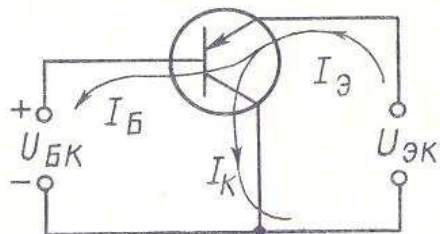


Surat 3.16. Tranzistoryň shemada umumy emmitterli birikdirilişi.



Surat 3.17. Tranzistoryň shemada umumy kollektorly birikdirilişi.

$h_{21e}$ -proporsionallyk koefisiýentine baza togyny geçiriji, statiki koefisiýent diýilýär. Ony, emmitter togyny geçiriji statiki koefisiýent  $h_{21b}$  bilen görkezmek bolýar:

$$h_{21e} = h_{21b} / (1 - h_{21b})$$

Eger-de  $h_{21b}$  0,9.....0,998 aralygynda bolsa, onda oňa deňişlilikde  $h_{21e}$  9....499 araçäkde bolýar.

$I_{keters}$ -bu bolsa umumy emmitterli shemada kollektoryň ters togy. Onuň belgisi  $I_{kbt}$ -den  $1+h_{21e}$  gezek uly, ýa-da

$$I_{ket} = (1 + h_{21b}) I_{kbt}$$

$I_{kbt}$  we  $I_{ket}$  ters toklar,  $U_{eb}$ ,  $U_{be}$  giriş naprýaženiýalaryna bagly däl, şonuň üçin, olara kollektor togynyň dolandyrylmaýan bölekleri diýilýär. Bu toklar, daşky temperatura örän bagly we tranzistoryň temperatura häsiýetlerini kesgitleýär. Eger-de, temperatura  $10^0$  ýokarlansa onda germaniý tranzistoryň kollektor

## ELEKTRON GURLUŞLAR

dersinden leksiýa sapaklaryň ýazgysy

**ELEKTRON GURLUŞLAR**  
**dersinden leksiýa sapaklaryň ýazgysy**

*Ýörite inžener-baza dersleri kafedrasynyň başlygynyň orunbasary  
maýor R. Nowruzow tarapyndan taýýarlandy.*

**Aşgabat 2012 ý.**

(rekombinasiýa). Ýöne, bazanyň giňligi uly däl 1-10 mkm aralygynda. Şonuň üçin, deşijekleriň esasy bölegi kollektor p-n geçişe barýar we onuň elektrik meýdanynyň täsirinde kollektora zyňylýar. Ondan görnüşi ýaly, kollektor togy emmitter togyndan uly däl, sebäbi deşijekleriň bir bölegi bazany doldurýar. Şonuň üçin

$$I_k = h_{21b} I_e$$

$h_{21b}$ - ululyk, emmitter togyny geçirýän statiki koefisiýent.

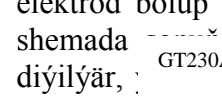
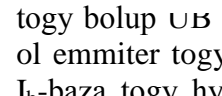
Häzirki zaman tranzistorlarynda,  $h_{21b} = 0,90 \dots 0,998$  deň.

Kollektor togynyň ters birikdirilendigi üçin, onuň üstünden ters tok akýar ( $I_{kbo}$ ). Şonuň üçin 3,15 shemada birikdirilen tranzistoryň kollektorynyň doly togy

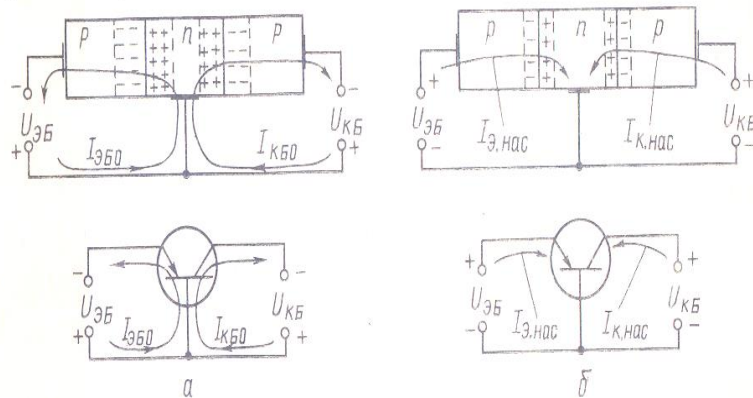
$$I_k = h_{21b} I_e + I_{kbo}$$

**5.1.2. Bipolýar tranzistoryň shemada birikdirilişi**

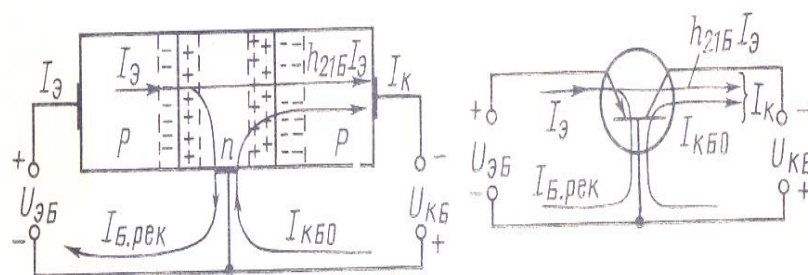
3,15 suratda getirilen shemanyň  $U_{eb}$  çeşmesi bilen emmitteriň we bazanyň arasyndaky döredilen elektrik zynjyryna **giriş zynjyry**,  $U_{kb}$  çeşmesi bilen kollektoryň we bazanyň arasyndaky döredilen elektrik zynjyryna **çykyş zynjyry** diýilýär. Bu shemada, tranzistoryň baza elektrody giriş we çykyş zynjyrlary üçin umumy bolup durýar, şonuň üçin tranzistoryň shemada şonuň ýaly birikdirilişine “Umumy bazaly shema” diýilýär, ýa-da gysgaldylan görnüşinde “UB shema”.

3,16 shemada giriş we çykyş zynjyrlary üçin umumy elektrod bolup emmitter hyzmat edýär. Şonuň üçin, tranzistoryň shemada -ly birikdirilişine “U<sub>GT230A</sub> imitterli shema” diýilýär,  galdylan görnüşinde “UB shema”. Onuň çykyş togy bolup  $I_b$  shemadaky ýaly kollektor togy hyzmat edýär ( $I_k$ ), ol emmitter togyndan ( $I_e$ ) kän tapawutlanmaýar, giriş togy bolup,  $I_b$ -baza togy hyzmat edýär, ol kollektor togyndan görnükli kiçi. Umumy emmitterli shemada, baza we kollektor toklarynyň arasyndaky baglanyşyk aşakdaky deňleme bilen kesgitlenilýär:

$$I_k = h_{21e} I_b + I_{keo}$$



Surat 3.14. Otsečka (a) we doýgun tertiplerinde tranzistorda togyň geçişi



Surat 3.15. Tranzistortyň umumy bazaly shemadaky aktiw iş tertibinde birikdirilişi

*Bu okuw gollanmasynda elektron gurluşlaryň analog we sanly nazaryýetiniň esaslary berilýär*

**Otsečka we doýgun** tertipler, tranzistor impuls shemalarda we aýryp utgaşdyrýan tertipde işlände ulanylýar. Signallary güýçlendirmek üçin, tranzistortyň **aktiw iş tertibi** ulanylýar. Tranzistor aktiw tertipde işlände, onuň emmitter geçişi göni, kollektor geçişi bolsa ters ugra birikdirilýär (surat 3,15).  $U_{эб}$ -göni naprýaženiýanyň täsirinde emmitterden baza deşijekleriň akmagy başlanýar. Deşijekler, n-tipli baza düşüp zaryady esasy däl alyp gidijilere öwürilýär we diffuziýa güýjüniň täsirinde kollektoryň p-n geçişine tarap hereket edip başlaýar. Bazadaky deşijekleriň bir bölegi ondaky erkin elektronlar bilen doldurylýar

## SÖZBAŞY

Bu kitrap, ýokary okuw mekdeplerde inženerleri taýýarlamak üçin, radioelektron dersiniň birinji, ikinji we üçünji bölümi bolup durýar. Kitapda diskret elementlerde ýasalan desgalaryň baza elementleriniň inžener derňewini geçirmek we çyzyglarynyň çözgüdi hem-de gurluşynyň soraglary yzygiderli beýan edilen.

Şeýlelik-de, analog shemanyň elementlerine, signaly işlemek prosesinde gabat gelýän yzygiderlilikde seredilýär. Kitabyň başynda, radioelementleriň nazaryýeti görkezilmegi kaskadlaryň güýçlendiriji hilini bahalandyrmaga mümkinçilik döredýär. Baza elementleri düşündirilende, häzirki zaman elementler bazasynyň düzüjileri bolan, gaty jisimiň fizikasynda we kwant elektronikasynda ýetilen soňky üstünlikler hasaba alyndy.

Esasanam, indiki soraglara has wajyp orun berildi: radioenjamlara, integral mikroshemalara, ABÝ gibriz mikrozolakly gurluşlara, parametriki ýarymgeçirijilere, elektron şöhleli güýçlendirijilere, tunnel diodly güýçlendirijilere, ylgaýan tolkun tertipli az şowhunly güýçlendirijilere, kwant güýçlendirijilerine, barýer Şotkaly diodlardaky we mikrozolakly liniýalardaky ýygylgy öwürijilere, korrelýasion detektorlaryna, radiolokasion signallaryny işleýän ulgamyň sanly elementlerine, fazaly saýlamalara we ş.m.

Kitapdaky görkezilen materiallar, tötänleýin funksiýalaryň we ähtimallyk nazaryýetiniň esasy netijeleri, gaty jisimleriniň fiziki nazaryýeti, elektroradiozynjrlar, elektromagnit meýdany, ABÝ tolkun geçiriji-fider gurluşy bilen, tanyş okaýjylar üçin göz önünde tutulan.

3.13 surat p-n-p we n-p-n BT-ň stukturasy we grafiki şertli belgileri.

**Surat 3,13.** Bipolýar tranzistoryň şertli grafiki belgisi we stukturasy  
p-n-p (a), n-p-n (b).

p-n-p we n-p-n stukturaly tranzistorlaryň işi birmeňzeş. Emmiter bilen bazanyň arasyndaky elektron-deşijekli geçişe emmitterli, baza bilen kollektoryň arasyndaky geçişe kollektorly geçiş diýilýär. Geçişleriň arasyň örän kiçi, ýokary ýygylkly tranzistorlaryňky 10 mikrometr ( $1 \text{ mkm} = 0,001 \text{ mm}$ ), kiçi ýygylkly tranzistorlaryňky 50 mkm uly däl.

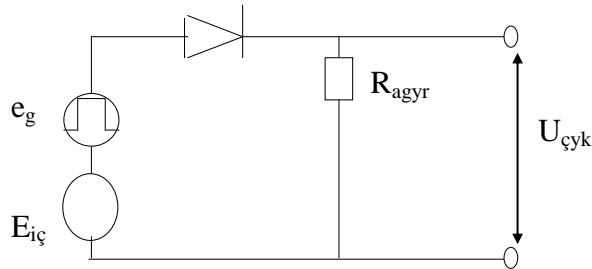
### 5.1. Bipolýar tranzistoryň iş tertipleri (režimleri)

Tranzistoryň p-n geçişleriniň daşky çeşmä birikmesine baglylykda olar, otsečka, doýgun we aktiw tertiplerde işläp bilýär.

Haçan-da, emmitter we kollektor p-n geçişleri daşky çeşmä ters ugra birikdirilen bolsa, onda otsečka tertip bolýar (surat 3,14 a). Bu ýagdaýda, p-n geçişleriň üstünden örän kiçi emmitteriň ( $I_{ebo}$ ) we kollektoryň ( $I_{kbo}$ ) ters toklary akýar. Baza togy, şol toklaryň jemine deň we ol tranzistoryň görnüşine bagly, ýagny kremniý tranzistorlarda 1 mikroamper arlygynda, germaniý tranzistorlarda bolsa 1 milliampere arlygynda bolýar.

Haçan-da, emmitter we kollektor p-n geçişleri, daşky çeşmä göni ugra birikdirilen bolsa, onda doýgun tertip bolýar (surat 3,14 b). Kollektoryň we emmitteriň diffuzion elektrik meýdany, elektrik meýdanyň täsirinde ( $U_{eb}$ ,  $U_{kb}$ ) haýaldan kiçelýär. Netijede, potensial barýer hem kiçelýär we kollektor bilen emmitteriň deşijekleri baza tarap hereket edip ugraýar, ýa-da emmit bilen bazanyň üstünden tok akyp başlaýar, ol toga-da emmitter ( $I_{ed}$ ) bilen kollektoryň ( $I_{kd}$ ) doýgun toklary diýilýär.

işleýär.



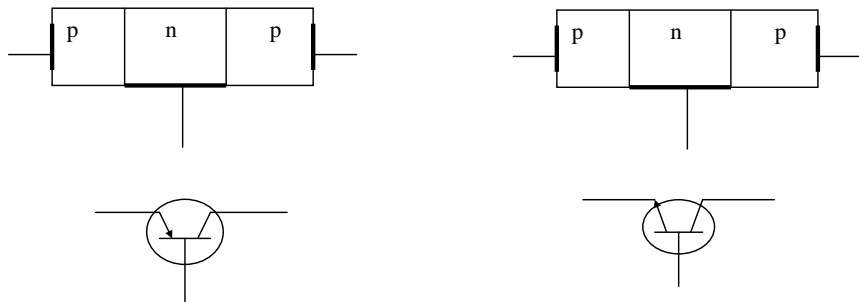
Impul diodlar, markirowkasynda Д-harp bilen belgilenýär.

**Aşa belent ýygyllykly diod (ABÝ)** – bu, ýarym geçiriji diod bolup, ol signaly köpeltmek, detektirmek, kuwwatynyň derejesini dolandyrmak üçin ulanylýar.

ABÝ diodlar markirowkasynda A-harp bilen belgilenýär.

## 5. Bipolýar tranzistorlar. Bipolýar tranzistoryň işi we gurluşy

**Bipolýar tranzistor** – bu, iki elektron-deşijekli, üç çykyşly ýarymgeçiriji abzal (pribor). Tranzistoryň bu, geçişleri ýarymgeçirijide dürli elektrigi geçirijili üç oblasty döredýär. Bir gapdal oblastyna – EMMITER (E), beýleki gapdal oblastyna – KOLLEKTOR (K), orta oblastyna bolsa – BAZA (B) diýilýär. Tranzistory, elektrik zynjyra birikdirmek üçin, oňa metal çykyşlar birikdirilen. Emmiteriň we kollektoryň elektrik geçirijiligi baza garşy. p we n oblastlaryň nobatlaşmagyna baglylykda, p-n-p we n-p-n strukturaly tranzistorlar tapawutlanýar (surat 3,13 a we b). Tranzistoryň grafiki şertli belgisinde n-p-n we p-n-p strukturalar diňe emmit elektrodyň strelkasy bilen tapawutlanýar.



## Elektronikanyň element bazasy barada umumy maglumat

Elektronika – bu ylmyň we tehnikanyň bir bölegi bolup, elektron priborlaryň (elektrowakkumly, ýarymgeçirijili, integral mikroshemalaryň) fiziki bolup geçýän proseslerini, olaryň häsiýetnamalaryny, parametrlerini we elektron desgalaryň hilini öwredýän ylymdyr. Elektron desgalar dersi shematehniki derslere degişlidir. Onda, dürli funksional taýdan niýetlenen elektron desgalaryň esasy nazaryýeti, analiz etmegiň usuly we parametrleriň we esasy häsiýetnamalaryň bahalandyrylyşy öwrenilýär.

Habary işlemek görnüşi boýunça elektron desgalar iki topara bölünýärler:

- analog desgalar-analog signalary işlemek üçin niýetlenendir.
- sanly desgalar –sanly signallary işlemek üçin niýetlenendir.

Aralyk ýagdaýy habary analog-sanly we sanly-analog öwürijiler tutýarlar. Olarda analog funksional we sanly funksional düwürler ulanylýarlar.

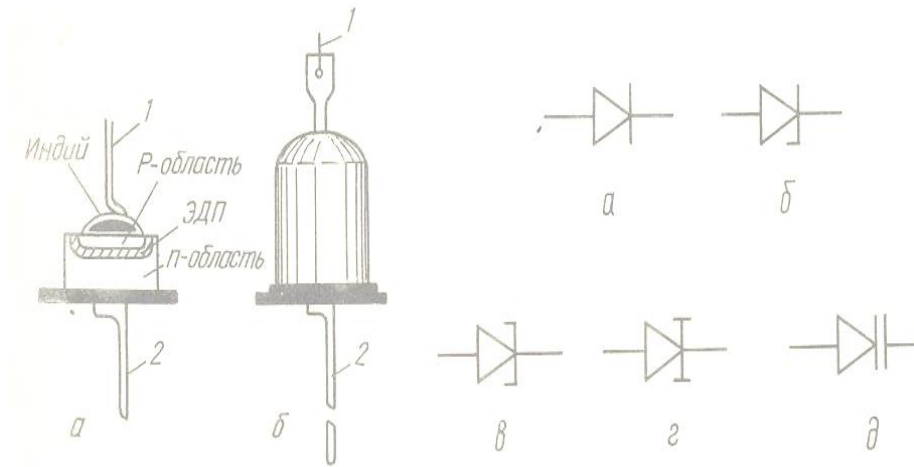
Häzirki zaman elektron desgalarynyň esasy element bazalary bolup ýarymgeçiriji priborlar, integral mikroshemalar we mikroelektronikanyň funksional mikroshemalary durýar. Elektronikanyň ösüşini 3-perioda bölmek bolýar:

Adamyň ösüşinde, häzirki zaman elektronikasynyň ulanylylmagy güýçli tehniki serişde bolup durýar. Radioelektron desgalaryň funksional mümkinçilikleriň görnükli giňelmegi, çydamlylygynyň ýokary galmagy, olaryň integral shemalarda ulanylylmagy, radioelektron apparaturalaryň toplumlaýyn miniaturizalaşmagy bilen ýetilýär. Häzirki döwürde lazer tehnikalarynyň, aş belent integral shemalaryň çalt täsirli, ýokary çydamly element bazalarynyň giňişleýin ulanylmagyna seredilýär. Mikroelektronikanyň önüminiň giňişleýin ulanylmagynyň esasy meselesi, mikroelektron we elektron desgalar hünärmentleriniň hiliniň ýokarlanmagy bolup durýar.

Bu okuw gollanmasynda şekilýygyllykly (video) analog



görkezilen).



3.8 Surat. Ploskostnoý diodyň gurluşy. 1-p-oblastyň cykyşy, n-oblastyň cykyşy.

3.9 surat. {GD-ň grafiki şertli belgileri. a-göneldiji, uniwersal we impuls, b-stablitron we stabistor, w-tunnel, d-obraşşon, g-warikap.

#### 4.1.1. Göneldiji (wyprýamitel) diodlar

**Göneldiji diod** – bu, ýarymgeçiriji diod bolup, ol üýtgeýän togy hemişelik toga öwürmek üçin niýetlenendir.

Diod göni toga kiçi garşylyk we ters toga bolsa örän uly garşylyk görkezýär. Göneldiji diodyň kömegi bilen hemişelik togyň alynyşy 3.10 suratda görkezilen.

U1 giriş naprýaženiýasynyň položitel ýarym aýlawynda (periodynda) ÜD diod göni birikdirilen (wkl), onuň garşylygy kiçi we  $R_{ag}$  garşylygynda U2 naprýaženiýa, giriş naprýaženiýa deň. Giriş naprýaženiýanyň otrisatel ýarym periodynda diod ters ugra birikdirilýär, onuň garşylygy agyrlyk garşylygyndan görnükli uly we ähli girişdäki naprýaženiýa diodda ýitýär (otrisatel ýarym period) we  $R_{ag}$  garşylygynda naprýaženiýa nola deň ( $R_{ag}=0$ ). Berlen shemada naprýaženiýany göneltmek üçin giriş naprýaženiýasynyň položitel periody ulanylýar.

Netijede eger-de, jynjyra diod birikdirilen bolsa onda şol

kondensatorlaryň, diodlaryň, tranzistorlaryň we ş.m elementleriň roluny ýerine ýetirýän elementleri tapawutlandyryp bolmaýar. Şol wagtyň özünde şonuň ýaly desga, kesgitlenen bir operasiýany ýerine ýetirýär: ýokary durnukly yrgyldyny generirlemek, ýylylyk energiýasyny elektrik energiýasyna öwürmegi we ş.m. Häzirki wagtda funksional mikroelektronika giňişleýin ulanylýar.

ýarymgeçirijiniň gadagan zolagynyň uludygyny we walent zonadan geçiriji zona geçmekligiň kyýyndygy bilen baglanyşykly.

## BÖLÜM :1. ELEKTRON TEHNIKASYNYŇ ENJAMLARY

### 1. Elektron enjamlar dersiniň meseleri we enjamlary

#### 1.1 Elektrik toklar

Eger-de, jisime elektrik meýdanyny täsir etdirsek, onda jisimdäki erkin elektronlar, elektrik meýdanynyň täsirinde, herekete geler.

Elektrik meýdanynda, zaryadly bölejikleriň tertipli hereketine, **elektrik togy** diýilýär.

Elektrik meýdanyň täsirinde, erkin zaryadlary herekete getirip bilýän jisimlere, **elektrik togyny geçirijiler** diýilýär. Geçirijilere ähli metallar we käbir jisimler degişli. Käbir jisimleriň elektronlary, atomlar bilen gaty ysnyşykly ýerleşen, şonuň üçin, hem olara görnükli uly elektrik togyny täsir etdirsek hem olar biri-birinden aýrylmaýar ýada üstünden tok akmaýar. Onuň ýaly jisimlere **izolýatorlar ýa-da dielektrikler** diýilýär.

Metallardaky elektrik togy – bu, elektronlaryň elektrik meýdanyň täsirindäki otrisatel polýusdan položitel polýusa gönükdirilen hereketi. Elektrik meýdany, geçirijide wakkumdaky ýagtylygyň (swet) tizliginde (300 000 km/s) ýaýraýar. Şol tizlik bilen hem geçirijide elektrik togy akýar. Elektrik togy geçirijiniň üstünden akyp iş ýerine ýetirýär.

Togyň ölçeg birligi Amper. Amperiň müňden bir bölegine milliamper, milliondan bir bölegine mikroamper diýilýär.

$$1\text{A}=10^3\text{ mA}=10^6\text{ mka}$$

Jübi fonarynyň we ýagtylyk çyrasynyň üstünden akýan tok takmynnan birmeňzeş, ýöne ýagtylandyryş çyrasy köp ýylylyk we ýagtylyk berýär. Bu bolsa ýagtylandyryş çyrasynyň naprýaženiýasynyň jübi fonarynyň naprýaženiýasyndan birnäçe esse köpdügi bilen düşündirilýär.

Naprýaženiýanyň ölçeg birligi Wolt.

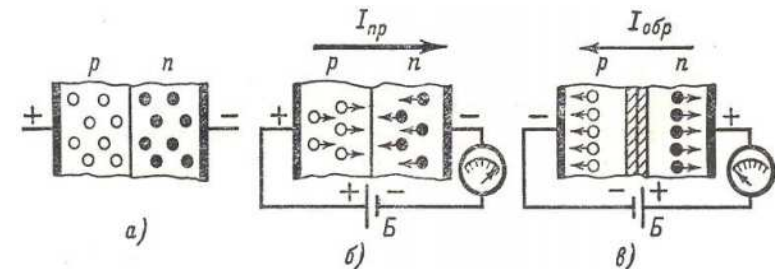
Praktikada naprýaženiýanyň beýleki ölçeg birlikleri hem

## 4. ÝARYMGEÇIRIJI DIODLAR

### 4.1. Ýarymgeçiriji diodlaryň iş prinsipi we şertli grafiki belgileri

Shematiki taýdan, diody iki sany ýarymgeçiriji, biri p-tipli, beýlekisi n-tipli plastina görnüşinde görkezme bolýar. Bu iki plastina diodyň elektrodлары: anod we katod. Položitel elektrod bolup, p-oblast ýa-da anod, otrisatel elektrod bolup, n-oblast ýa-da katod hyzmat edýär. Plastinanyň daş ýüzü, metal gatlakdan durýar we oňa iki sany sim birikdirilýär.

Diod iki ýagdaýda bolup bilýär: açyk we ýapyk. Açyk ýagdaýda ol togy gowy geçirýär, ýapyk ýagdaýda bolsa togy gowy geçirenok. (B.W.Borisow 80 surat).



Surat 3.8. Ýarymgeçiriji diodyň gurluş prinsipi we işi

Ýarymgeçiriji diod – bu, elektron deşijekli geçişli we iki çykyşly ýarym geçiriji abzaldyr (pribor). p-n geçişiň WAH-dan belli bolşy ýaly, akýan togyň güýji berlen naprýaženiýanyň meýdanyna bagly, ýagny göni naprýaženiýa berlende (p-oblasta položitel, n-oblasta otrisatel), tok güýji uly, ters naprýaženiýa berlende (n-oblasta položitel, p-oblasta otrisatel) tok güýji kiçelýär. Başga sözler bilen aýdylanda, diodyň p-n geçişiniň üstünden akýan göni elektrik togy görnükli uly, onuň tersine akýan togyndan. Şonuň üçin hem, ÝGD bir tarapa togy geçirýär we tersine geçirenok (3.9 suratda diodlaryň grafiki şertli belgileri

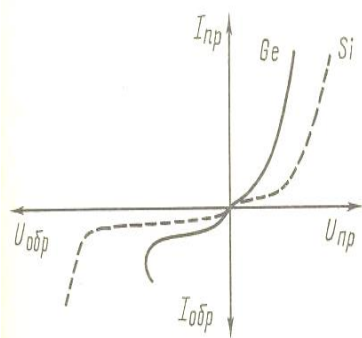


### Surat:3.5. p-n geçişiň göni we ters birikdirilişi

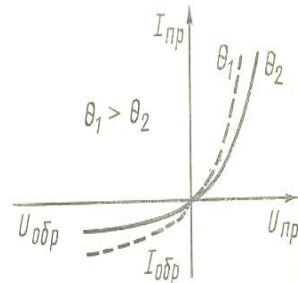
p-n geçişiň daşky çeşmä, onuň ýaly birikmesine ters birikme, onuň üstünden akýan toga ters tok diýilýär. Ters naprýaženiýanyň birnäçe wagtlap durmagy p-n geçişiň bozulmagyna getirýär we ters naprýaženiýa çalt ulalýar. Bozulma, iki görnüşde bolýar: ýylylyk görnüşinde (1-nji egri çyzyk), elektrik görnüşinde (2-nji egri çyzyk). Bozulma elektrik görnüşinde bolanda ters naprýaženiýanyň aýrylmagy bilen p-n geçiş öňki ýagdaýyna getirilýär.

