

621.3

R 25

**X.K. ARIPOV,
A.M. ABDULLAYEV, N.B. ALIMOVA,
X.X. BUSTANOV, SH.T. TOSHMATOV**

**RAQAMLI MANTIQIY
QURILMALARNI
LOYIHALASHTIRISH**

621 3
1 25
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM
VAZIRLIGI

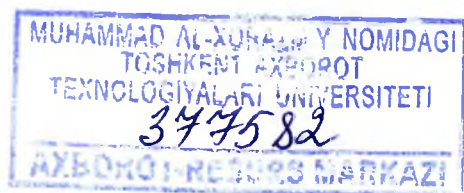
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI AXBOROT TEXNOLOGIYALARI VA
KOMMUNIKATSIYALARINI RIVOJLANTIRISH VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

X.K. ARIPOV, A.M. ABDULLAYEV, N.B. ALIMOVA,
X.X. BUSTANOV, SH.T. TOSHMATOV

RAQAMLI MANTIQIY QURILMALARNI LOYIHALASHTIRISH

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi
tomonidan darslik sifatida tavsiya etilgan*



TOSHKENT – 2017

UO‘K: 621.3.049.77

KBK : 32.973.26-04

R32

R32 X.K. Aripov, A.M. Abdullayev, N.B. Alimova, X.X. Bustanov, Sh.T. Toshmatov. Raqamli mantiqiy qurilmalarni loyihalashtirish. Darslik. –T.: «Aloqachi », 2017, 396 bet.

ISBN 978-9943-326-93-4

Darslikda integral mikrosxemalar (IMS), analog va raqamli IMSlarning negiz texnik echimlari, keng qo‘llaniladigan IMSlar asosidagi analog va raqamli qurilmalar, kombinatsion va tadrijiy mantiqiy qurilmalarning xarakteristikallari va parametrlari, yarimo‘tkazgichli xotira qurilmalari, mikroprosessorlar, raqamli sxemotexnikaning istiqbolli yo‘nalishlari ko‘rib chiqilgan.

Darslikda laboratoriya ishlariga ham katta etibor qaratilgan bo‘lib, unda LabVIEW amaliy dasturi paketiga asoslangan ko‘pfunksional NI ELVIS laboratoriya stansiyasi yordamida bajarish mumkin bo‘lgan laboratoriya ishlari majmui yaratilgan.

Darslik 511000 – “Kasb ta’limi”, 5330200-“Informatika va axborot texnologiyalari (Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyasi), 5330400 – “Kompyuter grafikasi va dizayn”, 5330500 “Kompyuter injiniringi (Kompyuter injiniringi, AT-servisi, Axborot xavfsizligi, Multimedia texnologiyalari)”, 5330600 “Dasturiy injiniring”, 5350100 “Telekommunikatsiya texnologiyalari (Telekommunikatsiya texnologiyalari, Teleradioeshittirish, Mobil tizimlar)”, 5350200 “Televizion texnologiyalar (Audiovizual texnologiyalari, Telestudiya tizimlari va ilovalari)”, 5350300 “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida iqtisodiyot va menejment”, 5350400 “Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari sohasida kasb ta’limi”, 5350500 “Pochta aloqa texnologiyasi”, 5350600 “Axborotlashtirish va kutubxonashunoslik” yo‘nalishlarida ta’lim olayotgan talabalar uchun mo‘ljallangan.

UO‘K: 621.3.049.77

KBK : 32.973.26-04

Professor X.K.Aripovning umumiy tahriri ostida.

***Taqrizchilar:* T.D. Radjabov – O‘zFA akademigi;**

A.A.Xolikov – texnika fanlari doktori, professor;

U.B.Amirsaidov – texnika fanlari nomzodi, dosent.

ISBN: 978-9943-326-93-4

©X.K.Aripov, A.M.Abdullayev,

N.B.Alimova, X.X.Bustanov,

SH.T.Toshmatov, 2017;

©«Aloqachi» nashiryoti, 2017.

KIRISH

Hozirgi kunda telekommunikatsiya va axborotlashtirish tizimining rivojlanish darajasi tom ma'noda mikroelektronika va nanoelektronika maxsulotlarining ularda qo'llanilish darajasiga bog'liq.

Birinchi IMSlar 1958 – yilda yaratildi. IMSlarning hajmi ihcham, og'irligi kam, energiya sarfi kichik, ishonchliligi yuqori bo'lib, hozirgi kunda uch konstruktiv-texnologik variantlarda yaratilmoqda: qalin va yupqa pardali, yarimo'tkazgichli va gibrid.

1965 – yildan buyon mikroelektronikaning rivoji G. Mur qonuniga muvofiq bormoqda, ya'ni har ikki yilda zamonaviy IMSlardagi elementlar soni ikki marta ortmoqda. Hozirgi kunda elementlar soni $10^6 \div 10^9$ ta bo'lgan o'ta yuqori (O'YuIS) va giga yuqori (GYuIS) IMSlar ishlab chiqarilmoqda.

Mikroelektronikaning qariyb yarim asrlik rivojlanish davri mobaynida IMSlarning keng nomenklaturasi ishlab chiqildi. Telekommunikatsiya va axborot-kommunikatsiya tizimlarini loyiha-lovchi va ekspluatatsiya qiluvchi mutaxassislar uchun zamonaviy mikroelektron element bazaning imkoniyatlari haqidagi bilimlarga ega bo'lish muhim.

Integral mikroelektronika rivojining fizik chegaralari mavjudligi sababli, hozirgi kunda an'anaviy mikroelektronika bilan bir qatorda elektronikaning yangi yo'nalishi – nanoelektronika jadal rivojlanmoqda.

Nanoelektronika o'lchamlari 0,1 dan 100 nm gacha bo'lgan yarimo'tkazgich tuzilmalar elektronikasi bo'lib, mikroelektronikaning mikrominiatyurlash yo'lidagi mantiqiy davomi hisoblanadi. U qattiq jism fizikasi, kvant elektronikasi, fizikaviy-kimyovo va yarimo'tkazgichlar elektronikasining so'nggi yutuqlari negizidagi qattiq jisimli texnologiyaning bir qismini tashkil etadi.

So'nggi yillarda nanoelektronikada muhim amaliy natijalarga erishildi, ya'ni zamonaviy telekommunikatsiya va axborot tizimlarning negiz elementlarini tashkil etuvchi: geterotuzilmalar asosida yuqori samaradorlikka ega lazerlar va nurlanuvchi diodlar yaratildi; fotoqabulqilgichlar, o'ta yuqori chastotali tranzistorlar, bir elektronli

tranzistorlar, turli xil sensorlar hamda boshqalar yaratildi. Nanoelektron O‘YuIS va GYuIS mikroprotsektorlarni ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yildi.

Shvetsiya Qirolligi fanlar akademiyasi ilmiy ishlarida tezkor tranzistorlar, lazerlar, integral mikroxiemalar (chiplar) va boshqalarni ishlab chiqish bilan zamonaviy axborot kommunikatsiya texnologiyalariga asos solgan olimlar: J.I. Alferov, G. Kremer, Dj.S. Kilbini Nobel mukofoti bilan taqdirladi.

Integral mikroelektronika va nanoelektronika bilan bir vaqtda *funksional elektronika* rivojlanmoqda. Elektronikaning bu yo‘nalishi an’anaviy elementlar (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar va kondensatorlar)dan voz kechish va qattiq jismdagi turli fizik hodisa (optik, magnit, akustik va h.k.)lardan foydalanish bilan bog‘liq. Funkisonal elektronika asboblariga akustoelektron, magnitoelektron, kriogen asboblar va boshqalar kiradi.

I BOB

RAQAMLI MANTIQIY QURILMALARNI LOYIHALASHTIRISH

1.1. Umumiy ma'lumotlar

Elektron qurilmalar, jumladan, kompyuterlarda qayta ishlanayotgan ma'lumotlar, natijalar va boshqa axborotlar ko'p hollarda elektr signallar ko'rinishida ifodalanadi.

Axborot (fizik kattaliklar) ni ikki usulda ifodalash mumkin: analog (uzluksiz) va raqamli (diskret). Birinchi usulda ifodalanayotgan kattalik, unga proporsional bo'lgan *bir signal ko'rinishida*, ikkinchi usulda esa, har biri berilgan kattalikning bitta raqamiga mos keluvchi *bir nechta signallar ketma-ketligi ko'rinishida* ifodalanadi.

Analog ko'rinishdagi signallarni qabul qilish, o'zgartirish va uzatish uchun mo'ljallangan elektron qurilmalar, *analog elektron qurilmalar* (AEQ) deb ataladi. Signalning nazariy tomondan shakllanishi va uzatilishi mumkin qadar aniqlik va tezkorlik bilan amalga oshiriladi. AEQlar nisbatan sodda tuzilganiga qaramasdan, signalni ixtiyoriy funksional o'zgartirishga qodirdir.

