaky **j<sub>2</sub>** – geçelgä düşýär. Bu geçelgelerde beýle-bir uly bolmadyk zarýady äkidijileriň togy döreýär. Tiristor hem şular ýaly şertde ýapyk ýagdaýynda galmagyny dowam edýär.

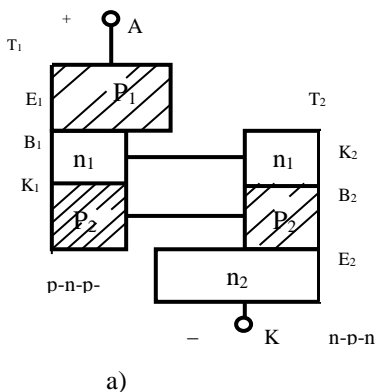
Eger-de, tiristoryň anodyna düşýän **U<sub>a</sub>** – naprýaženiýesini ulaltsak, onda haýsy-da bolsa bir kesgitli **U<sub>gir</sub>** – naprýaženiýe ikinji **j<sub>2</sub>** – geçelgede zarýadlaryň böwüsmegi

(çüwdürimi) başlanýar, netijede tiristoryň togy (anodyň zynjyrynda) ýüküň  $R_Y$  – garşylygyna laýyklykda böküp ösýär.

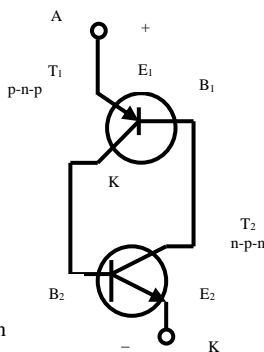
Tiristoryň anodynda toguň şeýle ulalmagy tiristoryň garşylygynyň peselip ujypsyz bahasyna çenli kiçelmegine getirýär. Bu peselmegiň kiçiligi tiristoryň ýapyk ýagdaýyndaky garşylygy bilen deňeşdirlip anyklanylýar. Tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy 1.28-nji çyzgyda görkezildi.



1.28-nji çyzgy.  
Dolandyryp  
bolmaýan  
diodly tiristoryň  
häsiýetnamasy.



a)



b)

1.29-njy  
çyzgy.  
Tiristorlaryň  
iki sany  
tranzistor  
görnüşde  
aňladylyşy.

Tiristoryň birnäçe parametrleri 1.28-nji çyzgydaky häsiýetnamada görkezildi. Olardan  $U_{aç}$ ,  $I_{aç}$  – tiristoryň açylyp işläp başlandaky naprýaženiýesi we togy.



$I_{\delta\zeta}$  – saklaýjy tok. Şu toguň bahasynda tiristor ýene-de böküp ýapyk ýagdaýyna geçýär.

$I_{\max.g\ddot{o}ni}$  – Tiristoryň üstünde göni tarapa geçýän toguň maksimal bahasy.

$U_{\max.i\zeta}$  – Göni polýarda  $I_{\max.g\ddot{o}ni}$  – tok wagty tiristora düşýän naprýaženiýe.

$I_{\max.ters}$  – Tiristoryň üstünden ters tarapa geçmeli toguň maksimal bahasy.

$U_{\max.ters}$  – Ters polýarda  $I_{\max.ters}$  – tok wagty, tiristora düşýän naprýaženiýe.

$I_{\delta\zeta}$  – Öçüriji tok (toguň şu bahasynda tiristor ýapylýar).

$U_{\delta\zeta}$  – Öçen wagtyndaky naprýaženiýe.

Tiristoryň gurluşyna iki sany dürli tipli tranzistoryň jemi hökmünde seretmek bolar. Eger-de, 1.29-njy çyzgyda görkezilen shemalara seretseňiz, onda her bir tranzistoryň bazasynyň beýleki tranzistoryň kollektoryna birleşdirlendigini görsersiňiz. Bu iki tranzistoryň birinjisi  $T_1$ , ikinjisi  $T_2$  bilen belgilenip, gurluşy **p-n-p** tranzistorda emitteri –  $p_1$ , bazasy –  $n_1$ , kollektory –  $p_2$ , gurluşy **n-p-n** tranzistorda bolsa, emitteri –  $n_2$ , bazasy –  $p_2$ , kollektory –  $n_1$ . Birinji  $T_1$  – tranzistor üçin  $j_1$  – geçiş emitterli geçiş bolsa, onda ikinji  $T_2$  – tranzistor üçin  $j_3$  – geçiş hem emitterli geçiş bolýar,  $j_2$  – geçiş iki tranzistor üçin-de umumy kollektorly geçiş bolup hyzmat edýär.

Eger-de, emitterli geçişe göni naprýaženiýe bilen täsir edilýän bolsa, onda kollektorly geçişe ters naprýaženiýe täsir edýär. Şeýle edilende tranzistor güýçlendiriji düzgünde işleýär. Iki sany tranzistoryň şular ýaly birleşmeklerinden emele gelen tiristor 1.29-njy **b** çyzgyda görkezildi.

Birinji  $T_1$  – tranzistor üçin kollektorly geçiş toguň bahasy  $\alpha_1 \cdot I_{emit.1}$  – deňdir, bu ýerde  $\alpha_1$  – emitterdäki togy geçirijilik koeffisiýentidir. Onda ikinji  $T_2$  – tranzistor üçin  $\alpha_1 \cdot I_{emit.2}$  – bolar. Bulardan başga-da  $j_2$ -nji kollektorly geçişden iki tranzistoryň-da ters toklarynyň jemi goşulyp  $I_{k.ters}$  – tok akýar. Bu tok esasy-däl hasap edilýän zaryadlaryň netijesidir, ýagny  $n_1$  – gatlakdaky ujypsyz (+) alamatly **p** – deşikleriň  $n_1$  –

gatlagat tarap hereketi we  
 $p_2$  – gatlakdaky ujypsyz (–) – alamatly  $n_1$  – gatlagat tarap hereketleridir.

Kollektordan akýan doly toga ýokarda agzalan üç sany toklaryň jemi hökmünde seredip bileris.

$$I_{j2} = \alpha_1 \cdot I_{emit1} + \alpha_2 \cdot I_{emit2} + I_{k, ters}$$

ýa-da  $j_2$ -nji geçelgeden we emitterden akýan toklaryň bir  $I_a$  – tokdugyny göz önünde tutsak, onda deňlemäni başga görnüşde-de ýazyp bileris.

$$I_a = \alpha_1 \cdot I_a + \alpha_2 \cdot I_a + I_{k, ters}$$

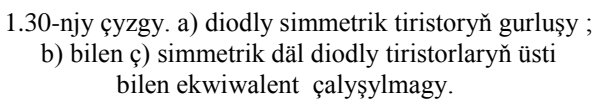
Bu deňlemeden tiristoryň zynjyry üçin we anodyndan geçýän tok üçin deňleme ýazyp bileris.

$$I_a = \frac{I_{k, ters}}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)}$$

Tiristoryň bir iş ýagdaýyndan ikinji iş ýagdaýyna geçip durmagynyň şerti anodyň togy üçin ýazylan  $I_a$  – aňlatmada  $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$  deňligi ýerine ýetirmelidiris. Şeýle ýagdaýda maýdalawjy nula öwrülýär,  $I_a$  – tok bolsa tükeniksiz çenli ösýär. Toguň tükeniksiz çenli ösmegini anod zynjyryna birleşdirilen elektrik ýüküň  $R_{yük}$  – garşylygy bilen çäklendirilýär.

## 2) Diodly simmetrik tiristor (diak).

Diodly simmetrik tiristoryň gurluşy 1.30-njy a çyzgyda ýerleşdirildi. Çyzgydan görnüşi ýaly, görkezilen (+) we (–) polýarly naprýaženiýe-de tiristoryň çep bölegi işleýär. (1.30-njy b çyzga seret).



73

## Triodly tiristorlar.

### 1. Triodly simmetrik däl tiristor (Trinistor).

Adyndan belli boluşy ýaly, triodly tiristorlaryň üç sany elektrodлары (çykalgasy) bolýar. Anod we katod ýaly esasy çykalgalaryndan başga-da tiristoryň içindäki gatlaklarynyň haýsy-da bolsa birinden ( $p_2$  ýa-da  $n_1$ ) dolandyryjy elektrody çykarylýar.

Eger-de, dolandyryjy elektrody bazanyň  $p_2$  – gatlagyndan çykarsak (1.32-nji çyzga seret), onda dolandyryjy  $E_{dol}$  – çeşme katod bilen  $p_2$  – aralyga birikdirilýär. Şular ýaly shemany katody dolandyrmak üçin ulanylýarlar. Şonuň üçin-de katody dolandyrylýan shema-da diýilýär.

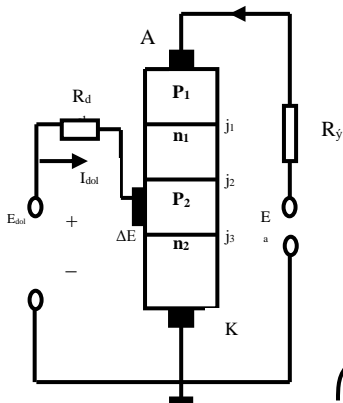
Eger-de, dolandyryjy elektrody bazanyň  $n_1$  – gatlagyndan çykarsak, onda dolandyryjy  $E_{dol}$  – çeşme anod bilen dolandyryjy elektrod  $n_1$  – aralyga birikdirilýär. Şular ýaly shemany **anody** dolandyrmak üçin ulanylýarlar. Şonuň üçin-de anody dolandyrylýan shema-da diýilýär.

Iki ýagdaýda-da dolandyryjy  $E_{dol}$  çeşme emitterli geçişleriň haýsy-da bolsa (  $j_1$  ýa-da  $j_2$  ) biriniň üstünden dolandyryjy  $I_{dol}$  – toguň göni tarapyna geçer ýaly edilip birleşdirilýär.

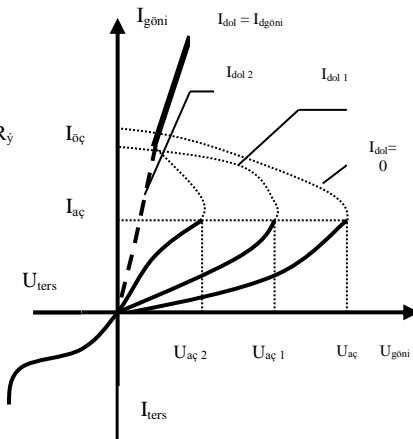
Tiristoryň iş düzgünine dolandyryjy toguň täsir edişini özleşdireliň.

1.32-nji çyzgyda tok bilen dolandyrylýan tiristoryň shemasy şekillendirildi .

Elektrik zynjyry degişli  $E_{dol}$  we  $E_a$  EHG –lere birleşdirilip tranzistor işläp başlanyndan dolandyryjy  $I_{dol}$  – tok dolandyrylýan emitteriň üsti bilen  $j_3$ -nji geçelgeden geçip **K** – katoda tarap akýar we emitterden akýan toklaryň üstüne goşulyp äkidiji  $\alpha_2$ -nji koeffisiýentiň ulalmagyna sebäp bolýar.



1.32-nji çyzgy. Katody dolandyrylýan triodly tiristoryň shemalara birleşdirlişi.



1.33-nji çyzgy. Triodly tiristoryň Wolt – Amper häsiýetnamalarynyň toplumy.

Wolt-Amper häsiýetnamadan şeýle netijä gelip bileris, ýagny kollektorly

$j_3$  – geçelgede tok ösýär, diýmek tiristoryň zynjyryndaky  $I_{aç}$  – tok bilen

$U_{aç}$  – naprýaženiýe kiçi naprýaženiýelerde-de bolup geçýär (1.33-nji çyzga seret).

Tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýa geçende bolup geçýän ähli prosesler tok çeşmesinden berilýän esasy naprýaženiýeniň we onuň dolandyryjy togunyň täsirlerinden açylýar we şolar bilen düşündirilýär. Prosesleriň hemmesi  $I_{dol}=0$  bolanda we naprýaženiýe  $U=U_{aç}$  bahasyna ýetende amala aşýar.

Dolandyryjy  $I_{dol}$  – toguň bahasy näçe uly boldugyça şonça-da tiristory açýan  $U_{aç}$  – naprýaženiýeniň san bahasy kiçelýär. Bu bolsa dolandyryjy

$I_{dol}$  – toguň dürli bahalarynda göni tok bilen göni naprýaženiýede alnan häsiýetnamalar toplumyna täsir edýär

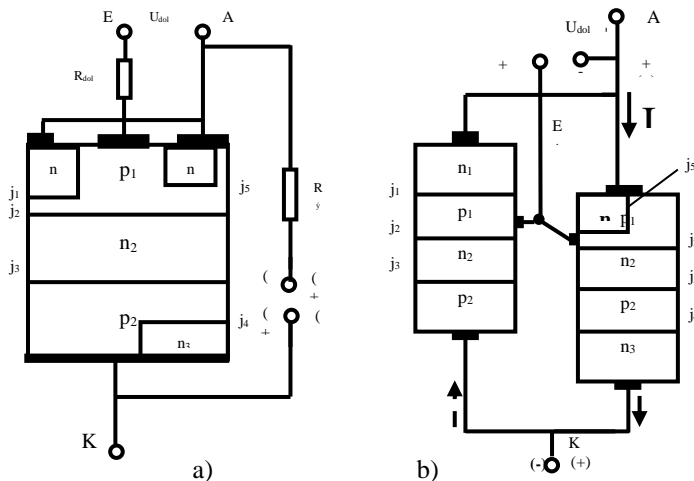
(1.33-nji çyzga seret). Dolandyryjy toguň belli bir bahasynda, meselem  $I_{d.göni}$  – toga göni ýola düşen dolandyryjy tok diýilýär.

Naprýaženiýeniň göni bahasynda tiristoryň häsiýetnamasynyň göni bölegi edil diodyň Wolt-Amper häsiýetnamasy ýaly açyk bolýar.

## 2. Triodly simmetrik tiristor (Triak).

Triodly simmetrik tiristor (Triakda) dolandyryjy elektrodyna signal berilende (göni ýa-da tersine tapawudy ýok) simmetrik tiristor iki tarapyna-da işläp bilýän abzaldyr (1.34-nji a çyzga seret).

Seredilýän simmetrik tiristoryň gurluşy alamatlary boýunça iki sany garşydaş, ýöne parallel birikdirlen tiristorlardyr diýse bolýar.



1.34-nji çyzgy.

a) Triodly simmetrik tiristoryň gurlusy we shemalara çatlyşy ;

b) Triodly simmetrik tiristory iki sany ekwiwalent tiristor bilen çalsyrlısv.  $E_d$  – dolandyryjy elektrod

Simmetrik tiristoryň ýarty bölegi, meselem sag bölegi **p1-n2-p2-n3** tirkeşme emele getirip **j2 ; j3 ; j4** geçelgelerden ybaratdyr (1.34-nji b çyzga seret). Simmetrik tiristoryň sag tarapy üçin göni naprýaženiýe bolup **K** – katoda görä anod (+)

alamatly bolmalydyr. Şeýle bolanda  $j_2$  we  $j_4$  geçelgeler göni naprýaženiýeli, emma  $j_3$  – ters naprýaženiýeli ýagdaýda galýarlar.

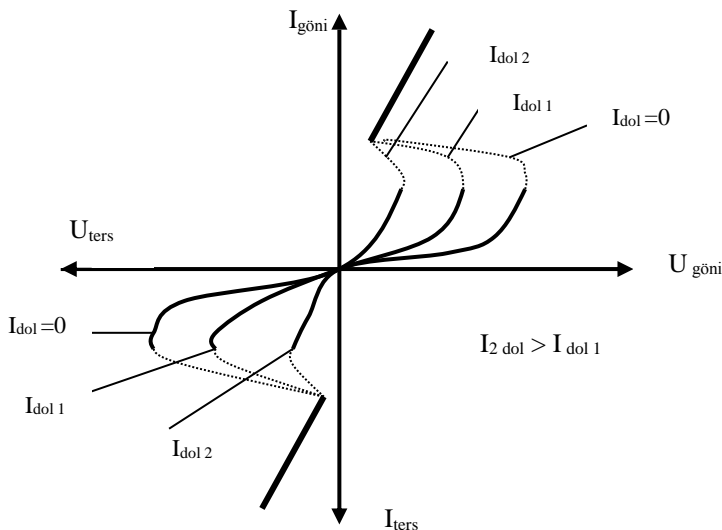
Eger-de, dolandyryjy  $E_a$  – emitteriň elektrodyna  $A$  – anoda görä (+) – alamatly impuls berilse, onda goşmaça  $j_5$  – geçelgede göni naprýaženiýe döräp, elektronlar  $n_4$  – nji gatlakdan  $p_1$  – gatлага tarap çüwdürilýärler (ýagny, elektronlaryň inžeksiýasy bolup geçýär). Şeýlelikde,  $n_4$ -den  $p_1$ -e tarap çüwdürilip gelyän elektronlar diffundirläp (hem dargap hem-de siňip)  $n_2$  – gatлага  $j_2$  – geçelgedäki kontaktlaryň dördýän potenciallarynyň tapawutlaryna-da döz gelip, ony böwsüp  $n_2$  – gatлага geçýär.

Ýokardan (  $p_1$  – gatlakdan ) gelyän elektronlaryň derdinden  $n_2$  – gatlak elektronlardan aşa doýýar we  $j_2$  – geçelgedäki göni naprýaženiýeniň ulalmagyna getirýär.

Bu bolup geçýän ýagdaý  $p_1$  – gatlakdan  $n_2$  – gatлага elektrik deşikleriniň inžeksiýalanmagyna (çüwdürimine) sebäp bolýar. Soňra olar, öz gezeginde diffundirlenip (ýaýrap hem-de siňip)  $n_2$  – gatlagyň üsti bilen ters naprýaženiýeniň täsirinden  $j_3$  – geçelgäniň üsti bilen  $p_2$  – gatлага geçip başlaýarlar. Netijede  $p_2$  – gatlakda elektrik deşikleriniň  $n_2$  – gatlakda bolsa elektronlaryň üýşmekleri tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýyna geçmekligine sebäp bolýar.

Triodly simmetrik tiristoryň naprýaženiýesiniň polýarlary tersine üýtgedilende  $K$  – katoda (+) ,  $A$  – anoda (–) potenciallar berilende göni naprýaženiýe tiristoryň çep tarapyna düşýär we  $p_2 - n_2 - p_1 - n_1$  tirkeşme emele getirip  $j_3$  ,  $j_2$  ,  $j_1$  geçelgelerden ybaratdyr (1.34-nji  $b$  çyzga seret ).

Naprýaženiýeniň polýarlary şeýle üýtgedilende  $j_3$  we  $j_1$  geçelgelerde göni naprýaženiýe dörär,  $j_2$  – geçelgä bolsa ters naprýaženiýe düşer.



1.35-nji çyzgy. Simmetrik triodly tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamalarynyň toplumu.

Dolandyryjy elektroda berilen signalyň impulsy  $j_1$  – geçelgede goşmaça göni naprýaženiýe döredip, tiristoryň ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýyna geçmegine getirýär.

Ýokarda düşündirililen tiristorlaryň hemmesinde bolup geçýän ýagdaýlar simmetrik triody tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamalar toparynda görkezildi (1.35-nji çyzga seret)

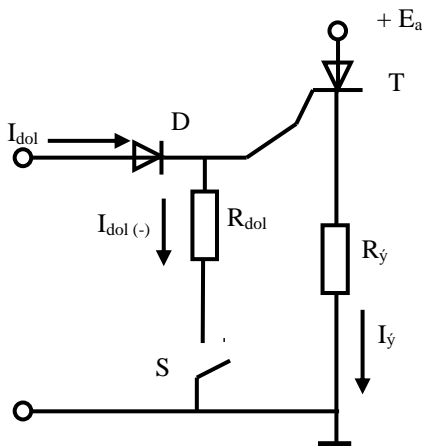
### Ачылып we ýapyлып bilýän tiristorlar.

**Кесгитлемеси.** Islän wagtyň açyp ýa-da ýapyp bolýan tiristorlar diýlip, tiristoryň dolandyryjy elektrodyna belli bir polýarda naprýaženiýe signaly berilende ýapyk ýagdaýyndan açyk ýagdaýyna we tersine geçip bilýän tiristorlara aýdylýär.

Islendik tarapyna açylyp ýa-da ýapylyp bilýän tiristorlaryň esasy bir gowý tarapy, ol hem onuň dolandyryjy elektrodynyň üsti bilen tiristoryň açylyşynyň we öçürilişiniň ikisini-de ýerine ýetirip bolýanlygyndadyr. Şonuň üçin-de bular ýaly tiristorlara



iki amally (iki operasiýany ýerine ýetirýän) tiristorlar hem diýilýär.



**S** – açaryň açyk wagty (+) dolandyryjy **I<sub>dol</sub>** – tok berilenden shema zynjyra birleşdirildi diýilýär.

Shemadan **T** – tiristory öçürmek üçin shemadaky **S** – açary ýapmak ýeterlikdir, sebäbi şeýle edilende dolandyryjy elektrodda **I<sub>dol</sub> (-)** – tok döreýär.

1.36-nji çyzgy. Iki amally tiristoryň dolandyryş shemasy.

$$I_{dol(-)} = \frac{E_a}{R_{dol}}$$

$$\text{Eger -- de } I_{dol(-)} \geq \frac{I_a}{K_{\ddot{o}\ddot{c}}}$$

Bu ýerde **K<sub>öç</sub>** – öçüriş koeffisiýenti.

Eger-de, **S** – açar ýapyk (birleşdirilen) bolsa, onda anoddaky tok ulalýar

$$I_a = I_{\ddot{y}\ddot{u}\ddot{k}} + I_{dol(-)} \leq I_{a.kriz}$$

Bu ýerde, **I<sub>a.kriz</sub>** – anoddaky toguň iň soňky uly (krizis) derejesidir.

Bu tok özünüň  $I_{a.kriz}$  – **krizis** bahasyna  $K_{öç} \rightarrow 0$  bolanda ýetýär.

Şonuň üçin-de tiristory öçürmek üçin şu açakdaky deňsizlik berjaý bolmalydyr.

$$I_{dol(-)} \gg \frac{I_{yü} + I_{dol(-)}}{K}$$

Bu ýerde  $I_y = \frac{E_a}{R_y}$  elektrik ýükündäki tok

$$\text{Öçüriş koeffisienti } K = \frac{I_a}{I_{dol(-)}} \text{ dolandyryjy elektroddan impulsyň}$$

signaly bilen tiristoryň öçürilmeginde effektiwligi (ähmiýetini) aňladýar.

$I_a$  – tiristoryň öçüriljek wagtynda amplituda bahasy.

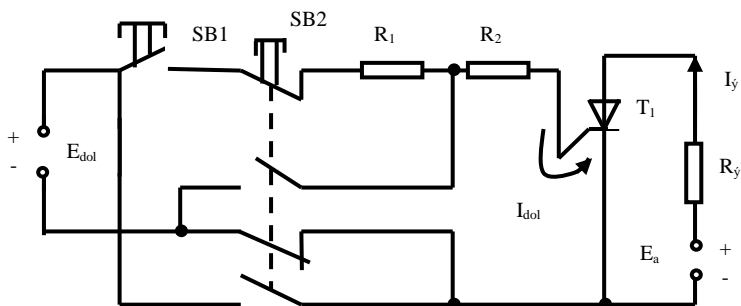
$I_{dol(-)}$  – tiristory öçürmek üçin hökmany gerek bolýjak dolandyryjy toguň in kiçi bahasynyň amplitudasy.

Iki amally (açyp hem ýapyp bilýän) tiristorlaryň praktikada kän ulanylmaýanlygynyň sebäbi bu abzalyň nominal naprýaženiýesiniň hem-de nominal togunyň örän kiçiligi bilen düşündirilýär.

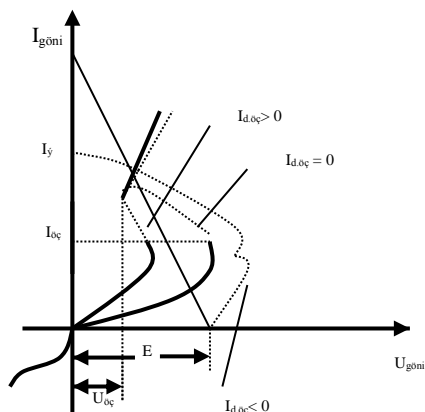
Häzirki döwürde 5-10 mks wagtda naprýaženiýesi 1400 w, togy 250 A we ondan-da ýokary bahalarda açylyp we ýapylyp bilýän tiristorlar praktikada ornaşyp başlady.

Iki operasiýaly (ýa-da iki amally) tiristorlaryň bir operasiýaly tiristorlardan artykmaç tarapy beýle bir çylşyrymly shemany talap etmeýänligidir (shemasynyň ýönekeýligidir).

Açylyp we ýapylyp bilýän tiristoryň dolandyrys shemasy 1.37-nji çyzgyda görkezildi.



1.37-nji çyzgy. Iki operasiýaly tiristoryň dolandyryş shemasy.



1.38-nji çyzgy. Iki operasiýaly tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy.

Shemada **SB1** – düwmäni basanyňdan  $R_1$ ,  $R_2$  garşylyklaryň  $T_1$  – tiristoryň üstlerinden  $I_{d0l} > 0$  tok  $T_1$  – tiristoryň geçelgesinden akyp başlaýar. Dolandyryjy signal aýrylandan soň  $T_1$  – tiristor açyk ýagdaýynda galýar.

Shemada **SB2** – düwmäni basanyňda dolandyryjy  $I_{d0l}$  – tok tersine akyp başlaýar we tiristory öçürýär.

Shemadaky  $R_1, R_2$  rezistorlar gerek bolan dolandyryjy  $I_{dol}$  – togy öz bolmaly bahasynda saklamaklygy üpjün edýär. Has hem  $T_1$  – tiristory açmaly ýa-da öçürmeli bolanda  $I_{aç}$  we  $I_{öç}$  toklaryň çäkli saklanmagyny üpjün edýär.

Bu toklaryň (ýagny  $I_{aç}$  we  $I_{öç}$ ) bahalary köplenç **5-10** esse ýükdäki

$I_y$  – tokdan kiçi bolýar.

Açylyp we ýapylyp bilýän tiristoryň Wolt-Amper häsiýetnamasy 1.38-nji çyzgyda ýerleşdirildi.

### **Tiristorlary açmagyň we ýapmagyň usullary.**

#### Tiristorlary açmagyň usullary .

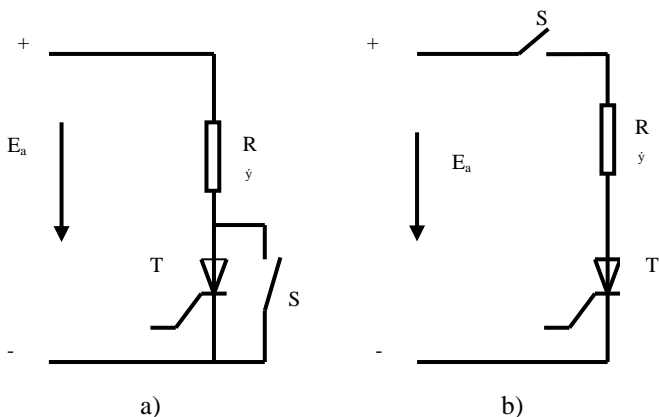
1. Anodyndan açmak – Tiristora berilýän göni naprýaženiýäni ulaltmak esasynda (dolandyryjy elektroda täsir etmezden ).
2. Dolandyryjy elektrodyň togy bilen açmak. Bu usul triodly tiristorlary açmak üçin ulanylýar.
3. Ýagtylygyň akymyndan peýdalanyp açmak (fototiristor).
4. Magnit meýdanyndan peýdalanyp açmak (magnitotiristor).
5. Mehaniki basyşyndan (maýşgaklykdan) peýdalanyp açmak (tenzotiristorlar).

#### Tiristorlary ýapmagyň usullary.

1. Anodyň toguny peseltmek arkaly.

Anodda saklanmaly tok pese düşende tiristor ýapylýar. Anod togunyň peselmegi bilen tiristoryň ýapylmagynyň iki görnüşi bardyr :

- a) Ýýmitlendiriji naprýaženiýe çeşmesi elmydama periodly nul bahadan geçip durýanlygy üçin ;
- b)  $T$  – tiristora parallel goşmaça bir emeli shema geçirip togy dolandyrýarlar (1.39-njy **a** çyzga seret ).



1.39-njy çyzgy. Tiristorlaryň öçürliş shemasy.

- a) Anod – Katod zynjyry gysga utgaşdyrmak (şuntirmek);
- b) Anod zynjyryny ýazdyrmak.

2. Berilen naprýaženiýeniň polýarlaryny çalşyrmak esasynda öçürmek ýa-da anod zynjyryny ýazdyrmak (1.39-njy **b** çyzgy).

3. Dolandyryjy elektrodyň zynjyryndan öçürmek. Bu usul iki operasiýaly tiristorlarda ulanylýar.

## IKINJI BÖLÜM

**Mikroelektronika barada umumy maglumatlar. Integral mikroshemalar we olaryň şertli belgilenişi. Sanly hasaplanylýanintegral shemalar.**

**Kesgitlemesi.** Elektrik enjamlarynyň göwrümini, agramyny, bahasyny azaltmak, işe çydamlylygyny ýokarlandyrmak we gurluş suduryny, ýasalýş tehnologiýasyny (tilsimini), elektrik çatym işlerini **miniatýurlemek** we

**mikrominiatýurlemek** ýaly işleri öwredýän elektronikanyň bu pudagyna (ugruna) **mikroelektronika** diýilýär.

**Mikroelektronikanyň ösüş ýollaryny** iki ugur bilen düşündirýärler. Birinjisi miniatýurlemek, ikinjisi bolsa mikrominiatýurlemekdir.

**Miniatýurlemek** – san hasabynda ýagny mukdar düşüňjani, elektron abzallaryndaky enjamlaryň, bloklaryň, düwünleriň we elementleriň agramlaryny, göwrümlerini kiçeltmekdir.

Elektron abzallarynyň miniatýurlenmekleri netijesinde mikromodul önümleri peýda boldy. Mikromodullar özleriniň gurluşlary we ýygnaýuş usullary boýunça iki topara bölünýärler:

Birinjisi – ýasy (tekiz üstli);

Ikinjisi – gatlakly (göwrümli).

Tekiz üstli mikromodullar – gutarnykly funksional düwünler bolup, mikroelementlerden taýýarlanylýarlar. Olarda diňe sim çykalgalary bolup peçatlanan (ýelimlenen) platalarda ýygnaýlarlar. Platalar reňkli metaldan ýasalan ekranlarda ýerleşdirilýärler we germetizlenýärler (tä gömülýänçe eboksidi eredip guýýarlar).

**Gatlakly (göwrümli)** – mikromodullar dielektrikden ýasalyp, ýörite ýasalan **mikroplatalarda** mikroelementleriň toplumlary berkidilýärler (rezistorlar, kondensatorlar, induktiv tegekler, transformatorlar we ş.m.).

Mikroelementleri mikroplatalarda ýygnanlaryndan soň, mikroplatalary toplam gatlaklaýarlar. Şonuň üçin-de gatlaklanan mikromodullara göwrümli diýilýär.

**Mikrominiatýurizasiýa** – diýlende mikroelektronikanyň hil tarapyna seredilýär (ýagny-elektron abzallaryndaky bloklaryň, elementleriň we düwünleriň agramy ýa-da göwrümi, kiçeldiljek bolunmaýar). Mikrominiatýurizasiýa täze tehnologiýa proseslere esaslanyp oňa tehnologiýasy **integrirlenýän** mikroelektronika diýilýär.

**Integrasiýa** – Latyn sözi – **bütünlemek** diýmekdir (ýagny, birnäçe elementleri ýa-da bölekleri bir bütewi görnüşe getirmekdir). Tehnologiyasy integrirlenýän mikroelektronika ýola goýulandygy sebäpli mikroelektronikanyň esasyňy düzýän **IMS – integrirlenen mikroshemalar** emele geldi.

Integrirlenilýän tehnologiýanyň esasy prinsipi (maksady) tehnologiýasy meýillenip (planirlenip) toparlaýyn (tapgyrlaýyn) usulda önümleri çykarmakdyr.

Toparlaýyn usulda – diametrleri 25-8- mm we ondan-da uly ýarymgeçiriji plastinalardan bir wagtyň özünde ummasyz köp sanly elementleri ýa-da funksional düwünleri ýa bolmasa platalaryň kompleks elementleri taýýarlanylýar, soňra şol ýarymgeçiriji plastinany birnäçe aýratyn bölekler (kristally integral mikroshemalara) **IMS – lara** dürli usullar bilen kesýärler.

Termin « **kristal** », hiç hili korpussyz we simli çykalgasy bolmadyk taýýar ýarymgeçiriji abzallarda we mikroshemalarda – **MS**, resmi kabul edilipdir. Bu termin şowsuz kabul edilen termindir, sebäbi fizika ylmynda ulanylýan « **kristal** » düşüňjesi bilen gabat gelýär. Köp ýurtlarda bu terminiň deregine « **run** » sözi ulanylýar. Türkmençe-de mikroelektronika bölümünde ulanylýan « **kristal** » sözüniň deregine fiziki manysyny berip biljek söz ulanylsa gowy bolardy, meselem **ýarymabzal** – ýarymgeçirijilerden gurnalan abzal diýildigi we ş.m.

**Planirlenen tehnologiýa** – bir gezekki tehnologiýa prosesde **IMS**-iň ähli elementleri ýarymgeçiriji kristalyň üst tekizliginde kemala getirilýär. Netijede, bir tapgyrda bir sany **IMS** däl-de onlarça (hatda yüzlerçe) **IMS** taýýarlanylýar.