#### 3.1.6. Elektron deşijekli geçişiň wolt-amper häsiýetnamasy

3.5 (w) we (g) suratda görkezilen grafikler EDG-şi göni we ters birikdirendäki WAH-lar ýada WAH-nyň göni we ters şahalary. Adatça häsiýetnamanyň göni we ters şahalary bir grafikde gurulýar (sur.3.6).



3.6 surat p-n geçişiň WAH-sy.  
WAH-ň temperatura



3.7 surat p-n geçişiň  
baglylygy.

Bu suratda germaniý (Ge) ýarym geçirijiniň p-n geçişi göni çyzyk şekilinde görkezilen, kremniý ýarymgeçirijiniň (Si) p-n geçişiniň WAH-sy ştrih çyzyk bilen görkezilen. Bu häsiýetnamalary deňeşdirip aşakdaky netijä gelip bolýar, ýagny kremniý ýarymgeçirijiniň p-n geçişinde göni we ters toklar kiçi, germaniý ýarymgeçirijä seredende. Bu bolsa, kremniý

ulanylýar:

1 milliwoit (mW)=0,001 W; 1 kilowoit (kW)=1000 W.

#### 1.2. Geçirijileriň garşylygy

Elektronlar, elektrik meýdanyň täsirinde hereketlenip, geçirijide kristal gözenegi döredýän we hereketlenmeýän ionlar bilen çaknyşýar. Şonuň bilen hem elektronlar özüne garşylyk duýýar we öz hereketini peseldýär. Geçiriji, näçe uzyn bolsa şonça hem elektronlar hereketlenmeýän ionlar bilen köp çaknyşýar we garşylyk hem şonça uly bolýar. Geçirijiniň meýdany näçe uly bolsa, tersine onuň garşylygy şonça-da kiçelýär. Şonuň üçin, hem garşylyk, geçirijiniň uzynlygyna (L) göni, onuň meýdanyna (S) bolsa ters proporsional we geçirijiniň materialyna bagly. Geçirijiniň materialy onuň udel garşylygyny ( $\rho$ ) häsiýetlendirýär, ýa-da 1 mm<sup>2</sup> meýdanly we 1m uzynlygy bolan geçirijiniň garşylygy. Iň gowy elektrik togyny geçirijiler kümüş we mis.

#### 1.3. Zynjyr uçastogy üçin Omuň kanuny

Haçan-da, naprýaženiýasy 1,5 wolt galwanik elemendine (batareýa) 2,5 wolt naprýaženiýaly elektrik lampoçkany birikdirsek, onda lampoçka zordan ýanar. Bir galwaniki elemende ýene-de bir galwaniki element birikdirsek (položitel polýus otrisatel bilen, otrisatel polýus položitel bilen), onda umumy naprýaženiýa 3 wolta deň bolar we lampoçka has ýagtylanyp ýanar. Eger-de, lampoçka yzygider, ýene-de bir lampoçka birikdirsek, onda iki lampoçkanyň hem ýagtylanmagy peselýär.

Lampoçkalaryň yzygider birikdirilmegi, zynjyrda garşylygyň ulalmagyna getirýär. Ýagtylygyň peselmegi zynjyrda togyň peselmegine bagly. Ýöne, zynjyrda naprýaženiýa hemişelik galýar (3W), tok bolsa garşylygyň ulalmagy bilen kiçelýär.

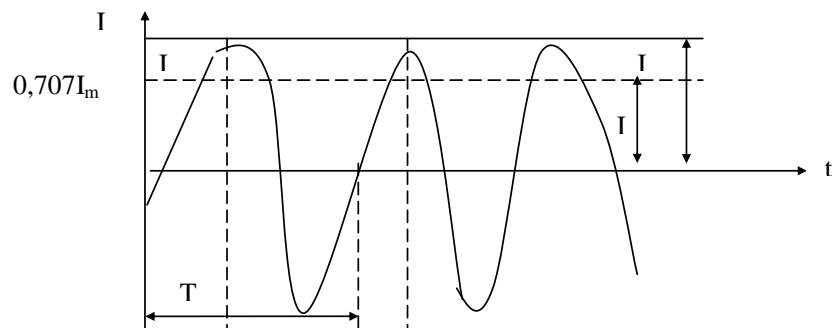
Zynjyr uçastogunda tok güýji naprýaženiýa göni we garşylyga ters proporsional:

$$I=U/R$$

#### 1.4. Elektroradioenjamlar elektron enjamlary ýasamak üçin

## Üýtgeýän elektrik togy. Üýtgeýän togyň esasy parametrleri

Tok güýji we ugry periodiki üýtgeýän bolsa onda onuň ýaly toga **üýtgeýän tok** diýilýär. Üýtgeýän togyň grafiki aşadaky suratda görkezilen.



Surat. 1. Üýtgeýän togyň grafiki görkezilişi.

Görkezilen kanun boýunça üýtgeýän toga, sinusoid ýa-da garmoniki tok diýilýär.

Üýtgeýän togyň esasy parametrleri: amplitudasy, ýygylgy we onuň aýlawy (periody).

Aýlaw (period) – bu, bir yrgyldynyň doly aýlawy ( $0^\circ$ -dan  $360^\circ$ -sa çenli).

1-sekundyň dowamynda bolup geçýän yrgylda, üýtgeýän togyň ýygylgy ýa-da ýygylgyň yrgyldysy ( $f$ ) diýilýär. Aýlaw we ýygylgyk aşadaky görnüşde baglanyşykly:

$$T=1/f \quad \text{ýa-da} \quad f=1/T$$

Periodyň ölçeg birlikleri: millisekund (ms), mikrosekund (mks), nanosekund (ns), pikosekund (ps).

$$1 \text{ s} = 10^3 \text{ ms} = 10^6 \text{ mks} = 10^9 \text{ ns} = 10^{12} \text{ ps}.$$

Ýygylgyň ölçeg birligi: gers (Gs), kilogers (kGs), megagers (MGs) we gigogers (GGs).

$$1 \text{ kGs} = 1000 \text{ Gs} (10^3 \text{ Gs}); 1 \text{ MGs} = 1000 \text{ kGs} = 1\,000\,000 \text{ Gs} (10^6 \text{ Gs}); 1 \text{ GGs} = 1000 \text{ MGs} = 1\,000\,000 \text{ kGs} = 1\,000\,000\,000 \text{ Gs} (10^9 \text{ Gs}).$$

elektronlaryň hereketlenmegi bilen döreýär we deşijekli – ol, deşijekleriň hereketlenmegi bilen döreýär. Germaniý we kremniý atomlaryndan duran ýarymgeçirijilere arassa ýa-da hususy ýarymgeçirijiler diýilýär. Olaryň elektrik geçirijiligi, erkin elektronlara we deşijeklere bagly.

### 3.1.4. Elektron deşijekli geçiş döretmek. Elektron deşijekli geçiş göni birikdirilişi

Ýarymgeçirijilerde, zaryady esasy alyp gidijileriň gapdalyndan, esasy dälleriň toplумы ýagny, p-oblastda elektronlar, n-oblastda deşijekler bolýar. Ýarymgeçirijilerde esasy däller, haotiki ýa-da tertipsiz hereket edýär.

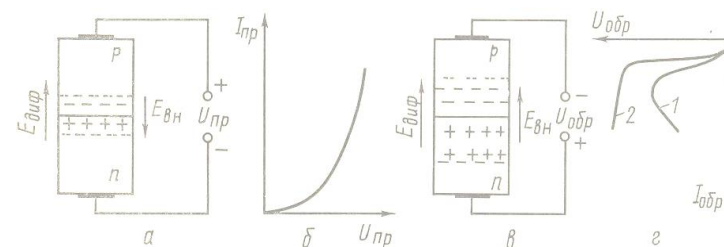
Eger-de, p we n-oblasta daşky çeşmeden naprýaženiýa berilse, ýagny p-oblasta položitel, n-oblasta otrisatel (surat 3.5), onda bu ýagdaýda p-n geçiş diffuzion meýdany daşky çeşmäniň täsirinde aýrylýar.

**Diffuzion meýdan** – bu, p-n oblastlaryň araçäginde döreýän garşylykly belgili zaryadlaryň toplумы.

p-n geçiş potensial baryeri kiçelýär (potensial baryer-bu p-n geçiş hereketlendirmeýän zolak) we elektronlar bilen deşijekleriň sany köpeliýär. Netijede p-n geçiş üstünden jemleýji tok akyp başlaýar. Bu tok, p-oblastdan n-oblasta akýar. p-n geçiş daşky çeşmä, onuň ýaly birikmesine göni birikme, onuň üstünden akýan toga bolsa göni tok diýilýär. p-n geçiş berilýän tok näçe uly bolsa, şonça-da göni tok uly bolýar.

### 3.1.5. Elektron deşijekli geçiş ters birikdirilişi

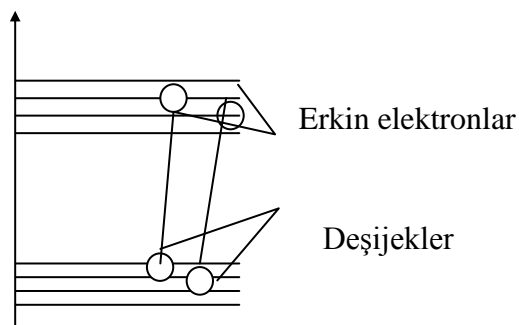
Eger-de, daşky çeşmäniň naprýaženiýasynyň položiteli n-oblasta, otrisateli p-oblasta (surat 3.5 w,g) birikdirilse, onda daşky çeşme, p-n geçiş potensial baryerini ulaldýar.



Daşky oboloçkada aýlanýan elektronlara walentli elektronlar diýilýär. Walent elektronlar bilen döredilen energetiki derejä bolsa walent zona diýilýär.

### 3.1.2. Ýarymgeçirijide erkin elektronlary we deşijekleri döretmek.

Absolýut nol temperaturada, ähli walent elektronlar orbitada ýerleşýär we atom bilen berk baglanyşykly bolýar. Şonuň üçin, şonuň ýaly ýarymgeçirijide erkin elektronlar ýok we ol ideal izolýatora (dielktrige) öwrülýär. Temperaturanyň ulalmagy bilen, elektronlar goşmaça energiýa alýar we atomdan aýrylmak ukyby döreýär. Aýrylan elektron erkin elektrona öwrülýär. Erkin elektronlaryň energetiki derejesi geçiriji zonany emele getirýär. Erkin elektronlar walent zonadan geçiriji zona geçýär we ýarymgeçirijide hereketlenip elektrik togyny emele getirmäge gatnaşýarlar. Erkin elektronlar näçe köp bolsa, şonça-da garşylyk kiçi bolýar. Elektronyň öňki ýerleşen ýerinde deşijekler emele gelýär.



### 3.1.3. Ýarymgeçirijide elektron we deşijek toklar

Eger-de, ýarymgeçirijä naprýaženiýa çesmesini birikdirsek, onda erkin elektronlar togyň döremegi bilen, položitel polýusa tarap hereket edip başlaýar. Şonuň üçin, ýarymgeçirijide diňe elektronlar däl, deşijekler hem herekete gelýär. Onda, elektrik togy iki bölekden durýar: elektronly – ol, erkin

1 Gs ýyglygy, 1 sekundaky doly bir yrgyldy degişlidir. Eger-de, 1 sekunda doly 10 yrgyldy geçýän bolsa, onda ol togyň ýyglygy 10 Gs we periody  $T=0,1$  sek. deň.

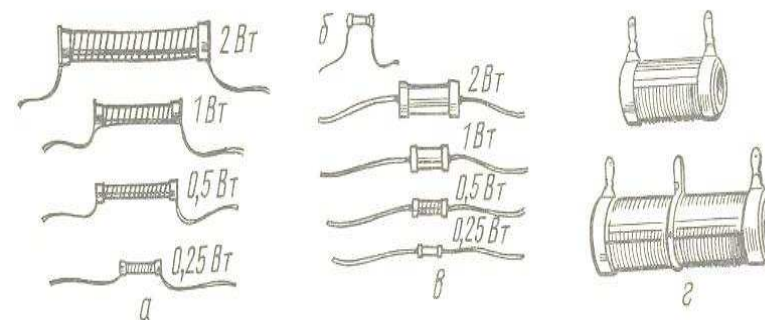
## 2. RADIOELEKTRON TEHNIKANYŇ PASSIW ELEMENTLERI

### 2. Elektoradoserişdeler.

#### 2.1. Rezistorlar barada umumy düşünje, rezistorlaryň klaslary. Radioelektron apparaturalar barada umumy maglumat

Islendik radioelektron gurluş, biri-biri bilen özara yzygider birikdirilen aýratyn elementlerden durýar. Elementleriň sany we görnüşi gurluşyň niýetlenişine, ulanylýan ýerine we çylşyrymlylygyna bagly.

Radioelektron apparaturalaryň ähli elementlerini ýa-da radiodetallary iki topara: aktiw we passiw toparlara bölmek bolýar. Aktiw elementler signalyň kuwwatyny güýçlendirip bilýän elementler. Olara: bipolar we polewoý tranzistorlar, trinistorlar, lampalar we ş.m. degişli. Passiw elementler signalyň kuwwatyny güýçlendirip bilmeýär. Olara: rezistorlar, kondensatorlar, induktiwlikler, transformatorlar we ş.m. degişli.



Surat. 2.1. Hemişelik rezistorlaryň görnüşleri.

### 2.1.1. Rezistorlaryň esasy parametrleri we klaslary

Rezistorlar, radioelektron tehnikanyň giňden ýaýran detallarynyň biridir. Olar radio gurluşyň ähli detallarynyň 20-50% tutýar. Rezistoryň esasy parametrleriniň biri onuň nominal garşylygy (ölçeg birligi Om, kOm, MOm). Rezistorlaryň nominal belgisi onuň korpusynda görkezilýär. Ýöne garşylygyň hakyky ululygy, nominal ululykdan tapawutlanýar. Ýöne, rezistoryň nominaldan bu gyýşarmasy takyklyk klassy bilen kesgitlenýär. Giňden 3-takyklyk klasy ulanylýar: 1-nominal belgiden garşylygyň gyşarmasynyň goýberilişi  $\pm 5\%$ , 2- $\pm 10\%$ , 3- $\pm 20\%$ . Häzirki zaman, REA-ň rezistorlaryna ýokary takyklyk talap edilýär. Ol rezistorlara **prezision reistorlar** diýilýär, olaryň nominaldan gyşarýan garşylygynyň belgisi  $\pm 2\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 0,02\%$ , we  $\pm 0,01\%$  deň. Aşakdaky tablisada 1,2,3 takyk klaslar üçin rezistorlaryň garşylygynyň nominal belgileri görkezilen.

| Garşylygyň<br>gyýşarmasynyň<br>goýberilişi<br>% | $\pm 20$<br>% | $\pm 10$<br>% | $\pm 5$<br>% | $\pm 2$<br>% | $\pm 1$<br>% | $\pm 0,5$<br>% | $\pm 0,2$<br>% | $\pm 0,1$<br>% |
|---|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Kodlaşdyrylan<br>belgisi                        | B             | C             | H            | L            | P            | Д              | У              | Ж              |

Rezistoryň ýene-de esasy parametrleriniň biri: iş naprýaženiýasynyň çagi, garşylygyň temperatura koefisiýenti we nominal ýaýraýan kuwwat.

**Иş naprýaženiýasynyň çagi** – bu, rezistoryň çykyşlaryna berilýän maksimal naprýaženiýa, ýöne şonda-da rezistor funksiýasyny bozman işleýär.

**Garşylygyň temperatura koefisiýenti (GTK)** – bu temperatura 1<sup>0</sup> üýtgände, rezistoryň garşylygynyň näçe üýtgändigini görkezýär. Temperaturanyň ulalmagy bilen rezistoryň garşylygy ulalýar ýa-da kiçelýär. Birinji ýagdaýda GTK

$$R_c = 1/2\pi f c$$

**R<sub>c</sub>**-kondensatoryň sygym garşylygy (Om);

**F** –togyň ýygylgy (Gs);

**C**-berlen kondensatoryň sygymy (farad).

Kondensatoryň sygymynyň we togyň ýygylgynyň ulalmagy bilen kondensatoryň üýtgeýän toga bolan sygym garşylygy kiçelýär we tersine, kondensatoryň sygymynyň we togyň ýygylgynyň kiçilmegi bilen, sygym garşylygy ulalýar.

### 3. ÝARYM GEÇIRIJI DIODLAR. ÝARYM GEÇIRIJILERIŇ ELEKTRIK HÄSIÝETLERI

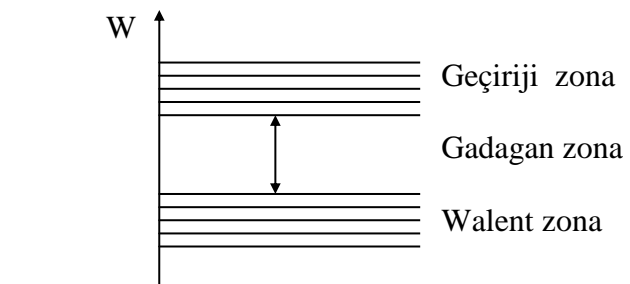
#### 3.1. Arassa ýarymgeçirijiniň strukturasy we energetik diagrammasy

##### 3.1.1. Elektron deşijekli geçiş barada umumy düşünje

Eger-de, udel garşylygy geçiriji bilen dielektrigiň aralygynda tapawutlanýan bolsa, onda onuň ýaly materiallara ýarymgeçirijiler diýilýär. Ýarymgeçirijileriň beýleki materiallardan esasy tapawudy, olaryň garşylygy temperatura bagly.

Ýarymgeçiriji abzallary (priborlary) ýasamak üçin, esasan kremniý we germaniý materiallar ulanylýar. Olaryň kristallik strukturasy Mendeleýewiň tablisasynda 4-nji gruppada ýerleşýär.

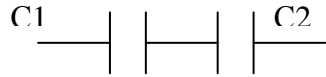
Ähli matetrialar atomlardan durýar. Atom položitel ýadro we onuň daşyndan aýlanýan elektrondan durýar.



Surat 3.1. Ýarymgeçirijiniň energetik diagrammasy.

$C_{umy}=80\text{pF}$ .

Egerde kondensatorlar yzygider birikdirilse, onda umumy sygym aşakda deň:

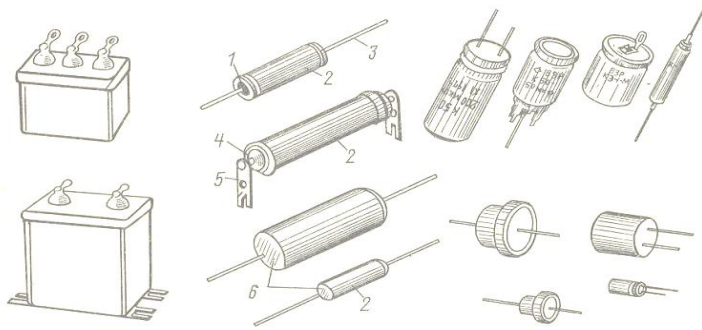


$$C_{umy}=C1C2/(C1+C2)$$

Meselem:  $C1=220\text{ pF}$ ,  $C2=330\text{ pF}$ , onda

$$C_{umy}=220*330/(220+330)=130\text{ pF}$$

Onda, şu ýerden görnüşi ýaly, eger-de shemada sygymy ulaltmaly bolsa onda kondensatorlary parallel birikdirmeli, eger-de sygymy kiçeltmeli bolsa onda kondensatorlary yzygider birikdirmeli.



Surat 2.9. Kagyzy, elektrolitli kondensatorlaryň görnüşleri.

1-rezinli izolýator; 2-korpus; 3-çykyşy; 4-aýna izolýator; 5-kontakt ýaprajygy; 6-kompaund.

Kondensatoryň üýtgeýän toga bolan garşylygy, şol kondensatoryň sygymyna we toguň ýygylgyna bagly. Kondensatoryň sygymy we toguň ýygylgy näçe uly bolsa, onda şonça-da sygymyň garşylygy hem kiçi bolýar. Kondensatoryň sygym garşylygyny aşakdaky gysgaldylan formulada görkezmek bolýar,

položitel, ikinji ýagdaýda GTK otrisatel.

**Nominal ýaýraýan kuwwat** – bu rezistoryň üstünden akýan togyň iň uly kuwwaty. Kuwwat aşakdaky formulada kesgitlenýär,

$$P=UI\text{ (WT)}$$

I – rezistoryň üstünden akýan tok;

U – rezistordaky naprýaženiýa.

Eger-de, rezistorda seredilendäkiden köp kuwwat bölünse, onda onuň temperaturasy ulalýar we rezistoryň ýanmagyna getirýär. Köplenç, REA-da 0,125-den 2 wt nominal ýaýraýan kuwwatly rezistorlar ulanylýar. Rezistoryň garşylygynyň nominal belgisi we goýberilýän gyşarma ýörite kod bilen görkezilýär, şoňa laýyklykda garşylygyň ölçeg birligi Om-E, kOm-K, Mom-M bilen belgilenýär. E-harpy 1-den 99 Om garşylykly rezistorlarda, K-harpy 0,1-den 99 kOm garşylykly rezistorlarda we M-harpy 0,1-den 99 Mom rezistorlarda belgilenýär. Eger-de, nominal garşylyk bitin, drobly san bolsa onda E,K,M harplar oturyň ýerine goýulýar. Meselem:

27E-27 Om, 4E7-47 Om, K680-680 Om, 1K5-1,5 kOm, 43K-43 kOm, 2M4-24 Mom, 3M-3 MOm.

Rezistoryň hakyky garşylygynyň nominaldan goýberilýän gyşarmasy onuň korpusynda prosent hasabynda, ýa-da harp görnüşinde görkezilýär (1-tabl. seret).

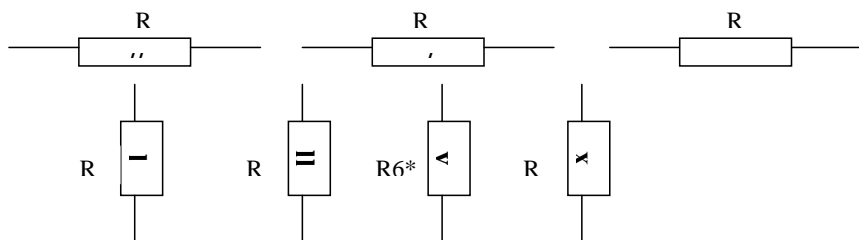
Tablisanyň kod belgisine laýyklykda 4K3И rezistoryň hakyky garşylygy nominal garşylykdan üýtgemegi  $\pm 5\%$  -den ýokary däl.

### 2.1.2. Rezistorlaryň esasy görnüşleri we elektriki shemadaky şertli belgilenişi

Esasy, rezistorlaryň iki görnüşi tapawutlanýar: düzülmeýän (hemişelik), sazlanýan (hemişelik we düzülýän). Esasy topary düzýän, ýarymgeçiriji rezistorlar.

Hemişelik rezistorlar simly we simsyz bolup bilýär.

Simly rezistorlary, steržena metal simy dolamak bilen ýasaýarlar. Simly rezistorlaryň 1-nji elementleri, şu harplardan ybarat: ПЭ, ПЭВ-РБ ПЭВТ. Elektrik shemalarda rezistorlar dörtburç görnüşinde görkezilýär. Aşakdaky suratda, hemişelik rezistorlaryň birnäçe görnüşleri nominal ýaýraýan kuwwaty bilen görkezilen.



Rezistoryň şertli grafiki belgisiniň ýanynda R-harp we onuň tertip belgisi ýazylýar. Şeýlelik-de, 0-dan 999-Oma çenli rezistorlaryň ölçeg birligi görkezilmeýär, 1-killomdan 999 we 1-MOm-dan ýokary garşylyklaryň ölçeg birlikleri degişli (K we M) harplar bilen görkezilýär. Haçan-da, shemada rezistoryň garşylygy görkezilmedik bolsa we onuň garşylygyny ulananda üýtgedip bolýan bolsa, onda onuň ýaly garşylyklarda baş ýyldyzjyk görkezilýär (R6 rezistor).

Sazlanýan ýa-da üýtgeýän rezistorlar RE-ň radioelementi bolup, olaryň garşylygyny 0-dan belli bir nominala çenli üýtgedip bolýar. Hemişelik rezistorlar ýaly sazlanýan (регулируемый) rezistorlar hem simly we simsyz bolup bilýär.

Sazlanýan rezistorlaryň ýene bir görnüşi düzülýän (подстроечные) rezistorlar. Düzülýän rezistorlaryň sazlanýan rezistorlardan esasy tapawudy, olarda çykyp duran oky ýok, şonuň üçinem düzülýän rezistorlary otwertkanyň kömegi bilen düzüp bolýar.

Ýarymgeçiriji rezistorlar esasy üç topara bölünýär: termorezistorlar, waristorlar we fotorezistorlar.

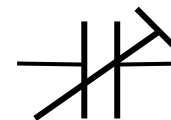
**Termorezistor** – bu, ýarymgeçiriji rezistor, onuň garşylygy temperatura bagly, ýagny, temperaturanyň peselmegi bilen onuň garşylygy ulalýar, temperaturanyň ulalmagy bilen onuň

Üýtgeýän sygymly kondensatoryň gurluşy aşakdaky 71 suratda görkezilen.

Onuň bir obkladkasy – stator, ol hereketlenmeýär. Ikinji obkladkasy – rotor, ol ok bilen birikdirilen. Oky aýlan wagty obkladkalaryň meýdany we şonuň bilen birlikde sygym hem üýtgeýär. Üýtgeýän sygymly kondensatorlaryň köp ulanylýany 12-15 pF we 240-490pF.

Üýtgeýän kondensatorlaryň ýene-de bir görnüşi düzüji kondensatorlar. Köplenç bu kondensatorlar, konturlary rezonansa düzmek üçin ulanylýar, şonuň üçin hem olara düzüji kondensatorlar diýilýär.