AEQlar quyidagi kamchiliklarga ega:

– xalaqitbardoshlikning kichikligi. Bunda signalga turli shovqinlar qo'shilishi, yoki temperatura va boshqa omillar ta'sirida qurilma parametrlarining o'zgarishi natijasida signal boshlig'ich ko'rinishidan farqlanadi;

- uzoq masofalarga uzatilganda signalning kuchli buzilishi;
- axborotlarni uzoq muddat saqlashning murakkabligi;
- FIK qiymatining kichikligi.

Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda kichik vaqt oraliqlarida katta hajmdagi axborotlarni saqlash va qayta ishlash talab qilinganda AEQlardan foydalaniladi. Bunda AEQda axborot differensial tenglamalar tizimi bilan ifodalanishini alohida ta'kidlab o'tish joiz.

Hozirgi kunda axborotlarni raqamli usullarda qayta ishlash muhim o'rin egallamoqda. Buning uchun analog ko'rinishdagi birlamchi axborot ustida ikkita muhim amal bajariladi: kvantlash va kodlash.

Uzluksiz signal $x(t)$ ni ma'lum nuqtalardagi qiymatlari bilan almashtirishga *kvantlash* deyiladi. Kvantlash vaqt yoki sathlar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin. Kvantlash natijasida elektron qurilmadagi analog ko'rinishdagi birlamchi signal turli shakldagi elektr *impulslar ketma-ketligi* ko'rinishida ifodalanadi. Kuchlanish $U(t)$ yoki tok $I(t)$ qiymatlarini mos ravishda o'rnatilgan U_0 va I_0 qiymatlardan qisqa vaqtlarga og'ishi *elektr impuls* deb ataladi. Kvantlash natijasida signal ixtiyoriy emas, balki aniq, *diskret* deb ataluvchi qiymatlarni oladi.

Uzluksiz kattalikdan farqli ravishda diskret kattalikning qiymati cheklangan bo'lib, unda axborotning ma'lum qismi yo'qolishi mumkin. Analog signallarni kvantlash natijasida hosil bo'lgan elektr signallarni qabul qilish, qayta ishlash va uzatish uchun mo'ljallangan qurilmalar – *diskret elektron qurilmalar* (DEQ) deb ataladi. Shu sababli DEQlarda kvantlangan signallar uchun elektron kalit sifatida tranzistorlardan (tranzistorning to'yinish yoki berk rejimlari) foydalaniladi. Natijada, ularda sochiluvchi quvvat eng kichik bo'ladi, issiqlik uzatilishining kichikligi sababli tranzistorlar qizishi kamayadi. Natijada, ular parametrlarining nobarqarorligi ham kamayadi. Impulslarni uzatishda signalga ta'sir ko'rsatuvchi xalaqit yuzaga kelishi mumkin bo'lgan vaqt qisqa bo'lganligi sababli, DEQlarning xalaqitbardoshligi AEQlarga nisbatan yuqori bo'ladi.

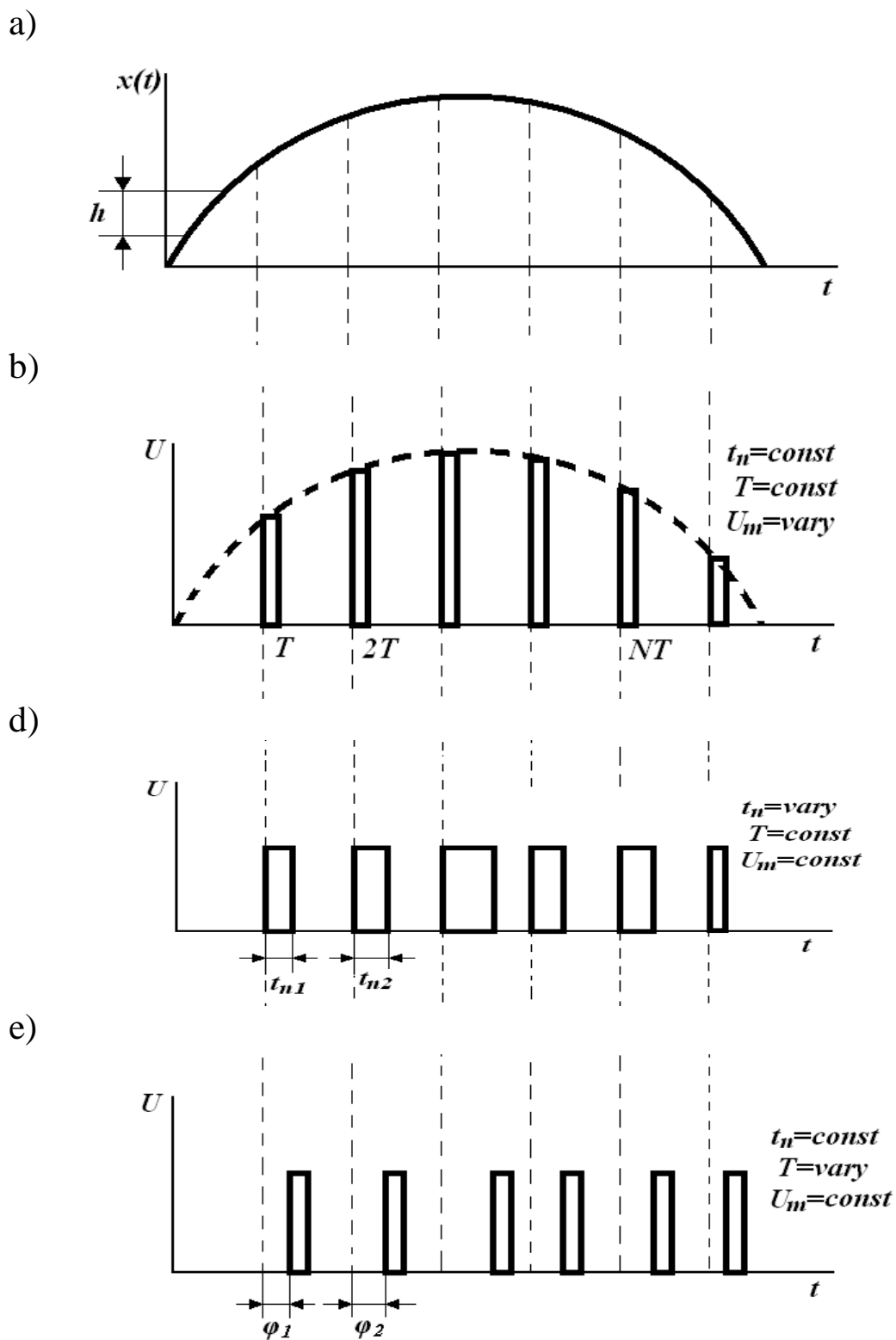
Kvantlash turiga qarab DEQlar uch guruhga bo'linadi: *impulsli, releyli va raqamli*.

Impulsli elektron qurilmalar (IEQ)da birlamchi signal vaqt bo'yicha kvantlanadi va odatda, o'zgarmas chastotadagi impulslar ketma-ketligiga o'zgartiriladi. Bu jarayon *impulsli modulatsiyalash* deb ataladi. Impulslar ketma-ketligi to'rtta parametrga ega: impuls amplitudasi, impuls uzunligi, impuls chastotasi va impuls fazasi (impulslar vaqt momentlari taktiga nisbatan olinadi). Shu sababli modulatsiyaning to'rtta turi mavjud:

- amplituda - impulsli modulatsiya (AIM);
- kenglik - impulsli modulatsiya (KIM);
- chastota - impulsli modulatsiya (CHIM);
- faza - impulsli modulatsiya (FIM).

Amaliyotda ko'p hollarda AIM, KIM va FIM kombinatsiyalari ishlatiladi. Impulsli modulatsiyalarning bu turlari haqidagi ma'lumotlar 1.1-rasmda keltirilgan.

IEQlarning aniqligi va tezkorligi AEQlarnikiga nisbatan kichik hamda impulsli modulatorlarni ishlab chiqish mushkul.



1.1-rasm. Impulsi modulatsiya turlari: birlamchi analog kattalik (a);
 amplituda - modulatsiyalangan (b);
 kenglik - modulatsiyalangan (d) va
 faza - modulatsiyalangan (e) impulslar ketma-ketligi.

Releyli elektron qurilmalar (REQ) birlamchi analog signalni zinasimon funksiyaga o'zgartiradi. Bunda har bir zinaning balandligi, oldindan berilgan ma'lum h kattalikka proporsional bo'ladi (1.1-a rasm). REQlarda impulsli modulatorlar bo'lmaganligi sababli, bunday qurilmalar IEQlarga nisbatan soddaligi bilan ajralib turadi. REQlar yuqori tezkorlikka ega bo'lib, asosan axborotni emas, balki quvvatni o'zgartirishda qo'llaniladi. Bunday REQlarda katta toklar kuchaytirgani sababli **kuch elektronikasi** deb ataladi.

Raqamli elektron qurilmalar (REQ)da birlamchi analog signal ham vaqt bo'yicha, ham kattaligi bo'yicha kvantlanadi. Kvantlanish natijasida signal yuqorida aytib o'tilgan parametrlarning biri bo'yicha bir-biridan farq qiladigan impulslar ketma-ketligi ko'rinishida ifodalanadi.

