

MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI  
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

---



SH.B.UTAMURADOVA, O.X.QO'LDASHOV  
**MIKROELEKTRONIKA VA  
NANOELEKTRONIKA**

**Kitob  
mudd:**

**Ok  
mi**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA'LIM,  
FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI  
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI  
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI YARIMO'TKAZGICHLAR FIZIKASI VA  
MIKROELEKTRONIKA ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI**

**Sh.B.Utamuradova, O.X.Qo'ldashov**

**MIKROELEKTRONIKA VA  
NANOELEKTRONIKA**

**70530906- "Mikroelektronika" magistratura mutaxassisligida ta'lim  
olayotgan magistrlar uchun**

**O'QUV QO'LLANMA**

**Toshkent  
"Fidokor Yosh Avlod"  
2023**

UDK: 53:621.315.592(075)

KBK: 22.379m7

B 13

Sh.B.Utamuradova, O.X.Qo'ldashov. Mikroelektronika va nanoelektronika. o'quv qo'llanma. – T.: “Fidokor Yosh Avlod”, 2023. 176 bet.

O'quv qo'llanmada mikroelektronika va nanoelektronikaning fizik asoslari, tavsiflari, tasniflari va ularni fizik, texnologik jarayonlarni o'rganishda amaliy qo'llash prinsiplari va mikroelektronika va nanoelektronika element bazasi, ulardan foydalanish yo'llari bayon etilgan.

O'quv qo'llanma magistratura bosqichining 70530906 - Mikroelektronika mutaxassisligi magistrantlari uchun mo'ljallangan.

UDK: 53:621.315.592(075)

KBK: 22.379m7

B 13

#### Taqrizchilar

B.E.Egamberdiyev - f.m.-f.d, prof.

B.N. Raximov - t.f.d, prof

M.Sh. Isayev - f.m.-f.n, dots

O'quv qo'llanmaga Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti Kengashining 2023-yil 31-mart 8-son qaroriga asosan nashr qilishga ruxsat berilgan (O'quv qo'llanmani nashr ruxsatnomasi № 75).

ISBN: 978-9943-7727-4-8

© “Fidokor Yosh Avlod” nashriyoti, Toshkent 2023 yil.

#### ANNOTATSIYA

O'quv qo'llanmada mikroelektronika va nanoelektronikaning fizik asoslari, tavsiflari, tasniflari va ularning fizik, texnologik jarayonlarni o'rganishda amaliy qo'llash prinsiplari va mikroelektronika va nanoelektronika element bazasi, ulardan foydalanish yo'llari bayon etilgan.

O'quv qo'llanma magistratura bosqichining 70530906 - Mikroelektronika mutaxassisligi magistrantlari uchun mo'ljallangan hamda mikroelektronika va nanoelektronika bo'yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borayotgan doktorantlar va ilmiy xodimlarga uslubiy ko'rsatma sifatida foydalanishga ham tavsiya etiladi.

#### Аннотация

В учебном пособии описаны физические основы, принципы, микроэлектроники и нанoeлектроники необходимые для изучения физико-технологических процессов и элементной базы микроэлектроники и нанoeлектроники.

Учебное пособие предназначено для магистров обучающихся по специальности - 70530906 “Микроэлектроника”, а также рекомендуется для использования в качестве методического пособия докторантам и научным сотрудникам, проводящим исследования в области микроэлектроники и нанoeлектроники.

#### Annotation

The manual describes the physical foundations, principles, microelectronics and nanoelectronics necessary for the study of physical and technological processes and the element base of microelectronics and nanoelectronics.

The manual is intended for master students in the specialty - 70530906 "Microelectronics", and is also recommended for use as a methodological manual for doctoral students and researchers conducting research in the field of microelectronics and nanoelectronics.



## MUNDARIJA

KIRISH.....	6
<b>I. BOB. MIKRODAN NANOELEKTRONIKAGACHA</b>	
1.1. Mikrodan nanoelektronikagacha.....	7
1.2. Mikroelektronikaning asosiy tushuncha va ta'riflari.....	11
1.3. Nanotexnologiyaning ustuvor rivojlanish yo'nalishlari.....	22
<b>II - BOB. MIKROELEKTRONIKA ASOSLARI</b>	
2.1. Yarimo'tkazgichli diodlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	26
2.2. Diodning xarakteristikallari.....	28
2.3. Yarimo'tkazgichli bipolyar tranzistorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	31
2.4. Yarimo'tkazgichli maydonli tranzistorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	35
2.5. MOP-tranzistor.....	38
2.6. Operatsion kuchaytirgich ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	40
2.7. Operatsion kuchaytirgichlar asosidagi generatorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	43
<b>III. BOB. RAQAMLI QURILMALARNING MANTIQUIY ASOSLARI</b>	
3.1. Analog va raqamli signallar.....	47
3.2. Sanoq tizimlari.....	49
3.3. Logik elementlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	52
3.4. Kombinatsion mantiqiy sxemalar.....	58
3.5. Summator.....	63
3.6. Komparator (taqqoslagich).....	67
3.7. Shifrorlar va deshifrorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	73
3.8. Triggerlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikallari.....	77
<b>IV-BOB. NANOELEKTRONIKA ASOSLARI</b>	
4.1. Mikrodan nanoelektronikagacha.....	91
4.2. Yarimo'tkazgichli nanostrukturalar.....	94
4.3. Geteroo'tuvchanlik. Nanoqatlamli geterost-rukturalar. Geterotranzistorlar.....	96

4.4. Nanoelektron maydonli tranzistorlar.....	100
4.5. Nanoelektronikaning ustuvor elementlari va jihozlari.....	101
4.6. Nanoelektronikaning ekologik va iqtisodiy muammolari.....	103
4.7. Mikroelektronika va nanoelektronikaning kelgusi rivojlanishi.....	106
<b>V-BOB. VIRTUAL ELEKTRONIKA</b>	
5.1. Yarimo'tkazgichli diodni tekshirish.....	114
5.2. Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-amper xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha qurish.....	120
5.3. Diodlar volt-amper xarakteristikalarining haroratga bog'liqligini tekshirish.....	127
5.4. Bipolyar tranzistorlarni EWB dasturi yordamida tekshirish.....	133
5.5. Maydonli tranzistorlarni EWB dasturida tekshirish.....	136
5.6. Raqamli mikrosxemalarni EWB dasturida tekshirish.....	140
5.7. Deshifrorlarni tekshirish.....	163
5.8. Shifrorlarni tekshirish.....	165
Glossariy.....	169
Yarimo'tkazgichli qurilmalarning grafik belgilanishi.....	171
Adabiyotlar.....	174

## KIRISH

Mikroelektronika - bu elektronikaning zamonaviy yo'nalishi bo'lib, shu jumladan integral mikrosxemalar (IC) va ularga asoslangan elektron uskunalarni o'rganish, loyihalash va ishlab chiqarishdan iboratdir. Mikroelektronikaning asosiy vazifasi yuqori ishonchlilik va takrorlanuvchanlik, kam quvvat sarfi va yuqori funktsional murakkablikka ega mikrominiatura uskunalarini yaratishdir.

Fan va texnologiyadagi yutuqlar yagona texnologik tsiklda butun funktsional birliklarni ishlab chiqarishga imkon berdi, bu esa radio komponentlar va qurilmalarni mahsulot tarkibidan to'liq yoki qisman chiqarib tashlashga imkon beradi. Mikroelektronikaning eng muhim texnologik usullaridan biri bu integral texnologiya bo'lib, u bitta plastinkada bir-biriga bog'langan elementlarning guruhlarini yaratishga imkon beradi. Integral texnologiyadan foydalangan holda, yuqori samarali avtomatlashtirilgan qurilmalarda sxemalarni ishlab chiqarish mumkin, shu bilan birga parametrlarda bir xil funktsional tugunlarning katta qismini chiqarish mumkin.

Integral texnologiyadan foydalangan holda ishlab chiqarilgan funktsional tugunlar integral mikrosxemalar (IC) yoki oddiygina mikrosxemalar deyiladi.

Integral mikrosxemalarning diskret komponentlardagi o'xshash sxemalarga nisbatan asosiy afzalliklari kichik o'lchamlar hisoblanadi. Ularni ishlab chiqarishda yuqori samarali avtomatlashtirilgan uskunalaridan foydalanish tufayli kamroq xarajatlar talab etiladi, komponent parametrlarining o'ziga xosligi tufayli qo'l mehnatini sezilarli darajada kamaytirish va sxemalarning yaxshiroq xususiyatlarini olish mumkin. Payvandlangan bo'g'inlar sonini kamaytirish, texnologik operatsiyalarni avtomatlashtirish va bitta texnologik tsiklda ishlab chiqarilgan alohida elementlarning ishdan chiqish ehtimolini kamaytirish orqali ishonchlilik oshdi. Shuni ta'kidlash kerakki, mikroelektronika diskret komponentlarda tayyorlangan elektron tugunlarda bo'lgani kabi bir xil nazariy qoidalardan foydalanadi. Biroq, uning rivojlanishi bilan individual funktsional birliklar va qurilmalarning elektron yechimiga yondashuv o'zgardi. Integratsiyalashgan texnologiya bilan faol komponentlar sonining sezilarli o'sishi mahsulot tannarxini sezilarli darajada o'zgartirmaydi. Shuning uchun ular qo'shimcha faol yoki passiv elementlarni kiritish orqali har qanday parametrlarni yaxshilash imkoniyatidan foydalaniladi.

Umuman olganda, o'quv qo'llanma keng miqyosdagi kitobxonlar, yarimo'tkazgichlar fizikasi mikroelektronika mutaxassisliklari uchun foydalidir.

## I. BOB. MIKRODAN NANOELEKTRONIKAGACHA

### 1.1. Mikrodan nanoelektronikagacha

Elektronika sohasi rivojlanish taraqqiyoti mikroelektronika sohasini paydo bo'lishiga olib keldi va elementlar o'lchamlarining kichrayishi, mikronli o'lchamlarga o'tilishi bilan taraqqiy etib bordi, bu esa nanoelektronikaning shakllanishiga olib keldi. Nanoelektronika birgina o'lchamlarning kichrayishi, ya'ni mikron o'lchamlardan nanometri, nanosekundli o'lchamlarga o'tishning o'zi bilan kifoyalanib qolmay, birinchi navbatda, elektronning kvant xususiyatlarini o'z ichiga oldi.

Nanotexnologiya tarixini ko'radigan bo'lsak, u yerda hali hayot paydo bo'lmasdan avval ham mavjud bo'lgan. Tabiatdagi juda ko'p xodisalarda nanostrukturalar qatnashadi, masalan kosmik fazoda, havoda va suvda turli tarkibdagi va tuzilishdagi nanozarrachalar mavjuddir.

Yerda hayotning paydo bo'lishi, tabiat tomonidan bu hayotni ta'minlash va rivojlantirish uchun nanostrukturalarni maqsadga muvofiq biosintezlashni o'zlashitirishining birinchi bosqichi hisoblanadi. Ma'lumki, ixtiyoriy biologik xujayra o'zida nanomasshtabdagi membranalar (5-10 nm), oqsillar (66 nm), DNK (diametri 2 nm) kabi elementlarga ega ekanligi tufayli xujayra mavjuddir.

Bizga ma'lumki yarimo'tkazgich materiallar dastavval o'tgan asrning 30-yillaridan boshlab muntazam o'rganila boshlandi, jumladan 1948-yili amerikalik olimlar Dj Bardin va U. Bratteyn tranzistori ixtiro qildilar va u bipolyar tranzistor nomini oldi. 1949-yili U.Shokli maydon tranzistori modelini taklif etdi. Bu triodning qattiq jisimli analogi edi, ya'ni bu holda lampali triodda vakumda ro'y beradigan jarayonlar qattiq jism ichida ro'y beradi, uni unipolyar tranzistor deb nomlanadi. Shundan so'ng yangi turdagi yarimo'tkazgichli asboblari yaratila boshladi va ko'p sohalarda astasekinlik bilan lampali elektron asboblarni siqib chiqardi. Yarimo'tkazgichli asboblarning asosiy afzalliklari - ularning mustahkamligi, o'lchamlarining kichikligi, yengilligi, kam energiya sarflashi, tannarxining arzonligi bo'ldi va yarimo'tkazgich asboblari texnologiyasi takomillashib bordi, yangi turdagi yarimo'tkazgich asboblari yaratildi, ularning o'lchamlari esa yanada kichrayib boraverdi. Shundan so'ng alohida yarimo'tkazgich asbobning o'miga muayyan funktsional vazifani bajara oladigan sxemani

- yaxlit monokristalda yaratish usuli ishlab chiqildi.

Bular jumlasigi integral sxema (IS) kirib, natijada mikroelektronika va kompyuter texnologiyasi keskin rivojlandi, ularning eng so'ngi avlodlari yaratildi, raqamli televideniya vujudga keldi, mobil qo'l telefonlari paydo bo'ldi, ovoz, tasvir, axborotlar yozish, o'qish va saqlashning yangi usullari ishlab chiqildi. Shunday qilib, o'tgan asrning ikkinchi yarmidan boshlab mikroelektronika jadal sur'atlarda rivojlandi, hamda uning negizida nanoelektronika shakllana boshladi.

#### ***Mikroelektronikaning rivojlanish tarixi:***

- 1785-yili elektrostatikaning asosiy qonuni - Kulon qonuni kashf etildi.
- 1799-yili Italyan fizigi A.Volta elektr batareyasini yaratdi.
- 1812-yilda X.Ersted elektr kuchlarining magnitga ta'siri g'oyasini olg'a surdi.
- 1820-yili A.Amper elektr toklarining o'zaro ta'sirini topdi.
- 1831-yili M.Faradey elektromagnit induksiya qonunini ochdi.
- 1865-yili J.K.Maksvell Faradeyning tajribalarini chuqur nazariy tahlil qilib, o'zining mashxur tenglamalari asosida klassik elektrodinamikani yaratdi.
- 1897-yili Ingliz fizigi Dj.Tomson tomonidan elektron kashf etildi.
- 1895-yilda A.S.Popov tomonidan simsiz telegraf - radio ixtiro qilindi.
- 1906-yili L.de Forest tomonidan birinchi aktiv elektron asbob - triod lampasi yaratildi.
- 1948-yili Dj.Bardin, V.Bratteyn va V.Shoklilar bipolyar tranzistorni kashf etishdi.
- 1969-yili integral mikrosxemalar (IMS) asosida qurilma va tizimlar yaratildi.

#### ***Nanoelektronikaning rivojlanish tarixi:***

- 1803-yilda Jon Dalton tomonidan zamonaviy atomistik nazariyaning asoslari ta'riflab berildi.
- 1840-yil Y.Ya.Bertseliusning ishlari atomli- molekulyar nazariyaga kuchli turtki berdi.
- XVIII-XIX asrlarda olimlar Uejvud, Devi, Dager, Neps, Tolbot, Archer, Kennet, Maksvelllarning faoliyati bilan bog'liq holda fotografiya va fotografiya materiallarining texnologiyasi rivojlanadi.

- 1857-yilda M.Faradey shishalarning kolloidli ranglanish mexanizmini tushuntirishga harakat qiladi.

- 1905-yilda Shveysariyalik fizik Al'bert Eynshteyn shakar molekulasining o'lchami 1 nm atrofida bo'lishini isbotladi.

- 1908-yilda Gustav Mi metallning turli tabiatli va shaklli zarrachalari tomonidan shishani ranglashining nazariyasini yaratdi.

- 1928-yilda G.A.Gamov tomonidan tunnel effekti kashf etildi.

- 1928-yilda nemis olimlari Maks Knoll va Ernst Ruska elektron mikroskopni yaratdilar.

- 1932-yilda Gollandiyalik professor Frits Semike fazali- kontrastli mikroskop kashf etdi.

- 1939-yilda Simens kompaniyasi, unda Ruska ishlardi, ajratish kobilyati 10 nm bo'lgan elektron mikroskopli kommersiya maqsadida ishlab chiqdi.

- 1956-yilda Uxlir nanogovakli kremliyni kashf etdi.

- 1959-yilda R.Feynman fizikaning fundamental qonunlari alohi-da atomlardan "konstruksiyalar" yaratishni ta'qiqlamasligini ko'rsatdi.

- 29-dekabr 1959-yil nanotexnologiyalarning tug'ilgan kuni hisoblanadi.

- 1975-yilda kvantli iplar va kvantli nuqtalarning mavjud bo'lish mumkinligi nazariy jihatdan o'rganildi.

- 1977-yilda Amerikalik student Dreksler tomonidan molekulyar zanjirlardan foydali obyektarning gipotetik yig'ilishini anglatadigan "nanotexnologiya" so'zi ishlatildi.

- 1978-yilda German klasterlarni tavsiflash uchun "jele" modelini ishlab chiqdi.

- 1982-yilda - IBM kompaniyasining avstriya filiali xodim-lari Gerd Binning va Genrix Rorerlar skanirlovchi tunnelli mikroskopni yaratdilar.

- 1983-yilda V.N.Lapova va L.I.Trusovalar nanokristalli nikel olishdi.

- 1985-yilda Xarold Kroto, Robert Kyorl va Risxard Smeli fullerenlarni kashf etdilar.

- 1986-yilda AQSH lik fizik A.Eshkin lazerli pintset - suyuq muhitlarda fokuslangan lazer nuri yordamida mikro va nanoobyektlar ustida manipulyatsiyalash qurilmasini yaratdi.

- 1987-yilda T.A.Fulton va G.J.Dolanlar bir elektronli tranzistorni birinchi bo'lib yaratdilar.

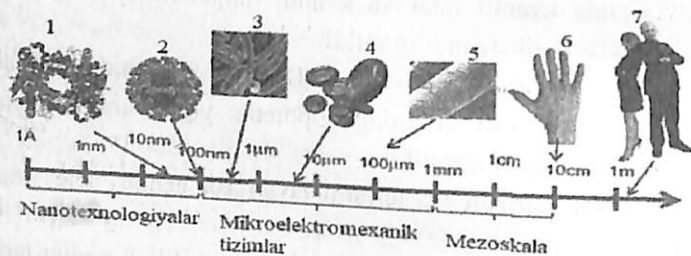
- 1987-1988-yillarda - P.N.Luskinovich nanozarrachalarni zond uchidan yo'nalishli termik desorbtsiyasini amalga oshirilgan nanotexnologik qurilma yaratdi.

- 1990-yilda "Nanotexnologiya" jurnalining birinchi soni xorijda chop etildi.

- 1998-yilda nanoquvurlar asosida dastlabki maydonli tranzistorlar yaratildi.

Agar o'lchamlardan biri 100 nm dan kichik zarracha bo'lsa, unda bunday zarracha nanozarracha hisoblanadi. "Nano" so'zi "milliardga bir qism" degan ma'noni anglatadi. 1.1-jadvalda taqqoslash uchun turli xil o'lchamdagi obyektlarga misollar keltirilgan.

Yunon tilidan tarjima qilingan nano so'zi "mitti", fanda nano qo'shimchasi "milliardning bir qismi", ya'ni nanometr (nm)  $10^{-9}$  m, nanosoniya (ns) esa  $10^{-9}$  sekundga teng. Bir nanosekundda yorug'lik taxminan 30 santimetr masofani bosib o'tadi. 1-rasmda metrik tizimda o'lchov birliklarini nomlashda qo'llaniladigan ba'zi qo'shimchalar keltirilgan.



1-rasm. Metrik tizimda o'lchov birliklarini

Bu yerda:

- 1- Gemoglobin
- 2- OITS
- 3- Bakteriya
- 4- Qizil qon
- 5- Soch
- 6- Qo'l
- 7- Inson

Ba'zi obyektlarning o'lchamlari

No	Obyekt	Birlikning o'lchami (metrda)
1.	Uran yadrosi (diametri)	$10^{-13}$
2.	Suv molekulasi	$10^{-10}$
3.	DNK molekulasi (kengligi)	$10^{-9}$
4.	Protozoa (oddiy bir hujayrali organizmlar)	$10^{-5}$
5.	Yomg'ir tomchisi	$10^{-2}$
6.	Inson	2
7.	Everest (balandlik)	$10^4$
8.	Yer (diametri)	$10^8$
9.	Quyoshdan Plutongacha bo'lgan masofa	$10^{13}$

1.2. Mikroelektronikaning asosiy tushuncha va ta'riflari

Mikroelektronika - elektronikaning integratsiyalashgan guruh texnologiyasi asosida ishlab chiqarilgan eng kichik o'lchamlari va ishonchiligi yuqori bo'lgan elektron qurilmalarni ishlab chiqish, ishlab chiqarish va ulardan foydalanish bilan shug'ullanadigan bo'limidir.

**Integral texnologiya** - bitta texnologik jarayonda ko'proq mahsulot ishlab chiqarish texnikasi.

Texnologiyaning guruh usullari - ko'proq miqdordagi turli xil, ammo ma'lum xususiyatlarga ko'ra guruhlangan mahsulotlarni ishlab chiqarish uchun oz miqdordagi texnologik usullardan foydalanish.

Mikroelektronika odatda ikki qismga bo'linadi:

1. Integral elektronika;
2. Funktsional elektronika.

Integral elektronika bitta texnologik jarayonda bitta chipda ishlab chiqarilgan ko'p sonli tranzistorlarni (rezistorlar va boshqa elektron elementlar) o'z ichiga olgan integral sxemalarning ishlash printsipi va ishlab chiqarishi haqidagi ma'lumotlarni umumlashtiradi. Integral

elektronikada axborot tashuvchi elektr toki yoki elektr potensialidir. Integral sxemalar kremniy kristallari yoki  $A^{III}B^V$  birikmalariga (masalan, galliy arsenidi) asoslangan. Hozirgi vaqtda super-o'tkazgichlar yoki segnetoelektriklar asosida integral mikrosxemalar yaratish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Biroq, bugungi kunda integral sxemalarning 90% dan ortig'i kremniy asosida ishlab chiqariladi. So'nggi paytlarda mikroelektronika tarmog'i yuqori chastotalarda signallarni qayta ishlashga yo'naltirishda jadal rivojlanmoqda.

Funktional elektronika katta hajmdagi ma'lumotlarni to'plash, saqlash va qayta ishlash mumkin bo'lgan faol vositaga asoslangan qurilmalarning ishlash printsiplari va ishlab chiqarishi haqidagi ma'lumotlarni umumlashtiradi.

Bugungi kunda integral mikrosxemalar 106 tagacha elementni o'z ichiga olishi mumkin. Yuqori darajadagi integratsiyaga ega bo'lgan bunday IC lar zamonaviy kompyuterlarning kichik o'lchamlari va yuqori ishlashini ta'minlaydi.

Integratsiyal sxema (mikrosxema) - ma'lum bir o'zgartirish qilish, signalni qayta ishlash, ma'lumot to'plash funksiyasini bajaradigan va elektr bilan bog'langan elementlarning (yoki elementlar va komponentlarning) yuqori zichligiga ega bo'lgan mikroelektron mahsulot sifatida ko'rib chiqiladi.

Element - mustaqil mahsulot sifatida ajratib bo'lmaydigan har qanday elektr radio elementining funksiyasini amalga oshiradigan integral mikrosxemaning bir qismi. Radio element deganda tranzistor, diod, rezistor, kondensator va boshqalar tushuniladi. Elementlar murakkabroq vazifalarni ham bajarishi mumkin, masalan, mantiqiy (mantiqiy elementlar) yoki axborotni saqlash (xotira elementlari).

Komponent - mustaqil mahsulot sifatida ajratilishi mumkin bo'lgan radio element funksiyasini amalga oshiradigan integral mikrosxemaning bir qismi.

**Nanotexnologiyalar.** Klassik mexanika moddiy zarralarning aniq chiziqlar, ya'ni trayektoriyalar bo'ylab harakat qilishini miqdoriy qonuniyatlar yordamida o'rganadi. Bunda zarraning boshlang'ich holatini ifodalovchi shartlar ma'lum bo'lsa, kelgusida uning qanday bo'lishi ham aniqlanadi. Oqibat, fanda chuqur iz qoldiradigan va olamning mexanik

manzarasini yaratishga (barcha hodisalarni mexanika qonunlari asosida tushuntirish) intilish paydo bo'ldi.

Olamni faqat mexanika qonunlari asosida butunlay tushuntirishning iloji yo'q. Shu bois, bunday qarashlar o'zini oqlamadi desak, xato bo'lmaydi. XIX asr oxiri XX asr boshlarida matematika sohasida erishilgan yutuqlar (differentsial hisob, Minkovskiy geometriyasi) tufayli mexanik qonunlarning yangi ko'rinishlari paydo bo'ldi. To'liq tenglamalarining otasi Ervin Shryodinger tomonidan yaratilgan mikrozaralarning harakat (Shryodinger) tenglamalari klassik tasavvurlarga sig'maydigan natijalarga olib keldi. Masalan, energiyaning kvantlanishi (klassik mexanikada esa energiya uzluksiz bo'ladi). O'sha davrda bu tenglamalar to'g'risida fikr yuritishga jazm qiladigan inson yo'q edi. Sababi, bunga ma'lum ma'noda «fandagi shakkoklik» deb ham qaralgan.

Kvant fizikasining asoschilaridan biri M.Plank 1879-yili Myunxenda dissertatsiyasini himoya qilgandan keyin ustozlari Filip fon-Jolliga nazariy fizika bilan shug'ullanish niyatini aytadi. Ustoz esa o'z navbatida nazariy fizika poyoniga yetgani, faqat ba'zi xususiy hollar, boshlang'ich va chegaraviy shartlarni o'zgartirib differentsial tenglamalarning yechimini topish qolgani, umuman, bu «istiqbolsiz ish» bilan shug'ullanish befovdaligini uqtiradi.

Plank nazariy fizika bilan shug'ullanishni davom ettirib, 1900-yili elektromagnit nurlanishning diskret ekanligini kashf qildi. 1905-yilda Eynshteyn tomonidan elektromagnit maydonning energiyasi diskret strukturaga egaligi, undagi eng kichik zarra fotonni aniqlaydi, keyinchalik atomning kvant nazariyasi va kvant mexanikaga asos soladi. U davrda kvant mexanikasi tushunchalarining ilm ahli tomonidan qabul qilinishi juda qiyin kechdi. Boisi, birinchidan, kichik zarralarning kichik o'lchamlarda harakat traektoriyasi degan tushunchaning yo'qligi, ikkinchidan, Veyner Geyzenberg tomonidan kiritilgan noaniqlik printsiplari edi. Unga ko'ra, kichik o'lchamlarda zarrachaning impulsi va koordinatasi (energiya yoki vaqt) ni bir vaqtda katta aniqlikda o'lchab bo'lmaydi.

Nobel mukofotining laureati Richard Feynman tomonidan yaratilgan kvant mexanika borasida ko'pchilik bu murakkab formulalar to'plamidir, degan fikrda. Olim yetuk mutaxassis sifatida kvant mexanikasining yuksak

istiqbolini ko'ra bilgan. Uning ta'kidlashicha: «Insonlar kelgusida alohida atomlarni boshqarishni o'rganib olib, xohlagan narsalarini yaratishlari (sintez qilishlari) mumkin». Sohaning keyingi rivoji jism zarralari harakatini o'lchamning kvantlanishi masalalariga olib keldi. Bunda erkin zarraning harakatini biror-bir o'lcham yoki yo'nalish bo'yicha chegaralasak, ya'ni kvantlasak, natijada uning harakat qonunlari erkin zarranikidan butunlay farq qiladi. Kvantlashni davom ettirib, zarraning harakatini ikki o'lcham bo'yicha (bir o'lchamli tuzilmalar), so'ngra uni uchala o'lcham bo'yicha ham chegaralasak (nol o'lchamli tuzilmalar), butunlay yangi hodisalar va qonuniyatlar namoyon bo'lar ekan. Xususan, 1987-yili Xoll effektlarining kashf etilishi past o'lchamli tuzilmalarga qiziqishni kuchaytirdi. Ikki o'lchamli tuzilmalarda yorug'likning katta miqdorda sochilishi va yutilishi, yupqa pardalarda ulkan magnit qarshiliklar, uglerod asosidagi kvant o'lchamli yirik molekullar, fullurenarning kashf etilishi va ularning amaliyotda ishlatilish istiqbollari - bu sohadagi izlanishlarga katta turtki berdi.

O'lchamli kvantlanishni yarim o'tkazgichlarda namoyon qilish yuqori texnologiyalar (molekulyar nurli epitaksiya) yordamida biror taglik ustida nafaqat kristolografik tuzilishi, balki kimyoviy tarkibi ham bir-biridan farq qiladigan o'ta yupqa qatlamlar o'stirish orqali amalga oshirildi. Bu sohadagi tadqiqot ishlari o'tgan asrning 70-yillaridan boshlandi. E'tiborlisi, asosan uchlangan birikmalar asosida  $Al_x Ga_{1-x} As$  ikkilangan geteroo'tishlar hosil qilish ustida tadqiqotlar olib borildi va natijada 2003-yili nemis olimi Bimberg va rus olimi J.Alfyorov Nobel mukofotiga sazovor bo'lishdi. Hozir yarim o'tkazgichlardagi past o'lchamli strukturalar quyidagilarga bo'linadi:

- kvant nuqtalar (KN) - bu strukturalarning o'lchamlari mavjud uch yo'nalish bo'yicha qator atomlar orasidagi masofa tartibida bo'ladi (KNlarni ba'zan sun'iy atomlar deb ham atashadi). Masshtabiga bog'liq ravishda struktura nol o'lcham (0D) yoki uch o'lchamli (3D) hisoblanadi. Bu yerda D-dimention-o'lcham, massiv, o'lchov, kattalik, hajm so'zlarining birinchi harfi bo'lib, uning oldidagi raqam esa tuzilma geometrik o'lchami tartibini bildiradi;

- kvant simlar (KS) yoki kvant iplar (KI) - bunda strukturalar o'lchamlari ikki yo'nalish bo'yicha bir necha atomlar orasidagi masofaga

teng bo'ladi, uchinchi yo'nalish bo'ylab esa o'lcham makroskopik qiymatga ega bo'ladi (1D);

- kvant devorlar (KD), boshqacha aytganda, kvant chuqurliklar (KCh) -strukturalarning o'lchamlari bir yo'nalish bo'yicha qator atom oralig'idagi masofa tartibida bo'ladi, qolgan ikki yo'nalish bo'yicha esa o'lcham makroskopik qiymatga ega bo'ladi (2D).

O'lchami chegaralangan muhitda elektronlar holati va tashqi ta'sirlarga javobi quyidagicha kechishi mumkin. Faraz qiling, o'quvchi bola futbol maydonida turibdi. U uch o'lcham bo'yicha harakat qilishi, to'rt tarafga yugurishi va yuqoriga sakrashi mumkin. Demak, u X, Y, Z koordinata o'qlar bo'yicha erkin harakat qiladi. Bunga bolaning uchta erkinlik darajasi bor deyiladi. Yuqoriga harakat qilishi, sakrashini tepadan devor bilan chegaralasak, u faqat chor atrofga XOY koordinata tekisligida yugurishi mumkin. Bunda bolaning harakati ikki o'lchamli bo'ladi. Bolani ikki yon tomondan ham devorlar bilan to'sib, harakatni yana chegaralasak, u faqat oldinga harakat qila oladi. Agar harakati faqat bitta koordinata o'qi bilan belgilansa, u bir o'lchamli deyiladi. Bola harakati old va orqadan chegaralansa, u harakatlana olmaydi. Bu uning harakati nuqtadan iborat degani.

Yuqorida keltirilgan to'rt holatda bolaning tashqi ta'sirga beradigan javobini tasavvur qilib ko'ring. Birinchi holda u erkin, ikkinchisida sakrashga da'vat qilinsa-da, bunga imkoni yo'q, uchinchi vaziyatda esa faqat oldinga va orqaga harakat qila oladi. Tashqi da'vat uni yon tomonga undasa-da, buning iloji bo'lmaydi. To'rtinchi holatda harakati butunlay cheklangan, u faqat yetarli bo'lgan tashqi kuchlar ta'siridagina devorlardan oshishi mumkin, kuch yetarli bo'lmasa, o'z holatini o'zgartira olmaydi. Barcha holda ham bolaning tashqi ta'sir yoki da'vatlarga javobi turlicha, ba'zan esa g'ayritabiiy bo'lib, u o'z vaziyatidan kelib chiqib, javob beradi va hatto kutilmagan harakatlar qiladi. Elektron ham bolaga o'xshab o'zini yuqorida tasvirlanganidek tutadi.

Chegaralangan tuzilmalarda zarracha yoki elektron energiyasini o'z holatidan kelib chiqib o'zgartiradi, potentsial to'siq (devor) larni yengish uchun yetarlicha energiya berilsagina oshib o'tadi, aks holda, energiya qancha katta bo'lmasin, natija kuzatilmaydi. Oqibatda elektron energiyasining uzluksiz ortishiga imkon bermay, sakrab, faqat ma'lum

miqdorda o'zgarishiga olib keladi, fan tilida esa bu kvantlanish deb ataladi.

Mazkur hodisalar yordamida ko'plab zamonaviy elektron asboblari va qurilmalar yaratish mumkin. Ularga yarim o'tkazgichli lazerlar, fotoelementlar, turli datchiklar, sensorlar, tranzistorlar, doimiy xotira qurilmalari, DVD disklar, shuningdek, kvant kompyuterning asosi bo'lgan uch o'lchamli kvant hodisalarga asoslangan mikrosxemalarni kiritish mumkin.

Quyida bu qurilmalar, magnit molekulalar, ularni olish va ishlab chiqarish usullari bilan shug'ullanuvchi yangi soha - «nanotexnologiya» bilan kengroq tanishamiz.

**Magnit molekulalar.** Tarkibida nodir Yer elementlari va o'tish guruhi metallari ionlari bo'lgan molekulyar kristallarga magnit molekulyar nanoklasterlar deyiladi. Bu kristallarning tarkibiy qismi bo'lgan molekulalar murakkab tuzilishga ega. Ular qo'shimcha ichki erkinlik darajasi - magnit momentiga ega. Aynan shu magnit momenti ularning xossalari xilma-xillik bag'ishlaydi va ularni tashqi magnit maydoni yordamida boshqarishga imkon beradi. Aytish joiz, magnetizm mohiyatan kvant mexanik hodisadir. Mendeleyev jadvalining ko'pgina elementlari atomlari, elektron spinlari kompensatsiya-lanmaganligi tufayli magnit momentiga ega. Ular orasida o'tish guruhi metallari (Fe, Co, Ni, Mn va b.), lantanoidlar (nodir elementlari va aktanoidlar) eng ko'p e'tiborga molikdir. Odatda molekulalar diamagnitdir, ammo ba'zida, masalan, kislorod molekulalari bundan istisno bo'lishi ham mumkin. Makroskopik moddalarning magnit xossalari unchalik oddiy emas, chunki alohida atom yoki molekulalarning magnit momentlari murakkab darajada. Alohida atomlarning magnit xossalari juda yaxshi tushunarli. Hozirga qadar, tarkibida o'tish guruhi yoki nodir Yer elementlari atomlari mavjud bo'lgan magnit kristallarning xossalari batafsil o'rganilgan bo'lsada, qator savollar ochiq qolmoqda.

Gap shundaki, bu materiallarda mavjud uzoq magnit tartib alohida atomlarning magnit xossasi hissalarining oddiy superpozitsiyasi emas. Magnit tartiblanish - bu jamoaviy kvant mexanik hodisa bo'lib, uning asosida Pauli printsiipi bilan bog'liq atom spinlari orasidagi o'ziga xos ta'sirlashuv yotadi. Bu almashinuv ta'sirlashuvi deyiladi.

Almashinuv ta'sirlashuvi moddaning makroskopik sohalarida

spinlarning parallel joylashuvini (ferromagnetizm), panjaraning qo'shni tugunlarida antiparallel joylashuvi (antiferromagnetizm) yoki magnit tartiblanishning boshqa murakkab shakllarini yuzaga keltirishi mumkin. Magnetik klasterlar yoki magnit molekulalar alohida atomlarning mikroskopik magnetizmini va kristall holda amorf jismlarning makroskopik magnetizmini birlashtiruvchi bo'g'imidir. Shuning uchun ular ba'zan mezoskopik magnitlar deb ham yuritiladi. Mezoskopik atamasi o'rta, oraliq ma'nosini bildirib, modda makroskopik jism sifatida shakllanmagan, biroq alohida atom emas, balki atomlar majmuasi bo'lganda ularning xossalari tavsiflashda ishlatiladi.

Ana shunday xossalarga ega molekulalar o'tish guruhi elementlari ishtirokida qurilgan (Fe, Mn va b.) yuqori spinli metalorganik molekulalar yoki magnit molekulalar deb ham ataladi.

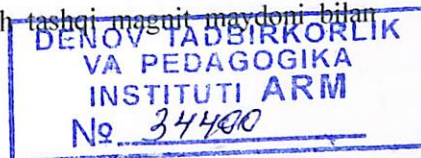
Ta'kidlash lozim, bu molekulalarning uyg'unligi va mukammalligi kishini hayratda qoldiradi! Misol tariqasida oddiy Fe10 klasterlarni ko'rib chiqaylik.

Bu xlor, kislorod va uglerod ionlari bilan o'ralgan o'nta Fe<sup>3+</sup> ionlari, ular orasidagi ta'sirlashuv antiferromagnit xarakterga ega. Shu sabab, molekulaning asosiy holatida spini nolga teng S=0. Fe10 magnit klasterini bir molekula doirasidagi antiferromagnit deyish mumkin.

Mn6 marganets xalqasi bundanda murakkab tuzilgan. Bu klaster Mn<sup>2+</sup> ionlari va organik radikallar ketma-ket joylashgan halqasimon uzilmadan iborat. Mn<sup>2+</sup> ionlari spinlari (S=5/2) va R radikallar spinlari (S=1/2) o'zaro kuchli antiferromagnit ta'sirlashuv bilan bog'langan, shuning uchun Mn6 klasteri ferrimagnit, ya'ni kompensatsiyalanmagan butun spinli struktura ekan. Agar Mn<sup>2+</sup> ionlarining barcha spinlari yuqoriga, radikallarniki pastga yo'nalsa, unda molekulaning to'liq spini S=12 ga teng.

Bu kabi katta spinli klasterlar tabiatda kam uchraydi, ular asosan laboratoriyalarda sintezlanadi. Yangi magnit materiallarni yaratish uchun «qurilish g'ishtlari» sifatida katta qiziqish uyg'otadi.

Ba'zi magnit klasterlarining (Mn<sub>2</sub>, Fe va b.) ajoyib xossalari biri molekulyar bistabillikdir. Bunda magnit molekula ma'lum yo'nalishda magnit momenti orientatsiyasi bilan farq qiluvchi ikki holatda bo'lishi mumkin. Mazkur holatlar orasidagi o'tish tashqi magnit maydoni bilan



amalg oshiriladi. Boshqacha aytganda, bunday molekula tabiiy xotira elementidir. Molekulalar orasidagi masofa ~10 nm bo'lganda, ular yordamida xotiraga axborot yozish zichligi 100 gigabit/sm<sup>2</sup> dan yuqori bo'lgan bo'lar edi.

XX asrning oxirgi o'n yilligida olingan dastlabki real eksperimental natijalar katta bahs-munozaralarga sabab bo'ldi, yangi ilmiy yo'nalish-kvant informatikani paydo etdi. Natijada axborotni uzatish va qayta ishlash texnikasida inqilobiy o'zgarishlar kuzatildi.

Magnit tuzoq yordamida tutib olingan elektron, spinining magnit maydoni yo'nalishiga proektsiyasi faqat ikki qiymatdan bittasini  $SZ=+1/2$  va  $SZ=-1/2$  qabul qilishi mumkin. Bu informatikada qo'llaniladigan mantiq: «1» va «0» deb qaralishi mumkin.

Keyingi o'n yillikda jahon jamoatchiligi lug'at boyligiga «nano» so'zi kirib keldi. Xo'sh, «nano» nima? Qisqa qilib aytganda, nano milliarddan bir qismdir.

Nanotexnologiya tushunchasi uchun tugal va aniq ifoda yo'q, ammo mavjud mikrotexnologiya asosida bu o'lchamlarni nanometrda texnologiya deb yuritish mumkin. Shuning uchun mikro dan nanoga o'tish bu moddani boshqarishdan atomni boshqarishga o'tish demakdir. Sohaning rivoji deganda esa asosan uchta yo'nalish tushuniladi:

- o'lchami atom va molekular o'lchamlari bilan solishtiradigan elektron sxemalarni tayyorlash;
- nanomashinalarni loyihalash va ishlab chiqish;
- alohida atom va molekularni boshqarish va ulardan alohida mikroobyektlarni yig'ish.

Bu yo'nalishdagi izlanishlar ancha vaqtdan buyon olib borilmoqda. 1981-yilda tunnelli mikroskop yaratilib, alohida atomlarni ko'rish mumkin bo'ldi. Shundan buyon texnologiya sezilarli takomillashtirildi. Bugun bu yutuqlarni kundalik hayotda ishlatamiz: lazerli disklarni ishlab chiqarish, jumladan, DVD disklardan nanotexnologik usulsiz foydalanish mumkin emas.

**Nanorobotlar davri.** Ko'pgina mutaxassislar mikrotexnologiya tarixi Richard Feynmanning 1959-yili Amerika fiziklar jamiyatida o'qigan mashhur ma'ruzasidan so'ng boshlangan degan fikrda. U mikrotexnologiya potentsialini boy bo'yoqlarda tasavvur etadi. Ma'ruzalarida kompyuterlar,

axborotni saqlash qurilmalari, elektron qismlar va robotlar mitti holatda tasvirlangan edi. Feynmanning mikroelektronika borasidagi bashoratlari tez (aniqrog'i, 1960-1970 yillarga keliboq) amalga oshdi. 1980-yilda esa yetakchi universitetlar va davlat laboratoriyalarida nisbatan arzon usullarda mitti mexanik detallar yaratila boshlandi. Buning uchun mikroelektromexanik sistemalar (MEMS) texnologiyasi ishlab chiqildi.

Amalda MEMS ning ilk tijorat mahsuloti paydo bo'lishi uchun 30 yil kerak bo'ldi. Keng tarqalgan dastlabki MEMS texnologiyalari tezlanish sensorlari xoriyda har bir avtomobilga o'rnatilib, to'qnashuvni payqash va havo yostiqtchasini ishga tushirish uchun ishlatilardi. Hozir yiliga 50 millionta bu kabi sensorlar ishlab chiqariladi. Shuningdek, «Sandiya» firmasi ham samarali mikroskopik sensorlar yarata boshladi. 1990-yili yaratilgan avtonom robot MARV 1 kub dyum hajmda bo'lgan, 2000-yilga kelib esa uning o'lchamlarini 4 marta kichiklashtirishga imkon tug'ildi. Bu kabi robotlar kompyuter orqali boshqariladi, bajaradigan vazifalari esa turli-tuman. Ishlab chiqaruvchilarning fikricha, ularning asosiy vazifalari bomba va minalarni, xavfli biologik, kimyoviy va radioaktiv moddalarni qidirib topish hamda zararsizlantirishdan iborat. Shu bilan birga, robotlardan inson faoliyatini nazorat qilish, razvedkada va boshqa maqsadlarda foydalanish mumkin.

**Ionlar implantatsiyasi va kvant tuzilmalar.** Ionlar implan-tatsiyasi - bu asos material taglik (masalan, kremniy) ga boshqa element (masalan, Ge, Mn, Fe, Ni) ionlarini bombardimon qilib kiritishdir.

Bunda taglikka mo'ljallangan miqdorda begona atomlarni ionlar energiyasi va dozasini boshqarish orqali kiritiladi. Kiritilgan katta miqdordagi va nomuvozanatdagi atomlar o'z-o'zidan tashkillashish jarayonlari tufayli katta sondagi 10.000 tagacha atomlarning bir nuqtadagi birikmalari nanoklasterni hosil qiladi va ular kvant xususiyatlilar deyiladi.

Keyingi yillarda yarim o'tkazgichlar sirtida KN larni ionlar implantatsiyasi usuli yordamida hosil qilish va ularning xossalarni o'rganish shiddat bilan rivojlanmoqda. Jumladan, jahondagi ko'plab ilmiy markazlarda kremniy kristaliga germaniy ionlarini implantatsiya qilish yordamida KN lar hosil bo'lishi, ularning shakli va xossalarga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan qator ilmiy ishlar mavjud.

Hozirgi zamon elektron texnikasining asosiy materiali bo'lib

hisoblangan kremniy kristallarida bunday obyektlarni hosil qilish juda istiqbolli masala hisoblanadi. Kremniy kristaliga kiritiladigan aralashmalar miqdori ularning kremniydagi eruvchanligi bilan chegaralangan. Bu chegarani o'zgartirish uchun qo'llaniladigan usullardan biri ionlar implantatsiyasi usulidir. O'tish guruhiga kiruvchi elementlar atomlarini kremniyga kiritish ularning fizik va rekombinatsion parametrlarini tubdan o'zgartirib yuboradi. Shu tufayli, bunday aralashmalar kiritilayotgan kremniy namunalari o'ta sezgir datchiklar sifatida xalq xo'jaligining turli sohalarida ishlatiladi. Bunday aralashmalardan tashkil topgan KN larni hosil qilish ham, albatta, amaliy jihatdan juda qiziqarli.

Ionlar implantatsiyasi yordamida kremniy kristaliga kiritilgan  $Fe^+$  va  $Mn^+$  ionlarining KN larni hosil qilish sharoitlari va ularning elektrofizik va fotoelektrik xossalarga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan qator tajribalar o'tkazilgan. Haqiqatdan ham, KN ga ega bo'lgan bunday namunalarda spektrning yaqin va o'rta infraqizil sohasida anomal ravishda katta bo'lgan foto sezgirlik, turli xil tok noturg'unliklari, gigant magnit qarshiligi va shunga o'xshash juda ko'p qiziqarli hamda amaliy jihatdan istiqbolli natijalar olingan. Ular temir hamda o'tish guruhiga kiruvchi elementlar atomlarining ionlashgan holatida murakkab molekular (masalan:  $Mn_6$ ,  $Mn_{12}$ ,  $Fe_8$ ,  $Fe_{10}$  va h.k.), ya'ni KN lar hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi.

Darhaqiqat, so'nggi davrlarda o'tish guruhi elementlari - Fe, Co, Ni, Mn kabilarning ma'lum sharoitlarda kislorod, vodorod va uglerod atomlari bilan o'zaro ta'sirlashib o'z-o'zidan tashkillanish jarayonlari tufayli juda katta spinga ega bo'lgan ( $S=12$ ) ulkan magnit molekularlarning hosil bo'lishi, ularning magnit xossalari o'rganish jadal sur'atlar bilan amalga oshirilmoqda. Bunday molekularlar maxsus texnologiya yordamida olingan, ularning magnit xossalari juda past haroratlarda namoyon bo'lishi aniqlangan.

**Kvant tuzilmalari.** Hozirdanoq kvant tuzilmalar elektronikaning barcha jabhalarida keng qo'llanila boshlangan. Xususan, kvant tuzilmalar asosida yaratilgan o'ta yuqori chastotali tunnel diodlar, tranzistorlar, yarim o'tkazgichli lazerlar, turli datchiklar va sensorlar, kvant kompyuterlar uchun mikroprotessorlar zamonaviy elektronikaning asosi bo'lib hisoblanmoqda.

**Rezonansli tunnel diod** - klassik zarracha, to'liq energiyasi potentsial

to'siq energiyasidan katta bo'lsagina undan oshib o'tadi, kichik bo'lsa zarracha to'siqdan qaytadi va teskari tomonga harakatlanadi. Kvant zarracha esa boshqacha harakatlanadi: uning energiyasi yetarli bo'lmasa ham to'siqni to'lqin kabi yengib o'tishi mumkin. To'liq energiyasi potentsial energiyadan kam bo'lsa ham to'siqni oshmasdan o'tish ehtimoli mavjud ekan. Bu kvant hodisa «tunnel samarasi» nomini oldi va u rezonansli tunnel diodida foydalaniladi.

**Kvant chuqurliklari asosidagi lazerlar** - Kvant tuzilmalar lazerlar tayyorlashda muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Bugungi kunda kvant chuqurliklar asosida yaratilgan samarali lazer qurilmalari iste'molchilar bozoriga yetib bordi va tolali-optik aloqada muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Qurilmalar tuzilishi va ishlashi quyidagicha: birinchidan, har qanday lazer uchun energetik sathlarning invers zichlanishini oshirish lozim. Boshqacha aytganda, yuqori energetik sathda quyi sathdagiga qaraganda ko'proq elektronlar joylashishi kerak bo'lib, termik muvozanat holati paytida buning aksi bo'ladi. Ikkinchidan, har bir lazerga optik rezonator yoki elektromagnit nurlanishni ishchi hajmga to'playdigan qaytargichlar sistemasi zarur.