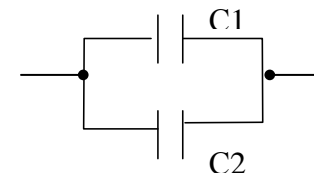
Düzüji kondensatorlaryň nominal sygymy olaryň korpusynda drob görnüşinde görkezilýär: meselem kondensatoryň korpusynda 6/30 görkezilen bolsa, onda kondensatoryň iň kiçi sygymy 6pF, uly sygymy 30pF. Olaryň belgilenişi КПК (керамики подстроечный конденсатор). Garfiki belgilenişi:



Adatça, düzüji kondensatorlaryň kiçi sygymy 5-8 pF, uly sygymy bolsa 100-150 pF çenli.

Kondensatorlary edil rezistorlar ýaly yzygider we parallel birikdirip bolýar.

Eger-de, kondensatory parallel birikdirsek, onda umumy sygym kondensatorlaryň sygymlarynyň jemine deň bolar, ýada



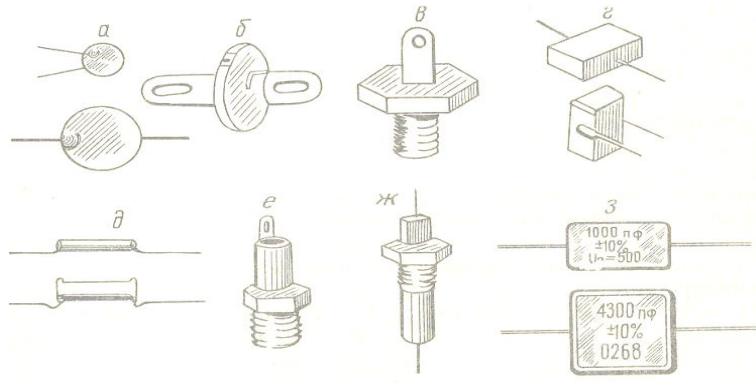
$$C_{\text{umumy}} = C1 + C2 + \dots + C_n$$

Meselem: C1=33pF we C2=47 pF, onda umumy sygym



Aýna şekilli- K21Y.

Käbir kondensatorlaryň daşky görnüşi aşadaky 2.8 suratda görkezilen:



Surat. 2.8 Ýokary ýygyllykly hemişelik sygymly kondensatorlaryň görnüşleri.

a-KД-1, КД-2, КДС. b-KДУ, w-daýançly КДО-1, КДО-2, g-КЛС, d-truba şekilli КТ-1, КТ-2, e-daýançly КО-1, КО-2, ž-geçiriji КТП, z-slýudaly КСО.

Pulsirlenýän, üýtgeýän, hemişelik pes ýygyllykly toklar üçin, uly sygymly (müňlerçe mikrofaradly) kondensatorlar talap edilýär. Şonuň üçin, kagyzy (БМ, КБГ), metall kagyzy (МБГ, МБМ), elektrolitli (КЭ, ЭГЦ, ЭТО, К50, К52, К53 we.ş.m), plýonkaly (ПМ, ПО, К73, К74, К76) kondensatorlar goýberilýär. Kondensatorlaryň görnüşleriniň birnäçesi aşadaky 2.9 suratda görkezilen. Keramiki, slýuda kagyzy we metallkagyzy kondensatorlaryň nominal naprýaženiýasy 150 woltan 1000 wolt aralygynda goýberilýär. Elektrolitli kondensatorlaryň nominal naprýaženiýasy 30 woltan – 50wolt we 150 woltan – 500 wolt aralygynda goýberilýär. Şonuň üçin, hem kondensatorlar iki topara bölünýär: peswoltly we ýokary woltly. Birinji toparyň kondensatorlaryny uly naprýaženilay zynjyrlarda we ikinji toparyň kondensatorlaryny kiçi naprýaženiýaly zynjyrlarda ulanýarlar.

### 2.2.3. Üýtgeýän sygymly kondensatorlar

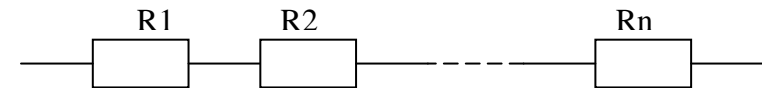
garşylygy kiçelýär.

**Waristor** – bu, ýarymgeçiriji rezistor, onuň garşylygy berilýän naprýaženiýa bagly, ýagny naprýaženiýanyň ulalmagy bilen onuň garşylygy kiçelýär. Waristorlaryň belgilenişi aşadakylardan durýar:

1-CH (сопротивление нелинейное), 2-materialy (1-kremniý, 2-selen), 3-konstruksiýasy (1,8-steržen, 2,10-diskli), 3-tertip nommeri (mes. CH-1-2-1).

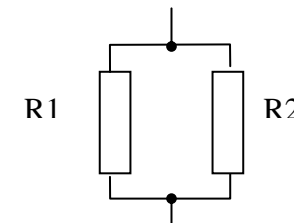
### 2.1.3. Rezistorlaryň yzygider we parallel birikdirilişi

Haçan-da, bir gurluş ýasalanda, gerekli bolan garşylykly rezistor tapylmasa, onda rezistorlary parallel we yzygider birikdirmek usuly bilen talap edilýän garşylygy almak bolýar. Onuň üçin, aşadaky ýaly hasaplama geçirilýär. Haçan-da, R1, R2 rezistorlar yzygider birikdirilen bolsa, onda olaryň umumy garşylygy rezistorlaryň jemine deň ýagny,



$$R_{umumy} = R1 + R2 + \dots + Rn$$

Eger-de, rezistorlar parallel birikdirilen bolsa, onda olaryň garşylyklary däl-de elektrik geçirijiligi goşulýar (elektrik geçirijilik garşylyga ters proporsional, ýada 1/R):



$$1/R_{umumy} = 1/R1 + 1/R2 + \dots + 1/Rn$$

Eger-de iki sany rezistor parallel birikdirilen bolsa onda umumy garşylyk aşakdaky ýaly hasaplanýar:

$$1/R_{\text{umumy}}=1/R_1+1/R_2=R_1+R_2/R_1R_2, \text{ onda}$$

$$R_{\text{umumy}}=R_1R_2/R_1+R_2$$

Eger-de, üç sany rezistor parallel birikdirilen bolsa onda umumy garşylyk aşakda deň bolar:

$$R_{\text{umumy}}=R_1R_2R_3/R_2R_3+R_1R_3+R_1R_2$$

Ýokardaky formulalardan görnüşi ýaly, eger-de uly garşylykly rezistor gerek bolsa, onda rezistorlar yzygider birikdirilýär, egerde, kiçi garşylyk gerek bolsa, onda rezistorlar parallel birikdirilýär.

Meselem:  $R_1=R_2=2 \text{ kOm}$  bolsa, olary yzgider birikdirende umumy garşylyk  $4 \text{ kOm}$  deň bolar, eger-de parallel birikdirseň onda, umumy garşylyk  $R_{\text{umumy}}=1 \text{ kOm}$  deň bolýar.

## 2.2. Kondensatorlar

### 2.2.1. Kondensatoryň parametrleri

**Kondensator** – bu, RE-ň radioelementi bolup, onuň esasy parametri elektrik sygymy, ol elektrik zarýadyny toplamak ukybyny häsiýetlendirýär. Kondensator, arasy dielektrik bilen örtülen iki sany obkladkadan durýar. Ol esasy, üýtgeýän togy öz üstünden geçirýär we hemişelik togy geçirmeýär, ýa-da kondensator filtr hökümünde ulanylýar. Kondensatoryň esasy ölçeg birligi Farad. Ýöne bu gaty uly birlik bolany üçin praktikada onuň kiçi ölçeg birlikleri ulanylýar:

Mikrofarad, nanofarad we pikofarad.

- $1 \text{ mkF}=10^{-6}\text{f};$
- $1 \text{ nF} =10^{-9}\text{f};$
- $1\text{pF} =10^{-12}\text{f};$

Kondensatoryň nominal sygymy, onuň korpusynda görkezilýär.

Kondensatoryň ýazgysyny gysgaltmak üçin ýörite kodlaşdyrma ulanylýar:

pikofarad-Π, nanofarad-H, mikrofarad-M.

Aşakda kondensatorlaryň, birnäçe kodlaşdyrylan belgileri görkezilen:

51Π-51pikofarad, 5Π1-5,1 pikofarad, H1-100 pikofarad, 1H-1000 pikofarad, 1H2-1200 pikofarad, 68H-68 000 pikofarad-0,068 mkF, 100H-100 000 pikofarad=0,1 mkF, M3-300 000pF=0,3mkF, 3M3-3,3mkF, 10M-10 mkF.

Kondensatoryň sygymynyň nominal belgiden gyşarmasy standartda görkezilýär we onuň takyk klasyny kesgitleýär. Rezistorlar ýaly kondensatorlar üçin hem üç takyklyk klasy ulanylýar:

I. (E24)

II. (E12)

III. (E6)

Kondensatoryň sygymynyň üýtgemegi bilen, hemişelik (düzüp bolmaýan), üýtgeýän (düzüji) kondensatorlar tapawutlandyrylýar.

Kondensatorlaryň parametrleriniň ýene-de biri onuň nominal naprýaženiýasy. Nominal naprýaženiýanyň ulalmagy bilen kondensatoryň işleýiş möhleti kemelýär ýa-da obkladkalarynyň arasynda elektrik proboý döreýär, ol hem kondensatoryň iş hataryndan çykmagyna getirýär.

### 2.2.2. Hemişelik sygymly kondensatorlar

Hemişelik sygymly kondensatorlar ýokary ýygylkly we pes ýygylkly toparlara bölünýär. Ýokary ýygylkly kondensatorlar uly durnukly bolýar, olaryň sygymy temperatura üýtgese-de uly araçäkde üýtgemeýär, hakyky (fakt) sygymyň, nominal sygymdan gyşarmasy, ölçegleri (razmerleri) we agramy gaty uly däl. Olar keramiki görnüşinde KJIT (litiý bilen germetizirlenen), KJIC (litoý seksionirowan), KM (monolitli), KД (diskli), KДУ (diskli ultra ýokary ýygylkly), KT (turba görnüşinde) bolup bilýär.

Slýuda görnüşinde KCO (slýuda gysylan (opresowan)), KCF (slýuda germetizirlenen), CFM (slýuda germetizirlenen kiçi gabaritli).

Aýna keramiki sekilli-CKM.

Aýna emal şekilli-KC.



olar ýyglyga bagly bolmadyk ýagdaýynda oňa, *naprýaženiýany güýçlendiriji koefisient* diýilýär

$$K_u = U_{\text{çyk}}/U_{\text{gir}} = U_{\text{çyk.m}}/U_{\text{gir.m}} \quad (3)$$

we tokda

$$K_i = I_{\text{çyk}}/I_{\text{gir}} = I_{\text{çyk.m}}/I_{\text{gir.m}} \quad (4)$$

Soňky deňlemelerdäki  $U_{\text{çyk}}, U_{\text{gir}}, I_{\text{çyk}}, I_{\text{gir}}$  – garmoniki togyň we *naprýaženiýanyň* täsir edýän belgileri,  $U_{\text{çyk.m}}, U_{\text{gir.m}}, I_{\text{çyk.m}}, I_{\text{gir.m}}$  – garmoniki togyň we *naprýaženiýanyň* amplituda belgileri.

Güýçlendiriji parametrleriň ýene-de biri *kuwwaty güýçlendirýän koefisient*:

$$K_p = P_{\text{çyk}}/P_{\text{gir}} = U_{\text{çyk}}I_{\text{çyk}}/U_{\text{gir}}I_{\text{gir}} = K_u K_i$$

Bipolýar tranzistordaki birmeňzeş güýçlendiriji kaskadlar biri-birinden, shemada birikdirilişi bilen tapawutlanýar. Şonuň üçin, güýçlendiriji kaskadlarda: umumy emmitterli (UE), umumy kollektorly (UK) we umumy bazaly (UB) tranzistorlaryň birikmeleri ulanylýar.

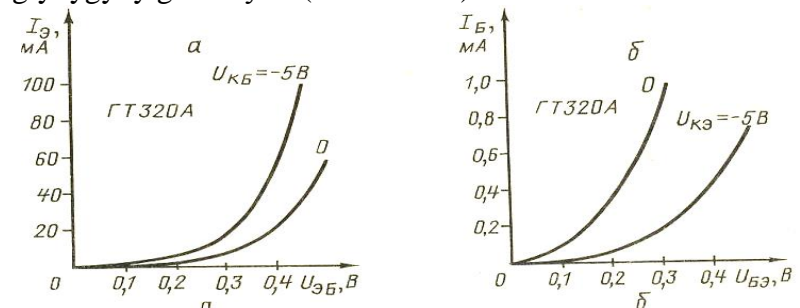
bazasynyň ters togy ( $I_{\text{kbt}}$ ) iki esse artýar. Eger-de, temperatura  $8^\circ$  ýokarlansa onda kremniý tranzistoryň kollektor bazasynyň ters togy ( $I_{\text{kbt}}$ ) iki esse artýar. Umumy emmitterli shemada  $I_{\text{ket}}$  – togynyň temperatura baglylykda üýtgemegi,  $I_{\text{kbt}}$ –togynyň 10-100 – lere gezek ulalmagyna getirýär we tranzistoryň iş ýagdaýyny bozýar. Şonuň üçin, tranzistorly shemalarda tranzistor kaskadlaryň temperaturasyny durnuklamak üçin ýörite çäreler ulanylýar.

Praktikada köpräk giriş we çykyş zynjyrlary üçin, umumy kollektorly tranzistorlar ulanylýar (surat 3,17). Gysgaldylan görünişinde “UK shema” diýilýär. Tranzistoryň shemasyny birikdirmeklige bagly dällikde aşakdaky, tranzistoryň toklaryny baglanyşdyrýan deňleme hemişe dogrudyr:

$$I_e = I_k + I_b$$

### 5.1.3. Bipolýar tranzistoryň statiki häsiýetnamalary

**Bu häsiýetnama**, tok bilen *naprýaženiýanyň* arasyndaky grafiki baglanyşygy görkezýär we tranzistoryň birnäçe parametrlerini kesgitlemekde we tranzistorly shemalarda hasap gecirmekde ulanylýar. Iň köp gerim alan, statiki giriş we çykyş häsiýetnamalar ulanylýar. Giriş statiki häsiýetnama – emmitter elektron-geçiş wolt-ampere häsiýetnamasyny görkezýär. Eger-de, tranzistor, shemada umumy bazaly birikdirilen bolsa, onda emmitter togynyň ( $I_e$ ) emmitter geçişdäki *naprýaženiýa* ( $U_{eb}$ ) baglydygyny görkezýär. (surat 3.18 a).

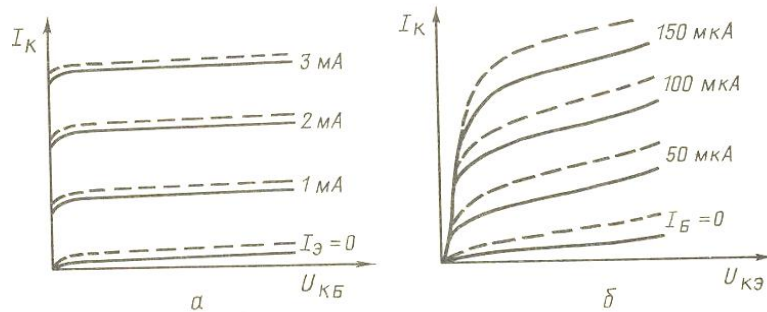


3.18 surat. p-n-p görnüşli umumy bazaly (a) we umumy emmitterli (b) germaniý tranzistoryň giriş häsiýetnamasy.

Hacan-da, kollektor naprýaženiýasy nola deň bolsa ( $U_{kb}=0$ ), onda girişdäki häsiýetnama göni şaha höküminde görkezilýär. Eger-de, kollektora naprýaženiýa berilse, onda kollektoryň elektron-deşijekli gecişi ulalýar we bazanyň giňligi kicelýär. Netijede emmitter togyna bazanyň garşylygy kicelýär, ol hem emmitter togynyň ulalmagyna getirýär.

Bipolýar tranzistoryň cykyşdaky statiki häsiýetnamasy – bu kollektor elektron-deşijekli gecişiň wolt-amper häsiýetnamasy.

Temperaturanyň ulalmagy, tranzistoryň togynyň ulalmagyna we häsiýetnamanyň üýtgemegine getirýär. Esasy umumy emmitterli birikdirilen tranzistoryň cykyş häsiýetnamasynyň üýtgemegine getirýär. (sur. 3.20 a,b).



3.20 surat. Tranzistoryň cykyşdaky statiki häsiýetnamasynyň temperatura baglylygy.

a- umumy bazaly shemada; b-umumy emmitterli shemada.

#### 5.1.4. Bipolyar tranzistoryň parametrleri

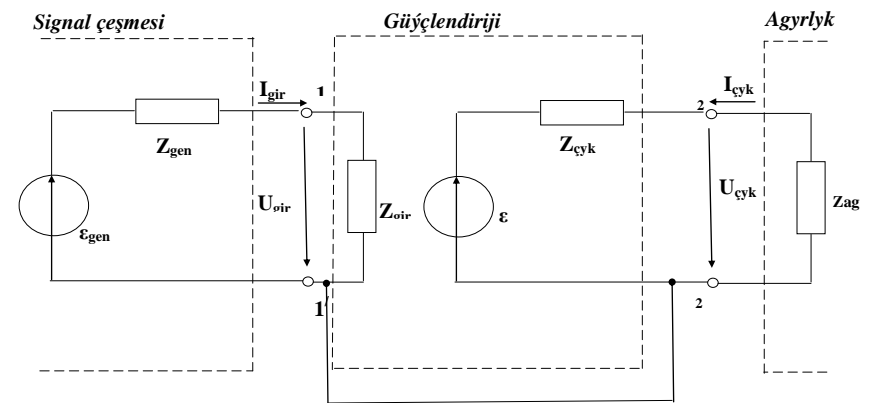
Tranzistor, güýçlendiriji shemalarda işlände, onuň esasy rolyny kici amplitudaly üýtgeýän signallar ýerine ýetirýär. Bu ýagdaýda, tranzistoryň hili, kicisignalynyň parametrleri bilen kesgitlenýär. Praktikada, uly gerim alan, kici signally h-parametrler. Olara başgaca, gibril ýa-da garyşyk parametrler diýilýär, sebäbi olaryň biriniň ölceg birligi – Om, biriniň ölceg birligi ýok, biriniňki –geçirijiniň parametri bilen kesgitlenýär.

h-parametrleriň ählisi 4-sany:  $h_{11}$ ,  $h_{12}$ ,  $h_{21}$ ,  $h_{22}$  we olar aşadaky formulada kesgitlenýär.

#### 4. Güýçlendiriji kaskadyň häsiýetleri we parametrleri

Adatça, güýçlendirijiler birnäçe elementar, güýçlendiriji öýjüklerden durýar, olara bolsa, güýçlendiriji kaskadlar diýilýär.

Umumy görnüşinde, güýçlendirilýän signalynyň dürli güýçlendiriji kaskadlaryny iki sany giriş (1-1') we iki sany çykyş (2-2') kontaktlary bolan, aktiw dörtpolýusly şekilde görkezmek bolýar.



Surat 4.1. Güýçlendiriji kaskadyň umumy gurluş çyzgysy

Giriş kontaktlaryna EHG  $\varepsilon_{gen}$  we içki garşylyk  $Z_{gen}$  bilen häsiýetlendirilýän, signal çeşmesi birikdirilýär. Güýçlendirilen signalynyň energiýasy,  $Z_{agyr}$  bilen häsiýetlendirilýän agyrylykda sarp edilýär. Kaskadyň güýçlendirmek häsiýeti, kompleks geçiriji funksiýalar bilen häsiýetlendirilýär:

$$\text{naprýaženiýada: } K_u(j\omega) = U_{çyk}/U_{gir} = K_u(\omega)e^{j\varphi_u(\omega)} \quad (1)$$

$$\text{tokda: } K_i(j\omega) = I_{çyk}/I_{gir} = K_i(\omega)e^{j\varphi_i(\omega)} \quad (2)$$

1, 2-nji kompleks geçiriji funksiýalaryň modullaryna,  $K_u(\omega)$ ,  $K_i(\omega)$  – amplituda ýygyllykly häsiýetnama (AÝH),  $\varphi_u$ ,  $\varphi_i$  – argumentlerine bolsa faza ýygyllykly häsiýetnama (FÝH) diýilýär. Orta ýa-da fiksirlenen ýygyllykda modullaryň belgisi, haçan-da,

### 3. Analog integral shemalaryň shematehnikasynyň esasy

#### prinsipleri

1. Shematehniki artykmaçlyk prinsipi, bu prinsip, analog – integral shemalaryň hiliniň we tehnologiýasynyň ýokarlanmagy, kristalyň meýdanynyň kiçelmegi bilen AIS-ň shematehnikasynyň çylşyrymlaşandygyny häsiýetlendirýär.

2. Integral shemalaryň, diskret komponentlerde ýerine ýetirilen düwünlerden esasy tapawudy, olarda artykmaç tranzistorlar diňe bir aktiw element hökümünde, däl-de passiw element (mysal üçin rezistor) hökümünde-de ulanylýar.

Tehnologiki operasiýanyň umumy sanyny köpeltmän, tranzistorlary tygşytly ulanmaklyk, integral shemanyň kristal meýdanyny kiçeltmek we esasy parametrlerini gowulandyrmak mümkinçiligini döredýär.

3. Analog integral shemanyň parametrlerine we režimine temperaturanyň edýän täsirini kiçeltmek we wagtlaýyn durnuksyzlyklary aýyrmak üçin elementleriň (zynjyryň) özara ylalaşyk prinsipi ulanylýar (prinsip wzaimnogo soglosowaniya). Bu prinsip integral shemanyň elementleriniň (tranzistor, diod, rezistor we ş.m) kristalda biri-biri bilen ýakyn ýerleşmegi we ýeke-täk bir tehnologiki siklde ýasalmagy, ulanylýan uly interwalda (iýmit naprýaženiýasynyň we temperaturanyň üýtgemegi, könelmegi we ş.m) elementleriň parametrleriniň proporsionallygy. Bu bolsa, bir elemendiň parametriniň üýtgesini, zynjyra goşmaça meňzeş bir elemendiň goşulmagy bilen aýyrmak mümkinçiligini döredýär.

Şeýlelik-de, mikroelektronikanyň ösmegi bilen meňzeş (tipowyýe) shematehniki meseleler işlenilen we olar dürli integral shemalar üçin, umumy bolup durýar. Analog integral shemalaryň ählisiniň esasy meňzeş, umumy emmitterli (UE), umumy kollektorly (UK), umumy bazaly (UB) tranzistorly güýçlendiriji kaskadlar düzýär. Analog integral shemalarda integral shemanyň talap edilýän parametrlerini almak üçin giňişleýin ters gatnaşyklar ulanylýar.

$$h_{11} = \Delta U_{gr} / \Delta I_{gr} | U_{cyk} = \text{const}$$

$h_{11}$  –parametr bipolýar tranzistoryň giriş garşylygyny kesgitleýär we Om-da ölçenýär.

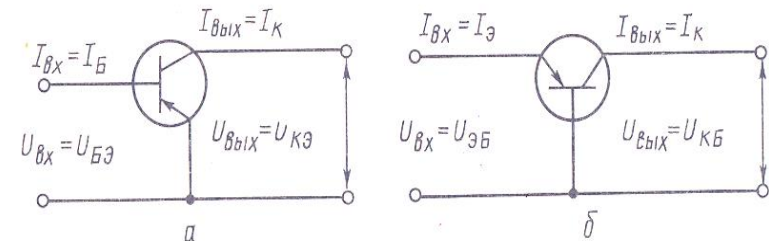
$h_{12} = \Delta U_{gr} / \Delta U_{cyk} | I_{gr} = \text{const}$ - naprýaženiýadaky ters gatnaşyk koefisiýenti, ölçeg birlihi ýok.

$h_{21} = \Delta I_{cyk} / \Delta I_{gr} | U_{cyk} = \text{const}$ -tokdaky göni geciriji koefisiýent, ölçeg birlihi ýok.

$h_{22} = \Delta I_{cyk} / \Delta U_{cyk} | I_{gr} = \text{const}$ -cykyşdaky geciriji, ölçeg birlihi simens (Sm).

$\Delta$ -belgi, tok bilen naprýaženiýanyň üýtgeýändigini görkezýär. h-parametrleriň ählisi statiki häsiýetnamada kesgitlenýär.

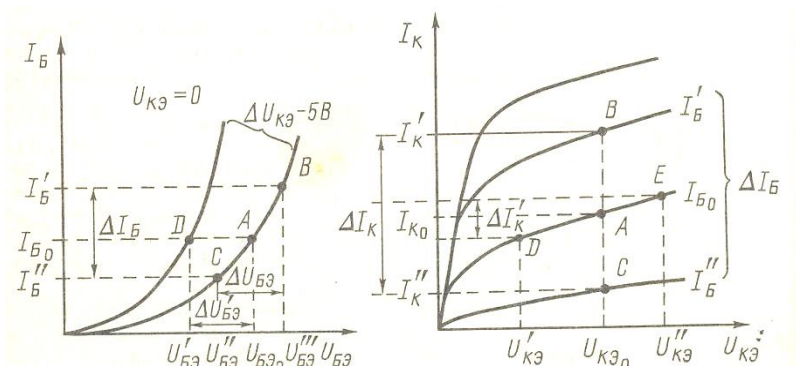
Şeýlelikde,  $h_{11}$  we  $h_{12}$  parametrler giriş häsiýetnamada kesgitlenýär,  $h_{21}$  we  $h_{22}$  parametrler cykyş häsiýetnamada kesgitlenýär. h-parametrler esasan, tranzistoryň shemada birikdirilişine bagly. h-parametrler, tranzistoryň shemadaky birikmesine bagly. Tranzistoryň shemadaky birikmesini görkezmek üçin, h-harpa indeks belgi goýulýar. Meselem:  $h_{11b}$ ,  $h_{12e}$ . Ondan başga-da, giriş togy we giriş naprýaženiýasy tranzistoryň elektrodлары bilen çalşyrylýar (surat 3.21 a,b).