Demak, ixtiyoriy kvantlangan signal bir necha elementar signal-lardan tuzilgan shartli kombinatsiyalar ko'rinishida (masalan, Morze kodidagi nuqta, tire va pauza) ifodalanishi mumkin ekan. Kvantlangan signalning bunday ifodalanishi **kodlash** deb ataladi. Kodlash turli ma'lumotlar (harflar, tovushlar, ranglar, komandalar va boshqalar)ni ma'lum standart shaklda, masalan, ikkilik simvollarini ko'rinishida ifodalash imkonini beradi.

Real qiymatlarga mos keluvchi fizik kattaliklarni – kodlarni shakllantirish, o'zgartirish va uzatish uchun **raqamli qurilma** xizmat qiladi. Bundan, raqamli axborotni uzatish uchun analogga nisbatan ko'p vaqt sarflanishi ko'rinib turibdi. Shuning uchun, sharoitlar bir xil bo'lganda, raqamli usulda uzatilayotgan axborotlar soni minimal bo'ladi. REQlar quyidagi afzalliklarga egadirlar:

- xalaqitbardoshliknig yuqoriligi;
- axborotlarni yo'qotishlarsiz uzoq muddat saqlash imkoni;
- FIKning yuqoriligi;
- negiz elektron qurilmalar sonining kamligi;
- integral texnologiya bilan mosligi.

Raqamli qurilmalarda arifmetik va mantiqiy amallarni ma'lum tartibda bajarish yo'li bilan axborot o'zgartiriladi.

Raqamli integral sxema (RIS) – integral elektron qurilma bo'lib, raqamli signal ko'rinishida berilgan axborotlarni talab etilgan holda o'zgartirishga mo'ljallangan. Unda o'zgaruvchan signal sathi faqat ikkita qiymat olishi mumkin. Agar RIS ta'rifiga uning asosiy vazifasini kiritsak, u holda, ta'rif quyidagicha bo'ladi:

– raqamli integral sxema – elektroradiomateriallar va komponentalardan iborat bo'lib, u ikkilik sanoq tizimda berilgan ma'lum x

ko'phadni oldindan berilgan ikkilik sanoq tizimidagi ma'lum y ko'phadga o'zgartiradi.

RIS elektroradiomateriali deb, RISning shunday qismiga aytiladi-ki, u oddiy elektroradio zanjirlardagi diskret elementlar xossalariga ega bo'lib, RIS tarkibidan alohida element sifatida olib tashlab bo'lmaydi. Yarimo'tkazgichli RIS elektroradiomateriallari bo'lib yarimo'tkazgich hajmida yoki sirtida shakllangan rezistorlar, kondensatorlar, induktivliklar, diodlar va tranzistorlar hisoblanadi.

RIS elektroradiokomponenti deb, RISning shunday qismiga aytiladi-ki, u bir yoki bir nechta elektroradioelementlar funksiyasini amalga oshiradi, lekin RIS tarkibidan alohida element sifatida olib tashlanishi mumkin va montajgacha mustaqil mahsulot hisoblanadi. Tranzistorlar, keramik kondensatorlar va gibrid IMSlarning boshqa osma elementlari elektroradiokomponentlarga misol bo'la oladi.

Funksional vazifasiga ko'ra RISlar mantiqiy integral sxemalar (elementlar), axborot saqlash sxemalari (xotira elementlari), yordamchi va maxsus integral sxemalarga bo'linadi.

Mantiqiy integral sxemalar yoki mantiqiy elementlar ikkilik sanoq tizimda berilgan axborotni mantiqiy o'zgartirishga mo'ljallangan. Bular komputer va boshqa raqamli tizimlarning asosiy «qurilish g'ishtchalari»dir. Ular qurilma tarkibidagi elementlarning 70 - 80%ini tashkil etadi. Mantiqiy integral sxemalarni o'z navbatida quyidagilarga ajratish mumkin:

- asosiy funksional to'liq majmua (AFTM)ning mantiqiy funksiyalarini amalga oshiruvchi sxemalar va elementlar;
- funksional to'liqlikka ega bo'lgan, yakka universal mantiqiy funksiyalarni amalga oshiruvchi sxemalar va elementlar;
- funksional elementlar deb ataluvchi, bir necha mantiqiy funksiyalarni amalga oshiruvchi sxemalar;
- talab qilingan funksiyalarni amalga oshiruvchi sxemalar (adaptiv elementlar).

Katta funksional mazmunga ega bo'lgan, murakkab mantiqiy funksiyalarga mos keluvchi funksional elementlar AFTM yoki universal funksiyalar amallarini bajaruvchi negiz mantiqiy elementlar asosida quriladi.

Adaptiv elementlar – dasturlanuvchi elementlar bo'lib, hozirgi kunda mikroprotsessornlarni rivojlanish cho'qqisi deb hisoblash mumkin. Kelajakda, tashqi muhit shartlari bilan aniqlanadigan funksiyalarni bajaradigan to'liq adaptiv elementlar haqida so'z yuritish mumkin.

Axborot saqlash sxemalari (xotira elementlari) ikkilik axborotni eslab qolish va vaqtincha saqlashga mo'ljallangan. Bu sxemalarni maxsus usulda tuzib, ular yordamida axborotni yozish va o'qish, o'chirish va qayta tiklash hamda saqlanayotgan axborotni indikatsiya qilish mumkin. Bunday elementlar **triggerlar** deb ataladi va ular negiz mantiqiy elementlar asosida ham amalga oshirilishi mumkin.

Yordamchi integral sxemalar yoki **elementlar** elektr signallarni kuchaytirish, shakllantirish, ushlab turish, generatsiyalash uchun mo'ljallangan. Bunday elementlarga: takt chastotasi generatorlari; bloking-generatorlar; kuchaytirgich - shakllantirgichlar; emitter qaytargichlar; yakkavibratorlar; multivibratorlar; cheklagichlar va boshqalar kiradi.

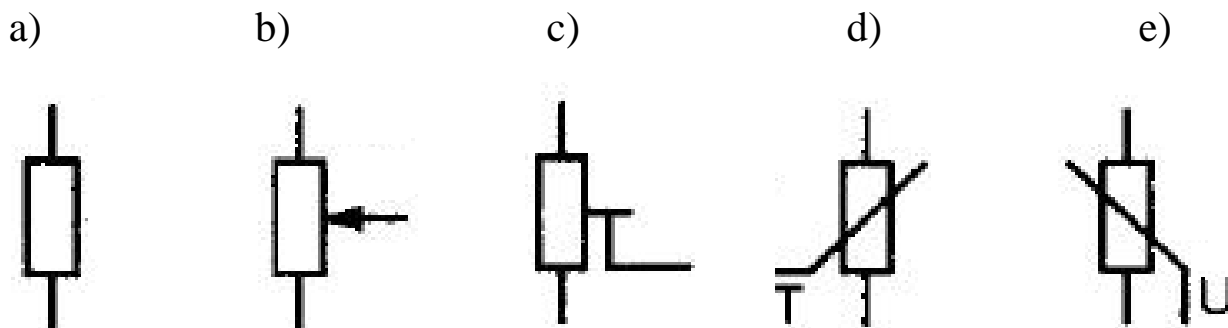
Maxsus integral sxemalar (elementlar) signalni fizik o'zgartirishga mo'ljallangan. Ularga turli indikatorlar, analog signallarni raqamligga va aksincha o'zgartirgichlar, zanjirlarni muvofiqlashtiruvchi maxsus sxemalar va boshqalar kiradi.

1.2. Raqamli mantiqiy qurilmalarning negiz elementlari

Rezistorlar. Rezistorlarning ishlashi materiallardan o'tayotgan elektr tokiga qarshilik qilish hususiyatiga asoslangan.

Rezistorlar vazifasiga ko'ra umumiy, pretsizion, yuqori chastotali, yuqori megaomli, yuqori voltli va maxsus, ishlatilish xususiyatlariga ko'ra esa, temperatura va namlikka bardoshli, vibratsiyaga va zarbga chidamli, yuqori darajada ishonchli bo'lishi mumkin.

Rezistorlar qarshilikning o'zgarish xarakteriga ko'ra o'zgarmas yoki o'zgaruvchan, shu jumladan, sozlanuvchi bo'ladi (1.2-rasm).



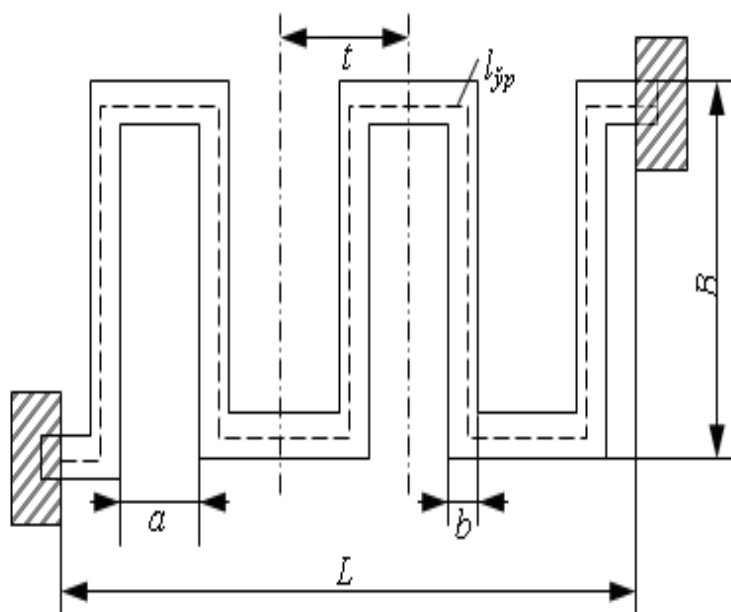
1.2-rasm. Rezistorlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi: o'zgarmas (a), o'zgaruvchan (b), sozlanuvchi (c), termistor (d) va varistor (e).