Kvant chuqurlikni lazerga aylantirish uchun uni elektronlar kiruvchi va chiqib ketuvchi ikki kontaktga ulash lozim. Kontakt orqali elektron o'tkazuvchanlik zonasiga kirgan elektron sakrab, o'tkazuvchanlik zonasidan valent zonasiga o'tadi va ortiqcha energiyasini kvant, ya'ni elektromagnit to'lqin shaklida nurlantiradi. Lazer hosil qilgan elektromagnit nurlanish asbobning markaziy ishchi sohasida to'planishi lozim. Buning uchun ichki qatlamlarning sindirish ko'rsatkichi tashqarinikidan katta bo'lishi kerak. Ichki soha to'lqin uzatgich vazifasini o'taydi deyish ham mumkin. To'lqin uzatgich chegaralariga qaytaruvchi oynalar o'rnatilib, ular rezonator vazifasini bajaradi.

Kvant chuqurliklar asosidagi lazerlar oddiy yarim o'tkazgichli lazerlarga qaraganda qator afzalliklarga ega. Ularga quyidagilarni kiritish mumkin: generatsiyalanayotgan lazer chastotasini boshqarish imkoni, optik nurlanishda befoyda so'nishning kamligi, invers zichlanishni hosil qilish elektron gazlarda osonligi tufayli kam tok talab qilinadi va ko'proq yorug'lik beriladi. Shu tufayli ularning foydali ish koeffitsienti 60 foizgacha etadi. Hozirda ham kvant chuqurliklar asosida lazerlar

tayyorlash bo'yicha dunyoning ko'pgina laboratoriyalarida keng qamrovli ishlar olib borilmoqda. Aynan tolali-optik aloqada qo'llanilayotgan lazerlar yaratishdagi xizmatlari uchun 2003-yili rus olimi J.Alfyorovga Nobel mukofoti berilgan edi.

### 1.3. Nanotexnologiyaning ustuvor rivojlanish yo'nalishlari

Bugungi kunda nanoelektronika va nanotexnologiyalarning rivojlanishining quydagi ustuvor yo'nalishlarini sanab o'tish mumkin:

1. Tibbiyot sohasida. Inson organizmida mavjud bo'lgan turli hildagi kasalliklarning davolovchi molekulyar nanorobotlarni yaratish, odam tanasidagi hujayralar qarishini oldini oluvchi, to'qimalarning ishlashini yaxshilash va qayta qurish uchun molekulyar robotlarni kiritishga erishish.

2. Sanoat. Iste'mol mollarni ishlab chiqarishda an'anaviy usullardan foydalanishdan bevosita atom va molekullardan yig'ishga o'tish. Amalga oshish muddati XXI asrning boshi.

3. Qishloq xo'jaligida. Oziq-ovqatni yangi turlarini yaratish, bunda molekulyar robotlar almashtirish, ular tirik organizmda sodir bo'ladigan jarayonlarni o'ta qisqa va samarali yo'l bilan amalga oshirishadi. Bunda qishloq xo'jaligi samaradorligi ob-havo va og'ir mehnat sharoitiga bog'liq bo'lmaydi va oziq-ovqat muammosi butunlay hal etiladi.

4. Biologiyada. Tirik organizmga atomlar darajasidagi nanoelementlarni kiritib, buning natijasida turlicha yo'qolib ketgan turlarni tiklash imkoniyati yaratiladi, yangi turdagi jonzotlarni yaratish yo'lga qo'yiladi.

5. Ekologiya. Inson faoliyatining atrof-muhitga ta'sirini to'liq bartaraf qilish. Bunga birinchidan, ekosferani inson faoliyati chiqindilarini boshlang'ich xom ashyoga aylantiruvchi molekulyar robot-sanitarlar bilan to'ldirish, ikkinchidan esa sanoat va qishloq xo'jaligini chiqindisiz nanotexnologik usulga o'tkazish bilan amalga oshirish mumkin. Amalga oshish muddati XXI asr.

6. Koinotni o'zlashtirish. Koinot «odatiy» yo'l bilan emas, balki nanorobotlar orqali o'zlashtiriladi. Robot-molekulalarning ulkan armiyasi Yer atrofidagi fazoga chiqariladi va uni inson yashashi uchun yaroqli holatga keltiradi. Oy, asteroidlar va yaqin planetalarda inson yashashi uchun kosmik stantsiyalar qurish. Bu hozirda mavjud bo'lgan usullardan

arzon va xavfsiz bo'ladi.

7. Kibernetika. Hozirda mavjud bo'lgan planar strukturalardan o'lchamlari molekular o'lchamiga teng bo'lgan hajmiy mikrosxemalariga o'tish sodir bo'ladi. Kompyuterlarning ishchi chastotasi teragerts qiymatga yetadi. Neyronga o'xshash elementlardan tuzilgan sxemalar paydo bo'ladi. Oqsil molekullaridan tuzilgan xotira hajmi terabaytlarda o'lchanadigan, saqlash davri uzoq bo'lgan xotira elementlari paydo bo'ladi. Inson aqlini kompyuterga «ko'chirish» mumkin bo'lib qoladi. Amalga oshish muddati - XXI asrning ikkinchi choragi.

8. Aqlli yashash muhiti. Barcha tashkiliy qismlarga mantiq elementlarini kiritish hisobiga biz yashayotgan atrof-muhit «aqlli» va inson yashashi uchun to'la qulay bo'lib qoladi.

### Nazorat savollari

1. Mikroelektronikaning ustuvor rivojlanish yo'nalishlarini aytib bering.
2. Nanotexnologiyaning ustuvor rivojlanish yo'nalishlarini aytib bering.
3. Integral mikrosxema nima?
4. Integral mikrosxemalarning asosiy xususiyatlari nimada?
5. Integral mikrosxema elementi va komponenti deb nimaga aytiladi?
6. Pardali, gibrid va yarimo'tkazgich integral mikrosxema lar farqini tushuntiring.
7. Raqamli va analog integral mikrosxemalar murakkablik darajasi qanday aniqlanadi?
8. Analog va raqamli integral mikrosxemalarda qanday signallar o'zgartiriladi ?
9. Integral mikrosxemalar sinflanishini aytib bering.
10. Nanotexnologiyalarga ta'rif bering.
11. Nanozarrachalarning qanday turlarini bilasiz?
12. Kvant kompyuterlargbyasi nimada?
13. Nanotuzilmalarning qanday ko'rinishlarini bilasiz?
14. Nurlanuvchi diod nurining to'liq uzunligi nimaga bog'liq?

### Test savollari

1. Bipolyar tranzistor \_\_\_\_\_
  - a) elektr o'zgartiruvchi asbob
  - b) elektr yoritgich asbob
  - d) fotoelektrik asbob
  - e) termoelektrik asbob
2. Germaniyning taqiqlangan zonasi kengligi ... tashkil etadi.
  - a) 0,67eV
  - b) 1,43eV
  - d) 3eV
  - e) 1,12eV
3. Kremniyning taqiqlangan zonasi kengligi ... tashkil etadi.
  - a) 1,12eV
  - b) 0,67eV
  - d) 1,43eV
  - e) 3eV
4. Nurlanuvchi diod nurining to'liq uzunligi ... bog'liq
  - a) diod tayyorlangan materialga
  - b) diodga berilgan teskari kuchlanish qiymatiga
  - d) diodga berilgan to'g'ri kuchlanish qiymatiga
  - e) diodning geometrik o'lchamlariga
5. Fotodiod ... ishlatiladi.
  - a) optik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
  - b) elektr signallarni optik signallarga aylantirish uchun
  - d) issiqlik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
  - e) elektr signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
6. p-n o'tish kengligi nimalarga bog'liq?
  - a) teskari ulangan kuchlanishga bog'liq
  - b) faqat kiritmalar konsentrasiyasiga
  - d) faqat yarimo'tkazgich materialiga
  - e) faqat kiritmalarning taqsimlanish xarakteristikasiga
7. Nanometr quyidagilarga teng:
  - a) metrning kvintilliondan biri;
  - b) metrning milliondan bir qismi;
  - d) metrning milliarddan bir qismi;

- e) metrning trilliondan bir qismi.
8. Asbob uskunasi inson ko'ra oladigan eng kichik obyekt qanday o'lchamga ega:
  - a) 100 nm;
  - b) 1000 nm;
  - d) 10 000 nm;
  - e) 100 000 nm.
9. Nanotexnologiyalar quyosh fotoelementlarining samaradorligini 20-30% dan qanchagacha oshirishi mumkin:
  - a) 40%;
  - b) 55%;
  - d) 65%;
  - e) 70%.
10. Zarrachalar, nanozarrachalar hisoblanadi, agar ularning o'lchamlari bo'lsa:
  - a) 100 mm;
  - b) 10 mm;
  - d) 100 nm;
  - e) 1 dm

### Mustaqil ta'lim uchun mavzular

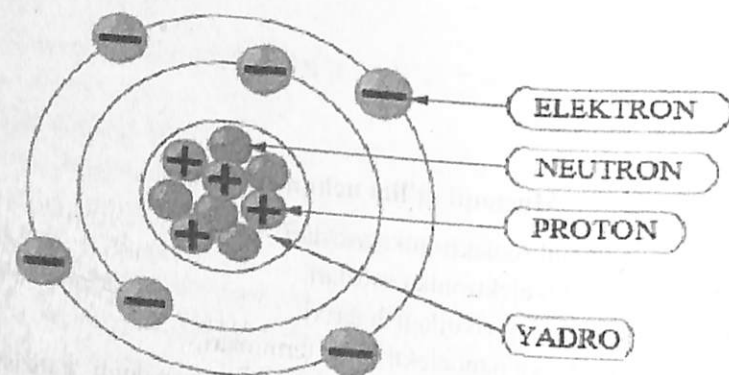
1. Elektronika va mikroelektronika asoslari.
2. Yarimo'tkazgichli elektronika asoslari.
3. Nanotexnologiyaning rivojlanish tarixi.
4. Mikroelektronika va nanoelektronika terminlari.
5. Yarimo'tkazgichli diod, bipolyar tranzistor, maydonli tranzistorlar ishlash jarayonlari.

## II - BOB. MIKROELEKTRONIKA ASOSLARI

### 2.1. Yarimo'tkazgichli diodlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalar

Hamma moddalar bir yoki bir necha kimyoviy elementdan tashkil topgan bo'ladi. Moddaning eng kichik tashkil etuvchisi atomdir. Elementlarning atomlari o'zaro bog'lanib molekulan hosil qiladi, masalan suvning molekulasida vodorodning ikkita atomi va kislorodning bitta atomi bo'ladi.

O'z navbatida atom yanada kichik zarrachalarni o'z ichiga oladi, ya'ni uning markazida bir yoki bir necha protonga ega bo'lgan yadro joylashadi, yadroning atrofida elektronlar aylanib turadi (2.1-rasm). Manfiy zaryadlangan elektronlar musbat zaryadlangan protonlarga tortiladi va o'z orbitalari bo'yicha yadroning atrofida tinimsiz aylanib turadi. Elektronlar soni protonlar soniga teng bo'ladi.

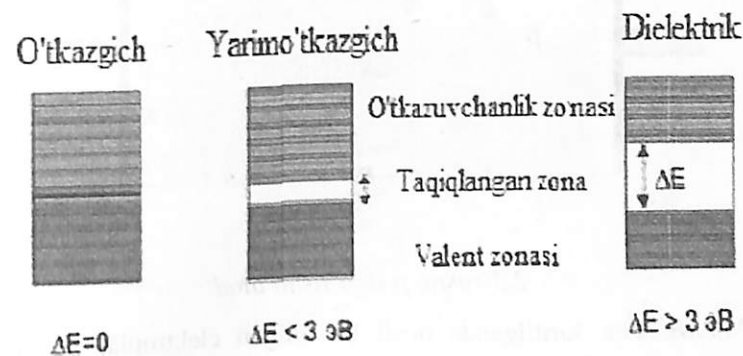


2.1-rasm. Atomlar musbat yadroning atrofida aylanuvchi manfiy zaryadlangan elektronlardan tashkil topishi

Har xil elementlarning atomlari bir biridan elektronlar soni bilan farq qiladi, masalan, vodorodda bitta, uglerodda esa oltita elektron bo'ladi. Elektr potentsiali ta'sirida yadro bilan kuchsiz bog'lanagan elektronlar (erkin elektronlar) o'z orbitalaridan chiqib tartibli harakatni boshlaydi. Elektronlar oqimining tartibli harakati, ya'ni elektr toki yuzaga keladi.

Yaxshi o'tkazgich elektr tokini yuzaga keltiruvchi katta miqdordagi "bog'lanmagan", ya'ni erkin elektronlarga ega. Uning qarshiligi juda

kichik bo'ladi. O'tkazgichlarga misol sifatida kumush, mis va alyuminiy keltirish mumkin (2.2-rasm).

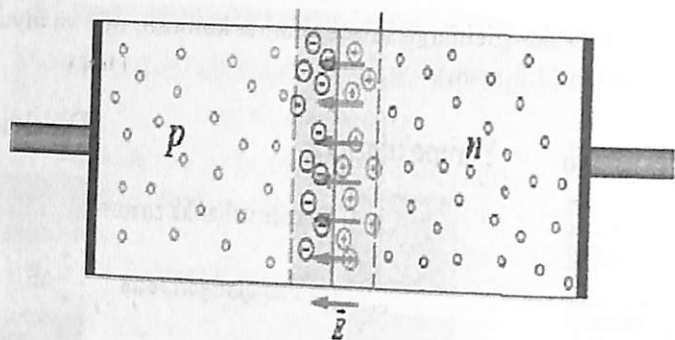


2.2-rasm. O'tkazgichlar, yarim o'tkazgichlar va izolyatorlar

Izolyatorlarda erkin elektronlar juda kam bo'ladi va ular juda katta qarshilikka ega bo'lib elektr tokining o'tishiga to'sqinlik qiladi.

Yarim o'tkazgichlarning atomlari "kristall panjara" deb ataluvchi tuzilmada guruhlangan bo'ladi. Harorat ortganda elektr o'tkazuvchanligi, ya'ni ulardagi erkin elektronlar soni ortadi. Bunday elektronlar asosiy bo'lmagan tashuvchilar deb ataladi.

Yarim o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligini ma'lum miqdordagi aralashmalarni qo'shish yo'li bilan ham oshirish mumkin. Mishyak (margimush) atomlari qo'shilganda yarim o'tkazgichlarning "kristall panjarasida" qo'shimcha elektronlar yuzaga keladi, natijada n-turdagi yarim o'tkazgich hosil bo'ladi. Bunday atomlar donor-atomlar deb ataladi. Akseptor-atom deataluvchi atomlar (masalan alyuminiy atomlari) qo'shilganda elektronlar yetishmovchiligi (kovaklar) yuzaga keladi, natijada p-turdagi yarim o'tkazgich hosil bo'ladi (2.3-rasm).

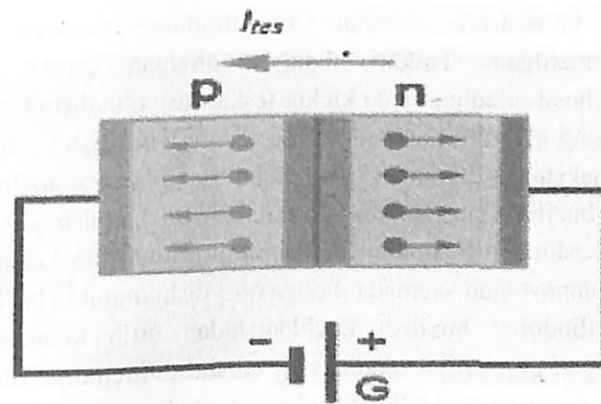


2.3-rasm. p-n- o'tishli diod

Aralashmalar kiritilganda hosil bo'ladigan elektronlar va kovaklar asosiy tashuvchilar deb ataladi. Agar p- va n-turdagi yarim o'tkazgichlar birlashtirilsa diffuziya ta'sirida n-turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan sohadan elektronlar g'ovaklarni to'ldirish uchun p-turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan sohaga siljiy boshlaydilar. Elektronlarning siljishi p-n-o'tishning ikkala tomonida ham kambag'allashgan qatlam deb ataluvchi neytral soha hosil bo'lguncha davom etadi. Kambag'allashgan qatlam bo'linish chegarasi orqali elektronlar harakatlanishining davom etishiga to'sqinlik qiluvchi potentsial to'siq hosil bo'lishiga olib keladi. Endi elektronlar bo'linish chegarasini kesib o'tishi uchun yetarli energiyaga ega bo'lishi kerak. Bunday energiya manbasi sifatida tashqi elektr yurituvchi kuch xizmat qilishi mumkin. Potentsial to'siqning sathi qo'llanilgan yarim o'tkazgich materialga bog'liq. Masalan, germaniy (Ge) uchun 0,3V, kremniya (Si) uchun 0,6 V.

### 2.2. Diodning xarakteristikalar

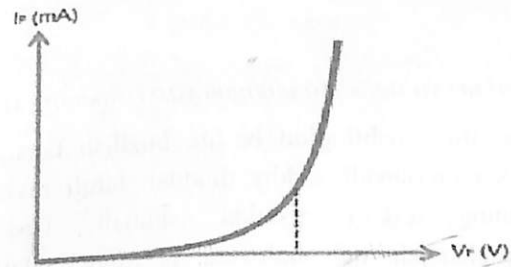
Diod teskari ulanganda (2.4-rasm) n-turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan (n-sohadagi) elektronlar kuchlanish manbasining musbat qutbga, p-sohadagi kovaklar esa manfiy qutbga tortiladi. Natijada kambag'allashgan qatlam kengayadi va kattalashgan potentsial to'siq elektronlarning bo'linish chegarasidan o'tishiga yanada kuchliroq to'sqinlik qiladi.



2.4-rasm. Diodni teskari yo'nalishda ulash

To'g'ri yo'nalishda ulangan diodda o'zgarmas kuchlanish tushishi mavjud bo'ladi, uning qiymati germaniyli diodlar uchun 0,3 V va kremniyli diodlar uchun 0,6 V. Ushbu kuchlanish tushishi diod to'g'ri yo'nalishda ulangandagi kuchlanish tushishi yoki diodning to'g'ri kuchlanishi deb ataladi.

To'g'ri yo'nalishda ulangan yassi diodning xarakteristikalar 2.5-rasmda ko'rsatilgan. Siljitish kuchlanishi potentsial to'siqning qiymatidan katta bo'lganda dioddan o'tayotgan tok keskin ortadi. Bunda siljitish kuchlanishining kichik o'zgarishi ham dioddan o'tayotgan tokning katta o'zgarishiga olib keladi. Diodning to'g'ri kuchlanishidan kichik bo'lgan kuchlanishlarda dioddan, odatda hisobga olinmaydigan, juda kichik (mikroamperlar) tok o'tadi.



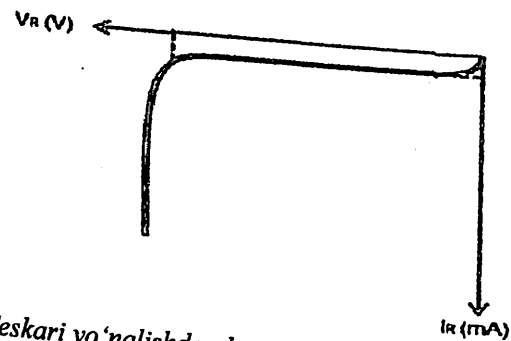
2.5-rasm. To'g'ri yo'nalishda ulangan germaniyli va kremniyli diodlarning xarakteristikalar

Teskari yo'nalishda ulangan yassi diodning xarakteristikasi 2.6-rasmda ko'rsatilgan. Teskari ulangan dioddan asosiy bo'lmagan tashuvchilar hosil qiladigan juda kichik teskari tok o'tadi (mikroamperlar). Teskari tokning qiymati kuchlanig p-n-o'tishning buzilish kuchlanishi deb ataluvchi maksimal qiymatga yetguncha amalda o'zgarishsiz qoladi. Kuchlanish buzilish kuchlanishidan katta bo'lsa buzilish yuz beradi va teskari tok keskin ortib diodning ishdan chiqishiga olib keladi. Shuning uchun diod ulanayotgan sxemada diodga qo'yilishi mumkin bo'lgan teskari kuchlanish diodning buzilish kuchlanishidan ortib ketmasligi kerak. Teskari ulangan germaniyli diodlarning qarshiligi kremniyli diodlarnikiga nisbatan kichikroq, teskari (silqish) toklari esa kattaroq bo'ladi.

Quyidagi ifoda bilan p-n-o'tishning volt-amper xarakteristikasi tavsiflanadi:

$$I = I_0(e^{\frac{U}{U_i}} - 1),$$

bu yerda:  $I$  - p-n-o'tishdan kuchlanish kuchlanish  $U$  bo'lganda o'tadigan tok,  $I_0$  - teskari tok,  $U_i$  - o'tishning harorat potentsiali, xona haroratida 26 mV ga teng.



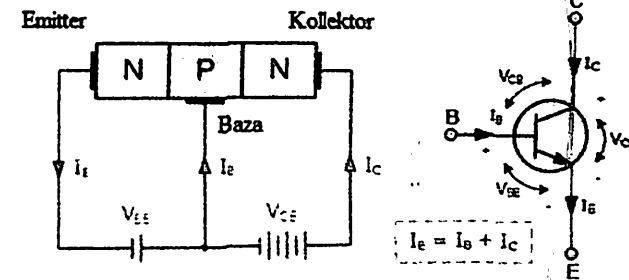
2.6-rasm. Teskari yo'nalishda ulangan yassi diodning xarakteristikasi

Stabilitron p-n-o'tishli diod bo'lib, buzilish kuchlanishining aniq qiymati bilan xarakterlanadi. Oddiy dioddan farqli ravishda volt-amper xarakteristikasining teskari qismida ishlaydi. Teskari kuchlanish stabilizatsiya kuchlanishi deb ataluvchi  $V_z$  tunnel buzilish kuchlanishi kichik bo'lganda stabilitrondan deyarli tok o'tmaydi, undan katta bo'lsa buzilish yuz beradi tok o'ta boshlaydi. Buzilish sohasida stabilitrondagi kuchlanish tushishi tokning juda katta o'zgarishlarida ham o'zgar olmaydi,

ya'ni o'zidagi kuchlanishni bir xil darajada ushlab turadi. Stabiltronlar parallel stabilizatsiya uchun va tayanch kuchlanish manbasi sifatida ishlatiladi.

### 2.3 Yarimo'tkazgichli bipolyar tranzistorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari

Tranzistor - ikkita p-n-o'tishdan tashkil topgan yarim o'tkazgichli pribordir (2.7-rasm). Tranzistor uchta chiqishga ega: emitter, baza va kollektor. Tranzistorlarning ikki xil turi mavjud: p-n-p-tranzistorlar (2.7(a)-rasm) va n-p-n tranzistorlar (2.7 (b)-rasm). Ishlash printsipi bo'yicha ular, beriladigan siljitish kuchlanishining qutbini hisobga olmaganida, bir-biridan farq qilmaydi. Ushbu tranzistorning baza - emitter (yoki qisqacha emitter) o'tishi  $V_{BE}$  kuchlanish ta'sirida to'g'ri yo'nalishda siljigan, shuning uchun elektronlar ushbu o'tish orqali emitter sohasidan baza sohasiga  $I_e$  tokni hosil qilgan holda o'ta boshlaydi.  $I_e$  tok to'g'ri yo'nalishda siljirilgan p-n-o'tishning odatdagi to'g'ri tokidir.



2.7-rasm. Tranzistorlar va ularning shartli belgilari: (a) pnp-tur, (b) n-p-n-tur

Baza sohasiga o'tgan elektronlar kollektorning musbat potentsali ta'sirida kollektorga ham o'ta boshlaydilar. Agar baza sohasi juda yubqa qilib bajarilsa elektronlarning ko'pchilik qismi (deyarli hammasi) kollektorga o'ta boshlaydi. Faqat juda oz qismi bazada to'planib baza tokini ( $I_b$ ) shakllantiradi. Odatda emitter tokini hosil qiluvchi elektronlarning 95% dan ortig'ini kollektor to'plab kollektor tokini ( $I_c$ ) shakllantiradi. Shunday qilib, emitter toki kollektor va baza toklarining yig'indisiga teng bo'ladi:  $I_e = I_c + I_b$ .

Odatda baza toki juda kichik bo'lib ko'pchilik hollarda mikroamperlar bilan o'lchanadi. Ayrim hollarda baza toki hisobga olinmaydi va tranzistorning toki sifatida emitter yoki kollektorning toki olinadi.

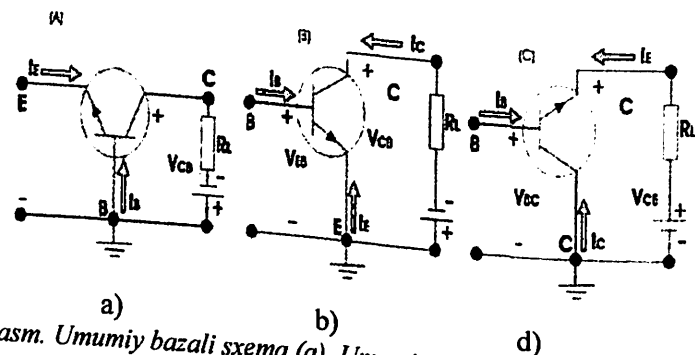
E'tibor bering, baza - kollektor (yoki qisqacha kollektor o'tishi)  $V_{CB}$  kuchlanish ta'sirida teskari yo'nalishda siljirilgan. Bu tranzistor ishlashining zarur shartidir, chunki aks holda elektronlar kollektorga tortilmagan bo'lar edi. Tok yo'nalishini tanlash qoidasiga asosan (musbat potentsialdan manfiyga) n-p-n-tranzistordagi tok kollektordan emitterga yo'nalgan deb hisoblanadi.

O'zgaras siljitish kuchlanishlarining qutblari p-n-p-tranzistor uchun teskariga almashtiriladi (2.8-rasm). Bu holda tranzistorning toki kovaklarning emitterdan kollektorga yoki elektronlarning kollektordan emitterga harakatlanishi natijasida hosil bo'ladi.

Elektron zanjirlarda tranzistorlarning uchta asosiy ulanish sxemalari mavjud. Bipolyar tranzistorlar ulanishining uchta sxemasini ajratib ko'rsatish mumkin:

1. Umumiy bazali (UB);
2. Umumiy emitterli (UE);
3. Umumiy kollektorli (UK).

Umumiy emitterli sxema (UE). emitter umumiy chiqish bo'ladi, kirish signali baza va emitter orasiga beriladi, chiqish signali emitterga nisbatan kollektordan olinadi. Moslashuvchanligi va yuqori kuchaytirish koeffitsientiga ega bo'lishi sababli ushbu sxema eng ko'p qo'llaniladigan sxemalardan biridir.



2.8-rasm. Umumiy bazali sxema (a), Umumiy emitterli sxema (b), Umumiy kollektorli sxema (c)

2. Umumiy bazali sxemada kirish va chiqish signallari uchun baza chiqishi umumiy bo'ladi. Umumiy kollektorli sxema (UK). Ushbu sxemada kirish va chiqish signallari uchun kollektor chiqishi umumiy bo'ladi. Bunday sxema emitter takrorlagich deb ham ataladi.

Hamma ulanish sxemalarida ham tranzistor bir xil ishlaydi, lekin tashqi namoyon bo'lishi har xil. Har bir ulanish sxemasi asosiy parametrlarining to'plamiga ega. Bunday parametrlarga kuchaytirish koeffitsienti, kirish va chiqish qarshiliklari, amplituda-chastotaviy xarakteristikasi va boshqalar kiradi.

Amaliyotda asosan tranzistorlarning kirish va chiqish volt-amper xarakteristikalaridan (VAX) foydalaniladi. Kirish xarakteristikalari kollektordagi kuchlanishning ma'lum qiymatlaridagi kirish toki (ulanish sxemasiga mos holda baza yoki emitter) va baza bilan emitter orasiga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Chiqish xarakteristikalari baza yoki emitter tokining (tranzistorning ulanish sxemasiga mos holda) ma'lum qiymatidagi kollektor tokining kollektor-emitter kuchlanishiga bog'liqligi ko'rinishida aniqlanadi.

Tranzistorlarning kirish xarakteristikalari diodlarning xarakteristikalariga o'xshash:

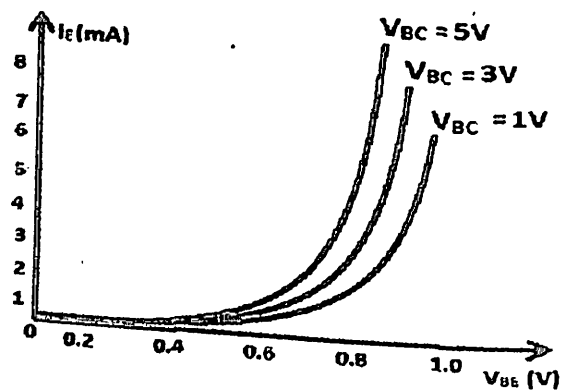
- baza-emitter kuchlanishi ortishi bilan tok eksponensial tarzda ortib boradi;
- harorat ortganda yoki kamayganda kirish xarakteristikalari kichikroq yoki kattaroq kirish kuchlanishlariga mos keluvchi tomonga siljiydi. Kremniydan tayyorlangan tranzistorlarda harorat Selsiy bo'yicha har bir gradusga ortganda baza bilan emitter orasidagi kuchlanish taxminan 2 mV ga kamayadi.

Tranzistorlar va diodlarning VAX lari nuqtalar bo'yicha o'zgaras tokda yoki maxsus priborlar - xarakterioqraflar yordamida quriladi. Ular tranzistorli kuchaytirgichlarning rejimlarini stabillash, ishchi nuqtani siljitish zanjirlarini hisoblash va tranzistorli kalitlarning chegaraviy (kesish va to'yinish) holatlarini hisoblash uchun foydalaniladi.

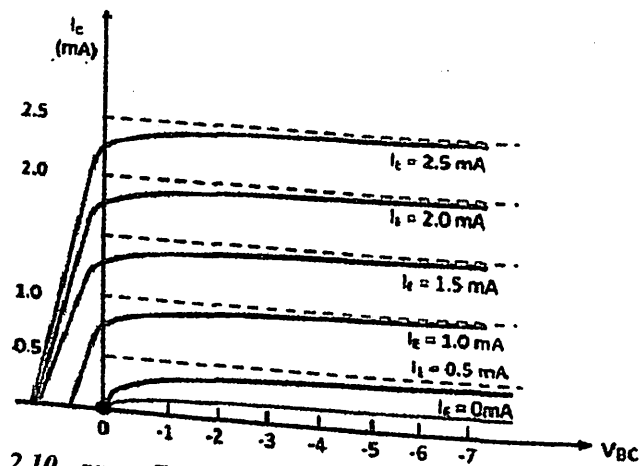
Kirish xarakteristikalari 2.9 - rasmda n-p-n-tranzistor uchun keltirilgan. Ular to'g'ri yo'nalishda siljirilgan diod p-n-o'tishining xarakteristikalaridan farq qilmaydi, chunki kirish (tranzistorning baza - emitter o'tishi) diodning p-n-o'tishi bilan bir xil.

Chiqish xarakteristikalari (2.10 - rasm) baza tokining ma'lum qiymatlarida kollektor toki (chiqish toki) va kollektordagi kuchlanish (chiqish kuchlanishi) orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Bundan tashqari ushbu xarakteristikalar kirish toki bilan chiqish toki va chiqish kuchlanishlari orasidagi o'zaro bog'lanishni ham ko'rsatadi.

Maslan, chiqish xarakteristikalari 2.10-rasmda ko'rsatilgan tranzistor uchun  $I_b = 40\text{mA}$  va  $U_{CE} = 6\text{V}$  da kollektor toki  $I_c = 4\text{mA}$ . Ushbu qiymat chiqish xarakteristikasidan tanlangan baza tokiga asosan osonlik bilan aniqlanishi mumkin.



2.9 - rasm. Tranzistorning kirish xarakteristikalari



2.10 - rasm. Tranzistorning chiqish xarakteristikalari

Nazariy jihatdan baza tokining nolga teng bo'lgan qiymatidagi ( $I_b = 0$ ) xarakteristika tranzistorning tok o'tkazmaydigan holatiga mos keladi. Lekin amalda kollektor o'tishida juda kichik silqish toki hosil bo'ladi.

#### 2.4 Yarimo'tkazgichli maydonli tranzistorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari

Maydonli tranzistorlarda stlabunipolyar tranzistorlar deb atalgan, chunki ularda faqat bir xil turdagi asosiy tashuvchilar-elektronlar yoki kovaklar bo'ladi. Bunday tranzistorlarda injeksiya va diffuziya jarayonlari amalda yo'q, bo'lsa ham asosiy rolni o'ynamaydi. Ularda tashuvchilarning asosiy harakatlanish usuli elektr maydonidagi dreyfdir.

O'zgarmas elektr maydonida yarimo'tkazgichdagi tokni boshqarish uchun yarimo'tkazgichli qatlamning solishtirma qarshiligi yoki maydonini o'zgartirish kerak. Amalda ikkala usul ham qo'llaniladi, ular maydon effektiga (zatvordagi kuchlanish bilan boshqarish) asoslangan. Shuning uchun unipolyar tranzistorlar odatda maydonli tranzistorlar deb ataladi. Ulardagi tok o'tkazuvchi qatlam kanal deb ataladi. Bundan unipolyar tranzistorlarning yana bir nomi - kanalli tranzistorlar kelib chiqqan.

Kanallar yuzaviy (sirtida joylashgan) yoki hajmiy bo'lishi mumkin. Yuzaviy kanallar dielektrikdagi donor kiritmalarning mavjudligi bilan belgilanuvchi to'yintirilgan qatlamlar yoki tashqi maydon ta'sirida hosil bo'luvchi invers qatlam ko'rinishida bo'lishi mumkin. Hajmiy kanallar bir jinsli uchastkalar bo'lib yarimo'tkazgichning yuzasidan kambag'allashtirilgan qatlam bilan ajratilgan bo'ladi.

Hajmiy kanalli tranzistorlarda kambag'allashtirilgan qatlam p-n o'tish yordamida hosil qilinadi. Shuning uchun ularni p-n o'tishli maydonli tranzistorlar yoki qisqacha maydonli tranzistorlar deb ataydilar. Bunday tranzistorlarning tavsifini birinchi marta Shokli 1952-yilda bergan.

Maydonli tranzistorlar zamonaviy elektronikada borgan sari keng qo'llanilmoqda. Ularning ishlashi qarshiligi elektr maydoni bilan boshqariluvchi yarim o'tkazgichli tok o'tkazuvchi kanaldan foydalanishga asoslangan. Kanaldan o'tayotgan tokning kattaligi elektr maydoni yordamida boshqariladi.

Bipolyar tranzistorlar unipolyar tranzistorlar deb ham ataladi, chunki

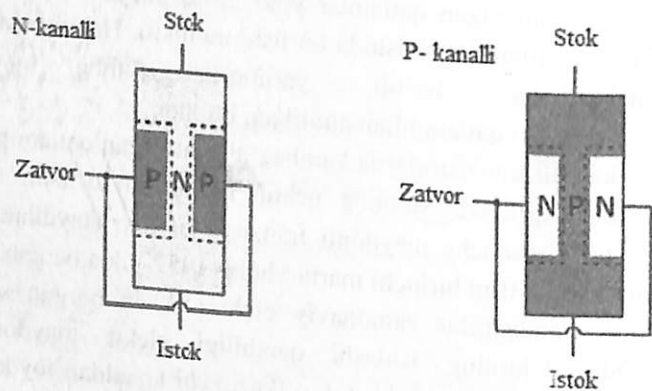
ulara zaryadlarning ko'chishini faqat asosiy tashuvchilar amalga oshiradi. Asosiy tashuvchilarning toklari faqat bir turdagi yarim o'tkazgichdan (n-turdagi yoki p-turdagi) o'tadi.

Maydonli tranzistorda uchta elektrod bor: istok  $s$  (*source*), zatvor  $g$  (*gate*) va stok  $d$  (*drain*). Ushbu elektrodlar bipolyar tranzistordagi emitter, baze va kollektorga mos keladi.

Maydonli tranzistorlarning o'lchamlari kichik va juda katta kirish qarshiligiga ega. Ular hororat o'zgarishiga bipolyar tranzistorlarchalik sezgir emas. Maydonli tranzistorlar asosidagi sxemalarda bipolyar tranzistorlar asosidagi sxemalarga nisbatan kamroq komponentlar ishlatiladi. Maydonli tranzistorlarni tayyorlash osonroq va ular integral sxemalarda ishlatish uchun ko'proq mos keladi.

Manfiy kuchlanish manbasidan ta'minlanuvchi p-kanalli tranzistorlar ham qo'llaniladi. Boshqaruvchi p-n-o'tishli ikkala turdagi maydonli tranzistorlarning shartli belgilari 2.11-rasmda ko'rsatilgan.

Umumiy stokli sxema bo'yicha ulangan p-n-o'tishli maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini 2.12-rasmda ko'rsatilgan. Ular bipolyar tranzistorning xarakteristikalariga o'xshash. Chiqish xarakteristikalarini zatvodagi  $V_{GS}$  (zatvor va istok orasidagi) kuchlanishning berilgan qiymatarida chiqish (stok) toki  $I_D$  va chiqish (stok va istok orasidagi) kuchlanishi  $V_{DS}$  orasidagi bog'lanishni ko'rsatadi.



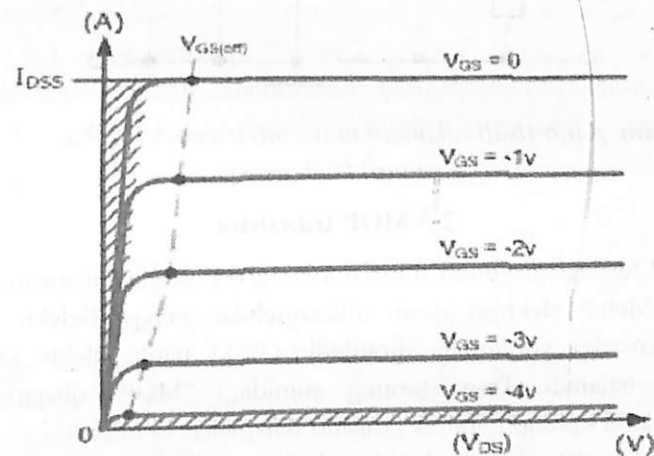
2.11-rasm. Maydonli tranzistorning ishlash printsipi

Maydonli tranzistorlarda siljitivchi zartvor-istok kuchlanishining o'zgarish diapazoni katta, bir necha volt (bipolyar tranzistorlarda baza-

emitter kuchlanishi amalda o'zgarmas bo'ladi).

Zatvodagi kuchlanish ortishi bilan stok toki kamayib boradi. Tokning kamayishi kengayib boruvchi kambag'allashgan qatlam kanalni to'la egallaguncha davom etadi. Ushbu holda maydonli tranzistor yopiq holatiga o'tadi.

Maydonli tranzistorda bajarilgan p-n-o'tishli n-kanalli maydonli tranzistorda bajarilganoioz chastota kuchaytirgichi sxemasi 2.13- rasmda keltirilgan. Sxemada zatvorning juda kichik bo'lgan silqish toki  $R_1$  rezistor orqali masssaga o'tkaziladi. Kerakli teskari siljishni  $R_3$  rezistor, istok potentsialini zatvor potentsialidan yuqoriga ko'tarib, ta'minlaydi. Bundan tashqari, ushbu rezistor kuchaytirgichning o'zgarmas tok bo'yicha stabililigini ham ta'minlaydi. Stok zanjiriga ulanadigan  $R_2$  yuklama rezistorining qarshiligi juda katta bo'lishi mumkin (1,5 MOm gacha). Istok zanjiridagi  $C_2$  ajratuvchi kondensator  $R_3$  rezistor orqali bo'ladigan o'zgaruvchan tok bo'yicha manfiy teskari bog'lanishni bartaraf qiladi.

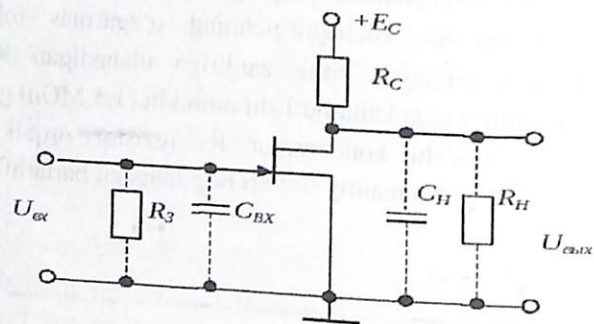


2.12-rasm. Boshqaruvchi p-n-o'tishli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini

Maydonli tranzistorning kirish qarshiligi katta bo'lishi sababli  $C_1$  ajratuvchi kondensatorning sig'imini kichik (0,1 m $\mu$ F) olish mumkin.

Kuchaytirgichning kirishiga signal berilganda stok toki o'zgarib stokdagi chiqish kuchlanishining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Kirish

signalining musbat yarim davri maboynida zatvordagi kuchlanish musbat yo'nalishda ortadi, zatvor-istok o'tishdagi teskari siljitish kuchlanishi kamayadi va, natijada, maydonli tranzistorning toki  $I_D$  ortadi. Stok toki  $I_d$  ning ortishi chiqish (stok) kuchlanishining kamayishiga olib keladi va kirishdagi musbat yarim davr manfiy yarim davr sifatida aks ettiriladi. Va aksincha, kirish signalining manfiy yarim davriga chiqish signalining musbat yarim davri mos keladi. Shunday qilib, umumiy istokli kuchaytirgichda kirish va chiqish signallari qarama-qarshi fazalarda bo'ladi.



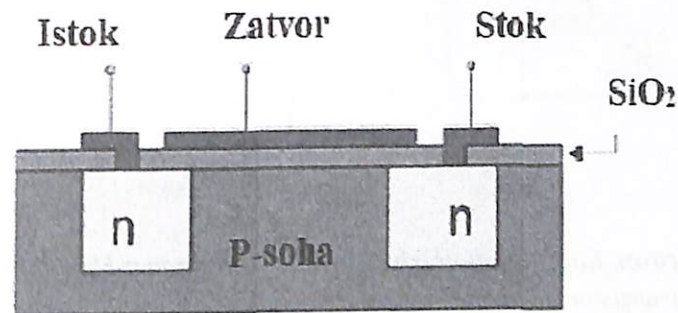
2.13-rasm. p-n-o'tishli n-kanalli maydonli tranzistorda bajarilganoioz chastotasi kuchaytirgichi

### 2.5 MOP-tranzistor

MOP turdagi maydonli tranzistorda zatvor vazifasini metall elektrod bajaradi. Metall elektrod yarim o'tkazgichdan yupqa dielektrik (oksid) plyonka (parda) yordamida ajratiladi. Oksid parda elektr izolyatsiya vazifasini bajaradi. Tranzistorning nomidagi "MOP" qisqartma so'zi «metal - oksid - poluprovodnik (yarimo'tkazgich)» ni bildiradi.

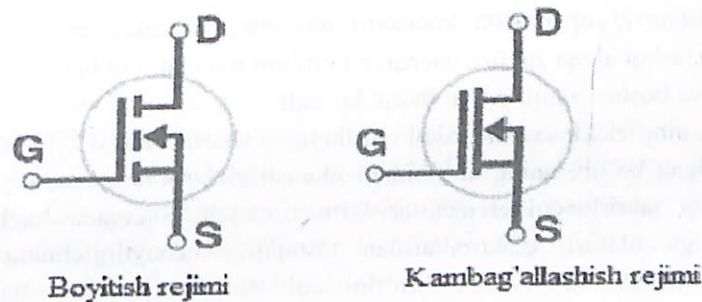
MOP-tranzistorda p-turdagi kanal elektronlarning p-turdagi taglikdan zatvoming dielektrik qatlamiga tortilishi natijasida hosil bo'ladi (2.14-rasm). Kanalning kengligini zatvorga elektr potentsiali berib o'zgartirish mumkin. Zatvorga musbat (taglikka risbatan) potentsial berilganda n-turdagi kanal kengayadi va kanaldan o'tayotgan tok ortadi, manfiy potentsial berilganda kanal torayadi va tok kamayadi. Kanali p-turda bo'lgan MOP-tranzistorlarda aksincha bo'ladi. Ikki xil turdagi MOP-tranzistorlar mavjud: boyitish rejimida ishlaydigan tranzistorlar va

kambag'allashish rejimida ishlaydigan tranzistorlar. Adabiyotlarda boyitish rejimida ishlaydigan tranzistorlarni induktsiyalangan kanalli MOP-tranzistorlar va kambag'allashish rejimida ishlaydigan tranzistorlarni birlashtirilgan kanalli MOP-tranzistorlar deb ham ataladi.



2.14-rasm. MOP-tranzistor

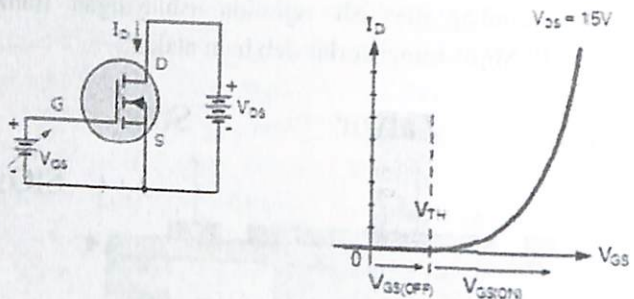
Siljitish kuchlanishi  $V_{GS} = 0$  bo'lganda boyitish rejimida ishlaydigan tranzistor tok yopiq holatida (normal uzilgan) bo'ladi. Tokning o'tishi faqat zatvorga siljitish kuchlanishi berilganda boshlanadi. Boyitish rejimida ishlayotgan n-kanalli MOP-tranzistorning shartli belgisi 2.15-rasmda ko'rsatilgan.



2.15-rasm. n-kanalli MOP-tranzistorning shartli belgisi

Kambag'allashish rejimida ishlaydigan MOP-tranzistor zatvorda siljitish kuchlanishi bo'lmaganda ham tok o'tkazadi (normal ulangan). Zatvoriga musbat kuchlanish berilganda n-kanalli MOP-tranzistorning stok

toki ortadi, manfiy kuchlanish berilganda kamayadi (2.16-rasm).



2.16-rasm. Kambag'allashish rejimida ishlayotgan n-kanalli MOP-tranzistorning chiqish xarakteristikalari va shartli belgisi

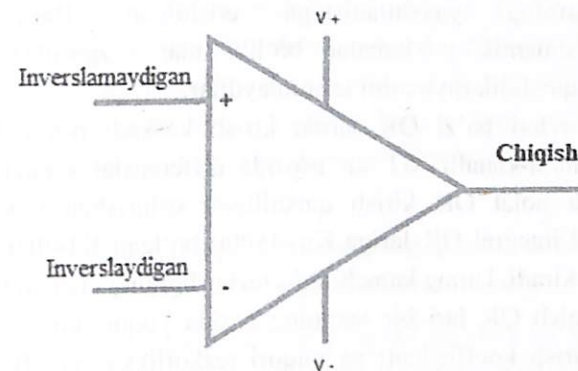
## 2.6. Operatsion kuchaytirgich ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari

Kuchaytirgich bu energiya ta'minot manbai hissobiga signal quvvatini ortiruvchi qurilmadir.

Operatsion kuchaytirgich deb, o'zgaras kuchlanishni kuchaytiruvchi ikki kirish va bir chiqishga ega bo'lgan qurilmaga aytiladi, u juda yuqori kuchaytirish koeffitsiyenti bilan xarakterlanadi, hamda katta kirish va kichik chiqish qarshilikga egadir.

Zamonaviy operatsion kuchaytirgich integral mikrosxema asosida bajarilib, tashqi aloqa zanjiri, energiya ta'minot manbai, yuklama, signallar manbai va boshqa zanjirlardan iborat bo'ladi.

OK ning elektr sxemalarda keltiriladigan shartli belgisi 2.17- rasmda ko'rsatilgan bo'lib, uning tarkibidagi ulanish elektrodleri, umumiy shina va tashqi tahrirlovchi elementlar ko'rsatilmaydi. Sxemada kuchlanish manbayiga ulanish elektrodlaridan tashqari, kuchaytirgichning talab etilgan logarifmik ACHX ko'rinishini shakllantiruvchi chastotani korreksiyalovchi elektrodlar ham ko'rsatilgan. OK ikkita kirishga ega: inverslaydigan (aylana yoki ishora bilan belgilangan) va inverslamaydigan. Agar signal OK ning inverslaydigan kirishiga berilsa, u holda chiqishdagi signal  $180^\circ$  ga siljigan, ya'ni inverslangan bo'ladi.