Surat: 3.21. (a) umumy emmitterli we (b) umumy bazaly shemalardaky, tranzistoryň togy we naprýaženiýasy.

h-parametrleriň belgisi tranzistoryň iş tertibine ýa-da tranzistoryň elektrodларыndaky naprýaženiýa we toga bagly.

Tranzistoryň iş tertibi onuň häsiýetnamasyndaky iş nokadynda kesgitlenýär. Cyzgyda, iş nokat A-harp bilen belgilenýär. Eger-de, häsiýetnamada iş nokady görkezilen bolsa (surat 3.22 a) onda  $h_{11e}$  we  $h_{12e}$  parametrler aşakdaky ýaly kesgitlenýär:



3.22 surat. tranzistoryň h-parametrini statiki häsiýetnamada kesgitlemek.

$$h_{11e} = \Delta U_{be} / \Delta I_b | U_{ke} = \text{const} = U''' - U_{be} / I'_b - I''_b$$

$$h_{12e} = \Delta U_{be} / \Delta U_{ke} | I_b = \text{const} = U_{be} - U'_{be} / 5 - 0$$

$h_{21e}$  we  $h_{22e}$  parametrler cykyş häsiýetnama bilen (3.22 b) aşakdaky ýaly kesgitlenýär.

$$h_{21e} = \Delta I_k / \Delta I_b | U_{ke} = \text{const} = I'_k - I''_k / I'_b - I''_b$$

$$h_{22e} = \Delta I_k / \Delta U_{ke} | I_b = \text{const} = I_{ke(E)} - I_{k(D)} / U''_{ke} - U'_k$$

Başga sözler bilen aýdanda,  $h_{21b}$  we  $h_{21e}$  parametr üýtgeýän signalyň tranzistordaky güýçlendiriji hilini görkezýär.

## 6. POLEWOÝ TRANZISTORLAR

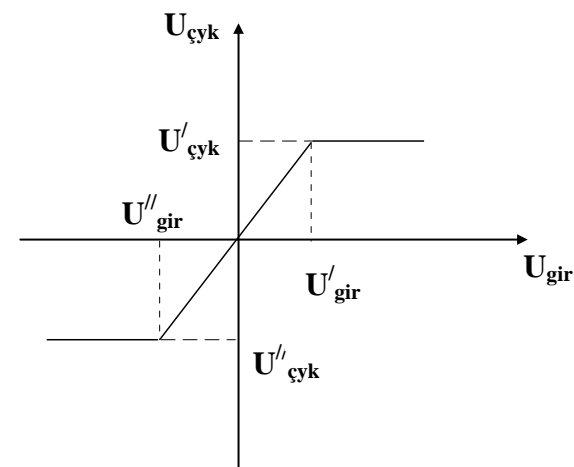
Polewoý tranzistordaki güýçlendirijileriň giriş garşylygy, bipolar tranzistoryňka seredeňde has uly.

Şonuň üçin, häzirki döwürde polewoý tranzistorlar köpräk ulanylýar.

Polewoý tranzistorlarda üç sany birikme ulanylýar: umumy istokly (UI), umumy stokly (US), umumy zatworly (UZ). Olar bipolar tranzistorlaryňky ýaly UI-UE, US-UK, UZ-UB.

Bularyň arasynda giňden ýaýrany umumy istokly güýçlendiriji kaskad. Ol umumy emmitterli güýçlendiriji kaskad ýaly kuwwaty güýçlendirmäge ukyply.

$$U_{\text{çyk}} = U''_{\text{çyk}} \quad U_{\text{gir}} \leq U''_{\text{gir}} \quad \text{bolanda}$$



Çäklendirme analog operasiýasy, esasan signalyň formasyny üýtgetmek üçin ulanylýar. Ýerine ýetirilýän operasiýanyň takyklygyny ýokarlandyrmak üçin analog integral shemalar bilen bilelikde, ýarym geçiriji diodlar, stablitrone we tranzistorlar ulanylýar.

**Köpeltmek analog operasiýasy** – iki analog signalyň ( $U_1$ ,  $U_2$ ) jemini kesgitlemek üçin niýetlenen.

$$U_{\text{çyk}} = KU_1U_2$$

**K**-masştab koefisenti.

Onuň ýaly operasiýa, kesgitlenen takyklygy bilen, analog integral köpeldijilerde (analogowyýe peremnožiteli) ýerine ýetirilýär we köpeltmek, modulirlmek, geterodinlemek we demodulirlmek üçin ulanylýar.

**Filtirlmek analog operasiýasy** – girişdäki, işlenmäge berilen signalyň spektoryndan gerekli ýygylýk diapazony aýyrýar. Bu operasiýa köplenç LC – konturlaryň kömegi bilen ýerine ýetirilýär. Mikroelektronikanyň döremegi bilen filtrlmek operasiýasy aktiw RC-filtiriň kömegi bilen ýerine ýetirilýär.

- a) bir girişli güýçlendiriji; b) operasion güýçlendiriji; w) komparator; g) çäklendiriji; d) köpeldiji; e) filtr.

Iki girişli operasion güýçlendirijide çykyşdaky signal girişdäki signallaryň tapawudyna deň:

$$U_{\text{çyk}} = (U_1 - U_2)$$

Çäklendirilmedik diapazonda, ýagny örän kiçi, nola ýakyndan aşa belent ýygyllykly diapazona çenli, güýçlendirýän güýçlendirijini döretmek gaty kyn, şonuň üçin güýçlendirmek operasiýasy dürli diapazonlarda güýçlendirýän güýçlendirijiler bilen ýerine ýetirilýär.

Ýygyllyk diapazony boýunça:

- Hemişelik toklary güýçlendirijiler (УПТ);
- Kiçi ýygyllyklary güýçlendirijiler (УНЧ) – ses ýygyllykly signallary güýçlendirijiler;
- Aralyk we ýokary ýygyllykly rezonans (zolakly) güýçlendirijiler;
- Giň zolakly güýçlendirijiler – giň zolakly we impuls signallary güýçlendirmek üçin niýetlenen.

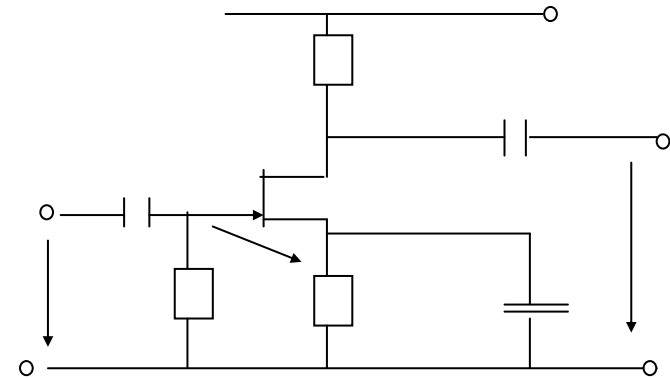
**Deňeşdirme analog operasiýasy** – iki ululygyň belgi tapawudyny ( $U_1 - U_2$ ) kesgitlemek üçin niýetlenen. Ol operasion güýçlendirijilerde ýa-da komparatorlarda ýerine ýetirilýär. Komparatoryň çykyşdaky naprýaženiýasy logiki nol ýa-da logiki bir belgiler bilen bahalandyrylýar:

$$U_{\text{çyk}} = \begin{cases} U^0, & U_1 \leq U_2 - \Delta U/2 \text{ bolanda} \\ U^1, & U_1 \geq U_1 + \Delta U/2 \text{ bolanda} \end{cases}$$

**Çäklendirme analog operasiýasy** – aşakdaky şertlere baglylykda çykyşdaky naprýaženiýany almak mümkinçiligini döredýär.

$$U_{\text{çyk}} = f(U_{\text{gir}}) \text{ ýada } U_{\text{çyk}} = K U_{\text{gir}} \quad U'' < U_{\text{gir}} < U_{\text{gir}}', \text{ bolanda}$$

$$U_{\text{çyk}} = U_{\text{çyk}}' \quad U_{\text{gir}} \geq U_{\text{gir}} \text{ bolanda}$$



Surat 6.1. Polewoý tranzistordaki umumy istokly güýçlendiriji kaskad.

$$U_{\text{çyk}} = -i_c R_c$$

Formuladaky (-)-belgi  $i_c$  – tok stogyň ulalmagy bilen çykyş naprýaženiýasy kiçelýändigini görkezýär.

Häzirki zaman polewoý ttranzistorlarynyň çykyş garşylygy  $R_i = 10^4 - 10^5 \text{ Om}$  deň.

Analog integral shemalarda, giňden düzümlü (sostawnoý) tranzistorlar ulanylýar. Düzümlü tranzistorlar biri-birine birikdirilen birnäçe tranzistoryň kombinasiýasyny emele getirýär we oňa bir tranzistor hökümünde seredilýär. Düzümlü tranzistorlar bilen bir tranzistordan alyp bolmaýan häsiýetnamalary alyp bolýar.

Praktikada giň gerim alan UK-UK düzümlü tranzistorlar (Darlingtonyň shemasy).

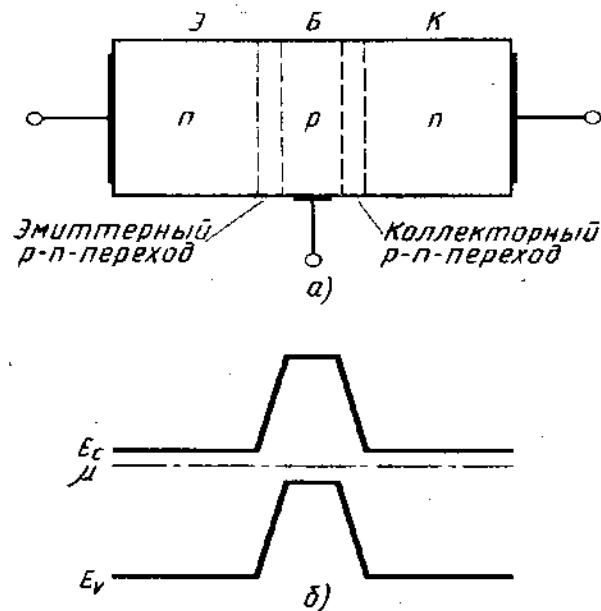
### 1. Tranzistorlaryň işleýşiniň fiziki prinsipi. Alnyşy. Bipolýar tranzistorlaryň işleýşi. Umumy baza boýunça birleşdirilişi.

#### Tranzistorlaryň parametleri we çykyş häsiýetnamalary

Ýarymgeçirijiler elektronikasynyň esasy we has wajyp üleşleriniň biri tranzistor bolup, bu gaty jisimler esasyndaky pribordyr. Ol elektrik signalyny güýçlendirmäge, elektrik

çeşmesiniň energiýasyny elektromagnit yrgyldysyna öwürmeklige (elektrik yrgyldysyny generirlemeklige), elektrik zynjyryny çalt aýryp çatmaklyga niýetlenen pribordyr. Şu günki gün tranzistorlar elektron hasaplaýyş maşynlarynyň, aragatnaşyk abzallarynyň hem-de hojalyk elektron apparatlarynyň gaýra goýulmasyz bölegidir. Bipolýar tranzistorlar 1947 ýylda oýlanylyp tapylgy. 1948 ýylda nokatlanç-galtaşma tranzistorlar işlenilip düzüldi. 1949 ýylda Bardiniň tekiz tranzistorlar hakda işi çapdan çykdy. 1952 ýylda p-n-geçişli meýdan tranzistory hödürlenildi, söňra izolirlenen zatworly meýdan tranzistory hödürlendi.

Bipolýar tranzistor iki sany bir-birine ýakyn (sepleşýän) p-n geçişden durýar. Öz gurluşy boýunça şeýle tranzistor p-n-p we n-p-n görnüşinde bolup bilýär. Mysal üçin, n-p-n görnüşdäki tranzistora seredeliň (1.1a,б surat). Onuň energetiki diagrammasy deňagramlyk ýagdaýynda, ýagny daşky meýdanyň täsiri ýok wagtynda getirilen. Tranzistoryň orta bölegine baza diýilip (B), oňa emitter (e) we kollektor (k) bölekleri sepleşýär.



Surat 1.1 n-p-n – tranzistoryň gurluşy (a) we energetiki

Analog signallar, berlen D-diapazonda dürli belgileri kabul edip bilýär. Olar wagt okunda berilýär (T-interwalynda). Fiziki ululygyň (U, I we ş.m) çägi, berilýän habara bagly. Analog signallary işleýän desgalara: radiolokasion bekediniň kabul ediji we iberiji desgalary, habary şekillendirýän desgalar, awtomatiki sazlaýan desgalar, ikinji ýmitlendiriji çeşmeler we ş.m. degişli. Şol desgalara edilýän talap we olaryň ýerine ýetirýän dürli funksiýalary, analog integral shemalaryň esasy aýratynlygyndan durýar. Ol bolsa, düwünleriň unifisirleşmegini kynlaşdyrýar, şonsyz bolsa, AIS-ň täze görnüşlerini işläp tapmak kyn.

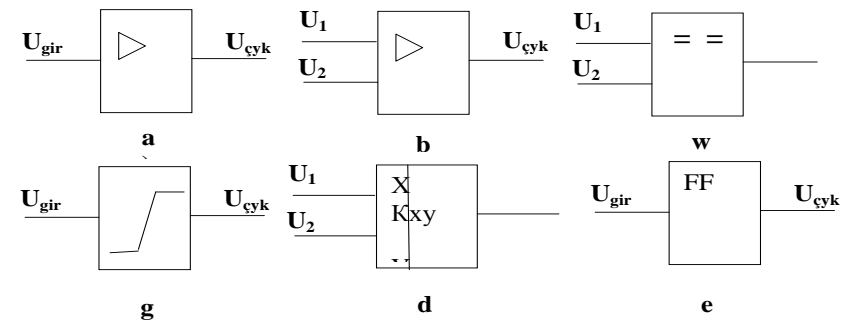
Apparatura meseleleriniň köplüğine baglylykda, analog operasiýalarynyň görnüşiniň sany artýar, şoňa baglylykda-da analog integral shemalar hem ulalýar.

Analog mikroshematehnikanyň esasy 5-sany ýerine ýetirýän analog operasiýasy bar:

1. Güýçlendirmek;
2. Deňeşdirmek;
3. Çäklendirmek;
4. Köpeltmek;
5. Ýygylýk boýunça filtirlmek.

**Гүýçlendirmek operasiýasy** – bu, naprýaženiýany (togy) berlen sanda, K-gezek güýçlendirmek (çäklendirilmedik ýygylýk zolagynda). Onuň ýaly operasiýany, bir girişli ýa-da operasion güýçlendiriji ýerine ýetirýär. Bir girişli güýçlendirijide çykyşdaky naprýaženiýa

$$U_{\text{чык}} = KU_{\text{гир}}$$



Surat:2.2. Esasy analog operasiýalary ýerine ýetirýän desgalaryň grafiki şertli belgileri.

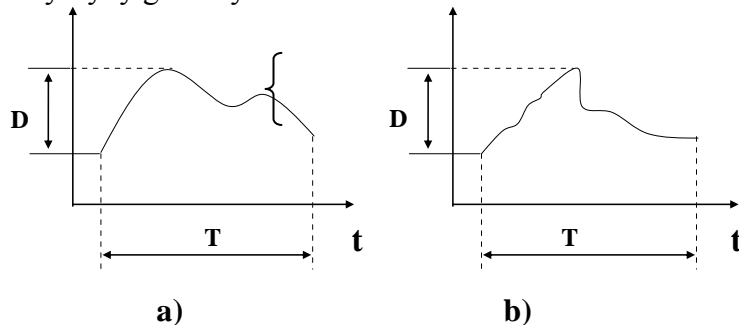
ulanylmagy, radioelektron apparaturalaryň toplumlaýyn kiçelmegi (miniaturizlaşmagy) bilen ýetilýär. Häzirki döwürde, lazer tehnikalarynyň, aşa belent integral shemalaryň çalt täsirli, ýokary çydamly element bazalarynyň giňişleýin ulanylmagyna seredilýär. Mikroelektronikanyň önüminiň giňişleýin ulanylmagynyň esasy meselesi, mikroelektron we elektron desgalar hünärmentleriniň hiliniň ýokarlanmagy bolup durýar.

Bu bölümde, şekilýygylykly (wideo) analog we sanly desgalaryň esasy nazaryýeti, funksional, prinsipial, struktura shemalar, olaryň esasy täsirleri, analiz etmegiň usuly, esasy häsiýetnamalaryň bahalandyrylyşy we parametrleri esasy toplumlaýyn kiçeldilmegiň (miniaturizlaşdyrmagyň) ýollary we mikroelektron apparaturalary ýokary berkligini üpjün etmegiň usullary görkezilendir. Esasy üns, harby tehnikalarda ulanylýan analog we sanly shemalaryň hem-de elektron desgalaryň shematehniki çözülişine berlen. “Elektron desgalar” dersini bilmekligiň esasy fundamenti bolup, matematika, fizika elektro radio zynjyrlaryň nazaryýeti, we elektron priborlar dersleri durýar.

## 2. Analog integral shemalaryň niýetlenişi we klaslary

Analog integral shemalar, analog signallary işlemek üçin niýetlenendir.

Analog signal –bu, fiziki ululyk (tok, naprýaženiýa, tok, ýygylýk yrgyldysy we ş.m) bolup, wagtda üznüksiz ýa-da bölek üznüksiz funksiýasyny görkezýär.

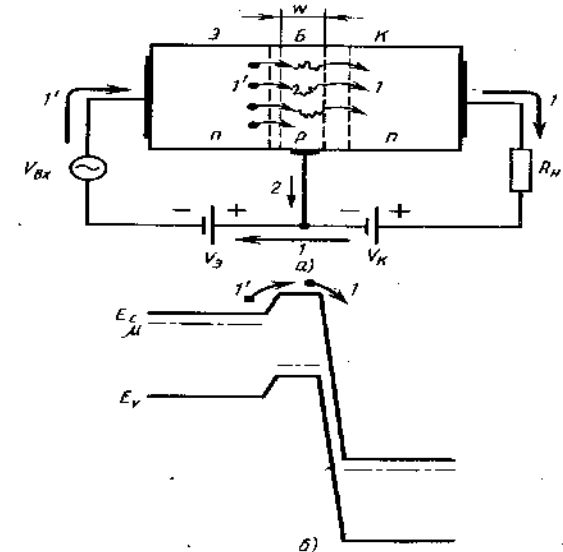


Surat:2.1 Analog signallar.

a) üznüksiz (neprerywnyy); b) bölek-üznüksiz

diagrammasy (b)

Umumy baza shemasy boýunça birleşdiren tranzistoryň iş režimine seredeliň (1.2 surat). Emitter-baza geçişe göni ugra, baza-kollektor geçişe ters ugra elektrik meýdany berilýär. Elektrik meýdanynyň täsiri esasynda tranzistoryň emitter böleginden elektronlar, emitter-baza geçişiniň peselen päsgelçiliginden geçip, baza tarap inžektirlenýär (1.2 surat, 1 çyzyk). Adaty diodlara meňzeş, daşky elektrik meýdanynyň naprýaženiýasy ( $U_{eb}$ ) emitter-baza geçişiniň göwrüm zarýadynda çökýär;  $U_{bk}$  - öz gezeginde kollektor geçişiniň göwrüm zarýadynda we daşky garşylykda çökýär. Şeýlelikde, bazada elektrik meýdany ýok diýen ýaly bolup, emitterden inžektirlenen elektronlar, bazadan kollektora tarap diffuziýa boýunça hereketlenýär.



Surat 1.2. Umumy baza zynjyrynda tranzistoryň işleýşi (a) we onuň iş şertlerinde energetiki diagrammasy (b)

Elektronlaryň konsentrasıýasy emitter geçişde, göwrümdäki deňagramlyk ýagdaýdaka seredende eäp  $[eU_E / (kT)]$  gezek uludyr, emma ters meýdan berilen kollektor p-n-geçişde nola golaýdyr. Haçanda, trannzistoryň bazasynyň galyňlygy  $\pi$ , elektronlaryň bazadaky diffuzion hereketiniň



uzynlygyndan gaty keçi bolsa, onda elektronlar hiç ýitgisiz diýen ýaly emitterden baza-kollektor geçişe barýarlar.

Eger elektronlar ýylylyk haotiki hereket esasynda kollektor geçişiniň göwrüm zarýadynyň meýdanyna girse, onda olar geçişniň gaty uly meýdany tarapyndan tranzistorlaryň kollektoryna zyňylýar (2-surat, 1-strelka). Şeýlelikde, tranzistorlaryň emitter geçişiniň elektron togy (elektronlaryň akymy)  $I_{ne}$ , baza çykyşynyň üsti bilen geçmän, ilki kollektor çykyşyndan geçýär, soňra bolsa R garşylygyň üstünden geçýär. Tranzistoriň gurluş konstruksiýasy, emitter geçişden geçýän elektronlaryň diňe bir azyrak bölegi baza zynjyryna bölünär ýaly edilip ýörite düzülýär (2-surat, 2-çyzyk).

Tranzistorlary umumy baza zynjiry boýunça birikdermek, giriş naprýaženiýa seredeninde çykyş zynjirda ( $R_n$  garşylykda) naprýaženiýanyň güýçlenmesine getirýär. Hakykatdanda giriş zynjirda naprýaženiýanyň ( $U_{gr}$ ) gaty kiçi üýtgemesi, haçanda emitter geçişine göni ugra daşky elektrik meýdany berilende, emitter togynyň uly üýtgemesine getirýär. Eger-de emitter geçişde naprýaženiýa  $kT/e \approx 25$  mV ululyga üýtgeşe, onda tok e gezek üýtgeýär.

### Tranzistorlaryň parametleri we çykyş häsiýetnamalary

Tok boýunça güýçlendirilme koeffisienti  $\alpha$  tranzistoriň esasy häsiýetnamasy bolup, ol kollektor geçişinde hemişelik naprýaženiýada kollektor togunyň üýtgemesiniň bu üýtgemäni ýüze çykarýan emitter togunyň üýtgemesine bolan gatnaşygyny aňladýar (2a-surat;  $R_n=0$ ).

$$\alpha = \left( \frac{E_k}{E_e} \right)_{U_k} \quad (1.1)$$

$\alpha$  - koeffisiýente tranzistoriň daşky häsiýetnamasy diýilýär.

geçiş kanaly esasy ýarymgeçirijide p-n-geçişleriň garyplaşan zarýatly bölekleriniň arasynda emele gelýär. Bu aralykda emele gelen kanalyň giňligini p-n-geçişe ters ugra naprýaženiýa berip üýtgetmek mümkin. Berilen daşky naprýaženiýa baglylyka stok-istok aralykdaky garşylyk üýtgeýär. Eger-de p-n-geçişiň hemişelik naprýaženiýasynda istok-stok naprýaženiýa artsa, onda stoka ýakynlasdygyňça kanal daralyp, tok haýal üýtgeýär. Haçanda kanal ýapylsa tok doýgyn ýagdaýyna ýetýär. Şeýle tranzistoriň kanalyndan togyň akýş mehanizimi we çykyş häsiýetnamalary MDÝ-tranzistoriňka gaty meňzeşdir.

## Bölüm:II. Analog integral shemalar

### 1. Elektronika barada umumy maglumat

Elektronika – bu ylmyň we tehnikanyň bir bölegi bolup, elektron priborlaryň (elektrowakkumly, ýarymgeçirujili, integral mikroshemalaryň) bolup geçýän fiziki proseslerini, olaryň häsiýetnamalaryny, parametrlerini we elektron desgalaryň hilini öwredýän ylmydyr.

Elektron desgalar dersi shematehniki derslere degişlidir. Onda, funksional taýdan niýetlenen dürli elektron desgalaryň esasy nazaryýeti, analiz etmegiň usullary, parametrleriň we esasy häsiýetnamalaryň bahalandyrylyşy öwrenilýär.

Habary işlemek görnüşi boýunça elektron desgalar iki topara bölünýär:

- analog desgalar – analog signallary işlemek üçin niýetlenendir;
- sanly desgalar – sanly signallary işlemek üçin niýetlenendir.

Aralyk ýagdaýly habary, analog-sanly we sanly-analog öwürijiler tutýar. Olarda analog funksional we sanly funksional düwünler ulanylýarlar.

Häzirki zaman elektron desgalarynyň esasy element bazalary bolup ýarymgeçiriji priborlar, integral mikroshemalar we mikroelektronikanyň funksional mikroshemalary durýar. Elektronikanyň ösüşini 3-etaba bölmek bolýar:

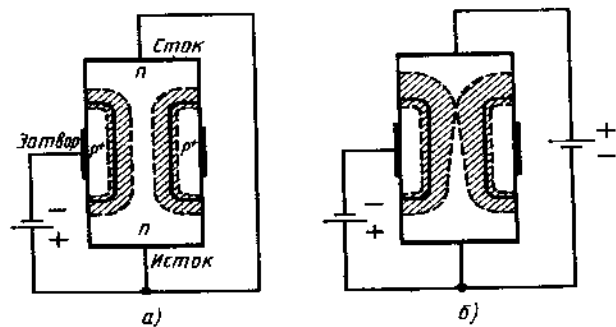
Adamyň ösüşinde, häzirki zaman elektronikasynyň ulanylymagy, güýçli tehniki serişde bolup durýar. Radioelektron desgalaryň funksional mümkinçilikleriniň görnükli giňelmegi, çydamlylygynyň ýokary galmagy, olaryň integral shemalarda



arasynnda gaty yly garşylyk ýüze çykýar. Zatwora otrisatel elektrik meýdanynyň berilmegi ilki bilen zatworyň aşak tarapynda (ýarymgeçirijiniň üstki gatlagynda) garyplaşan zarýadly meýdany emele getirýär, käbir  $U_{porog}$  naprýaženiýadaň soňra inwersni p-zolak (kanal) emele gelip, şeýlelikde p-tipli istok we stok geçiriji kanal bilen birleşdirýär. Egerde zatworda naprýaženiýa  $U_{z,por}$ -dan uly bolsa onda kanal giňelýär, stok bilen istokynyň aralygyndaky garşylyk kiçelýär. Şeýlelikde seredilýän struktura, daşdan gönükdirilýän (uprawlýaýemyý) rezistora meňzeş bolýar.

Emma diňe stok naprýaženiýasynyň kiçi bahalarynda kanalyň garşylygy dine zatwordaky naprýaženiýasy bilen kesgitlenilýär. Kanal boýunça istokdan stoga çenli aralykda erkin zarýatlaryň sany azalýar, şol sebäpli hem, togyň birmeňzeş ululygyny kanalyň hemme ýerinde saklamak üçin, elektrik meýdany üýtgep, stogyň ýakynynda in uly bahasyňa ýetmeli.