O'zgarmas rezistorlar radioelektron apparat (REA)larni yig'ishda, sozlashda va ishlatishda o'z qarshiligini o'zgartirmaydi, o'zgaruvchi va sozlanuvchi qarshilikli rezistorlarda esa mos ravishda maxsus moslama (burama yoki chervyakli o'qqa mahkamlangan kontakt surilgich)lari bo'ladi.

Integral mikrosxema (IMS)lar rezistorlarini yasashda uning geometrik o'lchamlarining kichikligi sababli mo'ljallangan qarshilikni olish imkoniyati bo'lmaydi. Shuning uchun mexanik usullar bilan yoki lazer nuri yordamida geometrik o'lchamlarini qisqartirib, rezistor qarshiligi talab etilgan nominalga keltiriladi.

Yarim o'tkazgichli integral sxemalarning barcha elementlari (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar va kondensatorlar) kremniy, arsenid galliyning p-n o'tishlari bazasida epitaksiya va diffuziya usuli bilan yaratiladi. Yarim o'tkazgichli sxemalar rezistorlari baza sohasida hosil qilinadi va ularning qarshiligi soha qarshiligi bilan belgilanadi va 25 Om dan bir necha kiloomlarga bo'lgan oraliqda bo'ladi.

Maxsus ishlarga mo'ljallangan yupqa pardali mikrosxemalar mikroelektron texnikada keng qo'llanilmoqda. Ular asosida yirik gibridd integral sxemalar yaratilmoqda. Buning sababi shundaki, yupqa pardali texnologiya elementlarning nominal qiymati chegaralarini kengaytirishga va yanada yuqori aniqlikka, barqarorlikka va ishonchlilikka erishishga imkon beradi.



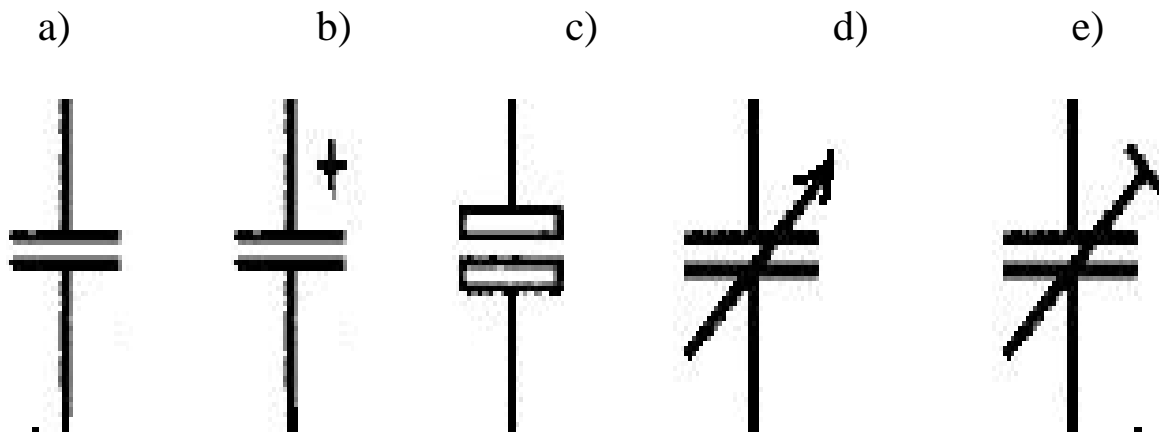
1.3-rasm. «Meandr» turidagi yupqa pardali rezistor geometriyasi:

$l_{O'RT}$ va b – rezistorning o'rtacha uzunligi va kengligi;
 t , a , L va B – meandrning odimi, zvenolari orasidagi masofa, uzunligi va kengligi.

Yupqa pardali rezistorlar tasma yoki meandr shaklida (1.3-rasm) bo‘lishi mumkin va yarim o‘tkazgichlarga nisbatan qator afzalliklarga ega: ular barqarorroq ($\gamma 10^{-4} \cdot 1/0^{\circ}\text{C}$), juda aniq ishlaydi ($\gamma 5\%$ gacha) va nominal qarshilik diapazoni 100 kOm gacha bo‘lib, odatda, 50 Om ÷ 50 kOm oraliqda chegaralangan.

Kondensatorlar. Kondensatorlarning ishlash printsipli qoplamalari-ga potentsiallar farqi berilganda, ularda elektr zaryad to‘planish xususi-yatiga asoslanadi.

Vazifasiga ko‘ra kondensatorlar konturli, blokirovka qiluvchi, ajratuchi, filtrli, termokompensatsiyalovchi va sozlovchi; sig‘imining o‘zgarishi xarakteriga qarab esa, o‘zgarmas, o‘zgaruvchan va yarim o‘zgaruvchan bo‘ladi (1.4-rasm).



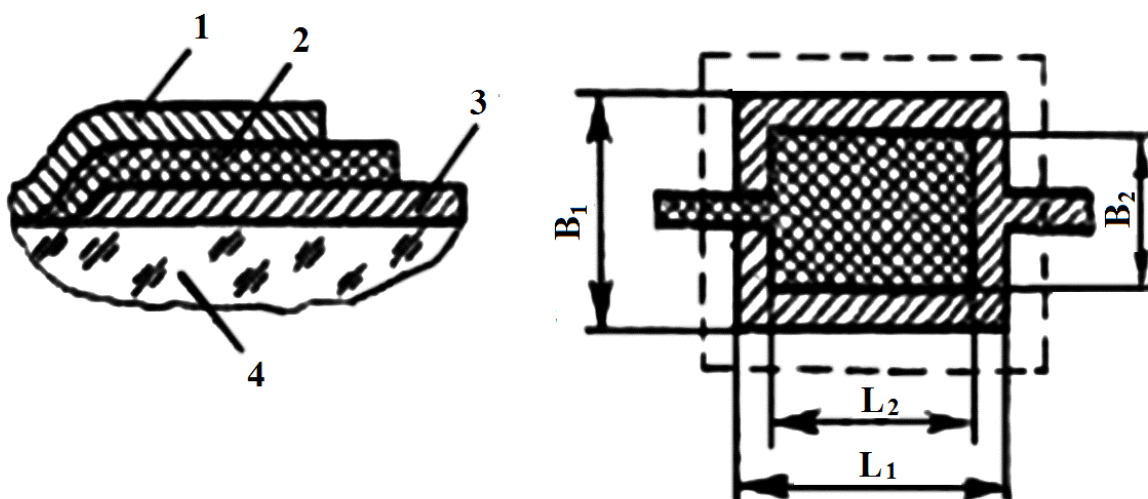
1.4-rasm. Kondensatorlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi. o‘zgarmas (a), qutbli (b), qutbsiz (c), o‘zgaruvchan (d) va sozlovchi (e).

Dielektrik materialiga ko‘ra kondensatorlar uch turga bo‘linadi: gazsimon, suyuq va qattiq dielektrikli. Birinchi turga o‘zgaruvchan va yarim o‘zgaruvchan havo kondensatorlari va gaz to‘ldirilgan o‘zgarmas kondensatorlar, ikkinchi turga esa, radioapparaturada cheklangan holda ishlatiluvchi moy to‘ldirilgan va sintetik suyuqlikli kondensatorlar kiradi.

Kondensatorlar dielektriklarining materiali ularning elektrik, konstruktiv va texnologik ko‘rsatkichlari yuqori bo‘lishligini ta’minlashi kerak: nominal sig‘imlarining keng diapazoni, shuningdek, chastota va temperatura jihatdan qo‘llanish sohalari, elektrga chidamlilik, massasi va o‘lchami kichik bo‘lishi, yuqori ishonchliligi, tayyorlashda avtomatlashtirish imkoniyati va ommaviy ishlab chiqarishda narxining past bo‘lishi.

Yarim o'tkazgichli IMS monokristalida kondensatorlar hosil qilish uchun p-n o'tishlar sig'imidan foydalaniladi. Ammo bunday kondensatorlar sig'implari cheklangan diapazonga (20 – 200 pF), past temperatura barqarorlikka (10^{-3} 1/°C) va parametrlarning texnologik tarqoqligiga (yo30 %) ega.

IMSlarning yupqa pardali kondensatori (1.5-rasm) bundan yuqoriroq xossalarga ega: sig'implari diapazoni 1 dan 10000 pF gacha bo'lgan oraliqda yotadi, temperatura barqarorligi $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ 1/°S ni tashkil etadi, parametrlarning texnologik tarqoqligi ± 10 % ga teng. Bunday kondensatorlar dielektrik ko'rinishdagi uch qatlamli strukturadan va unga purkash yo'li bilan kichik omli metall qoplangan ikkita yupqa pardali qoplamadan iborat.