**Planar** – iňlis sözi bolup, onuň esasynda Latynlaryň « **planus** » - sözi ýatyr, türkmençe – tekizlik, düzlük diýmekdir. Taryhy nukdaý nazardan seredeniňde integral mikroelektronikanyň ösüş ýoluny baş düwürä bölýärler :

**Birinji döwür** – XX-asyryň 60-nji ýyllarynyň birinji ýarymyýlygyna degişli bolup, integral mikroshemalaryň

derejesi (orňy) her bir kristalda **10-dan 100** aralykdaky elementler bilen häsiýetlendirilipdir, olaryň minimal (iň kiçi) ölçegleri **100 mkm** töweregi bolupdyr.

**Ikinji döwür** – 60-nji ýyllaryň ikinji ýarymyýlygyndan 70-nji ýyllaryň birinji ýarymyýlygyna degişli bolup, integrirlenen mikroshemalarynyň derejesi (her kristalda) **100-den 1000** aralykdaky elementler bilen häsiýetlendirilipdir, olaryň minimal ölçegleri **100 mkm-den 3 mkm** aralyklarda bolupdyr.

**Üçinji döwür** – 70-nji ýyllaryň ikinji ýarymyndan başlanýar. Integrirlenen mikroshemalaryň derejesi (mukdary) her kristalda **1000** element bolup, ölçegleri **1 mkm** çenlidir. Uly integrirlenen mikroshemalaryň ( **UIS-iň** ) üstünde dünýä möçberinde ylmy işler alnyp barylýar we önümçilikde özleşdirmeklik dowam edýär .

**Dördünji döwür** – Aşa ýokary integrirlenen mikroshemalaryň ( **AÝIS-iň**) üstünde ylmy işler dowam edýär. Her bir kristalyň üstündäki elementleriň derejesi (mukdary)  $10^5$ -e çenlidir, ölçegleri **0,1 mkm** töweregidir.

**Bäsinji döwür** – UIS bilen AÝIS-leriň bazasynda mikroprosesleri (MP) we mikro-EHM-leri (elektrik hasaplaýjy maşynlary) giň möçberde ulanmak bilen häsiýetlendirilýär.

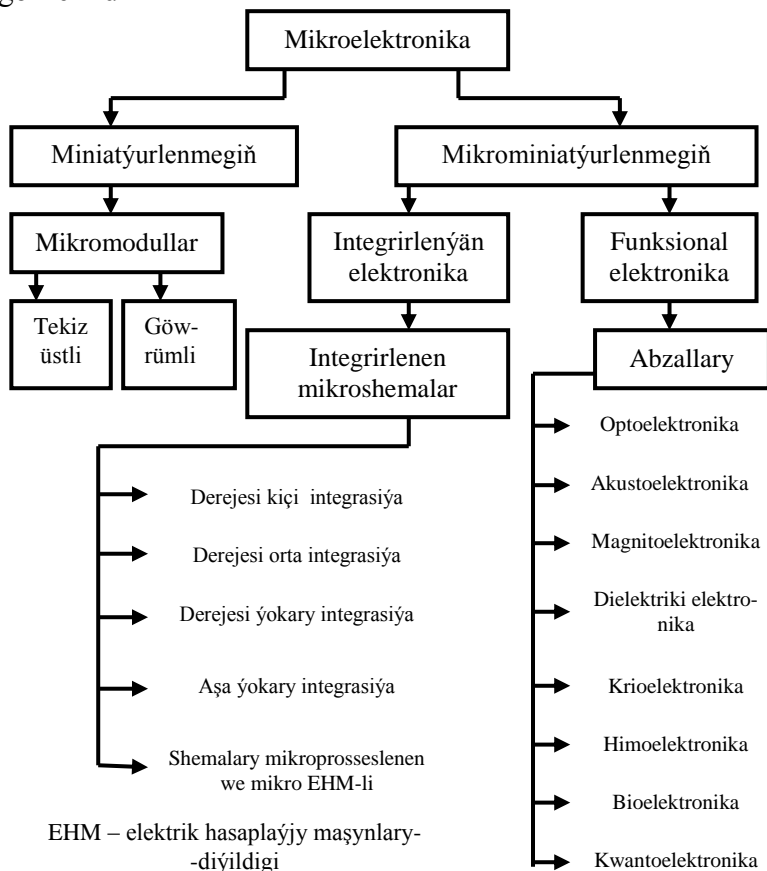
**Funksional** elektronikanyň döremegi bilen mikrominiatýurizasiýanyň ikinji bir tarapy emele geldi. Bu ugurda öňden belli bolan elektron elementleri we shemalary ulanylmazdan elektron abzallarynyň gurluşlary hil tarapdan gowulandyrmakda we iş ýerinde ornaşdyrmakda uly ösüşler gazanyldy.

Funksional elektronika fiziki meýdanlaryň we dinamiki güýçleriň özara täsirleri netijesinde döreýän näsazlyklary birjynsyzlygyň sebäplerini öwredýänliginden başga-da, jisimleriň köplüğine, üznüksizdiklerine garamazdan, informasiýalary gowulandyrmak we arassalamak ýaly işleri bitirip bilýän täze prinsipli abzallary döretmekde hem-de stabill ýagdaýda işletmekde çäksiz baha eýedir.



Funksional elektronikaly abzallarda elektrik signallaryny özgertmek, güýçlendirmek ýa-da generirlemek üçin gaty jisimlerdeki fiziki häsiýetler we hadysalar ulanylýar.

Funksional elektronikany häsiýetlendirýän esasy ugurlar mikroelektronikanyň ösüş ýollaryny görkezýän daragtda görkezildi



### Integral mikroshemanyň görnüşleri.

**Kesgitlemesi.** Integrally mikroshemalar diýlip elementleriň, komponentleriň (Latyn sözi – tutuş bir enjamyň

düzümleri) we kristallaryň elektrik birleşmeleri örän tygşytly we örän ýokary dykzyzlykda ýygynalan signallary arassalaýan we funksional özgertmeleri ýerine ýetirýän mikroelektroniki önüme düşünilýär.

**Integral mikroshemalaryň (IMS-iň) klassifikasiýasy (görnüşleri).** Integrally mikroshemalaryň birini beýlekisinden ýasalýş tehnologiýasy, häsiýetleri ýaly birnäçe alamatlary bilen tapawutlandyryrlar :

1. Konstruktiw (tehnologiki alamatly) ýarymgeçirijili **IS**, gibritle **IS**, plýonka görnüşli **IS**, utgaşdyrılan **IS**.

Bular hakda gysgaça maglumatlar :

**Ýarymgeçirijili IS** – mikroshemada ähli elementler we elementara birleşmeler ýarymgeçirijiniň göwrüminiň içinde we üstünde geçirilýär.

**Gibridli IS** – mikroshemada ýönekeý elementlerden başga-da örän çylşyrymly komponentleri bolýar.

**Plýonka görnüşli IS** – mikroshemada ähli elementler we elementara birleşmeler plýonka görnüşli geçiriji we dielektrik materiallardan ýasalýarlar.

**Utgaşdyrılan IS** – mikroshemada bar bolan ähli aktiw elementler ýarymgeçiriji kristalda ýerleşdirilýän bolsalar, onda passiw elementleri we elementara birleşmeler plýonka görnüşdedirler .

Integral mikroshemanyň elementi – IMS-iň bir bölegi bolup, haýsy-da bolsa bir elektroradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän ýarymgeçiriji kristaldan ýa-da onuň ýarymgeçiriji düşeginden üzňelikde dældigi üçin özbaşdak synagdan geçirmek, ýa bolmasa signallary kabul etmek, tabşyrmak (ibermek), aýratynlykda ekspluatirlemek ýaly mümkinçiliklerden mahrumdyr.

**IMS-in komponentleri** – IMS-iň bir bölegi bolup, haýsy-da bolsa bir elektroradioelementiň funksiýasyny ýerine ýetirýän özbaşdak önümdigi üçin özbaşdak synagdan geçirmek, signallary kabul etmek, ibermek, aýratynlykda ekspluatirlemek ýaly mümkinçilikleri bar.

**Integral shemanyň kristaly** ýarymgeçiriji plastinkanyň bir bölegi bolup, plastinkanyň göwrümünde we üst tekizliginde ýarymgeçirijili mikroshemanyň elementleri, elementara birleşmeleri we kontaktlar meýdanjagazy ýerleşdirilýär.

2. **Signallary arassalamak** boýunça – analogly, sifrowoýly, kombinirlenen we optoelektronly ýaly böleklere bölünýär. Aýratynlykda seredeliň :

**Analogly IMS** – mikroshema üznüksiz funksiýanyň üýtgeýiş kanunyna laýyklykda signallary özgertmek we arassalamak üçin ulanylýar.

**Sifrowoýly IMS** – mikroshema diskretli funksiýanyň üýtgeýiş kanunyna laýyklykda signallary özgertmek we arassalamak üçin ulanylýar.

**Kombinirlenen IMS** – mikroshema analogly görnüşden sifrowoýly görnüşe geçmeli bolanda we tersine sifrowoý görnüşden analog görnüşe geçmeli bolanda signallary özgertmek we arassalamak üçin ulanylýar.

**Optoelektronly IMS** – mikroshema aýry-aýry elementleri ýada komponentleri biri-birinden üznelikde saklamak üçin olaryň aralarynda optiki aragatnaşygy ýola goýýarlar (galwaniki ýagdaýy gazanmak).

3. **Integral mikroshemalar ( IMS-ler)** öz ýerine ýetirýän funksiýalaryna laýyklykda birnäçe kiçijik toparlara bölünýärler. Bu kiçijik toparlar bolsa özleriniň ýerine ýetirýän funksiýalaryna görä belgilenip tagmalanýarlar.

**Analogly IS-ler** ýerine ýetirýän funksiýalarynyň nämäni aňladýandygyna garap, şu aşakdaky kiçijik toparlara bölünýärler we ýörite tagmalanýarlar :

**Г** – generatorlar, **Д** – detektorlar, **К** – kommutatorlar, **М** – modulýatorlar, **Π** – signallary özgerdijiler, **Е** – ikilenji iýmitlendiriji çeşme, **Б** – saklaýjy gurnama, **С** – deňeşdiriji gurnama, **У** – güýçlendirijiler, **Φ** – filter, **А** – formirleýji, **Х** – köp funksiýaly.

**Sifrowoýly IS** – ýerine ýetirýän funksiýalarynyň nämäni aňladýandygyna garap, şu aşakdaky kiçijik toparlara

bölünýärler we tagmalanýarlar : **Л** – logiki elementler, **T** – triggerler, **(И)** – sanly (sifrowoýly) gurnama, **(P)** – ýatda saklaýjy gurnama, **B** – hasaplaýjy gurnama.

Ýaý içindäki harplar mikroshemalaryň şertli belgilerinde (markirowkalananda) ulanylýar.

4. **Integrasiýalanmagyň derejesi (orny)** – 1-nji, 2-nji, 4,5,6-njy (orunly) bolup bilýär.

**Integrasiýalanmagyň K** – derejesi (ýa-da orny) diýlip bir esasda umumlaşdyrлан elementleriň **N** – sanynyň onluk logorifmine düşünilýär.

$$K = \lg N$$

Umuman, 170.21-25 GOST boýunça IMS-leri integrasiýalanmak derejesine (ornuna) görä 6 – topara bölýärler:

Birinjisi 10 elemente çenli ;

Ikinjisi 11-den 100 elemente çenli ;

Üçünjisi 100-den 1000 elemente çenli ;

Dördünjisi 1001-den 10000 – elemente çenli ;

Bäşinjisi 10001-den 100000 elemente çenli ;

Altynjysy 100001-den 1000000 elemente çenli.

Öz gezeginde 1,...5-nji integrasiýalanmagyň derejelerini (orunlaryny) deňişlilikde şu aşakdaky ýaly atlandyrýarlar :

IMS – derejesi kiçi integrasiýasy 1-nji derejeli shemalar ;

IMS – derejesi ortaça – integrasiýasy 2-nji we 3-nji derejeli shemalar ;

ÝIS – ýokary integrasiýa 3-nji we 4-nji derejeli shemalar ;

Aşa ýokary integrasiýa (AÝIS) 5-nji we ondan-da ýokary derejeli integrasiýa shemalar.

\* İňlis kitaplarynda integral shemalar şu aşakdaky ýaly atlandyrylyp belgilenýärler :

IC – integrated cerinit [integraltid sa:kit] – integral shema (IS),

MC – mikrocizcuit – mikroshema (MS), SSIC – small-scabe [skeil] integrated ctrenit – integral shemasy kiçi derejeli

integrasiýaly (MIS) , MSIC – medium [‘mi : diam] – scále integrated cirinit – integral shemasy orta derejeli integrasiýaly (SIS), LSIC – Lagre – scale integrated cirit – Integral shemasy ýokary derejeli integrasiýaly (ÝIS), VLSIC – Very – large – scale integrated circuit – integral shemasy aşa ýokary derejeli integrasiýaly (SBIS) – AÝIS.

### **Integral mikroshemalaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişleri (markirowkasy).**

Pudaklarda ulanylýan GOST – 1107.3.915-80 standarta laýyklykda integral mikroshemalaryň belgilenişleri baş elementlerden durýar.

Birinji elementin **öňünden** ýazylyan harp bilen şertli belgisi IS-iň peýdalanyş şertini, materialyny we korpusynyň tipini häsiýetlendirmek üçin şu aşakdaky harplardan peýdalanýarlar : **K** – umumy tehniki ulanylyşy, **E** – eksport üçin taýýarlanylýan (çykalgalarynyň ädimleri 2,54 we 1,27 mm), **Б** – korpussyz – IS, **Φ** – mini DIP – ( **dual in line package** – çykalga simleri korpusyň üstünde iki hatarlaýyn). P, M, E, A, H – harplar materialy we korpusyň tipini görkezýär (maglumatlar «Korpuslar» hakydaky bölümde getirilýär).

**Birinji element** – sifr, mikroshemanyň haýsy topara degişlidigini, konstruktiv – tehnologiýa alamatlaryny aňladýar : 1 , 5, 6, 8 – ýarymgeçirijili, 2, 4, 8 – garyntgyly, 3 – başgalar (plýonka görnüşli, pýezokremli we başgalar).

**Ikinji element** – iki ýa-da üç şifrler bilen belgilenip, her tapgyrdaky (seriýadaky) işlenip gutarlyşynyň tertip nomerini aňladýar. Şeýlelikde birinji bilen ikinji elementleriň belgilenişleri haýsy nomer bilen tapgyrdaky (seriýadaky) mikroshemalaryň taýýarlanylşlaryny aňladýarlar.

**Integrirlenen mikroshemalaryn** tapgyry (seriýasy) – mikroshemalaryň dürli görnüşlerini öz içinde jemläp, birbada ençeme funksiýalary ýerine ýetirip bilýän, taýýarlanyş

tehnologiýasy birbitewi bolup hemmesini bilelikde peýdalanmak üçin niýetlenilýär.

**Üçünji element** – iki harpdan bolup, mikroshemanyň görnüşlerini hem-de funksional toparlaryny aňladýar.

**Dördünji element** – Zawodda taýýarlanylýan tapgyrdaky birgörnüşli mikroshemalaryň tertip nomeri.

**Bäşinji element** – (A, B, B we başga ) harplar, haýsy-da bolsa bir funksional parametr boýunça mikroshemalaryň işlenip gutarlyşynyň şertlerini kesgitleýär ( tiz täsir edişi, tok kabul edişi boýunça we ş.m ).

**Sifrli belgilenişe mysal** : **KP 565 PY6B** – mikroshemanyň umumy tehniki ulanylşy, korpussy plastmassaly, tipi 2, ýarymgeçirijili, tapgyry (seriýasy) 565, berilen tapgyryň işlenip taýarlanylýan nomeri 65, operativ ýadynda saklaýjy gurnama, işlenip gutarylan tertip nomeri 6, nominal tipi B.

**Sifrli hasaplanylýan integrally shemalar we olar hakda umumy maglumatlar.**

**Elektron elementleri, düwün çatymlary we gurnamalary :** Ikisifrli abzallaryň (enjamlaryň) esasynda bary-ýogy iki sany san (meselem 0 we 1) durýanlygy üçin şol sifrli elementrlere, çatymlara we gurnamalara sifrli integral shemalar diýilýär. Şonuň üçin-de sifrli sözi ulanylýar.

Iki sanly sistemada ähli hasap-hesip diňe iki sany sifr bilen amala aşyrylýar, olaryň birinjisi 1, ikinjisi bolsa 0. Bu iki sifrler bilen hem arifmetiki hem-de logiki amallary ýerine ýetirip bolýar.

Düzüminiň şeýle ýönekeýligine garamazdan sifrli tehnikanyň örän çylşyrymly düwünlerini (çatymlaryny) we gurluşlaryny emele getirip, logiki elementiň **I** (we), **II** (ýa-da), **Ne** (ýok) ýaly logiki funksiýalaryny hem giňden ulanýarlar. Örän çylşyrymly funksional düwünler (çatymlar) we gurnamalar

**I – NE** we **ILI – NE** şifrlı elementleriň esasynda ýygnaýarlar.

Senagat möçberinde öndürilýän logiki elementler özleriniň **0** we **1** ýagdaýlary bilen naprýaženiýeniň belli bir bahasynda işlemäge niýetlenilendirler. Meselem 155 tapgyrda öndürilen mikroshemalarda logiki

**0** – baha naprýaženiýeniň **0**-dan **0,4 W** çenli, logiki **1** – bahada bolsa naprýaženiýeniň **2,4 W** – yndan **5 W** töweregi bolup biler. Şeýle ýagdaýda logiki **1** – ýagdaýda naprýaženiýeniň ýokary  $U^1$  derejesine logiki **0** – ýagdaýda bolsa naprýaženiýeniň pes  $U^0$  derejesine laýyk gelýär. Beýle gatnaşyklar logikanyň položiteldigini aňladýar. Eger-de, logiki **1-iň** naprýaženiýesi pes bolup, logiki **0-yň** naprýaženiýesi ýokary bolsa, onda bular ýaly gatnaşyklar logikanyň otrisateldigini ýagny minusdygyny aňladýar.

Logiki elementlerden gurnalan sifrli shemalar esasan hem iki topara bölünýärler – kombinasion we yzygiderlikli shemalardyr.

**Kombinasion** sifrli shemalar diýlip mikroshemanyň **Ý** – çykalgasyndaky signallar belli bir wagtda **X** – girelgä gelýän signallaryň toplanýşyna (kombinasiýasyna) bagly bolup we şol bir wagtyň özünde **X** – girelgä gelýän oň ýanyndaky signallardan bagly däldir.

Sifrli – **Yzygiderlikli** sifrli shemalar diýlip mikroshemanyň **Ý** – çykalgasyndaky signallar belli bir wagtda diňe bir ; **X** – girelgä gelýän signallaryň toplanýşyndan (kombinasiýasyndan) basga-da şol bir wagtyň özünde **X** – girelgä gelýän oň ýanyndaky signallardan hem baglydyr.

Sifrli – yzygiderlikli shema diýilýäniniň sebäbi onuň düzümindäki elementlerde ýadynda saklamak ukybyň bardygyny bilen olaryň içindäki ýagdaýy kesgitlemek we girelgä gelýän signallaryň yzygiderlikli ykbalyny oňünden aýdyp bolýandygyny üçindir.

Ýadynda saklaýjy sifrli elementleriň iň ýönekeý gurnamasyna **trigger** diýilýär.

**Trigger** – (böküp üýtgemek, atylmak) – iki sany durnukly ýagdaýy eýeläp bilýän sifrli tehnikanyň elementidir.

Eger-de, kombinasion shemalary gurnamagyň esasy **I** – **NE**, **II** – **NE** logiki elementler düzýän bolsa, onda izygyderlikli shemalarda logiki elementleri triggerler düzýärler.

Çylşyrymlygyň derejesi boýunça (babatynda) operasiýalary ýerine ýetirmekde sifrli elementleri şu aşakdaky klassifikasiýalara bölýärler :

**a)** Logiki element – sifrli element bolup, iň ýönekeý logiki funksiýalary ýerine ýetirýän funksional integrasiýanyň iň pes derejesine (gatlagyna) degişlidir;

**b)** Sifrli düwün (çatym) – funksional integrasiýanyň orta derejesini (gatlagyny) kesgitleýän funksional tarapdan doly tamamlanyp jemlenen görnüşdäki logiki elementlerdir ;

**c)** Sifrli gurnama – birnäçe sifrli çatymlaryň (düwünleriň) kompleks görnüşi bolup – logiki, hasaplaýyş we başga-da dürli görnüşli operasiýalary ýerine ýetirýän funksional integrasiýanyň ýokary gatlagyna degişlidir.

**d)** Sifrli hasaplaýjy maşynlar – birnäçe sifrli gurnamalaryň kompleks toplumy bolup, funksional integrasiýanyň iň ýokary gatlagyna degişlidir.

Tranzistorlar ähli sifrli gurnamalaryň esasy abzallary bolup hyzmat edýändikleri üçin, sifrli mikroshemalar tranzistorlar bilen gurnalyşyna laýyklykda iki topara bölünýär :

- Ikipolýarly IMS (integrally mikroshema) we

- Metal-dielektrik-ýarymgeçirijili IMS (ýa-da MDÝIMS).

Birinjisi ikipolýarly tranzistorlaryň tehnologiýasy boýunça taýýarlanylýar. Ikinjisi MDÝ – tranzistorlaryň tehnologiýasy boýunça taýýarlanylýar.

Sifrli IMS-leriň ikipolýarly tehnologiki taýýarlanyş usuly shematehnologiýa nyşanlary (alamatlary) boýunça klassifisirlenýärler, ýagny klassifikasiýa bölünüşleriniň bazasy logiki elementleriň paýlanyşy ýalydyr :



1. **Gönüden** – **göni** baglanşykly tranzistorlar – Tranzistorly logiki elementler özara baglanşyklary gönüden – gönidir (TLGB – tranzistorly logikasy göni baglanşykly) ;
2. Tranzistorly – rezistorlaryň üsti bilen baglanşykly (RTL – rezistiw – tranzistorly logika) ;
3. Tranzistorly – rezistor – sygymyň üsti bilen baglanşykly (**RSTL** – rezistiw – sygymly – tranzistorly logiki);
4. Diodly – tranzistorly logika (**DTL**) ;
5. Tranzistor – tranzistorly logika ( **TTL** ) ;
6. Tranzistorly – emitterli baglanşykly ( **EBL** – emitterli baglanşykly logika) ;
7. Diodly matrisalar ( DM ) ;
8. Inžeksiýa – inžeksiýa integrally logika (  $I^2L$  ) ;
9. Tranzistor – tranzistorly Şotkiniň diodlarynyň üstleri arkaly baglanşykly ( TTLŞ ) – diýmek, Tranzistor – tranzistorly logiki baglanşyk – Şotkiniň diodlarynyň üsti bilen ýola goýulýar.

Tehnologiki usullaryň şeýle atlandyrylmaklarynyň sebäbi, sanalyp geçilen shematehnikanyň prinsipinde mikroshemalaryň gurluş – suduryň esaslary ýatyr.

Metal-dielektrik-ýarymgeçirijili **MDÝ** – tehnologiýasynyň ugurlaryndan giň tehnologiki ösüş gazanyldy : **p** – nakally ( **p-MDÝ** ), **n** – nakally ( **n-MDÝ** ), kompletarly **MDÝ** tranzistorda ( **KMDÝ** ).

Has giň möçberde ýaýran tehnologiýalardan **TTL** , **TTLS**, **EBL**, **I<sup>2</sup>L** görnüşli **MDÝ** tehnologiýalar mikroshemalaryň ösmeginde tutýan orunlary uludyr.

Aşakda, ýarymgeçirijili tehnologiýanyň dürli görnüşlerini özara deňeşdirmek üçin tablisa ýerleşdirildi ( Tablodaky sanlar otnositel bahada görkezildi).

Tehnologiasy	Operasiýanyň gidişiniň orta bahasy	Kabul edilýän kuwwat	Integrasiýanyň derejesi (gatlagy)	Durnuklygyň pozulmagy	Gymmaty (bahasy)	Tehnologiki ýaşy
<b>P – MDÝ</b>	1	0,7	0,3	0,5	0,2	1
<b>n – MDÝ</b>	0,5	0,6	0,5	0,7	0,3	0,8
<b>KMDÝ</b>	0,4	0,2	1	1	0,5	0,5
<b>I I L S</b>	0,3	0,9	0,2	0,3	0,9	0,5
<b>EBL</b>	0,2	1	0,1	0,2	1	0,3
<b>I<sup>2</sup> L</b>	0,8	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4

MDÝ – IMS-iň tehnologi taýýarlanylşy ikipolýarly IMS-lerden has ýönekeýdir.

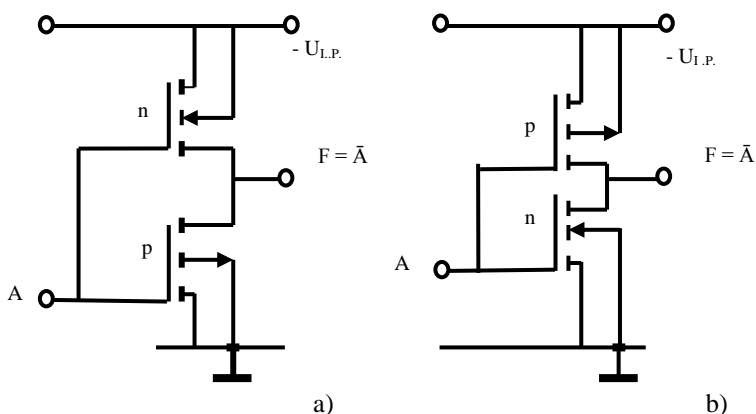
MDÝ – IMS-iň tehnologi operasiýasynyň sany 22 bolsa, onda ikipolýarly IMS-leriň taýýarlanylş tehnologiýasynyň operasiýasynyň sany 32. Taýýarlanylş kynçylyklary boýunça-da MDÝ – IMS-iňki ikipolýarly IMS-lerden 30% azdyr.

MDÝ – IMS-iň kem tarapy özüniň **p** – tipli geçiriji kanaly bilen haýal işe girişýänligidir. Şonuň üçin-de, bu ýetmezçilikden dynmak üçin geçirilen ençeme ylmy işleriň netijesinde MDÝ – abzallaryň kanalynyň **n** – tiplisiniň döremegine getirýär. Elektronlaryň çakganlygynyň **p** – deşiklerden has ýokarydygy sebäpli **n** – tipli **MDÝ** – abzallarda geçirilýän operasiýalar (açmak, öçürmek) **p** – tiplä seredeniňde 2,4 esse çalt (tiz) bolup geçýär.

Açyp – ýapmak ýaly operasiýalary – örän ýeňil gopýanlygy sebäpli iýmitlendiriji çeşme hökmünde 5 wolta çenli naprýaženiýeli batareýjagazlar (akkumulýatorlar) bilen üpjün edilýär.

IMS –leriň çalasynlygyny ýokarlandyrmak üçin goşmaça düzümler ulanlyp simmetriýany gazanýarlar. Başgaça aýdylanda bir **düşegiň** (esasyň) üstünde **n** – we **p** – kanally MDÝ abzallar ýygnaýlyp, abzallaryň ikisiniň-de burmasyna

(zatworyna) girelge signallary berilýär. Şular ýaly birleşmelere **komplementor** (üstüni ýetirýän) düzümler ( **KMDÝ** ) diýilýär.



2.1-nji çyzgy. Üstüni ýetirýän tranzistorly inwertorlar ( **KMDÝ** ).

### Logiki elementler. Esasy ýagdaýlar we maglumatlar. Esasy logiki funksiýalar. Logiki elementleriň amlituda häsiýetnamalary.

Islendik logiki garaýyşlary (pikirleri) bir ýa-da birnäçe üýtgeýän ululyklaryň funksiýasy hasap edilýän logiki funksiýalaryň kömegi bilen beýan edip bolýar.

Logiki pikirleri beýan edip bilýän ilkinji matematiki abzaly XIX – asyryň ahyrynda Iňlis matematigi **Jorj Bul** tarapyndan hödürlenilýär. Şeýle matematiki abzalyň esasy üç sany logiki **NE** (ÝOK), **ILI** (Ýa-da), **I** (hem-de) funksiýalar tutýarlar. Bu logiki funksiýalara **Bul**-yň bazisi diýilýär (Bazis – Grek sözi, Türkmençe – asly, düýbi, köki, esasy, daýanjy ýaly manylary berýär). Şonuň üçin-de, şu üç logiki funksiýalaryň kömegi bilen dürli logiki garaýyşlary (pikirleri) öwredýän algebra **Bul**-yň algebrasy hem diýilýär.

**Logiki algebra** – Bu, adaty matematiki abzal bolup, prosesleriň logiki taraplaryny beýan edýän sifrli gurnamadyr. Logiki algebra – üýtgeýän logiki funksiýalar bilen işläp, diňe iki sany « **hakyky** » we « **ýalan** » bahalary kabul edýär ( **True** we **False** ), « Bar » we « Ýok », « 1 » we « 0 », « Beýik » we « Pes », « Ýapyk » we « Açyk ». Bu belgileriň içinde iň köp ýaýrany « **1** » we « **0** » belgileridir.

Arifmetiki sanlar bilen ýerine ýetirilýän operasiýalary özära deňleşdirmek üçin, iki alamatly « 0 » we « 1 » arifmetiki sanlaryň goşulyşlaryna we köpeldişlerine seredeliň.

Arifmetik goşmak	Logiki goşmak	Arifmetiki köpeltmek	Logiki köpeltmek
$0 + 0 = 0$	$0 \vee 0 = 0$	$0 \cdot 0 = 0$	$0 \wedge 0 = 0$
$0 + 1 = 1$	$0 \vee 1 = 1$	$0 \cdot 1 = 0$	$0 \wedge 1 = 0$
$1 + 0 = 1$	$1 \vee 0 = 1$	$1 \cdot 0 = 0$	$1 \wedge 0 = 0$
$1 + 1 = 0$	$1 \vee 1 = 1$	$1 \cdot 1 = 1$	$1 \wedge 1 = 1$

Belgi hökmünde **V** we **Λ** alamatlar deňşililikde logiki goşmagy we köpeltmegi aňladýarlar. Birinji **V** – alamat Latynça « **Vel** » sözüniň birinji harpydyr « **ýa-da** » diýmekdir.

Islendik logiki ýagdaýlary ( pikirleri ), çylşyrymlygyna garamazdan beýan edip bolýanlygy üçin, ýygnaýan logiki funksiýalara « **logiki bazis** » ýa-da ýöne « **Bazis** » diýilýär.

Logiki bazis hökmünde logiki funksiýalaryň ýygnaýşynyň üç görnüşi bellidir, olar : **a) I, ILI, NE** – logiki funksiýalar ; **b) I – NE** – logiki funksiýa ; **c) ILI – NE** – logiki funksiýa.

Logiki algebranyň esasy düzgünleri :

**Postulatlar** ( Subutsyz ykrar etmek)

1. Logiki köpeltmek	2. Logiki goşmak	3. Inwersiýa
$0 \wedge 0 = 0$	$0 \vee 0 = 0$	$0 = \bar{1}$
$0 \wedge 1 = 0$	$0 \vee 1 = 1$	$1 = \bar{0}$
$1 \wedge 0 = 0$	$1 \vee 0 = 1$	
$1 \wedge 1 = 1$	$1 \vee 1 = 1$	

**Teoremlar** (Karara gelmek, netijä gelmek ).

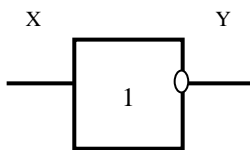
1. $\overline{\overline{X}} = X$	6. $0 \vee X = X$
2. $X \wedge 0 = 0$	7. $1 \vee X = 1$
3. $X \wedge 1 = X$	8. $X \vee X = X$
4. $X \neg X = 0$	9. $X \vee X = 1$
5. $X \wedge X = X$	

### **Kanunlar.**

1.  $X \wedge Y = Y \wedge X$  ;  $X \vee Y = Y \vee X$  – orun çalyşmak kanuny;
2.  $X \vee XY = X$  ;  $X (X \vee Y) = X$  – ýuwutmak kanuny;
3.  ~~$X \wedge Y = X \vee Y$~~  ;  $X \vee Y = X \wedge Y$  – inwersiýa (alamatyny ýtgetmek);
4.  $X \wedge Y \vee X \wedge Y = X$  ;  $(X \vee Y) \wedge (X \vee Y) = X$  – birleşdirýän kanun;
5.  $X (Y \vee Z) = X \wedge Y \vee X \wedge Z$  ;  
 $X \vee YZ = (X \vee Y) (X \vee Z)$  – paýlaýjy kanun;
6.  $X \wedge (Y \wedge Z) = (X \wedge Y) \wedge Z$  ;  
 $X \vee (Y \vee Z) = (X \vee Y) \vee Z$  - utgaşdyrmak

### **Esasy logiki funksiýalar.**

1. NE – funksiýa, üýtgeýän bir ululygyň (bir argumentiň) funksiýasydyr.  
NE – funksiýanyň başgaça atlary: otrisaniýe – inžärlemek, inwersiýa – tersine, « NO » – Däl .



Shemalarda belgilenişi

**NE** – funksiýany özleşdirýän logiki elemente **inwertor** diýilýär.

Logiki **NE** – funksiýanyň matematiki ýazylyşy  $Y = \overline{X}$  görnüşde aňladylýär.

Logiki **NE** funksiýanyň hakykat tablisasy.