Haçanda kanal doly ýapylanda hem stogyň naprýaženiýasynyň uly bahasynda käbir uly bolmadyk istok-stok geçiş dowam etýär. Sebäbi kanal gysgalyp, zarýadyň garyplaşan ýeriniň gapdaly bilen stoka tarap zarýadlar çekilip bilinýär.



Surat 4.4. Dolandyryjy p-n-geçişli meýdan tranzistorlarynyň işleýşine düşündiriş.

a – stokdaky meýdan nol bolan ýagdaýynda; b – stokdaky meýdanyň artmagy bilen kanal ýapylan ýagdaýynda.

Unipolýar tranzistorlaryň ýene bir görnüşü uprawlýaýuşyý p-n-geçişli meýdan tranzistorydyr (17.4 surat). Bu tranzistorlarda

Ol üç

samy içki häsiýetnamalar bilen kesgitlenilýär: emitteriň effektiwligi  $\gamma$ , geçiş koeffisiýenti  $\beta$  we kollektoryň effektiwligi  $\alpha^*$ .

Emitteriň togy elektron ( $I_{ne}$ ) we deşik ( $I_{pe}$ ) düzümlerinden durýar. n-p-n-tranzistorlarda güýçlendirme effekti emitter togunyň elektron dýzýjisiniň esasynda ýerine ýetýär. Emitteriň effektiwligi  $\gamma$  emitteriň umumy togunyň  $I_e$  üýtgemesiniň onuň elektron dýzýjisiniň üýtgemisine gatnaşygyna deňdir:

$$\gamma = \left( \frac{I_{ne}}{I_e} \right)_{U_k} \quad (1.2)$$

P-n-geçişden geçýän esasy we esasy däl zarýadlaryň akymyny göz önünde tutulanda, umumy tok (önki temalarda getirilen):

$$I = -I_s + I_s e^{\frac{eU}{kT}} = I_s \left( e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right) \quad (1.3)$$

P-n-geçişden geçýän umumy toguň formulasyny (1.3) we onuň elektron we deşik düzüjilerini göz önünde tutup ýazýarys:

$$I_{pe} = S_e e \frac{p_{n0}}{\tau_p} L_p \left\{ \exp \left[ \frac{eU_e}{kT} \right] - 1 \right\} \approx S_e e \frac{p_{n0}}{\tau_p} L_p \exp \left( \frac{eU_e}{kT} \right) \quad (1.4)$$

bu ýerde  $S_e$  - emitter geçişiniň meýdany.

Zarýadyň diffuziýa aralygynyň  $L = \sqrt{D\tau}$  - dygyndan peýdalanyň (15.4) deňligi şu göznişde ýazyp bolýar.

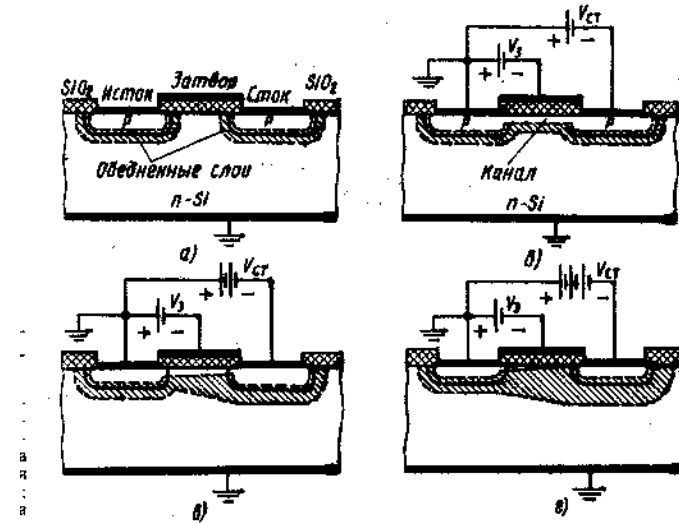
$$I_{pe} \approx S_e e D_p \frac{p_{n0}}{L_p} \exp \left( \frac{eU_e}{kT} \right) \quad (1.5)$$

Emitter togynyň elektron düzüjisiniň tapylyşy (1.4) formuladan tapawutlanýar. Sebäbi baradan emittere inžektirlenen deşikler p-n-geçişden  $L_p$  aralykda paýlanýan bolsalar, emitterden baza inžektirlenen elektronlar diňe bazada  $\omega < L_n$  aralyga ýaýraýar (bu ýerde  $\omega$  - tranzistoryň baza böleginiň galyňlygy). Bazada elektronlaryň hereketi diffuziýa häsiýetine eýeligi sebäpli, togyň elektron düzüjisiniň ululygy elektronlaryň konsentrasiýasynyň gradiýenti bilen kesgitlenilýär.

$$I_{ne} = S_e e D_n \left| \frac{dn}{dx} \right| \quad (1.6)$$

bu erde ä oky emitterden kollektora tarap urukdyrylandyr.

Bazadaky elektronlaryň konsentrasiýasynyň gradiýentini kesgitläliň. Emitter geçişde elektronlaryň konsentrasiýasy



**Surat 4.3 MDÝ-tranzistoryň işleýşine düşündiriş: a – MDÝ-tranzistoryň gurluşy; б – istok bilen stokyň arasynda kanalyň emele gelişi; в – istok bilen stokyň arasynda naprýaženiýanyň artmagy bilen kanalyň kiçilmegi; г – kanalyň ýanylmagy.**

Integral elektronikasynyň MDÝ-strukturalar tranzistorlary, dürli integral mikroschemalary döretmekde giňden peýdalanylýar. 17.3a-suratda izolirlenen zatworly MDÝ-tranzistoryň gurluşy shematiki görkezilen. Tranzistoryň esasy bölegi n-Si bolup, ýokarky gatlagynda diffuziýa bilen p-tipli bölümler döredilen. P-tipli bölümleriň birine istok beýlekisene сток diýilip at berilýär. Bu iki bölegiň aralygy ýagny istok bilen stokyň aralygy metal gatlak bilen örtilen metal gatlak bilen örtilen okis gatlagy bilen izolirlenen. Tranzistoryň bu metal elektrodyna zatwor diýilip at berilýär. Tranzistoryň n- we p-bölekleriniň arasynda istok we stok p-n-geçişi ýüze çykýar. 17.3b suratda meýdan tranzistorynyň zynjyra birikdirilişi görkezilen: stok naprýaženiýasynyň  $U_{st}$ , istoka položitel polýusy we stoka - otrisatel polýusy birikdirilen. Zatwora  $U_{zat}$  tok çeşmesiniň minus polýarnosty birikdirilýär.

Haçanda zatwora naprýaženiýa berilmedik ýagdaýynda, tranzistorda hiç hili üýtgeşiklik bolmaýar. Sebäbi stok p-n-geçişine ters ugra elektrik meýdany berilip, istok bilen stokyň

gyşarýar. Suratda n-tipli ýarymgeçiriji haçanda zatwora otrisatel zarýad berilen ýagdaýynda görkezilen. Bu ýerde  $U_s$  - ýarymgeçirijiniň göwrümi bilen üstki gatlagynyň arasyndaky potentsiallaryň tapawudy;  $\phi_s = -eU_s$  - zonanyň üstdäki egriligi;  $E_i$  - gadagan zonanyň ortasy. Suratdan görünişi ýaly ýarymgeçirijiniň göwrümünde Ferminiň derejesiniň geçiş zonanyň düýbinden uzaklygy, Ferminiň derejesiniň walent zonanyň depesinden uzaklygyndan kiçi. Şol sebäpli elektronlaryň konsentrasiýasy  $n_0$  deşikleriň konsentrasiýasyndan  $p_0$  köpdür  $n_0 > p_0$ . N-tipli ýarymgeçiriji üçin şeýle hem bolmaly. Emma ýarymgeçirijiniň üstki gatlagynda onuň tersine, zonanyň egreýmesi sebäpli Ferminiň derejesiniň geçiş zonanyň düýbinden uzaklygy onuň walent zonanyň depesinden uzaklygyndan ulydyr. Şol sebäpli hem  $p_0 > n_0$  -dan boýar, ýagny ýarymgeçiriji deşikli ýarymgeçirijä öwrülýär. Ýarymgeçirijiniň göwrümünde AA tekizlikde  $n_0 = p_0$  şert ýerine ýetýär we p-n-geçiş emele gelýär. Köplenç zonanyň üstki egreýmesini  $kT$  ululygyň üsti bilen aňlandylyp  $Y_s$  bilen belenilýär.

$$Y_s = \frac{eU_s}{kT} = -\frac{\phi_s}{kT} \quad (4.1)$$

Ýarymgeçirijilerde üstki gatlagyň emele gelmeginde üç sany wajyp ýagdaý emele gelmegi mümkin: zarýad garyplaşmasy, alamatyny çalyşmak we zarýad bilen baýlaşmak. Bu üç ýagdaý hem ýarymgeçirijide zatwor bilen ýarymgeçirijiniň arasyndaky meýdana baglylykda ýüze çykyp bilýär.

Eger-de üst gatlagdaky ýarymgeçiriji gowy geçirijilige eýe bolup onuň tipi ýarymgeçirijiniň tipine ters bolsa onda oňa alamaty çalşylan gatlag, ýa-da (inwersnyý) diýilip at berilýär. Inwersnyý gatlagdan ýarymgeçirijiniň göwrümüne çuňlaşsaň zarýad boýunça garyplaşan gatlag başlaýar.

$$n(0) = n_{p0} \exp \frac{eU_e}{kT} \quad (1.7)$$

Kollektor geçişde  $n(\omega) = 0$  diýeliň.

Onda

$$\left| \frac{dn}{dx} \right| \approx \frac{n(0) - n(\omega)}{\omega} = \frac{n_{p0}}{\omega} \exp \frac{eU_e}{kT} \quad (1.8)$$

$\frac{dn}{dx}$  -yň bahasyny (15.8) deňlikden (15.6) deňlige goýup

alýarys.

$$I_{ne} = S_e e D_n \frac{n_{p0}}{\omega} \exp \frac{eU_e}{kT} \quad (1.9)$$

Emitter togynyň  $I_e = I_{ne} + I_{pe}$  bolýandygyny göz önünde tutup, hem-de (15.2), (15.5) we (15.9) deňlikleri kombinirlemek esasynda emitterin effektowligi üçin deňligi alýarys:

$$\gamma = \left( 1 + \frac{p_{n0}}{n_{p0}} \cdot \frac{D_p}{D_n} \cdot \frac{\omega}{L_p} \right)^{-1} \quad (1.10)$$

Diffuziýa koeffisiýentini Eýnşteýniň deňligine esaslanip zarýadyň hereket edijilik ukyby bilen çalyşsaň, massanyň saklanmak kanunyna esaslanyp esasy däl zarýadlaryň konsentrasiýasyny esasy zarýadlaryň konsentrasiýasynyň üsti bilen aňladyp, (15.10) deňligi amatly görnüşde ýazyp bolýar.

$$\gamma = \left( 1 + \frac{\sigma_p}{\sigma_n} \cdot \frac{\omega}{L_p} \right)^{-1} \approx 1 - \frac{\sigma_p \omega}{\sigma_n L_p} \quad (1.11)$$

Tranzistoryň emitteriniň effektiwligini bire golaýlatmak üçin, (1.11) deňlikden görünişi ýaly emittere baza seredende has ýokary derejede garyndy gaşmaly ( $\sigma_n \gg \sigma_p$ ) we bazany gaty ýuka etmeli ( $\omega \ll L_p$ ). Bazanyň ýuka bolmagy geçirijilik koeffisiýenti, ýagny emitterden inžektirlenen elektronlaryň kollektor geçişe ýetýäniň snyny artdyrmak üçin hem wajypdyr:

$$\beta = \left( \frac{\partial I_{nk}}{\partial I_{ne}} \right)_{U_k} \quad (1.12)$$

Bu koeffisiýent birden kiçi, sebäbi elektronlaryň bir bölegi kollektor geçişe ýetmän rekombinirlenýär. Baza bölegi näçe dar boldugyça bire golaýlaýar. Haçanda ( $\omega \ll L_n$ ) bolan ýagdaýynda, hasaplamalara esaslanyp alýarys:

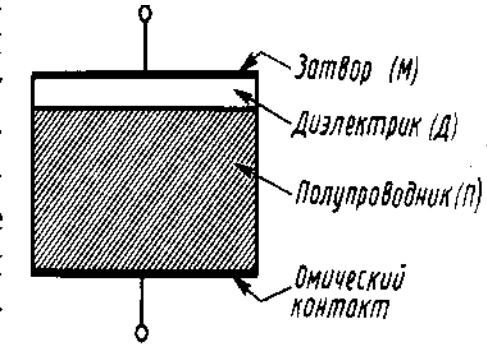
$$\beta \approx 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{\omega}{L_n} \right)^2 \quad (1.13)$$

Kollektoryň effektiwligi şeýle hasaplanyp:

$$\alpha^* = \left( \frac{E_k}{E_{nk}} \right)_{U_k} \quad (1.14)$$

egerde kollektor p-n-geçisde urgy ionlaşmasy ýüze çykýan bolsa,  $\alpha^*$  birden uly bolup biler.

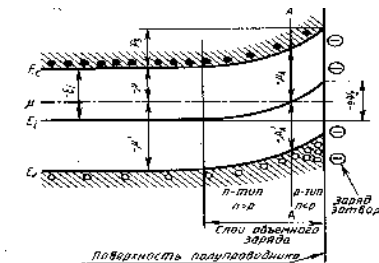
Tranzistoryň adaty iş režiminde, haçanda  $U_k \ll U_{bows}$  bolanda,  $\alpha^*$  ululygy bire ýakyndyr.



Surat 4.1 MDÝ-gurluşyň çyzgydaky görnüşi.

Eger-de zatwora ýarymgeçiriji plastinkasyna görä naprýaženiýe berilse, onda ýarymgeçirijiniň üstünde göwrüm zarýady gatlagy ýüze çykyp, onuň alamaty zatworyň alamatyna tersdir. Zatworyň ýakynyndaky gatlakda zarýatlaryň konsetrasiýasy ýarymgeçirijiniň göwrümindäkiden has tapawutlanýar.

Ýarymgeçirijide zarýatlanan üstki gatlak bilen göwrümiň arasynda potensiallaryň tapawudy ýüze çykyp, energetiki zonanyň gysarmasyna getirýär. Haçanda zatwor otrisatel zarýatlansa zona ýokary gysarýar, sebäbi elektronlar göwrümden üste tarap süýşende olaryň potensial energiýasy artýar (17.2-surat).



Surat 4.2. Затвор отрисател зарýatlanан ýagdaýynda n-görnüşli ýarymgeçirijiniň üstünde zonanyň egreýmesi (gysarmasy).

Egerde zatwor položitel zarýatlanан bolsa onda, zona aşak

tranzistorlaryň bazasynda garyndynyň konsentrasiýasyny koordinata boýunça üýtgedip alynýar. Dreýf tranzistorynyň (n-p-n), emitter we baza bölegi n-tipli ýarymgeçiriji plastinasyna akseptor we donor garyndylarynyň diffuziýasy esasynda döredilýär (16.4 surat). 16.4b suratda dreýf tranzistorynda, kompensirlenmedik zaryadlaryň paýlanylyşy görkezilendir.

Zaryadlaryň şeýle paýlanylyşy, emitterden baza inžektirlenen zaryadlar üçin içki, bir ugra urukdyrylan täsiri bolan, meýdan döredip, zaryadlaryň geçiş tizligini artdyrýar.

Tranzistorlar häzirki zaman elektronikasyny, radioelektronikada, mikroelektronikada, hasaplaýyş tehnikada giňden peýdalanylýar. Häzirki zaman tehnikasyny tranzistorsyz göz önüne getirmek mümkin däl.

#### 4. Meýdan tranzistorlary.

##### 4.1. Meýdan (polewoý) tranzistorlary. Meýdan tranzistorlarynyň gurluşy we işleýiş prinsipi.

Soňky ýyllarda elektronikada, ýarymgeçirijiniň üstki gatlagyndaky ýüze çykýan hadysalar ulanylýan abzallar (priborlar) giňden peýdalanylyp başlandy. Şeýle priborlaryň esasy düzüji bölegi metal-dielektrik-ýarymgeçiriji (MDÝ) gurluşlar (strukturlar) bolup durýar (17.1 surat). Köplenç metal bilen ýarymgeçirijiniň aralygyndaky dielektrik gatlagy hökmünde okisiň gatlagy, meselem  $\text{SiO}_2$  ulanylýar. Şeýle strukturalara köplenç metal-okisel-ýarymgeçiriji (MOÝ) strukturalar diýilip at berilýär. Bu strukturalardaky metaliki elektrod köplenç wakuum tozanlatmasy esasynda dielektrigiň üstüne çökdürilýär. Bu elektroda zatwor diýlip at berilýär.

Şeýlelikde (15.1), (15.2), (15.12) we (15.13) denlemelerden tranzistoryň güýçlen dirme koeffisiýenti  $\alpha$ -ny tapýarys.

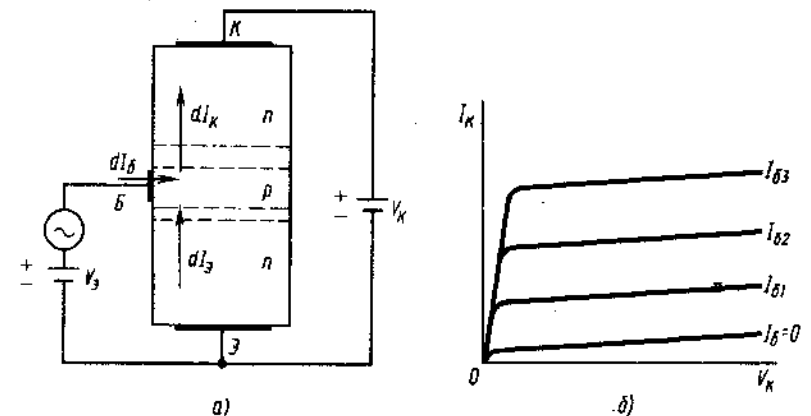
$$\alpha = \gamma \beta \alpha^* \quad (1.15)$$

Bu deňlige  $\gamma$  we  $\beta$ -nyň bahalaryny (15.11) we (15.13) deňlikden alyp goýup,  $\alpha^*=1$  diýip hasap edip, hem-de ikinji derejeli kiçi goşulyjylary hasaba alman, alýarys:

$$\alpha = 1 - \frac{\sigma_p}{\sigma_n} \cdot \frac{\omega}{L_p} - \frac{1}{2} \left( \frac{\omega}{L_n} \right)^2 \quad (1.16)$$

(15.16) deňlikden görünişi ýaly tranzistor umumy baza boýunça birikdirilende togyň güýçlendirilmesi ýüze çykmaýar ( $\alpha < 1$ ).

2. Tranzistorlaryň umumy emitter boýunça birleşdirilişi. Dreýf tranzistorlary. Tranzistorlarda geçiş hadysalary. Tranzistorlaryň dürli elektrik zynjyrbarynda ulanylyşy.



Köplenç tranzistor zynjira umumy emitter shemasy boýunça birikdirilýär (16.1-surat). Şeýle shemada tranzistor toguň güýçlendirijisi hökmünde işleýär. Bu ýerde giň togy

emitterden geçýän tok bolman, baza togudyr  $I_b$ . Baza, emitter we kollektor toklarynyň üýtgemeleri öz aralarynda aşakdaky gatnaşyk bilen baglanşýarlar.

Surat 2.1. Umumy emitter boýunça tranzistorlaryň birleşdirilişi  
(a) we çykyş häsiýetnamalary (b)

$$dI_k = dI_e - dI_b \quad (2.1)$$

Başgaça seredeniňde,

$$dI_k = \alpha \cdot dI_e \quad (2.2)$$

(16.1) we (16.2) denlikleri kombinirlemek esasynda alýarys:

$$dI_k = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot dI_b = B_0 dI_b \quad (2.3)$$

bu ýerde:

$$dI_k = \alpha \cdot dI_e = \alpha (dI_k + dI_b)$$

$$dI_k = \alpha \cdot dI_k + \alpha \cdot dI_b$$

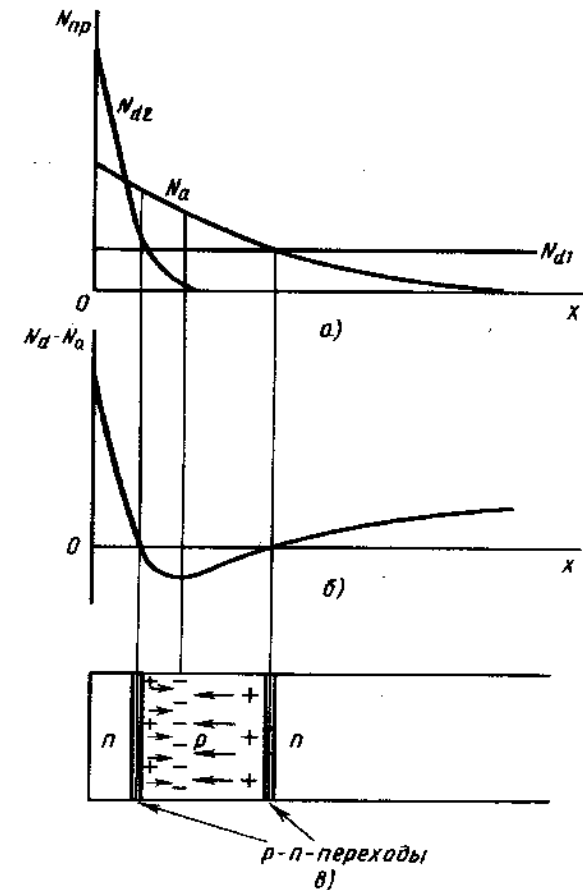
$$dI_k - \alpha \cdot dI_k = \alpha \cdot dI_b$$

$$dI_k (1-\alpha) = \alpha \cdot dI_b$$

$$dI_k = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot dI_b = B_0 \cdot dI_b.$$

Bu ýerde  $B_0$  - toguň güýçlendirilme koeffisiýenti, haçanda tranzistor umumy emitter boýunça birleşdirilende. Adaty ulanylýan tranzistorlar üçin  $\alpha \approx 1$ , onda  $B_0 \gg 1$ . Meselim, ýokary hilli tranzistorlar üçin  $\alpha = 0,995$  diýseň, onda (16.3) deňlige laýyklykda  $B_0 = 200$ .

Umumy emitter zynjyry boýunça birleşdirilen tranzistorda toguň güýçlendirilmesiniň fiziki tebigatyna seredeliň. Goý omiki seplesikden baza birnäçe mukdarda  $\Delta p$



Surat 3.2. Dreýf tranzistorynyň gurluşy.

a – garyndylaryň koordinata boýunça paýlanyşy (ä – üste görä aralyk;  $N_{d1}$  – donorlaryň ilki başky konsentrassiýasy;  $N_{d2}$ ,  $N_a$  – üstden diffuziýa arkaly girizilen donorlaryň we akseptorlaryň konsentrassiýasy); b – kompensirlenmedik garyndylaryň konsentrassiýasy; B – zaryadyň paýlanyşy we garşylykly meýdan.

Tranzistorlarda utgaşma wagty, haçanda bazada «urukdyryjy» meýdan döredilinde has hem kiçelýär. Bu içki urukdyryjy meýdan emitterden kollektora hereket etýan zaryadlaryň tizligini artdyrýar. Şeýle meýdan köplenç

kollektor p-n-geçişiden aşyrylan elektronlar daşky zynjyra geçmaň, p-n-geçişiň göwrüm zarýadyna galýar, şeýlelikde kollektor tarapyndan (n- tarapdan) göwrüm zarýadyny peseltýär. Baza tarapyndan göwrüm zarýady, baza sepinden gelýän deşikleriň hasabyna peselýär. Umuman kollektor geçişde zarýadyň üýtgemesi  $\Delta N$  deň bolar

$$\Delta Q = C_{bk} \cdot \Delta U_d = C_{bk} \cdot R_d \cdot \Delta I_k \quad (3.2)$$

Zarýadyň üýtgemesi toguň  $\Delta I_k$  üýtgemesi esasynda bolýanlygy sebäpli, belli bir wagtdan soň bolup geçer.

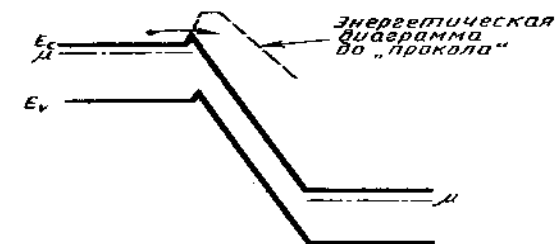
$$t_{zar} = \Delta Q / \Delta I_k = C_{bk} \cdot R_d \quad (3.3)$$

bu ýerde  $C_{bk}$  - kollektor p-n-geçişiň päsgeçilik sygyrny. Emitter togy, kollektor zynjyryndaky tok, togyň impulsy gutarandan soňra, emitter we kollektor p-n-geçişleriň päsgeçilik sygymlarynyň razrýad togynyň hem-de impulsyň dowam etýän wagtynda inžektirlenen zarýadlaryň kollektora toplanmaklarynyň hasabyna dowam etýär.