1.5-rasm. Yupqa pardali kondensatorlar:

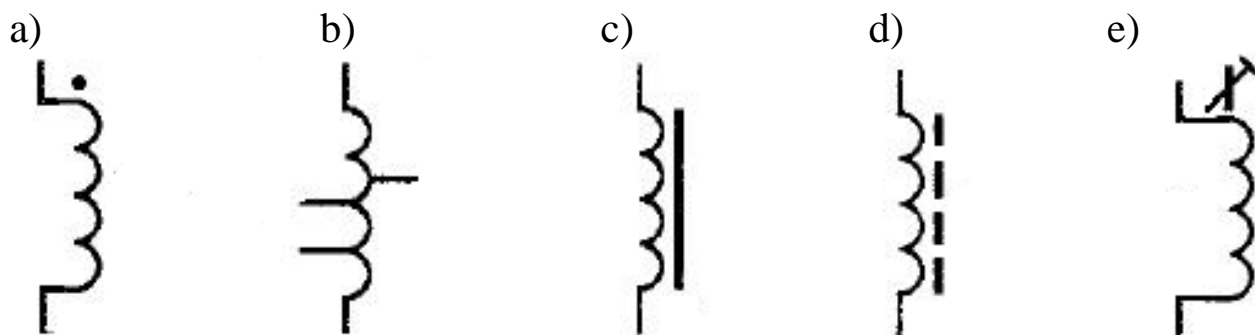
1,3 – yuqori va pastki qoplamalar; 2 – dielektrik; 4 – asos.

Qoplamalar sifatida ko'pincha alyuminiy ishlatiladi. Chunki boshqa metallar (masalan, oltin)ga nisbatan uning atomlari sustroq harakatlanadi. Bu xol metallning yupqa dielektrik qatlami orqali diffuziyasi yuz beruvchi qoplamalar orasidagi qisqa tutashuvlar sonini kamaytiradi. Bundan tashqari, alyuminiy nisbatan texnologiyabop va arzondir.

Yupqa pardali kondensatorning dielektrigi sifatida olinadigan materialning elektrga nisbatan chidamliligi yuqori va sarfi kam bo'lishi kerak. Bundan tashqari u yuqori adgeziya va iloji boricha katta dielektrik singdiruvchanlikka ega bo'lishi lozim.

Induktivlik g'altaklari/ Radiotexnik apparaturaning yuqori chastotali qismlari va zanjirlarida qo'llanilish sohasi va tuzilishi turlicha bo'lgan induktivlik g'altaklari qo'llaniladi (1.6-rasm). Qarshilik va kondensatorlardan farqli ravishda ular sanoatda keng ko'lamda ishlab chiqarilmaydi.

Qo'llanish sohasiga qarab g'altak o'lchamlari, ularning shakli, o'rash usuli, sim izolyatsiyasining qalinligi, karkas materiali turlicha bo'lishi mumkin.



1.6-rasm. Induktivlik g'altaklarining elektr sxemalarda shartli belgilanishi: (a), tarmoqlangan drossel (b), magnet o'zakli (c), ferrit o'zakli (d) va sozlovchi o'zfkli g'altak (e).

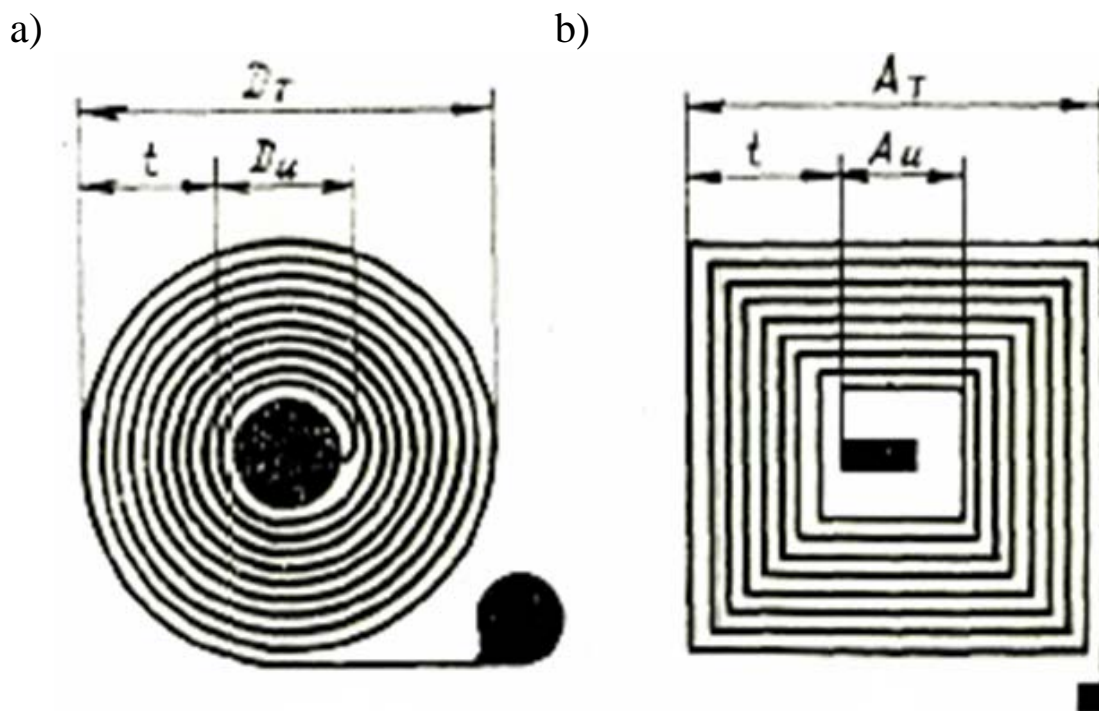
Induktivlik g'altaklari konstruktsiyasi: qaysi chastota diapazonida va necha quvvatli tebranma konturlarida qo'llanilishiga ham bog'liq bo'ladi. Tebranma kontur ishchi diapazoni ortgan sari, odatda, g'altak induktivlik qiymati kamayadi.

Induktivlik g'altagining asosiy elementlari bo'lib: karkas, o'ram va ekran hisoblanadi.

IMSlar uchun induktivlik g'altaklariga nisbatan qo'yiladigan asosiy talab ular konstruktsiyalarining planarlighi (yassiligi) dir. Toroidal g'altaklarda katta μ li ferritlar qo'llanilganligidan ular o'n minglab mikrogenri induktivlikka ega bo'lishi va yuzlab kilogersdan o'nlab megagersgacha bo'lgan chastotalar diapazonida ishlatilishi mumkin.

Yupqa pardali induktivlik g'altaklari cheklangan chastota diapazoniga (10 - 100 MGs) ega. Bu ish chastotasining kamayishi natijasida g'altakning asosda olgan o'rnining keskin ko'payishi, uning ko'payishi esa, asillikni tebranish konturlari uchun mumkin bo'lmagan qiymatgacha kamaytirishi bilan tushuntiriladi. G'altak egallagan maydonni kamaytirish uchun o'ramlar enini va ular orasidagi masofani

kamaytirish kerak. Biroq bu ish texnologiyaning imkoniyatlari, masalan, fotolitografiyaning hal etish qobiliyati bilan cheklangan chegaragacha bajarilishi mumkin.



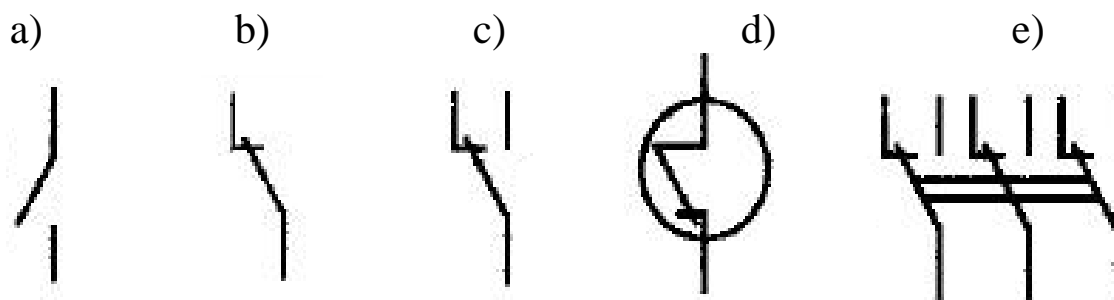
1.7-rasm. Doiraviy (a) va kvadrat (b) shakldagi yupqa pardali induktivlik g'altagi.

Shuning uchun yupqa pardali g'altaklar 1 sm² yuzada, odatda, 19 tadan ko'p bo'lmagan o'ramga ega bo'lib, aylana yoki kvadrat spiral shaklida ishlanadi (1.7-a-b rasm).

Almashlab ulagichlar. Almashlab ulagichlarning asosiy vazifasi radioappaturalarda elektr zanjirini u yoki bu rejimda ishlashini ta'minlash uchun kommutatsiya qilishdir.