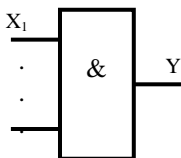
X	Y
0	1
1	0

Hakykat tablisasy

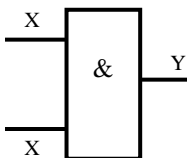
## 2. I – funksiýa .

Iki we köpgirelgeli argumentleriň funksiýasydyr.

**I** –funksiýanyň başgaça atlary: **konýuksiya, logiki köpeltmek, gabat gelmek, AND** (Türkmençe - we, hem-de diýmek).



Köpgirelgeli  
**I** – funksiýanyň shemalarda belgilenişi.



Ikigirelgeli  
**I** – funksiýanyň shemalarda belgilenişi.

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Iki sanly üýtgeýjili logiki **I**-elementiň hakykat tablisasy.

**I** – funksiýany özleşdirýän logiki elemente konýuktor ýa-da logiki **I** – element diýilýär.

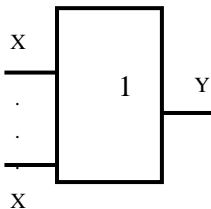
Logiki **I** – funksiýanyň matematiki ýazylyşy (köpeltmek)

$$Y = X_1 \wedge X_2 \wedge \dots \wedge X_n \text{ ýa-da } Y = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n$$

**I** – elementiň girelgesindäki  $X_1 \dots X_n$  gysgyçlaryň haýsy-da bolsa birine berilýän dolandyryjy signal giden bir informasiýalaryň akymyny « **Geçir –1** » we « **Geçirme-0** » ýaly operasiýalaryň üsti bilen dolandyrmakda peýdalanylýanlygy üçin **I** – elemente **wentil** hem diýilýär.

3. **I L I – funksiýa** – iki we köpsanly argumentleriň funksiýasydyr. Bu logiki elementiň goşmaça atlary : Logiki goşmak, Dizýuksiýa, OR – (İňlisçe –ýa-da diýmek).

**I L I** – funksiýany özleşdirýän logiki elemente dizýuksiýa ýa-da logikanyň « **I L I** » (Ýa-da) elementi diýilýär.

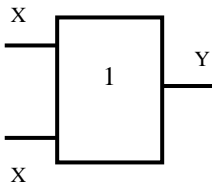


« **I L I** » – funksiýanyň matematiki aňladylyşy .

$$Y = X_1 \vee X_2 \vee \dots \vee X_n \text{ ýa-da}$$

$$Y = X_1 + X_2 + \dots + X_n$$

Köpsanly «**I L I**» funksiýanyň shemalarda belgilenişi.



$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Iki sanly üýtgeýjili logiki **ILI** – elementiň hakykat tablisasy. (logiki goşulmak)

4. **I – NE – funksiýa** .Iki we köpsanly argumentiň funksiýasydyr.

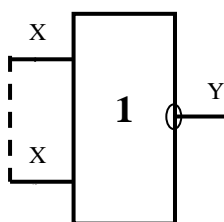
Başgaça atlary : - Şefferiň ştrihi, Şefferiň funksiýasy, NAND.

**I – NE – funksiýanyň matematiki ýazylyşy.**

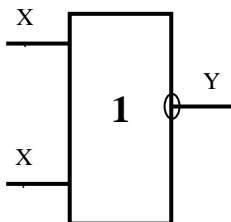
$$Y = \overline{X_1 \wedge X_2 \wedge \dots \wedge X_n} \quad \text{ýa-da} \quad \overline{Y = X_1 \cdot X_2 \cdot \dots \cdot X_n}$$

5. **ILI – NE – funksiýa** . Iki we köpsanly argumentiň funksiýasydyr.

Başga-ça atlary : - Webbanyň funksiýasy, Pirs-iň oky; NOR



Köpsanly **ILI-NE** funksiýanyň shemalarda belgilenişi.



Ikisanly **ILI-NE** funksiýanyň shemalarda belgilenişi.

$X_1$	$X_2$	$Y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Ikisanly üýtgeýjili logiki **ILI-NE** elementiň hakykat tablisasy.

**ILI – NE – funksiýanyň matematiki ýazylyşy.**

$$Y = \overline{X_1 \vee X_2 \vee \dots \vee X_n} \quad \text{ýa-da} \quad \overline{Y = X_1 + X_2 + \dots + X_n}$$

**Triggerler hakda umumy maglumatlar. Asinhron we sinhron triggerler (RS) bir basgançakly sinhron JK triggerler.**

**Kesgitlemesi** : Triggerler iki sany **durnukly ýagdaýy** bilen häsiýetlenýän sifrli gurnamalaryň elementidir.

Signallaryň esasy we kömekçi maglumat signallaryna bölünişleri ýaly, trigger elementleriniň-de girelgesi



maglumatlar (informasiýalar) üçin esasy we kömekçi girelgelere bölünýärler.

Maglumat üçin niýetlenilen **esasy** girelgä berilýän signallar triggeriň ýagdaýyny dolandyýar.

**Kömekçi** girelgä berilýän signallar bolsa, triggeriň işläp başlamagynyň öň ýanynda- onuň ýagdaýyny **sinhron** saklamak üçin hyzmat edýär.

**Triggerler –özlerine mahsus bolan birnäçe alamatlary boýunça dürli-dürli toparlara (klassifikasiýalara) bölünýärler:**

1.Triggerleriň funksional mümkinçiliklerine görä bölünişleri:

a) Aýratyn **0** we **1** görnüşde oturdylan sifirleri bilen (**RS**-trigger); **Rezet**- zyňylmak (iňlis), **Set**- oturtma (iňlis);

b) Girelgä gelyän maglumatlary bir-birden kabul edýänligi bilen

(D-trigger); **Delaý** (iňlis)- saklanmak. Başgaça görnüşi **DV**-triggerdir, onuň kömekçi **V**-girelgesi bolup, girelgesine gelyän maglumatlar boýunça ýazgylar geçirmek üçin ýörite ygtyýarly signallar berilýär **Valve**- klapan (iňlis).

ç) Girelgesini 0 we 1 görnüşde towlap sanaýan trigger (**T**-trigger) **Toggel**- (iňlis sözi – towlandy diýmek). Başga görnüşli hasap edilýän **TV**- triggerler hem ulanylýar. Bu triggeriň-de kömekçi **V**- girelgesi bolup, girelgesine gelyän maglumatlar boýunça ýazgylar geçirmek üçin ýörite ygtyýarly signallar berilýär.

d) Uniwersal trigger (**JK**- trigger). Bu **JK** – triggerde gadagan edilen ýagdaý ýokdur. Diýmek, ýokarda agzalan islendik triggeriň deregine ulanmak bolýar. (**JK**)- **Jump+ Keep**. (iňlis) – üstünden zyňmak – saklamak.

e) Maglumatlary (informasiýalary) kabul etmek usuly boýunça triggerler **asinhron** we **sinhron** diýilýän iki topara bölünýärler.

## Asinhron we sinhron triggerler (RS) bir basgançakly sinhron JK triggerler.

**Asinhron** triggerler – girelgesinde maglumatlaryň signallary dörän wagty işläp başlaýar.

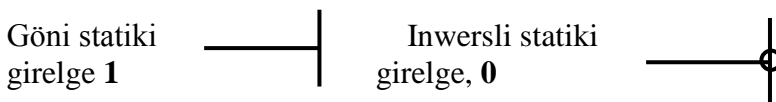
**Sinhron** triggerler - bolsa diňe ýöriteleşdirilen girelgelerinde sinhronlanan C maglumatlaryň signallary berilende duýýar we işläp başlaýar.

Clock- wagt, sagat (iňlis).

Sinhron triggerleri dolandyrmak usuly boýunça **statiki** we **dinamiki** dolandyryşlara bölýärler.

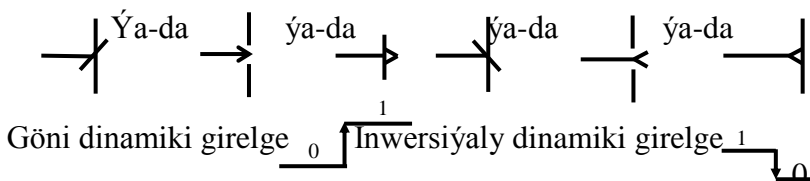
**Statiki** dolandyrylýan triggerler, haçanda olaryň C- girelgesine berilýän maglumatlaryň signallary **1**-derejeli signal bolanda duýýar.

Shemalarda triggerleriň C- girelgeleri şu aşakdaky ýaly şertli belgilenýärler **1** (C- girelgesi göni) ýa-da **0** (C- girelgesi inwersli).



**Dinamiki** dolandyrylýan triggerler, haçanda olaryň C- girelgesine berilýän maglumatlaryň signallary **0**-dan **1**- e tarap (Göni dinamiki C-girelgesi) ýa-da **1**-den **0**-la tarap (Inwersiýaly dinamiki C-girelgesi) üýtgeýän wagty maglumatlaryň signallaryny duýýar.

Shemalarda dinamiki dolandyrylýan triggerleriň girelgeleriniň şertli belgilenişleri.

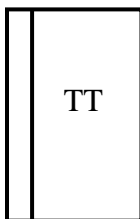
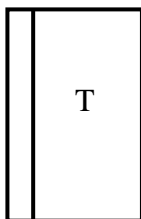


3. Triggerler özleriniň gurluş çylşyrymlyklaryna görä **birbasgançakla** we **ikibasgançakla bölünýärler**.

**Birbasgançakly triggerlerde** onuň ýeke-täk basgançagy bir gezek maglumat bilen doldurylýar.

Bular ýaly triggerlerde maglumatlaryň ýazylyşy-wagt boýunça üznüksiz üýtgeýan prosesiniň ýagdaýyny durnukly saklamak üçin maglumatlaryň signallarynyň üsti bilen amala aşyrylýar.

**Ikibasgançakly triggerlerde** maglumatlaryň signallary bilen iki basgançagy-da doldurylýar. Olar **Sinhron** (taktly) impulsar bilen dolandyrylanda ilki bilen birinji basgançagyň maglumatlary ýazylýar, soňra ikinji basgançagyň maglumatlary ýazylýar, olaryň netijeleri bolsa triggeriň çykalgasyndan alynýar.



Shemalarda birbasgançakly triggerler bir sany **T**-harpy bilen, ikibasgançakly triggerler iki sany **T**-harpy bilen şertli belgilenýärler.

Yzygider birikdirilen iki sany sinhron **RS**- triggere ikibasgançakly triggerler diýilýär ýa-da **MS**- triggerler (Master- slave flip-flop, Inlisçe) diýilýär.

Bu iki triggerleriniň birinjisine **alyp baryjy** ýa-da **S**-trigger diýilýär (**Slade** – işçi, hyzmatkär- inlis).

**Flip- flop** trigger [durydäl trigger – (ptiklenip – şappatlanmak) inl.]

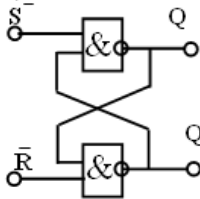
Bu trigger öz ýagdaýyny diňe **C** – girelgesinde signalyň kesmeginde üýtgedip bilýär.

**MS**- triggeriň kiltli triggerlerden tapawudy dury-däldigidir ýagny **C=0** we **C=1** bolanda-da **R** we **C** girelgeleriniň dury (açyk) däldigidir.

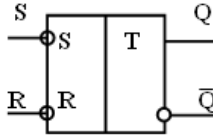
## Asinhron RS triggerler.

İki görünüşüne seredeliñ :

### 1) I-NE elementli asinhron RS- triggerler.



Logiki I-NE elementli RS – triggeriñ düzülişi.

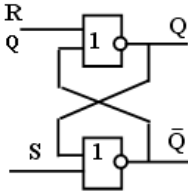


RS – triggeriñ shemalarda belgilenişi

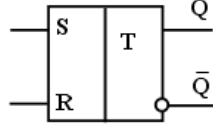
$\bar{S}$	$\bar{R}$	Q	$\bar{Q}$	Düzgüni
0	0	-	-	Gadagan
0	1	1	0	Yagdaýy-1
1	0	0	1	Yagdaýy-0
1	1	$Q^*$	$Q^*$	Yatda saklaýar

RS – triggeriñ iki ýanlaýyn geçiriştablisasy. (Ýagdaýy – ustanowka manyсында).

### 2) II-NE elementli asinhron RS-triggerler



Logiki I-NE elementli RS – triggeriñ düzülişi.



Shemalarda belgilenişi

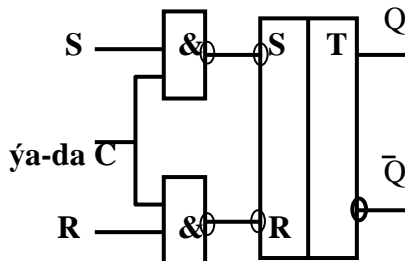
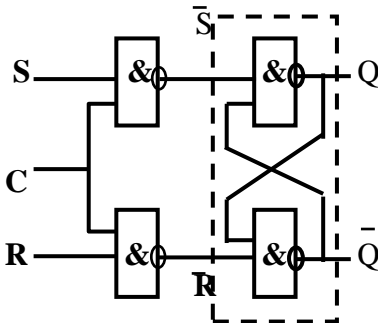
S	R	Q	$\bar{Q}$	Düzgüni
0	0	$Q^*$	$Q^*$	Yatda saklanýar
0	1	0	1	Yagdaýy-0
1	0	1	0	Yagdaýy-1
1	1	-	-	Gadagan

RS – triggeriñ iki ýanlaýyn geçiriş tablisasy

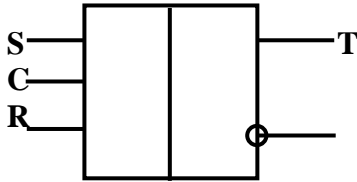
## Sinhron RS-triggerler hakda gysgaça maglumatlar.

Sinhron RS-triggerlerden hem iki sany mysala seretmek bilen çäklenýäris.

### 1) I-NE elementlerden guralan sinhron RS-triggerler



## I-NE logiki elementlerden ýygналan birbasgançakly sinhron RS-triggeriň düzülişi



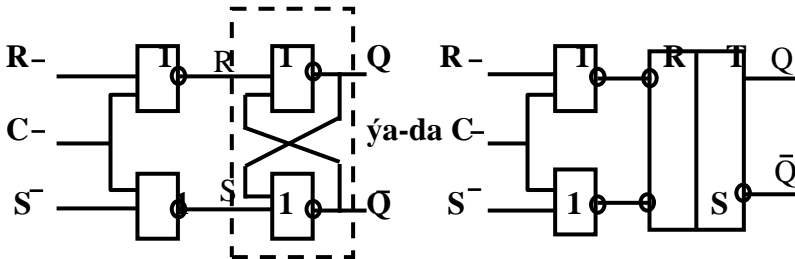
C	S	R	Q	Q	Düzgüni
1	0	0	Q*	Q*	Ýatda saklaýar
1	0	1	0	1	Ýagdaýy-0
1	1	0	1	0	Ýagdaýy-1
1	1	1	-	-	Gadagan

Shemalarda belgilenşi

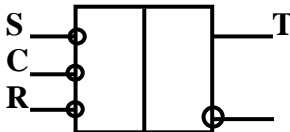
Sinhron **RS**-triggeriň iki ýanlaýyn **RS**- triggeriň geçiriş tablisasy.

Shemalarda we tablolarda görkezilen  $Q^*$ -belgi ýatda saklamak düzgüni aňladýar.

## 2) ILI-NE elementlerden gurnalán sinhron **RS**-triggerler



## ILI-NE logiki elementlerden ýygналan birbasgançakly sinhron RS-triggeriň düzülişi

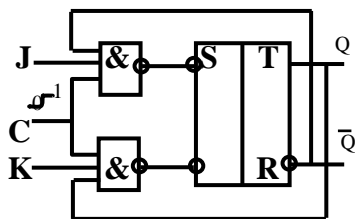


Shemalarda belgilenşi

C	S	R	Q	Q	Düzgüni
0	0	0	-	-	Gadagan
0	0	1	1	0	Ýagdaýy-1
0	1	0	0	1	Ýagdaýy-0
0	1	1	Q*	Q*	Ýatda saklaýar

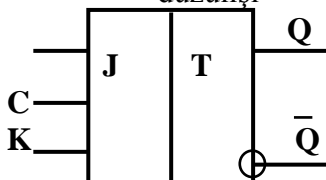
Sinhron **RS**-triggeriň iki ýanlaýyn geçiriş tablisasy.

## Birbasançakly sinhron JK-triggerler



I-NE logiki elementlerden  
ýygnaýan bir basançakly  
sinhron **JK**-triggeriň

düzülişi

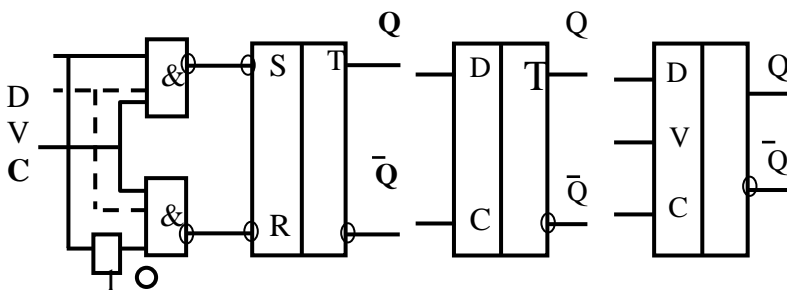


C	J	K	Q	Q	Düzgüni
	0	0	Q*	Q*	Ýatda saklaýar
	0	1	0	1	Ýagdaýy-0
	1	0	1	0	Ýagdaýy-1
	1	1	Q	Q	0-dan 1-e ýa-da 1-den 0-a geçiliş

Birbasançakly sinhron  
**JK**-triggeriň tablisasy

Göni dinamiki geçelgeli  
**JK**-triggeriň shemalarda  
belgilenşi

## D-triggerler



**D** we **DV**-triggerler

Göni statiki girelgeli **D** we **DV**  
triggerleriň shemalarda  
belgilenişleri

C	1 1	0 0
D	0 1	0 1
Q	0 1	Q* Q*

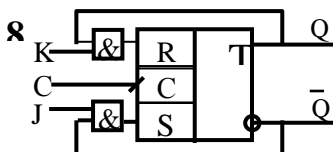
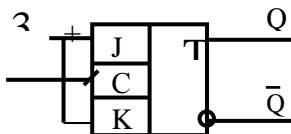
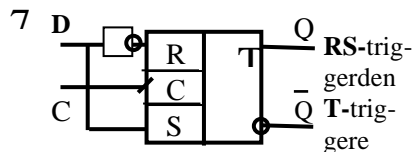
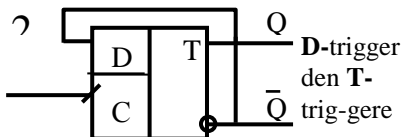
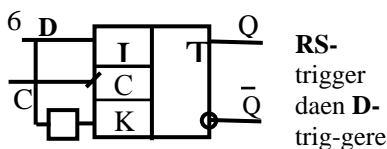
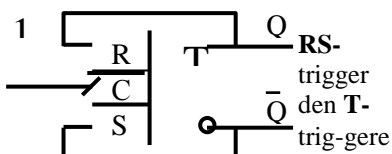
V	1 1	1 1	0 0	0 0
C	1 1	0 0	1 1	0 0
D	0 1	0 1	0 1	0 1
Q	0 1	Q* Q*	Q* Q*	Q* Q*

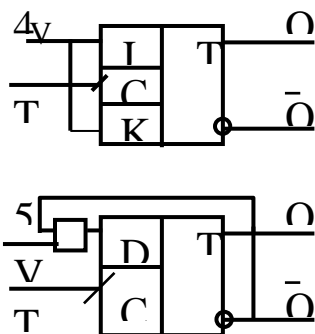
Göni statiki girelgeli  
**D** triggeriň iki  
 ýanlaýyn geçiriş  
 tablisasy

Göni statiki girelgeli **DV**-triggeriň  
 iki ýanlaýyn geçiriş tablisasy.

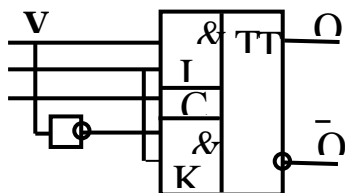
### Triggerleriň özara özgerdiş shemalary.

T	1
<b>JK</b> -trigger T-den T-triggerge	<b>RS</b> -triggerden <b>JK</b> -triggere
<b>JK</b> -trigger-den <b>TV</b> -triggere	1 <b>JK</b> -triggerden <b>DV</b> -triggere
& <b>D</b> - trigger-den <b>TV</b> -triggere	





9



## **Ýagtylyga duýgur abzallar hakda umumy maglumatlar. Daşky we içki fotoeffektleriň aýratynlyklary. Ýagtylyga duýgur abzallaryň esasy häsiýetnamalary we esasy parametrleri.**

**Kesgitlemesi.** Ýagtylyga duýgur abzallar (optiki şöhleleri kabul edijiler) diýlip, optiki diapazonda elektromagnit şöhlelenmegi tapyp bilýän ( **duýýan** ) hem-de şol şöhleleri ölçäp bilýän abzallara aýdylýar.

**Ýagtylyga duýgur abzallar** – elektromagnit energiýalaryň şöhleleniş hadysasyna esaslanyp, olary başga elektrik signallaryna, (başga energiýalara, meselem görünilýän optiki şekillere) öwürip bilýän abzallardyr.

**Klassifikasiýalary** (toparlara bölünişleri) : Ýagtylyga duýgur abzallary – fotoelektronly, fotoelektrikli, ýylylykly ýaly üç topara bölýärler :

**1. Fotoelektronly** abzallaryň işleýiş prinsipleri **daşky** fotoeffektlere hem-de wakuumly ýa-da gaz bilen doldurlan abzallardaky döredilýän elektrik meýdanynyň täsirinden hereketlendirilýän elektronlaryň akymyna esaslanýarlar. Käbir abzallarda bolsa **içki** fotoeffektler ( **widikonlara** ) we **ýylylyk** effektlere



( **Piro**-widikonlara ) esaslanýarlar ( **Piro**-ýanýan, ýangyn – Grek sözi, **Widio**-görmek-Latyn, **eikon** – şekil – Grek sözleri).

Olara degişli abzallar : Telewideniýelerde ulanylýan elektron şöhlelerini döredýän turbalar, fotoelektronly köpeldijiler ( **FEK** ), fotoelementler, elektronly-optiki özgerdijiler, fotoelektronly özgerdijiler, fotoemissiýaly ýüwrük (ylgaýan) tolkunlaryň çyralary we başgalar.

**2. Fotoelektrikli** abzallaryň işleýiş prinsipleri **içki** fotoeffektlere hem-de ýarymgeçirijileriň taýýarlanýş tehnologiýasyna esaslanýar.

Olara degişli abzallar. Fotorezistorlar, fotodiodlar ýarymgeçirijilerden ýasalan fotoelementler ( Gün elementleri ), fototranzistorlar, fototiristorlar, zaryadlary äkidýän ýagtylyga duýgur abzallar (ZÄÝDA).

**3.Ýagtylygyň ýylylyk** täsirine has duýgur abzallara ýylylygyň abzallary diýilýär. Ýylylyk abzallarynyň işleýiş prinsipi şöhleleriň ýuwdulan wagty, abzallara edýän täsirinden temperaturanyň garşylygynyň üýtgemeginiň duýgurlygyna esaslanýar ýa-da temperaturanyň üýtgemegi netijesinde birnäçe kristallaryň üstlerinde elektrik zaryadlarynyň toplanýanlygy sebäpli garşylygynyň üýtgeýiş duýgurlygyna esaslanýar.

Olara degişli abzallar : Ýarymgeçiriji bolometrlar, şöhlelenýän piroelektriki ýükler, bolometriki ýylylygy kabul edýän gurnamalar ( **ÝKEG** ).

**Ýagtylyga duýgur abzallarda bolup geçýän esasy fiziki hadysalar.**

Daşky fotoeffekt. Daşky fotoeffekt diýlip, elektromagnit şöhleleriniň jisimler tarapyndan ýuwdulýanlygy sebäpli jisimlerden wakuuma tarap elektronlaryň emissiýalanmak hadysasyna aýdylýar.

Jisimiň üstüne düşýän elektromagnit şöhlelerindäki fotonlaryň energiýasy elektronlara goşmaça energiýa bermek üçin harçlanýar.

Şu energiýanyň hasabyna elektron özüniň  $m_e$  – massasy bilen  $A_{\text{çyk}}$  – işi ýerine ýetirýär we  $V$  – başlangyç tizligine eýe bolýar. Ýokardaky aýdylan energiýa, iş, tizlik we massa ýaly ululyklaryň özara matematiki baglanşyklary Eýnşteýniň deňlemesi bilen aňladylýar.

$$h\nu = A_{\text{çyk}} + \frac{m_e \cdot V^2}{2}$$

Bu ýerde:  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  **Joul · sek** – Plankyň hemişeligi ,  
 $V$  – elektromagnit şöhlemenegiň ýygylgy.

**Daşky we içki fotoeffektleriň aýratynlyklary.**

**Daşky fotoeffektiň aýratynlyklary :**

1. Hemişelik şöhleleriň akymy bilen jisimiň üsti şöhlä tutulanda fotoelektron emissiýanyň netijesinde döreýän tok, şol spektral düzümlü şöhle akymynyň intensiwligine (ýitiligine) gönüden-göni baglydyr.

$$I_F = s \cdot \Phi$$

Bu ýerde :  $I_F$  – fototok ,  $\Phi$  – elektromagnit akymynyň ululygy;  
 $s$  – fotokatodyň ýagtylyga duýgurlygy.

2. Fotokatoddan uçup (atylp) çykýan elektronlaryň tizligi näçe uly boldugyça, şonça-da şöhlemenegiň  $V$  – ýygylgynyň siňişi uly bolýar ;  
 $V$  – ýygylgyň artmagy bilen fotoelektronlaryň başlangyç kinetiki energiýalary göni baglanşygyň kanuny bilen artýar.

3. Fotoeffekt hadysasy diňe şöhleleriň desselenen ýiti akymy bolanda hem-de  $V \geq V_{\text{kriz}}$  ýygylk bilen şöhlelendirlende ýüze çykýar we döreýär. Bu ýerde  $V_{\text{kriz}}$  – krizis ýygylgy diýilmeginden başga-da, oňa fotoeffekt hadysasynyň « **gyzyl araçägi** » hem diýilýär.

4. Fotoeffekt hadysasyna **inersiýasyz** diýseň-de bolýar, sebäbi şöhlelenmek bilen fotoelektronlaryň ýüze çykyp başlamagynyň aralaryndaky wagt  $3 \cdot 10^{-9}$  sekund töweregidir.

Şonuň üçin-de yza galmak (saklanmak) hadysasy ýok diýip kabul edilýär.

Umuman, islendik metaly, dielektrigi hem-de ýarymgeçirijini ýagtyldanyňda-da (yşyklandyranyňda-da) görmek bolýar.

**Içki fotoeffektiň aýratynlyklary.** Içki fotoeffekt diýilip, krisstalyň içinde birnäçe hadysalaryň bolup geçmegine aýdylýar. Meselem, elektromagnit akymy kristalyň gözeneklerinden geçende edýän täsirinden şöhlendirlen nusganyň garşylygynyň üýtgemegine aýdylýar.

Içki fotoeffekt dörän wagty elektronlaryň energetiki ýagdaýy üýtgeýär, kristaldaky toklary erkin alyp baryjylaryň-da mukdary üýtgeýär ýa-da olaryň çakgan gozganmaklary netijesinde kristalyň göwrüminiň içindäki zaryadlaryň täzedan paýlanmaklary bolup geçýär.

Içki fotoeffekt hadysasy diňe ýarymgeçirijilerde we dielektriklerde bolup geçýär.

Içki fotoeffektler diýlip hasap edilýänler :

- a) fotogeçirijilik (fotorezistor effekti);
- b) fotogalwaniki effekti ;
- w) fotoelektromagnit effekti;
- ç) ýarymgeçirijiler deňölçegsiz şöhlendirlende döreýän effektler.

Fotoelektriki abzallarda ulanylýan içki fotoeffektlerden esasan hem iki görnüşi has köp ulanylýar, olar fotogeçirijilik hadysasy bilen fotogalwaniki hadysalarydyr.

**Fotogeçirijilik** – diýilip, ýarymgeçirijilere şöhle ugrukdyrylanda nusgada döreýän özara deň bolmadyk dürli sebäpler bilen döreýän geçirijilikleriň bolçulygy ýüze çykanda aýdylýar.

Esasy geçirijilik diýlip, ýagtylyksyz (ýagny ýylylygynyň täsiri netijesinde döreýänligi üçin oňa şöhlesiz) ýa-da **tümlükde** döreýän geçirijilige diýilýär, sebäbi bu geçirijilik nusganyň tümlükde duran wagtyna gabat gelýär.

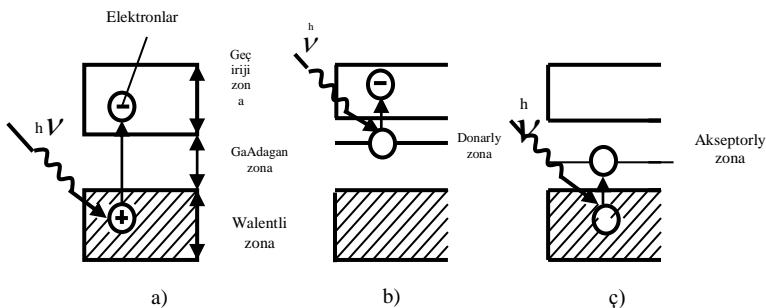
Ýarymgeçirijilere ugrukdyrлан şöhläniň bir bölegi arassa ýarymgeçirijä zerurlyk üçin harçlanýan (ýuwduýan)

bolsa, beýleki bölegi ýarymgeçirijiniň düzümine goşulan garyndylar tarapyndan ýuwdulmagy mümkindir.

Arassa ýarymgeçirijide ýagtylygyň ýuwdulmagy diýlip, ýagtylygyň **sorulyp** ýuwdulýanlygy netijesinde erkin toklary döredýänleriň (elektronlar bilen deşikleriň) jübütleşmeklerine aýdylýar.

Garyndyly ýarymgeçirijilerde ýagtylygyň ýuwdulmagy diýlende ýagtylygyň **sorulyp** ýuwdulýanlygy netijesinde togy döredýänler diňe bir tipli bolmalydyrlar (ýa elektron tipli ýa-da deşik).

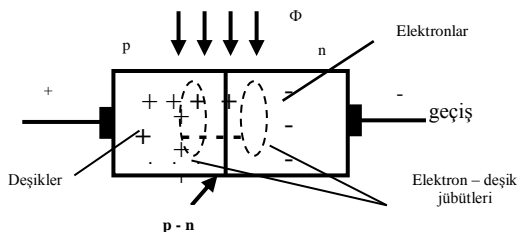
2.2-nji çyzgyda – arassa we garyndyly ýarymgeçirijilerde ilkinji togy alyp barýanlar : **a** – hususy bolanda we **b** ; **ç** – garyndyly bolanda şöhleler zerarly döredýän geçirijiligiň emele gelişleri görkezildi (çyzgyda **hν** – fotonlaryň energiýasy)



2.2-nji çyzgy. **a** – arassa, **b** – garyndysy donor, **ç** – garyndysy akseptor bolan ýarymgeçirijilerde şöhleler zerarly geçirijiligiň döreýşi.

Fotogalwaniki effekt – diýlip ýarymgeçirijiden ýasalan nusganyň üstüne şöhle ugrukdyrylanda **nusganyň** eginlerinde elektrik hereketlendiriji güýjüň (EHG-niň) döremegine aýdylýar.

Mysal hökmünde **p-n** gurluşa seredeliň. Nusganyň p-n geçelgesine we bu geçelgäni emele getirýän **p** hem-de **n** – böleklerine-de ýagtylyk ugrukdyrylýar. (2.3-nji çyzgy).



2.3-nji çyzgy. Ýarymgeçirijiden taýýarlanylýan nusganyň üstüne şöhläniň ugrukdyrlyşy.

Ýarymgeçirijiniň üstüne düşýän  $h\nu$  – fotonlar energiýasynyň  $\Phi$  – akymy, togy döredýän zarýadlaryň käbirinde elektronlaryň we deşikleriň jübütleşmeklerine sebäp bolýar. Ýagtylygyň  $\Phi$  – akymy bilen üpjün edilenden soň, ýarymgeçirijä elektrik meýdany bilen täsir etsek, onda **p-n** geçelgäniň töwereginde ýaňky jübütleşen elektron-deşikler aýrylyşmak bilen bolýarlar we deşikler öz **p** – bölegine tarap, elektronlar bolsa **n** – bölege tarap süýsmek bilen bolýarlar. Şeýlelikde, **n** – bölekde elektronlaryň üýşmekleri, **p** – bölekde bolsa deşikleriň üýşmekleri bolup geçýär. Netijede, **fotoelektrik** hereketlendiriji güýç (**Foto EHG**) emele gelýär. Foto EHG-niň ululygy ýagtylygyň dessesiniň ýitiligine (**intensiwligine**) bagly bolup **1-Woltuň** ondan biri (**0,1W**) töweregi bolýar.

Eger-de, **p-n** gurnamany (abzaly) ýapyk zynjyr bilen birleşdirsek, onda foto **EHG**-niň täsirinden elektrik togy dörär. Dörän elektrik togunyň ululygy (güýji) ýagtylygyň akymyna we ýüküň garşylygyna baglydyr.

### Ýagtylyga duýgur abzallaryň esasy häsiýetnamalary we esasy parametrleri.

1. Wolt-Amper ýa-da anodyň häsiýetnamasy diýlip ýagtylygyň akymy  $\Phi$  = hemişelik saklananda  $I_F$  – fototok bilen

elektrodlaryň arasyndaky  $U$  – naprýaženiýeniň baglanşyklaryna aýdylýar,  $I_F = f(U)$ .