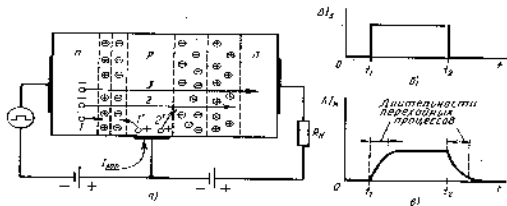
Geçiş hadysalarynyň dowamlylygy seredilen hadysalaryň iň köp wagtda dowam etýäni bilen kesgitlenilýär. Köplenç bu hadysalaryň iň dowamlysy zarýadlaryň bazadan diffuziýa wagty bolýar (3.2). Bu wagty azaltmak üçin mümkin boldugyndan bazanyň galyňlygyny kiçeltmeli. Bazanyň galyňlygyndan başgada (16.4) deňlige esasy däl zarýadlaryň diffuziýa koeffisiýenti girýär - n-p-n-tranzistorda elektronlar, p-n-p- tranzistorda deşikler. Elektronlaryň deşiklere seredeniňde diffuziýa koeffisiýentiniň hiç bolmanda iki esse, käbir ýagdaýda bolsa 10÷20 esse köpligini göz önünde tutsaň, onda deň şertlerde n-p-n-tranzistorlarda p-n-p- tranzistorlara seredeniňde utgaşma wagty kiçidir.

deşik geçsin. Olar emitter p-n-geçişiň potensial päsgeçiligini peseldýär we bu geçen deşikleriň zarýadyny kompensirlemek üçin emitterden  $\Delta N = \Delta p$  elektron inžektirlenýär. Bu elektronlar haotiki hereket esasynda kollektor geçişe barýar we kollektor geçişiň meýdany tarapyndan dartylyp alynýar. Emitterden giden elektrona derek täze elektron gelýär. Şeýlelikde bu hadysa yzygider dowam etýär. Haçanda baza geçen deşikler ýuwaş-ýuwaşdan emitterden baza geçýän elektronlar bilen rekombinirlenen ýagdaýynda bu prosess togtayar. Şeýlelikde baza sepinden geçen her bir deşik, gaty köp elektrony emitter we kollektor sepinden geçmeklige mejbur edýär. Umuman aýdanda, her baza sepinden geçen deşik, emitter we kollektor geçişlerden birnäçe esse köp elektronlary geçmäge mejbur edýär. Umumy emitter zynjyry boýunça birikdirilen tranzistoryň çykyş häsiýetnamalary 16.1-suratda görkezilendir. Çyzgydan görünişi ýaly çykyş häsiýetnamalary umumy baza zynjyry boýunça birleşdirilen tranzistoryň kydan gaty uly gyşarandyr, sebäbi  $U_k$  artmagy bilen  $\alpha$ -nyň gaty kiçi ululyga artmagy  $B_0$ -yň has köp artmasyna getirýär.

Kollektor p-n-geçişiniň böwsülmesi adaty diodyň böwsülmesi ýaly bolup geçýär. Ondan başgada, kollektor togunyň birbada artmasy, köplenç baza böleginiň öz garşylygyny ýitirmegi "bazanyň deşilmegi" netijesinde, haçan-da kollektor we emitter geçişleriň göwrüm zarýadlarynyň gatlaklary bir-birine birleşen ýagdaýynda ýüze çykyp bilýär. Bu ýagdaýda kollektor geçişinde naprýaženiýenyň munda buýana artmagy, emitter geçişinde potensial päsgeçiliginiň peselmegine getirýär, şeýlelikde, emitterden kollektora tarap geçýän tok artýar (16.2 surat).



Surat 2.2. n-p-n – tranzistoryň baza "deşilen" ýagdaýyndaky energetiki diagrammasy.



### 3. Tranzistorlarda geçiş hadysalary. Dreýf tranzistorlary.

Umumy baza zynjyry boýunça birikdirilen n-p-n-tranzistorynda geçiş hadysalaryna seredeliň

**Surat 3.1. Tranzistorlarda geçiş hadysalarynyň çyzygda görkezilişi (a); emitter togynyň impulsy  $\Delta I_e$  (b); kollektor togynyň impulsy  $\Delta I_k$  (b).**

(16.3a-surat). Emitter geçişden toguň göniburçy impulsyny göýbereliň (16.3b-surat). Kollektor togynyň impulsy özüniň stasionar ýagdaýyna (bahasyna), bada-bat ýetmän, belli bir wagtdan soň ýetýär. Edil şoňa meňzeş, emitter togynyň impulsy gutarandan soň, kollektor togy birbada peselmän, ýuwaş-ýuwaşdan peselýär. Geçiş hadysalarynyň dowamlylygy, emitter we kollektor p-n-geçişleriň päsgelçilik sygymalarynyň zarýatlanma we razrýatlanma wagty bilen hem-de emitterden inžektirlenen elektronyň diffuziýa esasynda bazadan geçiş wagty bilen kesgitlenýär.

Emitter togynyň artmagy, emitter-baza p-n-geçişde göni ugra daşky elektrik meýdanynyň artmagy bilen ýüze çykyp, göwrüm zarýadynyň daralmagyna getirýär. Önden belli boluşy ýaly p-n-geçişeň göwrüm zarýadynyň galyňlygynyň daralmagy, p-n-geçişe tarap n-tarapdan elektronyň, p-tarapdan bolsa deşikleriň süýşmegi esasynda bolup geçýär (16.3 surat, 1, 1' çyzyklar). Şeýlelikde, impulsyň başynda emitter togy, elektrony p-n-geçişden inžektirlemäge harç bolman, p-n-geçişiň araçäginde göwrüm zarýadyny kompensirlemäge, başgaça aýdanyňda, emitter

p-n-geçişiň näsgelçilik sygymyny zarýatlandyrmaga harç bolýar. Bu sygymyň zarýad wagty  $R_{yzyg} C_{be}$ , bu ýerde  $C_{be}$  - emitter p-n-geçişiň sygymy,  $R_{yzyg}$  - tranzistoryň emitter we baza bölekleriniň garşylygy, olara omiki seplesmeleriň we emitteriň daşky zynjyrynyň garşylygy.

Tranzistoryň hususy yzygider garşylygy köplenç bazanyň garşylygyna deň diýilip alynýar, sebäbi barýer (päsgelçilik) sygymyny zarýadlandyrmak üçin, zarýad baza seplesiginden baza böleginiň üsti bilen, emitter p-n-geçişe barýar (16.3a-surat).

Emitter p-n-geçişiň potensial päsgelçiliginiň beýikliginiň peselmegi bilen, tranzistoryň emitterinden, baza köp elektron geçip, kollektora tarap diffundirlenýär. Žarýadlaryň diffuziýasy olaryň haotik hereketi bilen kesgitlenilip, olaryň kábiri kollektor p-n-geçişe gaty çalt barsa, başga birnäçesi gaty haýal barýar. Şol sebapli hem, emitter togunyň inžeksiýasynyň bada-batlygyna seretmezden, kollektor togy ýuwaş-ýuwaşdan üýtgap, zarýadlaryň bazadan diffuziýasynyň ortaça wagty bilen kesgitlenilýär. Esasy däl zarýadlaryň  $\tau$  ýaşayyş wagtynda ortaça diffuziýa aralygyny  $L$  diýip hasap edip bazadan diffuziýa wagtyny hasaplaýň

$$L = \sqrt{D\tau}$$

Bu ýerden,  $\omega$  aralyga elektronyň diffuziýa wagty,

$$t_{diff} = \frac{\omega^2}{D_n} \quad (3.1)$$

haçanda  $\omega \ll L_n$ , onda  $t_{diff} \ll \tau$ .

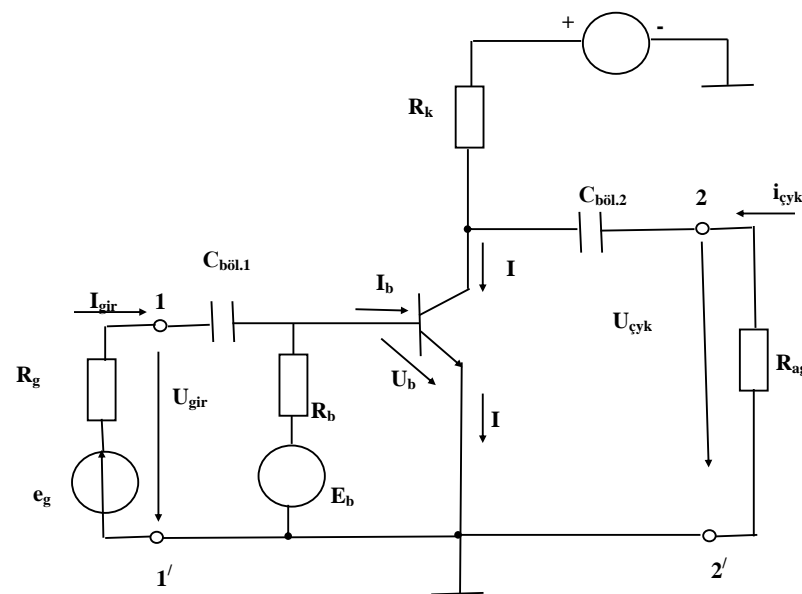
Haçanda elektron kollektor p-n-geçişiň göwrüm zarýadynyň meýdanyna ýetenda, ol meýdan tarapyndan kollektor bölegine iteklenýär. Kollektora elektronyň geçmegi entek kollektorda  $\Delta I_k$  toguň ýüze çykmagyny aňlatmaýar. Sebäbi toguň  $\Delta I_k$  ululyga artmagy çykyş garşylygynda naprýaženiýany  $R_k \Delta I_k$  ululyga artdyrýar hem kollektor p-n-geçişde daşky elektrik meýdany kiçelýär we göwrüm zarýadynyň giňligi daralýar. Bu



|  |    |
|--|----|
| 29. Güýçlendiriji kaskadyň häsiýetleri we parametrleri.....  | 38 |
| 30. UE güýçlendiriji kaskadyň shemada birikdirilişi.....   | 40 |
| 31. Umumy kollektorly (UK) güýçlendiriji kaskad.....   | 41 |
| 32. Umumy bazaly (UB) güýçlendiriji kaskad.....  | 43 |
| 33. Umumy bazaly güýçlendiriji kaskadyň esasy parametrleri.....  | 44 |
| 34. Güýçlendirijidäki ters gatnaşyklar.....  | 44 |
| 35. Naprýaženiýadaky yzygider birikdirilen ters gatnaşykly güýçlendiriji. Onuň shenasy we elementleriniň niýetlenişi. Tokdaky otrisatel ters gatnaşykly güýçlendiriji..... | 46 |
| 36. Operasion güýçlendirijiler. Operasion güýçlendirijiniň niýetlenişi we parametrleri.....  | 47 |
| 37. Differensial güýçlendirijiler.....   | 50 |
| <b>BÖLÜM: III. INTEGRAL MIKROHEMALAR WE KOMBINASON DESGALAR</b>  |    |
| 38. Elektronikanyň element bazasy barada umumy maglumat.....   | 51 |
| 39. Inntegral mikroshemanyň klaslary.....  | 52 |
| 40. Dersiň maksady we strukturasy. Bulwa algebrabyň esaslary.....  | 53 |
| 41. MOP tranzistordaky açar (metall, okisel-ýarymgeçiriji)..   | 54 |
| 42. Bir görnüşli MOP-tranzistordaky açar.....  | 56 |
| 43. Komplementar MOP-tranzistorlardaky açarlar.....  | 58 |

## 6. UE güýçlendiriji kaskadyň shemada birikdirilişi

Umumy emmitterli güýçlendiriji kaskadyň ýönekeýje shemasy aşakdaky suratda görkezilen.



Surat 5.1. Umumy emmitterli güýçlendiriji kaskadyň prinsipial shemasy

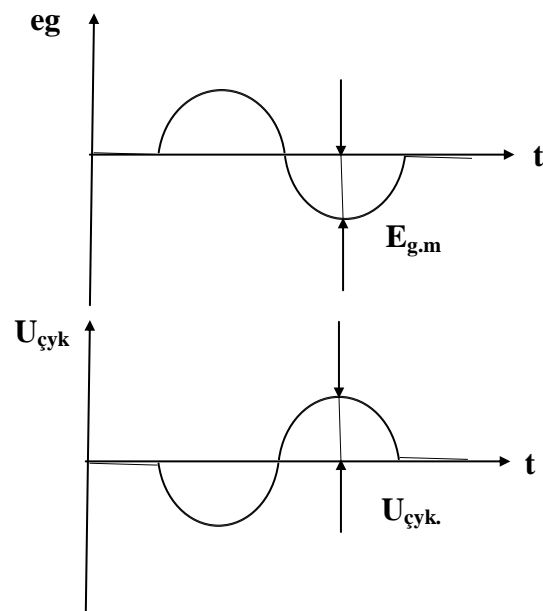
Tranzistor, güýçlendiriji tertipde (režimde) işlemek için, kollektor geçirijilik ters ugra, emmitter geçirijilik göni ugra ugrukdyrylan bolmaly. Bu bolsa, iýmitlendiriji naprýaženiýasynyň  $E_k$ ,  $E_b$  belgisiniň we polýarnostynyň, hem-de  $R_k$ ,  $R_b$  rezistorlaryň saýlanyp alynmagy bilen ýetilýär.

Güýçlendirilýän signalyň çeşmesi EHG  $e_g$  we içki garşylyk  $R_g$  görnüşinde görkezilen. Giriş zynjyryndaky  $C_{böl.1}$  kondensator öz üstünden güýçlendirilýän signalyň diňe üýtgeýän bölegini geçirýär. Ol signal çeşmesini we kaskadyň girişini hemişelik düzüjiligi bölýär. Şeýlelik-de, tranzistor tertipde (režimine) täsir edýän hemişelik düzüjilik aýyrylýar. Kaskadyň

çykyşyna  $C_{böl.2}$  kondensatoryň üsti bilen  $R_{ag}$  birikdirilýär.  $C_{böl.2}$  kondensator hem  $C_{böl.1}$  kondensatoryň rolyny ýerine ýetirýär. Signal çeşmesinden, üýtgeýän düzüjiligi tranzistoryň girişine we tranzistoryň çykyşyndan agyrlýga bermek üçin, güýçlendirijiniň goýberiji zolagynda (polose propuskaniýa) bölüji kondensatorlaryň sygym garşylygy örän kiçi bolmaly, ýagny aşakdaky şert ýerine ýetmeli:

$$1/\omega C_{böl.1} \ll R_{gir}; \quad 1/\omega C_{böl.2} \ll R_{agyr}$$

Kaskadyň güýçlendirmek prinsipi wagt diagrammalary bilen häsiýetlendirilýär.



Wagt diagrammasyndany görnüşi ýaly, umumy emmitterli güýçlendiriji kaskad, signalyň polýarnostyny üýtgedýär we kuwwaty güýçlendirýär.

Eger-de, güýçlendirilýän signalyň ýygylýgynda  $C_{böl.2}$  bölüji kondensatoryň sygym garşylygy kiçi bolsa, onda çykyşdaky  $U_{çyk}(t)$  naprýaženiýanyň üýtgeýän düzüjiligi  $U_{ke}(t)$  naprýaženiýanyň üýtgeýän düzüjiligine deň. Şonuň üçin, güýçlendirilen signal  $R_k$  garşylykdan alynýar. Çykyşdaky

## MAZMUNY

### BÖLÜM :I. ELEKTRON TEHNIKASYNYŇ ENJAMLARY

|   |    |
|---|----|
| 1. Elektrik toklar.....   | 1  |
| 2. Gecirijiniň garşylygy.....   | 1  |
| 3. Zynjyr uçastogy üçin Omuň kanuny.....  | 2  |
| 4. Üýtgeýän elektriki togy.....   | 3  |
| 5. Rezistorlaryň esasy parametrleri we klaslary.....                                    | 4  |
| 6. Rezistorlaryň esasy görnüşleri we elektrik shemadaky şertli belgilenişi.....         | 5  |
| 7. Rezistorlaryň yzygider we parallel birikdirilişi.....                                | 6  |
| 8. Kondensatorlar. Kondensatorlaryň parametrleri. Hemişelik sygymly kondensatorlar..... | 8  |
| 9. Üýtgeýän sygymly kondensatorlar.....   | 10 |
| 10. {arymgecirijileriň elektrik häsiýetleri.....  | 11 |
| 11. {arymgecirijilerde erkin elektronlary we deşijekleri döretmek.....                  | 11 |
| 12. {arymgecirijilerde elektron we deşijek toklar.....                                  | 12 |
| 13. Elektron deşijekli geçişi döretmek.....   | 12 |
| 14. Elektron-deşijekli geçişiň göni catlyşy.....  | 12 |
| 15. Elektron-deşijekli geçişiň ters catlyşy.....  | 12 |
| 16. Elektron-deşijekli geçişiňwolt-amper häsiýetnamasy.....                             | 13 |
| 17. {arymgeciriji diodlar.....  | 14 |
| 18. {arymgeciriji diodlaryň iş prinsipi we şertli grafiki belgilenişi.....              | 15 |
| 19. Göneldiji (wyprýamitel) diodlar.....  | 15 |
| 20. Stablitrón, stabistor we warikap diodlar.....                                       | 16 |
| 21. Bipolýar tranzistorlar. Bipolýar tranzistorlaryň işi we gurluşy.....                | 17 |
| 22. Bipolýar tranzistorlaryň iş režimleri.....  | 17 |
| 23. Bipolýar tranzistorlaryň shemada birikdirilişi.....                                 | 19 |
| 24. Bipolýar tranzistoryň statiki häsiýetnamalary.....                                  | 20 |
| 25. Bipolýar tranzistoryň parametrleri.....   | 21 |
| 26. Polewoý tranzistorlar.....  | 21 |
| BÖLÜM:II. ANALOG INTEGRAL SHEMALAR  |    |
| 27. Elektronika barada umumy maglumat.....  | 35 |
| 28. Analog integral shemalaryň shematehnikasynyň esasy prinsipleri.....                 | 38 |

ELEKTRON GURLUŞLAR  
dersinden umumy sapaklaryň ýazgysy

Howa hüjüminden goranyş goşunlary kafedrasynyň  
mugallymy kapitan R.Nowruzow  
tarapyndan taýýarlanyldy

Aşgabat – 2007 ý.

naprýaženiýanyň amplitudasy,  $R_k \ll R_{agyr}$  köp kiçi bolanda

$$U_{çyk.m} = U_{ke.m} = I_{km} R_k$$

Umumy ýagdaýda

$$U_{çyk.m} = U_{ke.m} = I_{km} R_{k.agyr}$$

Eger-de,  $R_k$   $R_{agyr}$  garşylyklar gowy saýlanyp alynsa, onda  $U_{çyk.m} > e_{g.m}$  bolýar, ol hem girişdäki EHG signalyň güýçlendirilendigini görkezýär.

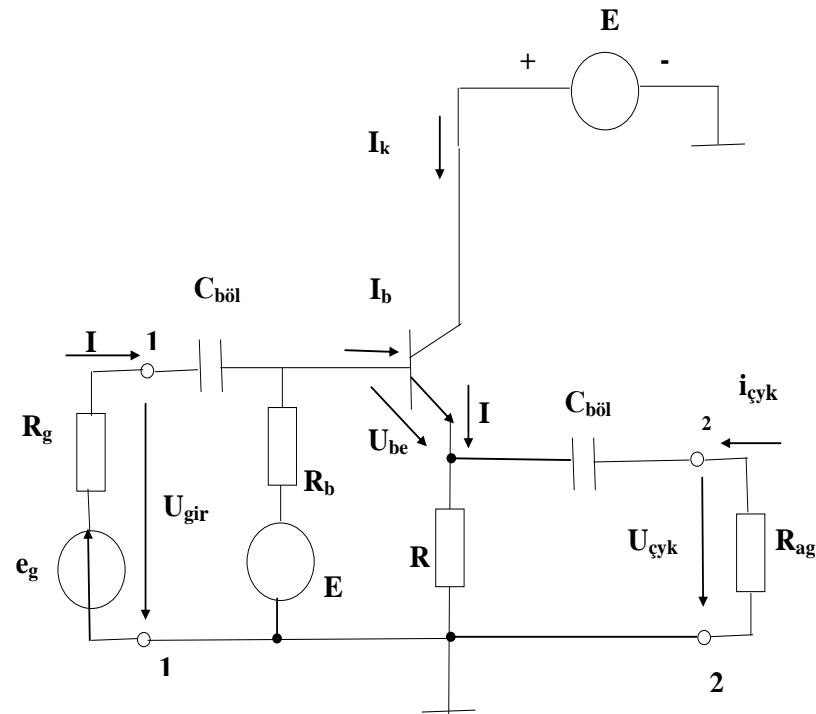
Umumy emmitterli güýçlendiriji kaskadyň parametrleri:

1. Giriş garşylygy,  $R_{gir.tran} = U_{gir}/i_b = U_{be}/i_b$ ;
2. Naprýaženiýany we EHG-ji güýçlendirýän koefisent,  $K_e = U_{çyk}/e_{gen}$ ;
3. Togy güýçlendirýän koefisent,  $K_i = i_{çyk}/i_{gir}$ ;
4. Kuwwaty güýçlendirýän koefisent,  $K_p = K_u K_i > 1$ ;
5. Çykyşdaky garşylyk  $R_{çyk.tr.} = U_{ke}/i_k | i_b = 0 = 1/h_{22e}$ , ( $h_{22e} = \Delta I_k / \Delta U_{ke} | i_b = \text{const}$ ) bolanda;

## 7. Umumy kollektorly (UK) güýçlendiriji kaskad

### 7.1. UK güýçlendiriji kaskadyň shemada birikdirilişi

Umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň ýönekeýje shemasy we onuň işini düşündirýän wagt diagrammasy aşadaky suratda görkezilen.



Surat 7.1. Umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň prinsipial shemasy.

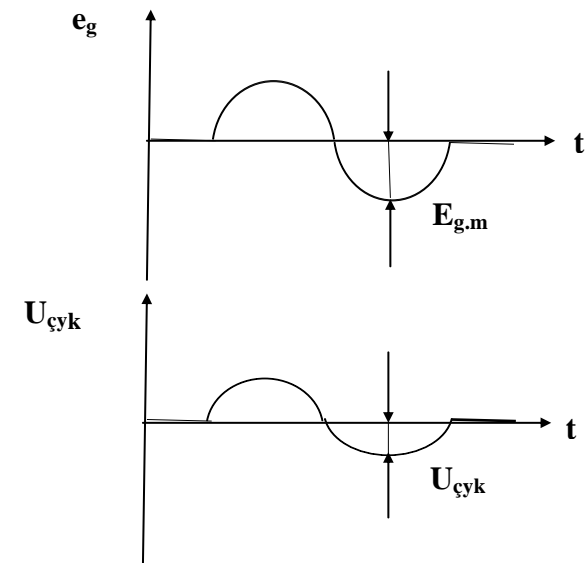
1. HHGG goşunlarynda we ýaraglarynda elektron gurluşlar. Harkow 1986ý.
2. Başlangyç radiosöýüjilere. W.Borisow. Moskwa 1979 ý.
3. Başlangyç radiosöýüjilere. A. Galkin. Minsk 1989 ý.

üçin, mümkinçilige görä garşylyk kiçi alynýar. Şonuň üçin hem, komplementar MOP-tranzistorlardaky açaryň çalt täsirliligi, bipolar tranzistordaky açarlaryň çalt täsirliliginden ýokary. Tranzistorlaryň ikisiniň hem, bir wagtda ýapylmazlygynyň önüni almak üçin, haçan-da girişdäki  $U_{gir}$  naprýaženiýa  $0...E_{iç}$  aralygynda üýtgände, aşakdaky şertiň ýerine ýetmegini üpjün etmeli

$$U_{zi,por1} + |U_{zi,por2}| > E_{iç}$$

Ýygylgyň ulalmagy bilen, agyrlyk sygymynyň zarýadlanmasynyň togy ulalýar

Umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň işini düşündirýän wagtda diagrammasy



$R_e$  – agyrlyk rezistory, emmitter zynjyryna birikdirilen, kollektor bolsa girişin we çykyşyň üýtgeýän düzüjiligi üçin, umumy nokat bolup durýar ( $E_k$  iýmitlendiriji çeşmäniň içki garşylygy üýtgeýän tok üçin, nola deň). Beýleki elementler umumy emmitterli güýçlendirijidäki kaskadyň elementleriniň funksiýany ýerine ýetirýär.  $E_k$ ,  $E_b$  çeşmeler we  $R_e$ ,  $R_b$  rezistorlar tranzistoryň aktiw tertibini (režimini) üpjün edýär. Praktiki shemalarda  $E_b$  çeşmäniň roluny  $E_k$  ýerine ýetirýär. Bu ýagdaýda,  $E_k$  çeşmeden  $R_b$  rezistoryň ýa-da  $R_{b1}$ ,  $R_{b2}$  bölüji rezistorlaryň üsti bilen tranzistoryň bazasyna süýşme (smeşşeniýe) berilýär. Çykyşdaky signalyň amplitudasy

$$U_{çyk.m} = U_{e.m} = I_{e.m} R_{e.agyr}.$$

Nirede

$$R_{e.agyr} = R_e R_{agyr} / R_e + R_{agyr}$$

Umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň esasy aýratynlygy, onuň güýçlendirýän koefisienti:

$$K_u = U_{\text{çyk.m}}/U_{\text{gir.m}} < 1$$

Adatça umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň güýçlendirýän koefisienti  $K_u = 0,95 \dots 0,98$  we onuň giriş polýarnosty saklanýar. Şonuň üçin oňa *emitter gaýtalaýjy diýilýär*.

## 1.2. Umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň esasy parametrleri:

1. Giriş garşylygy:  $R_{\text{gir.tr}} = i_b r_b + i_e (r_e + R_{e.\text{agyr}}) / i_b$ ;
2. Naprýaženiýany we EHG-ji güýçlendirýän koefisient:  $K_e = U_{\text{çyk}}/e_{\text{gen}} = i_e R_{e.\text{agyr}} / i_{\text{gir}} (R_{\text{gen}} + R_{\text{gir}})$ ;
3. Togy güýçlendirýän koefisient:  $K_i = I_{\text{çyk}}/I_{\text{gir}}$ ;
4. Kuwwaty güýçlendirýän koefisient:  $K_u \approx 1$ ,  $K_i \gg 1$ ,

$$\text{onda } K_p = K_u K_i > 1;$$

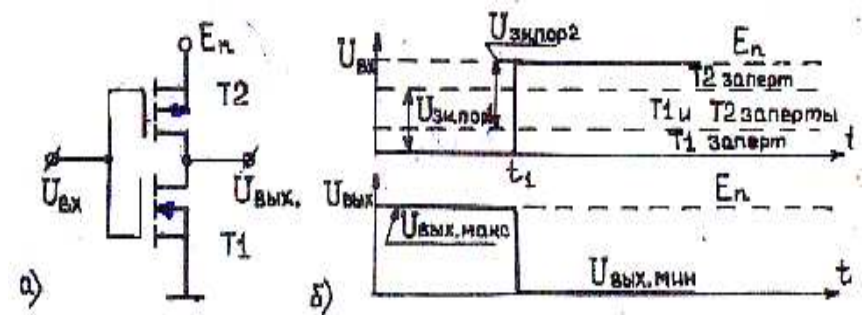
5. Çykyş garşylygy:  $R_{\text{çyk}} = - U_{\text{çyk.hh}} / i_{\text{çyk.kz}}$ .