Almashlab ulagichlar ikkita asosiy element: kontakt juftlari va uni ulash – uzish mexanizmidan tashkil topgan. Kontaktlar platina, oltin, kumush va ularning ba'zi qotishmalaridan, shuningdek, bronza, mis yoki volframdan tayyorlanadi. Kontaktlar yassi konus, yassi sfera, tsilindr shaklida bo'lishi mumkin. Ular qisib turuvchi va suriluvchi bo'ladi (1.8-rasm).

Kontaktlarning ulash – uzish mexanizmining ishlash usuliga qarab almashlab ulagichlar bosiladigan (knopkalar va klavishli), tashlama (tumblerlar) va galetli, vazifasiga ko'ra esa yuqori chastotali va past chastotali, katta tokli va kichik tokli bo'ladi.



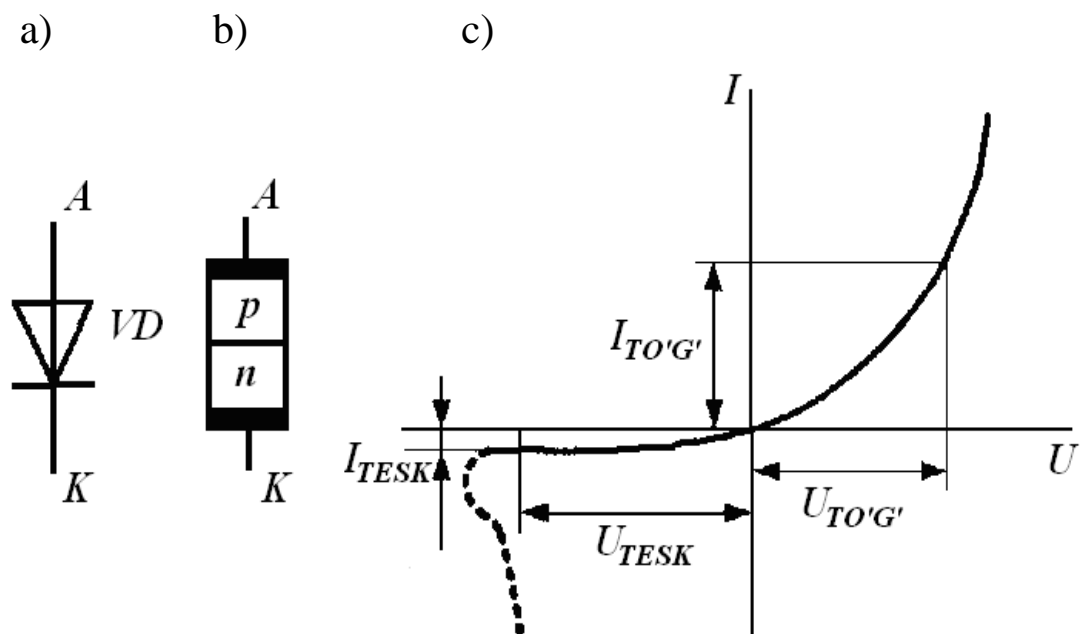
1.8-rasm. Kommutatsiya elementlarining sxemalarda shartli belgilanishi: ulovchi (a), uzuvchi (b), almashlab ulovchi (c) kontaktlar, gerkon (d) va almashlab ulagich (e).

Yarimo‘tkazgich diod deb bir (yoki bir necha) elektr o‘tishlarga ega ikki elektrodli elektron asbobga aytiladi. Diodlar radioelektron qurilmalarda ishlatilishi va bajaradigan vazifasiga muvofiq tasniflanadilar.

Barcha yarimo‘tkazgich diodlarni ikki guruhga ajratish mumkin: to‘g‘rilovchi va maxsus vazifalarni bajaruvchi. **To‘g‘rilovchi diodlar** o‘zgaruvchan tokni o‘zgarmas tokka o‘zgartirish uchun qo‘llanadi. To‘g‘rilanuvchi tok shakli va chastotasiga bog‘liq holda ular past chastotali, yuqori chastotali va impuls diodlarga ajratiladi. **Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlarda** $p-n$ o‘tishlarning turli elektrofizik xususiyatlaridan, masalan, teshilish hodisalaridan, fotoelektrik hodisalardan, manfiy qarshilikka ega sohalari mavjudligidan va boshqalardan foydalaniladi. Maxsus vazifalarni bajaruvchi diodlar, xususan, o‘zgarmas kuchlanishni barqarorlash, optik nurlanishni qayd etish, elektr sxemalarda signallarni shakllantirish va boshqa vazifalarni amalga oshirish uchun qo‘llaniladi.

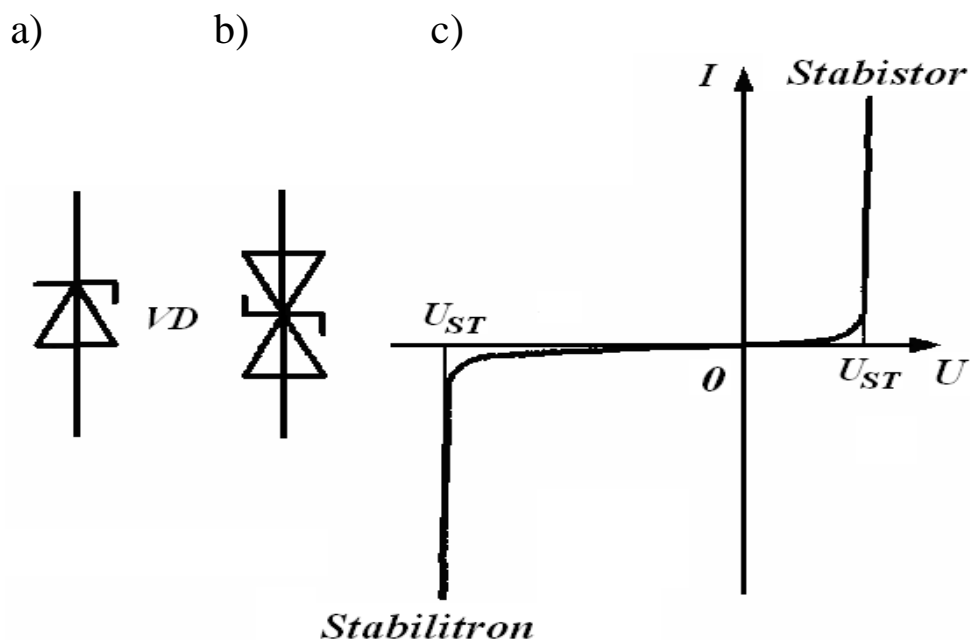
Yarimo‘tkazgich diodlarning elektr sxemalarda shartli belgilanishi 1.9-a rasmda, uning tuzilmasi ko‘rinishi 1.9-b rasmda keltirilgan. Rasmlarda diodning chiqishlari A va K ko‘rsatilgan bo‘lib, ular diodning elektrodleri deb ataladi. Diodning p - tomoniga ulangan elektrod anod deb, n - tomoniga ulangani esa katod deb ataladi. Diodning statik VAXi 1.9-c rasmda keltirilgan.

Yarimo‘tkazgich diodning to‘g‘ri va teskari yo‘nalishlaridagi qarshiliklari bir-biridan keskin farq qiladi: to‘g‘ri yo‘nalishda siljirilgan diodning qarshiligi qiymati kichik, teskari siljirilgan diodniki esa, katta bo‘ladi. Shu sababdan diod bir tomonga elektr tokini yaxshi o‘tkazadi, ikkinchi tomonga esa, yomon o‘tkazadi.



1.9-rasm. Yarimo‘tkazgich diodning shartli belgilanishi (a), tuzilmasi ko‘rinishi (b) va statik VAXi (c).

Stabilitron deb sxemalarda kuchlanish qiymatini barqaror (stabil) saqlab turuvchi yarimo‘tkazgich asbobga aytiladi.