Aslynda  $I_F$  – fototok ýagtylyk we tümlük toklarynyň tapawutlaryna deňdir

$$I_F = I_{\text{ýagt}} - I_{\text{tüml}}$$

**Tümlügiň togy** –  $I_{\text{tüml}}$  – haýsy-da bolsa belli bir naprýaženiýede şöhläniň ýok wagty ýapyk zynjyrdaky tok bolsa, onda ýagtylygyň togy –  $I_{\text{ýagt}}$  – haýsy-da bolsa belli bir naprýaženiýede şöhläniň bar wagty ýapyk zynjyrdaky tokdur.

2. Ýagtylygyň häsiýetnamasy – haýsy-da bolsa bir takyk ( $U$ =**hemişelik**) naprýaženiýede  $I_F$  – fototok bilen ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň özara baglanşyklaryna aýdylýar.

$$I_F = f(\Phi) ; U = \text{const}$$

3. Spektral häsiýetnama – ýagtylyga duýgur abzalyň  $s$  – duýgurlygynyň (ýa-da  $s/s_{\text{max}}$  – otnositel duýgurlygynyň) abzala düşýän şöhläniň  $\lambda$  – tolkun uzynlygy bilen baglanşygyna aýdylýar.

$$\frac{S}{S_{\text{maks}}} = f(\lambda)$$

4. Ýagtylyk häsiýetnama – fototoguň  $I_F$  – üýtgeýän böleginiň (goşulmasynyň) hemişelik spektr düzüminde ( $\lambda$ =**hemişelik**) şertde, ýagtylyk akymynyň  $f$  – ýygylgy bilen baglanşygna aýdylýar  $I_F = f(f) ; \lambda$ =**hemişelik**

**Ýagtylyga duýgyr abzallaryň esasy parametrleri  
hökmünde şu aşakdaky parametrler kabul edilen :**

1. Tümlükdäki şertde  $R_T$  – garşylyk – ýagtylygyň ýok wagty (tümlükde) şöhlendirilmeýän abzalyň garşylygy

$$R_{tüml} = \frac{U}{I_{tüml}}$$

Bu ýerde,  $I_{tüml}$  – tümlük wagtyndaky tok.

2. Ýagtylygyň döredýän  $R_{ýagt}$  – garşylygy, bu garşylyk ýagtylygyň bar wagty spektriň (görünmegiň) duýgurlyk diapazonynda ugrukdyrylan şöhleleriň akymynyň täsirinden döreýän ýüküň garşylygy.

3. Integral (bütin) duýgurlygy – şöhesi takyk ugrukdyrylan ýagtylyk çeşmesiniň ýagtylygyna görä şöhlendirilýän ýüküň duýgurlygy.

Eger-de,  $I_F$  – fototok bilen ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň baglanşygy **göni** bolanda duýgurlyk koeffisiýentiniň tapylyşy

$$S = \frac{I_F}{\Phi}$$

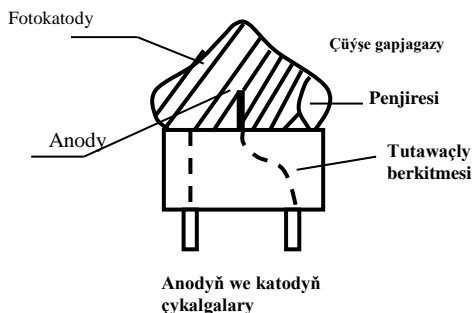
4. Spektral duýgurlygy – Takyk tolkunynyň  $\lambda$  – uzynlygy bilen monohromatiki (birreňkli) şöhlendirlende ýüküň duýgurlyk koeffisientiniň tapylyşy

$$S_{\lambda} = \frac{dI_{F.\lambda.}}{d\Phi_{\lambda}}$$

**Fotoelektron abzallar. Fotoelemntlerde daşky foto effekt.  
Fotoelektronly köpeldijiler (FEK). Köpkaskadly FEK-leriň  
gurluşy we işleýiş prinsipi.**

Daşky fotoeffektli fotoelementleri iki topara bölýärler :

- 1) Wakuumly, 2) Içi gaz bilen doldurylgy.
- Gurluşy boýunça daşky fotoeffektli fotoelementleriň içinde fotokatod bilen halkaly anod ýerleşdirilip (2.4-nji çyzgy), olar çüýşeli gapjagaz (balon) bilen gurşalan abzaldyr.



2.4-nji çyzgy.

Katod hökmünde çüýşe balonyň içki üstüne çäýylan metall gatlagy hyzmat edýär.

Katodyň gabat garşysynda çüýşeli balonyň metal çäýilmadyk bölegini goýýarlar, ýagny ýagtyltgyň şöhesi düşer ýaly **penjirejik** goýulýar.

Anoda ýüzük şekili (formasy) berilip, penjireden katoda düşýän şöheleleriň akymyna böwet bolmaz ýaly ýerde, balonyň içki giňişliginde ýerleşdirilýär.

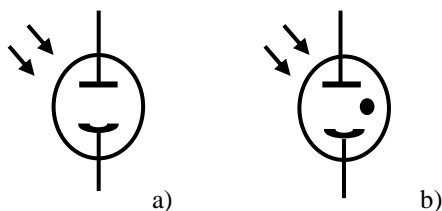
Wakuumly fotoelementlerde balonyň içinden howa (gaz)  **$10^{-6}$  mm simap sütüni** derejesine ýetýänçe sorulyp çykarylýar.

Içi gazly fotoelementlerde bolsa çüýşeli balon inert gazlary bilen (köplenç **Argon** gazy) **0,1 – 1 mm simap sütün** basyşa çenli doldurylýar.

Fotoelementleriň daşky effekt bilen tehniki görkezijileri fotokatody üçin niýetlenilip çäýylan metalyň häsiýetlerine bagly bolýar.

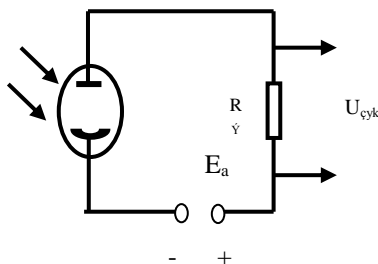
Fotokatod üçin iň köp ulanylýan material **kislorodly – seziý** we **surmalý – seziýdir**.





2.5-nji çyzgy. Fotoelementleriň grafiki görnüşde şertli belgilenişleri.  
**a** – wakuum, **b** – inert gazly dolandyrylýan fotoelementler.

Fotoelementleriň elektrik shemalaryna çatylyşy we işleýiş prinsipi 2.6-njy çyzgydaky shema bilen düşündirmek bolar.



2.6-njy çyzgy. Fotoelementiň shemalara çatylyşy.

Fotoelementiň zynjyryna hemişelik naprýaženiýeniň  $E_a$  EHГ-si çatylýar (150-200 W töweregi) we elektrik ýüki hökmünde  $R_y$  – garşylygy yzygider birleşdirlip, ondan  $U_{çyk}$  – naprýaženiýe alynýar.

Fotoelementiň katody ýagtylandyrlanda katoddan elektronlar emitterlenýärler (çykyp başlaýarlar), netijede anodyň zynjyrynda  $I_F$  – tok döreýär. Bu  $I_F$  – tok ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň ýitiligine (intensiwligine) göni baglydyr.

$$I_F = k \cdot \Phi$$

Ýagtylyk akymynyň ululygyny (ýitiligini) nähili üýtgetsek fototok hem şoňa görä üýtgeýär. Şeýlelikde, ýükden

alynýan  $U_{\text{çyk}} - \text{naprýaženiýe-de ýagtylygyny üýtgeýiş kanunyna görä üýtgär, sebäbi}$

$$U_{\text{çyk}} = I_F \cdot R_Y = k \cdot \Phi \cdot R_Y$$

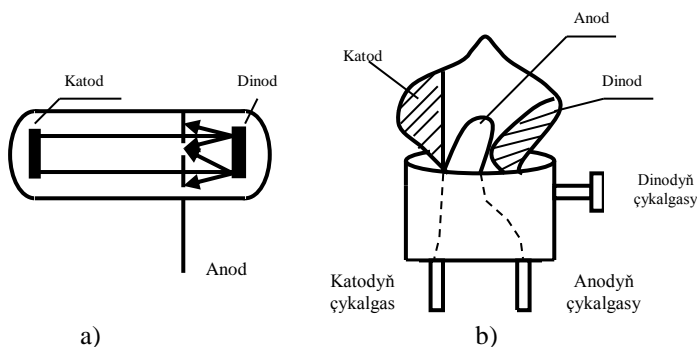
Diýmek,  $U_{\text{çyk}} - \text{naprýaženiýe ýagtylyk akymynyň üýtgemeginiň önümidir.}$

### Fotoelektronly köpeldijiler ( FEK ).

Fotoelektronly köpeldijiler hem edil daşky fotoeffektli fotoelementler ýaly awtomatikanyň we ölçeýji shemalaryň dürli pudaklarynda giňden ulanylýarlar. Şol bir wagtyň özünde **FEK**-ler fotoelementler bilen deňeşdirlende birnäçe aýratynlyklary we mümkinçilikleri bilen tapawutlanýarlar hem-de özlerine mahsus bolan has ýokary integrallanmak duýgurlyklary bilen-de tapawutlanýarlar.

Ýerine ýetirýän işine (wezipesine) we oňa edilýän talaplara laýyklykda **FEK**-ler birkaskadly we köpkaskadly toparlara bölünýärler.

Birkaskadly **FEK**-leriň gurluşy we işleýiş prinsipi 2.7-nji a, b çyzgylarda görkezildi.



2.7-nji çyzgy. a – birkaskadly FEK-iň gurluşy ;  
b – birkaskadly FEK-iň daşky görnüşi.

Abzalda **fotokatodyň** elektrodyndan başga-da iki sany elektrod bolup, olaryň biri **anod** üçin niýetlenilen bolsa, beýlekisi ikenji emissiýa üçin niýetlenilen **dinoddyr**.

Dinodyň potensialy katoda görä has ýokary bolup, anodyň potensialyndaky kiçi bolýar. Şonuň üçin-de ilki-başdaky elektronlar fotokatoddan sypan soň göni dinod-dinod ýol bilen hereket edýär. Şular ýaly hereketde elektronlaryň käbiri anodda saklanyp anodyň zynjyrynda tok döretse, käbiri anodyň toruny böwsüp geçäge-de dinoda barýar. Eger-de, dinoda berilen belli bir naprýaženiýede dinodyň materialynyň ikilenji sapar emissirlenýän koeffisiýenti  $\sigma > 1$  bolsa, onda anodda toplanýan ikilenji elektronlar ilki-başdaky elektronlaryň döreden togundan  $\sigma$ - esse köp tok döreder.

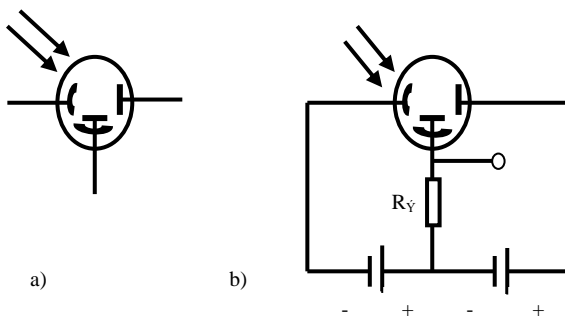
$$I_2 = \sigma \cdot I_1$$

Bu ýerde  $I_1$  – katoddan alynýan tok.

Şeýlelikde, birkaskadly fotoelektronly köpeldijiler (FEK-ler) ilkinji

$I_1$  – togy  $\sigma$  – gezek köpeldýär.

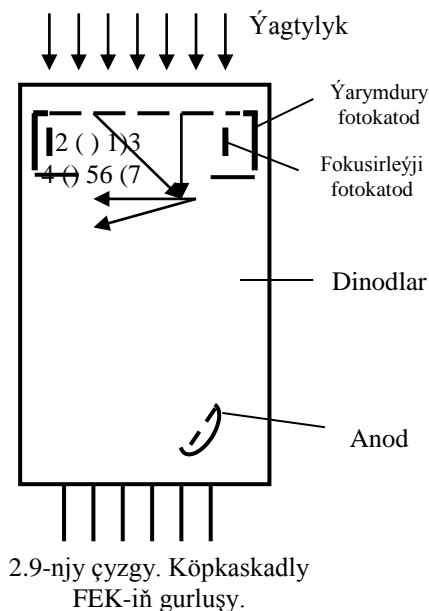
Birkaskadly FEK-leriň grafiki görnüşde sertli belgilenişi we elektrik shemalarynda çatylyşy 2.8-nji çyzgyda görkezildi.



2.8-nji çyzgy. Birkaskadly FEK-iň **a** – grafiki görnüşde şertli belgilenişi, **b** – shemalara çatylyşy.

## Köpkaskadly FEK-leriň gurluşy we işleýiş prinsipi.

Köpkaskadly **FEK**-iň gurluşy 2.9-njy çyzgyda görkezildi. Ýagtylygyň çeşmesinden (çýrallardan) **FEK**-iň fotokatodyna ýagtylyk şöhlesiniň akymy ugrukdyrylýar.



Häzirkizaman konstruksiýalaryň abzallarynda ýarymdury fotokatodlar ulanylýar. Olaryň (FEK-leriň) içki giňişliginiň başlanýan tarapynda ýarymdury katodlar çaýylýarlar.

Katoda ýagtylygyň şöhlesi (signaly) düşenden fotoelektronlaryň emissiýasy başlanýar, olaryň mukdary ýagtylygyň ýitiligine (intensiwliligine) göni baglydyr.

FEK-iň tutýan meýdany birinji dinodyň tutýan meýdanyndan epesli ulydyr. Şonuň üçin-de fotoelektronly köpkaskadly köpeldijileri ýygnanlarynda katoda golaý ýerlerde, ýörite fokusirleýji elektrodalaryň toparlary goýulýar.

Fotoelektronlar tizlendiriji elektrik meýdanyna düşenden birinji **dinod** bilen fotokatodyň aralygynda has tijenip birinji dinody bombalaýar we ondan ikilenji elektronlary goparyp çykarýar, soňra bu ikilenji fotoelektronlar has ýokary (+) – potensially ikinji dinody bombalaýar we ondan üçülenji fotoelektrony goparyp çykarýar we ş.m.

Köplenç ýagdaýda ikilenji elektronlaryň sany ilkinji elektronlaryň sanyndan 4 – 5 esse köp bolýar. Şonuň üçin-de her bir dinod, elektronlaryň gelip düşýän kuwwatly elektron akymalaryny, elektrik ýüküniň  $\mathbf{R}_Y$  – garşylygyndan akyp geçýän  $\mathbf{I}_Y$  – toguň ululygyny kesgitleýär.

Eger-de, dinodlaryň sanyny 10-na 15-e ýetirsek, onda örän ýokary derejede fototoguň güýçlenmegini gazanyp bileris. Şonuň üçin-de häzirkizaman FEK-leriň duýgurlyklaryny ýüzlerçe Amper – Lýumene çenli ulaldyp bolýar.

Dogrudan-da, eger fotokatodyň öz duýgurlygyny  $s$  – harpy bilen belgilesek, onda fotokatoddan akýan fototoguň ululygyny  $\mathbf{I}_F = s\Phi$  formula bilen kesgitlese bolar. Dinodlarda döreýän ikinji emissiýany  $\sigma$  – diýip belgilesek, onda birinji dinodyň togy  $\mathbf{I}_1 = \sigma \cdot \mathbf{I}_F = \sigma \cdot s \cdot \Phi$  bolar. Ikinji dinodyň togy  $\mathbf{I}_2 = \sigma \mathbf{I}_1 = \sigma^2 \cdot s \cdot \Phi$ , üçinji dinodyň togy  $\mathbf{I}_3 = \sigma \mathbf{I}_2 = \sigma^3 \cdot s \cdot \Phi$  bolar, onda  $n$  – dinodyň togy (elektrik ýükünden akýan tok)

$$\mathbf{I}_Y = \sigma^n \cdot s \cdot \Phi \quad \text{bolar}$$

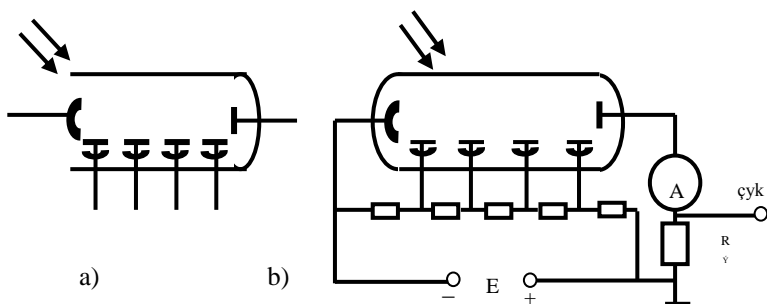
Fotoelektronly köpeldiji (FEK-leriň) fototogunyň güýçlendiriş umumy koeffisiýentiniň aňladylşy

$$\mathbf{K}_{güýç} = \sigma^n$$

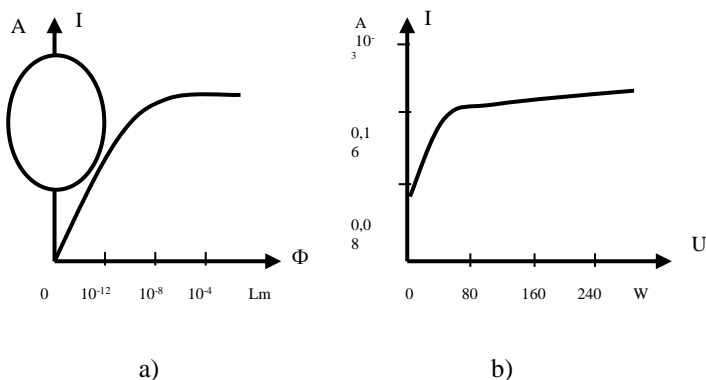
Bu ýerde  $n$  – dinodlaryň sany (mukdary).

Şeýlelikde fotoelektronly köpeldijileriň kömegi bilen abzallaryň duýgurlygyny millionlarça esse ýokarlandyryp bolýar.

Fotoelektronly köpeldijileriň grafiki görnüşde belgilenişleri we olaryň shemalara çatylyşlary 2.10-njy **a** ; **b** çyzgylarda degişlilikde görkezildi.



2.10-njy çyzgy. Köpkaskadly FEK-leriň **a** – grafiki belgilenişi, **b** – shemalara çatylşy.



2.11-nji çyzgy. Köpkaskadly FEK-leriň **a** – ýagtylyk we **b** – anod häsiýetnamalary.

Köpkaskadly FEK-leriň häsiýetnamalary 8.8-nji çyzgyda görkezildi.

Mysal hökmünde görkezilen **a** – çyzgyda ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň örän giň aralykda (  $0 - 10^{-4}$  gerimde ) üýtgese-de ýagtylygyň häsiýetnamasy gönüligini saklaýar.

Has ýokary  $\Phi$  – akymda baglansygyň egrelmegini görmek bolýar. Bu egriligi soňky dinodlardaky minus zarýadly giňişlikleriň emele gelmegi bilen, netijede dinodlardan

çykarylýan ikilenji elektronlaryň doly bolmadyk mukdarynyň alynýandygy bilen düşündirilýär.

Görkezilen **b** – çyzgyda baglanşygyň ilki başlanýan yeri iň soňky **dinod** bilen anodyň aralaryndaky guňişlikde emele gelen zarýadlaryň düzgünine laýyk gelýär. Anoda berilýän **U** – naprýaženiýeniň ösmegi anoddaky toguň doýmagyna getirýär we ondan aňry **U** – naprýaženiýeniň ösmegi **I** – toguň ösmegine hiç hili täsir etmeýär we **U** – okuna parallel galýar. Köpkaskadly FEK-leriň integral duýgurlygy fotokatodyň integral duýgurlygynyň fototok boýunça güýçlendiriş koeffisiýentiniň köpeltmek hasylyna deňdir.

$$K_F = s \cdot K_{güýç}$$

Hökmany üns berilmeli zat, FEK-lerde ýagtylyk akymynyň ujypsyz (ýitidäl) şöhlelerini ( signallaryny ) hasaba almak üçin ulanylýar. Şonuň üçin-de, has ýokary integral duýgurluklarda elektrik ýükündäki tok onlarça milliamperden ýokarydyr.

### **Fotorezistorlar, fotodiodlar, fototranzistorlar, fototiristorlar, optoelektron abzallar, optronlar.**

Fotorezistor diýlip fotoelektrik abzallaryň içindäki ýarymgeçirijilere elektromagnit şöhleleri bilen täsir edilende onuň elektrik garşylyklarynyň kiçelmegine aýdylýar (**Fotorezistor effekti**).

Fotorezistiw effekti – ilkinji bolup 1873-nji ýylda akademik U.Simtom **selen** elementini derňände açýar.

Häzirki döwürde fotorezistoryň tok geçiriji elementi hökmünde kükürtli kadmiden [**CdS**], selenli-kadmiden [**Cd·Se**], selenli gurşundan [**PbSe**] we başga-da ýagtylyga duýgur materiallardan (jisimlerden) taýýarlanylýar.

Fotorezistoryň tokgeçiriji elementleri gurluşy birnäçe dürli tilsimli (konstruktiv tehnologi) wariantlarda taýýarlanlyp bilner:

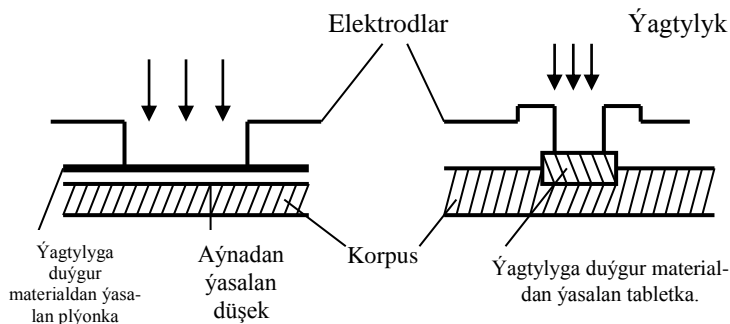
a) ýagtylyga duýgur ýarymkristal materiallary ýasy çüýşe bölegine plýonka görnüşde çaýýarlar;

- b) Disk ýa-da bölejik plastinka görnüşde gysdyrylyp (presslenip) ýokardaky materiallardan ýasaýarlar;  
 c) Ýarymgeçirijileriň arassasyndan ýagny monokristall görnüşinden-de taýýarlaýarlar.

Soňky iki ýagdaýda elementi ýukajyk plastmassalara ýa-da ýukaldylan aýna bölegine ýelim bilen berkidýärler. Fotorezistoryň elektrodlary metallardan ýasalan ýukajyk plýonkalardan ýa-da fotorezist bilen elementi birleşdiriji ýörite elektrik geçirijili metall oýuklaryndan ýasaýarlar. Fotorezistoryň iň ýönekeý gurluşy – korpussyzdyr. Onuň tok geçiriji elementi aýnadan ýasalan bölejige berk ornaşdyrylyp, daşky hadysalardan goraýan hem-de ýagtylyk şöhleleriniň yzyna serpilmän geçeri ýaly dury plýonkalar bilen örtülýär. Bular ýaly fotorezistorlar elektrik zynjyrlaryna ýöriteleşdirilen gysyjy kontaktlar bilen birleşdirýärler.

Fotorezistorlaryň aglabasynda tok geçiriji element dury aýnaly deşik bilen üpjün edilen metall-korpusyň (gutynyň) ýa-da plastmassa-korpusyň (gutynyň) içinde dury plýonka bilen ýapylyp berkidilýär. Bular ýaly fotorezistorlary elektrik zynjyrlaryna birleşdirmek üçin ýumşak ýa-da gaty simuçlary fotorezistorlar üçin çykalgalar bolup hyzmat edýär.

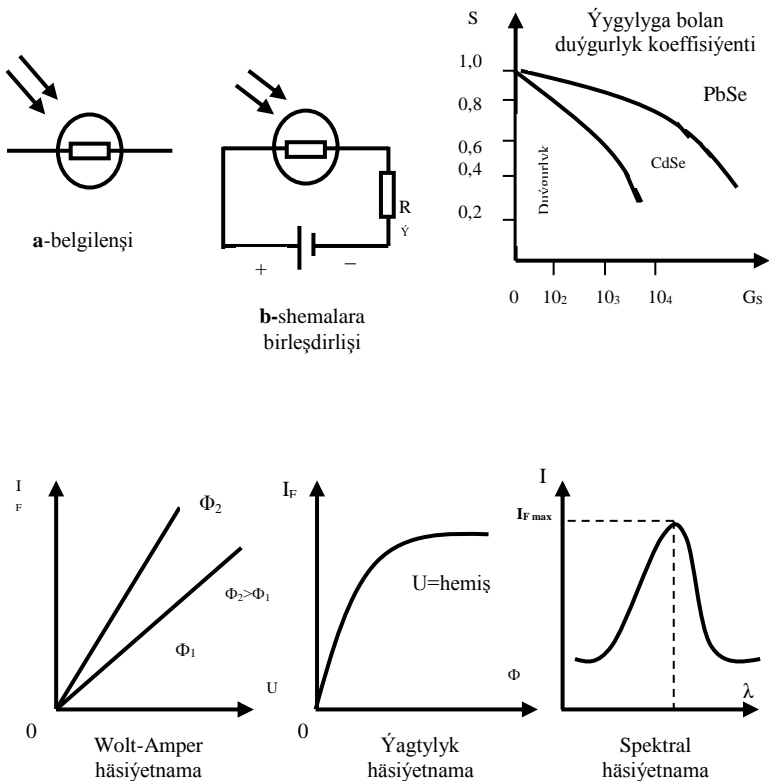
Ýagtylyga duýgyr elementleriň gurluşynyň ýönekeý görnüşi 2.12-nji çyzgyda şertli görkezildi



2.12-nji çyzgy. Ýadtylyga duýgur elementleriň gurluşlarynyň şertli düşündirişi.



Fotorezistorlaryň şertli belgilenişi we elektrik shemalaryna çatylyşy hem-de olaryň dürli elementler üçin häsiýetnamalary 2.13-nji çyzgyda görkezildi.



2.13-nji çyzgy. Fotorezistorlaryň şertli belgilenişleri shemalara birleşdirilişleri we häsiýetnamalary.

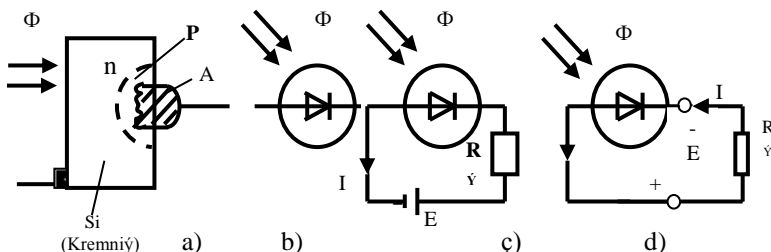
Fotorezistorlar üçin çesmäniň polýarlaryny (ýagny  $\pm$  -ny) çalyşanyň täsir ermeýär, diýmek fotorezistorlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary koordinatanyň merkezine görä simmetrikdirler.

## Fotodiodlar.

Ýagtylygyň akymy bilen togy dolandyrylýan ýarymgeçiriji diodlara **fotodiod** diýilýär.

Fotodiodyň düzümi iki gatlakdan ýygналan bir sany **p-n** – geçelgeli abzaldyr (2.14-nji **a** çyzga seret).

1. Elektrik shemalarynda fotodiodlaryň grafiki görnüşde şertli belgilenişi 2.14-nji **b** çyzgyda görkezildi .



2.14-nji çyzgy. Fotodiodlaryň şertli belgilenişleri we elektrik shemalaryna çatylyşlary: **a** – düzümi; **b** – belgilenişi; **ç**, **d** – shemalara birleşdirlişi.

Fotodiodyň esasy bölegi hökmünde Kremniý, Germaniý, Arsenid-Galliý ýaly ýarymgeçirijiler ulanylýarlar.

Fotodiodyň işleýiş düzgünini iki hilli ýagdaýda düşündirip bolýar. 1) Fotodiodly we 2) Fotogalwaniki düzgünler.

Fotodiodly düzgün bolanda daşky ýymitlendiriji çeşmäniň **E** – EHG-si bilen fotodiodyň polýarlary özära ters birleşdirilýärler (2.14-nji **ç** çyzga seret). Bu düzgünde fotoeffekti ulanmak bilen, fotodiodda döreyän **I<sub>F</sub>** – tok bilen belgilenen ters togy, ýagtylygyň akymy bilen dolandyrylýar.

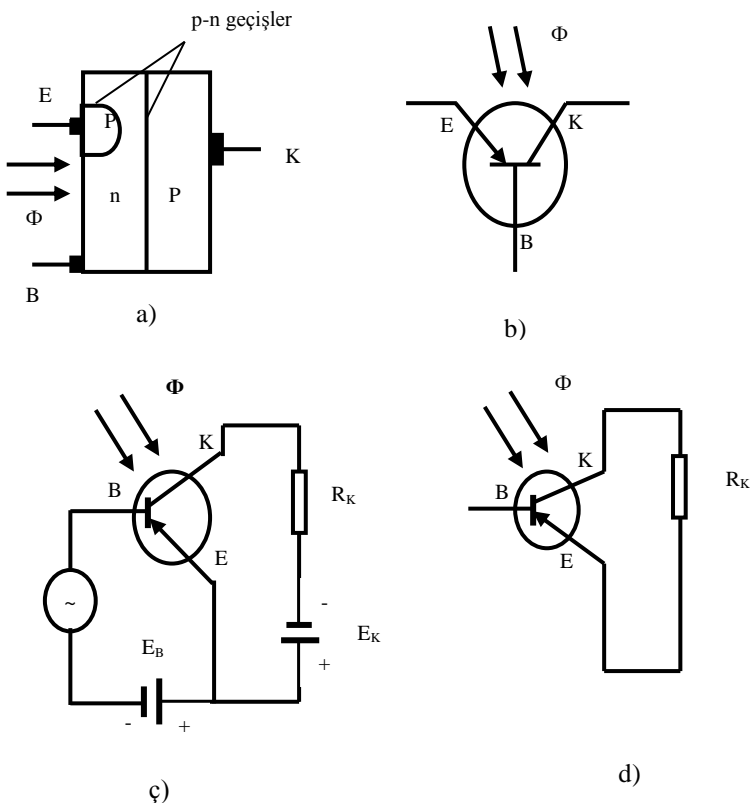
Fotogalwaniki düzgün bolanda daşky ýymitlendiriji çeşme bolmaýar (2.14-nji **d** çyzga seret) . Bu düzgünde fotogalwaniki effekti ulanmak bilen, fotodiodda döreyän **E<sub>F</sub>** – EHG-ni ýagtylygyň akymy bilen dolandyrylýar.

## Fototranzistorlar.

Fototranzistorlar – üstünden geçýän toguny ýagtylygyň **Φ** – akymy bilen dolandyryp bolýan, gurluşy boýunça adaty tranzistorlara meňzeş abzaldyr. Has takygy, tranzistorlaryň

gurluşy iki polýarly tranzistorlara meňzeşdir. Emitterli we kollektorly iki sany **p-n** geçelgesi bolup **p-n-p** ýa-da **n-p-n** görnüşde ýygnaýlar. Bazasy hasap edilýän gatlagy örän ýuka taýýarlanylýar.

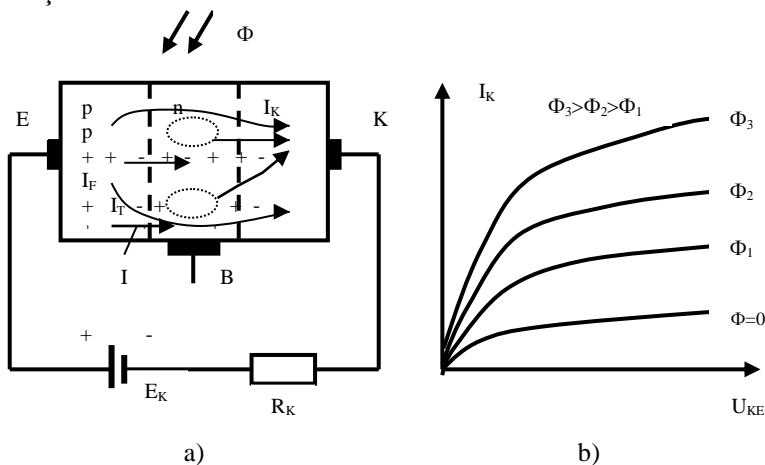
Düzümi ýarymgeçiriji kristallardan ýasalan fototranzistorlar ýöriteleşdirilen korpustyň içinde ýerleşdirilýär. Oňa ýagtylygyň şöhlesi düşüp durar ýaly korpustyň oňaýly ýerinde aýna böleginden ýasalan durý penjire berkidilýär. Fototranzistoryň gurluşy, şertli belgilenişi we shemalara çatylyşy 2.15-nji çyzgyda ýerleşdirildi.



2.15-njy çyzgy. Fototranzistorlaryň şertli belgilenişleri we elektrik shemalaryna çatylyşlary: **a** – düzümi, **b** – belgilenişi, **ç** we **d** – shemalara birleşdirilişi.

Iýmitlendiriji çeşmäniň zynjyryna fototranzistoryň çatlyşy adaty ikipolýarly tranzistorlaryň birleşdirilişlerine meňzeşdir, sebäbi emitterli geçelgesine göni naprýaženiýe, kollektorly geçelgesine bolsa polýary ters naprýaženiýe berilýär. Köplenç ýagdaýlarda emitteri umumylaşdyrılan shema ulanylýar (2.15-nji **ç** çyzga seret).