Şeýlelik-de umumy kollektorly güýçlendiriji kaskadyň çykyş garşylygy örän kiçi, ýagny 10 Oma çenli. Edilen analizlere laýyklykda, umumy kollektorly güýçlendiriji kaskad naprýaženiýany güýçlendirmeýär, ýagny togy we kuwwaty güýçlendirýär, iň uly güýçlendirilýän hem tok. Uly giriş we kiçi çykyş garşylykly umumy kollektorly güýçlendiriji kaskad signal çeşmesinden uly içki garşylykly signaly kiçiomly agyrylga geçirmekde ylalaşdyryjy kaskad hökümünde ulanylýar. Şonda signalyň polýarnosty üýtgemezden onuň kuwwaty güýçlendirilýär ( $K_u \approx 1$ ,  $K_i \gg 1$ ).

shemada, tranzistorlaryň zatworlary birikdirilen, T1 tranzistoryň istok çykyşy umumy şina birikdirilen, T2 tranzistoryň istok çykyşy bolsa, iýmitlendiriji  $E_{iç}$  çeşmäniň şinasyna birikdirilen.

Goý  $0 \dots t_1$  interwalda girişde  $U_{\text{gir}} < U_{\text{zi.por1}}$  bolsun. Tranzistor T1 ýapyk, haçan-da

$$|U_{\text{zi2}}| = |U_{\text{gir}} - E_{iç}| > |U_{\text{zi.por2}}| \text{ bolsa, onda T2 tranzistor açyk.}$$



Surat 10.12. Komplementar MOP-tranzistorlardaky açaryň shemasy (a) we wagt diagrammasy (b)

Umumy zynjyrdaky tok, T1 tranzistordaky togyň akması bilen kesgitlenýär, ýa-da ol örän kiçi. Şonuň üçin, T2 tranzistoryň kiçiomly kanalynyň naprýaženiýasy hem, has kiçi we  $U_{\text{çyk}} = E_{iç}$ .

Eger-de,

$$U_{\text{gir}} > U_{\text{zi.por1}} \text{ we } |U_{\text{zi2}}| < |U_{\text{zi.por2}}|$$

bolsa (10.12 b surat,  $t > t_1$ ), onda T1 tranzistor açyk we T2 tranzistor hem ýapyk.

Umumy zynjyrdaky tok, öňkisi ýaly ýapyk tranzistoryň togynyň akması bilen kesgitlenýär, ýöne indi, T2 tranzistoryňky bilen. Şonuň üçin,  $U_{\text{çyk}} \approx 0$ .

Şeýlelik-de, açyk tranzistorlaryň galyndy naprýaženiýalarynyň kiçiligi üçin, açaryň çykyşdaky naprýaženiýasynyň derejesiniň düşmesi, iýmitlendiriji  $E_{iç}$  çeşmäniň naprýaženiýasyna ýakynlaşýar.

Açaryň çykyşdaky garşylygy, açyk tranzistoryň garşylygy bilen kesgitlenýär ýöne, açaryň çalt täsiriligini ýokarlandyrmak

Bu nokat  $E_{iç}....(E_{iç}-U_{zi,por2})$  interwalda ýerleşýär. 10.10 b suratdan görnüşi ýaly eger-de, berlen açaryň çykyşdaky minimal naprýaženiýasy  $E_{iç}-U_{zi,por2} > U_{zi,por1}$  bolsa, onda açar açylýar. Onda, iýmitlendiriji çeşmäniň naprýaženiýasyna indiki talap edilýär:  $E_{iç} > U_{zi,por1} + U_{zi,por2}$ . Açaryň açyk ýagdaýynda, haçan-da T1 tranzistoryň zatworyna  $U_{gir}=U_{galyndy}$  naprýaženiýa berilse, onda kanalyň garşylygy kiçi bolýar we  $U_{çyk}=U_{galyndy}$  (10.11, b suratdaky B nokat).

Eger-de,  $U_{zi2}=E_{iç}-U_{galyndy} > U_{zi,por2}$ , bolsa, onda T2 tranzistor hem açyk bolýar.

Galyndy  $U_{galyndy}$  naprýaženiýa indiki kaskady öçüriji naprýaženiýa hasaplanýar we ol şu  $U_{galyndy} < U_{zi,por1}$  deňsizligi ýerine ýetirmelidir, ýa-da nola ýakyn bolmalydyr.

Bu deňsizlik, haçan-da T1 açyk tranzistoryň kanalyň garşylygy T2 açyk tranzistoryň garşylygyndan (iki tertip) görnükli kiçi bolanda ýerine ýetýär.

Praktikada bu, tranzistorlaryň dürli geometriýalaryny ulanmak bilen ýetilýär: T1 gysga we giň kanally bolmaly, T2 dar we uzyn kanally bolmaly.

T1 açyk tranzistoryň kanalyň garşylygy, adatça 100 we ondan uly Omly bolany üçin, T2 açyk tranzistoryň kanalyň garşylygy 10 kOm bolmaly. Bu bolsa, açaryň çalt täsirliligini peseldýär. Hakykatdan-da, öçürmeli wagty, haçan-da T1 tranzistor çalt ýapylanda, agyrlýgyň parazit sygymynyň zarýady, T2 tranzistoryň ýokaryomly zynjyrynyň üstünden geçýär.

Eger-de, sygym has kiçi bolanda-da (1 pF), zynjyryň zarýadynyň hemişelik wagty 10 ns deň bolýar. Şonuň üçin, MOP tranzistordaky bir görnüşli açarly elementler, uly integral shemalarda ulanylýar (BIS), sebäbi, olaryň parazit sygymy örän kiçi, gurluşy ýönekeý we taýýarlanylş bahasy we tutýan meýdany hem kiçi.

### Komplementar MOP-tranzistorlardaky açarlar

Komplementar MOP-tranzistorlardaky açaryň shemasy we wagt diagrammasyndaky işi, 10.12 suratda görkezilendir. Ol

## 8. Umumy bazaly (UB) güýçlendiriji kaskad

### 8.1. UB güýçlendiriji kaskadyň shemada birikdirilişi

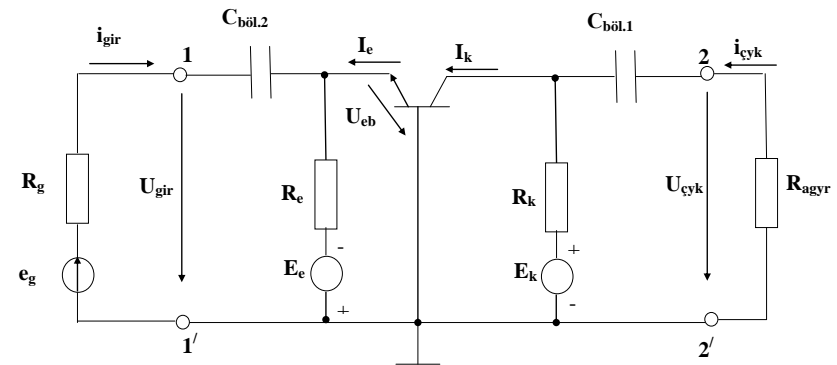
Umumy bazaly güýçlendiriji kaskadyň ýönekeýje shemasy we onuň işini düşündirýän wagt diagrammasy aşadaky 1-nji suratda görkezilen.

$E_e$  çeşme we  $R_e$  rezistor, iş nokadynda emmitter (kollektor) togyny berýär.

$$I_{e.in.} = E_e - U_{eb.in.}/R_e \approx E_e/R_e \quad (1)$$

$U_{kb.in}$  kollektoryň başdaky naprýaženiýasy  $E_k$  çeşmeden we  $R_k$  rezistordan alynýar.

$$U_{kb.in} = E_k - I_{k.in.} R_k \quad (2)$$



Surat 7.1. UB güýçlendiriji kaskadyň shemada birikdirilişi.

Umumy bazaly güýçlendiriji kaskadyň girişdäki  $I_e$  togy çykyşdaky naprýaženiýanyň üýtgeýän düzüjiligi,  $R_k$  garşylykda kollektor togyny üýtgetmek bilen emele getirilýär. Umumy bazaly güýçlendiriji kaskad, girişdäki signalyň polýarnostyny üýtgetmeýär. Kaskadyň esasy aýratynlygy, onuň çykyş togy ( $I_k$ ) takmynnan giriş togyna deň ( $I_e$ ).

$$I_e \approx I_k$$

Şonuň üçin, umumy bazaly güýçlendiriji kaskada *togy gaýtalaýjy* hem diýilýär.

## 7.2. Umumy bazaly güýçlendiriji kaskadyň esasy parametrleri

1. Giriş garşylygy:  $R_{gir.tr.} = i_e r_e + i_b r_b / i_e$ , güýçlendiriji kaskadyň giriş garşylygy:  $R_{gir} = R_e R_{gir.tr.} / R_e + R_{gir.tr.}$ ;
2. EHG-ji we naprýaženiýany güýçlendirýän koefisient:  $K_e = i_k R_{k.agyr.} / i_e (R_{gen} + R_{gir})$ ;
3. Togy güýçlendirýän koefisient:  $K_i = i_{çyk} / i_{gir}$ ;
4. Kuwwaty güýçlendirýän koefisient;
5. Adatça,  $K_u > 1$ ,  $K_i \approx 1$ , şonuň üçin  $K_p = K_u K_i > 1$ , ýöne umumy bazaly güýçlendiriji kaskadyň kuwwaty güýçlendirýän koefisienti umumy emmitterli güýçlendiriji kaskadyň kuwwaty güýçlendirýän koefisientinden kiçi.
6. Çykyş garşylygy:

$$R_{çyk} = R_k R_{çyk.tr.} / R_k + R_{çyk.tr.}$$

| t/b | Parametrler         | Parametr belgileri |                     |                      |
|-----|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
|     |                     | Umumy baza üçin    | Umumy emmitter üçin | Umumy Kollektor üçin |
| 1   | $K_e$               | $>1$               | $>1$ (has uly)      | $<1$ ( $\approx 1$ ) |
| 2   | $K_i$               | $<1$               | $>1$                | $>1$ (uly)           |
| 3   | $K_p$               | $>1$               | $>1$ (has uly)      | $>1$                 |
| 4   | $R_{gir}$           | Kiçi (10 Om)       | Orta (1 kOm)        | Uly (10 kOm)         |
| 5   | $R_{çyk.tr.}$       | Uly ( $r_k$ )      | Orta                | Kiçi (10 Om)         |
| 6   | $R_{çyk}$           | $\approx R_k$      | $\approx R_k$       | Kiçi (10 Om)         |
| 7   | $\Delta I_{k.IN}$   | kiçi               | uly                 | orta                 |
| 8   | Ýygylýk häsiýetleri | gowy               | erbet               | Ortaça (UB ýakyn)    |

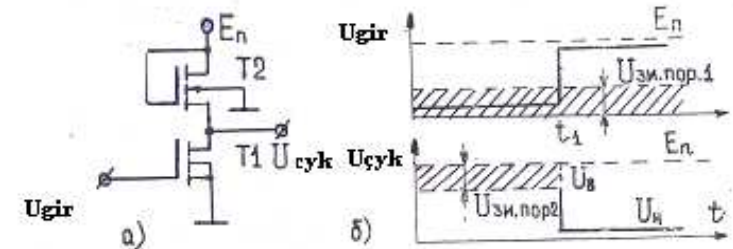
prinsipial shemasy we onuň işini düşündirýän wagt diagrammalary görkezilen (10.10).

Bu ýerde, dinamiki agyrlygyň rolyny, T2 tranzistor ýerine ýetirýär, onuň zatwory stok bilen birikdirilip iki polýuslyny döredýär.

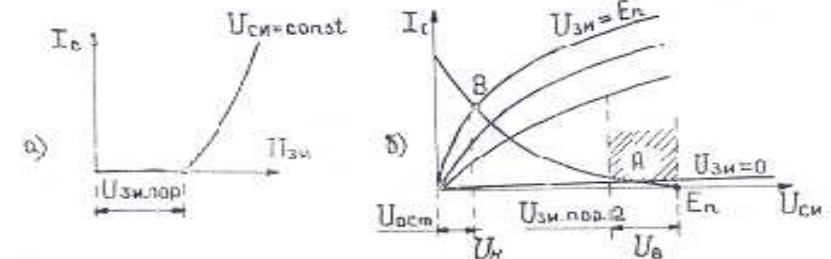
T1 tranzistor ýapyk wagty, haçan-da onuň zatworyna  $U_{zi.por1}$  (10.11 a) ýapýan naprýaženiýadan uly bolmadyk,  $U_{gir}$  naprýaženiýasy berilse, onda T2 tranzistoryň üstünden tok akmaýar, şonuň üçin stok-istokdaky naprýaženiýanyň düşmesi nola deň ýagny,  $U_{si}=0$  we  $U_{çyk}=E_{çesme}$ .

Bu ýerden görnüşi ýaly, T2 tranzistor hem ýapyk we  $U_{zi2}=0$ .

$U_{çyk}^1$  naprýaženiýanyň takyk bahasy, haçan-da,  $U_{zi1}=0$  bolanda, T1 tranzistoryň çykyşdaky häsiýetnamasynyň nokadynyň agyrlyk liniýasy bilen kesişen ýerinde kesgitlenýär (10.11 b suratdaky A nokat) we ol özünde T2 tranzistoryň dinamiki  $I_{s2}=f(U_{zi2})$  häsiýetnamasyny görkezýär (10.11 b suratdaky A nokat).



Surat 10.10. n-kanally MOP-tranzistordaky açaryň shemasy (a) we wagt diagrammasy (b)



Surat 10.11. MOP -tranzistoryň stolzatworly (a) we çykyşyndaky statiki häsiýetnamasy (b)



Şonda, her bir razrýadyň sany, onlyk sanyň 4-razrýadly ikilik sany (tetrad) bilen görkezilýär.

Meselem:

$A_{10}=397$  ikilik-onlyk kotda aşakdaky görnüşe eýe bolýar.

$A_{2-10}=0011\ 1001\ 0111$

Ikilik onlyk kodyň esasy artykmaçlygy: onuň apparat desgalar bilen ikilik onlyga we tersine geçirilmekliginiň ýönekeýligi.

#### Ýetmezçiligi:

- ýazgynyň çylşyrymlydygy we artykmaçlygy.

Bu ýetmezçiligiň üstüni ikilik 16-lyk kod bilen doldurýarlar.

#### MOP tranzistordaky açar (metall, okisel-ýarymgeçiriji).

Ýokary integrirleýän derejeli, integral shemany döretmeklik, sarp edýän kiçi kuwwatly we kiçi kristalda ýerleşýän, baza logiki elementlere bolan gyzyklanmany giňeltdi. Rezistorlaryň garşylygyny ulaltmak bilen, tygşytlylygy ýokarlandyrmak usuly, olaryň geometriki ölçegleriniň ulalmagyna we zyýanly sygymyň döremegine getirýär. Bu meseläni çözmek üçin, açarly shemalarda dinamiki agyrlyk rezistorlaryň ýerine, MOP tranzistorlar ulanylýar. Bu tranzistorlar kiçi toklarda işlemäge ukyply we özi hem kiçi gabaritli.

Giňden gerim alan, iki sany açarly element:

- bir görnüşli geçirijili kanally tranzistorlarda;
- komplementar tranzistorlarda.

#### Bir görnüşli MOP-tranzistordaky açar

Olaryň arasynda giň gerim alany, n-kanally tranzistorlar, sebäbi olar p-kanala seredende, ýokary çalt täsirlilikli üpjün edýär we olaryň esasynda gurnalan logiki elementler, bipolar tranzistorlaryň esasynda gurnalan logiki elementler bilen, çalt ylalaşdyrylýar.

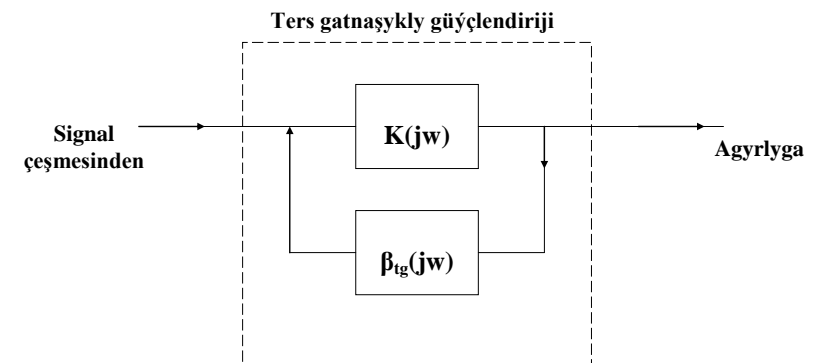
Aşakdaky suratda, n-kanally tranzistordaky açaryň

## 9. Güýçlendirijidäki ters gatnaşyklar

### 9.1. Ters gatnaşyklaryň görnüşleri we niýetlenişi

**Ters gatnaşyk** – bu, güýçlendirijiniň çykyş we giriş zynjyrlarynyň arasyndaky baglanyşyk we çykyşdaky signalyň bir bölegi güýçlendirijiniň girişine berilýär.

Ters gatnaşykly güýçlendirijiniň struktura çyzgysy, aşakdaky shemada görkezilen.



Surat. 9.1. Ters gatnaşykly güýçlendirijiniň struktura çyzgysy

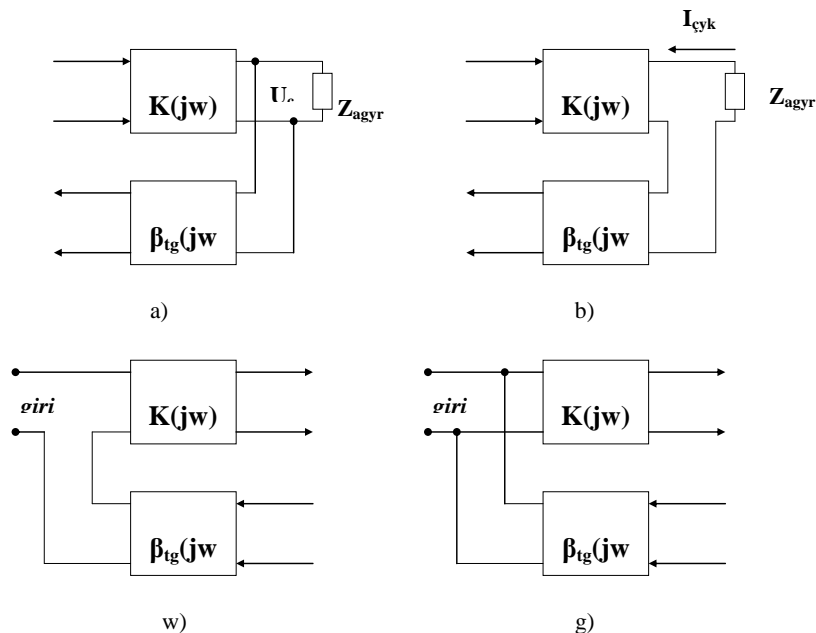
Ters gatnaşykly güýçlendirijiniň düzümi: umumy naprýaženiýadaky kompleks geçiriji  $K(jw)$  funksiýaly bir, ýa-da birnäçe güýçlendirýän kaskadly ters gatnaşyksyz güýçlendiriji, ters gatnaşykly zynjyr, ol adatça, güýçlendirijiniň çykyşy bilen girişini baglanyşdyrýan kompleks geçiriji funksiýaly  $\beta_{tg}(jw)$  passiw dörtpolýusly. Şeýle-de, ters gatnaşykly zynjyrlarda aktiw dörtpolýuslar ýa-da aktiw we passiw köppolýuslar ulanylýar. Çyzgyda energiýanyň berilýän ugry strelkalar bilen görkezilen. Ters gatnaşyksyz güýçlendirijiniň girişine jemleýji signal ýagny, çeşmäň we ters baglanyşdyrýan zynjyryň signaly täsir edýär.

Eger-de, ters baglanyşdyrýan zynjyryň çykyşyndaky signal (tok ýada naprýaženiýa) bilen çeşmeden gelýän signal fazasy boýunça deň gelse, onda güýçlendirijidäki ters gatnaşyk **položitel**.

Eger-de, signalyň fazalary gabat gelmese, onda ter gatnaşyk **otrisatel**.

Köpräk ulanylýany, haçan-da signal çeşmesi bilen ters gatnaşyk zynjyrynyň fazalarynyň tapawudy 0-dan  $\pi$  aralygynda bolsa. Onuň ýaly baglanyşyga **kompleks** diýilýär. Güýçlendirijide fazanyň süýşmegi (sdwig faz), ýygylýga bagly we ol uly araçäkde üýtgäp bilýär. Şoňa göräde, ters gatnaşygyň häsiýeti üýtgäp bilýär. Haýsyda bolsa, bir ýygylýkda döreýän otrisatel ters gatnaşyk beýleki ýygylýklarda kompleks ýa-da položitel hem bolup bilýär. Şonuň üçin, položitel, otrisatel ýa-da kompleks ters gatnaşyklar güýçlendirijiniň kesgitlenen ýygylýgynda seredilýär (adatça, orta ýygylýk oblastynda).

Güýçlendirijiniň çykyşyny, agyrlýgy we ters gatnaşyk zynjyrynyň girişini birikdirmäge baglylykda ters gatnaşygyň iki görnüşi tapawutlanýar:



Surat:8. 2. ters mgatnaşyklaryň görnüşlri.

a) naprýaženiýada; b) tokda; w) yzygider; g) parallel.

1. Naprýaženiýadaky ters gatnaşyk (surat:2 a) – agyrlýk we ters gatnaşyk zynjyrynyň girişi, güýçlendirijiniň çykyşyna parallel

tehnologik meseleleri çözmegi başarmaly.

Her bir sany (sifry) sanlar toplumy (kodlar) bilen görkezmek bolýar.

Köplenç halatlarda giňişleýin pozision hasaplaýjy desgalar ulanylýar, şonda her bir san diňe belgisi bilen aňladylman beýleki sanlaryň arasynda ýerleşşi (pozisiýasy) bilen aňladylýar.

**Ulgamyň (sistemanyň) esasy** –  $n$ -san, ol dürli sanlaryň mukdaryna deň. Pozision sistemada  $n$ -esasly  $i$ -razrýadly položitel san aşakdaky ýaly görkezilýär,

$$A_n = a_{i-1} \cdot n^{i-1} + a_{i-2} \cdot n^{i-2} + \dots + a_i \cdot n^i + a_0 n^0$$

Nirde  $a$  0-dan  $n-1$  –e cenli dürli san.

1-nji agzasynyň uly razrýady, soňky agzasynyň kiçi razrýady.

Onlyk hasaplanan sistemadaky sany şeýle görkezmek bolýar.

Meselem:

$$397_{10} = 3 \cdot 10^2 + 9 \cdot 10^1 + 7 \cdot 10^0$$

Sanly tehnikanyň elementlerinde iki ýagdaý ulanylýar, onuň 1-njisi “1”, ikinjisi “0” ýad-da, sanly desgalarda ähli berlenler “1” ýada “0” bilen aňladylýar.

0.....9 cenli, onlyk hasaplama sistemanyň sanlary. Şonuň üçin, giňişleýin ikilik natural kodirleme ulanylýar.

Meselem:

$$10110^0$$

$13_{10}$ - onlyk san ikilik kotda  $1101_2$

görnüşe eýe bolýar.

Bu kodlary gysgaltmak üçin “ters” we “goşmaça ” kodlar ulanylýar. Ikilik kod ters görnüşinde göni kodyň inwersiýasy bolup durýar (göni kodyň ähli nollary 1-lik bilen, 1-likler nollar bilen çalyşylýar).

Goşmaça kodlar, ters koda 1-goşmak bilen aňladylýar.

Meselem: onlyk 13-sana ters kotda, 0010 degişli, goşmaça kotda 0011.

Köplenç halatda, giňişleýin ikilik-onlyk kodlar ulanylýar.

Şonuň üçin, sintezlenen wagty, ýöne bir gurlyşy işläp düzmäge däl-de, ony rasional çözmäge-de mesele goýulýar.

Eger-de, logiki elementler toplumy berlen bolsa, onda sintezlemegiň manysy aşakdakylardan durýar:

1. Ýerine ýetirilmeli gurlyşyň funksiýasy berilýär (adatça hakyky tablisa görnüşinde);
2. Bu funksiýalar analitiki dizýunktiw ýa-da konýuktiv formada ýazylýar;
3. Algebra logikanyň kanunynyň kömegi bilen, bu deňlemeler talap edilýän bazise getirilýär we kiçeldilýär (minimizasiýa);
4. Kiçeldilen deňlemäniň esasynda desganyň funksioanal shemasy gurulýar.

## 1.2. Dersiň maksady we strukturasy.

### Bulwa algebranyň esaslary

#### Dersiň maksady:

2-ýagdaýdaky funksiýalary ýerine ýetirýän desgalary giňişleýin öwrenmek (ol ýagdaýlar utgaşdyrmak we birikdirmek (ВКЛ/ВЫКЛ)).

Algebra logika seredende bu ýagdaýlara “1” we “0” degişlidir ýa-da  $U(I)=0 \neq 0$ .

#### Bilmeli:

- 1) sanly desgalaryň esasy görnüşlerini, olaryň gurlyşyny we funksiýasyny;
- 2) sanly elementlerde gurulan desgalaryň funksiýasynyň analiziniň dogrydygyny.

#### Başarmaly:

- 1) prinsipial shemalary okamagy;
- 2) konstruktiv ýerine ýetirilen shema bilen prinsipial shemanyň arabaglanyşygyny tapmagy;
- 3) sanly desgalaryň işe ukyply däl ýagdaýlaryny tapmagy we işe ukyply däl elementleri kesgitlemegi.
- 4) tehnik i de ge we remeont işlerini geçirende konstruktiv –

birikdirilen. Bu ýagdaýda, ters gatnaşyk zynjyrynyň giriş signaly bolup, çykyşdaky naprýaženiýa  $U_{\text{чык}}$  hyzmat edýär.

2. Tokdaky ters gatnaşyk (surat:2 b) – agyrlyk we ters gatnaşyk zynjyrynyň girişi güýçlendirijiniň çykyşyna yzygider birikdirilen. Bu ýagdaýda, ters gatnaşyk zynjyrynyň giriş signaly bolup, çykyşdaky tok  $I_{\text{чык}}$  hyzmat edýär.