2.17 - rasm. OKning elektr sxemalarda kejtiriladigan shartli belgisi

Agar signal OK ning inverslamaydigan kirishga berilsa, u holda chiqishdagi signal kirish signali bilan bir xil fazada bo'ladi. OK da ikki qutbli ( $\pm 3 \text{ V} \dots \pm 20 \text{ V}$ ) kuchlanish manbayi qo'yiladi. Bu manbalarning ikkinchi qutblari, odatda, kirish va chiqish signallari uchun umumiy shina bo'lib hisoblanadi va ko'p hollarda OK ga ulanmaydi. OK lar o'z xususiyatlariga ko'ra ideal kuchaytirgichlarga yaqin.

Ideal kuchaytirgich: cheksiz katta kuchaytirish koeffitsientiga; cheksiz katta kirish qarshiligi; nolga teng bo'lgan chiqish qarshiligiga; inverslaydigan va inverslamaydigan kirishlarga, bir xil signal berilganda nolga teng bo'lgan chiqish kuchlanishiga, cheksiz katta keng o'tkazish polosasiga ega.

OKlar rivojlanishning uch bosqichidan o'tdilar.

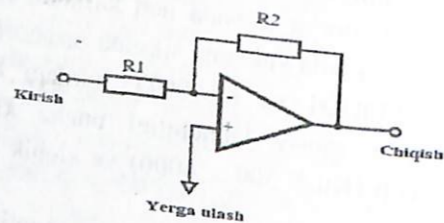
Birinchi bosqichda universal OKlar ishlab chiqilgan. Birinchi avlod OK lari n-p-n turli tranzistorlar asosida uch kaskadli tuzilma sxemasi bo'yicha qurilgan bo'lib, ularda yuklama sifatida rezistorlar qo'llanilgan. Bunday OK larga K140UD1 va K140UD5 turdagi kuchaytirgichlar kiradi. Bu OK larning asosiy kamchiligi uncha katta bo'lmagan kuchaytirish koeffitsienti ( $K_u = 300 \div 4000$ ) va kichik kirish qarshiligi  $R_{kir} = 4 \text{ kOm}$  edi.

Ikkinchi bosqich OK larida bu kamchiliklar yo'qotigan, chunki ular ikki kaskadli sxemalardan tuzilgan. Tok bo'yicha katta kuchaytirish koeffitsientiga ega bo'lgan tarkibiy tranzistorlar qo'llash va yuklamadagi rezistorlarni dinamik yuklamalarga almashtirish yo'li bilan

xarakteristikalarining yaxshilanishiga erishilgan. Barqaror tok generatorlari dinamik yuklamalar bo'lib, ular o'zgaruvchan tokka nisbatan katta qarshilik qiymatini ta'minlaydilar.

Ikkinchi avlod ba'zi OK larida kirish kaskadi p-n o'tish bilan boshqariladigan n-kanalli MT lar asosida differensial sxema bo'yicha bajarilgan. Bu holat OK kirish qarshiligini oshirishga imkon berdi. Ikkinchi avlod integral OK lariga  $K_u=45000$  bo'lgan K140UD7 turdagi kuchaytirgich kiradi. Uning kamchiligi - tezkorligining chegaralanganligi. Uchinchi bosqich OK lari bir vaqtning o'zida yuqori kirish qarshiligi, katta kuchaytirish koeffitsienti va yuqori tezkorlikka ega. Bunday OK larning o'ziga xosligi shundaki, ularda tok bo'yicha juda katta kuchaytirish koeffitsienti  $\rho=10^3 \div 10^5$  ga ega bo'lgan tranzistorlar qo'llanilgan. Uchinchi avlod integral OK lariga KU40UD6 turdagi kuchaytirgichlar kiradi. To'rtinchi avlod (maxsus) OK larining ba'zi parametrlari rekord qiymatlarga ega. Ularga, masalan, kuchlanish bo'yicha juda katta kuchaytirish koeffitsienti ( $K_u=10^6$ ) ga ega bo'lgan K152UD5 turdagi, chiqish kuchlanishining ortish tezligi yuqori (75 V/mks dan katta) bo'lgan K154UD2 turdagi va kichik iste'mol toki (0.5 mA dan kam) ga ega bo'lgan K140UD12 turdagi OK lar kiradi.

Operatsion kuchaytirgichlarga inersiyasiz rezistiv (chiziqli) Inverslaydigan kuchaytirgich. DK OK ning kirish kaskadi bo'lganligi sababli, butun OK nol bo'yicha yuqori barqarorlikka ega, lekin uning kuchaytirish koeffitsienti temperaturaga bog'liq. Bu kamchilik manfiy TA qo'llash yordamida bartaraf qilinadi. Yuqori barqarorlikka ega bo'lgan inverslaydigan kuchaytirgich sxemasi 2.18-rasmda keltirilgan.

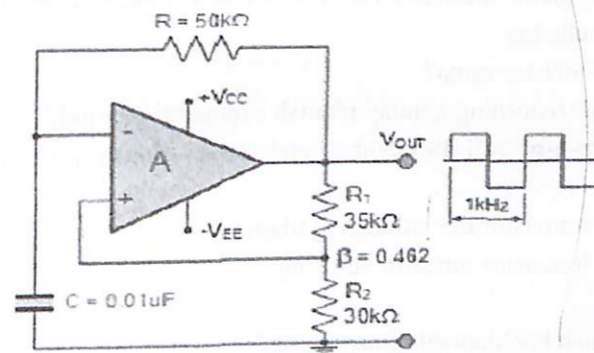


2.18-rasm. Yuqori barqarorlikka ega bo'lgan inverslaydigan kuchaytirgich sxemasi

Integral mikrosxemalar asosidagi bir qancha turdagi operatsion kuchaytirgichlar mavjud bo'lib, ularning asosiy parametrlarini ko'rib o'taylik. O'zgarmas kuchlanishni kuchaytirish koeffitsiyenti - bu chiqish kuchlanishini differensial kirish kuchlanishiga nisbati bo'lib, integral mikrosxema asosidagi operatsion kuchaytirgichlar mingdan milliongacha kuchaytirish koeffitsiyentiga ega.

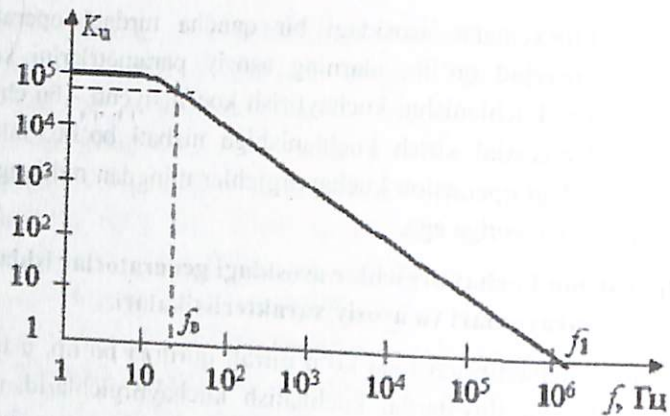
### 2.7. Operatsion kuchaytirgichlar asosidagi generatorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari.

Operatsion kuchaytirgich juda ko'p qirrali qurilma bo'lib, u turli xil elektron sxemalar va ilovalarda, kuchlanish kuchaytirgichlaridan tortib filtrlargacha ishlatilishi mumkin. Ammo har qanday umumiy maqsadli operatsion kuchaytirgichga asoslangan juda oddiy va juda foydali sxemasi multivibrator hisoblanadi. 2.19-rasmda operatsion kuchaytirgichlar asosidagi generator keltirilgan.



2.19-rasm. Operatsion kuchaytirgichlar asosidagi generator

2.20-rasmda teskari aloqasiz operatsion kuchaytirgichning chastota xarakteristikasi keltirilgan.



2.20-rasm. Teskari aloqasiz operatsion kuchaytirgichning chastota xarakteristikasi

#### Nazorat savollari

1. Yarimo'tkazgichli diodning vazifasi nimadan iborat? Ularning shartli belgilanishini chizing.
2. Bipolyar tranzistor nima?
3. Bipolyar tranzistorning qanday ulanish sxemalari mavjud?
4. n-p-n va p-n-p turli bipolyar tranzistorlar ishlash prinsipida farqi nimada?
5. Maydoniy tranzistor deb nimaga aytiladi?
6. Maydoniy tranzistor turlarini keltiring.
7. Ayiru vchinmg chiqish kuchlanishi nimaga teng?
8. Preisizion attenyuator nima uchun xizmat qiladi?
9. Operatsion kuchaytirgich deb nimaga aytiladi?
10. Integral mikrosxemalar asosidagi qanday turdagi operatsion kuchaytirgichlar mavjud?
11. O'zgarmas kuchlanish kuchaytirish koeffitsiyenti nimaga teng?

#### Test savollari

1. Sxemalarda yarimo'tkazgichli diod ... ishlatiladi.
  - a) o'zgaruvchan tokni o'zgarmasga aylantirish uchun
  - b) induktivlik sifatida
  - d) tok stabilizasiyalash uchun
  - e) elektr saqlagich sifatida
2. Sxemalarda bipolyar tranzistor ... ishlatiladi.
  - a) signallarni quvvatini kuchaytirish uchun
  - b) signallarni kechiktirish uchun
  - d) signallarni so'ndirish uchun
  - e) signallarni ajratish uchun
3. Sxemalarda MDYa - tranzistor ... ishlatiladi.
  - a) kuchlanish kuchaytirgichi sifatida
  - b) signallarni kechiktirish uchun
  - d) signallarni so'ndirish uchun
  - e) signallarni ajratish uchun
4. Sxemalarda zatvori p-n o'tish bilan boshqariladigan tranzistor ... ishlatiladi.
  - a) kuchlanish kuchaytirgichi sifatida
  - b) signallarni kechiktirish uchun
  - d) signallarni so'ndirish uchun
  - e) signallarni ajratish uchun
5. Termorezistor
  - a) termoelektrik asbob
  - b) elektr o'zgartiruvchi asbob
  - d) elektr yoritgich asbob
  - e) fotoelektrik asbob
6. Fototranzistor ... ishlatiladi.
  - a) optik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
  - b) elektr signallarni optik signallarga aylantirish uchun
  - d) issiqlik signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
  - e) elektr signallarni elektr signallarga aylantirish uchun
7. Qaysi tranzistor tuzilmasida dielektrik qatlam qo'llaniladi?
  - a) MDYa tranzistorda
  - b) barcha javoblar noto'g'ri
  - d) n-p-n bipolyar tranzistorda
  - e) p-n-p bipolyar tranzistorda
8. n-p-n turli bipolyar tranzistorning chegaraviy chastotasi nima bilan aniqlanadi?

- a) elektronlarning bazadan uchib o'tish vaqti.
  - b) emitter va kollektor o'tishlar sig'imining zaryadlanishi bilan
  - d) elektronlarning kollektor o'tishdan o'tish vaqti bilan
  - e) barcha vaqtlar chegaraviy chastotani belgilaydi/
9. Emitter zaryad tashuvchilarini ... xizmat qiladi.
- a) injeksiyalash uchun
  - b) ekstraksiyalash uchun
  - d) to'plash uchun
  - e) uzatish uchun
10. Signallarni uzatishda zanjirlarni ulash uchun (tranzistor eng kichik qarshilikka ega) tranzistorning qaysi rejimi ishlatiladi?
- a) to'yinish rejimi
  - b) berk rejim
  - d) invers rejim
  - e) aktiv rejim

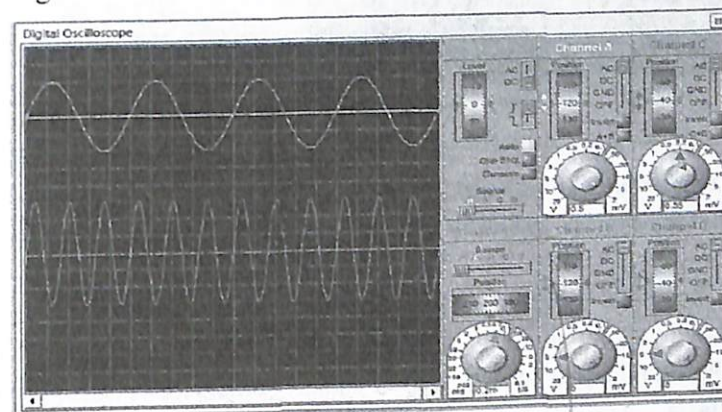
#### Mustaqil ta'lim uchun mavzular

1. Bipolyar tranzistorlar.
2. Maydonli tranzistorlar ishlash jarayonlari va asosiy xarak-teristikalari.
3. Emitter takrorlagichlar ishlash jarayonlari va asosiy xarak-teristikalari.
4. Operatsion kuchaytirgichlar.
5. Operatsion kuchaytirgichlar asosidagi generatorlar.
6. Differensial kuchaytirgichlar.

### III. BOB. RAQAMLI QURILMALARNING MANTIQUIY ASOSLARI

#### 3.1 Analog va raqamli signallar

Barcha elektron qurilmalarda, jumladan raqamli qurilmalarda elektr signallari orqali u yoki bu amal bajariladi. Bu elektr signallari qurilmaning turiga qarab, uzliksiz (analog) yoki impuls shaklda bo'lishi mumkin. Quyidagi ostsillogrammada (3.1-rasm) sinusoidal analog signallar tasvirlangan:

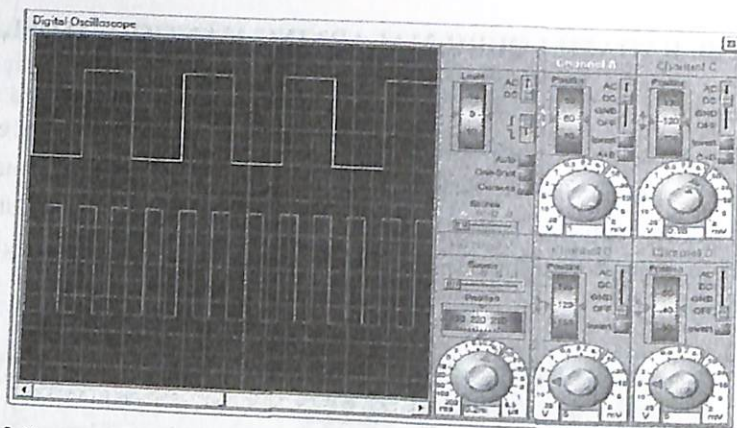


3.1-rasm. Analog signallar ostsillogrammasi

Sariq va qizil rang bilan ko'rsatilgan signallar sinusoidal bo'lib, bir biridan chastotasi bilan farqlanadi. Agar sariq signal chastotasini  $f$  desak, qizil rang bilan ko'rsatilgan signal chastotasi  $3f$  ga tengligi rasmdan yaqqol ko'rinib turibdi.

Analog signallarga misol qilib, mikrofon qurilmasinig elektr kuchlanishining o'zgarishlarini misol keltirish mumkin. Bu signal mikrofonga tasir qilayotgan akustik signallarni vaqt bo'yicha o'zgarishlarini aynan takrorlagani uchun analog signal, yani akustik signal analogi, qisqacha analog signal deb aytiladi. Bundan ko'rinib turibdiki barcha fizik kattaliklarning vaqt bo'yicha o'garishlariga mos elektr signallarga **analog signal** deyiladi.

Quyidagi rasmda esa  $f$  va  $3f$  chastotali impulsi signallar ostsillogrammasi (3.2-rasm) tasvirlangan:



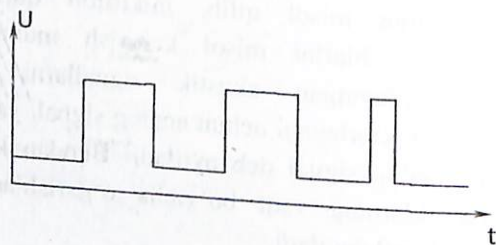
3.2-rasm. Chastotasi  $f$  va  $3f$  impulsli signallar ostsilogrammasi.

Biz bundan buyon signallar shaklini 3.1, 3.2-rasmlarda ko'rsatilganidek, ostsillograf qurilmasi yordamida vizuallashtirib (namoyish etib), kuzatamiz.

3.1-rasm va 3.2-rasmda tasvirlangan ostsillograf 4 kanalli bo'lib, kanallardagi signallar sariq, qizil, ko'k va yashil ranglarda ko'rinadi. Ostsillograflar haqida amaliy mashg'ulot darslarida ko'proq ma'lumotga ega bo'lasiz.

Raqamli signallar odatda impuls shaklida bo'ladi (3.3 - rasm).

Raqamli qurimalarda axborot elektr kuchlanishining ikki xil sathi bilan xarakterlanuvchi, vaqt bo'yicha turli kenglikka ega bo'lgan, to'g'ri burchakli impuls sifatida qabul qilinadi, saqlanadi, qayta ishlanadi va uzatiladi.



3.3-rasm. Impuls signal

bu yerda:  $U$  - kuchlanish;  $t$  - vaqt.

Impulsli signallar bilan ikki holatli fizik kattaliklarni, huddi shuningdek, mantiqiy kattaliklarni ham ifodalash juda qulay.

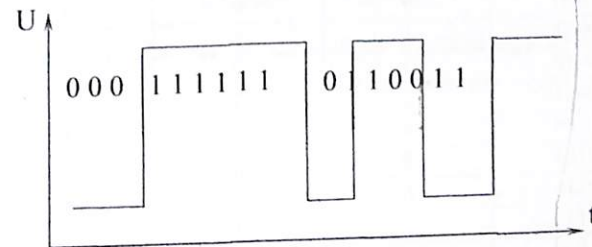
Raqamli qurimlar faqat "Mashina tili" da ma'lumotlar va komandalarni qabul qiladi. Mashina tilidagi ma'lumotlar va dastur komandalari "1" va "0" raqamlari ketma-ketligidan iborat kodlardan tashkil topadi. Ko'p hollarda "1" raqamiga impuls sathining yuqori qiymati, "0" raqamiga esa quyi qiymati mos keladi:

Masalan: «1» - 2,5 dan 5 voltgacha, «0» - 0 dan 0,4 voltgacha, 0,4 volt dan 2,4 voltgacha sathga ega bo'lgan impuls signallari "nomalum" holatni ifodalaydi, bu elektr zanjirlarida nosozlik borligining belgisi bo'lishi mumkin.

Raqamli qurilmalar shemoteknikasida ikki turdagi mantiq mavjud. Musbat va manfiy mantiq. Musbat mantiqli tizimda aynan 3.4-rasmdagidek, "1" kodi impulsning yuqori sathni, "0" kodi esa quyi sathini ifodalaydi.

Manfiy mantiqli tizimda esa "1" kodi impulsning quyi sathni, "0" kodi esa yuqori sathini ifodalaydi.

Manfiy mantiqli tizim realizatsiyasi qulay bo'lgani uchun mikroshemoteknikada ko'plab qo'llaniladi.



3.4-rasm. Impulsning sath bo'yicha kodlanishi

### 3.2 Sanoq tizimlari.

Kundalik hayotda inson 0, 1, 2, ..., 9 simvollarini ishtirokidagi sonlardan, ya'ni **10 lik sanoq tizimining** simvollarini bilan ifodalangan sonlardan foydalanadi. Simvollarining vazni ularning sondagi o'rni, ya'ni pozitsiyasiga qarab belgilanadi. Masalan  $xx5$ ,  $x5x$  va  $5xx$  uch xonali sonlarning birinchisida **besh**, ikkinchisida **ellik** va uchinchi sonda **besh yuz** qiymatlarni ifodalaydi.

Raqamli qurilmalarni dasturlash, loyihalash, o'rganish, axborot

kiritish va chiqarish jarayonlarida **Ikkilik, Sakkizlik, O'n oltilik** va boshqa sanoq tizimlaridan foydalaniladi. Ikkilik sanoq tizimida faqat "0" va "1" simvollarida ifodalangan sonlar ishtirok etadi. Sakkizlik sanoq tizimiga 0; 1; 2;...; 7 simvollar, o'n oltilik sanoq tizimiga esa 0; 1; 2;...; 9; A, B, C, D, E, F simvollar orqali ifodalangan sonlar kiradi.

Raqamli texnika bilan tanishayotganlar hamda bu texnika foydalanuvchilari o'z ish faoliyatida bu jadvaldan keltirilgan sanoq tizimlarining biridan ikkinchisiga o'tishda foydalanadilar.

Bundan tashqari, loyihalash davrida raqamli qurilmalar holatlarini kuzatishda, ular ishini tashkillash uchun kerak bo'ladigan kodlar ketma-ketligini qurilma kirishiga berishda, qurilma bajargan amallarni tadqiq etishda ikkilik tizimidagi sonlarni o'qishda 3.1-jadvaldan keng foydalaniladi.

3.1-jadval.

Son qiymatlarning turli sanoq tizimlaridagi ifodasi

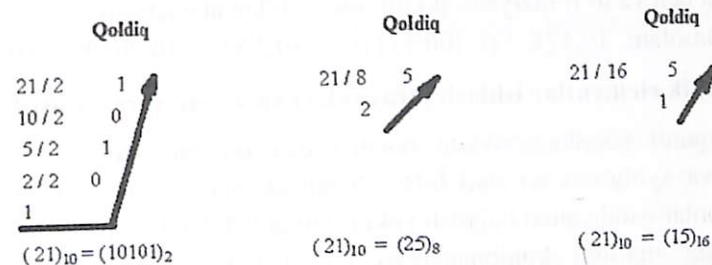
Ikkilik sonlar	Sakkizlik sonlar	O'nlik sonlar	O'n oltilik sonlar
0000	0	0	0
0001	1	1	1
0010	2	2	2
0011	3	3	3
0100	4	4	4
0101	5	5	5
0110	6	6	6
0111	7	7	7
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	10	A
1011	13	11	B
1100	14	12	C
1101	15	13	D
1110	16	14	E
1111	17	15	F
10000	20	16	10

Hosil bo'lgan uchliklarning har bir to'plami bitta sakkizlik raqam bilan, to'rtliklarning har bir to'plami esa bitta o'n oltilik raqam bilan mos ravishda almashtiriladi.

Masalan:  $010\ 101$   $(10101)_2 = (25)_8$   
 $2\ 5$   
 $0001\ 0101$   $(01101)_2 = (15)_{16}$   
 $1\ 5$

Sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlarida berilgan butun sonlarni ikkilik sanoq tizimiga o'tkazish uchun berilgan sonning har bir raqami mos ravishda uch va to'rt razryadli ikkilik sonlar bilan almashtiriladi.

Masalan:  $(46)_8 = (100\ 110)_2$ ,  $(39)_{16} = (0011\ 1001)_2$



3.5-rasm. Berilgan o'nlik son  $(21)_{10}$  ni ikkilik, sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlariga o'tkazish

**Kasr sonlarni bir sanoq tizimidan boshqasiga o'tkazish.** Ikkilik, sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlarida berilgan kasr sonlarni o'nlik sanoq tizimiga o'tkazish uchun berilgan sonning verguldan keyingi raqamidan boshlab har bir raqamini sanoq tizimi asosining mos darajasini manfiy qiymatiga ko'paytirib, hosil bo'lgan ko'paytmalar yig'indisi olinadi. Ya'ni sonning verguldan keyingi raqamini sanoq tizimi asosining "-1" - darajasiga ko'paytiriladi, ikkinchi raqamini sanoq tizimi asosining "-2" - darajasiga ko'paytiriladi, uchinchi raqamini sanoq tizimi asosining "-3" - darajasiga ko'paytiriladi va h.k., so'ngra hosil bo'lgan ko'paytmalar yig'indisi hisoblanadi.

$(0,1010)_2 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 0 \times 2^{-4} = 0,5 + 0 + 0,125 + 0 = (0,625)_{10}$   
 $(0,24)_8 = 2 \times 8^{-1} + 4 \times 8^{-2} = 0,25 + 0,0625 = (0,3125)_{10}$   
 $(0,5)_{16} = 5 \times 16^{-1} = (0,3125)_{10}$

Ikkilik sanoq tizimida berilgan kasr sonlarni sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlariga o'tkazish uchun verguldan keyingi raqamdan boshlab mos ravishda uchta va to'rtta razryadli bo'laklarga ajratiladi. Har bir bo'lak

sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlarining mos raqamlari bilan o'zgartiriladi.

Masalan:

$$0,110\ 101\ (0,110\ 101)_2 = (0,65)_{10};$$

D 4

$$0,1101\ 0100\ (0,1101\ 01)_2 = (0,D4)_{16}$$

Sakkizlik va o'n oltilik sanoq tizimlarida berilgan kasr sonlarni ikkilik sanoq tizimiga o'tkazish uchun berilgan sonning har bir raqami mos ravishda uch va to'rt razryadli ikkilik sonlar bilan almashtiriladi.

$$\text{Masalan: } (0,47)_8 = (0,100\ 111)_2, \quad (0,2A)_{16} = (0,0010\ 1010)_2$$

### 3.3 Logik elementlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari

Raqamli texnikada ikkita holatga ega bo'lgan, nol va bir yoki «rost» va «yolg'on» so'zlari bilan ifodalanadigan sxemalar qo'llaniladi. Biror sonlar ustida amal bajarish yoki eslab qolish talab qilinsa, ular bir va nollarning ma'lum kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalanadi. Raqamli qurilmalar ishini ta'riflash uchun maxsus matematik apparat lozim bo'ladi. Bunday matematik apparat Bul algebrasi yoki Bul mantiqi deb ataladi. Uni irland olimi D.Bul ishlab chiqqan.

Mantiq algebrasi «rost» va «yolg'on» - ko'rinishdagi ikkita mantiqiy qiymat bilan ishlaydi. Bu shart «uchinchisi bo'lishi mumkin emas» qonuni deb ataladi. Ushbu tushunchalarni ikkilik sanoq tizimidagi raqamlar bilan bog'lash uchun «rost» ifodani 1 (mantiqiy bir) belgisi bilan, «yolg'on» ifodani 0 (mantiqiy nol) belgisi bilan belgilab olamiz. Ular Bul algebrasi konstantalari deb ataladi.

Umumiy holda, mantiqiy ifodalar har biri 0 yoki 1 qiymat oluvchi  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  mantiqiy o'zgaruvchilar (argumentlar) ning funksiyasi hisoblanadi. Agar mantiqiy o'zgaruvchilar soni  $n$  bo'lsa, 0 va 1 lar yordamida  $2^n$  ta kombinatsiya hosil qilish mumkin. Masalan,  $n=1$  bo'lsa:  $x=0$  va  $x=1$ ;  $n=2$  bo'lsa:  $x_1x_2=00,01,10,11$  bo'ladi.

Mantiqiy funksiyalarni uchta asosiy amal yordamida hosil qilish mumkin:

- mantiqiy inkor (inversiya, EMAS amali), o'zgaruvchilar orasiga « $\neg$ » belgi qo'yish bilan ifodalanadi;

- mantiqiy qo'shish (dizyunktsiya, *Yoki* amali), o'zgaruvchilar orasiga « $\vee$ » belgi qo'yish bilan ifodalanadi;

- mantiqiy ko'paytirish (konyunktsiya, *VA* amali), o'zgaruvchilar orasiga « $\wedge$ » belgi qo'yish bilan ifodalanadi.

Ifodalar ekvivalentligini ifodalash uchun « $\Leftrightarrow$ » belgisi islatiladi.

Mantiqiy funksiyalar va amallar turli shaklli ifodalarga ega bo'lishlari mumkin: algebraik, jadval, so'z bilan va shartli grafik (sxemalarda).

Funksiya qiymatlarini ifodalovchi jadval haqiqiylik jadvali deb ataladi.

Haqiqiylik jadvali yordamida sodda raqamli qurilmalarning ishlashini ifodalash mumkin.

*Mantiqiy inkor*

Bu eng sodda bir argumentli mantiqiy funksiya bo'lib uning qiymati argumentning teskari qiymatiga teng bo'ladi:  $F(x) = \bar{x}$ .

*Mantiqiy qo'shish*

Bu funksiya ko'p argumentli mantiqiy funksiya bo'lib uning qiymati argumentlarning mantiqiy yeg'indisiga teng bo'ladi:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \oplus x_2 \oplus \dots \oplus x_n$$

*Mantiqiy ko'paytirish*

Bu funksiya ham ko'p argumentli mantiqiy funksiya bo'lib uning qiymati argumentlarning mantiqiy ko'paymasiga teng bo'ladi:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = x_1 \otimes x_2 \otimes \dots \otimes x_n$$

Mantiqiy funksiya qiymatini aniqlash uchun argumentlar majmuidan mumkin bo'lgan qiymatlarni berish yetarli.

Dastlab, avtomatlashtirilgan loyihalash vositalari rivojlanmagan davrda raqamli qurilmani loyihalashda qurilmaning haqiqiylik jadvalidan keng foydalanilgan. Bunda haqiqiylik jadvalining har bir satri uchun mantiqiy ko'paytirish funksiyasi yozib chiqilgan va bu funksiyalar mantiqiy qo'shish amali bilan birlashtirilib, qurilmaning mantiqiy funksiyasi olingan. So'ngra, qurilmani ishlab chiqarish uchun zarur mantiqiy funksionallar sonini kamaytirish maqsadida Bu algebrasi qoidalari asosida ushbu funksiya soddalashtirilgan.

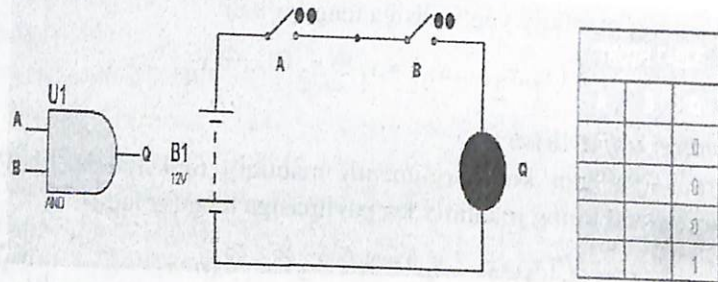
Raqamli qurilmalarni loyihalash jarayonini soddalashtirish uchun,

turli mantiqiy funksionallar taklif etilgan va ular asosida elektron mantiqiy elementlar mikrosxemalari dunyo masshtabida ishlab chiqarilmoqda. Bunday bitta mikrosxema korpusida bir necha mantiqiy elementlar mavjudligi, loyihalash jarayonidagi qurilma mantiqiy funksiyasini soddalashtirishga bo'lgan mezonlarni butunlay o'zgartirib yubordi. Natijada mantiqiy funksiyasini soddalashtirish emas, balki mavjud element bazadan oqilona foydalanish masalasi yuzaga chiqdi.

Shu tufayli mashhur Karno kartasi usuli kabilar raqamli qurilmalar loyihalash amaliyotidan chetga chiqib qoldi.

Mantiqiy elementlar mantiqiy funksiyalarni bajarishga mo'ljallangan. Quyidagi rasmlarda amalda keng tarqalgan asosiy mantiqiy elementlar va ularning ishlash prinsiplarini tushuntiruvchi sxemalar, jadvallar keltirilgan.

Quyidagi 3.6-rasmda «2VA» - mantiqiy ko'paytirish funksiyasi va bu funksiyani bajaruvchi «konyunksiya» elementining sxematik belgisini va ishlash printsipini tushuntiruvchi elektr zanjiri hamda bu elementning «Haqiqiylik jadvali» tasvirlangan:

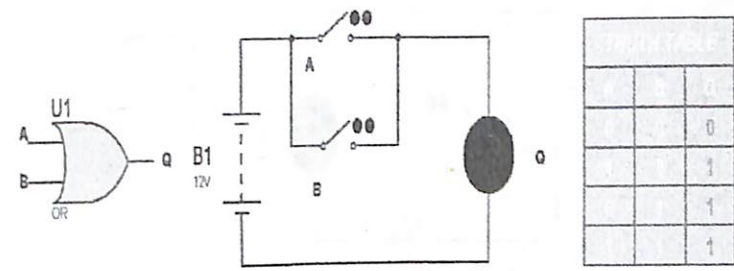


3.6-rasm. Sxematik belgisi, ishlash printsipi, haqiqiylik jadvali

A va B kirishlarga bir vaqtda «1» signali berilsa (ya'ni ulagichlar bir vaqtda ulansa), Q chiqishda «1» signali hosil bo'ladi (ya'ni lampa yorishadi). Kirishlardan birortasiga yoki bir vaqtda ikkalasiga «0» signali berilsa (ya'ni ulagichlardan biri yoki bir vaqtda ikkalasi ulanmagan holda bo'lsa), chiqishda «0» signali hosil bo'ladi (ya'ni lampa o'chgan holda bo'ladi).

«2VA» elementi mantiqiy funksiya sifatida  $Q = A \& B$ , hamda  $Q = A * B$  yoki  $Q = A \wedge B$  ko'rinishlardan birortasi bilan tasvirlanishi mumkin (3.7-rasm).

«2YOKI» - mantiqiy qo'shish, «dizyunksiya» elementi:



3.7-rasm. Sxematik belgisi, ishlash printsipi, haqiqiylik jadvali

A va B kirishlarga bir vaqtda «0» signali berilsa (ya'ni ulagichlar bir vaqtda ulanmagan holda bo'lsa), Q chiqishda «0» signali hosil bo'ladi (ya'ni lampa o'chiq holda bo'ladi). Kirishlardan birortasiga yoki bir vaqtda ikkalasiga «1» signali berilsa (ya'ni ulagichlardan biri yoki bir vaqtda ikkalasi ulansa), chiqishda «1» signali hosil bo'ladi (ya'ni lampa yorishadi).

«YOKI» elementi mantiqiy funksiya sifatida  $Q = A + B$  hamda  $Q = A \vee B$  ko'rinishlarda tasvirlanadi.

«EMAS» - mantiqiy inkor («INKOR», «NOT») elementi

«EMAS» elementining chiqishidagi kod uning kirishidagi kodga nisbatan teskari bo'ladi.

«EMAS» elementi mantiqiy funksiya sifatida quyidagi ko'rinishda tasvirlanadi:

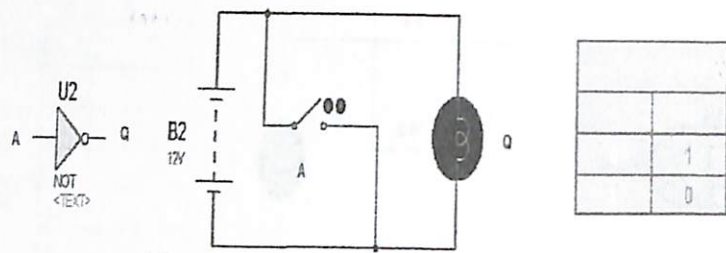
$$F(x) = \bar{x}, \text{ yoki } \rightarrow Q = \bar{x}.$$

Sxematik belgisi, ishlash printsipi va haqiqiylik jadvali quyidagi 3.8-rasmda tasvirlangan:

«2VA – EMAS» - mantiqiy ko'paytirishning inkor elementi

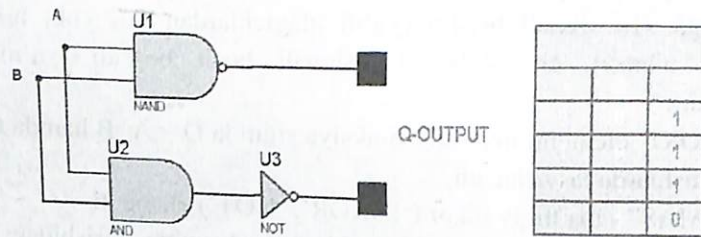
Bu elementning mantiqiy funksiyasi  $Q = \overline{A * B}$ , yoki  $\rightarrow Q = \overline{A \& B}$

Quyidagi rasmda 2VA-EMAS (NAND) funksiyasining U1- bitta elementda hamda 2AND va NOT elementlaridagi realizatsiyasining sxematik belgisi va haqiqiylik jadvali ko'rsatilgan.



3.8-rasm. Sxematik belgisi, ishlash printsipi, haqiqiylik jadvali

A va B mantiqiy kirish signallari, Q – output – chiqish signali belgisidir. Har bir shematik yechim 1.9-rasmda ko'rsatilganidek bir xil natija beradi.



3.9-rasm. Sxematik belgisi; Haqiqiylik jadvali

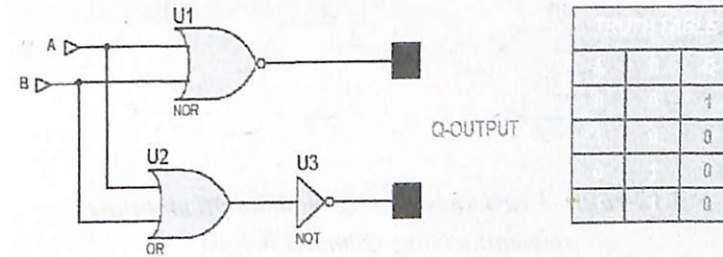
A va B kirishlariga bir vaqtda "1" signali berilsa, Q chiqishda "0" signali hosil bo'ladi. Kirishlardan birortasiga yoki bir vaqtda ikkalasiga «0» signali berilsa, chiqishda «1» signali hosil bo'ladi.

«YOKI - EMAS» - mantiqiy qo'shishning inkor elementi

Bu elementning mantiqiy funksiyasi  $Q = \overline{A \vee B}$ , yoki  $\rightarrow Q = \overline{A \oplus B}$

Quyidagi rasmda 2YOKI – EMAS (NOR) funksiyasining U1- bitta elementda hamda 2NOR va NOT elementlaridagi realizatsiyasining sxematik belgisi va haqiqiylik jadvali ko'rsatilgan.

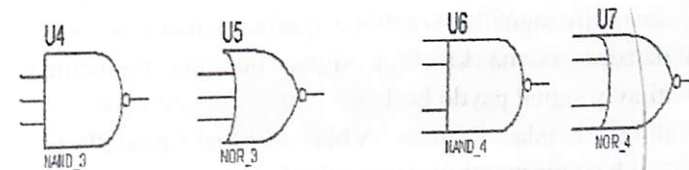
A va B mantiqiy kirish signallari, Q – output – chiqish signali belgisidir. Har bir shematik yechim 3.10-rasmda ko'rsatilganidek bir xil natija beradi.



3.10-rasm. Sxematik belgisi; Haqiqiylik jadvali

A va B kirishlariga bir vaqtda "0" signali berilsa, Q chiqishda "1" signali hosil bo'ladi. Kirishlardan birortasiga yoki bir vaqtda ikkalasiga «1» signali berilsa, chiqishda «0» signali hosil bo'ladi.

Quyidagi 3.11-rasmda 3 va 4 kirishli NAND hamda NOR mantiqiy elementlarining sxematik belgisi tasvirlangan:



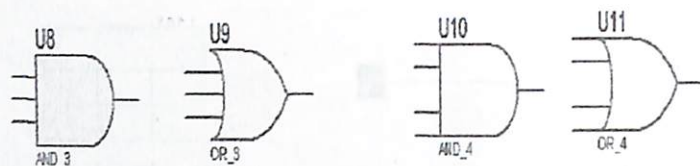
3.11-rasm. 3 va 4 kirishli NAND hamda NOR mantiqiy elementlarining sxematik belgisi

Bu elementlar ishlash printsiplarini tushunishga quyidagi tariflar yordam berishi mumkin:

NAND - istalgan bir kirishdagi "0" chiqishda "1" beradi, yoki barcha kirishlarda "1" bolsagina, chiqishda "0" bo'ladi.

NOR - istalgan bir kirishdagi "1" chiqishda "0" beradi, yoki barcha kirishlarda "0" bolsagina, chiqishda "1" bo'ladi.

Quyidagi 3.12-rasmda esa 3 va 4 kirishli AND hamda OR mantiqiy elementlarining shematik belgisi tasvirlangan:



3.12-rasm. 3 va 4 kirishli AND hamda OR mantiqiy elementlarining sxematik belgisi

Bu mantiqiy elementlar ishi quyidagicha:

AND - istalgan bir kirishdagi "0" chiqishda "0" beradi, yoki barcha kirishlarda "1" bolsagina, chiqishda "1" bo'ladi.

OR - istalgan bir kirishdagi "1" chiqishda "1" beradi, yoki barcha kirishlarda "0" bolsagina, chiqishda "0" bo'ladi.

### 3.4. Kombinatsion mantiqiy sxemalar

Kombinatsion sxemalarda chiqishdagi signal mazkur vaqtda kirishga berilayotgan mantiqiy signallar kombinatsiyasiga aynan mos keladi. Ideal holda kombinatsion sxema kirishiga signal berilgan momentda uning chiqishida natijaviy signal paydo bo'ladi.

Biz oldingi bobda Proteus VMT (virtual modellash tizimi) bibliotekasidagi bazi bir mantiqiy elementlar belgilari bilan tanishgan edik. Quyidagi kombinatsion sxemalar modellarini qurishni o'rganish uchun zarur bo'lgan virtual uskunalar hamda mantiqiy elementlar bilan tanishamiz.

Buning uchun avvalo Proteus VSM majmuasining ISIS dasturini ishga tushiramiz.

Mantiqiy elementlar asosida turli qurilmalarni loyihalash ishi eng oddiy usulda shu qurilmaning haqiqiylik jadvalini qurishdan boshlanadi. Qurilmaning chiqish funksiyasi shu jadvaldagi 1 ga teng bo'lgan satrlar uchun kirish signallarining mantiqiy ko'paytirish amallari yoziladi va shu amallarning barchasi mantiqiy yig'indi amali bilan birlashtiriladi. Bunday usulda olingan mantiqiy ifoda asosida qurilmaning struktura sxemasi chiziladi.

Xotirasiz har qanday mantiqiy raqamli qurilmani haqiqiylik jadvaliga asosan qurish mumkin. Ixtiyoriy haqiqiylik jadvali bilan raqamli qurilmani qurish uchun oddiy "AND", "OR", "NOT" mantiqiy elementlarning

kombinatsiyasi qo'llaniladi. Ixtiyoriy haqiqiylik jadvali bo'yicha sxemalarni sintez qilishning ikkita usuli mavjud. Bular MKNF (mukammal konyunktiv normal forma) (kirish signallarining mantiqiy ko'paytmalarining yig'indisi) va MDNF (mukammal dizyunktiv normal forma) (kirish signallari yig'indisining mantiqiy ko'paytmasi) usullari.

Ixtiyoriy haqiqiylik jadvalini amalga oshiradigan sxemani qurishda har bir chiqish alohida tahlil qilinadi (va elektron sxema tuziladi). Amalda keng tarqalgan mikrosxemalar TTL texnologiyasiga mos keladi va ushbu texnologiyada "AND" elementlarini olish nisbatan oson. Shuning uchun, avval MDNF asosida haqiqiylik jadvalining funksiyasini yozish usulini ko'rib chiqamiz.

"AND" mantiqiy elementlari yordamida haqiqiylik jadvalining mantiqiy funksiyasini yozish uchun uning chiqish signalida faqat mantiqiy "1" bo'lgan qatorlarinigina ko'rib chiqish kifoya. Chiqish signalidagi mantiqiy "0" bo'lgan qatorlar elektron sxemani qurishda ishtirok etmaydi. Chiqish signalidagi mantiqiy "1" bo'lgan har bir qatorini ifodalovchi mantiqiy "AND" elementining kirishlar soni haqiqiylik jadvalidagi kirish signallari soniga teng bo'ladi.

Haqiqiylik jadvalida mantiqiy "1" bilan tasvirlangan kirish signallari to'g'ridan-to'g'ri ushbu elektron sxemaning kirishiga beriladi va mantiqiy "0" bilan tasvirlangan kirish signallari invertorlar orqali bir xil "AND" sxemasining kirishiga beriladi. Jadvalining satrlarini amalga oshiradigan "AND" sxemalarining chiqish signallari "OR" sxemasi kirishiga beriladi. Bu kirishlar soni jadvalidagi qatorlar soniga teng bo'ladi.

Keling, quyidagi misolni ko'rib chiqaylik. 3.2-jadvalda keltirilgan haqiqiylik jadvalini amalga oshiruvchi qurilmani loyihalash zarur bo'lsin.

Out0 signalini hosil qiluvchi sxemani qurish uchun Out0=1 bo'lgan qatorin ko'rib chiqish kifoya. Ko'rib chiqilayotgan jadvalida Out0 chiqish signali 1 bo'lgan uchta satr bor, shuning uchun MDNF formulasi kirish signallarining shu satrlar uchun ko'paytmalarining yig'indisidan iborat:

$$Out0 = \overline{In0} \cdot \overline{In1} \cdot \overline{In2} \cdot In3 + \overline{In0} \cdot In1 \cdot In2 \cdot \overline{In3} + In0 \cdot In1 \cdot \overline{In2} \cdot \overline{In3}$$

Hosil bo'lgan formula asosida ISIS dasturida yaratilgan qurilma sxemasi 3.13 - rasmda tasvirlangan. Sxemadagi U5, U6, U7 elementlar

Out0 signalini hosil qiladi. Formulada bo'lgani kabi, sxemada haqiqiylik jadvalining har bir satridagi kirish signallari o'zining "AND" elementi kirishlariga ulanadi, keyin ushbu elementlarning chiqishlari "OR" elementi kirishlari bilan birlashtiriladi. "AND" elementining kirish soni haqiqiylik jadvalidagi kirish signallari soniga, "OR" elementi kirishlari "AND" elementlari soniga teng.

Out1 signalini hosil qiluvchi sxemani qurish uchun kursiv bilan belgilangan satrlarni ko'rib chiqish kifoya, ushbu satrlar asosida chizilgan va U9, U10, U11 elementlari tomonidan Out1 signalini hosil qiluvchi qurilma sxemasi tasvirlangan. Bu qurilma sxemasini qurish printsiipi yuqorida muhokama qilingan misoldan farq qilmaydi.

3.2-jadval.

Haqiqiylik jadvaliga misol

Kirish				Chiqish	
In0	In1	In2	In3	Out0	Out1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1

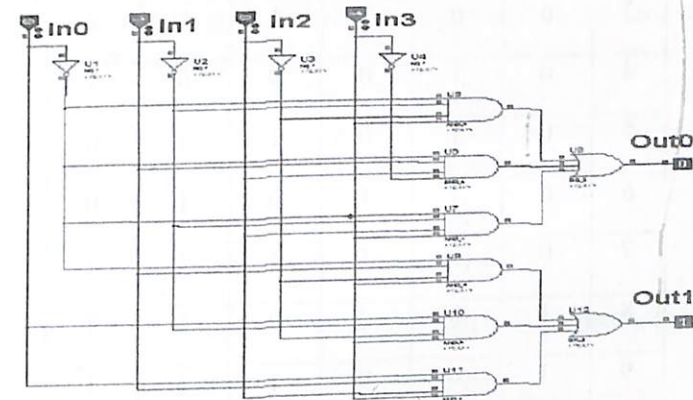
Qurilma sxemasini haqiqiylik jadvalida Out1 chiqish signali "1" bo'lgan satrlariga asosan yaratamiz. Bu uchta satrga mos bo'lgan kirish signallari ko'paytmalarining yig'indisini Out1 chiqishining MDNF formulasiga kiritamiz:

$$Out1 = (\overline{In0} \cdot In1 \cdot \overline{In2} \cdot In3) + (In0 \cdot \overline{In1} \cdot \overline{In2} \cdot In3) + (In0 \cdot In1 \cdot In2 \cdot In3)$$

Demak In0-In3 kirish signallaridan Out1 signalini hosil qilish uchun bizga kirish signallarining inversiyasini olish uchun 4 ta "NOT", 3 ta satr funksiyasini amalga oshirish uchun 3 ta 4 kirishli "AND" elementi va bitta 3 kirishli "OR" elementni ISIS dasturida tanlab, ularning kirish-chiqishlarini o'z-aro tutashtirgach, qurilmaning 3.13-rasmda tasvirlangan sxemasiga ega bolamiz.

Raqamli qurilmani ishlab chiqish uchun MKNF- dan foydalanish haqiqiylik jadvalida chiqish signali "1" bo'lgan satrlar juda ko'p va "0" bo'lgan satrlar juda kam bo'lganda oqllash o'rinli bo'ladi, masalan, 2-jadvalda keltirilgan haqiqiylik jadvali uchun "1" bo'lgan satrlar soni 8 ta, "0" bo'lgan satrlar soni esa 2 ta.

Bunda mantiqiy "OR" elementlaridan foydalangan holda haqiqiylik jadvalini amalga oshirish uchun chiqish signalida faqat mantiqiy "0" bo'lgan qatorlarini ko'rib chiqish kifoya. Chiqish signalidagi mantiqiy "1" bo'lgan qatorlar shemani qurishda ishtirok etmaydi.