Köp ulanylýan shemalaryň ýene-de bir görnüşi, ol hem bazasy umumylaşdyrılan shemadyr (8.17-njy **d** çyzga seret). Çyzgyda görkezilişi ýaly bazanyň çykalga simi çatylan boş durmaly, hatda käbirlerinde simçykalga bazadan asla çykarylmaýar. Mysal hökmünde **p-n-p** tipli umumylaşdyrılan bazaly fototranzistoryň işleýiş düzgüni 2.16-njy **a** – çyzgyda ýerleşdirildi.



2.16-njy çyzgy. Fototranzistoryň işleýiş düzgüni **a** – çyzgyda, daşky Wolt-Amper häsiýetnamasy **b** – çyzgyda görkezildi.

Düzümi **p-n-p** tertipde guralan fototranzistoryň bazasy (ýagny **n** – bölegi) ýagtylyk bilen şöhlelendirlende elektron-deşik jübütleri emele gelýärler. Kollektor-emitter aralygy birleşdirilen **E<sub>K</sub>** – çeşmäniň elektrik meýdanynyň zarbyna deşikler çydaman kollektora tarap geçip **I<sub>K</sub>** – fototogy döredýärler, elektronlar bolsa **n** – bölekde (bazada) toplanyp

emitter geçelgedäki potensial päsgelçiligi (barýeri) azaldýar. Netijede, emitterden baza tarap çüwdürlüp akýan (inžeksirlenýän) deşikleriň sany (mukdary) diýseň çalt köpeliýär we kollektorly geçelgä tarap hereketlenip, onuň üsti bilen kollektora akyp barýarlar. Şular ýaly deşikleriň hasabyna, kollektordaky toguň düzüminde  $I_K$  – goşulmasy emele gelýär.

Kollektordaky  $I_K$  – umumy tok, deşikleriň döredýän  $I_K$  – tokdan has köp derejede uludyr. Kollektordaky  $I_K$  – togyň şular ýaly birden köpelmegine ýagtylyk akymynyň täsiri bilen düşündirilýär. Diýmek, fototranzistorlary güýçlendiriji abzal hökmünde-de ulanmak bolar.

Ýagtylygyň ýok wagty (tümlükde) kollektorly geçelgeden diňe tümlük wagty döreýän  $I_T$  – tok **akýar**. Beýle bir uly bolmadyk bu tok, deşikleriň emitter geçelgesinden  $n$  – bazanyň içine girip, soňra kollektor geçelgesini böwsüp kollektora tarap geçýär. Tümlük wagtyndaky  $I_T$  – toguň kiçijik bolmagyny, deşikleriň baza ( $n$  – bölege) geçenlerinde emitterli geçelgeden potensial päsgelçiliginiň (barýeriniň) köpeliýänligi bilen düşündirilýär. Şeýlelikde, kollektordan akýan ähli toklaryň jemini şu aşakdaky ýaly düşündirilýär.

$$I_K = I'_K + I_F + I_T = \beta I_F + I_F + I_T = (\beta + 1) I_F + I_T$$

Bu ýerde,  $\beta = h_{21E}$  – tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýent.

Fototranzistorlarda fototoguň döreýänliginden başga-da signallary güýçlendirmek hadysasy-da bolup geçýär. Sonuň üçin-de bular ýaly fototranzistorlaryň integral duýgurluklary fotodiodlara garanynda has ýokary bolýar.

Fototranzistorlaryň Wolt-Amper häsiýetnamalary diýlip kollektordaky toguň kollektor-emitter aralykdaky  $U_{KE}$  – naprýaženiýe bilen ýagtylyk akymynyň hemişelik ( $\Phi = \text{const}$ ) ýagdaýyndaky baglanşyklaryna aýdylýar.

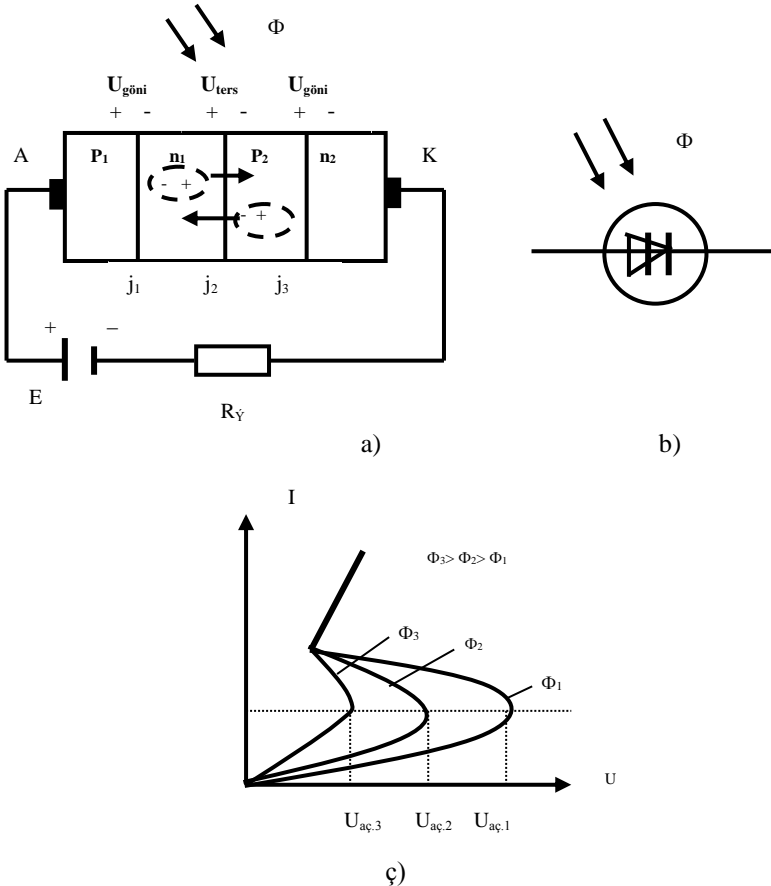
Şeýle seredeniňde bu baglanşyklar adaty iki-polýarly tranzistorlaryň baglanşyklaryna juda meňzeşdir.

Ýeke-täk tapawudy, ol hem hemişelik saklanýan ululuk adaty iki-polýarly bazadaky  $I_b\text{-const}$  bolsa, fototranzistorlarda ýagtylygyň akymydyr,  $\Phi\text{-const}$  saklanylýar.

## Fototiristorlar.

**Fototiristor** – fotoelektrik abzaly bolup, togy ýagtylyk akymy bilen dolandyrylýan, gurluşy boýunça dört gatlakly (dört-tirkeşikli) diodly tiristordyr.

Fototiristorlaryň gurluşy, belgilenişi, Wolt-Amper häsiýetnamalary 2.17-njy çyzgyda görkezildi.



2.17-njy çyzgy. Fototiristorlaryň **a** – düzümi, **b** – şertli belgilenişi, **ç** – Wolt-Amper häsiýetnamalary.

Fototiristorlar hem adaty diodly tiristorlaryň gurluşy ýaly **p<sub>1</sub>- n<sub>1</sub>-p<sub>2</sub>-n<sub>2</sub>** we üç sany **p-n** geçelgeleri bolup, olaryň

çetki  $j_1$  we  $j_3$  geçelgeleriň polýarlygy göni, emma ortadaky  $j_2$  – geçelgäniň polýary ters ugurlydyrlar.

Fotorezistora berilmeli naprýaženiýeniň ululygyny anyklanlarynda ýagtylyk akymynyň ýok wagty fototiristor ýapyk ýagdaýda bolar ýaly saýlaýarlar.

Eger-de, adaty tiristorlarda açylýan naprýaženiýe dolandyryjy tokdan  $U_{a\phi}$  ( $I_{dol}$ ) bagly bolsa, onda fototiristorlarda açylýan naprýaženiýe ýagtylygyň akymyndan  $U_{a\phi}$  ( $\Phi$ ) baglydyr.

Fototiristorlary ýasanlarynda onuň içki gatlaklary hasap edilýän  $n_1$  we  $p_2$  –niň üstlerine ýagtylyk şöhleleri düşer ýaly dury aýnadan penjire goýýarlar. Sebäbi şeýle edilende elektron-deşiklik jübütleri döreýär. Netijede  $j_2$ -nji geçelgä berilýän ters alamatly  $U_{ters}$  – naprýaženiýeniň täsirinden deşikler  $n_1$ -nji bölekden  $p_2$ -nji bölege geçýän bolsalar, elektronlar tersine  $p_2$ -nji bölekden  $n_1$ -nji bölege geçýärler.

Elektron bilen deşikleriň  $j_2$ -nji geçelgeden yzly-yzyna geçip durmaklary netijesinde, şol ýerde potensialyň päsgelçiligi azalýar we elektrik böwsülmegi (fototiristoryň açylmagy) bolup geçýär.

Ýagtylygyň  $\Phi$  – akymynyň ýitiligi näçe köp bolsa, şonça-da fototiristorlar kiçi  $U_{a\phi}$  naprýaženiýelerde işläp başlaýarlar. Munuň şeýledigini 2.17-nji  $\phi$  çyzgyda Wolt-Amper häsiýetnamanyň ýagtylyga görä üç ýagdaýy ( $\Phi_3 > \Phi_2 > \Phi_1$ ) bilen düşündirilýär.

Fototiristor tümlük ýagdaýyndan ýagtylyk ýagdaýyna geçende (1-mikrosekund wagtyň dowamynda) fotorezistoryň garşylygy 100-lerçe megeomdan 10-larça oma çenli kiçelýär.

Fotorezistorlar ýokary kuwwatly elektrik zynjyrlarynda kommutasiýa işlerini geçirmek üçin ulanylýar (meselem, gijelerine köçeleriň çyralaryny ýakmak ýa-da öçürmek).

## Ýagtylyga duýgur abzallaryň harplar we sanlar bilen şertli belgilenişleri (markirowka).

Tehnikada tapawutlandyryşlaryna görä, ýagtylyga duýgur abzallary üç topara bölýärler, olar:

1. Fotoelektronly;

2. Fotoelektriki;

3. Ýylylygyň abzallary.

1. **Fotoelektrik** abzallaryň şertli belgilenişleri.

Birinji element-harp-fotokatodyň tipini görkezýär; **СН** – surmaly we kükürtli, **П** – kislorodly-kükürtli, **Ф** – fotoelement, **ФЕК (ФЭУ)** – çykalgasy koaksal görnüşli fotoelement, **КФЕ (ФЭУ)** – köpeldiji fotoelektron abzaly.

Ikinji element – **В** we **Г** – harplary – wakuumly gaz bilen doldurylgy fotoelementler.

Üçünji element – sifr (san) – fotoelement taýýarlanylanda onuň tertip nomeri.

Belgilere mysallar: **С ПБ-3**, wakuumly element, surmaly we sezili, tertip nomeri üçünji. **ПГ-4** – gazy zarýadsyzlanýan fotoelement kislorod – sezili, tertip nomeri dördünji.

Fotoelektron köpeldijiler iki elementli belgilenýärler: şertli belgilenişiniň birinji elementi – harplar – köpeldiji fotoelektron dygyny aňladýar.

Ikinji elementi – sifrlər – nirede işlenilip taýýarlanylsa şol ýeriň tertip nomeri.

Belgilere mysallar: **ФЭУ -19** – köpeldiji fotoelektron, tertip nomeri – **19**.

2. Fotoelektrik abzallaryň şertli belgilenişleri.

Birinji element – iki harp – abzalyň haýsy tapgyra degişlidigini we işleýiş prinsipini aňladýar. Meselem, **ФР** – fotorezistor, **ФД-p-n** geçelgeli abzallardyr, onda **ФУ-p-n** geçelgeli we içinden güýçlendiriji abzaldyr.

Ikinji element – harp – haýsy materialdandygyny aňladýar: **К** – Kremniý, **Г** – Germaniý.



Üçünji element – san, **0,01**-den tä **999**-za çenli abzalyň taýýarlanyş tertip nomeri.

Dördünji element – harp – abzalyň haýsy toparlara degişlidigini aňladýar:

**Б** – iki polýarly (bipolýar) tranzistorlar, **У** – birpolýarly (unipolýarly) fototranzistorlar, **Т** – tranzistorlar.

**Ýagtylyga** duýgur abzallaryň üçünji bir görnüşi ýylylygyň abzallarydyr. Olaryň şertli belgilenişi.

Birinji element – harp – tapgyryň haýsy klassifikasiýa (topara) degişlidigini aňladýar: **ФР** – fotorezistorlar, **ФД** – fotodiodlar, **ФЭ** – ýarymgeçiriji fotoelementler, **Ф** – elektrowakuumly fotoelementler, **ФТ** – fototranzistorlar, **ФЭУ (КФЕ)** – fotokopeldijiler we ş.m.

Ikinji element – san (sifr) – abzal taýýarlanylanda onuň registrirlenen (möhürlenlen) nomeri (1-den tä 999-a çenli).

Üçünji element – harp ýa-da san-harp bilelikde.

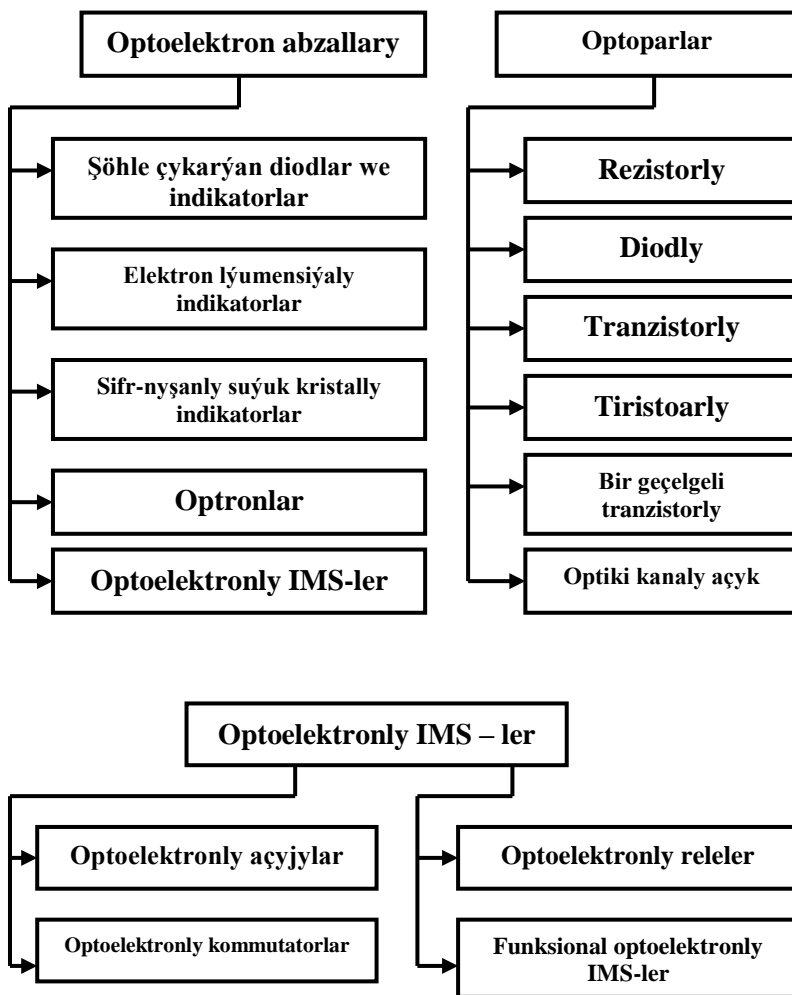
Konstruksiýasynyň (gurluşynyň) özboluşly taýýarlanyşyny ýa-da haýsy-da bolsa bir parametrinde aýratyn üýtgeşikligiň bardygyny aňladýar.

## **Optoelektron abzallary.**

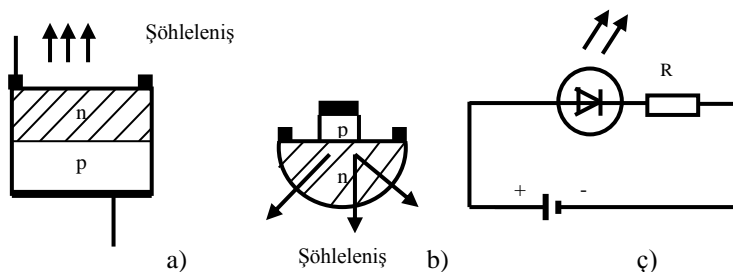
**Kesgitlemesi.** Optoelektron abzallary diýlip, elektrik signallaryny optiki signallara we tersine özgerdip bilýän ýarymgeçirijiden ýasalan abzallara aýdylýar. Optoelektron abzallarda ýagtylygyň şöhlesi bilen onuň iş düzgüni geregiçe dolandyrylýar. Ýagtylyk şöhlesiniň bitirýän işi edil üçelektrodly çyranyň torunyň, tranzistorlaryň bolsa bazasynyň bitirýän işlerine meňzeşdir.

Optoelektron abzallaryny öz bitirýän işlerine laýyklykda şu aşakdaky toparlara bölýärler:

- 1) optoelektron abzallary;
  - 2) optoparlar (optojübütler);
- oproelektronly integral mikroshemalary (IMS).

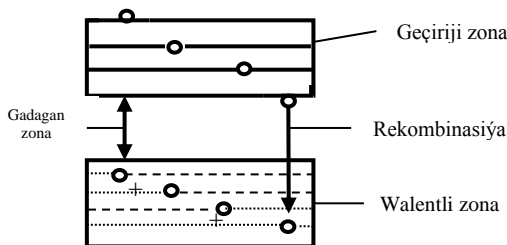


Mysal hökmünde ýagtylyga duýgur diodlara (şöhledioda) seredeliň. Şöhlediod elektrik energiýany şöhleledýän ýagtylygyň energiýasyna göni özgerdýän bir sany **p-n** geçişli ýarymgeçirijili abzaldyr. Şöhlediodlaryň ýasalyşynyň iki görnüşi 2.18-nji çyzgyda görkezildi.



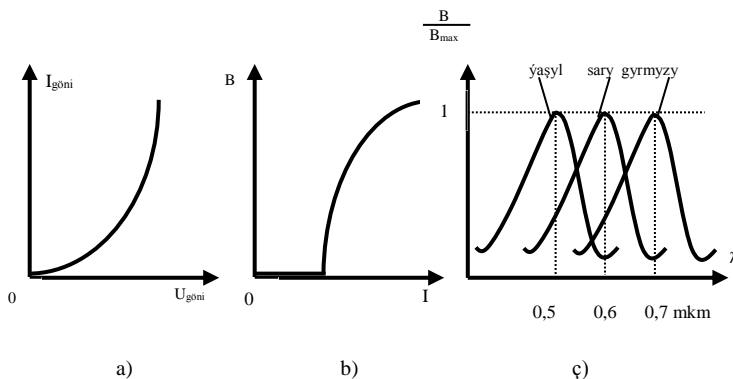
2.18-nji çyzgy. **a** – konstruksiýasy tekiz; **b** – konstruksiýasy ýarymsfera; **ç** – shemalara çatylşy.

Eger-de şöhlediodlaryň polýarlaryny iýmitlendiriji çeşmäniň polýarlary bilen biratly çatyşdyrsak, onda **p-n** geçelgeden göni ugur boýunça tok akyp başlar. Öz gezeginde deşikler bilen elektronlaryň **p-n** geçelgede özara gapma-garşy hereket edenlerinde rekombinasiýa hadysasy döräp, elektronlaryň geçirijilik zonasyndan walentli zona geçýärkän ýol ugruna gadagan zonanyň giňişliginde şöhle görnüşde özünden energiýany bölüp çykarýar. (2.18-nji çyzga seret). Energiýanyň şöhle öwrülýändigini diňe gadagan zony giň bolan (arsenid galliýde – **1,5 eW**, fosforid galliýde – **2,2 eW**, karbid kremniýde–**2,5 – 3 eW**) ýarymgeçirijilerde görmek bolýar. Meselem ýöne germaniýde ýa-da kremniýde gadagan zonalarynyň örän (dar) kiçidikleri sebäpli, şöhleler spektoryň görünmeýän bölegine ýylylyk görnüşde bölünüp çykýar (2.19-nji çyzga seret).



2.19-nji çyzgy. Şöhlediodlarda rekombinasiýanyň düşündirişi.

Şöhlediodlaryň esasy häsiýetnamalary hökmünde Wolt-Amper, ýagtylyk we spektral baglaňsyklary kabul edilendir. Bu baglaňsyklar 2.20-nji çyzgyda ýerleşdirildi.



2.20-nji çyzgy. Şöhlediodlaryň esasy häsiýetnamalary: **a** – Wolt-Amper, **b** – ýagtylygyň şöhlenişiniň tokdan baglaňsygy, **ç** – spektral baglaňsyklary.

Çyzgyda **B** – ýagtylygyň ýitiligi, **B/B<sub>max</sub>** – ýagtylyk şöhlesiniň ýitiligini aňladýan düýgurlyk, **λ** – ýagtylygyň tolkun uzynlygy.

Şöhlediodlaryň esasy parametrleri hökmünde onuň iş wagty berilýän **U** – naprýaženiýä, üstünden akýan, **I** – toga, bölünip çykýan ýagtylyk şöhlesiniň **B** – ýitiligine hem-de ýagtylygyň **λ** – tolkun yzynlygyna düşünilýär.

Şöhlediodlaryň işleýän wagty üstünden akýan togy **3 – 4 mA**, naprýaženiýesi **2 – 5 – 5,5 w** töweregidir. Şöhlediodlaryň in ýagty şöhlesi üstünden **3 mA** tok akanda **120 kd/m<sup>2</sup>** deň bolan ýaşyl şöhledir. Beýleki şöhlediodlaryň ýagtylygy **20 – 50 kd/m<sup>2</sup>** (**kd/m<sup>2</sup>** – **1 metr** kwadrat meýdana düşýän şöhläniň ölçeg birligi, kendel – İnл. – şöhle). Şöhlediodyň peýdaly täsir koeffisiýenti (**PTK**-sy) **1 – 3%** töweregidir. Täsirediş tizligi **10<sup>-7</sup> – 10<sup>-9</sup> sek.**

Şöhlediodlaryň ýagtylyga bolan duýgurlygy – diýlip ýagtylyk şöhlesiniň ýitiliginiň sähelçe **ΔB** üýtgemeginiň ,

üstünden akýan tok birliginiň sähelçe  $\Delta I$  üýtgemegine bolan gatnaşygyna aýdylýar.

$$B_0 = \frac{\Delta B}{\Delta I}$$

Şöhlediodlaryň harplar we sifrler bilen şertli belgilenişleri.

**Birinji** element – **A** harpy, galliý birleşmäni aňladýar.

**Ikinji** element **И** – şöhlelenýän dioddygyny aňladýar.

**Üçünji** element – **sifr** – işleýşini ýa-da niredе ulanylmagyny aňladýar.

**Dördünji** element – **sifr** – haýsy tapgyrdaky tertip nomeri.

**Bäşinji** element – **harp** – birtipli abzallaryň haýsy topara degişlidigini aňladýar.

Belgilenişine mysal : **АИ307 Б** – Galliý birleşmäniň esasynda, ýagtylygy öndüriji diod, informasiýany wizual aňlaýar (3), **07** – ýygналandaky tertip nomeri, **Б** – topary.

### **Optronlar.**

**Kesgitlemesi.** Optronlar optoelektronly ýarymgeçiriji abzal bolup, düzüminde ýagtylygyň şöhlesini öndüriji çeşmesi we şöhläni kabul ediji ýüki bolup, olar özara ýa optiki ýa-da elektrikleşdirilen optiki birleşdirmeleri bilen üpjün edilen abzaldyr.

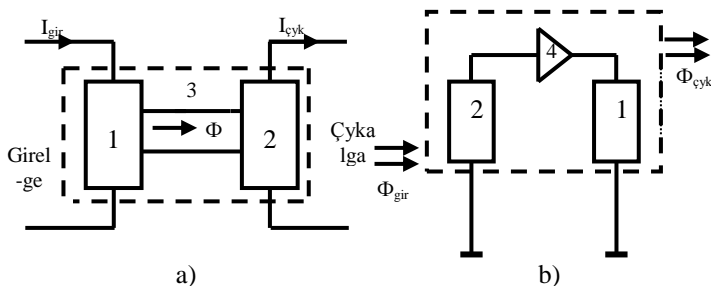
**Optronlaryň gurluşy (düzümi).** Optronyň girelgesindäki we çykalgasyndaky simjagazlara daşky çatymlar diýilse, içindäkilere içki çatymlary diýilýär. Daşky we içki çatymlarynyň görnüşlerine görä optronlary iki topara bölýärler.

1. Içi foton baglanşykly, daşy bilen elektrik baglanşykly (2.21-nji **a** çyzgy).

2. Daşy bilen foton baglanşykly, içi elektrik baglanşykly (2.21-nji **b** çyzgy).

2.21-nji **a, b** çyzgylardaky belgileriň beýany :

**1** – şöhläni dörediji, **2** – şöhläni kabul ediji, **3** – şöhläni geçiriji, **4** – elektrik signallaryny güýçlendiriji.



2.21-nji çyzgy. Optoelektronly elektronlar. **a** – içi foton daşy elektrik baglanşykly, **b** – içi elektrik daşy foton baglanşykly.

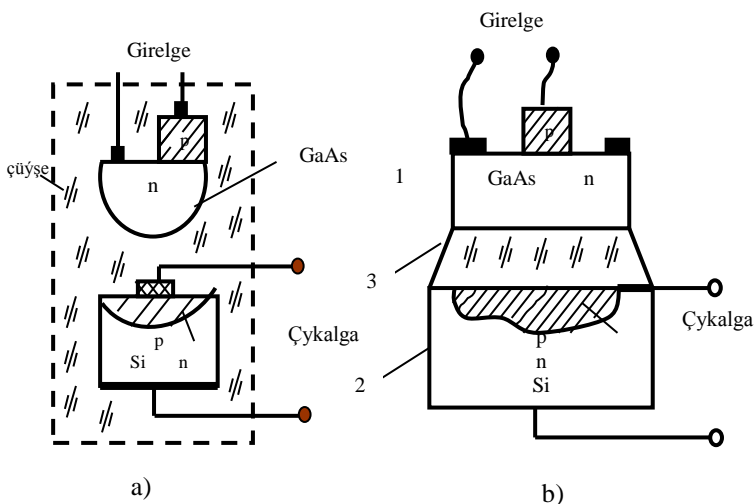
Içi foton, daşy elektrik baglanşykly optronlar elektrik signalyny – optiki signal – soňra ýene-de elektrik signalyna öwüriji bolsa, içi elektrik, daşy foton baglanşykly optronlar optiki signaly elektrik signalyna, soňra ýene-de optiki signala öwürüjidir.

Optron abzallarynyň gurluşynda iki görnüşi tapawutlandyrýarlar:

- a) diskretli korpussyz elementlerden,
- b) **b) integral** mikroelektronly optron.

Diskret elementleri korpussyz optronlar, hemme elementleri bilen metaldan ýasalan germetik umumy korpussyň içinde ýerleşdirilýär.

Optronyň içine şölegeçiriji bolar ýaly ýörite aýna böleklerini eredip guý-ýarlar. Şular ýaly optronlaryň dört sany çykalga simi bolup, olaryň ikisi girelge, ikisi bolsa çykalga üçindir (2.22-nji çyzga seret).



2.22-nji çyzgy. Optronlaryň gurluşlary : **a** – diskretli korpussyz elementlerden , **b** – integral mikroelektronly.

Mikroelektronikada optron abzallary integral tehnologiýasynyň usuly bilen taýýarlanylýar. Integral tehnologiýasynyň usuly bilen taýýarlanylýan IMS-optronyň gurluşy 2.22-nji **b** – çyzgyda görkezildi. Şeýle mikroelektronly optronlaryň esasy **n** – tipli kremniýden bolup, onuň ýokarsynda **p** – gatlak emele gelenden soň planlaşdyrýan – diffuziýa boýunça şöhle kabulediji formalanylýar (kemala gelýär).

Emele gelen **p-n** geçelgeli gurluşa fotodiod diýilýär. Onuň-da ýokarsyndan şöhlegeçiriji **3** – Selenli-aýna ýerlesdirilýär. Şol Selenli-aýna böleginiň üstünden **n** – tipli **GaAs** – Arsenid galliý berkidilýär. Arsenid galliýniň ýokarsynda bolsa diffuzirlenen **p** – gatlak formalanylýar (kemala gelýär). Her bir gatlakda-da daşky shema bilen birleşdirmek üçin Om garsylykly sim çykalgalary bilen üpjün edilýär.

Şeýlelikde, biz diodly optron abzala seretdik. Bu abzallarda ýagtylygyň çeşmesi şöhlediod bolup, kabuledijisi fotodioddyr. Şular ýaly diodly optronlaryň garşylygy örän uly

( $10^2 - 10^4$  MOm) töweregi bolup, daşky shemalar üçin (optronyň girelgesinde-de, çykalgasynda-da) ýapyk ýagdaýy emele getirýär. Optronda şöhläniň döremegi bilen onuň girelgesindäki we çykalgasyndaky garşylyklar  $10^2 - 10^4$  Oma çenli kiçelýär. Şeýle çalt kiçelmek ýa-da ulalmak toguň  $10^6 - 10^7$  Gs töweregi ýygylkda amala aşýar. Şeýle optronlar shemalary açmak – ýapmak üçin açar hökmünde giňden ulanylýar.

**Tranzistorly optronlar.** Bu abzallarda kabulediji hökmünde fototranzistorlar ulanylýar. Tranzistorly optronlaryň ýagtylyga bolan duýgurlygy fotodiodlara garaňda has ýokarydyr. Şonuň üçin-de, tranzistorly optronlar ykdysady tarapdan has tygşytly hasap edilýär. Daşky shemalary açyp – ýapmak mümkinçiligi  $10^5$  Gs töweregi ýygylkda amala aşýar.

**Tiristorly optronlar.** Bu abzallarda kabulediji hökmünde fototiristorlar ulanylýar. Tiristorly optronlaryň girelgesinde kiçik ( $10$  mA töweregi) impulsly tokda, onuň çykalgasynda örän ullaň ( $5$  A töweregi) toguň impulsyny işletmäge mümkinçilik döredýär. Şular ýaly tiristorly optronlar uly kuwwatly daşky shemalar üçin giňden ulanylýar.

Ýokarda seredilen üç sany optronlaryň üçüsi-de gözaçyp-ýumasy salymda, tiztäsirli hem-de çylşyrymly shemalary açmak we ýapmak üçin, ýagny iki ýagdaýly açar hökmünde giňden ulanylýar.

Dürli häsiýetli elektrik zynjyrlaryny kontaktsyz awtomatiki usulda dolandyrmak gerek bolsa rezistorly optronlar (ýagtylygy kabul ediji fotorezistorlar) ulanylýar. Bu optronlaryň tiz-täsirligi beýle bir ýokary bolmasa-da, girelge signallary üçin giň diapazony we girelgedäki toklaryň tempiniň kiçiligi bilen tapawutlanýar.

Has çylşyrymly optronlar, ýagtylygy ýuwutmakdan ýa-da şöhlendirmekden başga-da çykalgasy güýçlendiriji abzal hökmünde-de ulanylýar. Şeýle çylşyrymly optronlaryň elementleriniň hemmesi integral tehnologiýanyň usuly bilen bir bitewi korpusda ýerleşdirilýär.



**Optronlaryň harplar, sifrler bilen şertli belgilenişleri :**

**Birinji** element **A** – harpy, Arsenid-Galliý ýa-da başga ýarymgeçiriji materialy aňladýar, **K** – harpy, Karbid-Kremniý we başga birleşmeler.

**Ikinji** element – **O** – harpy, Optrondygyny aňladýar.

**Üçünji** element – **harp**, **P** – rezistorly, **Д** – diodly, **T** – tranzistorly, **Y** – tiristorly.

**Dördünji** element – sifr – nähili işe niýetlenendigini ýa-da abzalyň işlediliş prinsipini aňladýar.

**1** – şöhle çykarýan diodlar (infrogyzyl).

**2** – moduly şöhlelendiriji (infrogyzyl şöhle).

**3** – maglumatlara (informasiýalara) wizual garaýan .

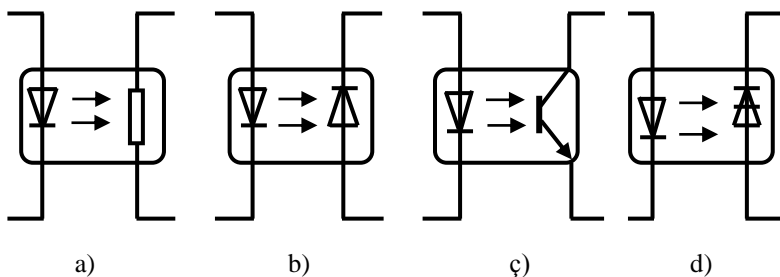
**4** – nyşanly (belgili) indikatorlar.

**Bäşinji** element – **sifr**, abzal taýýarlanylanda onuň tertip nomeri.

**Altynjy** – element – **harp**, birtipli optron abzallaryň haýsy (nähili) topara degişlidigini aňladýar.

Meselem, **AOD101** – diodly optron-Arsenid-Galliýden ýasalandygyny, kiçi kuwwatlydygyny, tertip nomeriniň **01**-digini aňladýar.