3. Signal çeşmesini, ters gatnaşyk zynjyrynyň çykyşyny we güýçlendirijiniň girişini birikdirmek usuly boýunça yzygider we parallel ters gatnaşyklar tapawutlanýar.

1. Yzygider ters gatnaşykda (surat:2 w) – signal çeşmesi we ters gatnaşyk zynjyrynyň çykyşy, güýçlendirijiniň girişine yzygider birikdirilen.

2. Parallel ters gatnaşykda (surat:2 g) – signal çeşmesi we ters gatnaşyk zynjyrynyň çykyşy güýçlendirijiniň girişine parallel birikdirilen.

Eger-de, güýçlendirijiniň girişinde elementleriň yzygider we parallel biikmesi ulanylsa onda oňa **kombinirlenen** baglanyşyk diýilýär.

Çylşyrymly prinsipial shemaly güýçlendirijilerde ters gatnaşygyň görnüşini kesgitlemek üçin (tokda ýa-da naprýaženiýada) aşakdaky usul amatly: güýçlendirijiniň çykyşynda holostoý hod ( $Z_{\text{агр}} \rightarrow \infty$ ) režimini döredende ters gatnaşyk bozulmaýar, onda güýçlendirijidäki gatnaşyk naprýaženiýada, eger-de gatnaşyk bozulsa ýada ýitse onda gatnaşyk tokda. Ýa-da güýçlendirijiniň çykyşynda gysga utgaşma ( $Z_{\text{агр}}=0$ ) režimini döredende naprýaženiýadaky ters gatnaşyk ýitýär, onda güýçlendirijidäki gatnaşyk tokda.

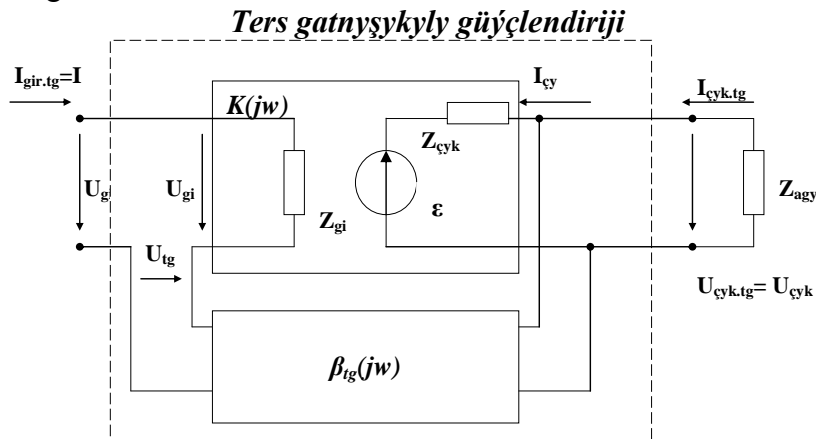
Ters gatnaşyk, görnükli ýagdaýda güýçlendirijiniň häsiýetini üýtgedýär we ol, talap edilýän parametrleri we häsiýetnamany almak üçin niýetlenen. Praktikada ulanylýan shemalaryň ählisinde diýen ýaly, ters gatnaşyk aragatnaşygy ulanylýar. Ters gatnaşygyň gapdalyndan, shemalarda iýmitlendiriji çeşmäň, elektromagnit özara täsiriň we ş.m hasabyna parazit gatnaşyklar hem döräp bilýär. Onuň ýaly gatnaşyklar talap edilmeýän efektleriň döremegine getirýär, olary ony aýyrmak üçin, çäreler görülýär.

## 10. Naprýaženiýadaky yzygider birikdirilen ters gatnaşykly güýçlendiriji.

Onuň shenasy we elementleriniň niýetlenişi.

Tokdaky otrisatel ters gatnaşykly güýçlendiriji

Naprýaženiýadaky yzygider birikdirilen ters gatnaşykly güýçlendirijiniň funksional shemasy aşadaky çyzgyda görkezilen.



## 11. Operasion güýçlendirijiler.

Operasion güýçlendirijiniň niýetlenişi we parametrleri

**Operasion güýçlendiriji** – bu, elektrik signalyny güýçlendiriji, ol otrisatel ters gatnaşykly shemalarda dürli analog operasiýalary ýerine ýetirmek üçin, niýetlenen.

“Operasion güýçlendiriji” diýlen termin analog hasaplama tehnikasynda dörän, sebäbi meňzeş ters gatnaşykly güýçlendiriji shemalarda dürli matematiki operasiýalar ýerine ýetirilýär (jemlemek, integrallamak, differensirmek we ş.m.).

Operasion güýçlendirijiniň esasy aýratynlygy, ol haýal üýtgeýän signallary (aşaky ýygylgy  $f_{aşaky}=0$ ), şeýle hem hemişelik toklary güýçlendirmek üçin niýetlenen. Şonuň üçin, hem operasion güýçlendirijä hemişelik togy güýçlendiriji diýilýär. Häzirki zaman ýarymgeçirji operasion güýçlendirijileriň tehniki

funksiýalary algebra logiki funksiýa, ýa-da hakyky tablisa bilen berilýär. Şonuň üçin, gurluşyň girişleriniň harplar bilen belgilenişi we olara berilýän signalyň belgilenişi birmeňzeş däl.

Funksioanal integral shemalaryň we desgalaryň tehniki parametrleri baza logiki elementleriň parametrleri bilen kesgitlenýär, käbiri bolsa logiki elementleriň parametrleri bilen gabat gelýär ( $E_{iç}$ ,  $U^1$ ,  $U^0$ ,  $I_{gir}^1$ ,  $I_{gir}^0$ ,  $K_{şah}$ ).

Şonuň üçin, aşakda beýleki parametrler görkezilen: sarp edilýän kuwwat, çalt täsiriligi we gurluşyň çylşyrymlylygy.

- sarp edilýän kuwwat aşadaky formulada aňladylýar

$$P_{sarp} = \sum_i E_{iç} I_{ort.i} = \sum_i P_{ort.sarp_i}$$

niredede,  $I_{ort.i}$  – gurluşyň i-elemendiniň ýimit zynjyryndaky orta togy.

- Gurluşyň çalt täsiriligi, girişe signal berlen pursatyndan başlap çykyşdaky signalyň talap edilýän belgisine ýetýän pursatyndaky wagtyň saklanmasy bilen kesgitlenýär. Bu wagt bolsa, desgany düzýän logiki elemendiň çalt täsiriligine bagly we aşadaky formulada aňladylýar

$$t_{sak} = \sum_{i=1}^n t_{ort,sak.i}$$

niredede, n – signalyň girişden çykyşa çenli geçýän zynjyryndaky elementleriň sany.

- Gurluşyň çylşyrymlylygy, onuň çuňlugy we enjamlaşdyrylmagyň göwrümi bilen kesgitlenýär.

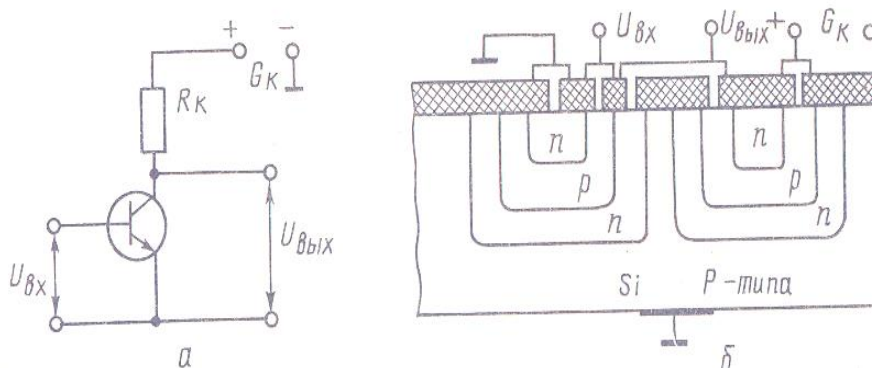
Gurluşyň çuňlygy – bu, desgadaky signalyň girişden çykyşa çenli geçýän in dowamly zynjyrdaky yzygider birikdirilen elementleriň sany.

Eger-de, gurluşyň çuňlygy näçe uly bolsa, şonça hem onuň çalt täsiriligi pes bolýar. Enjamlaşdyrmagyň göwrümi, gurluşdaky integral shemalaryň korpusynyň ýa-da logiki elementleriň sany bilen kesgitlenýär.

Özüniň niýetlenişi boýunça şol bir sanly gurluş, dürli görnüşli ýasalyp bilner. Olaryň esasy tapawudy, diňe bir olaryň düzümini düzýän logiki elementler däl-de, gurluşy düzýän funksional shemasy hem tapawut edýär.

bolar.

3.34 suratda bipolar tranzistordaky yönekeyje güýçlendirijiniň prinsipial shemasy (a) we onuň integral ýerine ýetirilen gurluşy (b) görkezilen.



Öňki bölümde görkezilen baza we kömekçi logiki elementler (WE-DÄL, ÝADA-DÄL, DÄL, WE, ÝADA, WE-ÝADA-DÄL we beýlekiler) çylşyrymly funksional düwünleri we sanly desgalaryň bloklaryny gurmak üçin, esasy kerpiçjikler bolup durýar.

Funksional düwünler we bloklar dürli arifmetiki we logiki operasiýalary ýerine ýetirýär: jemlemek, kodlaşdyrmak, kommutirmek, sanlary deňeşdirmek we ş.m.

Olar yönekey, logiki elementlerden, aýratyn ýa-da ownuk funksional elementlerden duran, integral shemalarda ýerine ýetirilýär.

Eger-de, düwünler we bloklar köp elementlerde ýerine ýetirilen bolsa, onda olara funksioanal integral shemalar diýilýär.

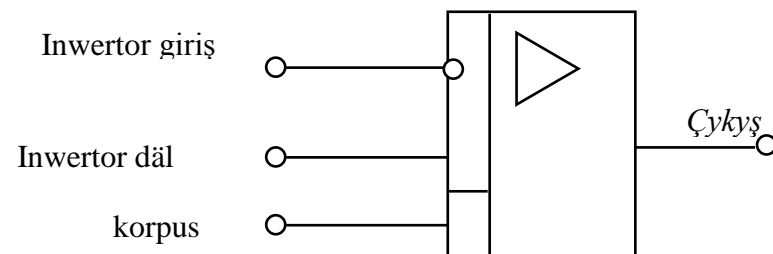
Funksional integral shemalary we desgalary iki klasa bölmek bolýar: kombinasion we toplaýan görnüşli integral shemalar we desgalar.

Eger-de, elementiň çykyşdaky logiki ýagdaýy, girişdäki edil şol wagat täsir edýän signalyň kombinasiýasyna bagly we öňki ýagdaýyna bagly bolmasa, onda olara kombinasion görnüşli integral shemalar diýilýär, ýagny kombinasion görnüşli integral shemalaryň düzüminde ýatda saklaýjy elemendi ýok. Şonuň üçin, olara başgaça ýatda saklamaýan elementler diýilýär.

Kombinasion görnüşli integral shemalaryň we desgalaryň

häsiýetnamasy ýokary we olara uniwersal analog integral shemalar diýilýär.

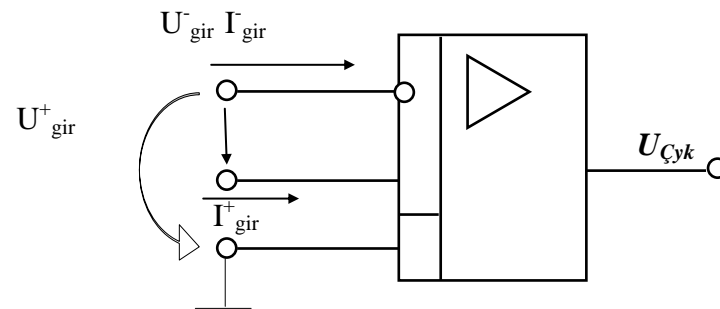
Operasion güýçlendirijiniň şertli grafiki belgisi aşakdaky suratda görkezilen.



Surat 11. Operasion güýçlendirijiniň çyzygysy

OI 4-sany signal çykyşyndan, ýagny inwertor giriş, inwertor däl giriş, çykyş we korpusdan durýar.

Aşakdaky suratda togyň we naprýaženiýanyň položitele kabul edilen belgileri görkezilen,



$U_{gir}^-$  – inwertirleýän girişniň naprýaženiýasy;

$U_{gir}^+$  – inwertirlemeýän girişniň naprýaženiýasy;

$I_{gir}^-$  – inwertirleýän girişniň, giriş togy;

$I_{gir}^+$  – inwertirlemeýän girişniň, giriş togy;

$U_{Çyk}$  – çykyş naprýaženiýa.

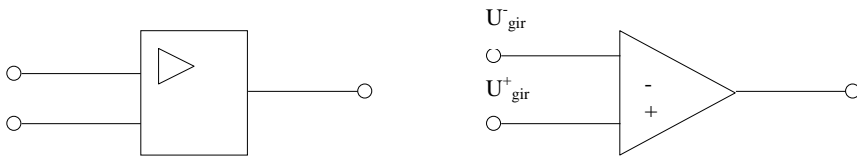
Operasion güýçlendirijiniň girişleri diifferensial, onda onuň giriş naprýaženiýasy hem differensial

$$U_{gir} = U_{gir}^- - U_{gir}^+$$

Eger-de, gifferensial naprýaženiýa bolsa, onda sinfaz naprýaženiýany hem girizmeli,

$$U_{gir.sinf} = U_{gir} - U_{gir}^+ / 2$$

Operasion güýçlendirijiniň grafiki şertli belgisinde (surat. 2) iýmit çeşmesini birikdirmek üçin, goşmaça çykyşlar hem bolup bilýär. Operaion güýçlendirijiniň gysgaldylan şertli belgisinde (3 surat) diňe iki sany signal girişi we çykyşy bolýar.



### Güýçlendiriji parametrleri:

1. Güýçlendiriji koefisent,  $K_u$  – çykyşdaky üýtgeýän naprýaženiýanyň girişdäki üýtgeýän differensial naprýaženiýanyň gatnaşmagyna deň,

$$K_u = \Delta U_{çyk} / \Delta U_{gir}$$

Häzirki zaman integral operasion güýçlendirijileriň, güýçlendirýän koefisenti  $10^3 \dots 10^6$  aralygynda.

2. Giriş garşylygy  $R_{gir}$  (ýa-da differensial signalyň giriş garşylygy  $R_{gir.dif}$ ) – operasion güýçlendirijiniň haýsy-da bolsa, bir girişindäki ulalýan naprýaženiýasynyň şol girişindäki ulalýan togyna deň,

$$R_{gir} = \Delta U_{gir}^- / \Delta I_{gir}^- = \Delta U_{gir}^+ / \Delta I_{gir}^+$$

Integral operasion güýçlendirijileriň giriş garşylygy  $10^3 \dots 10^6$  Om aralygynda.

3. Sinfaz signal üçin, girişdäki naprýaženiýa  $R_{gir.sinf}$  – ulalýan sinfaz giriş naprýaženiýanyň üýtgeýän ortaça giriş togynyň gatnaşygyna deň,

wagtda funksional mikroelektronika giňişleýin ulanylýar.

## 1.1. Inntegral mikroshemanyň klaslary

Özüniň niýetlenişi boýunça, integral mikroshemalar analog (çyzyk-impulsly) we sanly (logiki) desgalara bölünýär.

Üznüksiz funksiýa kanuny bilen üýtgeýän (güýçlendirmek, generirlemek, radio we telewizion apparaturalarda elektrik signalyňy öwürmek), signaly işlemek we öwürmek üçin niýetlenen shemalara, **analog integral mikroshemalar** diýilýär.

Diskret funksiýa kanuny bilen üýtgeýän, signaly işlemek we öwürmek üçin niýetlenen shemalara, **sanly integral mikroshemalar** diýilýär, ýa-da olar bökdençli görnüşinde, käbir aşak derejeden (mysal üçin noldan) ýokary derejä we tersine üýtgeýär.

Sanly integral mikroshemalaryň bir görnüşi, logiki integral mikroshemalar. Olar, elektriki hasaplaýjy maşynlarda, awtomatiki desgalarda, sanly hasaplaýjy enjamlarda (mysal üçin sanly woltmetrlerde) ulanylýar.

Gurluş tehnologiýasy boýunça integral mikroshemalar üç topara bölünýär: ýarymgeçirijili, gibril we beýlekiler (plýonkaly, wakuum, keramiki we ş.m.).

Ýarym geçiriji integral mikroshemalarda ähli elementler we elementleriň özara birikmeleri ýarym geçiriji tekizlikde we bir göwrümde ýerine ýetirilen.

Ýarym geçiriji integral mikroshemanyň aktiw elementleri (tranzistorlar) passiw elementler bilen bir tehnologiýa prosesinde ýerine ýetirilýär. Shemanyň elementleri biri-birinden p-n geçiş ýa-da dielektriki plýonkalar bilen aýra tapawutlandyrylýar.

Ýarym geçiriji integral mikroshemalary ýasamak üçin, planar tehnologiýa usuly ulanylýar.

Onuň esasy manysy, n ýa-da p görnüşli ýarym geçiriji plastinada (kristalda) tranzistoryň strukturasy döredilýär, ol özünde nobatlaşýan p-n-p ýa-da n-p-n oblastlary görkezýär.

Eger-de, her bir oblastdan çykyş çykarsak, onda alynan struktura, integral bipolar tranzistor hökümünde hyzmat eder, eger-de biri biriniň golaýynda ýerleşen iki sany çykyş alsak, onda ol diod, eger-de iki daşyndaky çykyşlary alsak onda ol rezistor

## BÖLÜM: III. INTEGRAL MIKROHEMALAR WE KOMBINACION DESGALAR

### 1.2. Elektronikanyň element bazasy barada umumy maglumat

Elektronikanyň element bazasyny rezistorlar, kondensatorlar, elektron lampalar, diodlar tranzistorlar we ş.m düzýär. Element bazasyny 4-etapa bölmek bolýar.

**Birinji etapda**, aktiw elementleriň rolyny, elektrowakuum enjamlar, passiw elementleriň rolyny bolsa rezistorlar, kondensatorlar, induktiwlik tegekler, transformatorlar, utgaşdyryjylar we beýleki diskret detallar ýerine ýetirdi. Aktiw we passiw elementler ýörite niýetlenen panellerde berkidilýär (montaž platalar) we özaralarynda kebşirlemegiň ýa-da paýkanyň kömegi bilen birikdirilýär. Soňra, detallaryň elektriki birikmesi peçat montažyň kömegi bilen ýerine ýetirilýän, peçat platalar oýlanyp tapyldy.

**Ikinji etapda**, 1948-nji ýylda oýlanyp tapylan, tranzistorlar emele geldi. Bu etapda elektrowakuum enjamlar kiçi göwrümlü, berk we tygşytly ýarym geçiriji enjamlar bilen çalşyryldy.

Ikinji etapda, passiw elementleriň göwrümi kiçeldildi we olaryň parametrleri gowulaşdyryldy. Bu bolsa, kiçi göwrümlü radioelektron apparaturalary ýasamaklyga mümkinçilik dörettdi.

**Üçünji etapda**, integral mikroshemalar oýlanyp tapyldy, ýagny bir mikroshemada uly bir desganyň işi ýerine ýetirilýär (güýçlendiriji, generator, elektron hasaplaýjy we ş.m). Olaryň düzümi birnäçe mün ýa-da onlarça mün aktiw we passiw elementlerden durýar. Integral mikroshemanyň özüniň göwrümi gaty uly däl we onuň çykyşlary düzümindäki elementleriň sanyndan birnäçe esse az.

**Dördünji etabyň** esasy, funksional mikroshemalar düzýär. Funksional mikroshemalarda rezistorlaryň, kondensatorlaryň, diodlaryň, tranzistorlaryň we ş.m elementleriň rolyny ýerine ýetirýän elementleri tapawutlandyryp bolmaýar. Şol wagtyň özünde, şonuň ýaly desga, kesgitlenen bir operasiýany ýerine ýetirýär: ýokary durnukly yrgyldyny generirlemek, ýylylyk energiýasyny elektrik energiýasyna öwürmegi we ş.m. Häzirki

$$R_{\text{gir.sinf}} = \Delta U_{\text{gir.sinf}} / \Delta I_{\text{gir.orta}}$$

Adatça,  $R_{\text{gir.sinf}}$  ululyk,  $R_{\text{gir}}$  – garşylykdan 1-2 ululyk ýa-da köpräk uly.

4. Sinfaz signaly geçirýän koefisient,  $K_{\text{sinf}}$  – ulalýan çykyşdaky naprýaženiýanyň, üýtgeýän sinfaz girişdäki naprýaženiýa bolan gatnaşygy,

$$K_{\text{sinf}} = \Delta U_{\text{çyk}} / \Delta U_{\text{çyk.sinf}}$$

5. Çykyş garşylygy  $R_{\text{çyk}}$  – beýleki güýçlendirijileriňki ýaly kesgitlenýär. Ol 10 - 100 Om aralygynda bolýar.

## 11. Differensial güýçlendirijiler

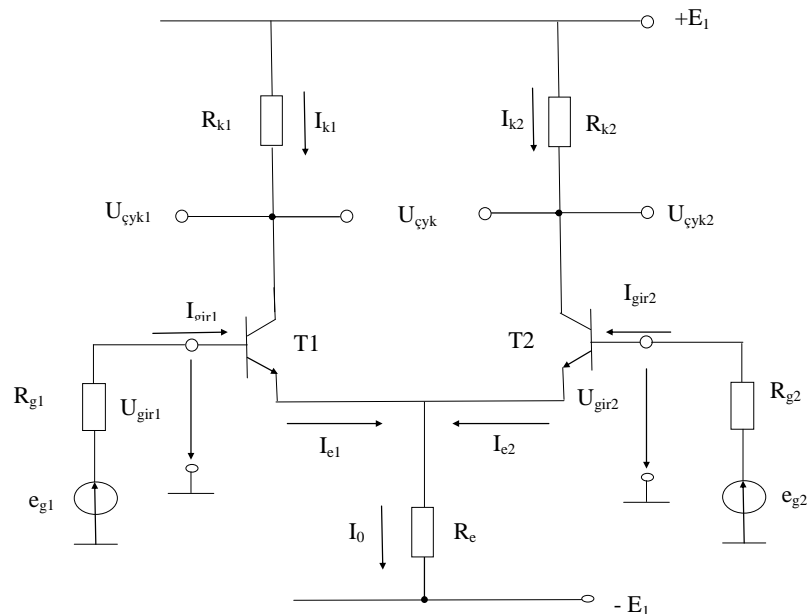
### 11.1. Differensial güýçlendirijiniň esasy parametrleri we iş täsiri.

Differensial güýçlendiriji, iki girişli we iki çykyşly bolup girişe berilýän naprýaženiýanyň tapawudyny güýçlendirmek üçin niýetlenen.

$$U_{\text{çyk}} = K(U_{\text{gir.1}} - U_{\text{gir.2}})$$

Differensial güýçlendirijiniň, umumy görnüşi aşadaky çyzgyda görkezilen.

Differensial güýçlendiriji, düzgüne görä hemişelik togy güýçlendirýär, ýa-da oňa başgaça hemişelik togy güýçlendiriji (HTG) hem diýilýär. Differensial güýçlendirijiniň eginleriniň parametrleri birmeňzeş ( $R_k = R_{k2} = R_{k1}$ ), ýagny  $T_1$  we  $T_2$  tranzistorlar hem birmeňzeş.



T1 we T2 tranzistorlaryň umumy emmitter agyrlýgy  $R_e$  rezistor. Ol  $E_e$  çeşme bilen bilelikde, tok generatoryny ( $I_0$ ) döredýär. Agyrlyk, çykyşlaryň birine (simmetriki däl çykyşa), ýa-da tranzistor kollektorlarynyň arasyna (simmetriki çykyşa) birikdirilýär. Differensial güýçlendirijiniň eginleriniň simmetriki çykyşynda (T1 we T2 tranzistorlar we  $R_{k1}$ ,  $R_{k2}$  rezistorlar) balansirlenen most emele gelýär we onuň dioganalyňa agyrlýk birikdirilýär. Differensial güýçlendirijiniň esasy parametrlerine we işine seredeliň. Onuň üçin girişdäki signaly, sinfaz we differensial görnüşinde görkezeliň.

$$e_{g1} = e_{g1} + e_{g2}/2 + e_{g1} - e_{g2}/2$$

$$e_{g2} = e_{g1} + e_{g2}/2 - e_{g1} - e_{g2}/2$$

$$U_{gir1} = U_{gir1} + U_{gir2}/2 + U_{gir1} - U_{gir2}/2$$

$$U_{gir2} = U_{gir1} + U_{gir2}/2 - U_{gir1} - U_{gir2}/2$$

Ýarym jemine sinfaz giriş naprýaženiýa ( $e_{sinf}$ ,  $U_{gir.sinf}$ )

$$e_{g1} + e_{g2}/2 = e_{sinf}, U_{gir1} + U_{gir2}/2 = U_{gir.sinf},$$

we ýarym tapawudyna ( $e_{dif}$ ,  $U_{gir.dif}$ ) giridäki differensial naprýaženiýa diýilýär.

$$e_{g1} - e_{g2}/2 = e_{dif}, U_{gir1} - U_{gir2}/2 = U_{gir.dif}.$$

Kabul edilen gysgaltmalara görä girişdäki signallary aşakdaky şekilde görkezmek bolýar

$$e_{g1} = e_{sinf} + e_{dif}, e_{g2} = e_{sinf} - e_{dif},$$

$$U_{gir1} = U_{gir.sinf} + U_{gir.dif}, U_{gir2} = U_{gir.sinf} - U_{gir.dif}.$$

Deňlemelerden görnüşi ýaly, sinfazly giriş naprýaženiýalaryň polýarnosty we ululygy birmeňzeş, differensial naprýaženiýalaryň ululygy birmeňzeş, polýarnosty bolsa dürli.

Bir mysala seredeliň:  $e_{g1}=0,6$  w we  $e_{g2}=0,3$  w, onda  $e_{sinf}=0,45$  w we  $e_{dif}=0,15$  w. Eger-de  $e_{g1}=0,4$  w we  $e_{g2}=0,1$  w, onda  $e_{sinf}=0,25$  w we  $e_{dif}=0,15$  w bolar. Bu mysalda differensial signallar birmeňzeş, sinfazlar dürli.