3.13-rasm. 3.2-jadvalda ifodalangan qurilma sxemasi

Qurilma chiqishidagi "a" signalini hosil qiluvchi sxemani yaratish uchun kursiv bilan belgilangan satrlarni ko'rib chiqish kifoya. Ko'rib chiqilayotgan haqiqiylik jadvalida "a" chiqish signalida mantiqiy "0" bo'lgan ikkita satrga mos kirish signallarining ko'paytmalarining yig'indisi MKNF formulasini tashkil etadi:

$$a = (8 + 4 + 2 + \bar{1}) \cdot (8 + \bar{4} + 2 + 1)$$

Ushbu formula asosida raqamli qurilmani ISIS dasturida loyihalashda bizga quyidagi elementlar kerak. Kirish signallarini hosil qilishga Logicstate, chiqish signallarini kuzatishga esa Logicprobe elementlaridan foydalanamiz.

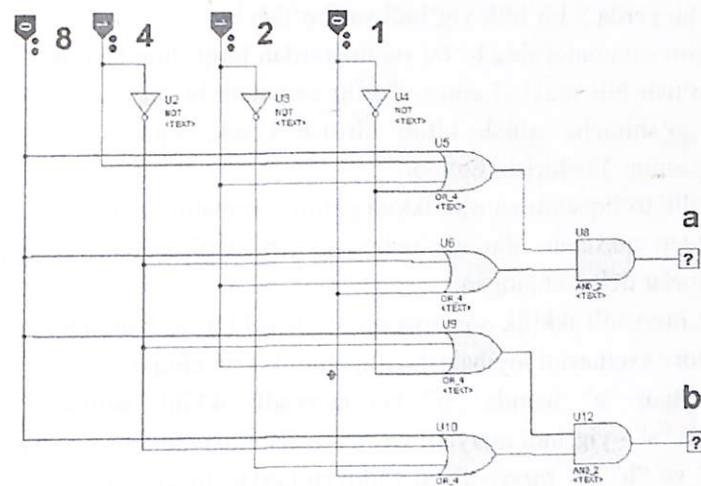
3.2-jadval.

Haqiqiylik jadvali misoli

№	Kirishlar				Chiqishlar	
	8	4	2	1	a	B
0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	1	0	1	1
3	0	0	1	1	1	1
4	0	1	0	0	0	1
5	0	1	0	1	1	0
6	0	1	1	0	1	0
7	0	1	1	1	1	1
8	1	0	0	0	1	1
9	1	0	0	1	1	1

Kirishlar soni chiqish signali mantiqiy "0" bo'lgan satrlar soniga teng "OR" mantiqiy elementidan hamda "0" bo'lgan kirish signali hosil qilish uchun 4 ta "NOT" elementidan va kirish signallarini o'zaro mantiqiy ko'paytirish uchun 4 kirishli "AND" elementidan foydalanamiz va MKNF formulasi asosida kirish-chiqishlarni tutashtiramiz.

Hosil bo'lgan sxema 3.14-rasmda ko'rsatilgan. Undagi U5, U6, U8 mantiqiy elementlari tomonidan MKNF funksiyasi amalga oshirilgan.



3.14-rasm. 3.2-jadvalda keltirilgan haqiqiylik jadvali bilan ifodalangan raqamli qurilmaning sxemasi.

Chiqishdagi "b" signalini hosil qiladigan sxemani yaratish uchun 2-jadvalda qalin harflar bilan ta'kidlangan satrlarni ko'rib chiqish kifoya. Ushbu sxemani qurish printsipi yuqorida muhokama qilingan misoldan farq qilmaydi. Haqiqiylik jadvalida "b" chiqish signali "0" bo'lgan faqat ikkita satr mavjud, shuning uchun "b" chiqishi uchun yozilgan MKNF formulasi kirish signallarining ikkita yig'indilarining ko'paytmasidan iborat:

$$b = (8 + \bar{4} + 2 + \bar{1}) \cdot (8 + \bar{4} + \bar{2} + 1)$$

3.14-rasmdagi sxemada "b" signali U9, U10, U12 mantiqiy elementlar tomonidan hosil qilinadi.

Yuqoridagi misollardan ko'rinib turibdiki, raqamli elektron qurilmani qurish asosan rasmiylashtirilgan va hech qanday qiyinchilik tug'dirmaydi.

### 3.5. Summator

Raqamli hisoblash texnikasining asosiy kombinatsion qurilmalari-dan biri - summatordir. Yarim summatorlar - bu ikkita kirish va ikkita chiqishga ega bo'lgan kombinatsion mantiqiy sxema (ikki bitli summa-tor, ikkilik summator). Yarim summator A+B yig'indisini hisoblashga imkon beradi, bu yerda A va B bir bitli sonlar, natijada ikkita bit S va C hosil

bo'ladi, bu yerda S bir bitli yig'indi va C o'tish biti.

Yarim summatorning to'liq summatoridan farqi shundaki, unda avvalgi bitdan o'tish biti mavjud emas. To'liq summatorni qurish uchun avvalgi bitdan qo'shimcha o'tish bitini kiritish kerak, shuning uchun to'liq summatorning 3 ta kirishi bo'ladi.

Ikkilik to'liq summatorlar ikkita yarim summatoridan va 2OR mantiqiy elementdan qurilgan, shuning uchun ko'rib chiqilayotgan sxema yarim summatorlar deb nomlangan.

Bir razryadli ikkilik sonlarni qo'shish uchun qo'llaniladigan «Yarim summator» sxemasini loyihalash jarayonini ko'rib chiqaylik.

Berilgan "a" hamda "b" bir razryadli ikkilik sonlarni qo'shish natijasida "s" - yig'indi razryadi va "p" - o'tish razryadi hosil bo'ladi.

"a" va "b" bir razryadli qo'shiluvchilardan faqat bittasi «1» ga teng bo'lsa, yig'indi razryadi s=1 bo'ladi va "a" va "b" bir vaqtda «1» ga teng bo'lgandagina p=1 bo'ladi. Shunga ko'ra qurilmaning haqiqiylik jadvali quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

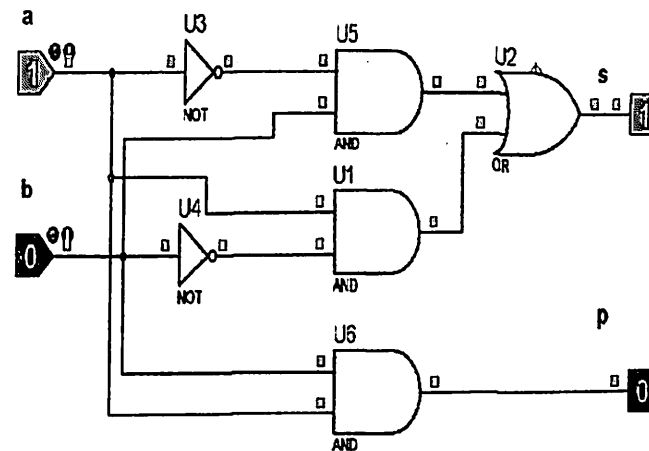
3.3-jadval.

A	B	s	p
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
1	1	0	1

Shu 3.3-jadvalga asosan s va p larning holatlarini quyidagi mantiqiy funksiyalar bilan ifodalash mumkin:

$$s = a \wedge \bar{b} \vee \bar{a} \wedge b, \quad p = a \wedge b$$

Bir razryadli yarim summator sxemasini shu ifodalar asosida mantiqiy elementlar yordamida qurish mumkin. Quyidagi rasmda bu summatorning ISIS dasturida yaratilgan sxemasi keltirilgan.



3.15-rasm. Yarim summator modeli

Ikkita 2 razryadli ikkilik sonlarni qo'shish vazifasini bajaruvchi qurilmani yaratish bilan bog'liq masalani ko'rib chiqaylik:

A = a1a2 va B = b1b2 - ikki razryadli sonlar bo'lsin.

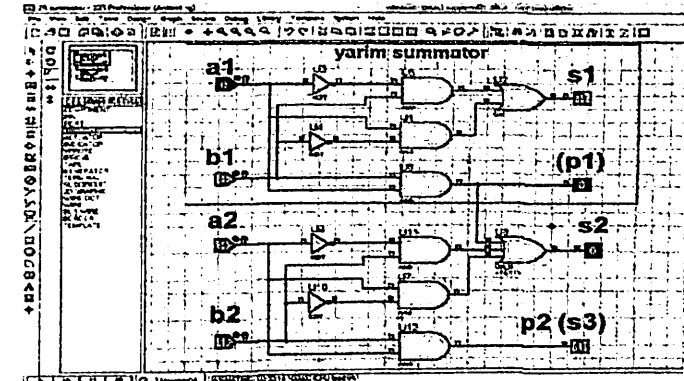
Kirishi 2 razryadli summator 4 ta kirishga (a1, a2, b1, b2), hamda 3 ta chiqishga (Y1, Y2, Y3) ega bo'lsin.

3.4-jadval asosida Y1, Y2, Y3 funksiyalarning 1 ga teng bo'lgan qatorlari uchun yozilgan mantiqiy ko'paytirish (konyunksiya) funksiyalarini mantiqiy qo'shish (dizyunksiya) belgisi bilan birlashtirib, qurilmaning analitik ifodasini quramiz. Bu ifodaning soddalashtirilgan ko'rinishi asosida qurilmaning struktura sxemasini qurish mumkin.

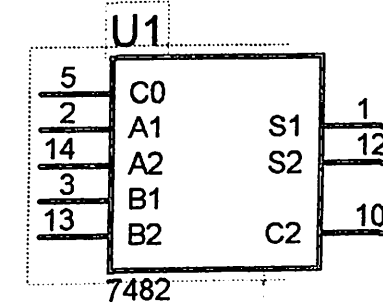
Bu qurilmaning haqiqiylik jadvalini tuzamiz:

3.4-jadval.

$a_2$	$a_1$	$b_2$	$b_1$	$Y_3$	$Y_2$	$Y_1$
0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1	1
0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	0
1	1	1	0	1	0	1
0	0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	0



3.16-rasm. Ikkita 2 razryadli sonni qoshuvchi summator qurilmasi



Soddaroq usulda esa, bu 2 razryadli summatorni 1 razryadli yarim summatoridan ikkitasini parralel ulash orqali qurish mumkin. Bunda "p"-o'tish razryadini  $Y_2$  razryadga YOKI shemasi orqali ulash kifoya.

Quyidagi 3.16 - rasmda shunday usul bilan yig'ilgan 2 razryadli summator shemasininig  $A=(10)_2$  va  $B=(11)_2$  sonlarini qo'shish holati tasvirlangan; natija:  $A+B = S (101)_2$  : rasmning yuqorisida bitta yarim summator to'rtburchakli ramka ichida tasvirlangan.

3.17-rasm. 2 razryadli to'liq summator. Bu yerda  $C_0$  oldingi razryaddan o'tish va  $C_2$  keyingi razryadga o'tish biti; A va B kirish, S chiqish

Huddi shu usulda n ta yarim summatorni parallel ulab n razryadli summator yig'ish mumkin.

Quyidagi rasmda 3.17 razryadli to'la summator shemasi tasvirlangan (7482 rusumli mikroshema - 2-Bit binari Full Adder- 2razryadli to'liq summator)

### 3.6. Komparator (taqqoslagich)

Komparator ikkita bir xil razryadli ikkilik sonlarni solishtiruvchi (taqqoslovchi) qurulmadir. Komparator kirishidagi A va V sonlarni taqqoslab chiqishida mazkur sonlarning bir biriga nisbatan munosabatini  $A=V$ ,  $A>V$  va  $A<V$  sakllantiradi. (3.5-jadval)

3.5-jadval

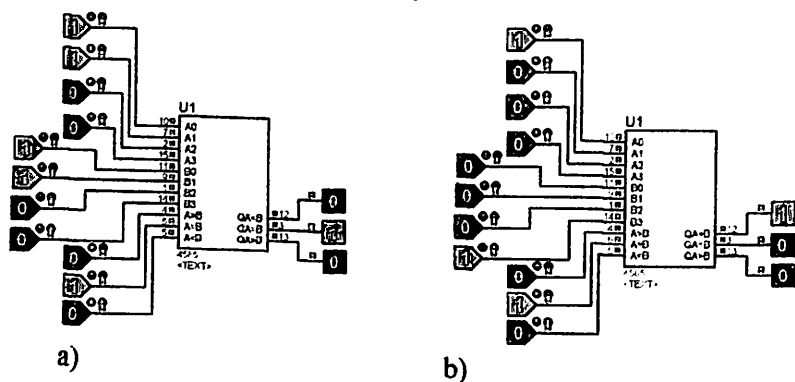
Kirishlar		Chiqishlar		
V	A	F <sub>1</sub> A>V	F <sub>2</sub> A=V	F <sub>3</sub> A<V
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0

Sanoatda turli komponentlarda 2÷8 razryadli komparator elementlari ishlab chiqarilmoqda.

Quyidagi rasmda 4595 rusumli 4 razryadli komparator elementi keltirilgan. Bu erda A<sub>i</sub> va B<sub>i</sub> taqqoslanuvchilar kirishlari, QA<B, QA=B, QA>B taqqoslash natijalari.

Komparator razryadlarini oshirish uchun, ikki va undan ortiq komparatorning A>B, A=B, A<B kirishlari oldingi elementning natija chiqishlariga ulanadi. Quyidagi rasmda 4 razryadli 2 ta komparatorni ketma ket ulab hosil qilingan 8 razryadli komparatorning modeli tasvirlangan. Endi ikkita 2 razryadli ikkilik sonlarni solishtirish (taqqoslash) vazifasini bajaruvchi qurilmani oddiy mantiqiy elementlardan yaratish bilan bog'liq masalani ko'rib chiqalik:

$A = a_1a_2$  va  $B = b_1b_2$  - ikki razryadli sonlar.



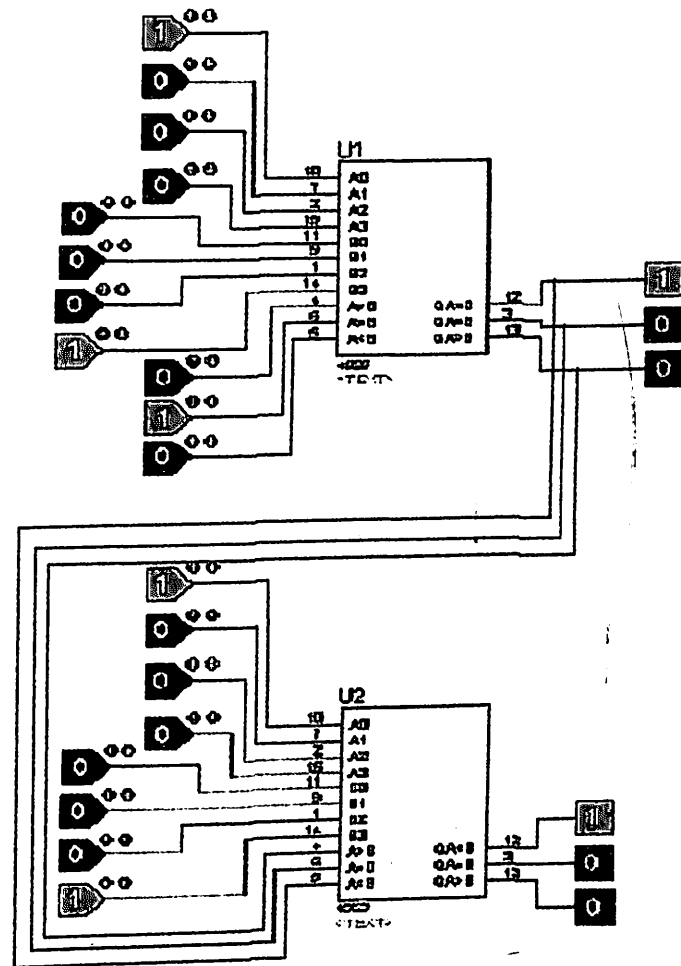
3.18-rasm. 4 razryadli komparatorni ISIS dasturida tadqiq etish sxemasi:

4 razryadli 2 ta komparatorni ketma-ket ulab ulab 8 razryadli

komparator hosil qilish.

Shunday solishtirish sxemasi(SS) ni yaratish kerakki, u 4 ta kirishga ( $a_1, a_2, b_1, b_2$ ), hamda 3 ta chiqishga (Y1, Y2, Y3) ega bo'lsin.

Bu sxemaning chiqishlari quyidagi shartlarni qanoatlantirsin: agar  $A>B$  bo'lsa,  $Y1=1$  bo'lsin, agar  $A=B$  bo'lsa  $Y2=1$  bo'lsin, va agar  $A<B$  bo'lsa  $Y3=1$  bo'lsin.  $A=B$  hol uchun (a);  $A<B$  hol uchun (b)



3.19-rasm. 4 razryadli 2 ta komparator

Bu qurilmaning haqiqiylik jadvalini tuzamiz:

3.6-jadval.

a1	a2	b1	b2	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1
1	0	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0

3.6-jadval asosida Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> funksiyalarning 1 ga teng bo'lgan qatorlar uchun yozilgan mantiqiy ko'paytirish (konyunksiya) funksiyalarini mantiqiy qo'shish (dizyunksiya) belgisi bilan birlashtirib, qurilmaning analitik ifodasini quramiz. Bunday yo'l bilan olingan ifoda mukammal normal dizyunktiv forma (MDNF) deb yuritiladi.

MDNF odatda dizyunksiya belgisi bilan birlashtirilgan elementar konyunksiyalardan iborat bo'ladi. Simvollarini faqat bir marta ishtirok etgan konyunksiya elementar konyunksiya deb yuritiladi. Qurilmaning har bir chiqish funksiyasi uchun alohida MDNF yoziladi. Odatda raqamli qurilmani loyihalashda avval MDNF yoziladi. So'ngra, MDNF asosida qurilmaning struktura sxemasini qurish mumkin.

$$A = a_1 a_2; \quad B = b_1 b_2;$$

$$Y_1 = (\bar{a}_1 \wedge a_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge \bar{a}_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge a_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge a_2 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (\bar{a}_1 \wedge a_2 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2)$$

$$Y_2 = (\bar{a}_1 \wedge \bar{a}_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge \bar{a}_2 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (\bar{a}_1 \wedge a_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge b_2) \vee (a_1 \wedge a_2 \wedge b_1 \wedge b_2)$$

$$Y_3 = \bar{Y}_1 \wedge \bar{Y}_2$$

Yuqoridagi mantiqiy funksiya shu dastur yordamida minimizatsiya qilingand so'ng:

$$Y_1 = (a_2 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge a_2 \wedge \bar{b}_1) \vee (a_1 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2)$$

$$Y_2 = (a_1 \wedge a_2 \wedge b_1 \wedge b_2) \vee (\bar{a}_1 \wedge \bar{a}_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (a_1 \wedge \bar{a}_2 \wedge b_1 \wedge \bar{b}_2) \vee (\bar{a}_1 \wedge a_2 \wedge \bar{b}_1 \wedge b_2)$$

$$Y_3 = \bar{Y}_1 \wedge \bar{Y}_2$$

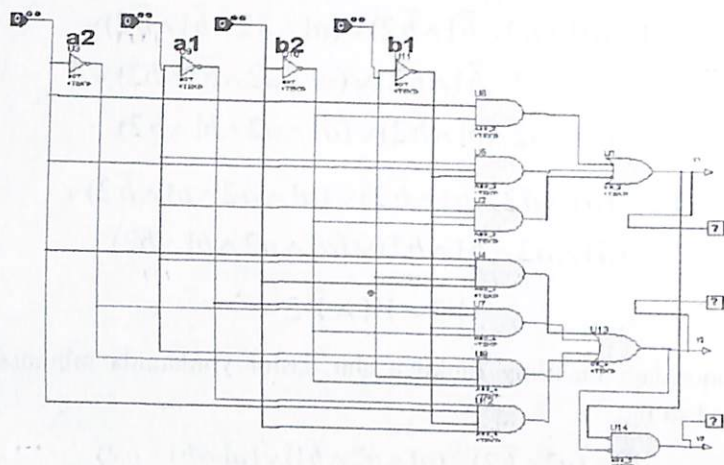
Ko'rinib turibdiki, faqat y<sub>1</sub> ga tegisli ifodagina soddalashdi xalos.

Soddalashgan mantiqiy funksiyalar asosida qurilmaning struktura sxemasini qurish mumkin.

Buning uchun ISIS dasturida yuqoridagi ifodalar tarkibidagi qavslar bilan ajratilgan 2VA, 3VA, 4 ta 4VA amallarini bajarish uchun (mos ravishda) 2AND, 3AND, 4AND funksional elementlarni tanlaymiz. Mantiqiy qo'shish amallarini bajarish uchun esa 3YOKI, 4YOKI, 2EMASVA hamda EMAS funksional elementlarni tanlaymiz.

ISIS dasturining ishchi oynasida Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub> larning soddalash-tirilgan mantiqiy funktiyalarga asosan tanlangan funksional elementlarning kirish - chiqishlarini tutashtiramiz va quyidagi rasmlarda ifodalangan struktura shemali qurilma modeliga ega bo'lamiz.

Quyidagi rasmlarda shu qurilmaning struktura sxemasi tasvirlangan. U<sub>3</sub> not elementi a<sub>2</sub> kirishning inversiyasini, U<sub>9</sub> not elementi a<sub>1</sub> kirishning inversiyasini, U<sub>10</sub> not elementi b<sub>2</sub> kirishning inversiyasini, U<sub>11</sub> not elementi b<sub>1</sub> kirishning inversiyasini hosil qilib beradi. Bu kirishlar LOGICSTATE elementi bilan hosil qilinadi.



3.20-rasm. 2ta 2 razryadli kodni taqqoslovchi qurilma.

Bu qurilmada

$Y1 = (a2 \wedge \bar{b}2) \vee (a1 \wedge a2 \wedge \bar{b}1) \vee (a1 \wedge \bar{b}1 \wedge \bar{b}2)$  formulaga asosan Y1 chiqish signali U6, U5, U2, U1 elementlari bilan hosil qilingan.

$Y2 = (a1 \wedge a2 \wedge b1 \wedge b2) \vee (\bar{a}1 \wedge \bar{a}2 \wedge \bar{b}1 \wedge \bar{b}2) \vee (a1 \wedge \bar{a}2 \wedge b1 \wedge \bar{b}2) \vee (\bar{a}1 \wedge a2 \wedge \bar{b}1 \wedge b2)$  formulaga asosan Y2 chiqish signali U4, U7, U8, U12, U13 elementlari bilan hosil qilingan.

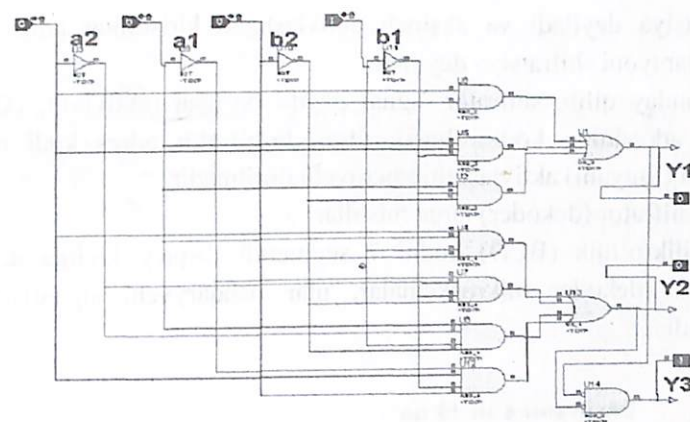
$Y3 = \bar{Y}1 \wedge \bar{Y}2$  formulaga asosan Y3 chiqish signali U14 elementi bilan hosil qilingan.

Quyidagi 3.21-rasmda esa  $A=0, B=1$  qiymatlar uchun qurilmaning mantiqiy holati tasvirlangan.

Bu yerda  $Y1 = 1$  holati  $A > B$ ,

$Y2 = 1$  holati  $A = B$ ,

$Y3 = 1$  holati  $A < B$  ekanligini ifodalaydi.



3.21-rasm. 2 ta 2 razryadli kodni taqqoslovchi qurilmaning  $A=0, B=1$  qiymatlar uchun qurilmaning mantiqiy holati.

Ushbu modelda biz ko'p kirishli funktsional elementlardan foydalandik.

### 3.7. Shifratlar va deshifratlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalar

Shifrat - bu signal paydo bo'lgan kirish adresini ikkilik kodga aylantiradigan mantiqiy qurilmadir. Shifrat to'g'ri ishlashi uchun kirishlardan faqat biriga signal berilgandagina (faqat bittasiga), chiqishda shu signal berilgan kirish adresining ikkilik kodi paydo bo'ladi. Shifrat tarkibidagi kirishlar va chiqishlar soni quyidagi nisbatda bo'ladi:  $n = 2^m$ , bu yerda  $n$  - kirishlar soni,  $m$  - chiqishlar soni.

Agar kirishlar soni  $n < 2m$  bo'lsa, unda bunday shifrat to'liq emas,  $n = 2m$  bo'lsa, to'liq shifrat deb nomlanadi.

Prioritetli shifrat yqorida ta'riflangan shifratdan farqli o'laroq, bir nechta kirishda aktiv signal paydo bo'lganda ham ish qobiliyatini yo'qotmaydi. Bu holda kirish adreslarining eng kattasining kodi chiqishga uzatiladi. Boshqa kirishlardagi signallar bu shifrat tomonidan e'tiborga olinmaydi.

Adres kirishida ikkilik kodi berilgan chiqishni aktivlashtiruvchi qurilma deshifrat deyiladi.

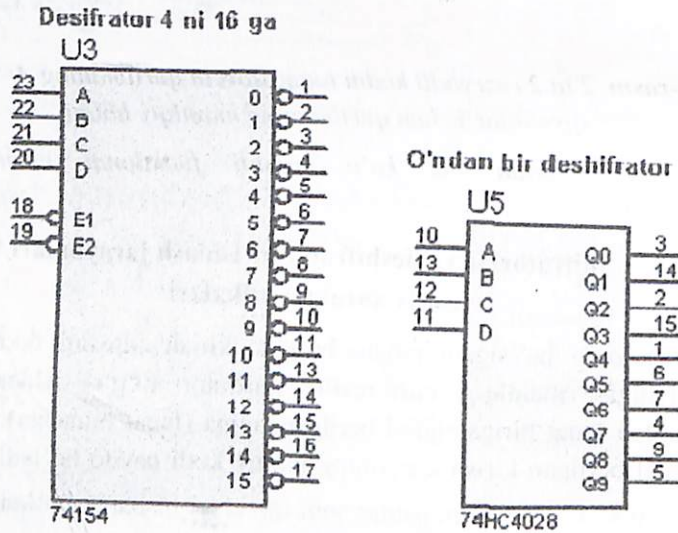
Berilgan adresi bo'yicha chiqish kanalini aniqlash jarayoni

deshifratsiya deyiladi va aksinch aktivlashgan kirishning adres kodini aniqlash jarayoni shifratsiya deyiladi.

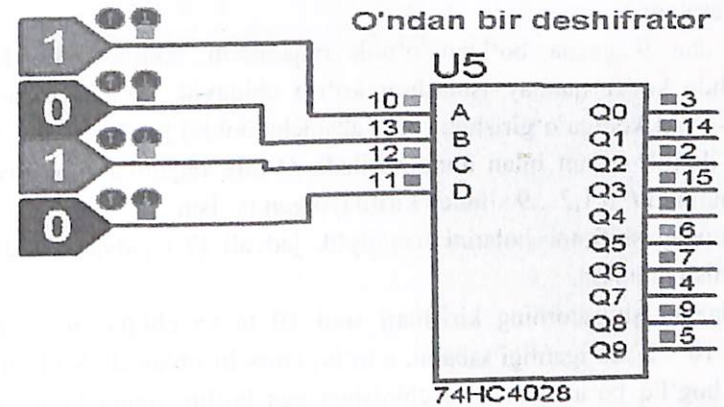
Shunday qilib, shifrorator signal paydo bo'lgan (aktivlashgan) kirish (liniya) adresining kodini hosil qilsa, deshifrorator adres kodi berilgan chiqishni (liniyani) aktivlashtirib beruvchi qurilmadir.

Deshifrorator (dekoder) larga misollar:

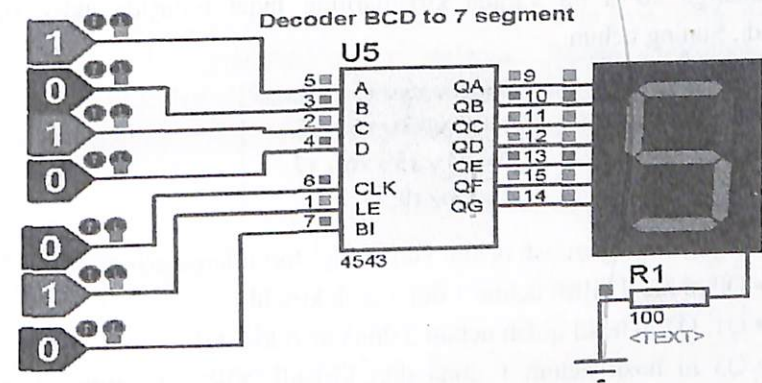
Ikkilik-o'nlik (BCD) kodni 7 segmentli displey kodiga deshifrat-siyalovchi dekoder mikrosxemalar, ular oshqaryvchi signallari bilan farqlanadi.



3.22-rasm. Deshifrorator



3.23-rasm. Kirishdagi 101 ikkilik kod Q5 chiqishda mantiqiy 1 ni hosil qiladi (ikkilik 101 o'nlik 5 ga teng), qolgan chiqishlar 0 ga teng.



3.24-rasm. Kirishdagi 101 ikkilik kod chiqishda 1101101 kodni, yani 7 segmentli displeyda 5 raqami tasvirini hosil qiladi.

Koder qurilmalari barcha turdagi kodlarni hosil qiluvchi yoki qayta kodlovchi, o'zgartiruvchi qurilmalardir.

Boshqacha aytganda koder va dekoderlar (encoder - eng.) turli - sakkizlik, o'nlik yoki o'noltilik va boshqa sanoq tizimidagi kodlarni ikkilik yoki ikkilik - o'nlik kodga o'zgartiruvchi kombinatsion mantiqiy qurilmalardir.

Masalan:

0 dan 9 gacha bo'lgan o'nlik raqamlarni ikkilik-o'nlik kodiga o'girishda koder qanday ishlashini ko'rib chiqaylik. O'nlik raqamlarni ikkilik-o'nlik kodiga o'girishda (yoki aksincha holda) har bir o'nlik raqam to'rtta ikkilik raqam bilan almashtiriladi. O'nlik raqamlar mos ravishda kirish nomeri  $i=0,1,2...9$  sifatida kiritilayotgan bo'lsin.

Bunday shifrat holatini haqiqiylik jadvali (7.1-jadval) yordamida ifoda etish mumkin.

Mazkur shifratning kirishlari soni 10 ta va chiqishlar soni 4 ta bo'lib,  $10 < 2^4$  bo'lganligi sababli, u to'liq emas hisoblanadi. Shifrat bir-biriga bog'liq bo'lmagan 4 ta chiqishga ega bo'lib, uning holati to'rtta MDNF dan tashkil topgan tizim bilan ifodalaniladi.

Shifrat ishining mantiqiy ifodalovchi MDNF tizimini 3.7-jadvalidan foydalanib hosil qilamiz.

Shartga ko'ra bir vaqtda kirishlarning faqat bittasida aktiv signal bo'ladi. Suning uchun:

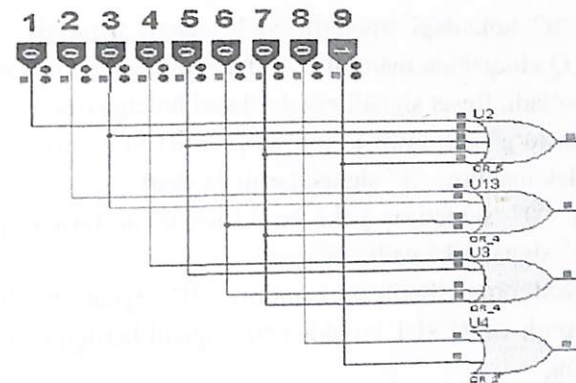
$$\left. \begin{aligned} Q0 &= x1 \vee x3 \vee x5 \vee x7 \vee x9 \\ Q1 &= x2 \vee x3 \vee x6 \vee x7 \\ Q2 &= x4 \vee x5 \vee x6 \vee x7 \\ Q3 &= x8 \vee x9 \end{aligned} \right\}$$

Bu qurilmani yaratish uchun yuqoridagi formularga asosan

- Q0 ni hosil qilish uchun 1 dona besh kirishli,
- Q1, Q2 ni hosil qilish uchun 2 dona to'rt kirishli,
- Q3 ni hosil uchun 1 dona ikki kirishli "OR"; mantiqiy elementi zarur.

Ularning kirishlariga yuqoridagi formula asosida kirish signallarini ulab, qurilmaning sxemasini yaratamiz.

Quyidagi rasmda ISIS dasturida yig'ilgan su sxemaning modeli tasvirlangan:



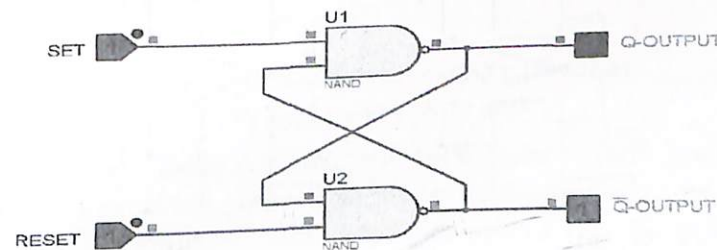
3.25-rasm. 10 ta liniyadan signal paydo bo'lgan bitta liniya adresini ikkilik kodga aylantiruvchi shifrat sxemasi.

### 3.8. Triggerlar ishlash jarayonlari va asosiy xarakteristikalari.

Raqamli ketma-ket qurilmalar - mantiqiy va xotira elementlari asosida qurilgan xotirali kombinatsion qurilmalardir. Bunday qurilmalarning chiqish signali kirish signallariga va qurilmaning avvalgi holatiga bog'liq ozgaradi. Bunday sxemalarda xotira elementlari sifatida turli triggerlar ishlatiladi.

Triggerning asosiy hususiyati u cheksiz uzoq vaqt ikkidan bir turg'un holatini saqlay olishidir.

Bir bitli ikkilik ahborotni saqlay oladigan oddiy asinxron RS-trigger shemasini musbat teskari aloqa bilan bog'langan ikkita NAND (VA-EMAS) elementida qurish mumkin. Bu shema quyidagi 3.26-rasmda keltirilgan.



3.26-rasm. ISIS dasturida tadqiq etish uchun RS trigger modeli.

Dastlab "0" holatdagi triggerni SET signali mantiqiy "1" holatiga o'tkazadi, va Q chiqishida mantiqiy "1" hamda Q chiqishida mantiqiy "0" daraja hosil bo'ladi. Reset signali esa dastlabki holatga qaytaradi.

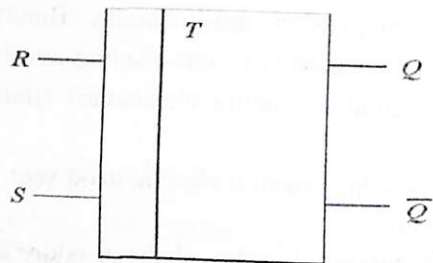
Bu sxema to'g'ri ishlashi uchun SET va RESET kirishlariga rasmda ko'rsatilganidek mantiqiy "1" signali berilishi shart.

Mantiqiy "0" signali u yoki bu kirishlardan biriga qisqa vaqtga beriladi va "1" signali tiklanadi.

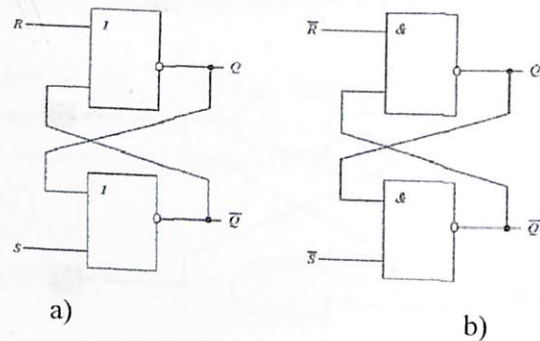
SET kirishi orqali berilgan mantiqiy "0" signali bu triggerni "1" holatiga o'tqazadi va RESET kirishiga "0" signali berilgunicha trigger shu holtini saqlaydi.

Yuqoridagi rasmlarda elektron elementlarning sxematik belgilari (ISIS dasturida) yevropa standartiga asosan chizilgan. Rus texnik adabiyotlarida esa GOST lar asosidagi belgilar ishlatiladi.

Quyidagi 2 ta 3.27 - rasmda keltirilgan shemalar GOST belgilari bo'yicha chizilgan.



3.27-rasm. Asinxron RS-triggerning sxematik belgisi



3.28-rasm. Mantiqiy elementlardan tuzilgan asinxron trigger sxemasi:

YOKI-EMAS (a), bu trigger mantiqiy "1" signali bilan ishlaydi.

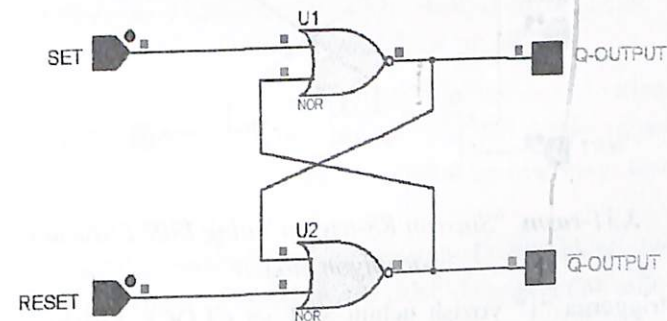
VA-EMAS (b) elementlarda yig'ilgan trigger esa "0" signali bilan ishlaydi

(GOST belgilari asosida chizilgan)

3.1-jadval.

RS-trigger (a) uchun haqiqiylik jadvali

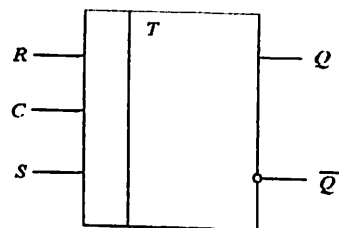
Kirish		Chiqish	
R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	o'zgarishsiz	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	aniq emas	



3.29-rasm. RS triggerni tadqiq etish uchun ISIS dasturida tuzilgan modeli.

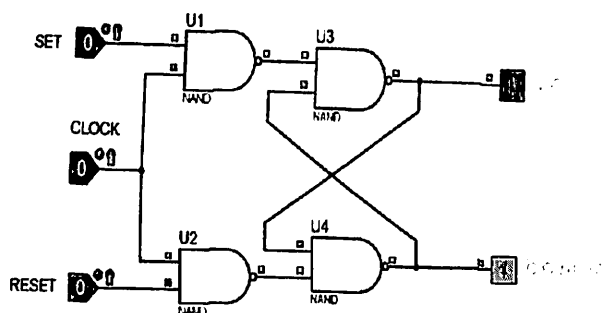
Elementar asinxron RS-triggerli yacheykalar - turli kombinatsion qurilmalarning asosiy xotira elementi bo'lib hisoblanadi. Ular qatoriga hisoblagichlar, registrlar va chastota bo'luvchilar kiradi. Bu qurilmalarda takt signali yoki sinxronlash signali deb ataluvchi maxsus signal yordamida avval kiritilgan ma'lumotni chiqishga uzatish va keyingi

xotira yacheykasiga yozib qo'yish kerak bo'ladi. Bunday rejimni amalga oshirish uchun RS-trigger qo'shimcha C (clock) takt kirishi bilan to'ldiriladi. Natijada u sinxron trigger deb ataluvchi qurilmaga aylanadi (3.30-rasm).



3.30-rasm. Sinxron RS-triggerning shartli belgilanishi.

Quyidagi 3.31-rasmda shunday "Sinxron RS-trigger" ning ISIS dasturida yaratilgan modeli tasvirlangan.



3.31-rasm. "Sinxron RS-trigger" ning ISIS dasturida yaratilgan modeli

Bu triggerga "1" yozish uchun SET va CLOCK kirisiga "1" berish kerak. So'ngra bu kirishlarga "0" berish lozim.

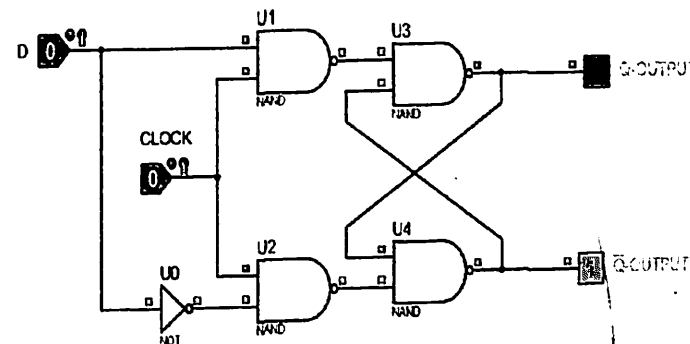
Triggerni "0" holatiga o'tkazish uchun esa RESET va CLOCK kirisiga "1" berish, keyin bu kirishlarga "0" berish lozim (rasmdagi holat yuzaga keladi).

Yuqorida ta'kidlanidek ushbu trigger holati CLOCK signali bilan sinxron o'zgaradi.

**D-trigger.** Yuqorida ko'rib chiqilgan RS triggerga mantiqiy "1" yoki mantiqiy "0" yozish uchun ikkita RESET va SET kirishlari kerak, amalda

bu biroz noqulay. Chunki trigger saqlashi lozim bo'lgan bir bit axborot goh "0", gohida esa "1" bo'lib, uni uzatishga bitta liniya yetarlidir. Bundan tashqari R va S kirishlarida bir vaqtda aktiv signal bo'lmasligi kerak, shuning uchun bu kirishlarni inverter bilan birlashtirish kirishlar sonini bittaga qisqartiradi.

Quyidagi 3.32-rasmda sinxron RS triggerning RESET va SET kirishlarini inverter bilan birlashtirib hosil qilingan D (Delay-inglizcha, kechiktirish - o'zbekcha) trigger tasvirlangan:



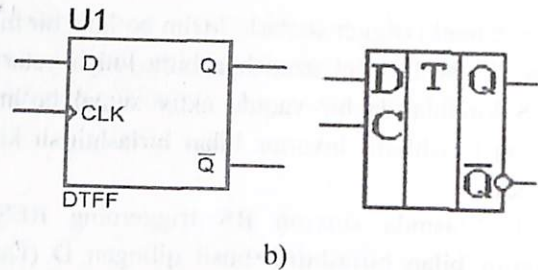
3.32-rasm. D-triggerni interaktiv tadqiq qilish uchun ISIS dasturida yaratilgan model.

D-trigger yagona D (data) ma'lumot kirishiga ega. D-trigger uchun to'rtta kanal kifoya: D - ma'lumot kirishi, CLOCK - takt signali kirishi, ikkita Q - OUTPUT va Q-bar - OUTPUT chiqishlar (ularning biri mavjud bo'lmasligi ham mumkin).

Bu D triggerga yuklash uchun axborot D kirishidan beriladi va CLOCK impulsi berilgach, bu ahborot Q chishida saqlab qolinadi.

D-trigger chiqishidagi ma'lumot navbatdagi sinxrosignal kelguncha o'zgarishsiz qoladi. Ya'ni D kirishiga berilgan axborot navbatdagi sinxrosignal kelganidan so'ng chiqishga uzatiladi, axborot uzatishdagi **kechikish vaqti** axborot D kirishda paydo bo'lganidan to navbatdagi sinxroimpuls kelguncha o'tgan vaqtga teng.

Shunga asosan ushbu trigger D - **Delay flip-flop** (ing.) - **kechiktiruvchi trigger** deb ataladi.



a) b)

**3.33-rasm. D-triggerning:**

a) ISIS dasturidagi b) GOST bo'yicha sxematik belgisi

D-triggerning haqiqiylik jadvali quyida keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, bu trigger bir bit axborotni sinxrosignal paydo bo'lgan momentda eslab qoladi va navbatdagi sinxrosignal kelgunicha saqlab turadi.

D-triggerning sxematik belgisida (yuqoridagi rasm) CLK kirishining strelka bilan belgilanish bu triggerni dinamik triggerligini va axborotni yozish CLK signalining "0" holatdan "1" holatga o'tish momentida sodir bo'lishini anglatadi.

**3.3-Jadval.**

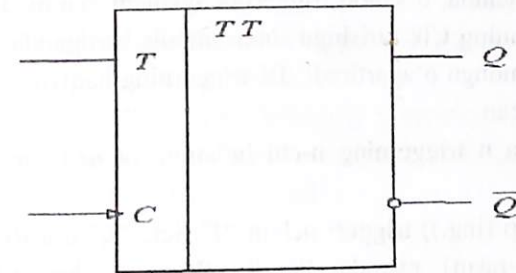
**D-triggerning haqiqiylik jadvali**

C	D	Q(t)	Q(t+1)	IZOH
0	x	0	0	Axborotni saqlash rejimi
0	x	1	1	
1	0	x	0	Axborotni yozish rejimi

Q va  $\bar{Q}$  chiqishiga ega trigger ikki pog'onali trigger deyiladi.

**T-trigger.** T-trigger *sanoq triggeri* deb ataladi, chunki kirishga aktiv mantiqiy signal berilganda u o'z holatini qarama-qarshi (teskari) holatga o'zgartiradi. Sanoq triggeri deyilishiga sabab, u kirishiga berilgan impulslar sonini sanaydi, afsus u faqat 1 gacha sanaydi, keyingi impuls kelgach u "0" holatiga o'tib qoladi. T-triggerlar faqat ikki pog'onali

triggerlar negizida yig'iladi. D triggerni T - sanoq triggeriga aylantirish uchun D trigger shemasiga unung invers  $\bar{Q}$  chiqishidan D kirishiga teskari aloqa zanjirini ulash lozim. (4.9-rasm).



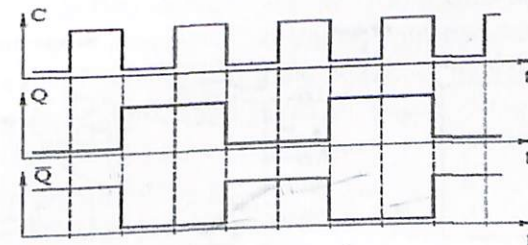
**3.34-rasm. T-triggerning sxematik belgilari**

Yuqoridagi b) rasmda keltirilgan sxemadagi D triggerdan sintez qilingan T trigger ishini ko'rib chiqaylik. Ushbu T triggerning vaqt diagrammasi rasmda keltirilgan. Bu diagrammani qurishda C sinxrosignalning orqa frontidan ishlaydigan D triggerdan foydalanilgan.

Turli sanoq qurilmalarini qurishda T-triggerlardan foydalaniladi. Ammo uni D-triggerlardan hamda quyida ko'rib o'tiladigan J K - triggerlardan yasab olish mumkinligi tufayli sanoatda alohida T-triggerlar ishlab chiqarilmagan.

**JK-trigger** universal trigger hisoblanadi.

JK-triggerini o'rganishni boshlashdan oldin, RS triggerining qanday ishlashini eslaylik. Ushbu triggerda kirish signallarining taqiqlangan kombinatsiyalari mavjud. Bir vaqtning o'zida SET va RESET kirishlariga "1" signali berilishi taqiqlanadi. Ushbu noxush holatdan xalos bo'lish uchun JK - trigger yaratilgan.



**3.35-rasm. T-triggerning vaqt diagrammasi**

JK - triggerning haqiqiylik jadvali sinxron RS - triggerning haqiqiylik jadvaliga deyarli to'g'ri keladi. Taqiqlangan holatni istisno qilish uchun trigger sxemasi shunday o'zgartirilganki, JK triggerning J K kirishlariga "1" signali berilganda, u sanoq triggeriga aylanadi. Ya'ni, JK kirishlarida "1" bo'lganida uning Clk kirishiga sinxroimpuls berilganda, u o'z holatini to'liq teskari tomonga o'zgartiradi. JK triggerning haqiqiylik jadvali 3.4-jadvalda keltirilgan.

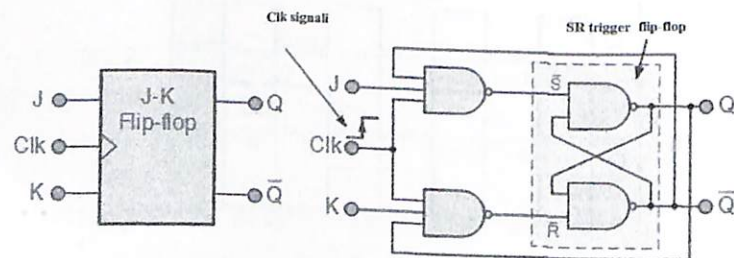
Bu jadvalda n triggerning n-chi holatini, va n+1 n+1-chi holatini ifodalaydi.