**Optronlaryň shemalarda grafiki görnüşde şertli belgilenişleri** 2.23-nji çyzygyda görkezildi.

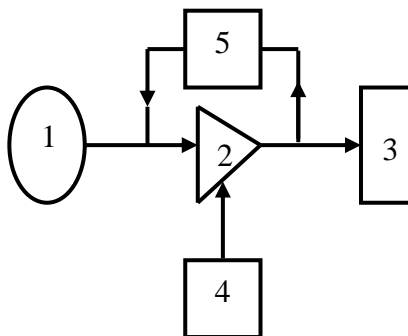


2.23-nji çyzygy. Optronlaryň shemalarda grafiki görnüşde şertli belgileniş: **a** – rezistorly optron, **b** – diodly optron, **c** – tranzistorly optron, **d** – tiristorly optron.

**Elektronly güýçlendirijiler hakda umumy maglumatlar.  
Güýçlendirijilerde güýçlendiriş koeffisiýentler we olaryň  
tapylyşlary.**

**Kesgitlemesi.** Elektronly güýçlendirijiler diýlip, elektrik ýüküne gelýän örän kiçi – kuwwatly signallary elektroenergiýa çeşmesiniň hasabyna has uly – kuwwatly signallaryň akymyna geregiçe güýçlendirip we olary dolandyryp bilýän gurnamalara aýdylýar.

**Güýçlendirijileriň düzümi** – 2.24-nji çyzgyda görkezildi



2.24-nji çyzgy. Elektron güýçlendirijiniň düzümi: **1** – girelgä gelýän signal çeşmesi, **2** – güýçlendiriji element, **3** – elektrik ýüki, **4** – energiýa çeşmesi, **5** – yzyna çatylan zynjyr (yzyna baglanşyk).

Islendik elektronly güýçlendirijiler aktiw we passiw elementlerden durýarlar. Aktiw elementlere elektronly çyralar we tranzistorlar degişlidirler. Passiw elementlere bolsa rezistorlar, sygymlar, induktiw tegekler we transformatorlar degişlidirler.

Güýçlendirijileriň bitirýän işine baglylykda aktiw hemde passiw elementler özära kesgitli shemalar boýunça birleşdirilýärler.

Shemasy çylşyrymly hasap edilýän güýçlendirijiler yzygiderli birikdirilen birnäçe basgançakly, signaly

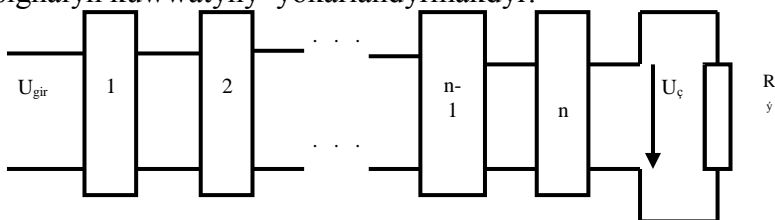
güýçlendirijilerden ýygnalýarlar. Bular ýaly güýçlendirijilere **köpkaskadly** diýilýär. Güýçlendirijiniň bir basgançagyňy emele getirýän bölegine **kaskad** diýilýär.

Kaskadly güýçlendirijileriň bitirýän işlerine laýyklykda kaskadlaryň birnäçesiniň ýörite takyk atlary bolýar.

Köpkaskadly güýçlendirijileriň düzümi 2.25-nji çyzgyda görkezildi. Çyzgyda **1, 2..., n** sanlar-kaskadlaryň nomerleri.

Birinji kaskada girelge kaskady, **n – 1-nji** kaskada çykalganyň önündäki **n-nji** – kaskada bolsa ahyrky kaskad diýilýär.

Islendik güýçlendirijiniň esasy wezipesi (meselesi) signalyň kuwwatyny ýokarlandyrmakdyr.



2.25-nji çyzgy. Köpkaskadly güýçlendirijileriň düzülişi.

Eger-de, kaskadyň çykalgasyndaky signal girelgesindäki signaldan köp bolmasa, onda ol kaskada (abzala) güýçlendiriji diýilmeýär. Meselem, naprýaženiýeni ýokarlandyryjy transformatorlara güýçlendiriji diýip bolmaýar, sebäbi, eger-de güýçlendirmek naprýaženiýe boýunça bolsa, onda toguň peselmegi bolup geçýär, hem-de transformatorlarda çykalga kuwwaty girelgesindäki kuwwatyndan (  $S_2 < S_1$  ) hemişe kiçi bolýar, bu bolsa « **Güýçlendiriji** » diýilýän düşünjä tersdir.

Güýçlendirijileriň hemişe iýmitlendiriji çeşmesi bolýar. Şol iýmitlendiriji çeşme-de güýçlendirijiniň çykalgasyndaky kuwwatyň, girelgesindäki kuwwatyndan köp bolmagyny üpjün edýär. Transformatorlaryň we beýleki passiw elementleriň

iýmitlendiriji çeşmeleri ýoklugy üçin olaryň güýçlendirmek ukypalary ýokdur.

### **Güýçlendirijilerde güýçlendiriş koeffisiýentler we olaryň tapylyşlary.**

Güýçlendirijileri mukdar tarapdan häsiýetlendirmek üçin güýçlendiriş koeffisiýent diýilýän düşünje girizilýär. Bu koeffisiýenti tapmak üçin güýçlendirijiniň girelgesinde we çykalgasynda ýa naprýaženiýeleri, ýa toklary ýa-da kuwwatlary ölçemek ýeterlidir.

$$K_u = \frac{U_\xi}{U_g} \approx \frac{E_\xi}{E_g} - \text{Napryaženiýe boýunça güýçlendiriş koeffisiýent.}$$

$$K_i = \frac{I_\xi}{I_g} \approx \frac{J_\xi}{J_g} - \text{Tok boýunça güýçlendiriş koeffisiýent.}$$

$$K_p = \frac{P_\xi}{P_g} = \frac{E_\xi^2 \cdot R_g}{E_{g\text{ir}}^2 \cdot R_y} = \left( \frac{E_\xi}{E_g} \right)^2 \mathbf{R_{ýük} \approx R_{çyk} bolanda,}$$

kuwwat boýunça güýçlendiriş koeffisiýent.

Eger-de köpkaskadly güýçlendirijiniň koeffisiýentini anyklamak gerek bolsa, onda güýçlendiriji kaskadlaryň koeffisiýentlerini özära köpeltmek hasyllary hökmünde seredilýär. Meselem köpkaskadly güýçlendirijiniň naprýaženiýe boýunça koeffisiýenti

$$\mathbf{K_u = K_{u1} \cdot K_{u2} \cdot K_{u3} \cdots K_{un}}$$

Bu ýerde,  $\mathbf{K_{u1}}$  ,  $\mathbf{K_{u2}}$  , .... Kaskadlaryň naprýaženiýe boýunça güýçlendiriş koeffisiýentleri.

Käbir meseleler çözülide güýçlendiriş koeffisiýentleri **logorifmiki** birlikleriň üsti bilen aňladylsa has amatly bolýar.

Logorifmiki birlikler diýilip **Bell** we **desiBell** birliklerine düşünilýär.

Bir bell (1Bell) – iki sany fiziki ululygyň (meselem kuwwatlaryň) gatnaşyklaryny **onluk** logorifm bilen aňladyp, olaryň bir-birinden **on (10)** esse tapawutlykdaky hasabyny aňladýar.

**1 desibel =  $10^{-1}$  Bell.** 1 desibell 1 bellden 10 esse kiçidir

$N(B) = \lg \frac{P_2}{P_1}$  - Kuwwat gatnaşyklarynyň **Bell**-de aňladyşy.

$N(dB) = 10 \lg \frac{P_2}{P_1}$  - Kuwwat gatnaşyklarynyň **desiBell**-de

aňladylyşy.

Meselem, kuwwatlaryň gatnaşygy logarifm birliginde bir desibelle deň bolanda hasaplanylşy.

$$\lg \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{10} \quad \text{onda,} \quad \frac{P_2}{P_1} = 10^{\frac{1}{10}} = 1,259 \approx 1,26 \text{ bolar}$$

ýagny, ilkibaşdaky kuwwatyň **26%** artandygyny aňladýar.

Signalýň gowşamagy desibelliň ( - ) – minus alamatly bahasyny berýär, meselem :

$$\frac{P_1}{P_2} = 10^{\frac{1}{10}} = 0,794$$

ýagny, signalýň **1-desibel** göwşamagy, kuwwatyň **26%-niň** ýitirlendigini aňladýar.

Kuwwatlary ölçemegiň dürli – dürli usullary bar. Käbir ýagdaýlarda kuwwaty göni ölçäýmek başartmaýar. Şonuň üçinde, takyk (belli bir) garşylygyň toguny we naprýaženiýesini ölçemek bilen çäklenilýär.

Kuwwatyň analitiki (deňlemeler arkaly) tapylyşy :

$$P = U \cdot I ; \quad P = \frac{U^2}{R} ; \quad P = R \cdot I^2$$

Güýçlendiriş koeffisiýentini naprýaženiýeleriň we garşylyklaryň kömegi bilen tapylyşy.

$$K_u = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \lg \left( \frac{U_2^2}{R_2} : \frac{U_1^2}{R_1} \right) = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} - 10 \lg \frac{R_2}{R_1}$$

Güýçlendiriş koeffisiýenti toklaryň we garşylyklaryň kömegi bilen tapylyşy.

$$K_i = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} = 10 \lg \left( \frac{I_2^2}{I_2} : \frac{R_2}{R_1} \right) = 20 \lg \frac{I_2}{I_1} - 10 \lg \frac{R_2}{R_1}$$

Eger-de, ölçeg diňe bir garşylykda ýerine ýetirilýän bolsa, diýmek  $R_2 = R_1$  şert ýerine ýetýän bolmaly. Bular ýaly ýagdaýda hasap birneme

$$10 \lg \frac{R_2}{R_1} = 20 \lg 1 = 0$$

$$K_u = 20 \lg \frac{U_2}{U_1} \quad ýa - da \quad K_i = 20 \lg \frac{I_2}{I_1} \text{ görnüşe eýe bolar.}$$

Şeýlelikde, desibelde aňladylýan güýçlendiriş koeffisiýenti şu aşakdaky görnüşlerde-de aňladyp bileris.

$$k_u = 20 \lg \frac{U_{\text{çyk}}}{U_g} - \text{naprýaženiýeleriň gatnaşyklary boýunça}$$

güýçlendiriş koeffisiýentiň tapylyşy.

$$k_i = 20 \lg \frac{I_{\text{çyk}}}{I_{\text{gir}}} - \text{toklaryň gatnaşyklary boýunça}$$

güýçlendiriş koeffisiýentiň tapylyşy.

$$k_p = 10 \lg \frac{P_{\text{çyk}}}{P_{\text{gir}}} - \text{kuwwatlaryň gatnaşyklary boýunça}$$

güýçlendiriş koeffisiýentiň tapylyşy.

Eger-de köpkaskadly güýçlendirijiler üçin **k** – koeffisiýenti tapmak gerek bolsa, meselem **n** – sany kaskad üçin, onda umumy güýçlendiriş koeffisiýentleri şu aşakdaky ýaly tapmak bolar :

$$\mathbf{k_u} = \mathbf{k_{u1}} \cdot \mathbf{k_{u2}} \cdot \dots \cdot \mathbf{k_{un}} - \text{naprýaženiýeleriň gatnaşyklaryndan ;}$$

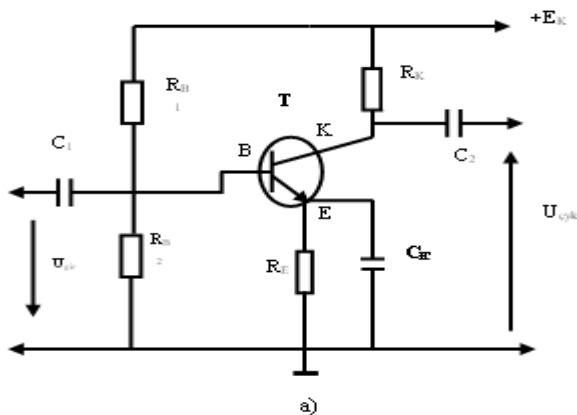
$k_i = k_{i1} \cdot k_{i2} \cdot \dots \cdot k_{in}$  – toklaryň gatnaşyklaryndan;  
 $k_p = k_{p1} \cdot k_{p2} \cdot \dots \cdot k_{pn}$  – kuwwatlaryň gatnaşyklaryndan.

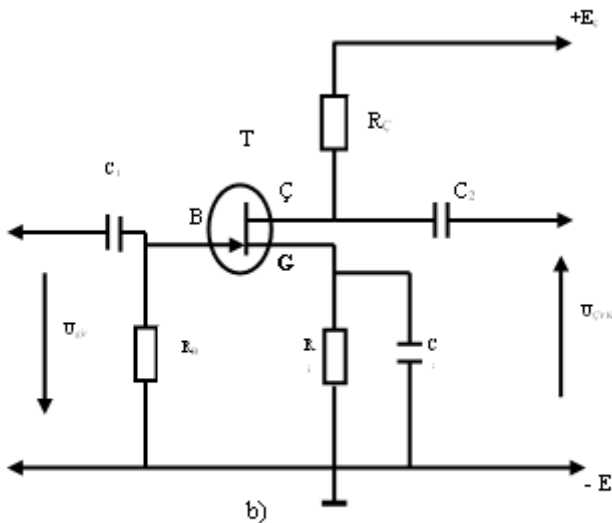
Logorifmiki « **Bell** » birlik 1847 – 1922 ýyllar arasynda ýaşap geçen we telefony oýlap tapan alym Aleksandra Greýama Bell-iň adyna bagyşlanyp kabul edilipdir. Şular ýaly, alymlaryň hormatyna ölçeg birlikleriň kabul edişligi ylym äleminde adatdyr. Meselem, Amper, Wolt, Watt, Genri, Om, Farada, Gers, Nýuton ýaly ölçeg birlikleri ýatlatmak ýeterlikdir.

### **Güýçlendiriji kaskadlaryň shemalaryna mysallar.** **Operation güýçlendirijiler we olaryň esasy shemalary.**

Ikipolýarly we birpolýarly tranzistorlarda ýygynalan güýçlendiriji kaskadlara aýry – aýrylykda seredeliň :

**1. Ikipolýarly tranzistordan gurnalan güýçlendiriji kaskad.**  
 Ikinji mysal hökmünde 2.26-njy **a** çyzgyda **n-p-n** tipli umumy emitterli ikipolýarly tranzistordan ýygynalan güýçlendiriji kaskadyň özboluşly (prinsipial) shemasyna seredeliň, **a** – çyzgyda emitteri umumylaşdyrлан.





2.26-njy çyzgy. Güýçlendiriji kaskadlaryň prinsipial shemalary :  
**a** – ikipolýarly, **b** – birpolýarly tranzistorlarda.

Shemadaky elementleriň wezipeleri :  $C_1$  we  $C_2$  – bölüji kondensatorlar, olar üstlerinden diňe üýtgeýän düzüjileri geçirýärler (  $C_1$  – girelgedäki,  $C_2$  – çykalgadaky);  $R_{B1}$  we  $R_{B2}$  –  $T$  – tranzistoryň bazasyna birleşdirilýän garşylyklar. Bu garşylyklar belli bir iş düzgüninde tranzistoryň işlemeli nokadynyň ýagdaýyny kesgitleýär (Tranzistoryň bazasyna berilmeli  $U_{süýş}$  – naprýaženiýeni kesgitleýär) ;  $R_K$  – kollektoryň zynjyryndan signal almak üçin çykalgasyna birleşdirilýän garşylyk ;  $R_E$ ,  $C_E$  – elementler tranzistoryň iş düzgünini temperatura görä stabill (durnukly) saklamak üçin emitteriň zynjyryna birleşdirilýär ;  $R_K$  – kollektoryň zynjyryny iýmitlendirýän çeşme .

Emitteriň zynjyryndaky  $R_E$  – garşylykdan naprýaženiýe boýunça yzy bilen arabaglanşyk tranzistoryň girelgesine (bazasyna) berilýär.

Yzy bilen aragatnaşykly signalyň ylalaşykly bolmagy üçin tranzistoryň girelgesine togyň diňe hemişelik düzüjisini



bermek üçin  $R_E$  – rezistora parallel  $C_E$  – kondensatory birleşdirýärlər. Bu kondensatoryň sygym  $\left( \frac{1}{\omega_{pes} \cdot C_E} \right)$  – garşylygy) üýtgeýän toklar üçin örän kiçidir ýagny,

$\left( \frac{1}{\omega_{pes} \cdot C_E} \right) \ll R_E$  Bu ýerde  $\omega_{pes}$  – güýçlendirilýän, üýtgeýän signallaryň in pes ýygylgydyr.

## 2. Birpolýarly tranzistordan ýygulan güýçlendiriji kaskad.

Ýene-de bir shema seredeliň. 2.26-njy **b** çyzgyda **p-n** geçelgesinden dolandyrylýan birpolýarly tranzistordan ýygulan güýçlendiriji kaskatdan prinsipial shemasy görkezildi, b – çyzgyda girelgesi umumylaşdyrlan.

Shemadaky elementleriň wezipeleri :  $C_1$  we  $C_2$  – bölüji kondensatorlardyr;  $R_C$  – güýçlendirijiniň çykalgasyndan signal almak üçin birleşdirilen garşylyk ;  $R_i$  bilen  $C_i$  – tranzistoryň iş düzgüni üçin ýörite hasaplanylýp goýlan rezistor we sygym elementler, ýagny tranzistoryň iş nokadynyň ýagdaýyny kesgitleýär :  $R_B$  – işi sazlaýjy burmanyň zynjyryndaky garşylyk. Bu garşylyk tranzistoryň  $R_i$ ,  $C_i$  zynjyrlaryna berilýän naprýaženiýeni geregiçe süşürmek üçin ulanylýar.  $E_C$  – birpolýarly tranzistoryň çykalgasyny iýmitlendiriji çeşme.

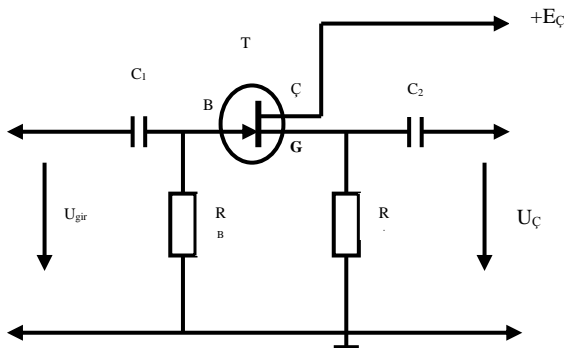
Yzy bilen aragatnaşygy ylalaşykly signalyň naprýaženiýesi  $R_i$  – garşylykdan alynýar we  $R_B$  – garşylygyň üsti bilen tranzistoryň işini sazlaýjy burmasyna berilýär.

Tranzistoryň girelgesine **VBA** – signalyň diňe hemişelik düzüjisini üpjün etmek üçin  $C_i$  – sygymyň reaktiw garşylygy  $R_i$  – garşylykdan ep-esli kiçi bolmalydyr, ýagny deňsizlik bolmalydyr.

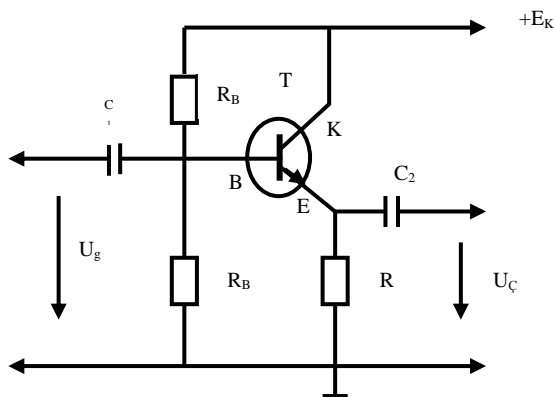
$$\left( \frac{1}{\omega_{pes} \cdot C_i} \right) \ll R_i$$

Bu ýerde  $\omega_{\text{pes}}$  – güýçlendirilýän signallaryň iň pes ýygylgydyr.

**Çykgasy umumylaşdyrylan birpolýarly güýçlendiriji kaskad**  
( Girelgesi gaýtalanýan, 2.27-nji a – çyzgy).



a)



b)

2.27-nji çyzgy. Çykgasy umumylaşdyrylan güýçlendiriji kaskadlaryň prinsiplial shemalary : a – birpolýarly, b – ikipolýarly tranzistorlar üçin.

Çykalgasy umumylaşdyrlan **a** – çyzgydaky shema girelgesi gaýtalanýan güýçlendiriji kaskad hem diýilýär. Sebäbi, **R<sub>i</sub>** – garşylykdan alynýan çykalga signalyň **U<sub>ç</sub>** – naprýaženiýesi girelgedäki **U<sub>gir</sub>** – naprýaženiýä deňeçerräk bolýar. Naprýaženiýe boýunça geçiş koeffisiýenti bolsa birlik baha golaýlaşýar.

$$K_u = \frac{U_{\epsilon}}{U_{gir}} \approx 1$$

Girelgesi boýunça gaýtalanýan kaskadlar, köplenç kömekçi güýçlendirijiler hökmünde peýdalanylýarlar. Olaryň esasy bitirýän işleri, kiçi garşylykly elektrik ýükleriniň naprýaženiýesi bilen içki garşylygy uly çeşmeleriň naprýaženiýelerini özara ylalaşdyrýar (sazlaşdyryjy bolup hyzmat edýär).

Çykalgasy umumylaşdyrlan güýçlendiriji kaskadyň girelge garşylygy örän uly **R<sub>gir</sub> ≈ R<sub>B</sub> = 10<sup>5</sup> – 10<sup>6</sup> Om** bolup, çykalgasyndaky garşylygy bolsa kiçidir, ýagny **R<sub>çyk</sub> ≈ R<sub>i</sub> = 10<sup>3</sup> – 10<sup>4</sup> Om** töweregidir.

Bular ýaly güýçlendiriji kaskadlar togy güýçlendirijilerdir.

### **Operasion güýçlendirijiler ( OG).**

**XX asyryň 40-njy ýyllarynyň ahylarynda matematiki operasiýalary (amallary) modulirleýji gurnamalar peýda bolýarlar.**

Hemişelik togy üçin niýetlenilen elektronly çyralardan ýygynalan güýçlendirijiler yzy bilen aragatnaşygy ylalaşykly gurnalyp :

- Köpeltmegi, bölmegi, aýyrmagy, goşmagy, differensirlemegi, integrirlemegi, logoriflemegi, derejä götermegi, kökden çykarmagy trigonometriki funksiýalary hasaplamagy we başga-da ençeme matematiki amallary (operasiýalary) işlemäge ukyply gurnama bolupdyr.

Emma, 60-njy ýyllaryň başlarynda operasion güýçlendirijiler integral mikroshemalaryndan ýygnaýyp durky bilen düýpgöter täzelenýär.

Integral mikroshemalardan (IMS-lerden) ýygnaýan operasion güýçlendirijiler şu günler hem durmuşda giňden ulanylýar. Operasion güýçlendirijileriň adynyň köneleşendigine garamazdan olaryň funksional mümkinçilikleri ýyl geldigiçe artýar.

**Kesgitlemesi :** Operasion güýçlendiriş (OG) tranzistorlardan ýygnaýan güýçlendiriji bolup, örän uly güýçlendiriş koeffisiýenti ( $k_u = 10^4 \dots 10^5$ ) bolup, örän ullaýan girelge ( $R_{gir} = 10^5 \dots 10^6 \text{ Om}$ ) garşylykly, çykalgasynda örän kiçi ( $R_{ç} = 10 \dots 100 \text{ Om}$ ) garşylygy, girelgesinde örän kiçi ( $10^{-6} \dots 10^{-7} \text{ A}$ ) togy, ýygylýk diapazony O-dan  $10^5 \dots 10^6 \text{ Gs}$  aralykda bolup, gohy örän kiçi hem-de kiçi dreýfli gurnamadyr.

**OG-niň iş düzgüni :** Operasion güýçlendirijileri iki iş düzgüninde peýdalanmak bolýar :

1. Göni baglanşykly iş düzgüninde, we
2. Açylyp, ýapylyp bilýän açar iş düzgüninde.

Göni baglanşykly iş düzgüninde OG-niň çykalgasyndaky we girelgesindäki naprýaženiýeler özara takyk we üznüksiz baglanşykdaýdylar. OG-ni göni baglanşykly iş düzgüninde işletmek üçin adaty shemalardaky yzy bilen ylalaşykly güýçlendirijiler ulanylýar.

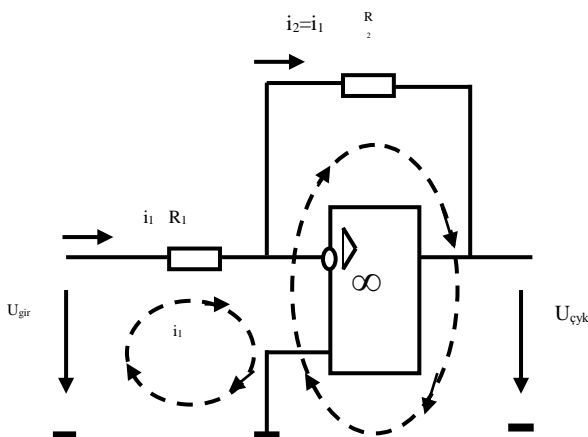
Emma, açylyp – ýapylyp bilýän açar iş düzgüninde işleýän OG-lerde welin, girelgä berilen naprýaženiýeniň bahasynda çykalgadaky naprýaženiýe böküp üýtgeýär. Meselem, plýus maksimal bahasyndan minus maksimal bahasyňa ýa-da tersine tapawudy ýok. Bu düzgünde işlediljek OG-lerde ýa-da yzy bilen baglanşyksyz ýa-da yzy bilen ylalaşyksyz aragatnaşykdan peýdalanýarlar.

## Operation güýclendirijileriň esasy shemalary.

OG-leri birnäçe topara bölýärler : Inwertli, inwertlidäl, summirleýän, tapawutlandyrýan (differensial), differensirleýän, integrirleýän ýaly toparlara bölünýär. Bu OG-lere aýratynlykda seredeliň.

### 1. Inwertirleýän (Latyn sözi – çalşyryan, çöwürýän diýmek) OG-ler.

Inwertirleýji OG-niň shemasy 2.28-nji çyzgyda görkezildi.



2.28-nji çyzgy. Inwertirleýji OG-niň shemalara birleşdirlişi.

Bu shemada yzy bilen aragatnaşygyň signaly  $R_2$  – garşylygyň üsti bilen OG-niň inwersli girelgesine berilýär. Şol inwersli girelgä-de elektrik çeşmesiniň  $U_{gir}$  – naprýaženiýesi berilýär. OG-leriň iş düzgünini ýeňil özleşdirmek üçin OG-ni ideal görnüşde diýip kabul etmek maslahat berilýär. Şeýle edilende, « **Ideal** » OG-ler üçin düzülmeli deňlemeler-de sadalaşýar, sebäbi OG-niň girelgesiniň garşylygy  $R_{gir} = \infty$  diýip kabul edilýär şonuň üçin-de girelgesindäki gysgyçlarynyň aralaryndaky ( $\Delta U_{gir}=0$ ) naprýaženiýe nula deň bolýar we  $R_1$  bilen  $R_2$  rezistorlaryň üstlerinden bir  $i_1$  – tok akýar. OG-niň

girelgesinde görkezilen kontur üçin (çyzgyda keltejikden üzülen çyzyklar) deňişli deňleme düzeliň.

$$-U_{gir} + R_1 i_1 = 0 \quad ýa-da \quad i_1 \frac{U_{gir}}{R_1}$$

OG-niň çykalgasyndaky uly kontur üçin-de deňleme düzeliň

$$U_{çyk} + R_2 i_2 = 0 \quad ýa-da \quad U_{çyk} = -R_2 i_2$$

Eger-de, birinji deňlemeden  $i_1$  – toguň bahasyny ikinji deňlemede ulansak, onda

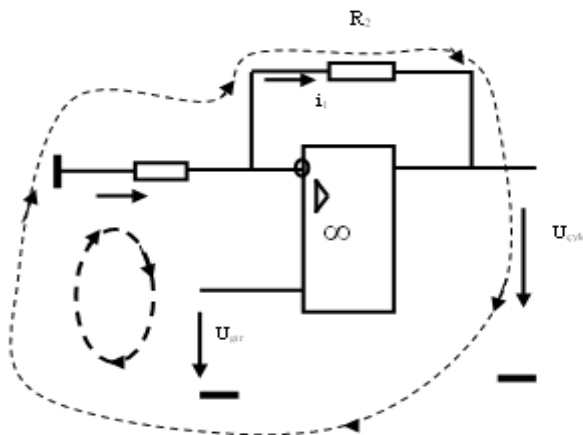
$$U_{çyk} = -\frac{R_2}{R_1} U_{gir} \text{ deňligi alarys.}$$

Deňlemäniň sag tarapynda emele gelen (–) minus alamatynyň manysy signalyň fazasynyň çöwrülýändigini ( inwertligini ) aňladýar.

## 2. Inwertirlemeýän güýçlendiriji.

Inwertsiz güýçlendirijileriň shemasy 2.29-njy çyzgyda görkezildi.

Ýene-de, OG-leri ideal diýlip kabul edilýändiginden peýdalanyň, çyzgyda görkezilen kiçi we uly konturlar üçin deňişli deňlemeler düzeliň.



2.29-nji çyzgy. Inwertirlemeýän OG-niň shemalara birleşdirilişi.

Kiçi kontur üçin  $R_1 i_1 + U_{gir} = 0$  ýa-da  $i_1 = -\frac{U_{gir}}{R_1}$

Uly kontur üçin  $(R_1 + R_2) i_1 + U_{çyk} = 0$  ýa-da

$$U_{çyk} = - (R_1 + R_2) i_1$$

Birinji deňlemeden  $i_1$  – toguň bahasyny ikinji deňlemä goýsak, onda

$$U_{çyk} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} U_{gir} \quad \text{ýa-da} \quad U_{çyk} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) U_{gir}$$

Deňlemede (–) – alamatyň ýoklugy (+) – plýus alamatlylygyň manysy OG-de signalyň fazasy inwertsiz güýçlenýändigini aňladýar.

### **Göneldijiler we olaryň görnüşleri. Göneldijileriň bir fazaly shemalary. Bir we ikiýarym perioly göneldijileriň shemalary. Tranzistorly süzgüçler.**

Göneldijileriň nyşanlaryna laýyklykda şu aşakdaky görnüşlere bölmek bolýar:

a) Göneldiji elementleriň görnüşlerine görä:- elektronly, ionly, ýarymgeçirijili, dolandyryp bolýan we dolandyryp bolmaýan;

b) Göneldilmeli naprýaženiýeniň ululygyna görä:- pes **1000 W** –a çenli, we ýokary **1000 W** –dan ylu naprýaženiýeler üçin;

ç) Çykalgasyndaky kuwwatyna görä:- kiçi kuwwatly (**1kWt**-a çenli), uly kuwwatly (**1kWt**-dan ýokary) göneldijiler;

d) Iş düzgünleri boýunça görnüşleri:- uzak wagtlaýyn, gysga wagtlaýyn, impulsly, gaýtalanyp-gysgawagtdan işläp bilýän göneldijiler;

k) Ýüküň häsiýetlerine görä:- aktiw, induktiw, sygym we aktiw-induktiv ýa-da aktiw-sygym häsiýetli;

m) Göneldiji shemalaryň ýygnaýşyna görä:- birfazaly, köpfazaly, birtaktly, ikitaktly, naprýaženiýeni köpeldijiler;

### **Göneldijileriň shemalary dürli-dürli görnüşde bolup bilerler:**

a) Her ýarymperiodda elektrik ýükünden akyp geçýän toguň häsiýetlerine görä;- şular ýaly göneldijiler birýarymperiodly (birtaktly) we ikiýarymperiodly (ikitaktly) shemalara bölünýärler.

Birýarymperiodly göneldiji çeşmelerde transformatoryň ikinji sargysyndaky togunyň diňe ýarym periody akyp geçýär, ikiýarymperiodly göneldijilerde bolsa ýarymperiodlaryň ikisi-de ýüküň garşylygynda belli (takyk) bir tarapa akdyrylýar.

b) Göneldijilere berilýän üýtgeýän toguň fazalarynyň sanyna görä bölünýärler.

Çeşmeleriň ýa-da transformatorlaryň gurluşlaryna we görnüşlerine laýyklykda göneldijiler birfazaly, üçfazaly, altyfazaly we köpfazaly ýaly görnüşlere bölünýärler.

ç) Göneldilýän fazalaryň **m**-sanyna görä shemalary  **$m=p \cdot q$**  formula bilen düşündirip bolýar.

Bu ýerde: **p** – üýtgeýän naprýaženiýelerde göneldilýän fazalaryň sany,

**q** – işleýän göneldiji elementlerdäki üýtgeýän naprýaženiýeniň ýarymperiodlarynyň sany.

Göneldiji gurnamalary (ikilenji çeşmeleri diýseň-de bolýar) şu aşakdaky parametrleri bilen häsiýetlendirýärler:

- 1.Çykalgasyndaky parametrleri bilen;
- 2.Göneldiji elementleriň parametrleri bilen;
- 3.Çeşmedäki transformatoryň parametrleri bilen.

Bu parametrlere aýratynlykda seredip geçeliň.