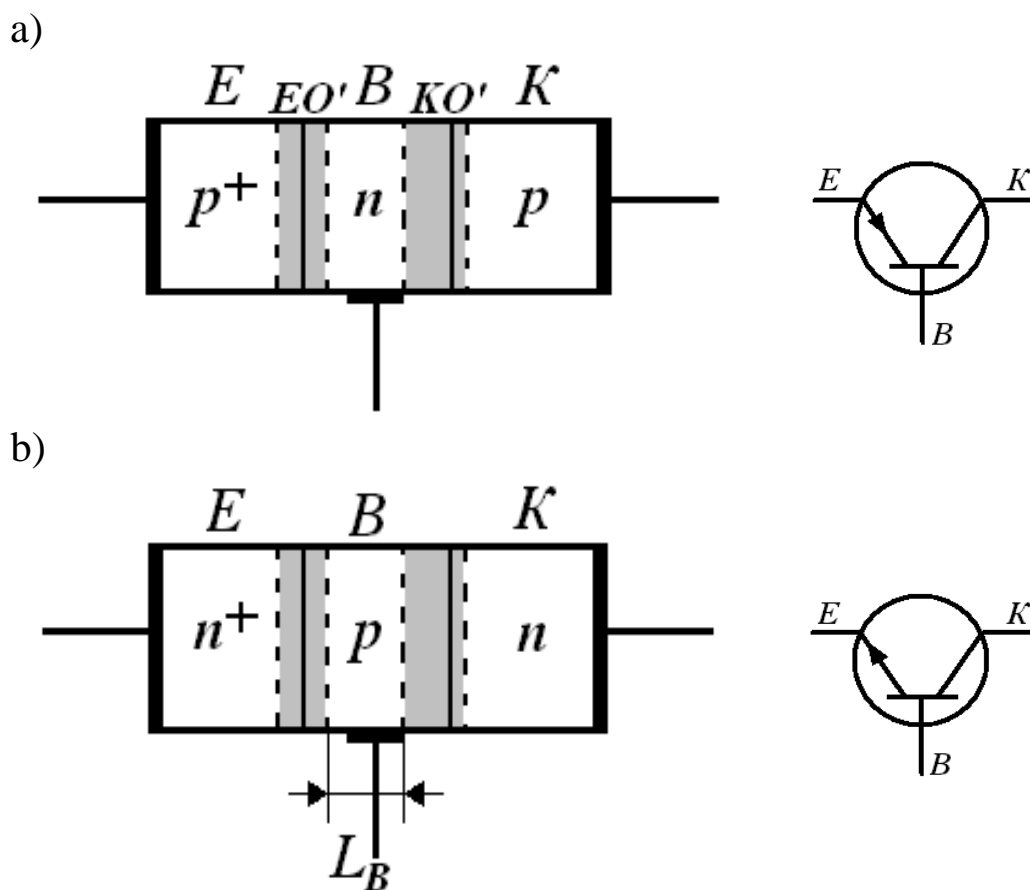


1.10-rasm. Bir tomonlama (a) va ikki tomonlama (b) stabilitronlarning sxemada shartli belgilanishi hamda VAXi (c).

Stabilitron sifatida VAXida tok qiymati keskin o'zgaranda kuchlanish deyarli o'zgarmaydigan soha mavjud bo'lgan elektron asboblardan foydalaniladi. Bunday soha kremniyli yarimo'tkazgich diod elektr teshilish rejimida ishlaganda kuzatiladi. Shuning uchun yarimo'tkazgich stabilitron sifatida kremniyli diodlardan foydalaniladi. Stabilitronlarning sxemada shartli belgilanishi 1.10-a va b rasmlarda, VAXi esa 1.10-c rasmda keltirilgan.

Bipolyar tranzistor (BT) deb o'zaro ta'sirlashuvchi ikkita $p-n$ o'tishdan tashkil topgan va signallarni tok, kuchlanish yoki quvvat bo'yicha kuchaytiruvchi uch elektrodli yarimo'tkazgich asboga aytiladi. BTda tok hosil bo'lishida ikki xil (bipolyar) zaryad tashuvchilar – elektronlar va kovaklar ishtirok etadi.

BT p - va n - o'tkazuvchanlik turi takrorlanuvchi uchta (emitter, baza va kollektor) yarimo'tkazgich sohaga ega (1.11-a yoki b rasmlar).



1.11-rasm. $p-n-p$ (a) va $n-p-n$ (b) turli BT lar tuzilmasi va ularning sxemada shartli belgilanishi.

Yarimoʻtkazgich sohalarni belgilashda asosiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi yuqori boʻlgan soha p^+ yoki n^+ belgisi qoʻyilishi bilan boshqa sohalardan farqlanishi qabul qilingan.

Tranzistorning sohalari ichida eng yuqori konsentratsiyaga ega boʻlgan chekka soha (n^+ – soha) $n^+ - p - n$ yoki (p^+ – soha) $p^+ - n - p$ turli tranzistorlarda *emitter* (**E**) deb ataladi. Emitterning vazifasi tranzistorning *baza* (**B**) sohasi deb ataluvchi oʻrta ($p-$ yoki $n-$ turli) sohasiga zaryad tashuvchilarni injeksiyalashdan iborat. Tranzistor tuzilmasining boshqa chekkasida joylashgan $n-$ soha ($n^+ - p - n$) yoki $p-$ soha ($p^+ - n - p$) *kollektor* (**K**) deb ataladi. Uning vazifasi baza sohasidagi noasosiy zaryad tashuvchilarni ekstraksiyalashdan iborat. Emitter bilan baza orasidagi $p-n$ oʻtish *emitter oʻtish* (EOʻ), kollektor bilan baza orasidagi $p-n$ esa oʻtish *kollektor oʻtish* (KOʻ) deb ataladi.

Baza sohasi emitter va kollektor oʻtishlarning oʻzaro taʼsirlashuvini taʼminlashi kerakligi sababli, BTning baza sohasi kengligi L_B bazadagi noasosiy zaryad tashuvchilar diffuziya uzunligidan kichik ($p^+ - n - p$ BT uchun $L_B \ll L_n$, $n^+ - p - n$ BT uchun $L_B \ll L_p$) boʻlmogʻi shart. Aks holda emittiyerdan bazaga injeksiyalangan asosiy zaryad tashuvchilar KOʻgacha yetib bormaydilar va BT samaradorligi pasayadi. Odatda,, baza sohasi kengligi $L_B \approx 0,01 \div 1$ mkm ni tashkil etadi.

Tuzilish xususiyatlariga va tayyorlash texnologiyasiga koʻra BTlar *eritib tayyorlangan, planar* va *planar - epitaksial* tranzistorlarga ajratiladi. Qotishmali tranzistorlarning baza sohasida kiritmalar taqsimlanishi bir jinsli (tekis) boʻlganligi sababli, unda elektr maydon hosil boʻlmaydi. Shuning uchun EZNlar bazadan kollektorga diffuziya hisobiga koʻchadilar.

Planar va planar – epitaksial tranzistorlarning baza sohasida kiritmalar konsentratsiyasi taqsimoti bir jinsli emas (notekis) boʻlib, u kollektorga siljigan sari kamayib boradi. Bunday BTlar *dreyfli* tranzistorlar deb ataladi. Kiritmalar konsentratsiyasi gradienti ichki elektr maydon hosil boʻlishiga olib keladi va EZNlar bazadan kollektorga dreyf va diffuziya jarayonlari hisobiga koʻchadilar. Demak, dreyfli BTlarning tezkorligi yuqori boʻladi.

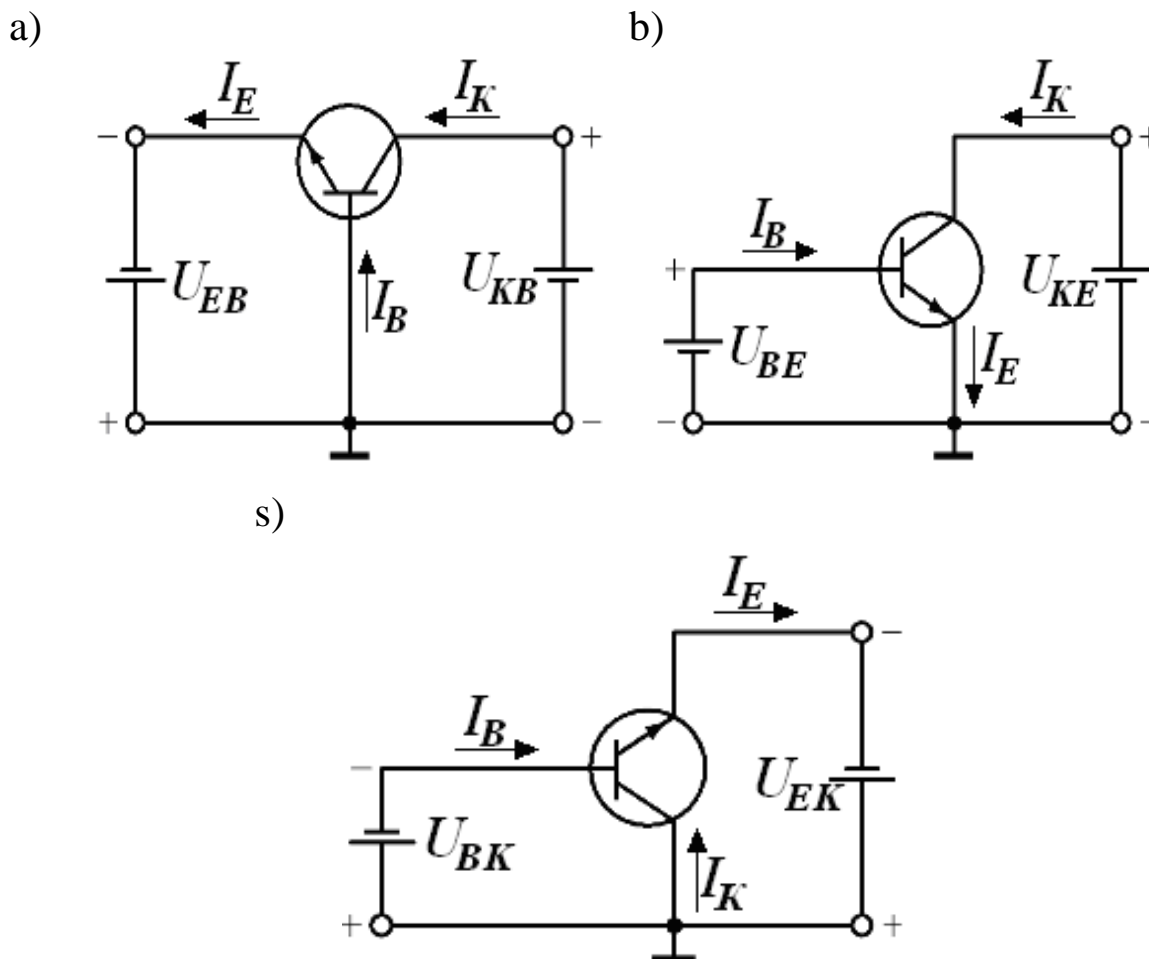
BTlar asosan chastotalarning keng diapazonida ($0 \div 10$ GGs) va quvvat boʻyicha ($0,01 \div 100$ Vt) elektr signallarni oʻzgartuvchi, generator va kuchaytirgich sxemalarni hosil qilish uchun ishlatiladi.