JK (flip-flop (ing.)) triggeri uchun "J" Set, "K" esa Reset signalidir. Quyidagi (3.36-rasm) rasmda JK flip-flopping shematik belgisi va struktura sxemasi ko'rsatilgan. Bu rasmda trigger holatini o'zgartiruvchi Clk signalining fronti ko'rsatilgan.

3.4-jadval.

JK-triggerning haqiqiylik jadvali

J	K	$Q_n$	$Q_{n+1}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0



3.36-rasm. JK flip-flopping sxematik belgisi va struktura sxemasi.

JK flip flopping ishlash ketma-ketligi RS trigger bilan bir xil, xuddi shu "Set" va "Reset" kirishlari orqali "1" va "0" holatiga o'tadi. Farq shundaki, "JK flip flop" da RS triggerdagi kabi kirish signallarining taqiqlangan holatlari mavjud emas, ya'ni S va R kirishlarida bir vaqtda "1" holati bo'lishi ham mumkin. Bu holda trigger Clk signali bilan o'z holatini avvalgisiga teskari holatga o'zgartiradi.

Shunday qilib JK flip-flopda "mantiqiy 1 ga o'tish", "mantiqiy 0 ga o'tish", "holatni saqlash" va "holatni almashtirish" kabi to'rtta holatga mos bo'lgan signallar kombinatsiyasi mavjud.

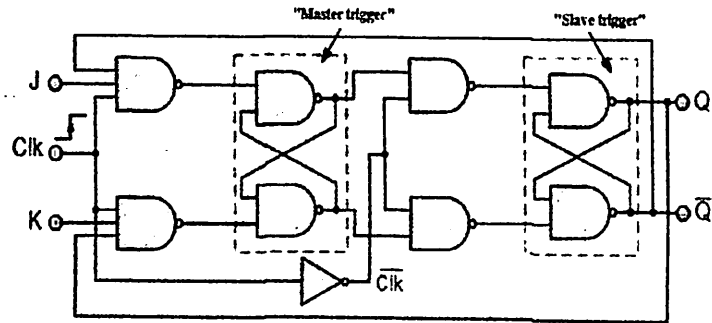
3.5.-jadval.

	Sinhrosignal	Kirishlar		Chiqishlar		Izoh
	Clk	J	K	Q	$\bar{Q}$	
RS trigger bilan bir xil	X	0	0	1	0	Holat o'zgarmaydi
	X	0	0	0	1	
	$\uparrow$	0	1	1	0	Reset $Q \rightarrow 0$
	X	0	1	0	1	Set $Q \rightarrow 1$
	$\uparrow$	1	0	0	1	
	X	1	0	1	0	
holat o'zgartirish	$\uparrow$	1	1	0	1	Teskari holatga o'zgartirish
	$\uparrow$	1	1	1	0	

Ammo, agar J va K kirishlar ikkalasi ham "1" ( $J = K = 1$ ) bo'lsa, JK triggerning T-tipli trigger kabi harakatlanishiga olib keladi. Biroq, bu holat Q, SET va RESET o'rtasida so'nmaydigan tebranishlarga olib kelishi mumkin.

Ushbu JK flip-flop sxemasi sinxron RS triggerning yaxshilangan sxemasi bo'lsa-da, sinxrosignal kirishidagi impuls "OFF" ga o'tish vaqtidan oldin Q "1" holatga o'zgargan bo'lsa, u "signallar poygasi" deb nomlangan muammolarini keltirib chiqaradi. Bunga yo'l qo'ymaslik uchun sinxrosignal davri (T) iloji boricha qisqa (yuqori chastotali) bo'lishi kerak. JK flip-floplari asosan NAND yoki NOR mantiqiy elementlari yordamida qurilganligi sababli ba'zida buning iloji bo'lmagani uchun ularning o'rniga ancha barqaror master-slave (yetaklovchi - yetaklanuvchi) flip-floplar ishlab chiqilgan.

Quyidagi 3.37-rasmda ushbu triggerning struktura sxemasi keltirilgan J va K kirish signallari "master - yetaklovchi" sinxron RS triggerga ulangan bo'lib, Clk kirishi "1" mantiqiy darajada bo'lganda kirishlar holatini bloklab turadi. "Slave" triggerining sinxrosignali "master" sinxrosignalining inversiyasi bo'lgani uchun, "slave - yetaklanuvchi" RS trigger holati o'zgarmaydi. "Yetaklovchi" triggerning chiqishlari faqat Clk kirishi mantiqiy "0" darajaga tushgandagina "slave" triggerga ko'rinadi.



3.37-rasm. Triggerning struktura sxemasi

Clk - sinxrosignal "LOW" bo'lganda, "master" trigger chiqishlari fiksatsiyalanadi va uning kirishlaridagi qo'shimcha o'zgarishlar e'tiborga olinmaydi. "Yetaklanuvchi" trigger endi "master" trigger chiqishlaridagi signallarga asosan holatini o'zgartiradi.

Takt impulsining "pastdan yuqoriga" o'tishida "master" triggerning kirishlaridagi signallar "slave" triggerning kirishlariga va "yuqoridan past" ga o'tishda xuddi shu signallar "slave" triggerning chiqishida aks ettiradi, bu flip flop chiqish impulslarini keltirib chiqaradi.

So'ngra, takt impulsi "pastdan - yuqoriga" ko'tarilganida kirish ma'lumotlarini qabul qiladi va bu ma'lumotlarni sinxro signalining yuqoridan pastga tushgan vaqtida yetaklanuvchi trigger chiqishga uzatadi. Boshqacha qilib aytganda, Master-Slave JK triggeri "Sinxron" qurilmadir, chunki u faqat sinxro signal bor vaqtda ma'lumotlarni uzatadi.

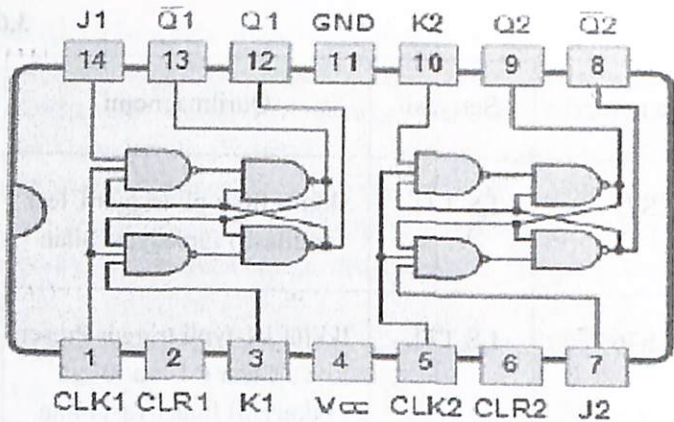
3.6-jadvalda sanoatda ko'plab ishlab chiqarilgan JK triggerli mikrosxemalar keltirilgan.

Qurilma nomeri	Seriyasi	Qurilma nomi
74LS73	LS TTL	Ikkita JK-tipli trigger Clear (nullash) funksiyasi bilan
74LS76	LS TTL	Ikkita JK-tipli trigger Preset va Clear ('1' va '0' ga otkazish) funksiyasi bilan
74LS107	LS TTL	Ikkita JK-tipli trigger Clear (nullash) funksiyasi bilan
4027B	Standard CMOS	Ikkita JK-tipli trigger

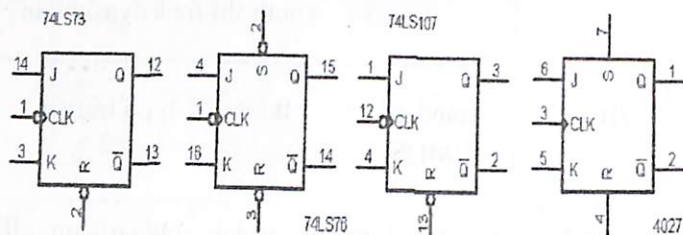
3.38-rasmda sanoatda ko'plab ishlab chiqarilgan JK triggerli mikrosxema keltirilgan. Ko'rinib turganidek, bitta korpusda ikkita JK trigger joylashtirilgan.

Ikkita JK triggerli 74LS73 mikrosxema:

Bu jadvalda keltirilgan mikrosxemalarning ISIS dasturida sxematik modellari mavjud va ular yordamida qurilmalar modellari yaratilish mumkin. Quyidagi 3.39-rasmda ushbu mikrosxemalarning ISIS dasturidagi sxematik belgilari keltirilgan.



3.38 -rasm. Sanoatda ko'plab ishlab chiqarilgan JK triggerli mikrossxema



3.39-rasm. Mikrossxemalarning ISIS dasturidagi sxematik belgilari

#### Nazorat savollari

1. Ikkilik sanoq tizimi nimasi bilan qulay?
2. O'nlik sanoq tizimida nechta simvol bor?
3. O'n oltilik sanoq tizimda nechta simvol bor?
4. Haqiqiylik jadvali nima?
5. Komparator nima?
6. Komparator qanday vazifani bajaradi?
7. Shifrat nima?
8. Shifratning to'g'ri ishlash sarti qanday?
9. Prioritetli shifrat nima?

10. Deshifrat nima?
11. Koder nima?
12. Triggerlar qanday vazifani bajaradi?
13. Asinxron RS-trigger ishlash printsipini nimaga asoslangan
14. Sinxron RS-trigger ishlash printsipini nimaga asoslangan
15. T-trigger triggerlar shartli belgisi.
16. JK-trigger triggerlar shartli belgisi.
17. D-trigger ishlash printsipini tushuntiring.
18. T-trigger ishlash printsipini tushuntiring.
19. JK-trigger ishlash printsipini tushuntiring.
20. D-trigger qo'llanilish sohalari.
21. T-trigger qo'llanilish sohalari.
22. JK-trigger qo'llanilish sohalari.

#### Test savollari

1. Analog qurilmalar qanday signallar bilan ishlaydi?
  - a) analog signallar bilan
  - b) raqamli signallar bilan
  - d) analog va raqamli signallar bilan
  - e) ikkinchi darajali signallar bilan.
2. Raqamli qurilmalar qanday signallar bilan ishlaydi?
  - a) uzluksiz signallar bilan
  - b) raqamli signallar bilan
  - d) analog signallar bilan
  - e) har qanday signal bilan
3. 10010 ikkilik soniga qanday son mos keladi?
  - a) 26
  - b) 18
  - d) 16
  - e) 22
4. Qaysi 2 kirishli mantiqiy element faqat kirishlarda ikkita 1 bo'lsa, 0 ni chiqaradi?
  - a) VA-YO\*Q
  - b) 2 VA
  - d) 2YOKI-YO\*Q

ko'p sohalarda asta-sekinlik bilan lampali elektron asboblarni siqib chiqardi. Yarimo'tkazgichli asboblarning asosiy afzalliklari - ularning mustah-kamligi, o'lchamlarining kichikligi, yengilligi, kam energiya sarflashi, tannarxining arzonligi bo'ldi va yarimo'tkazgich asboblar texnologiyasi takomillashib bordi, yangi turdagi yarimo'tkazgich asboblari yaratildi, ularning o'lchamlari esa yanada kichrayib boraverdi. Shundan so'ng alohida yarimo'tkazgich asbobning o'rniga muayyan funksional vazifani bajara oladigan sxemani yaxlit monokristalda yaratish usuli ishlab chiqildi.

Bular jumlasiga integral sxema (IS), integral mikrosxemalar (IMS) kirib, mikroelektronika va kompyuter texnologiyalari keskin rivojlandi, ularning eng so'ngi avlodlari yaratildi, raqamli televideniye vujudga keldi, mobil qo'l telefonlari paydo bo'ldi.

Nanoelektronika bu - nanotexnologiyalarning ilmiy va texnologik usullaridan foydalanishga asoslangan bo'lib, nanoob'ektlarni ishlab chiqish va ishlab chiqarish bilan shug'ullanuvchi fan va texnika sohasidir.

Nanotexnologiyaning maqsadi:

- bir yoki undan ortiq koordinatalarda 100 nm dan kichik o'lchamlarda o'lchamli hodisalarni e'tiborga olish, yangi qo'llanishlarga olib keluvchi nanometrli diapazonda materiallarni o'rganish va materialdagi jarayon va xususiyatlarni boshqarishdan iborat;
- alohida atom va molekula, shuningdek hajmiy materiallar xususiyatlaridan farq qiluvchi nano metrli materiallardan yangi xususiyatlarni namoyon qiluvchi mukammallashtirilgan materiallar, asboblar va tizimlar hosil qilish uchun foydalanishdir.

Nanotexnologiyalar obyekti - o'lchamlari 10÷100 nm bo'lgan "nanozarracha" deb ataluvchi zarralardan iborat bo'lib, nanozarrachalar o'z-o'zidan yangi xususiyatlarni namoyon etuvchi ma'lum tizimni hosil qiladi.

Nanozarrachalarning quyidagi turlarini ko'rish mumkin:

- o'tkazgichlarni portlatish, plazma sintezi, yupqa pardalarni tiklash va boshqa yo'llar bilan olinuvchi uch o'lchamli obyektlar;
- molekulyar va atom nurli epitaksiya, gaz fazali epitaksiya, ion o'stirish va boshqa usullar bilan hosil qilinuvchi nanoqatlamlar - ikki o'lchamli obyektlar;

Nanotexnologiyalar oldidagi eng muhim masalalardan biri tabiatda mavjud biopolimerlarning o'z - o'zini tashkil etishiga o'xshash nanozarralarni o'z - o'zidan tashkillanishidir.

Integral mikrosxemalar uchun konstruktiv va texnologik belgilar mavjud: konstruktiv belgisi shundan iboratki, integral mikrosxemalarning barcha elementlari taglik sirtida joylashadi, elektr jihatdan birlashtirilgan va yagona qobiqqa joylashtirilgan bo'lib, yagona hisoblanadi. Integral mikrosxemalar elementlarining bir qismi va elementlararo bog'lanishlar yagona texnologik siklda bajariladi. Shu sababli integral mikrosxemalar yuqori ishonchlilikka va kichik tannarxga egadir.

Hozirgi kunda tayyorlash turi va hosil bo'ladigan tuzilmaga ko'ra integral mikrosxemalarning uchta turi mavjud: yarim o'tkazgichli, pardali va gibril.

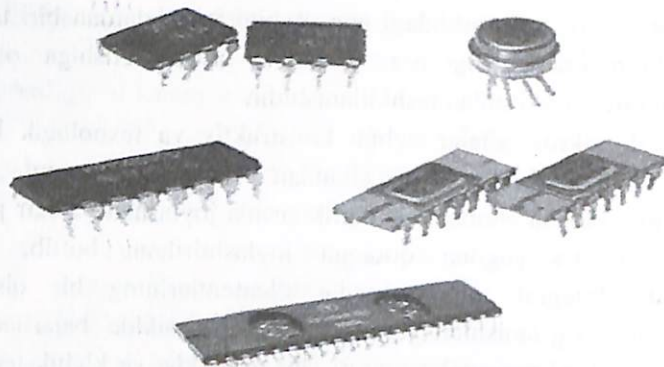
Har bir integral mikrosxema turi konstruksiyasi, mikrosxema tarkibiga kiradigan element va komponentlar sonini ifodalovchi integratsiya darajasi bilan xarakterlanadi.

Element deb biror elektr radioelement (tranzistor, diod, rezistor, kondensator va boshqalar) funksiyasini amalga oshiruvchi integral mikrosxema qismiga aytiladi va u kristall yoki asosdan ajralmagan konstruksiyada yasaladi.

Integral mikrosxema komponentasi deb, uning diskret element funksiyasini bajaradigan, lekin avvaliga mustaqil mahsulot kabi montaj qilinadigan qismiga aytiladi.

Asosiy integral mikrosxemalar konstruktiv belgilaridan biri bo'lib asos turi hisoblanadi. Bu belgiga ko'ra Integral mikrosxemalar ikki turga bo'linadi: yarim o'tkazgichli va dielektrik.

Asos sifatida yarim o'tkazgichli materiallar orasida kremniy va galliy arsenidi keng qo'llaniladi. Integral mikrosxemalarning barcha elementlari yoki elementlarning bir qismi yarim o'tkazgichli monokristall plastina ko'rinishida asos ichida joylashadi.



4.1 - rasm. Mikrosxemalar

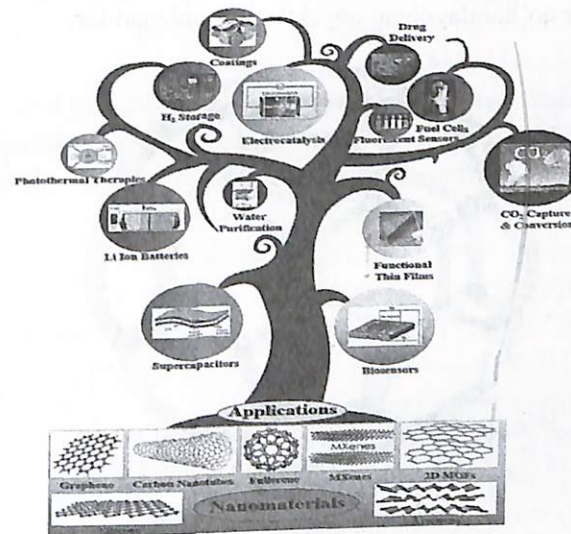
Dielektrik asosli integral mikrosxemalarda elementlar uning sirtida joylashadi. Yarim o'tkazgich asosli mikrosxemalarning asosiy afzalligi - elementlarning juda katta integratsiya darajasi hisoblanadi, lekin uning nominal parametrlari diapazoni juda cheklangan bo'lib ular bir-biridan izolyatsiyalanishni talab qiladi. Dielektrik asosli mikrosxemalarning afzalligi - elementlarning juda yaxshi izolyat-siyasi, ularning xossalari barqarorligi, hamda elementlar turi va elektr parametrlari tanlovining kengligidir.

Pardali integral mikrosxemalar - bu dielektrik asos sirtiga surtilgan elementlari parda ko'rinishida bajarilgan mikrosxema. Pardalar past bosimda turli materiallardan yupqa paradalar ko'rinishida cho'kmalar hosil qilish yo'li bilan olinadi.

#### 4.2. Yarimo'tkazgichli nanostrukturalar

Struktura - deyilganda materialning tuzilishi, shakli va o'lchami-dagi xususiyatlari tushuniladi. Tabiatda shar, igna, disk, daraxt, ip va boshqa strukturali materiallar uchraydi. Nanostrukturali materiallar deb nanometr o'lchamli strukturaga ega bulgan materiallarga aytiladi. Modda makroo'lchamdan nanoo'lchamga o'tganida uning xossalari keskin o'zgarib ketadi. O'zgarishlar asosan ikki asosiy sababga bog'liq: sirt ulushining ortishi va kvantli effektlar hisobiga elektronli strukturaning o'zgarishi. Sirt yaqinida joylashgan atomlarning xossalari material hajmida joylashgan atomlarning xossalaridan farq qiladi, shu sababli materialning sirtini moddaning alohida holati deb, qaralishi mumkin.

Sirtida joylashgan atomlarning ulushi qancha ko'p bo'lsa, sirt bilan bog'lik effektlar shuncha kuchli bo'ladi. Nanoobyektlarning elektronli strukturasi alohida xususiyatlari o'lchamlarning kichrayishiga bog'lik kvantli xossalarning kuchayishi bilan tushuntiriladi. Zarra - to'lqin dualizmi har bir zarrachaga ma'lum to'lqinning uzunligini kiritishga imkon beradi. Xususan, bu kristalldagi elektronni xarakterlovchi to'lqinga, elementar atom magnetiklarning xarakati bilan bog'lik to'lqinlarga tegishli. Nanostrukturallarning g'ayrioddiy xossalari texnikada oddiy, odatiy qo'llanilishini qiyinlashtiradi, va bir vaqtning o'zida butunlay kutilmagan texnikaviy istiqbolni ochib beradi. Ma'lumki, ba'zi moddalarning nanozarrachalari yomon bo'lmagan katalitik va adsorbtsion xossalarga egalar. Ba'zi nanomateriallar noyob optik xossalarga egadir, masalan, organik moddalarning o'ta yupqa pardalari quyosh batareyalarini tayyorlashda foydalanilmoqda.



4.2-rasm. Nanokristalli materiallar

Hozirgi vaqtda texnologlar yetarlicha katta sondagi turli-tuman nanomateriallar olishni imkonini berdi. Zamonaviy fan nanomateriallarning quyidagi turlarini guruhlaydi: nanozarrachalar, fullerenlar, nanotrubka (nanoquvurlar) va nanotolalar, nanog'ovakli strukturalar, nanodispersiyalar, nanostrukturallangan sirtlar va pardalar,

nanokristalli materiallar.

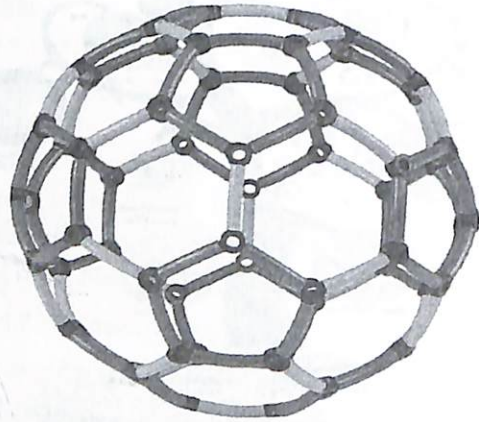
Nanoximiyada uglerodning ahamiyati juda katta, fullerenlar va nanoquvurlarning kashf etilishi ham ko'p jihatdan ana shunga bog'lik.

Fullerenlar - shakliga ko'ra futbol to'pini eslatadigan sharsimon karkas strukturali 40 tadan ko'prok uglerod atomlaridan iborat.

Fullerenlar o'z nomlarini arxitekturada shunga o'xshash strukturalardan foydalanishni o'ylab topgan arxitektor Fuller nomidan olishgan. Eng turg'un fulleren S60 bo'lib, uni 1985-yilda Kroto xodimlari bilan topgan. Fullerenlarni tadqiq eta borib turli miqdordagi - 36 dan 540 gacha uglerod atomlaridan iborat klasterlar olindi.

1991-yili yapon olimi Sumio Ijima uglerodli uzun strukturalarni aniqladi, keyinchalik ularni nanoquvurlar deb ataldi.

Fullerenlar va nanoquvurlar nanotextnologiyalarning eng ko'p tadqiq etiladigan, bir qator g'aroyib hossalarga ega bo'lgan va fan - texnikada keng qo'llanilayotgan obyektlari hisoblanadilar.



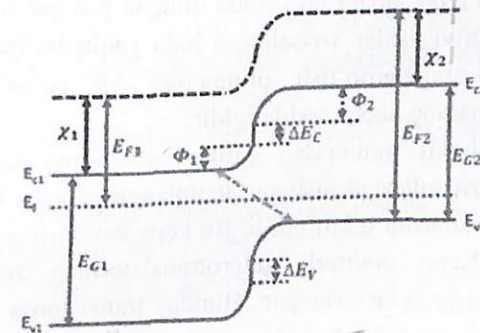
4.3-rasm. Fulleren modeli

Nanomateriallarning olchamlari kichrayganida ularda turlicha ximiyaviy elementlarni filtrlash va sorbtsiyalash yangi hossalari paydo bo'ladi. G'ovakli materiallarga qiziqarli misol qilib g'ovakli kremniyni keltirish mumkin, u elektronikaning juda ko'p sohalarida, shu jumladan kremniyda ko'rishli nurlar manbaalarini yaratish uchun sof kremniyda yaratish mumkin bo'lmaganligidan istiqbolli hisoblanadi.

### 4.3. Geteroo'tuvchanlik. Nanoqatlamli geterostrukturalar

Yarimo'tkazgichli asboblarning fizikasi keyingi yillarda geteroo'tishlarni va ular asosidagi asboblarni o'rganish yo'lidan rivojlanib bormoqda. Geteroo'tishlarning yarimo'tkazgichli qurilmalarda qo'llanishi ularning deyarli hamma parametrlarini yaxshilashga olib keladi. Geteroo'tishlar klassik yarimo'tkazgich asboblarning parametr va xarakteristikalarini yaxshilashdan tashqari, printsiptial yangi turdagi yarimo'tkazgich asboblarni yaratishga imkon beradi. Geteroo'tish - kimyoviy jihatdan har xil bo'lgan ikkita yarimo'tkazgichni tutashuvidan iborat. Geteroo'tish tutashuvchi materiallarning taqiqlangan zona kengligiga va ularning tabiatiga qarab ikki xil bo'ladi: 1- keskin geteroo'tish va 2- silliq geteroo'tish. 4.4-rasmda n-p geteroo'tishlarni tutashtirilganga qadar va tutashtiril-gandan so'ng energetik zona diagrammalari berilgan.

Geteroo'tishlarda potentsial to'siqning shakli gomo p-n o'tishdagi to'siqdan katta farq qiladi, shuning uchun geteroo'tishlarda tok o'tish mexanizmi o'ziga xos xususiyatlarga ega. Bu holda ikki tomon chegara qismida turli xil taqiqlangan zona kengligiga, effektiv massaga, dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'lgan ikki turli yarimo'tkazgichlar joylashgan. Bu esa keskin geteroo'tishlarda optik oyna effekti, bir tomonlama injeksiya, superinjeksiya, ichki zonali tunnel effektlarini yuzaga keltiradi. Silliq geteroo'tishlarda tashqi elektr maydonsiz taqiqlangan zona kengligi- gradiyenti hisobiga faqat bir turdagi tok tashuvchiga ta'sir qiluvchi kuch hosil bo'ladi va buning hisobiga asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuziya uzunligini boshqarish mumkin bo'ladi.



4.4-rasm. Keskin p-n- geteroo'tishning zona energetik diagrammasi

### Geterotranzistorlar

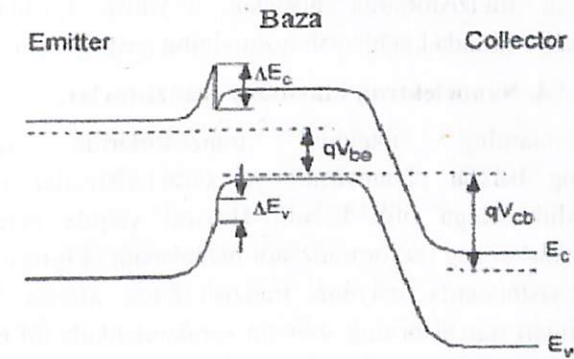
Hozirgi vaqtda monokristall yarimo'tkazgich qatlamlarini o'stirishda va turli xil yarimo'tkazgichli qurilmalarni tayyorlashda suyuq fazadan yo'nalishli o'stirish usulidan keng foydalanilmoqda. Bu usul bitta jarayonning o'zida yarimo'tkazgichli material va ko'p qatlamli tuzilmalar olish imkoniyatini beradi. Asosan yarimo'tkazgichli yo'nalishli qatlam, p-n gomo va geteroo'tishlar asosidagi ko'p qatlamli tuzilmalar olish uchun quyidagi usullardan foydalaniladi:

- 1) molekulyar - nur epitaksiya usuli;
- 2) gaz fazasidan o'stirish usuli;
- 3) suyuq fazadan o'stirish usuli.

Bu usullar bilan nisbatan past temperatura va bosimlarda yarimo'tkazgichli monokristal qatlam va asboblarni tizimini o'stirish mumkin. Birinchi usulda yarimo'tkazgich qatlamlarini yuqori vakuumda ~1010 mm simob ustunida o'stiriladi. Maxsus volframdan tayyorlangan changlagichlarga qizdirish yo'li bilan modda atom yoki molekularining oqimi hosil qilinadi. Bu oqim yuqori vakuumda yo'nalishi ma'lum bo'lgan taglikka o'tkaziladi. O'stirish jarayoni EXM yordamida boshqariladi. Molekulyar epitaksiya usuliga nisbatan yuqori, nanometr tartibidagi qatlamlar o'stiriladi. Bu usul juda murakkab texnik uskunalarni talab etadi. Jarayonlar yuqori vakuum sharoitida olib boriladi. Birinchi geteroo'tishlar gaz fazasidan o'stirish usulida olingan. Hozirgi vaqtda suyuq fazadan o'stirish usuli turli xil yarimo'tkazgichli geteroo'tish asosidagi - ko'p qatlamli tuzilmalar olishda juda keng qo'llanilmoqda. Buning sababi bu usulda olingan p-n geteroo'tishlarning xossalari ideal geteroo'tishlar xossalariга juda yaqin bo'lganligi, yuqori kuchlanishli - p-n geteroo'tish olinganligi va yo'nalishli qatlam o'stiradigan qurilmaning ancha soddaligidir.

1951-yilda Shokli tomonidan emitter o'tishning samaradorligini oshirish uchun baza sohasiga nisbatan taqiqlangan zonasi kengligi katta bo'lgan emitterli tranzistor taklif etildi. Bu keng emitterli geterotranzistor deb nom oldi. Keng emitterli geterotranzistorning zona energetik diagrammasi 4.5-rasmda tasvirlangan. Bunday tranzistorda bazadan keng zonali emitterga o'tayotgan kovaklar uchun mavjud potensial to'siq emitterdan bazaga o'tayotgan elektronlar uchun mavjud potensial tusiqqa

nisbatan ancha kattadir. Ushbu holat emittingning bir tomonlama injeksiyasini ta'minlab beradi.



4.5-rasm. Keng emitterli geterotranzistorning zona energetik diagrammasi

Kuchaytirish koeffitsiyentining emitter tokiga bog'lanishi tranzistorlarning eng muhim xarakteristikalaridan biridir. Odatda katta toklar sohasida baza o'tkazuvchanligi o'zgaradi. Bu esa emitter p-n o'tishi injeksiya koeffitsiyentining kamayishiga olib keladi, natijada bipolyar tranzistorlarning kuchaytirish koeffitsiyenti tok ortishi bilan kamayib boradi. Faqat keng zonali emittergina injeksiya koeffitsiyentini doimiy saqlab turishi mumkin.

O'ta yuqori chastotali (O'YuCh) tranzistorlarning ishlash printsipini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, bu qurilmalarda galliy arsenid va uning birikmalari asosidagi geterotizimlardan foydalanish, ularning asosiy parametrlari va xarakteristikalarini yaxshilashga olib keladi. O'YuCh tranzistorlarni va integral sxemalarni tayyorlashda ikki getero o'tishli tranzistorlar alohida qiziqish uyg'otadi.

Ikki getero o'tishli bipolyar tranzistorlarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. Tranzistor to'yinish rejimida ishlayotganida bazadan kollektorga kovaklar injeksiyasining bo'lmasligi.

2. Integral sxemalarda emitter-kollektorlarni o'zaro almashtirish mumkinligi.

3. Baza va kollektorning legirlanish darajasi bir-biriga bog'lik

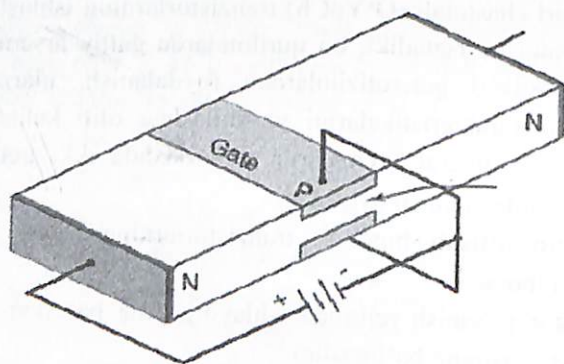
bo'lmaydi. Bu quvvatli o'ta yuqori chastotali tranzistorlar yaratish uchun muhim ahamiyatga ega.

4. Turdosh tranzistorlarga nisbatan to'yinish kuchlanishining kichikligi va kalit rejimida kuchlanish tushuvining past bo'lishi.

#### 4.4. Nanoelektron maydoniy tranzistorlar.

Geteroo'tishlarning maydon tranzistorlarida qo'llanishi tranzistorlarning barcha parametrlari va xarakteristikalarini sezilarli darajada yaxshilanishiga olib keladi. Hozirgi vaqtda geteroo'tishli maydon tranzistorlari eng tezkor tranzistor hisoblanadi (4.6-rasm).

Yuqori chastotalarda maydon tranzistorlarda asosan kanalning issiqlik shovqinlari tranzistorning shovqin xarakteristikalarini belgilaydi. Shovqin tokining fluktuatsiyasi kanalda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi va harakatchanligiga bog'liq, bo'ladi. Kanaldagi zaryad tashuvchilar harakatchanligi qancha yuqori bo'lsa, maydon tranzistorlarining shovqin koeffitsiyenti shuncha kichik bo'ladi. Shottki zatvorli maydon tranzistorlarda kanal taglik chegarasida harakatchanlik pasayadi, vaqt tezligi kamayadi. Maydon tranzistorlarida shovqin xarakteristikasini yaxshilash uchun kam legirlangan, yuqori qarshilikli galliy arsenid va taqiqlangan zona kengligi katta bo'lgan AlGaAs oraliq qatlamlaridan foydalaniladi.



4.6-rasm. Geteroo'tishli maydon tranzistorlari

#### 4.5. Nanoelektronikaning ustuvor elementlari va jihozlari.

Elektronlar ballistik transporti effektini qo'llanuvchi natelektron elementlar. Nanoelektron kalitlar. Spintronika. Kvant kompyuterlari.

Nanotexnologiyalar nanometr o'lchamlardagi materiallar va qurilmalarni yaratishga va foydalanishga imkon beradi. Nanometrli ob'ektlarni va mahsulotlarni olishda ikkita yondashuv mavjud. Bu yondashuvlarni "yuqoridan - pastga" va "pastdan - yuqoriga" texnologiyalar deb ataladi "Yuqoridan-pastga" texnologiyasi jismlarning o'lchamlarini mexanik yoki boshqa ishlov bilan kichraytirishga asoslangan bo'lib, unda nanometrli o'lchamdagi ob'ektlar olinadi. Masalan, makroskopik o'lchamdagi materialni maxsus tegirmonda maydalab nanozarrachalar olish mumkin.

Hozirgi vaqtda litografiya elektronikada nanostrukturalar olishning asosiy uskunalaridan biri hisoblanadi (86-rasm). "Litografiya" nomi yunoncha litos-tosh va "grafo" - yozaman so'zlaridan kelib chiqqan bo'lib, so'zma-szz "toshda yozaman" deyilganidir. Litografiya qattiq jismlarning sirtlarida nanostrukturalar olishga imkon beradi. Litografiya eng sodda holda bir necha bosqichlardan iborat. Birinchi bosqichda qattiq jism sirtiga fotorezist qatlami surtiladi. Fotorezist - yorug'likka sezgir modda bo'lib, nurlanish ta'siri ostida surtilgan sirtning strukturasi o'zgartiradi. So'ngra sirtga fotoshablon surtiladi. Fotoshablon qattiq jismning sirtida "o'ymakorlik" qilish uchun trafaret bo'lib, sirt qismlarini nurlash uchun shaffof va noshaffof maskadan iborat. Litografiyaning keyingi bosqichi eksponirlash deb ataladi. Ustiga fotorezist va uning tepasidan fotoshablon qo'yilgan qattiq jismning sirti nurlanishning optik manbaai (lampa yoki lazer) bilan yoritiladi. Natijada fotoshablonning nurlanish uchun shaffof qismlari ostidagi fotorezistning ta'sridan sirtning strukturasi o'zgaradi. Fotorezist o'zgartirgan sirtning biror qismi fotorezist bilan birgalikda o'yish jarayoni yordamida yo'qotilishi mumkin. Kimiyaviy o'yish maxsus kimiyaviy moddalar (o'yuvchilar) da yoritilgan fotorezist ta'sirida o'zining strukturasi o'zgartirgan sirtini eritishga asoslangan. Shunday qilib "o'ymakorlik" bilan qattiq jismning sirtida yetarlicha murakkab strukturalarni olish mumkin. Litografiya elektronli texnikani boshqaruvchi qurilmalar - mikroxsxemalarni yaratishda asosiy bosqichlardan hisoblanadi. Mikroxsxemalarning

o'lchamlarini kichraytirish litografiya shakllantiriladigan rasmlarning o'lchamlarini kichraytirilishi bilan erishilishi mumkin. Fotoshablon orqali fotorezistni yoritish uchun foydalaniladigan optik nurlanish manbaaning xarakteristikasi bo'lib nurlanishning to'lqin uzunligi xisoblanadi. Difraksiya xodisasi tufayli litografiya yordamida qirqib olinadigan detalning o'lchami to'lqin uzunlikdan kichik bo'la olmaydi.

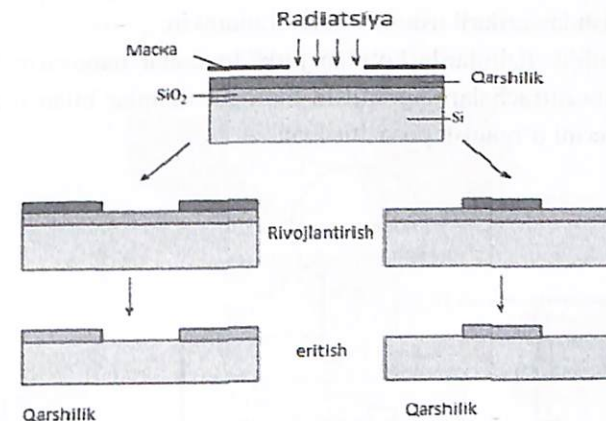
Agar biz litografiya to'ldin uzunligi 1 mkm bo'lgan nurlanish manbaidan foydalansak, biz chiza oladigan detalning eng kichik o'lchami ham 1 mkm bo'ladi. Litografiya yordamida nanometer o'lchamli obyekt chizish uchun to'lqin uzunligi bir necha o'n nanometrlar bo'lgan uzoq ul'traqir nurlanish manbaalaridan foydalanish kerak.

Epitaksiya "Pastdan-yuqoriga" texnologiyasi yig'ish yo'li bilan alohida atom va molekulalardan nanoo'lchamli obyektlarni olishdan iborat. Alohida atomlardan nanomateriallarni yig'ish texnologiyalarining ko'p xilligida kondensatsiya hodisasi yotadi. Kondensatsiya (yunoncha kondenso-zichlayman, quyuglashtiraman so'zidan olingan)- moddaning gazsimon holatidan suyuq yoki kattiq holatiga uni sovutish yoki siqish natijasida o'tishi.

Yomgir, qor, shudring, qirov - tabiatning bu hamma xodisalari atmosferadagi suv bug'laring kondensatsiyasi natijasidan iborat. Bug'ning kondensatsiyasi berilgan modda uchun kritik bo'lgan temperaturadan pastdagina sodir bo'lishi mumkin xolos. Suvning molekullari kabi boshqa ximiyaviy elementlarning molekullarini ham "kondensatsiyalash" mumkin. Kondensatsiya va unga teskari jarayon - bug'lanish moddaning fazaviy aylanishlariga misol hisoblanadi. Gazning suyuqlikka yoki suyuqlikning qattiq jismga fazaviy aylanish jarayoni ma'lum bir vaqt ichida sodir bo'ladi.

Aylanish jarayonining boshlang'ich bosqichida nanozarrachalar tashkil bo'ladi, so'ngra ular makroskopik obyektlarga o'sadilar. Agar fazaviy aylanishni boshlang'ich bosqichida "muzlatilsa" nanozarrachalar olinishi mumkin. Nanozarrachalarni kondensatsiyalash metodi bilan olinganda makroskopik jismdan nanozarrachada yig'iladigan atomlarni bug'lash zarur. Bug'lanishni makroskopik jismni termik yoki lazerli qizdirish yo'li bilan amalga oshirish mumkin. Bug'langan atomlarni past temperaturali sohalarga o'tkazish kerak, u yerda ular nanozarrachalarga

kondensatsiyalanadi. Texnologik jarayonning murakkabligi shundaki, nanozarrachalar o'sib, ya'ni kattalashib makroskopik jismlarga aylanib qolmasliklarini ta'minlaydigan sharoitni yaratishdan iborat.



4.7-rasm. Fotorezist olish

Epitaksiya jarayonini amalga oshirishning eng zamonaviy metodi molekulyar-nur epitaksiyasi hisoblanadi. Bu metodda tayyorlangan va tozalangan taglikka alohida atomlarning oqimlari yo'naltiriladi. Taglikning sirtiga eltib borib atomlar u yoki bu usul bilan tartiblanadilar va bizga kerakli strukturani hosil qiladi.

#### 4.6. Nanoelektronikaning ekologik va iqtisodiy muammolari

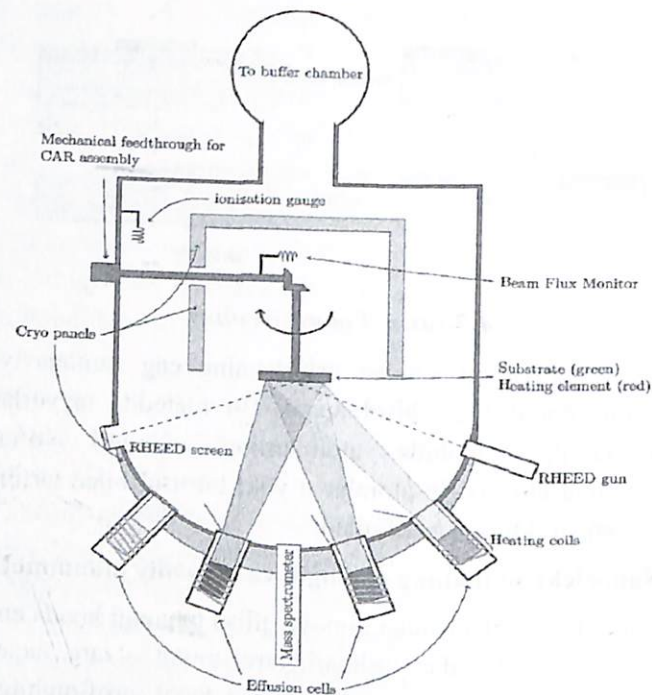
Atrof-muhitni ifloslanishdan himoya qilish bugungi kunda eng muhim masalalardan biridir. Bundan tashqari, atrof-muhit o'zaro faqat cheksiz sonli sistemalardan tashkil topganligi uchun faqat atrof-muhitga e'tibor qaratishning o'zi yetarli emas. Ham suv, ham tuproq xossalari bilan ushbu tizimning bir qismidir. Bu munozaralar qadim zamonlardan beri mavjud bo'lib, oxirigacha hal etilmagan. Ba'zida atrof-muhitning ifloslanishi juda ko'p chunki hatto tuzatib bo'lmaydigan ko'rinadi. Ko'pchilik narsalarning hozirgi holatiga uzoq vaqtdan beri o'rganib qolgan. Biroq, nanotexnologiya tadqiqotchilari buni hal qilishning yo'li borligiga ishonishadi.

Atom va molekulyar darajadagi materiallarni loyihalash va ularni

atrof-muhitda olimlar oldida manipulyatsiya qilish himoya qilishning yangi usullarini yaratish uchun katta imkoniyatlar ochadi.

Energiya ishlab chiqarish usullarida nanomateriallarning maxsus xususiyatlari, undan samarali foydalanish, suvdan foydalanish va atrof-muhit tiklanishda sezilarli ustunlik berishi mumkin.

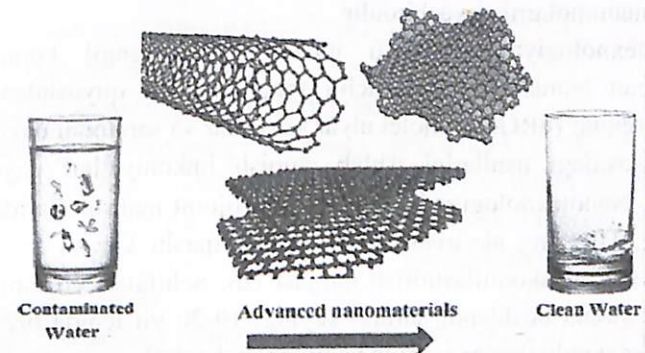
Mikrofluidik tizimlarda ko'plab joriy loyihalar nanozarrachalar, shu jumladan nanozarrachalarning siljishi biologik tizimlar bilan o'zaro ta'sir qilish xarakterini o'rganish yo'naltirilgan.



4.8-rasm. Epitaksiya "Pastdan-yuqoriga" texnologiyasi

Har xil turdagi ifloslantiruvchi moddalarni o'rganish nanomateriallar bilan qanday aloqa qilish kerak, yer osti ular tomonidan suvda tashiladi va biologik hujayralar bilan o'zaro ta'sir qiladi o'zaro ta'sir qilishini va ularni yo'q qilishini aniqlashga harakat qilmoqda. Suv insoniyat uchun juda muhimdir. Chiqindi bilan ifloslangan suv salomatlik uchun xavflidir. Toza suvga kirish harbiy mojarolar va tez-tez tabiiy ofatlar bo'lgan mamlakatlarda bu ochlikdan ko'ra kattaroq muammodir. Uning tozaligini

yaxshilash uchun AQShda ichimlik suvi foydalanish standartlari bir necha bor ko'rib chiqilgan. Suvni tozalash uchun nanomateriallardan foydalanish mavjud va butunlay yangi texnologiyalar va materiallarni ishlab chiqishda yordam berishi mumkin. Nanotexnologiya yordamida elektr energiyasi energiya zaxiralari yetarli bo'lmagan chekka hududlarni suv bilan ta'minlash va qayta ishlash usullarini takomillashtirish mumkin.



4.9-rasm. Suvni tozalash uchun nanomateriallardan foydalanish

Atrof-muhitni muhofaza qilish uchun maxsus ishlab chiqilgan nanomateriallar va suvdan foydalanish bo'yicha ko'plab mutaxassislarga ozgina ma'lum bo'lgan yangi narsadir.

Biroq, vaziyat asta-sekin yaxshi tomonga o'zgarib bormoqda. Suv bilan ishlov berish xavfsiz, arzon va samarali usullar tufayli eski an'anaviy amaliyot usullari asta-sekin o'zgarib bormoqda.

Nanotexnologiya jamiyat bilan fan, texnologiya, iqtisodiyot, madaniyat, axloq, huquq, milliy xavfsizlik va, albatta, ta'lim sohalarida muloqot qiladi.

Nanotexnologiya kabi muhim sohada tadqiqotlar jahon hamjamiyatidan katta kuch talab etishi aniqlandi. Xatolar va tushunmovchiliklardan qochish uchun energiya, atrof-muhit, sog'liq va xavfsizlik masalalari ochiq munozara va ochiq axborot almashinuvini amalga oshirish kerak. XXI-asrning boshi nanotexnologiya va nanomateriallar taraqqiyotning inqilobiy tashabbusi ekanligini hammamiz bilamiz. Hozirda ular dunyoning barcha rivojlangan mamlakatlarida insoniyatga xizmatlar (sanoat, axborot sohasi, radioelektronika, energetika, transport, biotexnologiya, tibbiyot) juda muhim sohalarda ishlatiladi.

So'nggi bir necha yil ichida nanotexnologiya yuqori texnologiyaga aylandi. Faqat eng istiqbolli nuqtalardan biri sifatida emas, balki shu bilan birga, XXI asr iqtisodiyotining tizimni tashkil etuvchi omili bo'lib ko'rindi. Barcha sanoat faoliyatining nanotexnologiyasi hayot sifati bo'lgan yangi paradigmaning rivojlanishini rag'batlantiradi o'sish va postindustriyadagi yangi tendentsiyalarning manbai jamiyatdagi ko'plab ijtimoiy muammolarning yechimidir.

Nanotexnologiya tufayli u juda tez va yengil kompyuterlar, yaxshilangan tennis to'plari, kuchli mato, shaffof quyoshdan himoya qiluvchi kremlar (8RG60), molekulyar sensorlar va saratanni davolashning hujayra asosidagi usullarini ishlab chiqish imkoniyatlari paydo bo'la boshlaydi. Nanotexnologiya hozirda yuzlab tijorat mahsulotlarida mavjud ishlatilgan. Ularning aksariyati vandalizmga qarshi kurash kabi mavjud texnologiyalarni takomillashtirish natijasi edi. Sahifalar, yopishmaydigan qopqoqlar yasala boshlandi, ammo keyingi 10-20 yil ichida biz butunlay yangi, nanotexnologiyalar asosida yaratgan mahsulotlarimiz ajoyib bo'ladi.

#### 4.7. Mikroelektronika va nanoelektronikaning kelgusi rivojlanishi.

Nanotexnologiya allaqachon ishlamoqda. Sanoat materiallarning oldingi xususiyatlaridan ustun bo'lgan, yangi nano xususiyatlarga ega ko'plab mahsulotlarni ishlab chiqarilmoqda. Molekulyar Ba'zi materiallar darajasida qo'shib, olimlar ularning hayotiyiligi va chidamliligini oshirishga muvaffaq bo'ldi.