### **1.Çykalgasyndaky parametrleri:**

a)  **$U_a$**  – göneldilen naprýaženiýeniň ortaça bahasy;

b)  **$I_a$**  – göneldilen toguň ortaça bahasy;



- ç)  $P_d = U_d \cdot I_d$  – göneldilen toguň zynjyryndaky kuwwaty;  
 c)  $f_{p1}$  – göneldilen (pulsirlenen diýseňde ýalňys bolmaz) naprýaženiýeniň esasy (birinji) gormonikasynyň ýyglygy;

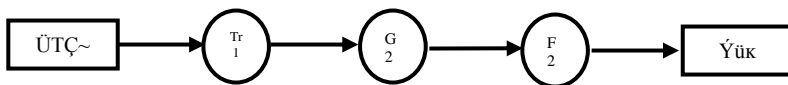
$$k_p = \frac{U_{1m}}{U_d} - \text{pulsyň ululygyny anyklaýan koeffisiýent.}$$

## **2. Göneldiji elementleriň parametrleri:**

- a)  $I_{ort}$ ,  $I_{täs}$ ,  $I_{max}$  – göneldilen toguň ortaça, täsir we maksimal bahalary;  
 c)  $U_{ters, max}$  – dioda düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy.  
 c) **Göneldijileriň bir fazaly shemalary.**

**Kesgitlemesi:** Göneldijiler diýlip, üýtgeýän toguň naprýaženiýesini hemişelik toguň naprýaženiýesine talabalaýyk göneldip bilýän gurnamalara aýdylýar.

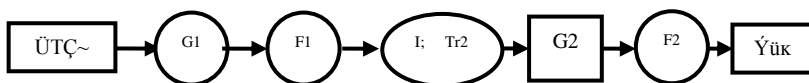
**Göneldijileriň düzümi (gurluşlary)** Mysal hökmünde 2.30-njy çyzgyda üýtgeýän naprýaženiýe bilen togy hemişelik toga we naprýaženiýä öwürýän göneldijiniň funksional shemasy görkezildi.



2.30-njy çyzgy. Göneldijiniň funksional shemasy.

Görkezilen shema, dolandyryp bolmaýan birfazaly transformatorly göneldijileriň içinde iň köp ýaýranydyr. Muňa garamazdan bular ýaly göneldijileriň kem tarapy-da bardyr, ol hem **50Gs** işleýän birfazaly transformatorlaryň aşa uly göwrümi bilen massasy umumy göwrüminiň we massasynyň **50%** -nden-de köpdügidir. Düzleýji **F2**-süzgüç (filtr) hem özüniň induktiw tegegi bilen ullakan göwrümi we massasy bilen tapawutlanýarlar.

Häzirki döwürde şu aşakdaky funksional shema has giňişleýin ulanyp başlady.



2.31-nji çyzgy. Inwertorly, tranzistorly göneldijiniň funksional shemasy.

Bu hödürlenilýän funksional shemanyň gowy diýlip hasap edilýänliginiň sebäpleri:

- a) Shemasyňa hiç hili üýtgeşmeler girizmezden bu shemalary **50, 400 we 1000Gs** ýygylklarda işledip bolýanlygyndadyr;
- b) Şeýle shemalarda ulanylýan iki sany transformatoryň kuwwatlarynyň özara deňliklerine garamazdan, inwertli  $T_{r2}$  – transformator çeşmäniň  $T_{r1}$  – transformatoryň massasyndan we göwrümünden  $10 \div 100$  esse kiçidir we onlarça kilogerslerde işläp bilýänligindedir.

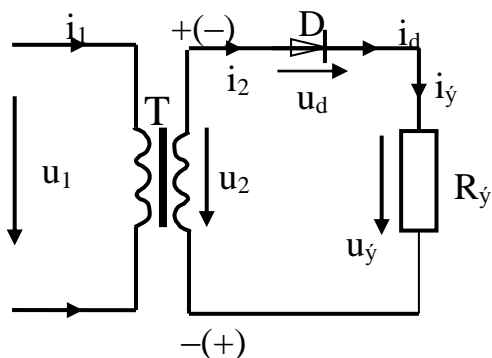
2.31-nji çyzgydaky  $F_1$  we  $F_2$  süzgüçler (fíltrler) göneldilen impulsalaryň örküçlerini düzleýji süzgüçleriň funksiýalaryny ýerine ýetirýärler.  $G_1$  we  $G_2$  – göneldiji elementler.

### **Bir - we ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalary.**

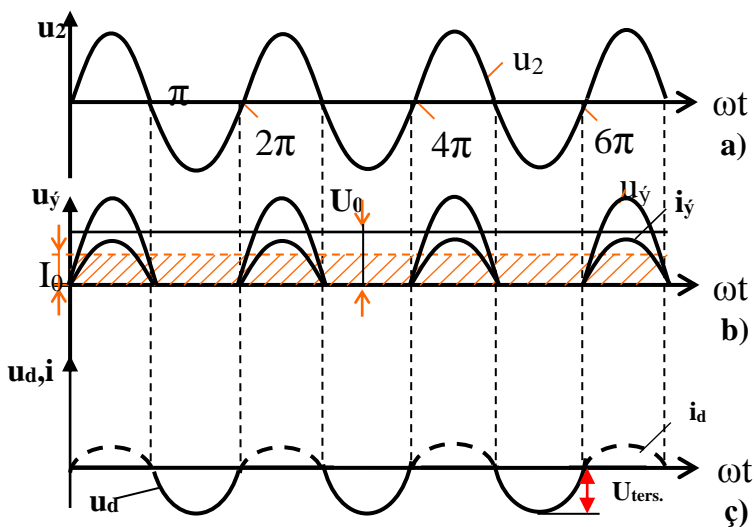
Birfazaly göneldijileriň iş düzgünlerine düşünmek üçin transformatorly çeşmä birikdirlen göneldijileriň in ýönekeýine seredeliň. Göneldijilerde bolup geçýän fiziki hadysalar özleşdirlende transformator bilen diodlary **ideal** diýlip kabul edýärler. Şonuň üçin-de, ideal transformatorlaryň sargylaryndaky aktiw we reaktiw garşylyklary nula deňdir, ýagny  $R_{Tr} \approx 0$ ;  $X_{Tr} \approx 0$ .

Ideal diodlaryň hem göni (geçirýän) tarapyna garşylyklary nula deň diýlip, ters (geçirmeýän) tarapynda bolsa garşylyklary tükeniksizlige ymtylýar diýlip kabul edilýär.

2.32-nji çyzgyda birfazaly, birýarymperiodly göneldijiniň shemasy hem-de onuň  $t$ -wagt boýunça iş diagrammasy 2.33-nji çyzgyda görkezildi.



2.32-nji çyzgy. Birýarymperiodly birtakly göneldijiniň shemasy.



2.33-nji çyzgy. Birýarymperiodly göneldijiniň  $t$ -wagta görä diagrammasy : **a**-ikilenji çeşmäň diagrammasy, **b**-göneldilen tok we naprýaženiýe, **ç**-dioda düşýän ters naprýaženiýe.

2.32-nji we 2.33-nji çyzgylarda ulanylan şertli belgiler:  
 $U_1$  – transformatoryň birinji sarymyndaky naprýaženiýe;

$U_2$  – transformatoryň ikinji sarymyndaky naprýaženiýe;  
 $i_a$  we  $U_a$  – diodyň deňişlilikde togy we naprýaženiýesi;  
 $i_2$  – transformatoryň ikinji sargysyndaky tok;  
 $U_{tres,max}$  – dioda düşýän ikinji ters naprýaženiýeniň maksimal bahasy;  
 $D$  – ýarymgeçiriji diod;  
 $T$  – elektrik çeşmesine birikdirilýän transformator ;

Eger-de göneldijiniň  $T_r$  – transformatoryny sinus görnüşli üýtgeýän (10.4-nji çyzgy)  $U_1$  – naprýaženiýe bilen iýmitlendirsek, onda transformatoryň ikinji sargysynda sinus görnüşli **e2-EHG** döreýär. Bu **e2-EHG** ululygy we formasy boýunça  $U_2$  – naprýaženiýä deňdir. (2.33-nji a-çyzgy)

Diagrammadan we shemadan görnüşi ýaly **O**-dan  $\pi$  - aralykda diodyň anody (+)-plýus alamatly naprýaženiýä duçar bolýar, **D**-diod açylýar we  $U_2$  – naprýaženiýäniň täsirinden transformatoryň ikinji sargysynda  $i_2$  – dioddan  $i_a$ , elektrik ýükünden  $i_y$  toklar akar. Diýmek, **D**-diod **0**-dan tä  $\pi$  çenli naprýaženiýeniň plýus potensialynda açyklygyna galýar we beýleki (+)-plýus ýarymperioldarda-da bu proses gaýtalanýar (2.33-nji **b**-çyzgy).

Şeýle polýarlyk 2.32-nji çyzgyda (+) we (-) alamatlar ýaý içine alynmady. Polýarnostyň üýtgeýän pursatlaryny bolsa ýaý içine (+) we (-) alyndy. Şeýle ýagdaýda diodyň anodyna (-), katodyna bolsa (+) alamatly potenciallar düşýär. Bu aralyk  $\pi$  - den tä  $2\pi$  çenli dowam edýär. Diýmek, dioda ters alamatly naprýaženiýe berilýär. Ters polýarnostda dioddan, ýüküň  $R_y$ -garşylygyndan we transformatoryň ikinji sargysyndan tok akmaýar.

Şeýlelikde,  $R_y$  – garşylykdan akýan tok puls görnüşli bolar. Bu impulsaryň dowamy (+) ýarymperiolda deň bolup, formasy we ugry diňe birtaraplaýyndyr hem-de (+) plýus alamatlydyr (2.33-nji **b**-çyzga seret).

Diýmek göneldilen  $U_1$  – naprýaženiýeniň-de formasy 2.33-nji **b**-çyzgyda görkezilen diagramma meňzeşdir.

Göneldiji napryażeniýe öz düzüminde hemişelik  $U_0$  – düzüjisinden hem-de birnäçe garmoniki düzüjilerinden emele gelip, olaryň özära garylmalarynyň netijesinde pulsirleýji formanyň döremegine sebäp bolýarlar. Ýokarda seredilen göneldijiniň shemasy üçin (2.32-nji çyzgy seret) fazanyň sany  $m=1$ , sebäbi bir periodyň dowamynda elektrik yüküniň  $R_f$  – garşylygynyň üstünden bir impuls geçýär. Toguň  $I_0$  – hemişelik düzüjisi transformatoryň ikinji sargysyndan akyp geçende transformatoryň poladyny magnitlendirýär. Magnitleniş hadysa transformatoryň parametrleriniň hiliniň peselmegine getirýär hem-de polat-demirdäki ýitginiň artmagyna, transformatoryň boş iş düzgünindäki toguň ulalmagyna getirýär. Bu ýitgileri azaltmak üçin polat-demiriň kese-kesiginiň meýdanyny ulaltmaly bolýar, bu bolsa transformatoryň göwrüminiň we massasynyň artmagyna getirýär. Seredilýän shema üçin, göneldilen

$$0,318 \cdot U_m \text{ deňdir}$$

napryażeniýeniň impulsynyň ýygylgy **50Gs** (senagatlarda ulanylýan ýygylk) diýlip alyndy, hemişelik düzüjisi bolsa

$$U_0 = \frac{U_m}{\pi}$$

### **Ikiýarymperiodly göneldijileriň shemalaryna seredeliň.**

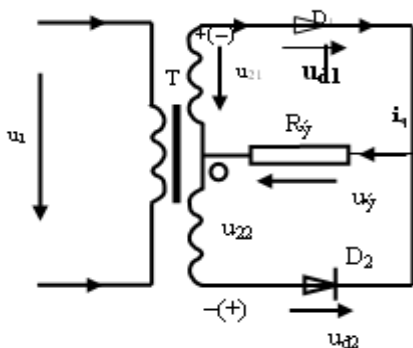
Ikiýarymperiodly göneldijileriň iki görnüşli shemalary bardyr.

**Birinji** transformatoryň ikinji sargysy ýörite neýtrallaşdyrlyp, bary-ýogy iki sany ýarymgeçiriji diod bilen (2.34-nji çyzgy) amala aşyrylýar. Degişli diagrammalary 2.35-nji çyzgyda görkezildi.

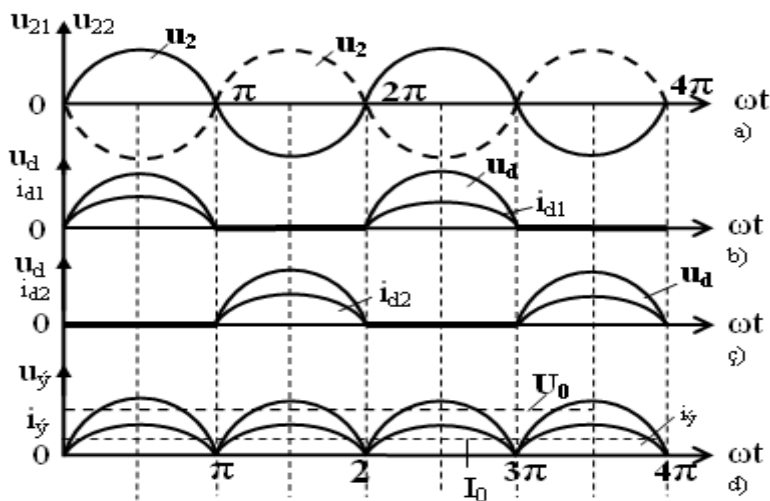
**Ikinji** köprüli shemadyr (2.36-njy çyzga seret). Bu shemada transformatoryň ikinji sargysynda dört sany diodly-ýörite shema bilen birleşdirilip, olaryň bir dioganylyna transformatoryň ikinji sargysy, beýleki dioganylyna bolsa  $R_f$  – garşylyk birleşdirýärler. Şeýle shema köprüni ýada salýar, şonuň üçin-de köprüli shema diýilýär.

Degişli diagrammalary 2.37-nji çyzgyda görkezildi. Bu iki shemalaryň işleýiş düzgünlerine aýratynlykda seredeliň. 2.34-

nji çyzgyda çeşmä birikdirilen **T** – transformatoryň birinji sargysy bir sany tegekden gurnalan bolsa, onda ikinji sargysynyň ortarasyndan **0** – potensially sim çykarýanlygy üçin, bu transformatoryň ikinji sargysy iki tegekden gurnalan diýseňde kän bir ýalňyş bolmaz. Şonuň üçin-de, transformatoryň ikinji sargylary özara ylalaşykly hem-de yzygiderli birikdirilen tegekler diýip-de bileris.



2.34-nji çyzgy. Iki dioddan gurnalan ikiýarymperiodly birtakly göneldijiniň shemasy.



2.35-nji çyzgy. Ikiýarymperiodly göneldijiniň  $t$ -wagta görä diagrammasy .

Transformatoryň ikinji sargysyny emele getirýan her bir tegek öz diody hemde **O**-nokada birleşdirilen ýükiň  $R_y$  – garşylygy bilen birleşdirýär. Diodlar ýüke göre anody ýa-da katody bilen birleşdirilip bilner. Berilen shema iki sany birýarymperiodly göneldijileriň gezekli-gezegine goşulyp işlemekleriniň netijesidir diýip bileris. Shemanyň işleýiş düzgünini şu aşakdaky tertipde düşündirip bileris:

Eger-de, birinji ýarymperiodda (**O** -  $\pi$  aralyk) ýokarky tegegiň çykalgasy **O**-nokada göre (+), aşaky tegegiň çykalgasy (-) minus potensial diýip kabul etsek (2.34-njy çyzgyda ýaý içine salynmadyk „+“ we „-“ alamatlar), onda **D**<sub>1</sub> – diod açyk bolar, sebäbi onuň anody (+), katody bolsa (-) potensiallara eýe bolarlar. Netijede, **D**<sub>1</sub> – diod bilen  $R_y$  – ýükiň üstlerinden  $i_{d1}=i_y$  tok akar (2.37-njy b çyzga seret). Emma, diod **D**<sub>2</sub> – ýapyk bolar we oňa ters naprýaženiýeniň iki esse ( $U_{ters}=2U_{2maks}$ ) maksimal bahasy düşer. Bu ýerde  $U_{2m}$  – transformatoryň ikinji sargysy hasap edilýän tegekleriň ikinjisiniň maksimal naprýaženiýesiniň san bahasydyr, munuň sebäbi **D**<sub>1</sub> – diodyň açyk wagty **D**<sub>2</sub> – diodyň katodyna (+) potensial, anodyna bolsa (-) potensial düşýär.

Ikinji ýarymperiodda bolsa **D**<sub>2</sub> – diod açylýar, çünki ikinji **D**<sub>2</sub> – diodyň anodyna (+), katodyna bolsa (-) potensial düşýär, sebäbi transformatoryň ikinji sargysyny emele getirýän tegekleriň birinjisiniň çykalgasy (-) minus potensiala öwrülýänligi üçindir.

Şeýlelikde ikinji **D**<sub>2</sub> – diod bilen  $R_y$  – ýüküň üstlerinden  $i_2 = i_y$  tok akar (2.35-nji ç- çyzga seret). Diýmek, **D**<sub>1</sub> we **D**<sub>2</sub> diodlar gezekli-gezegine işleýärler. Şonuň üçin-de bir periodyň dowamynda  $R_y$  – garşylykdan akýan  $i_y$ -tok  $i_{d1}$ -bilen  $i_{d2}$  – toklaryň jemine deň bolar, ýagny  $i_y = i_{d1} + i_{d2}$  bolar. Impulsyň sany bolsa  $m=2$  bolar, ýagny iýmitlendiriji EHG-niň ýygylgy **50Gs** bolsa, onda impulslaryň ýygylgy iki esse köp bolar. ( $f_{puls} = 2f_{çeşме} = 2 \cdot 50 = 100Gs$  bolar).

Ikiýarymperiodly göneldijilerde transformatoryň ferromagnit demiri magnitlenmeýär, sebäbi göneldilen toguň

hemişelik düzüjileri özara tersdirler. Bu shemalarda göneldilen napryaženiýeniň we toguň hemişelik düzüjisi birýarymperiodly bilen deňeşdirlende iki esse köpdür.  $U_0 = 0,634 \cdot U_m$ ;

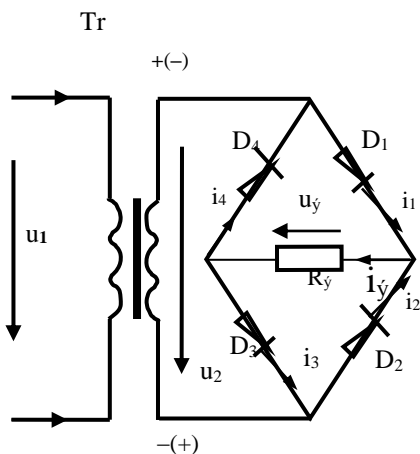
$$I_0 = 0,634 \cdot I_m$$

**Ikiýarymperiodly göneldijiniň köprüli** shemasy 10.8-nji çyzgyda, onuň iş düzgüniniň diagrammalary 2.37-nji çyzgyda görkezildi.

Çeşmä birikdirilen transformatoryň ikinji sargysynda bary-ýogy bir sany tegek bolup, köprini emele getirýän diodlaryň sany dörde deňdir (**D<sub>1</sub>**, **D<sub>2</sub>**, **D<sub>3</sub>** we **D<sub>4</sub>**).

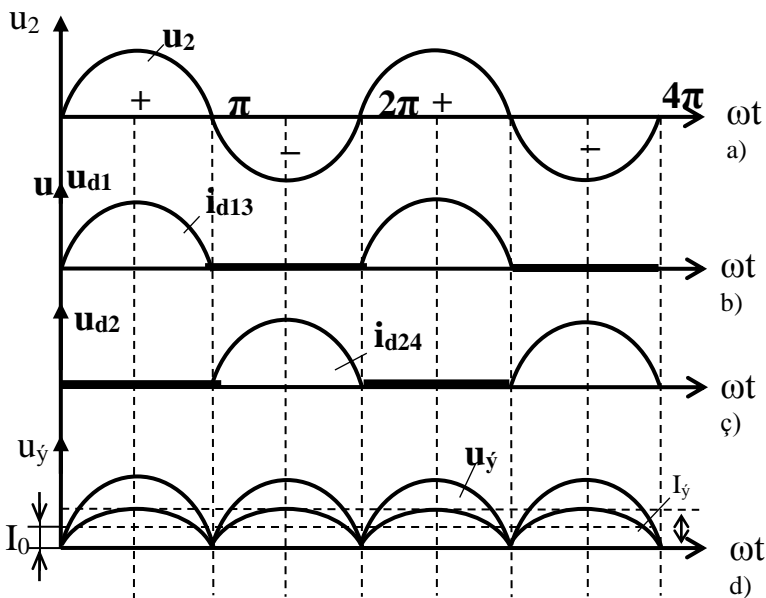
Köprüli shemanyň bir dioganaly transformatora birleşdirilse, ikinji dioganaly ýüküň **R<sub>ý</sub>** – garşylygyna birleşdirilýär.

Köprüli shemany emele getirýän diodlar özära birleşdirlende napryaženiýeniň her bir ýarymperiodyna iki sany yzygider birleşdirlen diod düşýär.



2.36-njy çyzgy. Köprüli ikiýarymperiodly göneldijiniň shemasy





2.37-njy çyzgy. Ikiýarymperiodyly köprüli göneldijiniň  $t$ -wagta görä diagrammasy.

Shema üns berip seretseniz **D<sub>1</sub>** bilen **D<sub>2</sub>** diodlaryň umumy nokady emele getirýän katodlary (+) – plýus potentsiala eýe bolsa, onda **D<sub>3</sub>** bilen **D<sub>4</sub>** diodlaryň umumy nokady emele getirýän anodlary (-) – minus potentsiala eýe bolýarlar.

Eger-de, transformatoryň ikinji sargysynyň ýokarky çykalgasynyň potentsialyny (+) – plýus, aşaky çykalgasyny bolsa (-) – minus diýip kabul etsek, onda sinus boýunça üýtgeýän  $U_2$  – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodyna gabat gelýär diýiligidir (2.37-nji **a** hem-de **b** – çyzgylardaky diagrammalara serediň). Netijede, **D<sub>1</sub>**, **D<sub>3</sub>** – diodlardan akýan göni  $i_{a1}$  we  $i_{a3}$  – toklar  $R_\gamma$  - garşylygyň üstünden akýan tok sagdan – çep tarapa bolar (2.36-njy çyzgydaky shemany yzarla!). Diýmek  $U_2$  – naprýaženiýeniň birinji ýarymperiodynda **D<sub>2</sub>** bilen **D<sub>4</sub>** – diodlardan tok akmaz, sebäbi olaryň anodlary bilen katodlaryna düşýän naprýaženiýe

alamatlary boýunça tersdirler. Şonuň üçin-de birinji ýarymperiodyda bu diodlar ýapykdyrlar. Sinus grafiğiň ikinji ýarymperiodynda **D<sub>1</sub>** bilen **D<sub>3</sub>**- diodlar ýapyk bolup, **D<sub>2</sub>** bilen **D<sub>4</sub>** – diodlar açylýar. Sebäbi bu diodlaryň anodlaryna (+) – plýus, katodlaryna bolsa (-) – minus potenciallar düşýär (2.36-njy çyzgyda transformatoryň ikinji sarymynda görkezilen ýaýyçindäki (+) we (-) alamatlara serediň)

Diýmek **R<sub>ý</sub>** – garşylykdan akýan  $i_y$  tok  $i_y = i_{a13} + i_{a24}$  bolar. Bu toklaryň ikisi-de **R<sub>ý</sub>** – garşylykda ugurlary boýunça bir tarapa akarlar (meselem, biziň seredýän shemamyzda sag tarapdan çepe bolar).

Köprüli shemada hem, impulsyň sany **m=2** bolar, sebäbi bir periodyň dowamynda **R<sub>ý</sub>** – garşylykdan naprýaženiýeniň (ýa-da toguň) iki sany impulsy geçýär. Diýmek, elektrik ýükdäki ýygylgyň pulsý çeşmäniň ýygylgynyň pulsundan iki esse köp bolar ( $f = 2 f_c = 2 \cdot 50 = 100 \text{ Gs}$ ).

Diýmek, her ýarymperiodyda iki sany diod açyk bolsa, beýleki ikisi ýapyk bolýarlar. Şonuň üçin-de (diodlaryň açyk wagtlary olaryň içki garşylyklary nula deň bolýandyklary, ýapyk wagtlary bolsa içki garşylyklary tükeniksizlige deň bolýandyklary sebäpli) **D<sub>1</sub>** bilen **D<sub>3</sub>** – diodlardan göneldilen tok aksa, beýleki **D<sub>2</sub>** bilen **D<sub>4</sub>** – diodlardan tok akmaýar we tersine.

Diodlara düşýän ters naprýaženiýeniň maksimal **U<sub>ters.m</sub>** – bahasy transformatoryň ikinji sargysyndaky **U<sub>2max</sub>** – naprýaženiýesiniň maksimal bahasyna deňdir, ýagny **U<sub>ters,max</sub> = U<sub>2max</sub>** bolar.

### Tranzistorly süzgüçler.

Elektronly elementlerden gurnalan süzgüçlerde düzleýji element hökmünde ikipolýarly tranzistorlar ulanylýar.

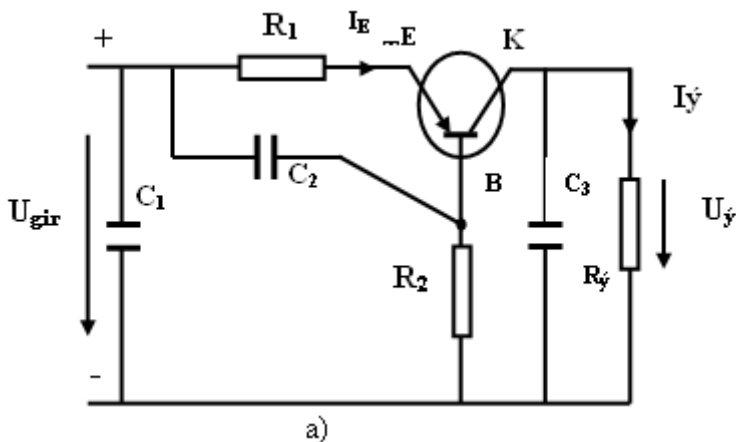
Ikipolýarly tranzistorlarda signallaryň örküçlerini tekizlemek häsiýeti tranzistorlaryň hemişelik we üýtgeýän toklara görä garşylyklarynyň bahalary özara örän uly tapawutlanýandyklary bilen düşündirilýär.

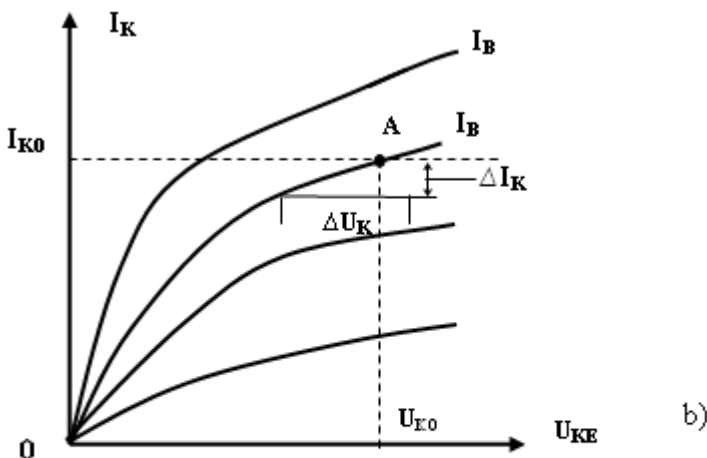
Eger-de, tranzistorlaryň elektrik ýüklerine üç hili (görnüşli) birleşdirip bolýandyklaryny göz önünde tutsak, onda:

- a) Kollektory bilen elektrik ýüküniň yzygider birleşdirilişi;
- b) Emitteri bilen elektrik ýüküniň yzygider birleşdirilişi;
- c) Tranzistor bilen elektrik ýüküniň parallel birleşdirilen shemalary giňden ulanylýar.

Mysal hökmünde 2.38-nji **a** çyzgyda görkezilen shema seredeliň:

Bu shemada tranzistoryň kollektory bilen elektrik  $R_Y$  – ýüki yzygider birleşdirildi. 2.38-nji **b** çyzgyda bolsa tranzistoryň çykalgasyny häsiýetlendirýän  $I_k(U_{KE})$  baglanşykda tranzistoryň işläp duran bir nokady görkezildi (diagrammada **A** nokat).





2.38-nji çyzgy. Tranzistorlary süzgüç: a – tranzistorly süzgüjiň shemasy; b – tranzistorly süzgüjiň çykalgasyny häsiýetlendirýän diagramma.

Diagrammada görkezilen A nokada  $R_{st} = \frac{U_{KO}}{I_{KO}}$  garşylyk

degişlidir. Bu garşylyk üýtgeýän togyň garşylygyndan epesli

kiçidir. Üýtgeýän togyň garşylygy  $R_{din} = \frac{\Delta U_k}{\Delta I_k}$  formula bilen

anyklanylýar. Şular ýaly shemaly tranzistorlar özlerine mahsus häsiýetleri boýunça süzgüjiň shemasynda induktiw garşylyk ýaly özüni alyp barýar (ýagny, üýtgeýän toga tranzistor köp garşylyk görkezýär).

2.38-nji a – çyzgyda görkezilen shemadaky elementleriň näme üçin gerekdiklerini özleşdireliň : C<sub>1</sub> we C<sub>3</sub> – kondensatorlar ýokary garmonikaly signallary R<sub>ý</sub> – garşylyga goýbermän öz üstlerinden geçirmek üçin ; R<sub>1</sub> we C<sub>2</sub> – elementler emittere barýan I<sub>E</sub> – togy hemişelik saklamak üçin ; R<sub>2</sub> – garşylyk

T – tranzistory belli bir düzgüninde işletmek üçin (meselem A – nokatda). Eger-de, başga nokatda işletmek gerek bolsa, onda R<sub>2</sub> – garşylygy başga bir garşylyk bilen çalyşýarlar.

**Elektron generatorlary hakda umumy maglumat.  
Multiwibratorlar. Tranzistorlardan we logiki  
elementlerden gurnalan awtoyrgyldyly multiwibrator.**

**Kesgitlemesi.** Elektron generatorlary diýlip, elektronly çyralary ýa-da ýarymgeçirijilerden ýasalan abzallaryň kömegi bilen, hemişelik togunyň elektrik energiýasyny yrgyldyly elektrik energiýasyna öwüriji (kesgitli ýygýlykda we formada) gurnamalara aýdylýar.

**Generatorlaryň klasslara (toparlara) bölünşi.**

Elektron generatorlary özleriniň birnäçe nyşanalary (aýratynlyklary) boýunça klasslara bölünýärler :

1. Generirlenen yrgyldylaryň ýygýlyk diapazony (giňligi) boýunça bölünşi : **a)** ýygýlykly generatorlar (1-Gers böleginden tä **100 KGS**-e çenli) ; **b)** ýokary ýygýlykly generatorlar (**100 KGS**-den **100 MGS**-e çenli) ; **ç)** aşa ýokary ýygýlykly generatorlar (**AÝÝ**) (**100 MGS**-den ýokary).

2. Generirlenen ýygýlyklary formalary boýunça sinus we sinus däl yrgyldylara-da bölýärler.

Sinus görnüşli yrgyldylary öndürýän generatorlary almak üçin olarda ulanylan güýçlendirijileriň shemalarynda görkezilen yzy bilen baglanşyklaryň hemmesi plýus alamatly bolmalydyr (**YBPB**-yzy bilen plýus baglanşyk).

Yrgyldysy sinus görnüşli ýokary ýygýlykly generatorlar adaty rezonansly **LC** – konturlar bilen döredilýär, şonuň üçin-de bular ýaly konturlara **LC** – generatorlar diýilýär.

Pes ýygýlykly generatorlar bolsa – ýygýlykdan bagly hem-de yzy bilen baglanşykly **RC** – zynjyrlar ulanylýar. Yrgyldysy sinus görnüşli generatorlarda ulanylýan yzy bilen baglanşyk yrgyldyly generatoryň ýitgileriniň öwezini dolandurýar diýäýmeseň, tutýan orny beýle bir uly däl.

Yrgyldyly generatorlardaky ýitgileri diňe bir yzy bilen plýus baglanşykly elementler bilen däl-de, garşylyklaýyn **minus** baglanşykly elementler bilen-de kompensirmek bolýar.

Islendik, hatda hil tarapdan aša ýokary ýygyllykly yrgyldyly konturlarda-da ýitgi bardyr, sonuň üçin-de döreýän islendik ýygyllykdaky yrgyldylar (hiç hili şübhesiz) ýuwaş-ýuwaşdan sönäýmelidirler. Eger-de, yrgyldylar sönmeýän bolsalar, onda şol generatordaky ýitgileri haýsy-da bolsa bir energiýa çeşmesi bilen dynuwsyz kompensirlenip durulýar diýilidigidir.

Islendik yrgyldyly sistemada döreýän ýitgileri birnäçe ekwiwalent garşylyklaryň üsti bilen düşündirip bolýar, meselem  $R_{\text{ýitgi}}$  – garşylygy haýsy-da bolsa bir minus alamatly  $R^-$  – garşylyk bilen kompensirleseň, onda  $R_{\text{ýitgi}} - R^- = 0$  ýagdaýy-da alyp bileris. Şular ýaly ýagdaýa her hili tehniki tilsimler bilen çykyp bilsek, onda döredilen yrgyldylar tükeniksiz wagtyň dowamynda-da sönmezler.

Yrgyldyly generatorlaryň shemasyna minus alamatly  $R^-$  – garşylyklaryň girizilmegi generatorda döreýän ýitgileri kompinsirleýji (öwezini doldyryp durýan) energiýa çeşmesiniň sistemada ulanylýandygyny aňladýar.

Napryženiýesi ulalanda togy kiçelýän (we tersine) elementrlere minus alamatly garşylyklar diýilýär. Şular ýaly garşylyklara **termistorlar, tunnelli diodlar, tiristorlar, birpolýarly** (ýa-da bir sany  $p - n$  geçişli) **tranzistorlar** degişlidirler.

Bu elementleriň Wolt-Amper häsiýetnamalarynda (WAH-larynda),

aşak düşýän böleginiň bar ýerinde 
$$\frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = -R$$

minus alamatly garşylygy berýär.