Nanotexnologiyalar asosida ishlab chiqarilgan mahsulotlar ko'p do'konlarda borligini tasavvur ham qilolmaysiz. Nano o'lchamdagi sirtni tozalash texnologiyalari mexanik, termal, biologik, elektron, optik, kimyoviy xususiyatlari yaxshilangan tovarlar yaratish imkonini beradi.

Quyida ulardan foydalanishning kelajagi keltirilgan hududlar ko'rsatilgan:

- Avtotransport vositalari va jihozlarni eskirishdan himoya qilish;
- Yumshoq materiallarni himoya qilish (masalan, polimer, yog'och ishlab chiqarilgan va to'qimachilik);
- To'qimachilik va keramika uchun o'z-o'zini tozalash yuzasi qobiqlar;

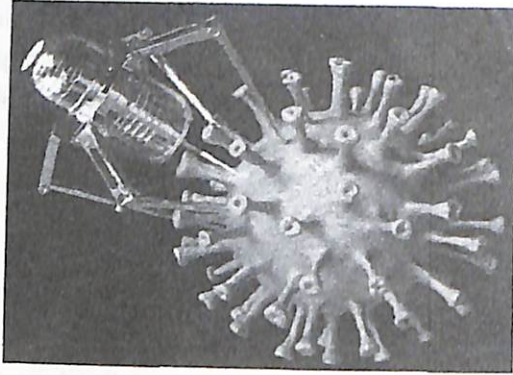
- Avtomobillar va jihozlar uchun korroziyaga qarshi himoya qilish;
- Quvurlar va dvigatellar uchun issiqlikka chidamli qopqoqlar;
- Qurilish materiallari va qurilmalari uchun issiqlik izolyatsiyasi;
- Biologik mos implantlar;
- Antibakterial dori vositalari va vositalari;
- Transistorlar uchun juda nozik komponentlar;
- Fotoxrom va elektroxrom oynalar;
- Yorqinlikka qarshi ekranlar;
- Yuqori samarali quyosh batareyalari.

**Nanobotlar.** Atom darajasida yangi materiallarni yaratishning ko'plab usullari mavjud imkoniyatlarni osongina tasavvur qilish mumkin, lekin ko'p loyihalar printsiplial jihatdan amalga oshirish mumkin emas. Juda ajoyib loyihalardan biri nano o'lchamdagi robotlar yoki nanobotlar ishlab chiqarishga asoslangan.

O'tgan asrlarning olimlari linzalarni ehtiyotkorlik bilan parlatishdi bakteriyalar birinchi marta oddiy optik mikroskop yordamida marta topildi. Nanoobyektlar bilan ishlash uchun zamonaviy olimlar ancha kuchli va murakkab uskunalardan foydalanadi.

**Elektron mikroskop.** Inson ko'zi 25 sm masofada 0,1 mm dan kichik bo'lmagan tafsilotlarni ko'ra oladi. Mikroskop yordamida juda kichik narsalarni ko'rish kerak.

Oddiy optik mikroskop molekularlari ko'rib chiqish uchun yetarlicha kuchli emas. Optik mikroskoplarning maksimal kattalashishi taxminan 1000 marta (haqiqiy o'lchamdan 100 marta); ularning yordami bilan siz 200 nm dan kichik bo'lmagan qurilmalarga qarashingiz mumkin va juda kichik narsalarni ko'rib chiqish uchun olimlar yorug'likdan foydalanmaydilar, elektronlardan foydalanadi. Faqat elektron mikroskoplar juda kichik narsalarni ko'rib chiqishga imkon beradi.



4.10-rasm. Nanobotlar

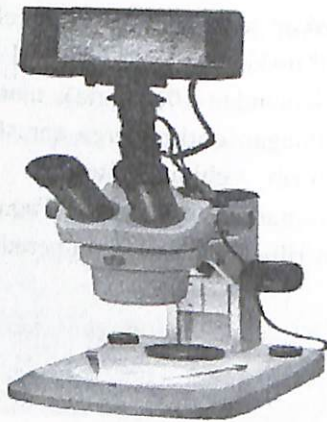
Nanomateriallarning xususiyatlarini ko'rib chiqish uchun turli tipdagi elektron mikroskoplardan foydalaniladi.

- Skanerlovchi elektron mikroskop
- Yorug'lik elektron mikroskopi
- Analitik elektron mikroskop.

Elektron mikroskop elektronlarning energiyasidan namuna oladi tasvirni 10 dan 1000.000 martagacha oshirish uchun ishlatiladi.

Nanotibbiyot - bu molekulyar davolash va operatsiyalar darajada bajariladigan tibbiyot sohasi.

Nanotibbiyotning asosiy maqsadlari quyidagilardan iborat:



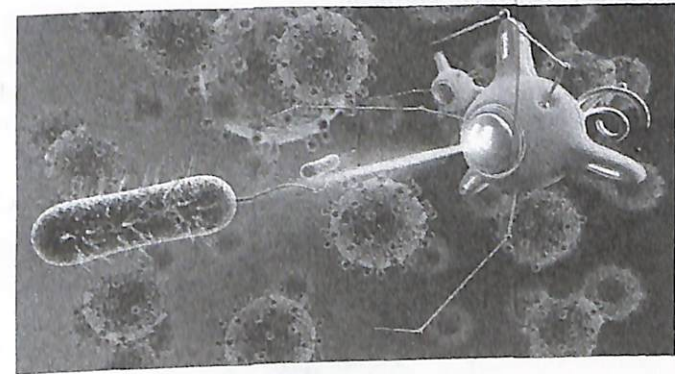
4.11-rasm. Elektron mikroskop

- 1) saraton hujayralarini erta aniqlash;
- 2) nano o'lchamdagi qurilmalar yordamida zararlangan hujayralar qismlarni olib tashlash yoki almashtirish;
- 3) dori vositalarini yuborish uchun molekulyar nasoslarni ishlab chiqarish va implantatsiya qilish.

Nano darajada molekularlar va atomlar, materiallar va qurilmalarni yaratish va ulardan foydalanish bo'yicha tadqiqotlar faol davom ettirilmoqda va katta miqdorda moliyalashtirilmoqda.

Turli tibbiy vazifalarni hal qilish uchun nanotexnologiya ishlatilishi mumkin:

- genetik axborotni saqlash va chiqarish;
- diagnostika, masalan, kasallikni kuzatish;
- ba'zi kasalliklarga umumiy moyillikni aniqlash, masalan Altsgeymer kasalligi;
- kasalliklarni tasniflash takomillashtirilgan, ularni, masalan, turlar va kichik tiplarga bo'lish;
- xromosoma farqlari asosida nuqtali dorilar tanlash;
- gen terapiyasida, masalan, mukovistsidozda;



4.12-rasm. Nanotibbiyot

Uzoq muddatli kelajakdagi nanotexnologiya shifokorlar uchun saraton va boshqa xavfli kasalliklarni davolaydigan kuchli vositalar; hatto qarishga qarshi davo bo'lishi mumkin.

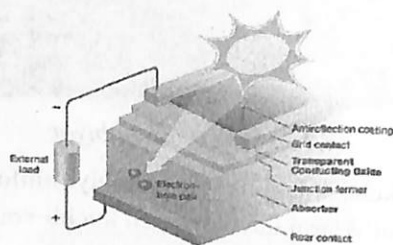
Biologik muhandislik, biologik tizimlar, jumladan, inson tanasi, teri, sochlar, mushaklar, qon, ichki organlar, ko'zlar va tananing boshqa

ko'plab qismlari ham oqsillar tufali yashaydi. Nanotexnologiya oqsil muhandisligi bilan chambarchas bog'liq. Ularning yordami bilan oqsil molekulasini tuzilishini o'rganish uchuni mustahkamlaydi. Yashil nanotexnologiyalar ekologik toza kimyoviy va texnologik jarayonlardan foydalanadigan texnologiyalar.

Nanotexnologiyalar ikki xil usulda ishlab chiqarish jarayonlarini o'zgartirishga qodir. Birinchidan, ishlab chiqarish chiqindilarini tez kamaytirish va samaradorligini oshirish hisobiga. Ikkinchidan, ishlab chiqarish jarayonlarida samaradorlikni oshiradigan va zaharli va iflos materiallardan, shuningdek, yakuniy mahsulotlardan xalos bo'lishga imkon beruvchi katalizator sifatida nanomateriallardan foydalanish hisobiga.

Ushbu maqsadlarga erishish uchun olimlar quyidagi yo'nalishlarda tadqiqotlar olib bormoqdalar:

- sanoat jarayonlari uchun yangi takomillashtirilgan katalizatorlar atom darajasida sintez;
- yangi molekular yaratish uchun molekularga ma'lumot kiritish (DNK sifatida);
- yangi kimyoviy moddalar va materiallar uchun asos sifatida molekularning o'z-o'zidan yig'ilishi;
- mikro va nanoreaktorlarda molekularni yaratish;
- quyosh batareyalari va yonilg'i xujayralari asosidagi muqobil energiyadan foydalanish, shuningdek energiyani tashish yangi usullarni qayta ishlash.
- energiyadan tejamkorroq foydalanish maqsadida ishlab chiqarish jarayonlarni takomillashtirish.



4.13-rasm. Yashil nanotexnologiyalar

2050-yilda hayotimiz qayta tiklanadigan energiya manbalarisiz qanday bo'lishini tasavvur qiling. Sayyoradagi deyarli hamma avtomobil dvigatellarida neft zahiralari ishlaydi. Hamma gaz zaxiralari avtomobillar va samolyotlar harakati uchun ishlatiladi.

Nanotexnologiyani energetikada qo'llash eng muhimi maydonlardan biri bo'lishi mumkin. Insoniyatning yanada rivojlanishi, energiya mavjudligi va nanotexnologiyalardan foydalanish muvaffaqiyatiga bog'liq bo'ladi.

Nanomateriallar, masalan, uglerod nanotubalari, elektrenergiya uzatish tizimlarining samaradorligini oshirish variantlardan biri hisoblanadi.

#### Nazorat savollari

1. Qanday nanotexnologiyalar materiallarni yaratishga imkon beradi
2. Kremniydan qanday nanomateriallar tayyorlanadi?
3. Nanobot nimani anglatadi?
4. Skanerlovchi mikroskop nima uchun ishlatilgan?
5. Nanotexnologiya tadqiqotlari va rivojlanishi uchun nima ishlatilgan?
6. Biologik nanosensorning eng muhim xususiyatlari nimada?
7. Kasalliklarni davolash uchun oltin nanoshoplar ishlatilganmi?
8. Biologik nanosensornlar nima uchun mo'ljallangan?
9. Tibbiyot yoki qishloq xo'jaligi maqsadlarida oqsillarni yaratish va o'zgartirish bilan bog'liq faoliyat sohasi deyiladi?
10. Kremniy, galliy arsenid va germaniy nima uchun ishlatilganmi?
11. Nanosimlarning o'tkazuvchanligi qanday qiymatga bog'liq?

#### Test savollari

1. Nanometr quyidagilarga teng:
  - a) metrning kvintilliondan biri;
  - b) metrning milliarddan bir qismi;
  - c) metrning milliarddan bir qismi;
  - d) metrning trilliordan bir qismi.
2. Nanotexnologiya bizga qanday materiallarni yaratishga imkonini beradi:
  - a) ulkan granit bloklari;
  - b) atomlar va molekular;
  - c) qum;
  - d) meteorit

3. 20-30 nm diametrli oltin qobiqli kvarts sharlar deyiladi:
- nanosharlar;
  - oltin globuslar;
  - nano qobiqlar;
  - nanogel.
4. Nanotexnologiyalarni o'rganish va yaratish uchun quyidagilar qo'llanilmaydi:
- o'lchash asboblari;
  - ishlab chiqarish asboblari;
  - modellash vositalari;
  - konserva ochuvchi pichoq.
5. Asbob uskunasiz inson ko'ra oladigan eng kichik obyekt qanday o'lchamga ega:
- 100 nm;
  - 1000 nm;
  - 10 000 nm;
  - 100 000 nm.
6. Spektroskopiya nima asosida materiallarni o'rganish uchun foydalaniladi
- spektri;
  - hidi;
  - to'yinganlik nuqtalari;
  - hajmi.
7. To'qimalarni molekulyar darajada davolash bilan shug'ullanadigan faoliyat sohasi deyiladi:
- nanobiotiklar;
  - nanogips;
  - nano tibbiyot;
  - nanoortodontiya
8. Nanosimning o'tkazuvchanligi ko'p jihatdan quyidagilarga bog'liq:
- chekka effektlar;
  - bozor sharoitlari;
  - quyosh chaqnashlari;
  - materiallar narxi.
9. Uglerod nanotubkasi mustahkamroq:
- po'latdan;
  - misdan;
  - betondan;
  - yuqorida sanab o'tilgan barcha materiallardan

10. Nanotexnologiyalar quyosh fotoelementlarining samaradorligini 20-30% dan qanchagacha oshirishi mumkin:

- 40%;
- 55%;
- 65%;
- 70%.

#### Mustaqil ta'lim uchun mavzular

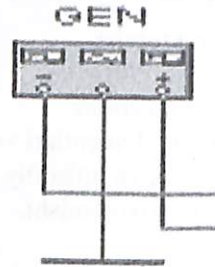
- Yarimo'tkazgichli nanostrukturalar.
- Geterotranzistorlar.
- Nanoelektron maydoniy tranzistorlar.
- Nanoelektronikaning ustuvor elementlari va jihozlari.
- Nanoelektronikaning ekologik va iqtisodiy muammolari.
- Nanoelektronikaning kelgusi rivojlanishi.

## V-BOB. VIRTUAL ELEKTRONIKA

### 5.1. Yarim o'tkazgichli diodni tekshirish

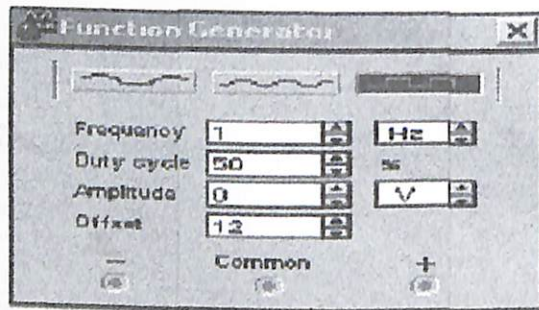
#### Laboratoriya ishini bajarishda kerak bo'ladigan komponentlar

Sinusoidal, arrasimon va impuls kuchlanishlar generatori (5.1-rasm) uchta chiqishga ega: umumiy (er), musbat (+), manfiy (-).



5.1-rasm. Sinusoidal, arrasimon va impuls kuchlanishlar generatori

Generatorning tasviri ustida sichqonchani chap tugmasi to'xtovsiz ikki marta bosilsa uning oynasi ochiladi (5.2-rasm).



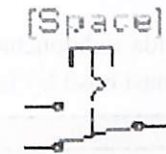
5.2-rasm. Kuchlanishlar generatorining oynasi

Ochilgan oynaning yuqori qismida kerakli shakldagi signalning tasviri bosiladi va uning quyidagi parametrlari o'rnatiladi:

1. Chastota *Frequency* maydonida Hz, kHz yoki MHz larda o'rnatiladi;
2. Signal shaklining simmetrikligi *Duty cycle* parametri orqali beriladi;
3. Signal o'zgaruvchan tashkil etuvchisining amplitudasi  $\mu\text{V}$ ,  $\text{mV}$ ,  $\text{V}$  yoki  $\text{kV}$  larda *Amplitude* maydonida ko'rsatiladi;

4. Agar zarur bo'lsa signal o'zgarmas tashkil etuvchisining amplitudasi *Offset* maydonida ko'rsatiladi.

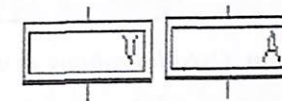
Kalitning tasviri 5.3-rasmda ko'rsatilgan.



5.3-rasm. Kalit

Kalitni almashtirib ulash uchun kvadrat qavs ichida ko'rsatilgan klavisha bosiladi, masalan [probel].

Voltmetr va ampermetr 5.4-rasmda ko'rsatilgan. Ularning ichki qarshiliklari xossalarida beriladi.



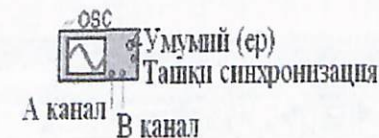
5.4-rasm. Voltmetr va ampermetr

Vaqt relesi (5.5-rasm) ulanish vaqti (on) va uzilish vaqti (off) parametrlariga ega.



5.5-rasm. Vaqt relesi

Ostillograf (5.6-rasm) ikkita kanalga va to'rtta kirishga ega.

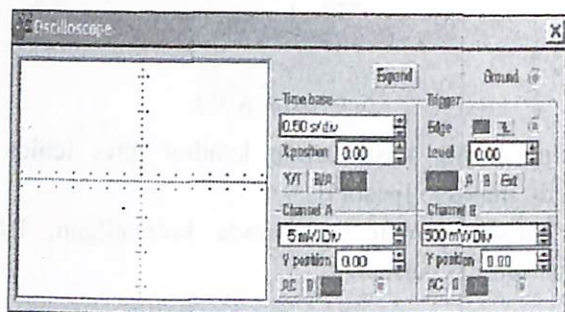


5.6-rasm. Ostillograf

Uning kirishari quyidagilar:

1. Umumiy (yer);
2. Tashqi sinxronizatsiya;
3. A kanal;
4. B kanal.

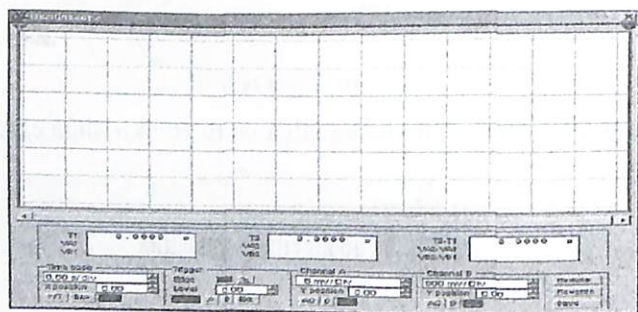
Ostillografning tasviri ustida sichqonchani chap tugmasi to'xtovsiz ikki marta bosilganda uning oynasi hosil bo'ladi (5.7-rasm).



5.7-rasm. Ostillografning oynasi

Oynadagi Expend tugmasini bosish yo'li ostillografni kattalashtirilgan ko'rinishga o'tkazish mumkin (5.8-rasm).

Ostillografning Time base qismida uning ishlash rejimini beruvchi Y/T, B/A, A/B ulab-uzgichlar joylashgan. Y/T rejimida kirishlar A va B, abstsissa o'qi vaqt bo'ladi, vaqtning qadami beriladi. B/A yoki A/B rejimida ostillografning og'diruvchi plastinalariga A va V kirish kanallaridan kuchlanish beriladi.

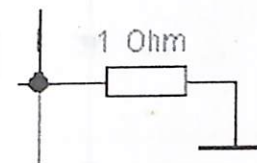


5.8-rasm. Ostillografni kattalashtirilgan ko'rinishdagi oynasi

Kuchlanish bo'yicha masshtablar Channel A va Channel V sohalarida o'rnatiladi. Pastda kirish ulab-uzgichlari AC (o'zgaruvchan) / 0(nol) /

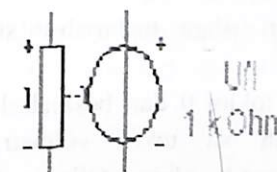
DC (o'zgarmas) joylashgan.

Bir omli rezistorlar (5.9-rasm) sxema tarmoqlarida qiymati tokka teng bo'lgan kuchlanish olish uchun ishlatiladi.



5.9-rasm. Bir omli qarshilik

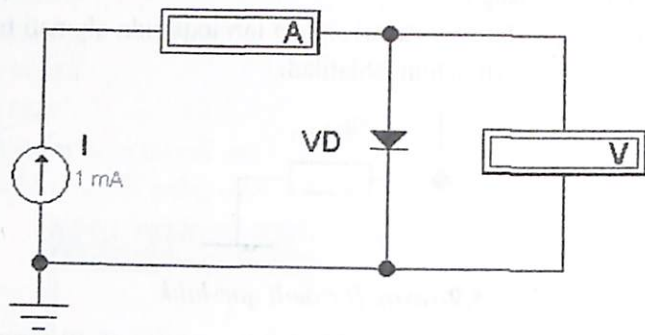
Tok bilan boshqariluvchi kuchlanish generatori (5.10-rasm) qiymati tokka teng yoki proporsional bo'lgan kuchlanish olish uchun foydalaniladi. Bunda, bir omli qarshilikdan farqli ravishda tadqiq qilinayotgan zanjirga qo'shimcha qarshilik kiritilmaydi.




5.10-rasm. Tok bilan boshqariluvchi kuchlanish generatori

### Ishni bajarish tartibi:

1. Electronics Workbench dasturini ishga tushiring Diod volt-ampere xarakteristikasining to'g'ri tarmog'ini olish uchun 5.11-rasmida ko'rsatilgan sxemani yig'ing. U tok manbasi I, ampermetr A (ampermetrning bo'lishi shart emas, chunki, o'lchanayotgan tok berilayotgan tokka teng), tadqiq qilinayotgan diod VD va dioddagi kuchlanishni o'lchash uchun voltmetr V dan tashkil topgan.



5.11-rasm. Diod volt-ampere xarakteristikasining to'g'ri tarmog'ini tadqiq qilish uchun sxema

2. Sxemani ishga tushirish uchun Electronics Workbench dasturining o'ng yuqori burchagidagi ishga tushirish-to'xtatish  knopkasini bosing.

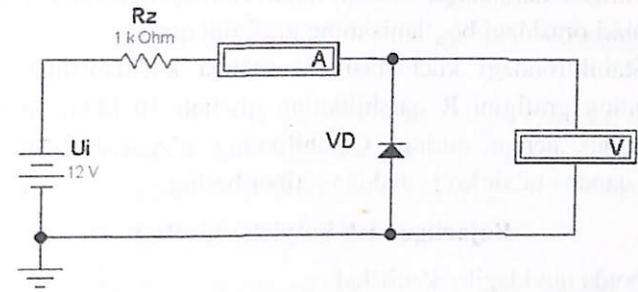
3. Tok manbasining tokini 0 dan boshlab 10 mA gacha o'zgartirib stabilitrondagi kuchlanish va tokni volmetr va ampermetrlarning ko'rsatishlari bo'yicha yozib oling. Olingan natijalarni 5.1-jadvalda keltiring (ampermetr mikroamperlarni ko'rsatganda milliamperlarga ayntirib olishni unutmang).

5.1-jadval.

Tok $I_{to'g'ri}$ , mA	0,00001	0,001	0,01	0,1	0,5	1	2	4	6	8	10
Kuchlanish $U_{to'g'ri}$ , V											

4. Olingan natijalarga asosan diod volt-ampere xarakteristikasining to'g'ri tarmog'ini quring.

5. Diod volt-ampere xarakteristikasining teskari tarmog'ini qurish olish uchun 5.12-rasmda ko'rsatilgan sxemalarni yig'ing va rasmda ko'rsatilgan sxema elementlarining parametrlarini o'rnating. Unda kuchlanish manbasi  $U_i$  va probay bo'lganda tokni cheklash uchun  $R_z$  himoyalovchi rezistordan foydalanilgan.



5.12-rasm. Diod volt-ampere xarakteristikasining teskari tarmog'ini tadqiq qilish uchun sxema

6. Shift klavishasi bosilgan holda R klavishasini bosish yo'li bilan ta'minlash manbasining kuchlanishini 0 dan boshlab 1 V qadam bilan 12 V gacha o'zgartirib, stabilitrondagi kuchlanish va tokni volmetr PV va ampermetr PA larning ko'rsatishlari bo'yicha yozib oling. Olingan natijalarni 5.2-jadvalda keltiring.

5.2-jadval.

Kuchlanish $U_{teskari}$ , V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tok $I_{teskari}$ , mA												

8. Olingan natijalarga asosan stabilitron volt-ampere xarakteristikasining teskari tarmog'ini quring.

9. Ta'minlash manbasining kuchlanishini 0 dan boshlab 1 V qadam bilan 12 V gacha o'zgartirib, manbadagi va stabilitrondagi kuchlanishlarni PV1 va PV volmetrlarning ko'rsatishlari bo'yicha yozib oling. Olingan natijalarni 5.3-jadvalda keltiring.

5.3-jadval.

Manba Kuchlanishi, $E_1$ , V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кучланиш $U_{teskari}$ , V												

10. Olingan natijalarga asosan stabilitronidagi kuchlanish va manba kuchlanishlari orasidagi bog'lanishning grafigini quring.

11. Stabilitronidagi kuchlanish va manba kuchlanishlari orasidagi bog'lanishning grafigini R qarshilikning qiymati 10 kOm va 100 kOm bo'lgan hollar uchun quring. Qarshilikning o'zgarishi stabilitronning ishlashiga qanday ta'sir ko'rsatishiga e'tibor bering.

#### Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

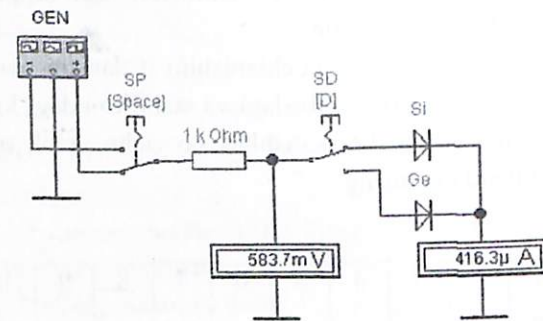
Hisobotda quyidagilar keltiriladi.

1. Ishni bajarishdan maqsad.
2. Tajribalar sxemalari.
3. Olingan natijalar jadvallar va grafiklar ko'rinishida.
4. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

#### 5.2. Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-amper xarakteristikalarini nuqtalar bo'yicha qurish

##### Sxemaning tavsifi:

Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-amper xarakteristika-larini nuqtalar bo'yicha qurishda 5.13-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalaniladi. Sxemada SP ulab-uzgich yordamida GEN generatordan diodga beriladigan kuchlanishning qutbi o'zgartiriladi. Diodning turi (germaniyli yoki kremniyli) [D] klavishani bosib SD ulab-uzgich yordamida ko'rsatiladi. GEN generatordagi o'zgarmas siljitish kuchlanishi uning Offset bo'limida o'rnatiladi va o'zgartiriladi.




5.13-rasm. Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-amper xarakteristikalarini nuqtalar bo'yicha qurish

#### Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini oching va 5.14-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.

2. Kreniyli diod volt-amper xarakteristikasining (VAX) to'g'ri qismini olish uchun SP ulab-uzgichni generatorning "+" chiqishiga ulang va SD ulab-uzgich yordamida kremniyli diodni (Si) tanlang.

Generatorning *Offset* qiymatini 1 V qo'ying.

Sxemani ekranning o'ng yuqori burchagida joylashgan  tugmani bosib ishga tushiring va ampermetr hamda voltmetrning ko'rsatishlarini ko'paytuvchini hisobga olgan holda ( $\mu$  - mikro-, m - milli-) yozib oling. Keyin generatorning *Offset* qiymatini 0 dan 12 voltgacha qadamlar bilan o'zgartirib priborlarning ko'rsatishlarini yozib oling va natijalarni 1-jadvalda keltiring.

3. Kreniyli diod volt-amper xarakteristikasining (VAX) teskari qismini olish uchun SP ulab-uzgichni generatorning "-" chiqishiga ulang va SD ulab-uzgich yordamida kremniyli diodni (Si) tanlang.

Generatorning *Offset* qiymatini 0 dan 12 voltgacha qadamlar bilan o'zgartirib priborlarning ko'rsatishlarini yozib oling va natijalarni jadvalda keltiring.

4. Germaniyli diod volt-amper xarakteristikasining to'g'ri qismini olish uchun SP ulab-uzgichni generatorning "+" chiqishiga ulang va SD ulab-uzgich yordamida germaniyli diodni (Ge) tanlang.

Generatorning *Offset* qiymatini 0 dan 12 qadamlar bilan o'zgartirib priborlarning ko'rsatishlarini yozib oling va natijalarni jadvalda keltiring.

5. Germaniyli diod volt-amper xarakteristikasining teskari qismini olish uchun SP ulab-uzgichni generatorning "-" chiqishiga ulang va SD ulab-uzgich yordamida germaniyli diodni (Ge) tanlang.

Generatorning *Offset* qiymatini 0 dan 12 voltgacha qadamlar bilan o'zgartirib priborlarning ko'rsatishlarini yozib oling va natijalarni 5.4-jadvalda keltiring.

5.4-jadval.

## Diodlarning VAX lari

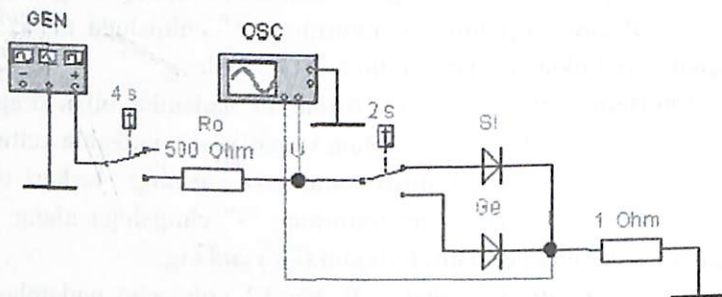
Diod turi	VAX ning to'g'ri qismi						VAX ning teskari qismi							
	Offset				5	8	12	Offset	2		1	0,05	0,03	0,01
Si	U, V							U, V						
	I, mA							I, mA						

6. Olingan natijalar bo'yicha kremniyli va germaniyli diodlarning

Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-ampere xarakteristikalarini xarakterioqraf yordamida qurish

## Sxemaning tavsifi:

Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-ampere xarakteristika-larini xarakterioqrafdan foydalanib qurish uchun sxema 5.14-rasmda keltirilgan. Kuchlanishi 10 V va chastotasi 1 Gts bo'lgan arrasimon kuchlanish GEN generatordan ishlash vaqti 4 sekund va 2 sekund bo'lgan vaqt relelari va qarshiligi 500 Ohm bo'lgan tokni cheklovchi rezistor orqali diodlarga beriladi. Sxema ishga tushirilgandan keyin dastlabki 2 sekund davomida tok kremniyli (Si) diod orqali, keyingi 2 sekund davomida germaniyli (Ge) diod orqali o'tadi, 4 sekunddan keyin esa generator umuman uziladi.



5.14-rasm. Kremniyli va germaniyli diodlarning volt-ampere xarakteristikalarini xarakterioqrafdan foydalanib qurish uchun sxema

OSC ostsilloqrafning A kanaliga 1 Omli rezistordan qiymati dioddan o'tayotgan tokka teng bo'lgan kuchlanish beriladi. V kanalga dioddagi (aniqroq qilib aytganda dioddagi va 1 Omli qarshilikdagi) kuchlanish keltiriladi. Ostsilloqrafning gorizonta plastinalariga V kanalidagi

kuchlanish, vertikal plastinalariga A kanalidagi kuchlanish beriladi. Shunday qilib, volt-ampere xarakteristikalarini to'g'ridan to'g'ri ostsilloqrafning ekranida kuzatish mumkin.

## Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini ishga tushiring va kremniyli hamda germaniyli diodlarning volt-ampere xarakteristikalarini xarakterioqrafdan foydalanib qurish uchun 1-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

2. Sxema elementarining parametrlarini o'rnatish.

3. Sxemani ekranning yuqori o'ng burchagida joylashgan tugmani yoki Ctrl-G klavishalarini bosib ishga tushiring.

Sxema 4 sekund ishlagandan keyin, ya'ni birinchi vaqt releli o'z holatini o'zgartirgandan keyin tugmani yoki Ctrl-T klavishalarini bosib sxemaning ishlashini to'xtatish.

4. Saqlangan modellash natijalarini ko'rish uchun Analysis menyusidan grafik displey DisplayGraphs bo'limini tanlang yoki ekranning yuqori o'rta qismidagi tasvirni sichqoncha yordamida bosing. Ekranda 5.15-rasmda ko'rsatilgan tasvir hosil bo'ladi.

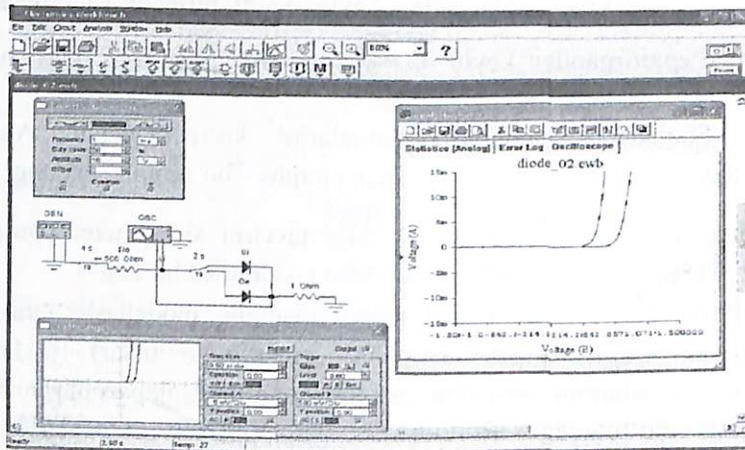
Grafik displeyning *Oscilloscope* qismida modellash jarayonida ostsilloqraf qabul qilgan natijalar (ostsilloqrammalar) joylashadi. Ostsilloqrammalarining abstsissa va ordinatalarining diapazonlarini Graph Properties bo'limidagi BottomAxis va LeftAxis xossalari orqali o'zgartirish mumkin. To'rtinchi ulab uzish uchun ostsilloqrammaning ustida sichqonchaning o'ng tugmasi bosiladi va qalqib chiquvchi menyudan ToggleGrid tanlanadi, asosiy yozuv va koordinata o'qlaridagi yozuvlarni General, BottomAxis va LeftAxis xossalarining Title hamda Label bo'limlarida o'zgartirish mumkin. Natijalar o'qish va tahlil qilish uchun qulay ko'rinishga keltirilgandan keyin nusxasi qalqib chiquvchi menyudan Edit\Copy komandasini bajarish yo'li bilan olinadi.

Umuman olganda Properties menyusida oltita bo'lim mavjud. Ularning asosiylari quyidagilar.

General bo'limida:

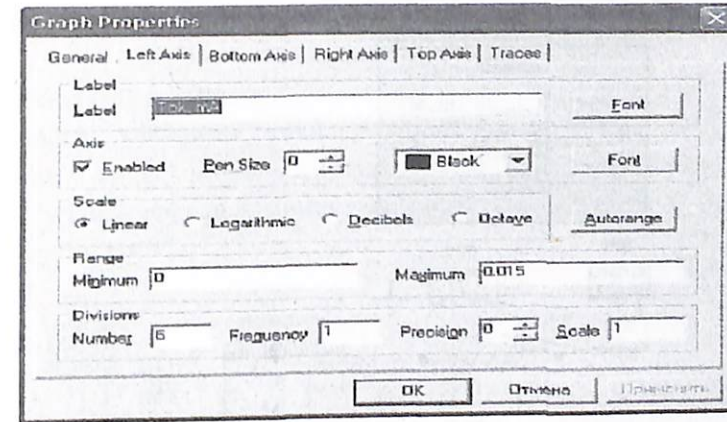
- grafikka asosiy yozuv beriladi, sukut bo'yicha u faylning nomi bilan bir xil;

- to'ring mavjudligi yoki yo'qligi, uning o'lchami va rangi;
- legenda va kursorlarning mavjudligi yoki yo'qligi beriladi.
- Left Axis - Chap o'q (ordinata o'qi).
- *Label* - o'qning n
- omi;
- *Axis* - grafikda o'qning mavjudligi, o'lchami va rangi;
- *Scale* - masshtab, chiziqli, logarifmik, detsibellardayoki oktava-larda tanlanishi mumkin;
- *Range* - diapazon, o'qning minimal va maksimal qiymatlari;
- *Divisions* - metkalar, soni, chastotasi, aniqligi va masshtabi beriladi.



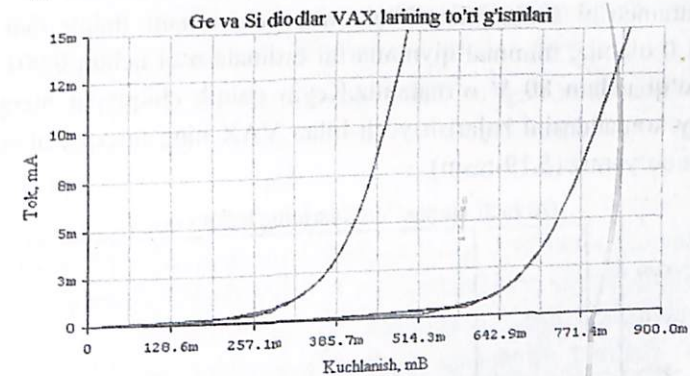
5.15-rasm. Modellar natijalari

Qolgan o'qlarning xossalari ham yuqoridagiga o'xshash.  
Grafik oynaning xossalari sozlashga misol 5.16-rasmda keltirilgan.



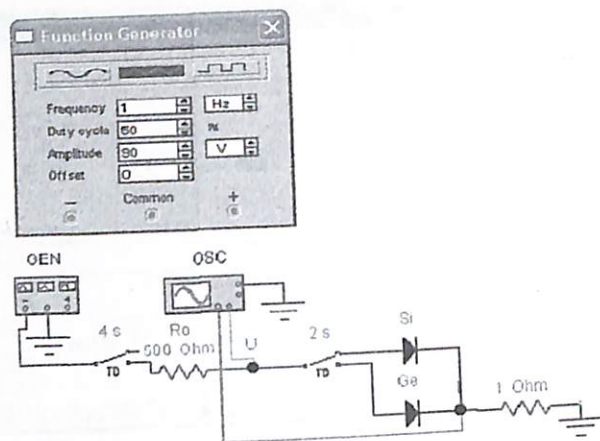
5.16-rasm. Grafik oynaning xossalari sozlashga misol

Grafik oyna sozlanib natijalar o'qish va tahlil qilish uchun qulay ko'rinishga keltirilgandan keyin nusxasi qalqib chiquvchi menyudan Edit/Copy komandasini bajarish yo'li bilan olinadi (5.17-rasm).



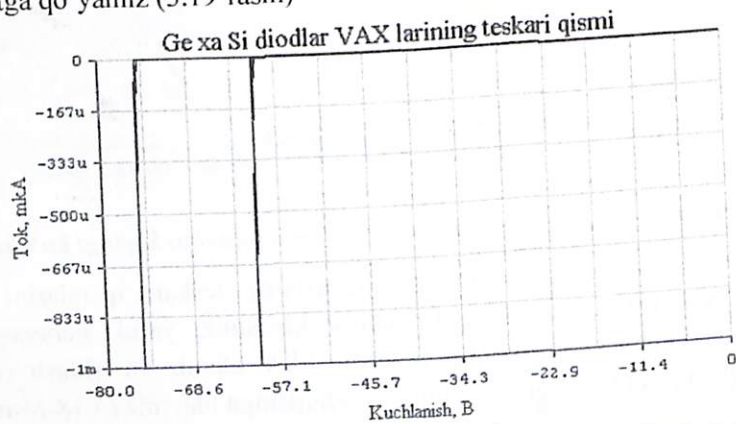
5.17-rasm. Grafiklarning grafik oyna sozlangandan keyingi ko'rinishi

Diodlar volt-amper xarakteristikalarining teskari qismlarini olish uchun sxemaga ayrim o'zgartirishlarni kiritamiz, ya'ni, generatordagi arrasimon kuchlanishning amplitudasini 90 V olamiz va ishlash vaqti 4 sekundli vaqt relesini generatorning "-" chiqishiga ulaymiz (5.18-rasm).



5.18-rasm. Diodlar volt-amper xarakteristikalarining teskari qismlarini olish uchun sxema

Sxema ishga tushirilgandan keyin grafik oynani ochamiz va uning Range parametrini sozlaymiz: ikkala o'q uchun ham uning maksimal qiymatini 0 olamiz, minimal qiymatlarini ordinata o'qi uchun 0.001 V va abtsissa o'qi uchun 80 V o'rnatamiz. Keyin qalqib chiquvchi menyudan Edit\Copy komandasini bajarish yo'li bilan VAX ning nusxasi olamiz va hisobotga qo'yamiz (5.19-rasm)

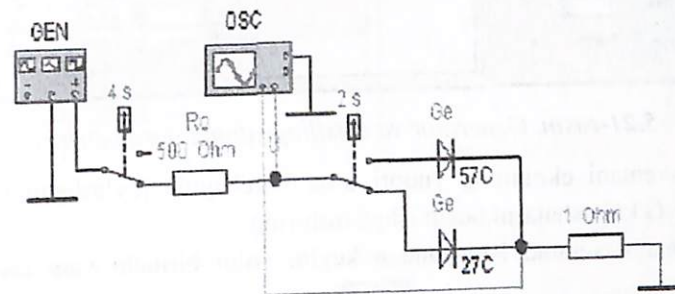


5.19-rasm. Diodlar volt-amper xarakteristikalarining teskari qismlari

### 5.3. Diodlar volt-amper xarakteristikalarining haroratga bog'liqligini tekshirish

#### Sxemaning tavsifi:

Diodlar volt-amper xarakteristikalarining haroratga bog'liqligini tekshirish uchun sxema 5.20-rasmda keltirilgan. Sxemada ikkita germaniyli diod olingan. Ularning pn-o'tishlaridagi haroratlar 27° va 57° C (300 va 330° K).



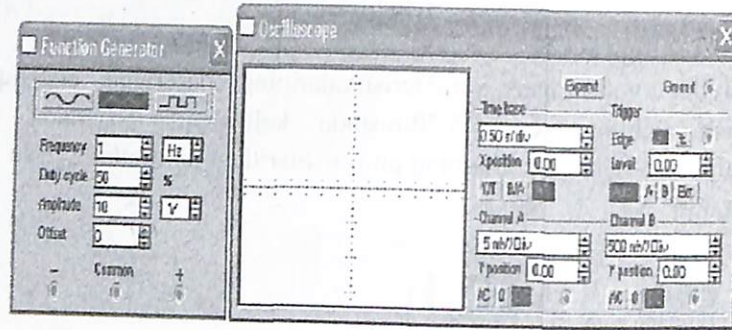
5.20-rasm. Diodlar volt-amper xarakteristikalarining haroratga bog'liqligini tekshirish uchun sxema

Kuchlanishi 10 V va chastotasi 1 Gts bo'lgan arrasimon kuchlanish GEN generatordan ishlash vaqti 4 sekund va 2 sekund bo'lgan vaqt relolari va qarshiligi 500 Om bo'lgan tokni cheklovchi rezistor orqali diodlarga beriladi. Sxema ishga tushirilgandan keyin dastlabki 2 sekund davomida tok harorati 27° C bo'lgan diod orqali, keyingi 2 sekund davomida harorati 57° C bo'lgan diod orqali o'tadi, 4 sekunddan keyin esa generator umuman uziladi. OSC ostsillografning A kanaliga 1 Omli rezistordan qiymati dioddan o'tayotgan tokka teng bo'lgan kuchlanish beriladi. V kanalga dioddagi (aniqroq qilib aytganda dioddagi va 1 Omli qarshilikdagi) kuchlanish keltiriladi. Ostsillografning gorizontial plas-tinalariga V kanaldagi kuchlanish, vertikal plastinalariga A kanaldagi kuchlanish beriladi.

#### Ishni bajarish tartibi:


1. EWB dasturini ishga tushiring va 1-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. Sxema elementlarining parametrlarini o'rnatish. Harorati 57° C bo'lgan diodni data papkasidan oling. Generator va ostsillografning

parametrlarini 5.21-rasmga asosan sozlang.



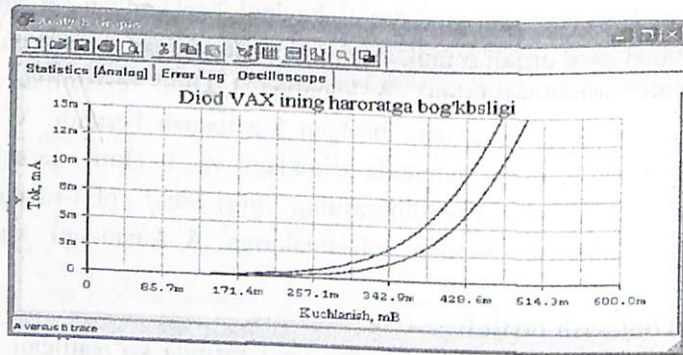
5.21-rasm. Generator va ostsillografning parametrlari

3. Sxemani ekranning yuqori o'ng burchagida joylashgan tugmani yoki Ctrl-G klavishalarni bosib ishga tushiring.

Sxema 4 sekund ishlagandan keyin, ya'ni birinchi vaqt relesi o'z holatini o'zgartirgandan keyin  tugmani yoki Ctrl+T klavishalarni bosib sxemaning ishlashini to'xtating.

4. Saqlangan modellash natijalarini ko'rish uchun *Analysis* menyusidan grafik displey *DisplayGraphs* bo'limini tanlang yoki ekranning yuqori o'rta qismidagi tasvirni sichqoncha yordamida bosing.

5. Grafik oynani sozlab natijalarni o'qish va tahlil qilish uchun qulay ko'rinishga keltiring (5.22-rasm).



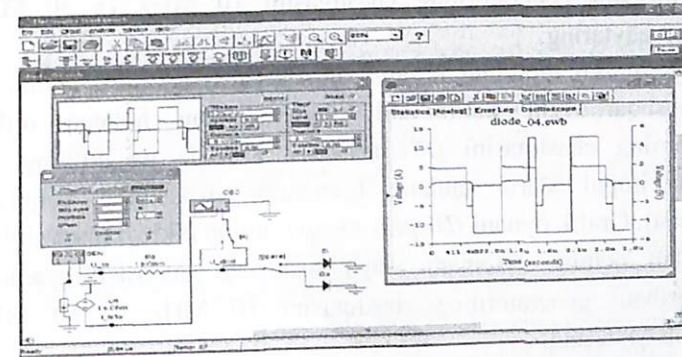
5.22-rasm. Grafik oynani sozlash

6. Har xil haroratlarda olingan VAX larni o'zaro taqqoslang.

## Diodning impuls xarakteristikasini olish

### Sxemaning tavsifi:

Diodning impuls xarakteristikasini olish uchun sxema 5.23-rasmda keltirilgan.



5.23-rasm. Diodning impuls xarakteristikasini olish uchun sxema

Generatorning chiqishida amplitudasi 5V va chastotasi 1, 10, 50 MGts bo'lgan to'g'ri burchakli impulslar hosil qilinadi. Qarshiligi 1 kOm bo'lgan cheklovchi rezistor va probel bilan boshqariluvchi kalit orqali diodga kuchlanish beriladi. Tok bilan boshqariluvchi kuchlanish generatori U/I asosiy zanjirga ulangan va uning chiqishida dioddagi tokka proporsional bo'lgan kuchlanish hosil bo'ladi.

Sxemada ostsillogrammalar olish uchun  $U_{kir}$ ,  $U_{diod}$ ,  $I_{to'la}$  nuqtalar mavjud:

- $U_{kir}$  - generatordan olinayotgan kuchlanish;
- $U_{diod}$  - dioddagi kuchlanish;
- $I_{to'la}$  - zanjirdagi tok.


Dioddagi kuchlanishni ostsillografga berish uchun A klavisha bilan boshqariluvchi kalitdan foydalaniladi.

### Ishni bajarish tartibi:

1. Diodning impuls xarakteristikasini olish uchun 5.24-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

2. Sxema elementlarining parametrlarini o'rnatish.

3. Germaniyli diodning impuls xarakteristikasini olish uchun probel bilan boshqariluvchi kalitni Ge diod-ulangan holatga o'tkazing. Generatorning chastotasini (*Frequency*) 1 MHz ga qo'ying, to'g'ri

burchakli impulslarni tanlang (generator oynasining yuqori o'ng burchagida). Grafik  oynani (*Display Graph*) uning piktogrammasini bosish yo'li bilan oching. Sxemani ishga tushiring va ostsillogrammalarni oling. Tajribani generatorning chastotasini 10 MHz va 50 MHz ga o'zgartirib qaytaring.

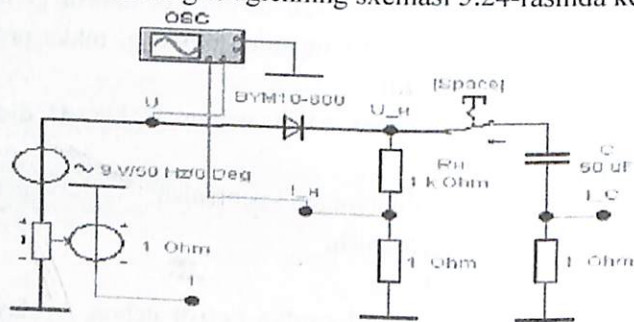
4. Kremniyli diodning impuls xarakteristikasini olish uchun probel bilan boshqariluvchi kalitni Si diod ulangan holatga o'tkazing. Generatorning chastotasini (*Frequency*) 1 MHz ga qo'ying, to'g'ri burchakli impulslarni tanlang (generator oynasining yuqori o'ng burchagida). Grafik oynani (*Display Graph*) uning piktogrammasini bosish yo'li bilan oching. Sxemani ishga tushiring va ostsillogrammalarni oling. Tajribani generatorning chastotasini 10 MHz va 50 MHz ga o'zgartirib qaytaring.

5. Tajribalar bo'yicha germaniyli va kremniyli diodlarning 1, 10 va 50 MGts chastotalarda olingan oltita ostsillogrammani o'zaro taqqoslang.

### Diodlarning amaliyotda qo'llanilishi

#### Sxemaning tavsifi:

Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi 5.24-rasmda keltirilgan.



5.24-rasm. Bitta yarim davrli to'g'rilagichning sxemasi

Sxemadagi kalit kondensatorni ulab-uzish uchun xizmat qiladi. Tok bilan boshqariluvchi kuchlanish generatori va 1 Om li qarshiliklar sxema tarmoqlaridagi toklarga proporsional kuchlanishlarni olish vazifasini bajaradilar.

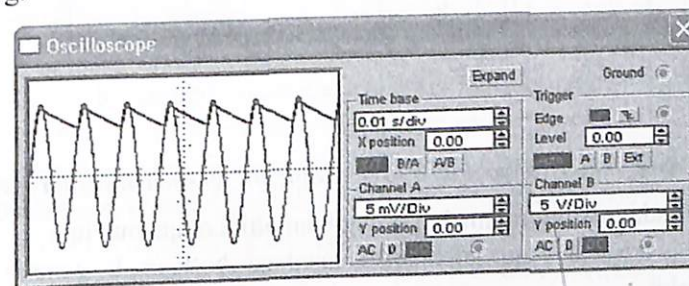
Sxemada ostsillogrammalari olinadigan beshta nuqta mavjud:

- U - o'zgaruvchan kuchlanish manbasining kuchlanishi;


- I - o'zgaruvchan kuchlanish manbasining toki;
- $U_n$  - yuklama  $R_n$  dagi kuchlanish;
- $I_n$  - yuklama  $R_n$  dagi tok;
- $I_s$  - kondensator C orqali o'tayotgan tok.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini ishga tushiring va 5.24-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.
2. Sxema elementlarining parametrlarini o'rnatang.
3. Ostsillografning parametrlarini 5.25-rasmda ko'rsatilgandek sozlang.



5.25-rasm. Ostsillografning parametrlari

4. Sxemani ekranning yuqori o'ng burchagida joylashgan  tugmani yoki Ctrl-G klavishalarni bosib ishga tushiring.
5. Kondensator ulanmagan hol uchun U, I,  $U_n$ ,  $I_n$  kuchlanish va toklarning ostsillogrammalarini oling. Grafik oynani oching va uni sozlab natijalarni o'qish va tahlil qilish uchun qulay ko'rinishga keltiring.
6. Kondensator ulangan hol uchun U, I,  $U_n$ ,  $I_n$ ,  $I_s$  kuchlanish va toklarning ostsillogrammalarini oling. Grafik oynani oching va uni sozlab natijalarni o'qish va tahlil qilish uchun qulay ko'rinishga keltiring.
7. Kondensator ulanmagan va ulanmagan hollar uchun olingan ostsillogrammalarni o'zaro taqqoslang.

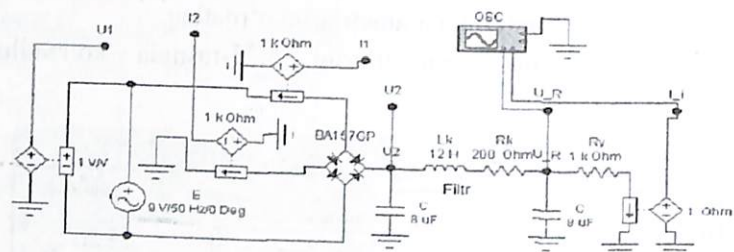
#### Ikkita yarim davrli to'g'rilagich

#### Sxemaning tavsifi:

Ikkita yarim davrli to'g'rilagichni tekshirish uchun sxema 5.26-

rasmda keltirilgan.

Sxemadagi boshqariluvchi generatorlar tok va kuchlanishlarning ostsilogrammalarini olishda ularga proporsional kuchlanishlarni hosil qilish uchun xizmat qiladi. Tok bilan boshqariluvchi kuchlanish generatori tokni berilgan koeffitsient bilan kuchlanishga aylantiruvchi o'zgartkich vazifasini bajaradi. O'zgartirish koeffitsienti 1 kOm bo'lganda tok qiymati bo'yicha 1000 marta katta kuchlanishga o'zgartiriladi.



5.26-rasm. Ikkita yarim davrli to'g'rilagichni tekshirish uchun sxema

Sxemada ostsilogrammalari olinadigan oltita nuqta mavjud:

U1 - o'zgaruvchan kuchlanish manbasi bo'lgan E generatorning kuchlanishi;

I1 - generator zanjiridagi tok;

U2 - diodlarning chiqishidan filtrga uzatiladigan kuchlanish;

I2 - filtrdan o'tayotgan tok;

U\_R - yuklamadagi kuchlanish;

I\_n - yuklamaning R qarshiligidan o'tayotgan tok.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini ishga tushiring va 6.26-rasmda keltirilgan sxemani yig'ing.

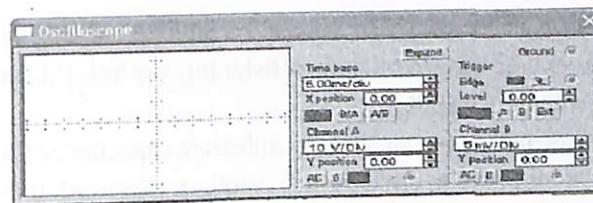
2. Sxema elementlarining parametrlarini 5.27-rasmda ko'rsatilgandek sozlang.

3. Sxemaning yuqorida keltirilgan oltita nuqtasidagi tok va kuchlanishlarning (U1, I1, U2, I2, U\_R, I\_n) ostsilogrammalarini oling.

4. Olingan hamma ostsilogrammalarni bitta grafikka joylashtiring.

5. Filtr elementlarining qiymatlarini, ya'ni sig'imglar va induktivlikni o'zgartirib tajribani qaytaring.

6. To'g'rilagichning ishlashini tahlil qiling.



5.27-rasm. Sxema elementlarining parametrlari

#### 5.4. Bipolyar tranzistorlarni EWB dasturi yordamida tekshirish

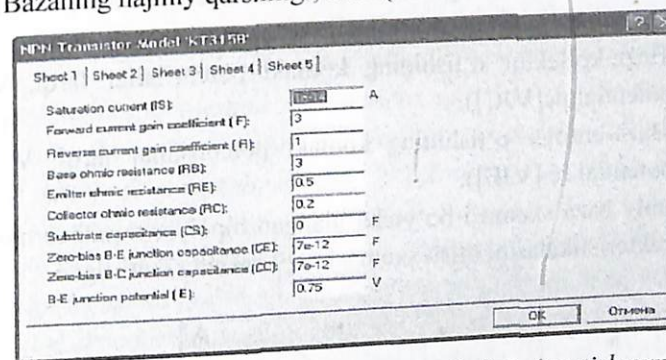
EWB ning bibliotekasiga katta miqdordagi chet el tranzistorlari kiritilgan. Ularning parametrlari beshta oynada joylashgan bo'lib (5.28-rasm) asosiylari quyidagilar:

1. Kollektor o'tishining teskari toki, A (Saturation current Is [IS]);

2. Umumiy emitterli sxemada tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsienti, (Forward current gain coefficient BF [BF]);

3. Umumiy emitterli sxemada tranzistor invers ulangandagi (emitter va kollektorning o'rinlari almashtirilganda) tokni kuchaytirish koeffitsienti, (Reverse current gain coefficient BE [BR]);

4. Bazaning hajmiy qarshiligi, Om (Base ohmic resistance rb [RB]);



5.28-rasm. Bipolyar tranzistorning parametrlarini o'rnatish oynalaridan biri

5. Kollektorning hajmiy qarshiligi, Om (Collector ohmic resistance re [RC]);

6. Emitterning hajmiy qarshiligi, Om (Emitter ohmic resistance re [RE]);

7. Nol kuchlanishdagi emitter o'tishining sig'imi, F (Zero-bias B-E

junction capacitance  $C_e$  [CJE]);

8. Nol kuchlanishdagi kollektor o'tishining sig'imi, F (Zero-bias C-E junction capacitance  $C_c$  [CJC]);

9. Kollektor-taglikning sig'imi, F (Substrate capacitance  $C_s$  [CJS]);

10. Zaryadning baza orqali o'tish vaqti, s (Forward transit time  $t_F$  [TF]);

11. Tranzistor invers ulanganda zaryadning baza orqali o'tish vaqti, s (Revers transit  $t_R$  [TR]);

12. Emitter o'tishning sillqlik koeffitsienti (B-E junction grading coefficient  $m_e$  [ME]);

13. Kollektor o'tishning sillqlik koeffitsienti (V-S junction grading coefficient  $m_c$  [MC]);

14. Erli kuchlanishi, V (Early voltage  $V_A$  [VA]);

15. Emitter o'tishning teskari toki, A (Base-Emitter Leakage Saturation Current  $I_{SE}$  [ISE]);

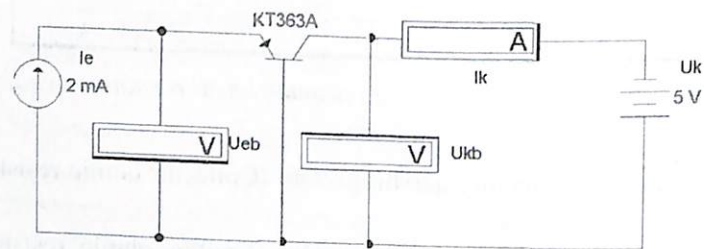
16. Tok bo'yicha kuchaytirish pasayishi boshlanadigan tok (Ito'y parametriga yaqin), A (Forward Beta High-Current Knee-Point  $I_{KF}$  [IKF]);

17. Emitter o'tishning ideal emaslik koeffitsienti (Base-Emitter Leakage Emission Coefficient  $N_e$  [NE]).

18. Baza-kollektor o'tishining kontakt potentsiallar farqi, V (V-S junction potential  $p_c$  [VJC]).

19. Baza-emitter o'tishining kontakt potentsiallar farqi, V (V-YE junction potential  $p_e$  [VJE]).

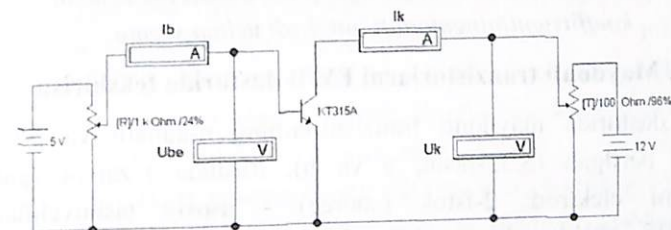
Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning volt-ampere xarakteristikalarini olish sxemasi 5.29-rasmda keltirilgan.



5.29-rasm. Umumiy baza sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning volt-ampere xarakteristikalarini olish sxemasi

Tranzistorning kirish volt-ampere xarakteristikasi kollektor kuchlanishining ( $U_k$ ) berilgan o'zgarmas qiymatlarida emitter-baza tokini ( $I_e$ ) o'zgartirib emitter-baza kuchlanishini ( $U_{eb}$ ) o'lchash yo'li bilan olinadi. Chiqish volt-ampere xarakteristikasini olish uchun emitter-baza tokining berilgan o'zgarmas qiymatlarida kollektor kuchlanishini o'zgartirib kollektor toki ( $I_k$ ) o'lchanadi.

Umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning volt-ampere xarakteristikalarini olish sxemasi 5.30-rasmda keltirilgan.

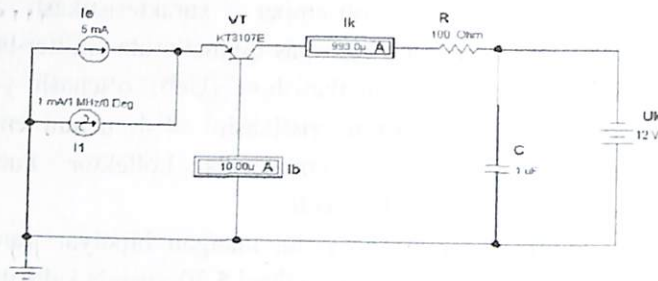


5.30-rasm. Umumiy emitter sxemasi bo'yicha ulangan bipolyar tranzistorning volt-ampere xarakteristikalarini olish sxemasi

Tranzistorning yuqori chastotada tok uzatish koeffitsientining moduli  $|h_{21}|$  5.31-rasmda ko'rsatilgan sxema yordamida aniqlanishi mumkin.

Tranzistorning o'zgarmas tok bo'yicha rejimi  $I_e$  (5 mA) tok manbasi yordamida beriladi. Kirishdagi sinusoidal signal manbasi sifatida  $I_1$  (1 mA) tok manbasidan foydalanilgan. O'lchashlar davomida chastota 1 MGts dan o'nlab MGts gacha o'zgartiriladi. Baza toki  $I_b$  va kollektor toki  $I_k$  larni o'lchash uchun ampermetrlar AS rejimiga o'tkaziladi. Kondensator C - blokirovka uchun (ya'ni, yuqori chastota bo'yicha ajratish uchun). Tok uzatish koeffitsientining moduli  $|h_{21}| = I_k / I_b$  ampermetrlarning ko'rsatishi bo'yicha hisoblanadi. Masalan, yuqoridagi rasmda ko'rsatilgan hol uchun  $|h_{21}| = 993 / 10 = 99,3$  ga teng.

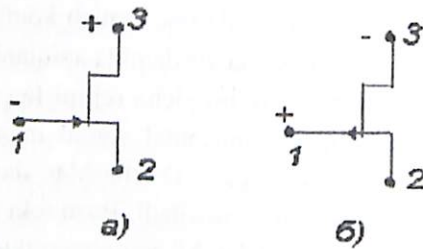




5.31-rasm. Tranzistorning yuqori chastotada tok uzatish koeffitsientining moduli aniqlash uchun sxema

### 5.5. Maydonli tranzistorlarni EWB dasturida tekshirish

EWB dasturida maydonli tranzistorlarning n-kanalli va p-kanalli namunalari berilgan (5.32-rasm, a va b). Rasmda 1-zatvor (gate) - boshqaruvchi elektrod; 2-istok (source) - asosiy tashuvchilarning harakatlanishi boshlanadigan elektrod (p-kanallida - elektronlar, p-kanallida - teshiklar); 3-stok (drain) - tashuvchilarni qabul qiluvchi elektrod.



5.32-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli p-kanalli (a) va p-kanalli (b) maydonli tranzistorlar

Maydonli tranzistorlar modellarining parametrlari 5.33-rasmda ko'rsatilgan dialog oynasi yordamida beriladi (kvadrat qavslarichida ularning EWB 5.0 dasturidagi belgilanishlari ko'rsatilgan).

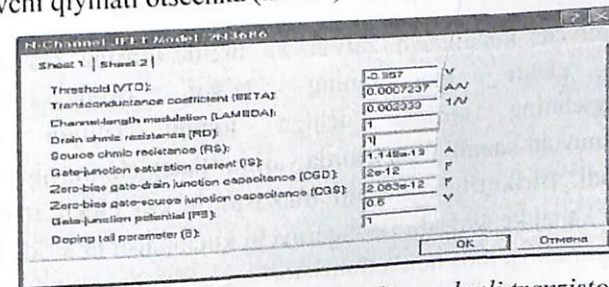
1. Bo'sag'aviy (otsechka) kuchlanish, V (Threshold voltage VTO)
2. Proportionallik koeffitsienti, A/V<sup>2</sup> (Transconductance coefficient V [KR]).
3. Kanal uzunligi modulyatsiyasining parametri, 1/V (Channel-length

modulation  $I_m$  [LAMBDA]).

4. Stok sohasining hajmiy qarshiligi, Om (Drain ohmic resistance  $R_d$  [RD]).
5. Istok sohasining hajmiy qarshiligi, Om (Source ohmic resistance  $R_s$  [RS]).
6. Nolga teng bo'lgan siljishdagi zatvor va stok orasidagi sig'im, F (Zero-bias gate-drain junction capacitance  $C_{gd}$  [CGD]).
7. Nolga teng bo'lgan siljishdagi zatvor va istok orasidagi sig'im, F (Zero-bias gate-source junction capacitance  $C_{gs}$  [CGS]).
8. p-n-o'tishning kontakt potentsiallar farqi, V (Gate-junction potential  $p_b$  [RV]) - faqat maydonli p-n-o'tishli tranzistorlar uchun.

Bipolyar tranzistorlarga o'xshash tarzda maydonli tranzistorlarning ham uch turdagi ulanish sxemalarini ajratib ko'rsatish mumkin: umumiyzatvorli ( $U_3$ ), umumiyistokli ( $U_1$ ) va umumiyistokli ( $U_2$ ).

Umumiy istokli maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini olish uchun 5.34-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin. Unda zatvor-istok kuchlanishining manbasi  $U_g$ , tadqiq qilinayotgan tranzistor VT, ta'minlash manbasi  $U_{cc}$ , stok-istok kuchlanishini nazorat qilish uchun voltmetr  $U_d$  va stok tokini o'lchash uchun ampermetr  $I_d$  mavjud. Chiqish volt-amper xarakteristikalari  $U_g$  ning ma'lum o'zgarma qiymatlarida  $U_d$  ni o'zgartirib stok toki  $I_d$  ni o'lchash yo'li bilan olinadi. Zatvor kuchlanishi  $U_g$  ning stok toki  $I_d$  nolga yaqin bo'ladigan qiymatiga mos keluvchi qiymati otsechka (kesish) kuchlanishi deb ataladi.



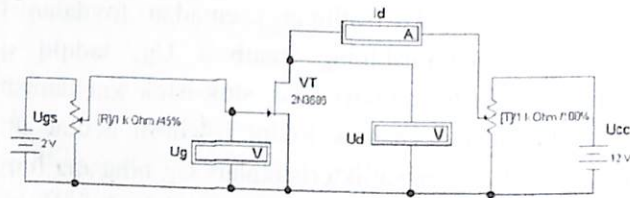
5.33-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli maydonli tranzistorning parametrlarini o'rnatish oynasi

Maydonli tranzistorning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lgan tezligi  $S = dI_d/dU_g$  ni  $I_d = f(U_d)$  xarakteristikalari yordamida aniqlash

mumkin. Maydonli tranzistorlarning yana bir turi bo'lib metall-dielektrik-yarimo'tkazgich tarkibli tranzistorlar (MDP-tranzistorlar) hisoblanadi. Xususiyl holda, agar dielektrik sifatida oksid (kremniy ikki oksid) ishlatilsa MOP-tranzistor deyiladi.

MDP-tranzistorlar ikki turda bo'ladi: biriktirilgan va induksiya-langani kanalli (induksiya-langani kanalli MDP-tranzistorlarda kanal boshqaruvchi elektrodga berilgan kuchlanish ta'sirida hosil qilinadi).

Biriktirilgan kanalli MDP-tranzistorlar kanalni zaryad tashuvchilar bilan boyitilish va kambag'allashtirilish rejimlarida ishlashi mumkin. Induksiya-langani kanalli MDP-tranzistorlar faqat boyitilish rejimida ishlaydi. Boshqaruvchi p-n-o'tishli tranzistorlardan farqli ravishda MDP-tranzistorlarning metall zatvori yarimo'tkazgichdan dielektrik qatlami orqali izolyatsiya-langani va i taglik deb ataluvchi kristalldan qo'shimcha chiqishga ega.



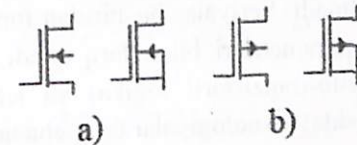
5.34-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli maydonli tranzistorning volt-ampere xarakteristikasini olish uchun sxema

Boshqaruvchi kuchlanish zatvor va taglik orasiga beriladi. Hosil bo'ladigan elektr maydonning ta'siri ostida elektronlar yarimo'tkazgichning sirtidan ichiga tomon siljiydi (itariladi). Induksiya-langani kanalli tranzistorda yarimo'tkazgichning sirtida p-kanal yuzaga keladi. Biriktirilgan kanalli tranzistorda esa elektr maydonning ta'siri ostida kanal kengayadi. Boshqaruvchi kuchlanish ta'sirida kanalning kengligi o'zgaradi va mos holda tranzistorning qarshiligi va toki o'zgaradi.

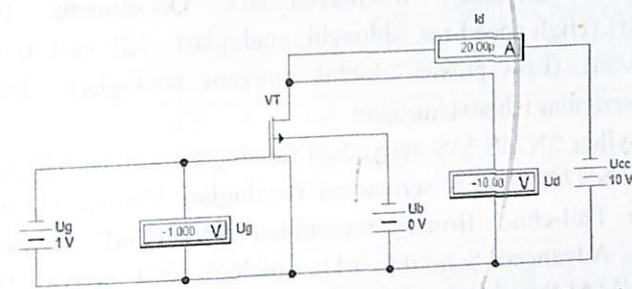
Kanalning induksiya-langani boshlanishiga mos keluvchi zarvordagi kuchlanishga bo'sag'aviy kuchlanish deb ataladi. Amalda bo'sag'aviy kuchlanishning qiymati ma'lum tokiga nisbatan aniqlanadi (0.2...1 V n-kanalli tranzistorlar uchun va 2...4 V p-kanalli tranzistorlar uchun).

MDP-tranzistorlarning bipolyar tranzistorlarga nisbatan asosiy afzalligi kichik signallarni kommutatsiya qilishda ulardagi kuchlanish tushishining nisbatan ozligidir. Agar MDP-tranzistor volt-ampere xarakteristikasining boshlang'ich qismida ishlatilsa undagi kuchlanish tushishi juda kichkina (yo'q darajada) bo'ladi.

EWB dasturining komponentlar bibliotekasida biriktirilgan va induksiya-langani n va p-kanalli tranzistorlar mavjud. Har bir MDP-tranzistor ikkita variantda, ya'ni taglikning chiqishi alohida bo'lgan va taglik hamda istokning chiqishlari birlashtirilgan holda taqdim etilgan (5.35-rasm).



5.35-rasm. MDP-tranzistorlar: a-biriktirilgan n-kanalli; b-biriktirilgan p-kanalli



5.36-rasm. MDP-tranzistorning xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun sxema

MDP-tranzistorlarning xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun 5.36-rasmda ko'rsatilgan sxemadan foydalanish mumkin. Uning yordamida zatvordagi  $U_g$  va taglikdagi  $U_b$  kuchlanishlarning berilgan qiymatlarida MDP-tranzistorlarning chiqish xarakteristikalarini ( $I_d=f_1(U_d)$ ,  $U_g=const$ ) da) va o'tkazish xarakteristikasini ( $I_d=f_2(U_g)$ ,  $U_d=const$ ) olish mumkin. Olingan xarakteristikalardan foydalanib tranzistorning tikligi  $S_b=dI_d/dU_g$  va statik kuchaytirish koeffitsienti  $M=dU_d/dU_g$  aniqlanadi.

### 5.6. Raqamli mikrosxemalarni EWB dasturida tekshirish

Yarim o'tkazgichli elektronikaning taraqqiyoti 1948-yilda Bell firmasi tomonidan birinchi tranzistor yaratilishi bilan boshlangan. Oradan 11 yil o'tib 1959-yilda Texas Instruments firmasining injenerlari oltita tranzistorni o'z ichiga oluvchi birinchi mikrosxemani tayyorladilar. Intel firmasi 1971-yilda tarkibida 2000 dan ortiq tranzistor bo'lgan 4-razryadli 4004 seriyadagi birinchi mikroprotsessorni ishlab chiqdi. Keyinchalik integral mikrosxemalarni ishlab chiqarish texnologiyasi va sxemotexnikasi yuqori tezlik bilan rivojlana boshladi.

Tayyorlash texnologiyalariga bog'liq holda integral mikrosxemalar (IMS) seriyalarga bo'linadi. Seriyalar bir-biridan funktsional vazifalari va elementlarining fizik parametrlari bilan farq qiladi. Eng keng tarqalgan IMS lar TTL (tranzisto-tranzistorli logika) va KMOP (komplementar MOP-tranzistorlar asosida) texnologiyalar bo'yicha tayyorlanadi.

Birinchi bo'lib TTL-seriyadagi SN74/SN54 (74 - kommersiyaviy, 54-harbiy maqsadlarda qo'llash uchun) IMS lar ishlab chiqarilgan (ularning analogi 155 seriyadagi mikrosxemalar). Qo'shimcha 1967-yilda SN74H/54H (High speed-tez ishlovchi, analoglari - 131 va 130 seriyalar) va SN74L/54L (Low power - kichik quvvatli, analoglari - 158 va 136 seriyalar) seriyalar ishlab chiqilgan.

1969-yilda SN74S/54S seriyadagi (analoglari 531 va 530 seriya-lar), 1971-yilda SN74LS/54LS seriyadagi (analoglari 555 va 533 seriyalar), 1979-yilda Fairchild firmasi tomonidan SN74F/54F seriya (FAST-Fairchild's Advanced Schottky TTL, analogi 1531 seriya) 1980-yilda SN74ALS/54ALS seriya (analogi 1533seriya), 1982-yilda SN74AS/54AS seriya (seriyaning belgilanishida S-Schottky, LS-Low power Schottky, ALS-Advanced Low power Schottky, AS-Advanced Schottky, Advanced-takomillashtirilgan) IMS lar ishlab chiqarilgan. Shotki bareriga ega bo'lgan diodlardan foydalanish kalit rejimida tranzistorlarning chuqur to'yinishining oldini olish va natijada ulardan foydalanib tayyorlangan IMS larning tezkorligini orttirish imkoniyatini beradi.

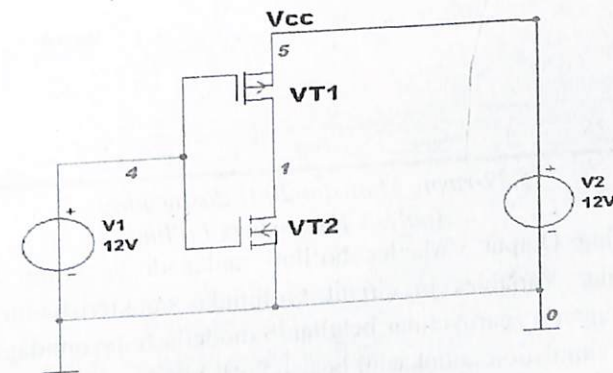
Yuqorida sanab o'tilgan seriyalarda funktsional vazifalari bir xil bo'lgan IMS turlari bir xil belgilanishga ega. Masalan, SN7472-JK trigger, hamma seriyalarda JK-triggerlarning belgilanishida 72 mavjud bo'ladi (analoglarda turlar harflar bilan belgilanadi, masalan, JK-triggera-TV).

EWB dasturining bibliotekasiga SN74 seriyadagi raqamli TTL mikrosxemalar kiritilgan. Ularning parametrlarini tahrirlash imkoniyati mavjud emas. Biblioteka bilan ishlashni qulaylashtirish maqsadida quyida ularning analoglari ham keltirilgan (5.3-jadval).

KMOP-seriyali IMS larning tayanch elementlarini ko'rib chiqaylik. KMOP-invertor bunday elementlarning eng soddasi bo'lib hisoblanadi. KMOP-invertor har xil turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita KMOP - tranzistordan tashkil topgan, n-turdagi tranzis-torning istoki nol potentsialga ega bo'lgan shinaga va p-turdagi tranzistorning istoki esa ta'minlash manbasining musbat shinasiga ulangan. Sxema EMAS mantiqiy amalini amalga oshiradi. Multisim-2001 dasturida tuzilgan KMOP-invertorning o'tkazish xarakteris-tikasini olish sxemasi 5.37-rasmda keltirilgan.

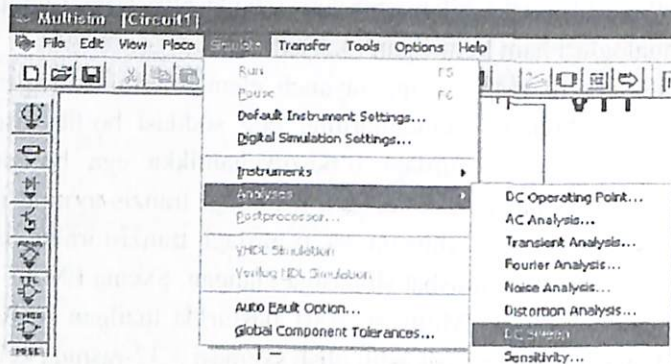
5.3-jadval.

TTL element	Analogi	Tarkibi
7400	155LA3	4 element 2VA-EMAS (2 raqami 2 kirishga ega ekanligini bildiradi)
7402	155LE1	4 element 2YOKI-EMAS
7406	155LN3	6 element EMAS ochiq kollektorli
7407	155LP9	6 ta ochiq kollektorli bufer element



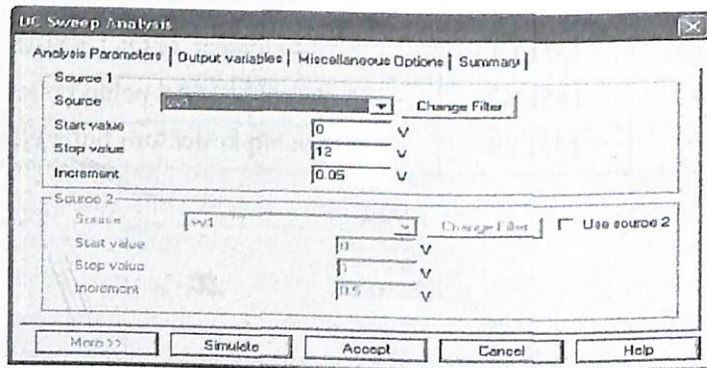
5.37-rasm. KMOP-invertorning o'tkazish xarakteristikasini olish sxemasi

Xarakteristikasini olish uchun Multisim-2001 dasturining Simulate menyusidan avval Analyses va keyin DC Sweep bo'limlari tanlanadi.



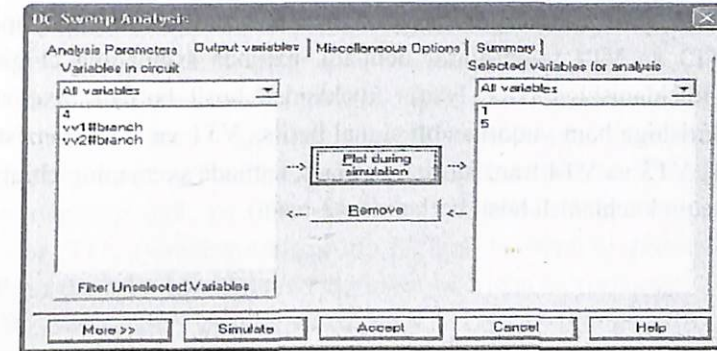
5.38-rasm. Multisim-2001 dasturining Simulate menyusi

Hosil bo'ladigan oynaning Analysis Parameters bo'limida o'zgartirilishi zarur bo'lgan parametrning (masalan, kirish kuchlanishining) boshlang'ich Start value va so'nggi Stop value qiymatlari hamda o'zgarish qadami Increment ko'rsatiladi (5.39-rasm).



5.39-rasm. Multisim-2001 dasturining Analysis Parameters bo'limi

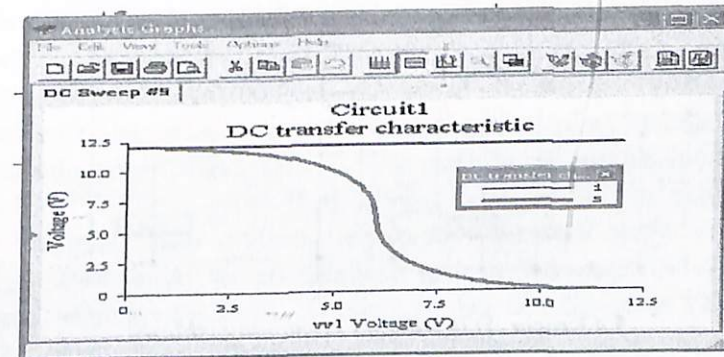
Oynaning Output variables bo'limi tanlanadi va uning zanjirdagi o'zgaruvchilar Variables in circuit bo'limida xarakteristikani qurishda zarur bo'ladigan o'zgaruvchilar belgilanib modellar davomidagi grafiklar Plot during simulation knopkasini bosish yo'li bilan oynaning tahlil uchun tanlangan o'zgaruvchilar Selected variables for analysis bo'limiga o'tkaziladi (5.40-rasm).



5.40-rasm. Xarakteristikani qurishda zarur bo'ladigan o'zgaruvchilarni tanlash

Xarakteristikani olish uchun oynadagi Simulate knopkasi bosiladi. Xarakteristikadan chiqishda mantiqiy 1 olish uchun kirishga nolga yaqin kuchlanish va mantiqiy 0 olish uchun kirishga manba kuchlanishiga yaqin signal berish zarurligini ko'ramiz.

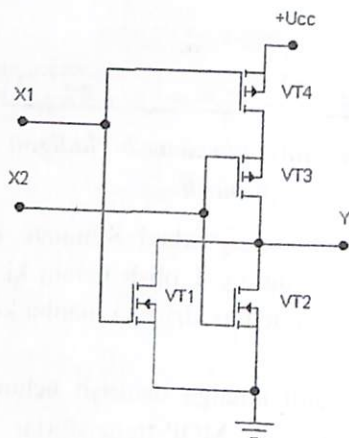
YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish uchun n-turdagi MOP-tranzistorlar parallel va p-turdagi MOP-tranzistorlar ketma-ket ulanadi (5.41-rasm). Bundan tashqari har bir kirishda n-turdagi va p-turdagi tranzistorlarning zatvorlari mos ravishda o'zaro birlashtiriladi.



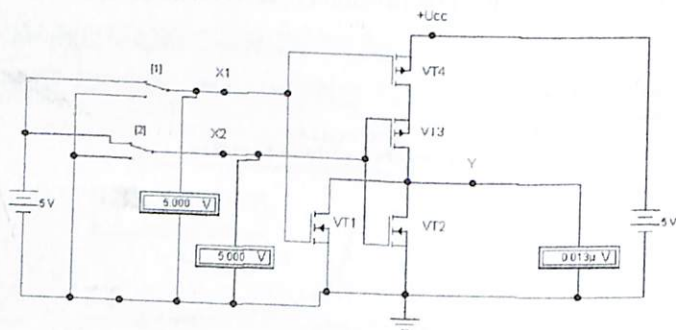
5.41-rasm. KMOP-invertorning o'tkazish xarakteristikasi

YOKI-EMAS sxemaning X1 kirishiga yuqori sathli signal berilsa VT1 tranzistor ochiladi va VT4 tranzistor yopiladi. Natijada sxemaning chiqishida past sathli signal shakllanadi. Sxemaning ikkala kirishiga ham

(X1 va X2) past sathli signal berilsa VT1 va VT2 tranzistorlar yopiladi, lekin VT3 va VT4 tranzistorlar ochiladi, natijada sxemaning chiqishida manba kuchlanishiga (Ucc) yaqin kuchlanish hosil bo'ladi. Sxemaning ikkala kirishiga ham yuqori sathli signal berilsa VT1 va VT2 tranzistorlar ochiladi, VT3 va VT4 tranzistorlar yopiladi, natijada sxemaning chiqishida nolga yaqin kuchlanish hosil bo'ladi (5.42-rasm).



5.42-rasm. YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish



5.43-rasm. YOKI-EMAS sxemaning ishlashi

Yarim o'tkazgichli elektronikaning taraqqiyoti 1948-yilda Bell firmasi tomonidan birinchi tranzistor yaratilishi bilan boshlangan. Oradan 11 yil o'tib 1959-yilda Texas Instruments firmasining injenerlari oltita tranzistorni o'z ichiga oluvchi birinchi mikrosxemani tayyorladilar. Intel firmasi 1971-yilda tarkibida 2000 dan ortiq transistor

bo'lgan 4-razryadli 4004 seriyadagi birinchi mikroprotsessorni ishlab chiqdi. Keyinchalik integral mikrosxemalarni ishlab chiqarish texnologiyasi va sxemotexnikasi yuqori tezlik bilan rivojlana boshladi.

Tayyorlash texnologiyalariga bog'liq holda integral mikrosxemalar (IMS) seriyalarga bo'linadi. Seriyalar bir-biridan funksional vazifalari va elementlarining fizik parametrlari bilan farq qiladi. Eng keng tarqalgan IMS lar TTL (tranzisto-tranzistorli logika) va KMOP (komplementar MOP-tranzistorlar asosida) texnologiyalar bo'yicha tayyorlanadi.

Birinchi bo'lib TTL-seriyadagi SN74/SN54 (74 - kommersiyaviy, 54 - harbiy maqsadlarda qo'llash uchun) IMS lar ishlab chiqarilgan (ularning analogi 155 seriyadagi mikrosxemalar). Qo'shimcha 1967 yilda SN74H/54H (High speed - tez ishlovchi, analoglari - 131 va 130 seriyalar) va SN74L/54L (Low power - kichik quvvatli, analoglari - 158 va 136 seriyalar) seriyalar ishlab chiqilgan.

1969-yilda SN74S/54S seriyadagi (analoglari 531 va 530 seriyalar), 1971-yilda - SN74LS/54LS seriyadagi (analoglari 555 va 533 seriyalar), 1979-yilda Fairchild firmasi tomonidan - SN74F/54F seriya (FAST - Fairchild's Advanced Schottky TTL, analogi 1531 seriya) 1980 yilda - SN74ALS/54ALS seriya (analogi 1533seriya), 1982-yilda - SN74AS/54AS seriya (seriyaning belgilanishida S - Schottky, LS - Low power Schottky, ALS - Advanced Low power Schottky, AS - Advanced Schottky, Advanced - takomillashtirilgan) IMS lar ishlab chiqarilgan. Shotki bareriga ega bo'lgan diodlardan foydalanish kalit rejimida tranzistorlarning chuqur to'yinishining oldini olish va natijada ulardan foydalanib tayyorlangan IMS larning tezkorligini oshirish imkoniyatini beradi.

Yuqorida sanab o'tilgan seriyalarda funksional vazifalari bir xil bo'lgan IMS turlari bir xil belgilanishga ega. Masalan, SN7472 - JK-trigger, hamma seriyalarda JK-triggerlarning belgilanishida 72 mavjud bo'ladi (analoglarda turlar harflar bilan belgilanadi, masalan, JK-triggera-TV).

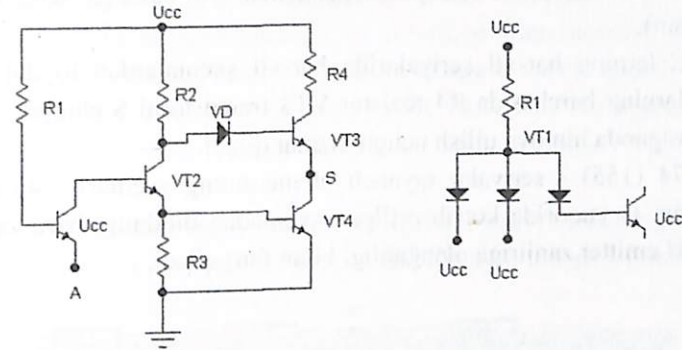
5.4-jadval.

TTL element	Analogi	Tarkibi
7400	155LAZ	4 element 2VA-EMAS (2 raqami 2 kirishga ega ekanligini bildiradi)
7402	155LE1	4 element 2YOKI-EMAS
7406	155LN3	6 element EMAS ochiq kollektorli
7407	155LP9	6ta ochiq kollektorli bufer element
7408	155LI1	4 element 2VA
7409	155LI2	4 element 2VAochiq kollektorli
7410	155LA4	3 element 3VA-EMAS
7412	155LA10	3 element 3VA-EMASochiq kollektorli
7420	155LA1	2 element 4VA-EMAS
7422	155LA7	2 element 4VA-EMAS ochiq kollektorli
7425	155LEZ	2 element 4VA-EMAS strobirlovchi kirishli
7426	155LA11	4 element 2VA-EMAS ochiq kollektorli
7428	155LE5	4 element 2YoKI-EMAS
7430	155LA2	Element 8VA-EMAS
7432	155LL1	4 element 2YOKI
7437	155LA12	4 element 2VA-EMAS ochiq kollektorli

EWB dasturining bibliotekasiga SN74 seriyadagi raqamli TTL-mikrosxemalar kiritilgan. Ularning parametrlarini tahrirlash imkoniyati mavjud emas. Biblioteka bilan ishlashni qulaylashtirish maqsadida quyida ularning analoglari ham keltirilgan (5.4-jadval).

Murakkab raqamli elementlar tayanch elementlar asosida tuziladi. TTL seriyadagi IMS ning tayanch elementi 5.44-rasmda keltirilgan. U uchta kaskaddan tashkil topgan:

- kirish kaskadi, VT1 tranzistorda;
- yoki funksiyasini amalga oshirish imkonini beruvchi faza bo'luvchi kaskad, VT2 tranzistorda;
- chiqish kaskadi, VT3 va VT4 tranzistorlarda.



5.44-rasm. TTL seriyadagi elementning tayanch sxemasi (a) va undagi ko'p emitterli tranzistorning ekvivalent sxemasi (b)

VT1 tranzistor sifatida ko'p emitterli tranzistordan foydalaniladi (bunday tranzistor EWB dasturining bibliotekasida mavjud emas). Kirish kaskadining ishlash prinsipi tushunarliroq bo'lishi uchun 5.43, b-rasmda ko'p emitterli tranzistor o'zaro ulangan diodlar ko'rinishida tasvirlangan. Agar diodlar (A va V kirishlar) yuqori kuchlanishli (4...5 V) shinaga ulansa tok R1 rezistor orqali VT2 tranzistorning bazasidan o'ta boshlaydi va u ochiladi. Diodlardan birortasi yoki ikkalasi ham massaga (umumiy shinaga) ulansa VT1 tranzistor ochiladi va o'z navbatida bazasidan o'tayotgan tok kamayib VT2 tranzistor yopiladi.

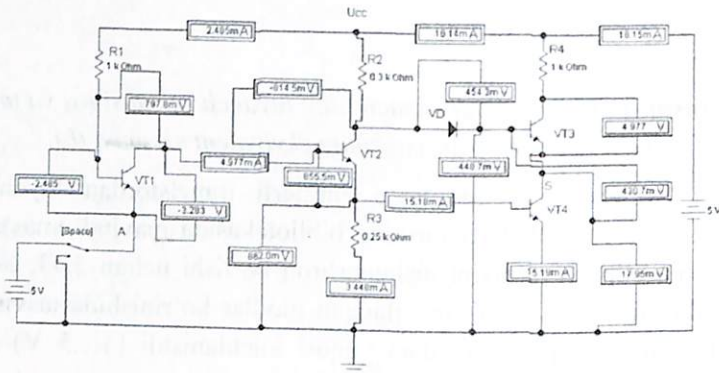
Shunday qilib, ikkala kirishida ham yuqori kuchlanish bo'lganda VT1 tranzistorning kollektorida ham yuqori kuchlanish bo'ladi; kirishlardan birortasiga yoki ikkalasiga ham nolga yaqin kuchlanish berilsa VT1 tranzistorning kollektorida past kuchlanish hosil bo'ladi, ya'ni, VT1 tranzistor VA mantiqiy funksiyasini bajaradi.

Faza bo'luvchi kaskad VT2 tranzistor va qarshiliklari bir-biriga yaqin bo'lgan ((0,25...0,33)R1) R2, R3 rezistorlarda bajarilgan. Bunda VT2 tranzistorning to'yinishiga tok bo'yicha kuchaytirishning juda kichik qiymatlaridayoq erishiladi. Sxemaning hamma kirishlariga yuqori kuchlanish berilganda VT1 tranzistorning baza-kollektor o'tishi orqali VT2 tranzistorning bazasiga boshqaruvchi tok uzatiladi, natijada VT2 ochiladi. Uning emitteridagi kuchlanish faqat VT4 tranzistorning baza-emitter o'tishidagi kuchlanishgacha ortadi, kollektoridagi kuchlanish ochiq VD

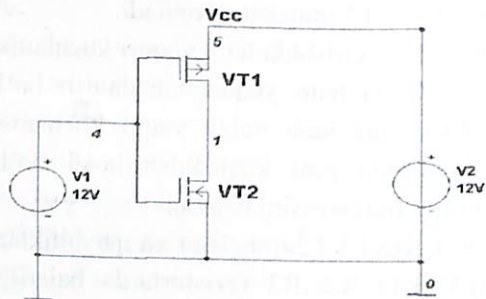
diod va VT3 tranzistorlardagi kuchlanishlar yig'indisiga teng bo'ladi (5.44-rasm).

TTL larning har-xil seriyalarida har-xil sxemalardan foydalaniladi. Lekin ularning barchasida R4 rezistor VT3 tranzistorini S chiqish "yerga" ulanib qolganda himoya qilish uchun xizmat qiladi.

54/74 (155) - seriyalar tayanch elementining sxemasi 5.45-rasmda keltirilgan. U yuqorida ko'rib o'tilgan sxemadan diodning baza zanjiriga mas balki emitter zanjiriga ulanganligi bilan farq qiladi.



5.45-rasm. TTL seriyadagi elementning kirishga yuqori kuchlanish berilganda ishlashitayanch sxemasi

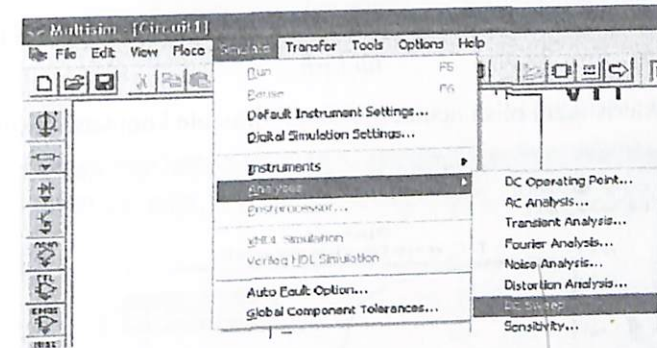


5.46-rasm. KMOP-invertorning o'tkazish xarakteristikasini olish sxemasi

KMOP-seriyali IMS larning tayanch elementlarini ko'rib chiqaylik. KMOP-invertor bunday elementlarning eng soddasi bo'lib hisoblanadi. KMOP-invertor har xil turdagi o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan ikkita

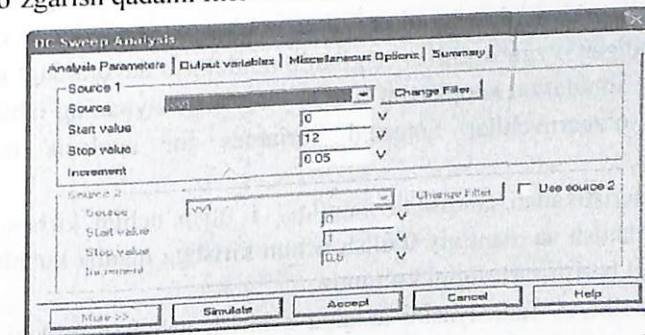
KMOP-tranzistordan tashkil topgan, n-turdagi tranzistorning istoki nol potentsialga ega bo'lgan shinaga va p-turdagi tranzistorning istoki esa ta'minlash manbasining musbat shinasiga ulangan. Sxema EMAS mantiyiq amalini amalga oshiradi. Multisim-2001 dasturida tuzilgan KMOP-invertorning o'tkazish xarakteris-tikasini olish sxemasi 5.45-rasmda keltirilgan.

Xarakteristikasni olish uchun Multisim-2001 dasturining Simulate menyusidan avval Analyses va keyin DC Sweep bo'limlari tanlanadi (5.47-rasm).

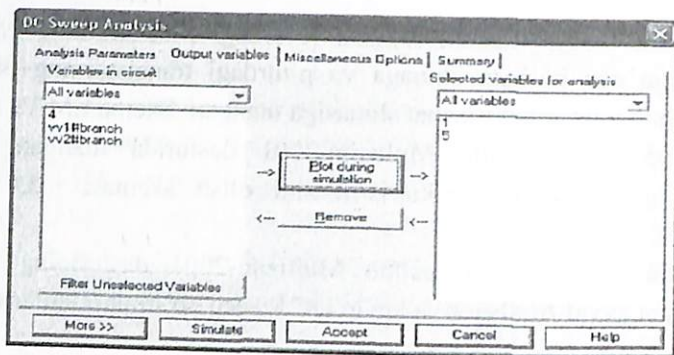


5.47-rasm. Multisim-2001 dasturining Simulate menyusini

Hosil bo'ladigan oynaning Analysis Parameters bo'limida o'zgartirilishi zarur bo'lgan parametrlarning (masalan, kirish kuchlanishining) boshlang'ich Start value va so'nggi Stop value qiymatlari hamda o'zgarish qadami Increment ko'rsatiladi (5.48-rasm).