Eger-de, sinusdäl yrgyldylar (impulsar) bar bolsa, onda **100%** yzy bilen plýus aragatnaşykly generatorlardan peýdalanmak maslahat berilýär. Şeýle edilende generatorlarda döreýän yrgyldyly hadysa garmonikasyz (bigarmoniki) bolýar. Şular ýaly bigarmoniki görnüşdäki signallar üçin harçlanýan energiýalaryň mukdaryndan - çeşmeden berilýän energiýanyň mukdary köpdür. Sonuň üçin-de yrgyldyly generatoryň

elementlerinde energiýalaryň toplanmagy bolup, bu toplanan energiýalar sönmeýän yrgyldylaryň döremegine sebäp bolýarlar we yrgyldylaryň formalarynyň düýbünden üýtgeşik häsiýetli görnüşlerine getirýär.

Sinus däl yrgyldyly generatorlara köplenç **relaksasion** (ýuwaş-ýuwaşdan sönýän) generatorlar diýilýär.

Relaksasion generatorlaryň bölünişleri :

- a) Impulslaryň generatorlary (bloking – generatorlar) ;
  - b) Goniburçly yrgyldylaryň generatorlary (multiwibratorlar);
  - c) Naprýaženiýesi göni üýtgeýän generatorlar (NGÜG);
- Relaksasion generatorlar üç iş düzgüninde işläp bilýär :
- a) Awtoyrgyldyly düzgünde;
  - b) Haýallanýan (tormozlanýan) iş düzgüninde;
  - c) Sinhronly iş düzgünde.

Relaksasion generatorlar durnukly we deňagramly belli bir ýagdaýda işlände **birwibratorly** generator diýilýär. Eger-de, generatorlar iki sany durnukly ýagdaýda işlese, onda olara **triggerler** diýilýär.

Umuman, birwibratorly generatorlar hem-de triggerler işlänlerinde takyk iş ýagdaýynda işleýärler we açmak (generirlemek) ýa-da ýapmak (söndürmek) funksiýalary ýerine ýetirýärler. Şonuň üçin-de bu generatorlara shemalary kiltli diýseň-de ýalňyş bolmaz.

Awtoyrgyldyly iş düzgüninde işleýän relaksasion generatorlarda durnukly we deňagramly ýagdaý bolmaýar, olarda iki sany **kwazi** deňagramlyk (deňagramla meňzeş) ýagdaý bolýar.

Haýallanýan iş düzgüninde relaksasion generatoryň bir sany durnukly we deňagramly ýagdaýy bolup : sinhron iş düzgüninde impulslaryň ýygylýklary gaýtalanyp durýan relaksasion generator daşyndaky dolandyrylýan (sinhronizirlenýän) naprýaženiýeniň ýygylýgynyň ýagdaýy bilen kesgitlenilýär.

Relaksasion generatorlar özleriniň açylyş (oýanyş) düzgünleri boýunça-da iki görnüşe eýedirler :

1. Garaşsyz açylyş hem-de,
2. Öz-özünden açylyş (awtogeneratorlar).

Garaşsyz açylyan (oýanyan) generatorlaryň girelgesine berilýän naprýaženiýe, garaşsyz naprýaženiýe çeşmesinden takyk ýygylgy bilen üpjün edilýär (üpjün ediji generatordan).

Öz-özünden açylyan (oýanyan) generatorlarda sönmeýän yrgyldylary almak üçin, generatoryň çykalgasyndaky signallary girelgesi bilen birleşdirýän, yzy bilen plýus baglansykyly zynjyryň üsti (kömegi) bilen amala aşyrylýar.

Awtogeneratorlarda öz-özünden oýanmagyň ýörite şertleri bardyr. Olaryň girelge signallary bolmaýar. Şonuň üçin-de, döreýän durnukly yrgyldylar takyk şertler bilen baglansykdadyrlar. Meselem, güýçlendirijilerdäki yzy bilen plýus alamatly baglansyklaryň netijelerinden generatorlarda öz-özünden oýanmak hadysasy bolup geçýär.

Generatorlarda öz-özünden oýanmak hadysany güýçlendirmegi amala aşyrmak üçin şu aşakdaky şertleriň ýerine ýetirilmegi hökmanydyr.

$$\kappa \cdot \beta \geq 1 \quad \text{we} \quad \varphi + \psi = 2\pi \cdot n$$

Bu ýerde :  $\kappa$  – güýçlendirijiniň güýçlendiriş koeffisiýenti ;

$\beta$  – yzy bilen arabaglanyş koeffisiýenti ;

$\varphi$  – güýçlendirijiniň naprýaženiýesiniň süýşme burçy;

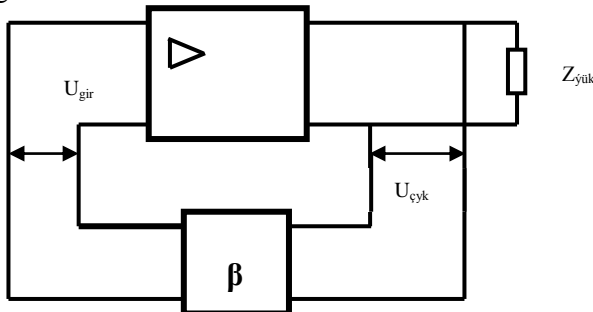
$\psi$  – yzy bilen arabaglanyş naprýaženiýesiniň süýşme burçy;

$n = 0, 1, 2, 3, 4 \dots$  islendik san.

Birinji ( $\kappa\beta \geq 1$ ) aňlatmanyň manysy, amplitudalar balansynyň şertini aňladýar. Bu aňlatma, generatorda öz-özünden oýandyrylma hadysasy bolup geçende yzy bilen arabaglansygy emele getirýän zynjyryň çykalgasyndaky signalyň güýçlendirijidäki girelge signalyndan kiçi bolmaly dældigini aňladýar.



2.39-njy çyzgyda awtogenatoryň gurluşynyň ýönekeý shemasy görkezildi.



2.39-njy çyzgy. Awtogenatoryň gurluşynyň shemasy.

Ikinji aňlatma ( $\varphi + \psi = 2\pi \cdot n$ ) aňlatma fazalaryň balans şertini aňladýar. Bu aňlatma, güýçlendirijiniň girelgesindäki  $U_{gir}$  – naprýaženiýeniň fazasy, yzy bilen arabaglanşygy emele getirýän zynjyryň çykalgasyndaky naprýaženiýeniň fazasy bilen gabat gelmelidirini aňladýar.

Güýçlendirijidäki yzy bilen baglanşygy emele getirýän  $\beta$  – elementiň, hem-de – güýçlendirijiniň girelge we çykalga naprýaženiýeleri öz güýçlendiriji koeffisiýentleri bilen aňladylýarlar. (Ähli ululyklar kompleks görnüşde ýazyldy).

$U_{gir} = \beta \cdot U_{çyk}$ ;  $U_{çyk} = k \cdot U_{gir}$ ;  $U_{çyk} = k \cdot \beta \cdot U_{çyk}$ ; Soňky deňlemede  $k \cdot \beta = 1$  bolanda dogrudyr. Bu ýerde  $k$  bilen  $\beta$  – güýçlendiriji bilen yzyna baglanşygyň degişlilikde güýçlendiriş koeffisiýentleriniň modullary  $\varphi$  bilen,  $\psi$  – bolsa,  $k$  bilen  $\beta$  kompleks sanlaryň argumentleridir.

Bu argumentler güýçlendiriji bilen yzyna baglanşygy emele getirýän zynjyryň girelgeleri bilen çykalgalaryndaky naprýaženiýeleriň fazalarynyň özara süýşme burçlaryny kesgitleýär.

Eger-de  $k \cdot \beta = 1$  şert ýerine ýetse, onda awtogenatorda sönmeýän yrgyldylar döreýär. Köplenç ýagdaýlarda  $k$  bilen  $\beta$  – koeffisiýentleriň köpeltmek hasyly  $k \cdot \beta \geq 1$  kanagatlanar ýaly edip gurnaýarlar.

Umuman **k** bilen **β** koeffisiýentler ýyglyga baglydyrlar, şonuň üçin-de kompleks görnüşde aňladylýarlar.

Eger-de, öz-özünden oýandyrylýan prosesleriň şerti hiç bolmanda bir ýyglyk üçin kanagatlandyryýan bolsa, onda garmoniki ýyglyklar döreýär. Eger-de, öz-özünden oýandyrylmagyň şerti birnäçe ýyglyklary kanagatlandyryýan bolsa, onda çylşyrymly formalaryň yrgyldylary döreýär. Bu çylşyrymly formalar birnäçe garmoniki yrgyldylaryň goşulmalaryndan (düzüminden) emele gelýär.

### **Multiwibratorlar.**

**Multi** – Latyn sözi – birnäçe, juda köp diýmegi aňlatsa, **wibrator** – hem Latyn sözi – **yrgyldy** diýen manyny berýär.

Dürli – dürli impulsar bilen işleýän gurnamalaryň girelgesine ýa-da başga görnüşli zynjyrlara formasy göniburçly napryaženiýeniň impulsary talap edilýär. Şular ýaly göniburçly impulsary öndürýän generatorlara bolsa multiwibrator diýilýär.

Multiwibratorlar iki sany güýçlendiriji kaskaddan we yzy bilen çuňňur we plýus arabaglanşygy emele getirýän zynjyrdan gurnalýar.

Göniburçly impulsaryň formalaryny kämilleşdirmek üçin iki sany prosesden ýagny **regenerativ\*** we **releksasion\*\*** proseslerden peýdalanýarlar.

Regenerativ prosesi göniburçly impulsyň parametrleri hasap edilýän frontuň we kesilişiň formasyny kämilleşdirmek üçin peýdalanýarlar. Regenerativ proses diýlip, yzy bilen plýus arabaglanşygyň täsirinden bolup geçýän çabga (doly) görnüşli geçişe aýdylýar.

Relaksasion proses wagty impulsyň işewür bölegi formalanýar (ýagny impulsyň üst bölegi kämillenýär) hem-de generirlenen impulsaryň özara interwalynyň wagty (pauzasy emele gelýär).

Relaksasiýa prosesi diýlip, zynjrlaryň signal berýän wagtyndaky döreýän geçiş prosesine aýdylýar (köplenç ýagdaýda bu RC – zynjyrdan gurnalýar).

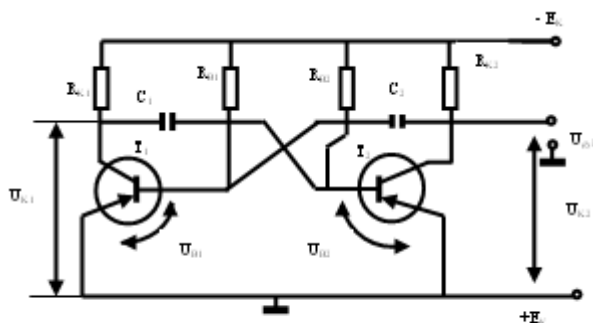
\* **Regenerasiýa** – Latyn sözi – Täzeden döremek, täzeden dikeltmek,

\* \* **Relaksasiýa** – Latyn sözi – Gowşamak, pese geçmek, prosesin gutarmagy ýaly manylary berýär.

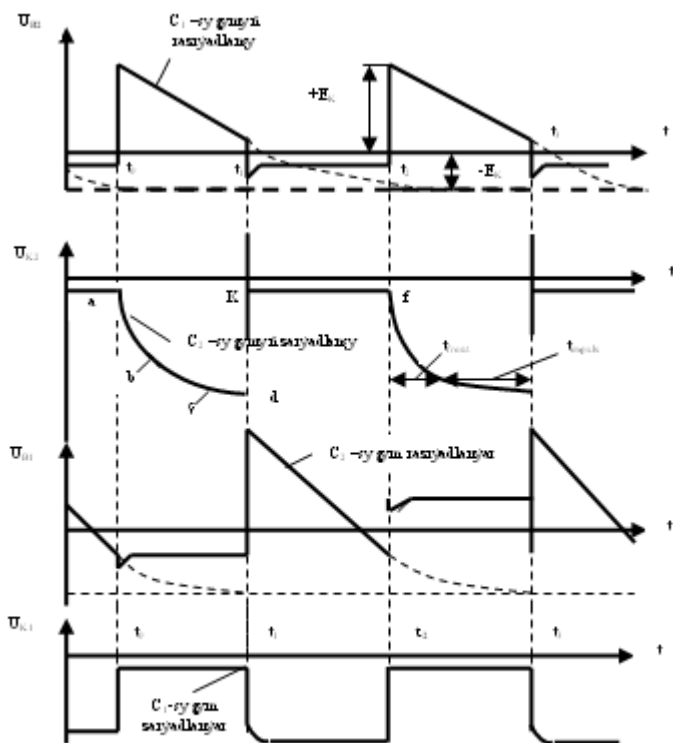
### **Tranzistorlardan gurnalan awtoyrgyldyly multiwibrator.**

Tranzistorlardan gurnalan multiwibratoryň awtoyrgyldyly düzgüninde işleýşini özleşdireliň. Multiwibrator awtoyrgyldyly düzgünde işlände ýygylgy boýunça giň spektrli, göniburçly impulsary öndürýär (**Spektr** – Latyn sözi – garmoniki yrgyldylaryň toplumu). Multiwibrator diýilmeginiň sebäbi-de sözüň dogry manysynda birnäçe (juda köp) yrgyldylar öndüriji diýmekdir.

Eger-de 2.40-njy çyzgyda tranzistordan gurnalan multiwibratoryň shemasy görkezilen bolsa, onda 2.41-nji çyzgyda multiwibratorda bolup geçýän prosesleriň  $t$  – wagta görä diagrammalary guruldy.



2.40-njy çyzgy. Tranzistordan gurnalan multiwibratoryň shemasy.



2.41-nji cyzgy. Multiwibratordaky signallaryň diagrammalary.

Tranzistoryň kollektoryndan alynýan göniburçly impulslar birnäçe bölejik impulslaryň goşulmaklaryndan kemala gelýändiglerini 2.41-nji çyzgydan görmek bolýar, meselem a b ç –frontyndan ç d – üst tekizliginden, d k – kesilişden we k f –pauzadan ýaly bölekler bölmeňk ýeterlikdir.

Multiwibratoryň iş düzgünini özleşdireliň :

Goy, ilki başda (ýagny  $t_0$  – wagtda)  $T_2$  – tranzistor açyk diýeliň, onda şol  $T_2$  – tranzistor ýüklenen ýagdaýdalygy sebäpli ondaky  $U_K$  – naprýaženiýe takmynan  $U_K \approx 0$  bahasyna ymtylýar.

Ikinji  $C_2$  – sygymda bolsa razryad bolup geçýär, şonuň üçin-de ondaky naprýaženiýe-de  $0$  – bahasyna golaýlaşýar,

diýmek  $T_1$  – tranzistoryň bazasyndaky naprýaženiýe-de  $0$  – baha golaýlaşýar.

Eger-de, bazadaky naprýaženiýe ( $U_{B1} = 0$ ) nula deň bolsa, onda  $T_1$  – tranzistor açylýar.  $T_1$  – tranzistoryň açylmagy bolsa, onuň kollektoryndaky  $(-)$  – minus potensialyň tä  $0$  – bahasyna çenli böküp peselmegine sebäp bolýar. Şol wagt hem zarýadly duran  $C_1$  – kondensator  $T_1$  – tranzistoryň üsti bilen  $T_2$  – tranzistoryň bazasy bilen emitter aralygyny birleşdirer, şonuň üçin-de  $T_2$  – tranzistor ýapylyp, onuň kollektoryndaky potensialynyň  $(-)$  – minus bahasyna eýe bolmagyna, bazasyndaky  $U_{B2}$  – potensialyň bolsa  $+E_K$  – baha deňleşmegine getirer.

Ikinji  $T_2$  – tranzistor ýapylandan soň  $C_2$  – kondensator zarýadlanyp başlanýar :  $C_2$  – kondensatoryň zarýadlanýş ýolunyň zynjyry  $+E_K - Y_{er} - T_1 - C_2 - R_{K2} - (-E_K)$ . Emele gelen şeýle ýapyk zynjyryň üsti bilen  $T_2$  – tranzistoryň kollektoryndaky naprýaženiýe özüniň ýetmeli bahasyna golaýlaşýar ( $b\ \phi$  – aralyk).

Zynjyrdaky  $C_2$  – kondensator doly zarýadlanandan soň  $T_2$  – tranzistoryň kollektoryndaky  $U_{K2}$  – naprýaženiýe  $(-E_K)$  ululyga deňleşer. Şonuň bilen frontyň kemala gelmegi (forma gelmegi) tamamlanýar.

Edil şular ýaly-da  $T_1$  – tranzistoryň ýüklenmegi we  $C_1$  – kondensatoryň razrýadlanmagy  $+E_K - Y_{er} - T_1 - C_1 - R_{B2} - (-E_K)$  ýapyk zynjyryň üsti bilen amala aşýar. Zarýadsyzlanmak prosesi doly gutarýança dowam edýär.

Şeýlelikde,  $C_1$  – kondensator zarýadsyzlanyp gutaran badyna  $T_2$  – tranzistoryň bazasyndaky naprýaženiýe-de  $(0)$  – nula deň bolar, netijede  $T_2$  – tranzistor açylar we  $U_{K2}$  – naprýaženiýeniň tä  $(0)$  – nula çenli – minus potensialyň ösmegine sebäp bolýar. Şol wagt hem, impulsyň kesilip kemala gelmegi bolup geçýär (Çyzgyda  $U_{K2}$  – naprýaženiýe üçin gurulan diagrammada  $d\ k$  – aralyga seret).

Ýüklenen  $T_2$  – tranzistoryň üsti bilen  $C_2$  – kondensator  $T_1$  – tranzistoryň emitteri bilen birleşýär we  $T_1$  – tranzistoryň

has berk ýapylmagyna getirýär. Şondan soňra  $C_2$  – kondensatoryň zarýadsyzlanmagy  $+E_K - Y_{er} - T_2 - C_2 - R_{B1} - (-E_K)$  ýapyk zynjyryň üsti bilen  $0$  – bahasyna deňleşýänçe dowam edýär. Shemada görkezilen  $C_2$  – kondensatoryň zarýadsyzlanmagy bilen bir wagtyň özünde  $+E_2 - Y_{er} - T_2 - C_1 - R_{K1} - (-E_K)$  zynjyr boýunça  $C_1$  – kondensatoryň zarýadlanmagy bolup geçýär. Diagrammadam görnüşi ýaly  $T_1$  – tranzistoryň kollektorynda impulsyň formasy  $E_K$  – ululyga çenli ýetýänçe  $T_2$  – tranzistoryň kollektorynda pauza döreýär ( $d f$  – aralyk). Haçanda  $U_{c2}$  – naprýaženiýe nula deň bolanda, ýokarda özleşdirilen prosess, multiwibratorda täzedan gaýtalanýar.

Açylan tranzistorlaryň bazasyndan böküşini bolup geçýändigini synlamak bolýar. (Meselem,  $T_2$  – açylanda).

Eger-de,  $T_2$  – niň açylmagyna ýapylýan  $T_1$  – tranzistoryň kollektoryndan  $C_1$  – sygymyn üsti bilen  $(-)$  – minus alamatly inýan akymyň kesilişi sebäp bolýan bolsa, onda  $T_1$  – in açylmagyna ýapylýan  $T_2$  – tranzistoryň kollektoryndan  $C_2$  – sygymyň üsti bilen  $(-)$  alamatly inýan signalyň akymynyň kesilişi sebäp bolýar.

Eger-de  $C_1$  bilen  $C_2$  – kondensatorlaryň zarýadsyzlanmaklaryna gezekli – gezegine ýapylýan tranzistorlaryň kollektoryndan sygymlaryň üsti bilen inýan güýçli akymlar togtatmaýan bolsady, onda kondensatorlar  $(+E_K)$  bahasyndan  $(-E_K)$  bahasyna ýetýänçä zarýadlanardylar we olaryň egnine düşýän naprýaženiýeler öz polýarlaryny üýtgederdiler (2.41-nji çyzgyda - - - çyzyklar). Kondensatorlaryň zarýadlanmagy we zarýadsyzlanmaklary eksponentiň kanuny esasynda bolup geçýär. Bu proses  $(-E_K)$  – baha ýetýänçe dowan edýär.

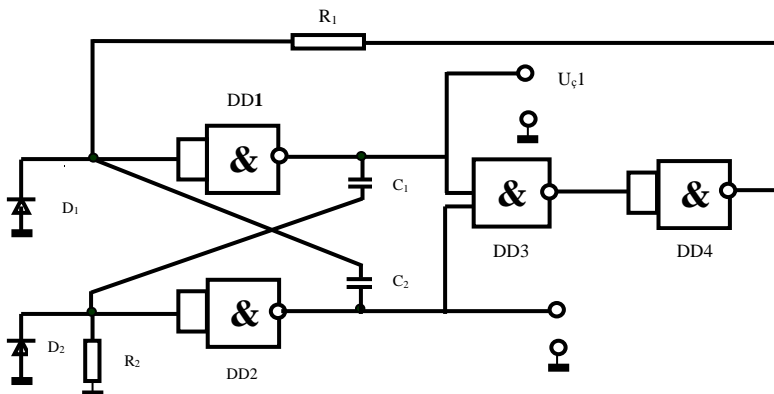
## Logiki elementlerden gurnalan awtoyrgyldyly multiwibrator.

Awtoyrgyldyly multiwibratorlary **И – HE** hem-de **ИЛИ – HE** logiki elementlerden-de gurnap bolýar, sebäbi sifrli kaskadlaryň çykalgasyndaky güýçlendirijiniň shemasy inwertordyr.

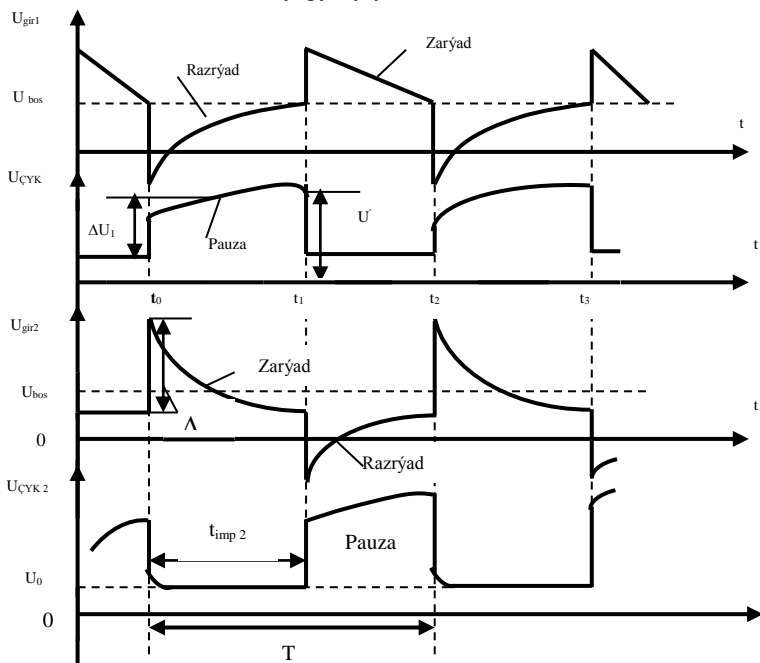
Mysal hökmünde 2.42-nji çyzgyda logiki elementlerden gurnalan multiwibratoryň shemasy, 2.43-nji çyzgyda bolsa multiwibratorda bolup geçýän prosesleriň **t** – wagta görä diagrammalary görkezildi.

Shemadaky elementleriň aýratynlyklary :

1. Shemada **DD1** bilen **DD2** – elementleriň girelgeleri özara gysga utgaşdyrylan. Bu elementler güýçlendiriji – inwertor deregine ulanylýar.
2. Bir elementiň çykalgasy beýleki elementiň çykalgasy bilen **RC** – zynjyrjagaz bilen baglanşykdadylar (**C<sub>1</sub>R<sub>2</sub> we C<sub>2</sub>R<sub>1</sub>**) şonuň üçin-de yzy bilen (+) – plýus arabaglanşyk döreýär.
3. Shemadaky **D<sub>1</sub>** we **D<sub>2</sub>** – diodlar goraýjy bolup hyzmat edýärler, sebäbi olardaky naprýaženiýe (**-0,7W**) – dan aşak düşmeýärler. Eger-de diodlar ýok bolsa (meselem köýse), onda kondensatorlardan gelýän ummasyz minus naprýaženiýe mikroshemanyň hatardan çykmagyna sebäp bolýar.
4. Shemadaky **DD3** bilen **DD4** elementler **И** – logiki elementi emele getirýärler. Bu logiki **И** – element, haçanda **DD1** bilen **DD2** elementlerin girelgelerine birwagtyň özünde ýokary derejeli signal berilende multiwibrator tötänden açylman durarýsa, onuň öňüni alyp, multiwibratoryň açylmagyny üpjün edýär.



2.42-nji çyzgy. Logiki elementlerden gurnalan awtoyrgyldyly multiwibrator.



2.43-njy çyzgy. Logiki multiwibratordaky signallaryň diagrammalary.

Eger-de, **DD1** ýa-da **DD2** – elementleriň haýsy-da bolsa biri ýapyk beýlekisi açyk bolsa, onda logiki **И** – elementiň



çykalgasynda **0** – logiki sifr bolar. Şeýle bolanda **R<sub>ÇYK</sub>** – garşylygyň juda kiçiligi sebäpli, shemanyň sag tarapyndaky **R<sub>1</sub>** – garşylygyň hem-de açylgy duran **DD4** elementiň üsti bilen **Ýere** – birikdirilgi zynjyry emele getirýär.

**Shemanyň işleýşi.** Goý, **DD1** elementiň çykalgasyndaky naprýaženiýe  $\Delta U_1$  – ululykda böküp ulaldy, **DD2** elementiň çykalgasynda bolsa şonça naprýaženiýe böküp aşak düşdi diýeliň. Şeýle bolanda **C<sub>1</sub>** – kondensator **R<sub>ÇYK</sub>** – garşylygyň, **DD1** – elementiň we **R<sub>2</sub>** – garşylygyň üsti bilen zarýadlanyp başlanýar. Zarýadlanmagyň dowamy

$\tau = C_1 (R_2 + R_{\text{ÇYK}})$  formula bilen anyklanylýar.

Shemada görkezilen **R<sub>2</sub>** – garşylyga **C<sub>1</sub>** – kondensatordan düşýän **U** – naprýaženiýe **DD2** – elementiň girelgesinde (+) – plýus polýarlygy üpjün edip, bu **DD2** – elementiň açyk ýagdaýynda ( $U_{\text{ÇYK2}}=U^0$ ) saklanmagyna ýardam edýär. Şol bir wagtyň özünde **C<sub>2</sub>** – kondensator ujypsyz **R<sub>ÇYK</sub>** – garşylygyň, açyk duran **DD2** – elementiň we **D1** – diodyň üsti bilen zarýadsyzlanyp başlaýar. Şu geçiş dowründe **DD1** – elementiň girelgesinde naprýaženiýeniň örän kiçiligi sebäpli **DD1** – element ýapyk ýagdaýy (pozisiýany) eýeleýär ( $U_{\text{ÇYK1}}=U'$ ) şeýlelikde, **C<sub>1</sub>** – kondensatoryň zarýadlanyp başlamagy bilen ondaky tok kiçelip başlaýar. Şonuň üçin-de **R<sub>ÇYK1</sub>** – garşylyga düşýän naprýaženiýeniň **DD1** – elementde peselmegine, **U<sub>ÇYK1</sub>** – naprýaženiýeniň ulalmagyna, **DD2** – elementiň girelgesindäki **U<sub>gir2</sub>** – naprýaženiýeniň kiçelmegine getirýär.

Kä wagtlar **U<sub>gir2</sub>** – peselip **DD2** – elementiň işleýän nokady öňki ýagdaýynda geçiş häsiýetnamanyň aktiw bölegine geçýär, şonuň üçin-de **U<sub>gir2</sub>** – naprýaženiýeniň kesilmegi **U<sub>ÇYK2</sub>** – naprýaženiýeniň ösmegine getirýär. Bu bolsa **C<sub>2</sub>** – kondensatoryň üsti bilen **DD1** – elementiň girelgesine täsir edýär.

Haçanda **U<sub>gir1</sub>** – naprýaženiýe ösüp öz ýetmeli derejesine ýetenden soň, **DD1** – elementinde işläp duran nokady öňki iş nokadyndan geçiş häsiýetnamasynyň aktiw bölegine geçýär. Şeýlelikde iki elementiň-de işçi nokatlary

aktiw (güýçlendiriji) düzgünde işläp başlaýarlar we yzy bilen (+) – plýus arabaglanşygy güýje girýär, şol sebäpli-de  $U_{\text{ÇYK2}}$  – naprýaženiýe duýdansyz ulalýar,  $U_{\text{ÇYK1}}$  – naprýaženiýe bolsa tersine duýdansyz kiçelýär. Netijede **DD1** – element açylýar ( $U_{\text{ÇYK1}}=U^0$ ), **DD2** – element bolsa ýapylýar ( $U_{\text{ÇYK2}}\approx U'$ ).

Şeýle pursatda  $U_{\text{gir2}}$  – naprýaženiýe  $U_{\text{bosaga}}$  – naprýaženiýesine deňleşýär. Soňra,  $C_2$  – kondensator zaryadlanyp başlaýar,  $C_1$  – kondensator bolsa **D2** – diodyň, **RÇYK** – garşylygyň hem-de **DD1** – elementiň üstleri bilen çalt zaryadsyzlanýar we ikinji ýarymperiod başlanýar. Ikinji ýarymperiodyň-da iş düzgüni ýokardaky düşündirilişlere meňzeşdir.

## EDEBIÝATLAR

1. Türkmenistanyň Konstitusiyasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşiň täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň “Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin” Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. “Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry” Milli maksatnamasy. “Türkmenistan” gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
9. “Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy”. Aşgabat, 2006.
10. Основый электроники. под редакций А.Г. Герасимов – Москва. Высшая школа, 1986-336 с.
11. Kulyýew T.F.Ökdirow A.Ö, Elektronikadan laboratoriýa işleri. Aşgabat. TPI, 2000 ý.
12. Ökdirow A.,Kandidatlyk dissertasiýasy.,1981-153 s.(Türkmenistanyň ylymlar akademiýasynyň kitaphanasynda).
13. Akyýew D., Seyitnepesow Ç. «Radio ölçeg abzallary» Aşgabat, «Ylham» 1992 ý. 30 sah.

## MAZMUNY

Elektronika barada umumy düşünje.	
Kesgitlemeler we adalgalar.....	<b>7</b>
Ýarymgeçirijiler barada umumy maglumatlar.	
Ýarymgeçirijilerde elektrik geçirijilikleri hakda esasy düşünjeler .....	<b>13</b>
Ýarymgeçiriji rezistorlar: waristorlar, ýarymgeçiriji termistorlar, fotorezistorlar, tenzorezistorlar.....	<b>26</b>
Ýarymgeçiriji diodlar. Diodlaryň toparlara bölünüşleri. Diodlaryň Wolt Amper häsiýetnamalary. Diodlaryň şertli belgilenişi.....	<b>34</b>
Tranzistorlar. Ikipolýarly tranzistorlar we olaryň çyzgyda birleşdirilişi. Tranzistorlaryň stubiki häsiýetnamalary.....	<b>47</b>
Birpolýarly tranzistorlar. Birpolýarly tranzistorlaryň shemalarda çatylyşy we olaryň häsiýetnamalary.....	<b>55</b>
Tiristorlar. Diodly tranzistorlar. Triodly tranzistorlar. Açylyp we ýapylyp bilýän tiristorlar. Tiristorlaryň şertli belgilenişi.....	<b>63</b>
Mikroelektronika barada umumy maglumatlar. Integral mikroshemalar we olaryň şertli belgilenişi. Sanly hasaplanylýan integralshemalar.....	<b>81</b>
Logiki elementler. Esasy ýagdaýlar we maglumatlar. Esasy logiki funksiýalar. Logiki elementleriň amlituda häsiýetnamalary.....	<b>95</b>
Triggerler hakda umumy maglumatlar. Asinhron we sinhron triggerler (RS) bir basgançakly sinhron JK triggerler.....	<b>100</b>
Ýagtylyga duýgur abzallar hakda umumy maglumatlar. Daşky we içki fotoeffektleriň aýratynlyklary.Ýagtylyga duýgur abzallaryň esasy häsiýetnamalary we esasy parametrleri.....	<b>108</b>
Fotoelektron abzallar. Fotoelemntlerde daşky foto effekt. Fotoelektronly	

köpeldijiler (FEK). Köpkaskadly FEK-leriň gurluşy we işleýiş prinsipi.....	<b>115</b>
Fotorezistorlar, fotodiodlar, fototranzistorlar, fototiristorlar, optoelektron abzallar, optronlar.....	<b>123</b>
Elektronly güýçlendirijiler hakda umumy maglumatlar. Güýçlendirijilerde güýçlendiriş koeffisiýentler we olaryň tapylyşlary.....	<b>142</b>
Güýçlendiriji kaskadlaryň shemalaryna mysallar. Operasion güýçlendirijiler we olaryň esasy shemalary	<b>147</b>
Göneldijiler we olaryň görnüşleri. Göneldijileriň bir fazaly shemalary. Bir we ikiýarym perioly göneldijileriň shemalary. Tranzistorly süzgüçler.....	<b>155</b>
Elektron generatorlary hakda umumy maglumat. Multiwibratorlar. Tranzistorlardan we logiki elementlerden gurnalan awtoyrgyldyly multiwibrator.	<b>169</b>
Edediýatlar.....	<b>183</b>