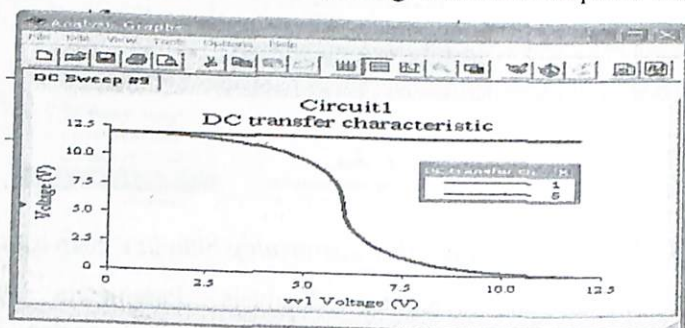


5.48-rasm. Multisim-2001 dasturining Analysis Parameters bo'limi



5.49-rasm. Xarakteristikani qurishda zarur bo'ladigan o'zgaruvchilarni tanlash

Xarakteristikani olish uchun oynadagi Simulate knopkasi bosiladi.



5.50-rasm. KMOP-invertorning o'tkazish xarakteristikasi

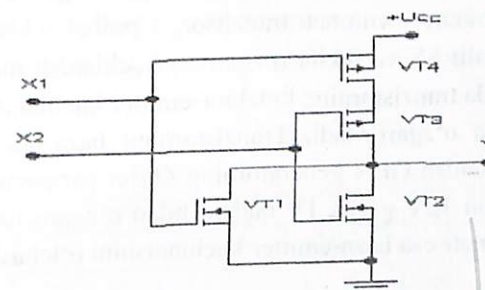
Oynaning Output variables bo'limi tanlanadi va uning zanjirdagi o'zgaruvchilar Variables in circuit bo'limida xarakteristikani qurishda zarur bo'ladigan o'zgaruvchilar belgilanib modellashtirish davomidagi grafiklar Plot during simulation knopkasini bosish yo'li bilan oynaning tahlil uchun tanlangan o'zgaruvchilar Selected variables for analysis bo'limiga o'tkaziladi.

Xarakteristikadan chiqishda mantiqiy 1 olish uchun kirishga nolga yaqin kuchlanish va mantiqiy 0 olish uchun kirishga manba kuchlanishiga yaqin signal berish zarurligini ko'ramiz.

YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish uchun n-turdagi MOP-tranzistorlar parallel va p-turdagi MOP-tranzistorlar ketma-ket ulanadi. Bundan tashqari har bir kirishda n-turdagi va p-turdagi tranzistorlarning

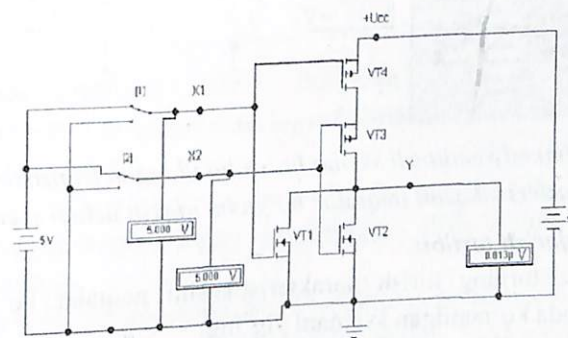
zatvorlari mos ravishda o'zaro birlashtiriladi.

YOKI-EMAS sxemaning X1 kirishiga yuqori sathli signal berilsa VT1 tranzistor ochiladi va VT4 tranzistor yopiladi. Natijada sxemaning chiqishida past sathli signal shakllanadi. Sxemaning ikkala kirishiga ham (X1 va X2) past sathli signal berilsa VT1 va VT2 tranzistorlar yopiladi, lekin VT3 va VT4 tranzistorlar ochiladi, natijada sxemaning chiqishida manba kuchlanishiga ( $U_{cc}$ ) yaqin kuchlanish hosil bo'ladi. Sxemaning ikkala kirishiga ham yuqori sathli signal berilsa VT1 va VT2 tranzistorlar ochiladi, VT3 va VT4 tranzistorlar yopiladi, natijada sxemaning chiqishida nolga yaqin kuchlanish hosil bo'ladi (5.51-rasm).



5.51-rasm. YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish

VA-EMAS funksiyasini amalga oshirish uchun (5.52-rasm) n-turdagi MOP-tranzistorlar ketma-ket va p-turdagi MOP-tranzistorlar parallel ulanadi.



5.52-rasm. YOKI-EMAS sxemaning ishlashi

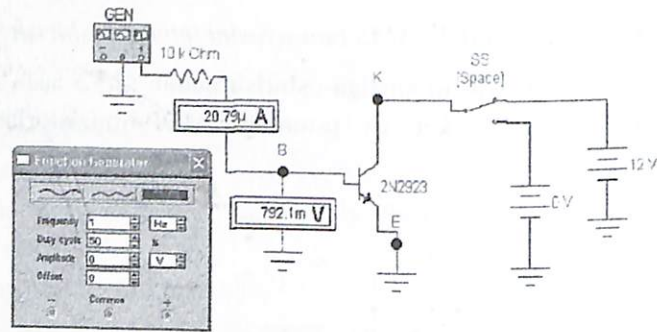
**Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha qurish**

**Sxemaning tavsifi:**

Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha qurish uchun sxema 5.53-rasmda keltirilgan. Tranzistorning kirish xarakteristikasi kolektor-emitter kuchlanishining ma'lum qiymatlarida baza-emitter kuchlanishi va baza toki orasidagi bog'lanish sifatida olinadi, ya'ni

$$I_B = f(U_{BE}), U_{KE} = \text{const.}$$

Sxemada funksional generator GEN, qarshiligi 10 kOm bo'lgan rezistor, ampermetr, voltmetr, tranzistor, probel klavishi bilan boshqariluvchi kalit SS va ikkita o'zgarmas kuchlanish manbasi mavjud. SS kalit yordamida tranzistorning kolektor-emitter kuchlanishi 0V dan 12V ga yoki aksincha o'zgartiriladi. Tranzistorning bazasiga rezistor orqali beriladigan kuchlanish GEN generatorning Offset parametrini o'zgartirish yo'li bilan 0V dan 12V gacha 1V qadam bilan o'zgartiriladi. Ampermetr baza tokini, voltmetr esa baza-emitter kuchlanishini o'lchash uchun xizmat qiladi.



5.53-rasm. Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha qurish uchun sxema

**Ishni bajarish tartibi:**

1. Tranzistorning kirish xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha olish uchun 1-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. SS kalitni tranzistorning kollektoridagi potentsial nol bo'ladigan ( $U_{KE} = 0$ ) holatga o'tkazing.

3. Ekraning o'ng yuqori burchagidagi tugmani bosib sxemani ishga tushiring.

4. Funktsional generator Offset parametrining qiymatini 0 dan 12V gacha 1V qadam bilan o'zgartirib ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlarini yozib oling. Olingan natijalarni 1-jadvalga yozing.

5. SS kalitni tranzistorning kollektoridagi potentsial 12V bo'ladigan ( $U_{KE} = 12V$ ) holatga o'tkazing.

6. Funktsional generator Offset parametrining qiymatini 0 dan 12V gacha 1V qadam bilan o'zgartirib ampermetr va voltmetrning ko'rsatishlarini yozib oling va ularni 1-jadvalda keltiring.

7. Olingan natijalarga asosan umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning statik volt-amper xarakteristikalarini  $U_{KE} = 0V$  va  $U_{KE} = 12V$  uchun quring.

**5.5-jadval.**

**UE sxemasi bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikalari**

$U_{KE}, B$		Offset, V						
		0	1	2	3	4	8	12
0	U, V							
	I, mA							
12	U, V							
	I, mA							

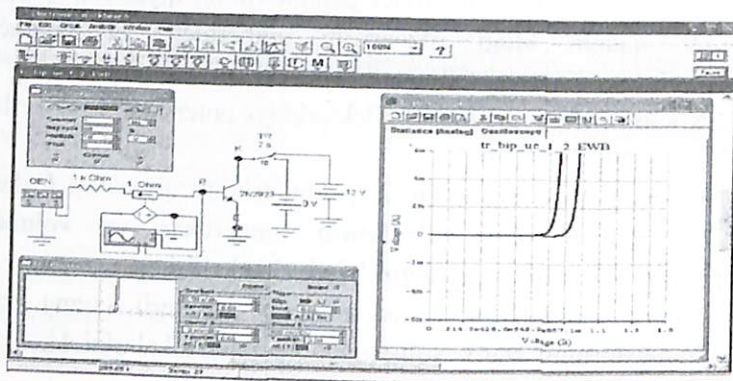
**Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini karakteriograf yordamida qurish**

**Sxemaning tavsifi:**

Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini karakteriograf yordamida olish uchun sxema 5.54-rasmda keltirilgan.

GEN funksional generatorning chiqishidagi amplitudasi  $U = 10 V$  va chastotasi  $f = 1 Gts$  bo'lgan kuchlanish qarshiligi 1 kOm bo'lgan rezistor orqali tranzistorning bazasiga beriladi. TR vaqt releining ishlash vaqti 2

sekundga teng qilib o'rnatiladi. GEN generatordan arrasimon kuchlanish ( $U = 10 \text{ V}$ ,  $f = 1 \text{ Gts}$ ) qarshiligi  $1 \text{ k}\Omega$  bo'lgan cheklovchi rezistor orqali tranzistorning bazasiga beriladi.



5.54-rasm. Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini xarakterioqraf yordamida qurish uchun sxema

Sxema ishga tushgandan keyin dastlabki 2 sekund davomida tranzistorning kollektoridagi kuchlanish  $0 \text{ V}$  va keyin esa TR vaqt relesining ishlashi natijasida  $12 \text{ V}$  bo'ladi. Ostsilloqrafning gorizontallastinalariga V kanalidagi kuchlanish (tranzistorning bazasidagi kuchlanish), vertikal plastinalariga esa A kanalidagi kuchlanish (tranzistorning bazasidagi tok) beriladi. Shunday qilib, tranzistorning kirish xarakteristikalarini to'g'ridan to'g'ri ostsilloqrafning ekranida kuzatish

mumkin. Sxemada baza tokini o'lchash uchun tok bilan boshqariluvchi kuchlanish manbasidan foydalanilgan.

Uning transformatsiya koeffitsientining o'lchov birligi  $V/A = \Omega$ , sxemada  $1 \text{ }\Omega$  olinganligi uchun bazadagi tok  $1 \text{ mA}$  bo'lganda ostsilloqrafga  $1 \text{ mV}$  kuchlanish beriladi.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning kirish xarakteristikasini xarakterioqraf yordamida qurish uchun 1-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. Sxema elementlarining parametrlarini 1-rasmga asosan o'rnatish.
3. Ctrl va G klavishalarni bosib sxemani ishga tushiring. Grafik

analizatorning ekranida 4 sekundan keyin kollektor kuchlanishining  $0$  va  $12 \text{ V}$  qiymatlaridagi tranzistorning kirish xarakteristikalari hosil bo'ladi.

4. Ctrl va T klavishalarni bosib sxemani ishlashini to'xtatish.

5. Olingan xarakteristikalarni o'qish va tahlil qilish uchun qulay holga keltirish uchun grafik analizatorning ustida sichqonchani o'ng tugmasini bosish va hosil bo'lgan qalqib chiquvchi menyudan Properties bo'limining ustida sichqonchani chap tugmasini bosish. Graph Properties oynasi chiqadi, uning General, BottomAxis va LeftAxis bo'limlarida kerakli o'zgartirishlarni amalga oshirib xarakteristikalarni qulay holatga keltirish.

6. Olingan xarakteristikalarni tahlil qilish.

### Umumiy emitterli bipolyar tranzistorning uzatish xarakteristikasini qurish

#### Sxemaning tavsifi:

Tranzistorning uzatish xarakteristikasi kollektor va emitter orasidagi kuchlanishning ma'lum qiymatida kollektor va baza toklari orasidagi bog'lanishni ifodalaydi, ya'ni:

$$I_K = f(I_B), U_{KE} = \text{const}$$

GEN funksional generatordan kuchlanishi  $U = 10 \text{ V}$  va chastotasi  $f = 1 \text{ Gts}$  arrasimon signal qarshiligi  $1 \text{ k}\Omega$  bo'lgan cheklovchi rezistor orqali tranzistorning bazasiga uzatiladi (5.54-rasm). Tranzistorning kollektoriga  $12 \text{ V}$  kuchlanish berilgan.

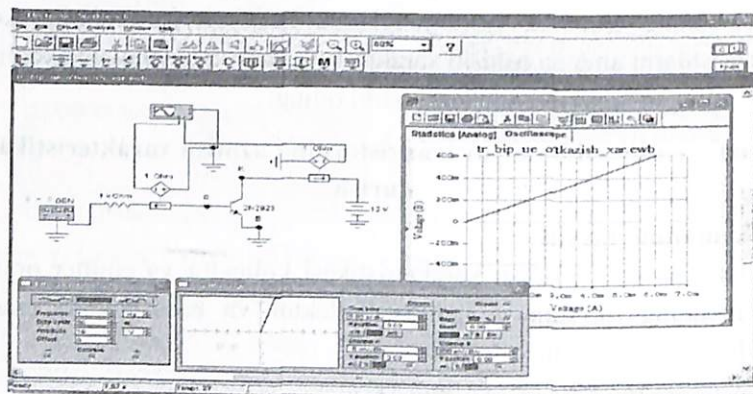
Ostsilloqrafning gorizontallastinalariga qiymati baza tokiga teng bo'lgan kuchlanish, vertikal plastinalariga esa qiymati kollektor tokiga teng bo'lgan kuchlanish beriladi. Bunday kuchlanishlarni hosil qilish uchun tok bilan boshqariluvchi kuchlanish manbalaridan foydalaniladi.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini ishga tushiring va 5.55-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. Sxema elementlarining parametrlarini 1-rasmda ko'rsatilgandek o'rnatish.
3. Sxemani Ctrl va G klavishalarini bosib ishga tushiring.
4. Ostsilloqraf ekranida tranzistorning uzatish xarakteristikasi hosil bo'lgandan keyin sxemaning ishlashini Ctrl va T klavishalarini bosib

to'xtating.

5. *Analysis* menyusidan *DisplayGraphs* ni tanlaymiz. Uning *Oscilloscope* bo'limida modellash natijalari, ya'ni tranzistorning uzatish xarakteristikasi hosil bo'ladi. Xarakteristikaning ustida sichqon-chaning o'ng tugmasitni bosib qalqib chiquvchi menyudan *Properties* bo'limini tanlaymiz va hosil bo'lgan *Graph Properties* oynasida xarakteristikani tahrirlab qulay ko'rinishga keltiramiz.



5.55-rasm. Umumiy emitterli bipolyar tranzistorning uzatish xarakteristikasini olish

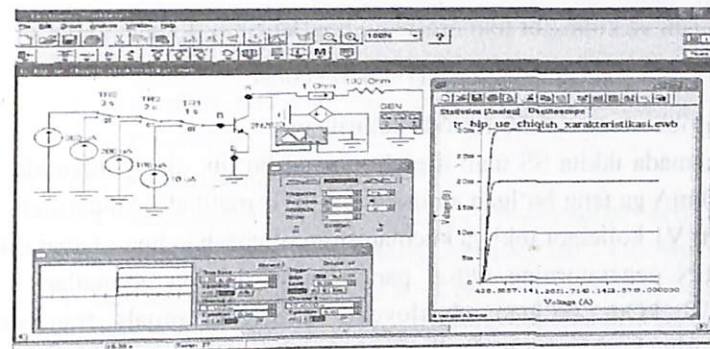
#### Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish xarakteristikasini olish

##### Sxemaning tavsifi:

Umumiy emitterli sxema bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish xarakteristikasi baza toki o'zgarmas bo'lganda kollektor-emitter kuchlanishi va kollektor toki orasidagi bog'lanishni ifodalaydi:

$$I_K = f(U_{KE}), I_B = \text{const}$$

Tranzistorning chiqish xarakteristikasini olish uchun sxema va modellash natijalari 5.56-rasmda keltirilgan.



5.56-rasm. Tranzistorning chiqish xarakteristikasini olish

Arrasimon kuchlanish ( $U=10V$ ,  $f=1Gt$ ) GEN generatordan cheklovchi rezistor orqali tranzistorning kollektoriga beriladi.

Sxema ishga tushgandan keyin dastlabki 1 sekund davomida tranzistorning bazasidagi tok 10 mA bo'ladi, keyin TR1, TR2, TR3 vaqt rellari har bir sekunddan keyin bir sekundga mos ravishda 100, 200 va 300 mA li tok manbalarini tranzistorning bazasiga ulanadi.

Ostsillografning A kanaliga baza tokiga proporsional bo'lgan kuchlanish, V kanaliga esa kollektor tokiga proporsional bo'lgan kuchlanish beriladi. Shunday qilib, tranzistorning chiqish xarakteristikalarini bevosita ostsillografning ekranida kuzatishimiz mumkin.

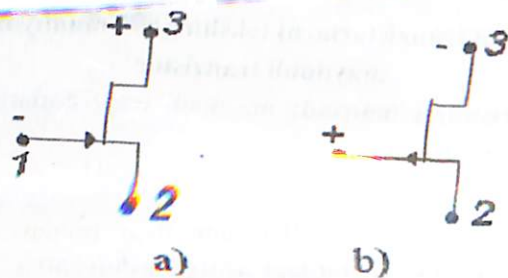
##### Ishni bajarish tartibi:

1. EWB dasturini ishga tushiring va 5.55-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. Sxema elementlarining parametrlarini 5.56-rasmda ko'rsatilgandek o'rnatib.
3. Sxemani Ctrl va G klavishlarini bosib ishga tushiring.
4. Ostsillograf ekranida tranzistorning chiqish xarakteristikalari hosil bo'lgandan keyin sxemaning ishlashini Ctrl va T klavishlarini bosib to'xtating.

#### Umumiy bazali sxema bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish xarakteristikasini nuqtalar bo'yicha qurish

##### Sxemaning tavsifi:

Umumiy bazali sxema bo'yicha ulangan tranzistorning chiqish xarakteristikasi emitter tokining o'zgarmas qiymatida kollektor baza

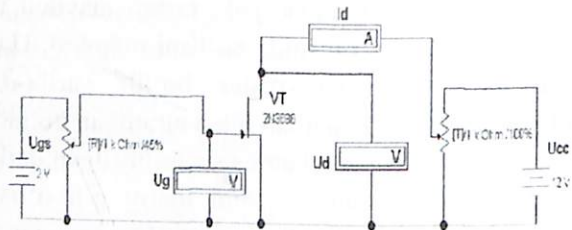


5.58-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli p-kanalli (a) va r-kanalli (b) maydonli tranzistorlar

Bipolyar tranzistorlarga o'xshash tarzda maydonli tranzistorlarning ham uch turdagi ulanish sxemalarini ajratib ko'rsatish mumkin: umumiy zatvorli (UZ), umumiy istokli (UI) va umumiy stokli (US).

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Umumiy istokli maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini olish uchun 5.59-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Unda zatvor-istok kuchlanishining manbasi  $U_g$ , tadqiq qilinayotgan tranzistor VT, ta'minlash manbasi  $U_{cc}$ , stok-istok kuchlanishini nazorat qilish uchun voltmeter  $U_d$  va stok tokini o'lchash uchun ampermetr  $I_d$  mavjud.



5.59-rasm. Boshqaruvchi p-n o'tishli maydonli tranzistorning xarakteristikalarini olish uchun sxema

- Chiqish volt-amper xarakteristikalarini  $U_g$  ning ma'lum o'zgarma qiymatlarida  $U_d$  ni o'zgartirib stok toki  $I_d$  ni o'lchash yo'li bilan oling.
- Maydonli tranzistorning chiqish xarakteristikalarini quring.
- Zatvor kuchlanishi  $U_g$  ning stok toki  $I_d$  nolga yaqin bo'ladigan qiymatini aniqlang. Bunday kuchlanish otsechka (kesish) kuchlanishi deb ataladi.

5. Maydonli tranzistorning asosiy xarakteristikalaridan biri bo'lgan tikligini  $S = dI_d/dU_g$  chiqish xarakteristikalari  $I_d = f(U_d)$  yordamida aniqlang.

#### Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi:

- Ishni bajarishdan maqsad.
- Tajribalarni o'tkazishda foydalanilgan sxemalar.
- Olingan natijalar jadval va grafiklar ko'rinishida.
- Olingan natijalarning tahlili.
- Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

#### MDP-tranzistorni tekshirish

**Ishni bajarishdan maqsad:** MDP-tranzistorlarning ishlashi va xarakteristikalarini olishni o'rganish.

#### Boshlang'ich ma'lumotlar

Maydonli tranzistorlarning yana bir turi bo'lib metall-dielektrik-yarimo'tkazgich tarkibli tranzistorlar (MDP-tranzistorlar) hisoblanadi. Xususi holda, agar dielektrik sifatida oksid (kremniy ikki oksid) ishlatilsa MDP-tranzistor deyiladi.

MDP-tranzistorlar ikki turda bo'ladi: biriktirilgan va induktsiyalangan kanalli (induktsiyalangan kanalli MDP-tranzistorlarda kanal boshqaruvchi elektrodga berilgan kuchlanish ta'sirida hosil qilinadi).

Biriktirilgan kanalli MDP-tranzistorlar kanalni zaryad tashuvchilar bilan boyitilish va kambag'allashtirilish rejimlarida ishlashi mumkin. Induktsiyalangan kanalli MDP-tranzistorlar faqat boyitilish rejimida ishlaydi. Boshqaruvchi p-n-o'tishli tranzistorlardan farqli ravishda MDP-tranzistorlarning metall zatvori yarimo'tkazgichdan dielektrik qatlami orqali izolyatsiyalangan va  $i$  taglik deb ataluvchi kristalldan qo'shimcha chiqishga ega.

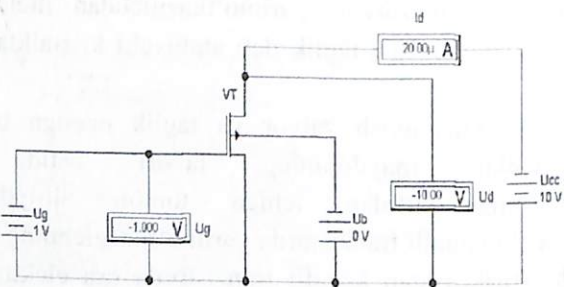
Boshqaruvchi kuchlanish zatvor va taglik orasiga beriladi. Hosil bo'ladigan elektr maydonining ta'siri ostida elektronlar yarimo'tkazgichning sirtidan ichiga tomon siljiydi (itariladi). Induktsiyalanuvchi kanalli tranzistorda yarimo'tkazgichning sirtida r-kanal yuzaga keladi. Biriktirilgan kanalli tranzistorda esa elektr maydonining ta'siri ostida kanal kengayadi. Boshqaruvchi kuchlanish ta'sirida kanalning kengligi o'zgaradi va mos holda tranzistorning qarshiligi va toki o'zgaradi.

Kanalning induktsiyalanishi boshlanishiga mos keluvchi zarvordagi kuchlanishga bo'sag'aviy kuchlanish deb ataladi. Amalda bo'sag'aviy kuchlanishning qiymati ma'lum stok tokiga nisbatan aniqlanadi ( $0.2 \dots 1$  V n-kanalli tranzistorlar uchun va  $2 \dots 4$  V r-kanalli tranzistorlar uchun).

MDP-tranzistorlarning bipolyar tranzistorlarga nisbatan asosiy afzalligi kichik signallarni kommutatsiya qilishda ulardagi kuchlanish tushishining nisbatan ozligidir. Agar MDP-tranzistor vol-amper xarakteristikasining boshlang'ich qismida ishlatilsa undagi kuchlanish tushishi juda kichkina (yo'q darajada) bo'ladi.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. MDP-tranzistorlarning xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun 5.60-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing.
2. Zatvordagi  $U_g$  va taglikdagi  $U_b$  kuchlanishlarning berilgan qiymatlarida MDP-tranzistorlarning chiqish xarakteristikalarini ( $I_d=f_1(U_d)$ ,  $U_g=\text{const}$  da) oling. Buning uchun stokdagi kuchlanishni o'zgartiring va stokdagi tok hamda kuchlanishning qiymatlarini yozib oling.
3. MDP-tranzistor o'tkazish xarakteristikasini ( $I_d=f_2(U_g)$ ,  $U_d=\text{const}$ ) oling. Buning uchun stokdagi kuchlanishning o'zgarimas qiymatida zatvordagi kuchlanishni o'zgartiring va stokdagi tok hamda zatvordagi kuchlanishning qiymatlarini yozib oling.
4. Olingan natijalarga asosan MDP-tranzistor chiqish va o'tkazish xarakteristikalarini quring.
5. Qurilgan xarakteristikalardan foydalanib tranzistorning tikligini  $S_b=dI_d/dU_g$  aniqlang.



5.60-rasm. MDP-tranzistorning xarakteristikalarini tadqiq qilish uchun sxema

#### Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi:

1. Ishni bajarishdan maqsad.
2. Tajribalarni o'tkazishda foydalanilgan sxemalar.
3. Olingan natijalar jadval va grafiklar ko'rinishida.
4. Olingan natijalarning tahlili.
4. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

#### 5.7. Deshifratorni tekshirish

Ishni bajarishdan maqsad: deshifratrlarning ishlash printsipi bilan tanishish va ularni tekshirish.

#### Boshlang'ich ma'lumotlar

Deshifrator kod o'zgartkich vazifasini bajaradi, ya'ni kirishiga ikkilik sistemadagi n-razryadli signal berilganda chiqishlaridan birida mantiqiy «1»ga (yoki agar invers deshifrator bo'lsa mantiqiy «0» ga) teng signal hosil bo'ladi. Deshifratrlar asosan raqamli qurilmalarning ijro etuvchi qismida joylashib kirish qismiga beriladigan signalga asosan boshqaruvchi signalni shakllantiradi.

Kirishlari soni n va chiqishlari soni  $2^n$  bo'lgan sxemaga to'liq deshifrator deyiladi. Bunday deshifratrlarning kirishiga mumkin bo'lgan hamma to'plamlar berilishi mumkin, masalan:  $n=4$  uchun (1 - rasm a) to'plamlar soni 16 ga teng:  $\overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d}$  dan  $abcd$  gacha. Mantiqiy bir 16 ta chiqishdan ( $f_0 - f_{15}$ ) birida hosil bo'ladi, qolgan chiqishlarda esa signal nolga teng. Umumiy holda  $f_i = \overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d}$ , bu yerda  $\overline{a}$  belgisi a yoki  $\overline{a}$  bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

To'liq bo'lmagan deshifratorda chiqishlar soni kam bo'ladi, masalan, 4028 turdagi deshifrator to'rtta kirishga va o'nta (o'n oltita emas) chiqishga ega.

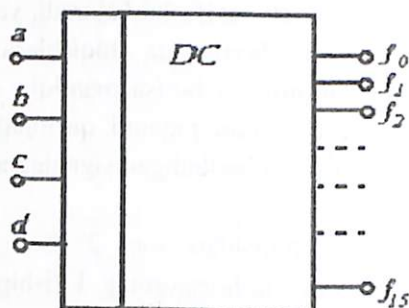
Ayrim hollarda invers deshifratrlardan foydalaniladi. Ularning chiqishlaridan birida yagona nol signal, qolganlarida esa mantiqiy bir hosil bo'ladi. Bunday deshifratrlar uchun umumiy holda  $f_i = \overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d}$ , ya'ni  $f_0 = \overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d}$ ,  $f_7 = \overline{a}bcd$ ,  $f_{15} = abcd$

Ko'pchilik hollarda deshifratrlar ruxsat etish (strobirlash) kirishi r ga ega bo'ladi. Bunday deshifratrlar uchun  $f_i = p\overline{a}\overline{b}\overline{c}\overline{d}$ .

Strobirlash kirishi kod masofa birdan katta bo'lganda, kirishdagi

to'plamlar o'zgarayotgan vaqtda chiqishda noto'g'ri signal hosil bo'lishining oldini oladi. Masalan: 0011 - 3 to'plamdan 0100 - 4 to'plamga o'tilayotgan bo'lsin. O'tish jarayonida quyidagi to'plamlar hosil bo'lishi mumkin: 0010=2, 0000=0 va ularga mos ravishda  $f_2$  va  $f_0$  chiqishlarda xalaqitlar impulslari yuzaga kelishi mumkin. O'tish jarayonida chiqishda birlik signal hosil bo'lishi  $r$  - kirish yordamida tasdiqlanadi.

Strabirlash kirishi  $p$  - kirish o'zgaruvchilarining sonini va chiqish-lar sonini ham ortirish imkonini beradi. Masalan: 5ta a,b,c,d,e o'zgaruv-chilar bo'lganda: (5.61) - rasmda ko'rsatilgan deshifratordan ikkitasi yordamida to'la deshifratorni tayyorlash mumkin. Ulardan birinchisi  $p=e$  bo'lganda, ikkinchisi esa  $p=\bar{e}$  bo'lganda ishga tushadi.



5.61 - rasm. Deshifrator

Deshifrator to'liq bo'lmasligi, ya'ni chiqishda kirish o'zgaruvchilarining to'liq bo'lmagan konyunktsiyalar to'plamini hosil qilishi ham mumkin. Masalan: o'nlik indikatorni boshqarish uchun signal hosil qilishda 0000=0 dan 1001=9 gacha bo'lgan chiqishlar yetarli.

#### Ishni bajarish tartibi:

1. Boshlang'ich ma'lumotlar va laboratoriya ishining dasturi bilan tanishish.
2. Virtual stendni ishga tushiring.
3. Deshifratorning A,V,S va D kirishlariga ularning chap tomonlarida joylashgan buyruq tularida sichqoncha ko'rsatkichining chap tugmasini bosish yo'li bilan mantiqiy «1» va mantiqiy «0» signallarni bering. Deshifratorning 0 dan 15 gacha bo'lgan chiqish-laridagi signallarning o'zgarishini kuzating.

#### Nazorat savollari

1. Deshifratorlar asosan raqamli qurilmalarning qanday qismida joylashtiriladi?
2. Deshifrator qanday vazifasini bajaradi?
3. To'rtta kirish va 16ta chiqishga ega bo'lgan deshifrator qanday deshifrator deyiladi?
4. To'rtta kirish va o'nta chiqishga ega bo'lgan deshifrator qanday deshifrator deyiladi?
5. K155ID-3 deshifratorning A,V,S,D kirishlariga mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal berilsa uning chiqishlaridan qaysi birida mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal hosil bo'ladi?
6. K155ID-3 deshifratorning A,V,S,D va strobirlash kirishlariga mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal berilsa uning chiqishlaridan qaysi birida mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal hosil bo'ladi?
7. K155ID-3 deshifratorning o'ninchi chiqishida mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal hosil bo'lishi uchun uning qaysi kirishlariga mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal berish kerak?
8. 4028 va K155ID-3 turdagi deshifratorlar bir-biridan nima bilan farq qiladi?
9. Deshifratorlar integratsiya darajasi qanday mikrosxema hisoblanadi?
10. 4028 turdagi deshifratorning 07 chiqishida mantiqiy «1»ga teng bo'lgan signal hosil bo'lishi uchun uning kirishlariga qanday signal berish kerak?.

#### Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi:

1. Laboratoriya ishining nomi;
2. Ishni bajarishdan maqsad;
3. Ishni bajarish tartibi;
4. Virtual stend yordamida olingan K155ID-3 turdagi deshifrator-ning haqiqiylik jadvali;
5. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

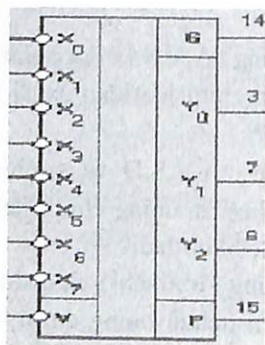
#### 5.8. Shifratorni tekshirish

Ishni bajarishdan maqsad: shifratorning ishlash printsiipi bilan tanishish va uni tekshirishni o'rganish.

#### Boshlang'ich ma'lumotlar:

Shifrator kirishllaridan biridagi signalni ikkilik kodga aylantirib berish

uchun xizmat qiladi. Shifratir kirishlarining soni  $m$  va chiqishlarining soni  $n$  orasida quyidagicha bog'lanish mavjud  $m = 2^n$ . Ayrim shifratirlarda (masalan K155IV1 shifratirda), kodlanuvchi kirish signali past sathli bo'lishi mumkin (5.62-rasm). Past sathli kodlanuvchi signal  $X_0 - X_7$  kirishlardan biriga beriladi. Qolgan kirishlarda yuqori sathli signal bo'lishi kerak (5.7-jadval). Kirish signaliga mos keluvchi ikkilik kod shifratirning  $U_2, U_1, U_0$  chiqishlarida shakllanadi.



5.62-rasm. Shifratir

Shifratir boshqaruvchi (strobirlovchi) kirish  $V$  va ikkita qo'shimcha  $G, R$  chiqishlarga ega bo'ladi. Boshqaruvchi kirishdagi signal  $V=0$  bo'lganda shifratirning kodlash rejimida ishlashiga ruxsat beriladi yoki  $V=1$  bo'lganda taqiqlanadi. Strobirlovchi kirishdagi signal  $V=1$  bo'lganda kirishdagi signallar qanday bo'lishidan qat'iy nazar shifratirning chiqishidagi signallar yuqori sathga ega bo'ladi.

Pastki sathdagi kodlashtirilgan signal  $X_0, X_7$  kirishni birortasiga berilsin.  $X_0, X_7$  kirishlarning boshqalariga yuqori sathli signal berilsa,  $U_2, U_1, U_0$  chiqishda ushbu berilgan signalga mos ravishda uning ikkilik kodi hosil bo'ladi.

Shu usul bilan 8ta kirish qismidagi har hil eng past sathli kuchlanish chiqishda o'ziga mos ravishda 8ta ikkilik to'plamni (kombinatsiyasini) tashkil qiladi.

Shifratir mikrosxemasi boshqaruvchi (strobirlovchi)  $V$  kirishga va ikkita qo'shimcha  $G$  va  $R$  chiqishga ega.  $V = 0$  signal shifratirni ishlashiga ruxsat beradi.  $V = 1$  esa taqiqlaydi. Agar integral sxemada taqiqlangan ish holati joriy qilinsa, kirish signalidan qat'iy nazar hamma chiqishda yuqori

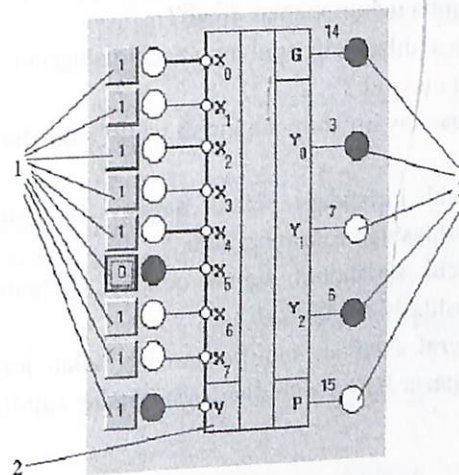
sathli kuchlanish hosil bo'ladi.  $R$  chiqishda ma'lumotni ko'chirish (perenos) signali  $R = 1$  hosil bo'ladi.  $R = 0$  esa ko'chirishni taqiqlovchi signal bo'lib, u shifratirning hamma kirishiga yuqori sathli kuchlanish berilganda hosil bo'ladi.  $R=0$  da  $G=1$  bo'ladi.  $G$  va  $R$  chiqish shifratirning boshqa qurilmalarni boshqarishi uchun mo'ljallangan.

Shifratir va deshifratirlar kombinatsiyasidan foydalanib bir turdagi koddan ikkinchi turdagi kodga o'tish uchun kod o'zgartirgich tayyorlash mumkin.

### Virtual standning tuzilishi

Shifratirlarni tekshirish bo'yicha virtual stand Visual Basicning loyihalash vositalari yordamida bajarilgan (5.63-rasm) va u buyruq tugmalari- Command Button (1), belgilar- Label (2), shakllar-Shape (3) va boshqa boshqarish elementlaridan tashkil topgan. Sichqonchaning chap tugmasi bir ikki marta bosilganda agar signal mantiqiy 0 ga teng bo'lsa mantiqiy 1 ga yoki mantiqiy 1 ga teng bo'lsa mantiqiy 0 ga o'zgaradi.

Shifratirning chiqishlaridagi signallarning qiymatlari doira ko'rinishidagi shakllarning rangiga asosan aniqlanadi. Doiralarning oq rangga kirishi mantiqiy 0 ga va qizil ranga kirishi mantiqiy 1 ga mos keladi.



5.63-rasm. Shifratirni tekshirish bo'yicha virtual standning tuzilishi: 1- buyruqtugmalari (Command Button); 2-belgilar (Label); shakllar (Shape).

### Ishni bajarish tartibi:

1. Shifrador bo'yicha boshlang'ich ma'lumotlar bilan tanishing.
2. 5.62-rasmda ko'rsatilgan virtual stendni ishga tushiring.
3. Shifradorning kirishidagi signallarni sichqonchani chap tug-masini bosish yo'li bilan o'zgartirib chiqishdagi signallarning o'zgarishini kuzating va olingan natijalarni yozib oling.
4. Shifradorning strobirlovchi V kirishidagi signalni o'zgartirib uning bu holda qanday ishlashini tekshirib ko'ring va olingan natijalarni yozib oling.
5. Shifradorning kirishlaridan bir nechasiga mantiqiy 0 ga teng bo'lgan signalni bering va chiqishda qanday signallar hosil bo'lishini kuzating.

### Bajarilgan ish bo'yicha hisobot

Hisobotda quyidagilar keltiriladi:

1. Ishni bajarishdan maqsad;
2. Virtual stend bo'yicha qisqacha ma'lumot;
3. Olingan natijalar;
4. Bajarilgan ish bo'yicha xulosalar.

### Nazorat savollari

1. Shifrador nima uchun xizmat qiladi?
2. Shifrador kirishlarining soni m va chiqishlarining soni n orasida qanday bog'lanish mavjud?
3. Shifrador qanday qo'shimcha kirish va qo'shimcha chiqishlarga ega bo'ladi?
4. Strobirlovchi kirishdagi signal qanday bo'lganda shifradorning kodlash rejimida ishlashiga ruxsat beriladi?
5. Strobirlovchi kirishdagi signal qanday bo'lganda shifradorning kodlash rejimida ishlashi taqiqlanadi?
6. Agar integral sxemada taqiqlangan ish holati joriy qilinsa, kirish signalidan qat'iy nazar hamma chiqishlarda qanday sathli kuchlanish hosil bo'ladi?

### Glossariy

- Elektronlar** - Kichik, manfiy zaryadlangan mayda zarralar bo'lib, ular musbat zaryadlangan yadro bilan birga atomni tashkil qiladi
- Neytron** - Neytronning elektr zaryadi yo'q va massasi taxminan proton massasiga teng zarracha. Ular neytral.
- Molekula** - Kimyoviy bog'langan modda atomlardan, elementdan yoki oddiy moddadan tashkil topgan strukturaviy birlik.
- Nanometr (nm)** - metrning milliarddan bir qismi, ya'ni  $10^{-9}$  m. Odam sochlarning o'rtacha uzunligi 80 ming nm
- Tajriba** - Bu diqqat bilan o'rganadigan va qayd etilgan tajriba testlar asosida o'rganilayotgan obyektning xususiyatlarini tekshirish
- Kvant** - Bu kichik bo'linmaydigan miqdor, masalan, elektromagnit nurlanish (energiya).
- Kvant mexanikasi** - Nano miqyosdagi materiya kvant harakatining qonuniyatlari va xossalari tavsiflash. Ko'p nanozarrachalar va nanostrukturallarning tartibi va xossalari, kvant mexanikasi qonunlar bilan tavsiflanadi.
- Mikroskopni kattalashtirish** - Tadqiqot ob'ektidir uning haqiqiy hajmiga nisbatan mikroskop bilan necha marta kattalashtirilganligini ko'rsatadi
- Elektron mikroskop** - Elektronlarning energiyasidan namuna oladi tasvirni 10 dan 1000 000 martagacha oshirish uchun ishlatiladi
- Ruxsat qobiliyati** - Optik asbobning yaqin obyektlari orasidagi masofa va burchakni o'lchash qobiliyati
- Piezokristallar** - Ular siqilganda potentsial farqi (elektr kuchlanish) hosil qiladi yoki aksincha
- Aktuator** - Elektr energiyasi mexanik energiyaga aylantiruvchi komponent.
- Biochip** - Elektr energiyasi yordamida biologik operatsiyalarni bajaradigan komponent
- Optoelektronika** - Optik diapazonga elektromagnit nurlanishni elektr tokiga aylantirish va aksincha.
- Transistor** - Ikki elektrodli zanjirdagi oqim uchinchi elektrod tomonidan boshqariladigan yarimo'tkazgichli qurilma
- Nanotibbiyot** - Bu molekulyar davolash va operatsiyalar

darajasida bajariladigan tibbiyot sohasi

**Mikrosuyuqlik texnikasi** - Turli hujayralar uchun suyuqliklarni tashish uchun mikro va nano o'lchamdagi kanallarni yaratish yo'llarini o'rganadigan innovatsiyalar sohasi.

**Nanokatalizatorlar** - Nanokatalizatorlar katalitik xususiyatlarga ega va kamida bitta nano o'lchamli moddalar yoki materiallar

**"Yashil" nanotexnologiyalar** - Ekologik toza kimyoviy va texnologik jarayonlardan foydalanadigan texnologiyalar

**Nanokompozitlar** - Asosiy makroskopik materialdir (matritsa), nano-zarrachalar kiritilishi hisobiga yaratilgan yangi turdagi materiallar

**Nanosimlar** - Diametri bir necha nanometrغا teng (ya'ni  $10^{-9}$  m) sim, bunday simlar kvant simlari deb ataladi

**Teravatt** -  $10^{12}$  vatt, bu million barrel neftga to'g'ri keladi

**Bioinjeneriya** - Bu biologiya va muhandislik usullarining kombinat-siyasi maqsadlarga erishish uchun foydalaniladigan faoliyat doirasi, masalan kasalliklarni tashxislash va davolash

**Piksel** - Ikki o'lchovli tasvirning eng kichik elementidir. Bu aniq rangli, to'rtburchaklar (odatda kvadrat) bo'linmas obyekt hisoblanadi

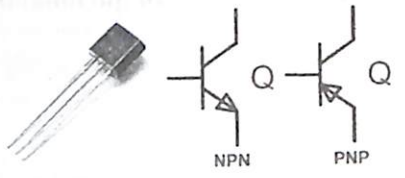
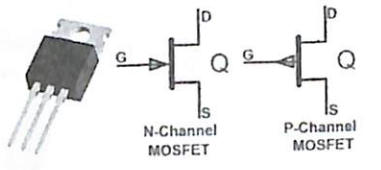

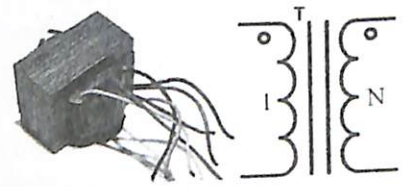
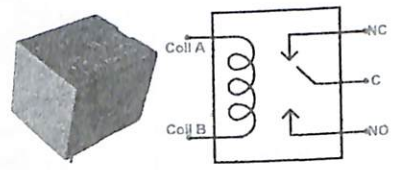
**Integral texnologiya** - Bitta texnologik jarayonda ko'proq mahsulot ishlab chiqarish texnikasi

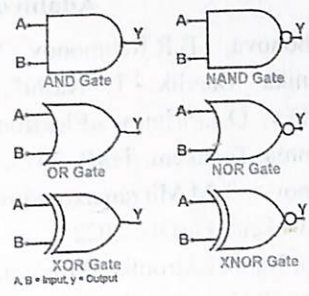
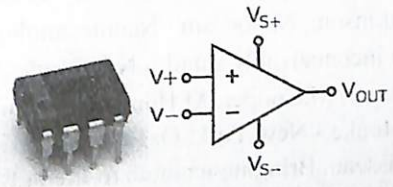
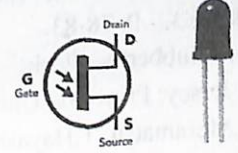

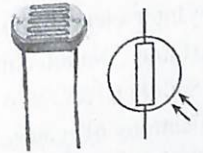
**Shifrator** - Bu signal paydo bo'lgan kirish adresini ikkilik kodga aylantiradigan mantiqiy qurilmadir

**Fullerenlar** - Juft sonli uch koordinatali uglerod atomlaridan tuzilgan qavariq tutash ko'p yoqliklar

### Yarimo'tkazgichli qurilmalarning grafik belgilari

№	Nomi	Belgilanishi
1.	Rezistor	
2.	Kondensator	
3.	Diod	
4.	Nur diodi	
5.	Fotodiod	
6.	Stabilitron	
7.	Shotki diodi	

8.	Tranzistor	
9.	Tranzistor	
10.	Inductivlik	
11.	Transformator	
12.	Rele	

13.	Logic elementlar	<p style="text-align: center;"><b>LOGIC GATES</b></p> 
14.	Operasion kuchaytirgich	
15.	Fototranzistor	
16.	Termorezistor	
17.	Fotorezistor	

### Adabiyotlar

1. O.X.Qurbonova, B.R.Rahmonov "Elektronika element bazasi va mikroelektronika". Darslik. - T, "Nashr", 2013.
2. A.K.Nuraliev, O.J.Pirimov «Elektronika va mikroprotsektor texnikasi». O'quv qo'llanma. Toshkent, TIMI, 2015.
3. B.X.Karimov, T.M.Mirzamaxmudov «Elektronika asoslari». O'quv qo'llanma. Toshkent, FarDU, 2022.
4. A.A.Shuka, Nanoelektronika. Moskva, 2015.
5. J.Aizpurua, P.Hanarp, D.S.Sutherland. Optical properties of gold nanorings // Physical Review Letters. - 2003. - Vol. 90, № 5. P. 57-401.
6. W.Atkinson. Nanocosm: Nanotechnology and the big changes coming from the inconceivably small. - New York: Amacom, 2003. - 307 p.
7. J.Bennett, M.Cooper, M.Hunter. London's Leonardo: The life and work of Robert Hooke - New York: Oxford University Press, 2003. - 276 p.
8. P.Boisseau. Bringing nanobio to life in Europe // Small Times Magazine. - 2005. - Vol. 5, № 7. - P. 10-11.
9. C.Campbell, J.Laherrere. The end of cheap oil // Scientific American. 1998. - Vol. 278, № 3. - P. 78-83.
10. K.Deffeyes. Hubbert's Peak: The impending world oil shortage. Princeton; New Jersey: Princeton University Press, 2001.
11. M.Endo, H.Muramatsu, T.Hayashi. Nanotechnology: "Buckypaper" from coaxial nanotubes // Nature. 2005. Vol. 433, 476. doi: 10.1038/433476a.
12. D.S.Goodsell. BioNanotechnology: Lessons from nature. Hoboken, New Jersey: WileyLiss, Inc., 2004.
13. R.L.Jones. Soft Machines: nanotechnology and life. - Oxford, U.K.: Oxford University Press, 2004.
14. C.P.Poole, Jr., F.J.Owens. Introduction to Nanotechnology. Hoboken, New Jersey: WileyInterscience, 2003.
15. M.Ratner, D.Ratner. Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea. - Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2002.
16. Societal implications of nanoscience and nanotechnology / M. C. Roco, W.S. Bainbridge (eds.). - Dordrecht; Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

SH.B.UTAMURODOVA, O.X.QO'LDASHOV

## MIKROELEKTRONIKA VA NANOELEKTRONIKA

O'QUV QO'LLANMA

Muharrir: G.Berdaliyeva

Bosishga ruxsat etildi 31.05.2023y. Bichimi 60X84 1/16.  
Bosma tabog'i 11. Shartli bosma tabog'i 11. Adadi 20 nusxa.  
Buyurtma № 128. Bahosi kelishilgan narxda.  
"Fidokor Yosh Avlod" nashriyoti. Surxondaryo vil., Sherobod tumani.  
Oltin voha MFY. 74-uy.  
O'zbekiston Milliy universiteti bosmaxonasida bosildi.  
Toshkent, Talabalar shaharchasi, O'zMU

ISBN 978-9943-7727-4-8



9 789943 772748