BTlar chastota boʻyicha: past chastotali – 3 MGs gacha; oʻrta chastotali $0,3 \div 30$ MGs; yuqori chastotali $30 \div 300$ MGs; oʻta yuqori chastotali – 300 MGs dan yuqori guruhlariga boʻlinadi.

Quvvat bo'yicha kam quvvatli – 0,3 Vt gacha; o'rtta quvvatli – 0,3 ÷ 1,5 Vt; katta quvvatli – 1,5 Vt dan yuqori guruhlarga ajratiladi.

Nanosekund diapazonida katta quvvatli impulslarni hosil qilishga mo'ljallangan *ko'chkili* tranzistorlar BTLarning yana bir turini tashkil etadi.

Tuzilishi bo'yicha BTLar *ko'p emitterli (KET)*, *ko'p kollektorli (KKT)* va *tarkibiy* (Darlington va Shiklai) tranzistorlari bo'ladi.

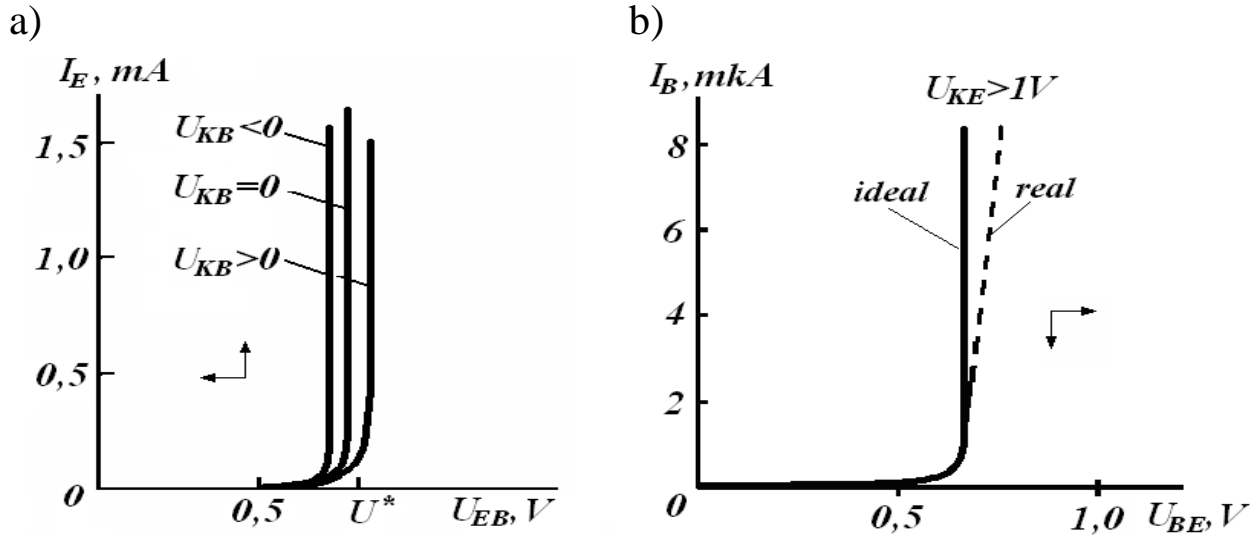


1.12-rasm. BTning statik rejimda umumiy baza (a), umumiy emitter (b) va umumiy kollektor (s) ulanish sxemalari.

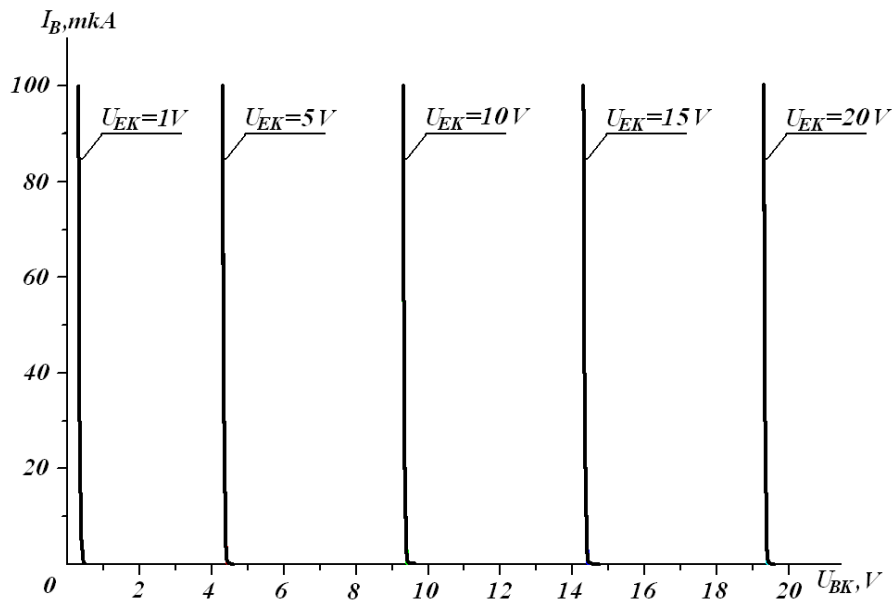
BTda elektrodlar uchta bo'lgani sababli, uch xil ulanish sxemalari mavjud: *umumiy baza (UB)*; *umumiy emitter (UE)*; *umumiy kollektor (UK)* (1.12-rasm). Bunda BT elektrodlaridan biri sxemaning kirish va chiqish zanjirlari uchun umumiy, uning o'zgaruvchan tok (signal) bo'yicha potentsiali esa nolga teng qilib olinadi. BTning 1.12-rasmda keltirilgan ulanish sxemalari aktiv rejimga mos.

BT statik kirish xarakteristikalari.

Kirish xarakteristikasi deb chiqish kuchlanishining berilgan va o'zgarmas qiymatlarida, kirish tokining kirish kuchlanishiga bog'liqligini ko'rsatuvchi grafikka aytiladi.



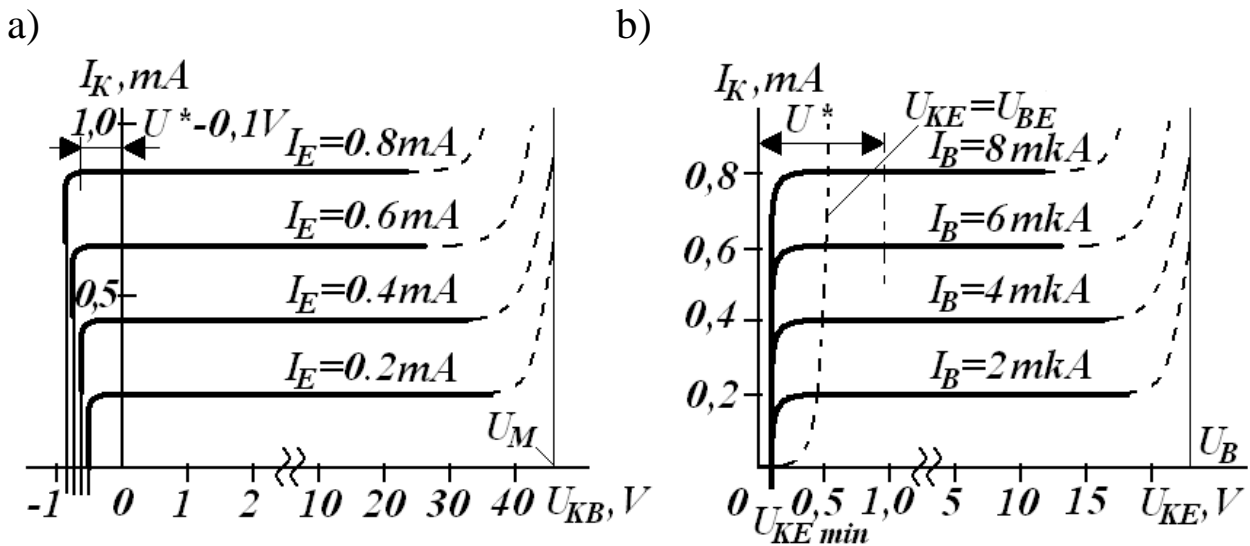
1.13-rasm. UB (a) va UE (b) ulangan buning kirish xarakteristikalar oilasi.



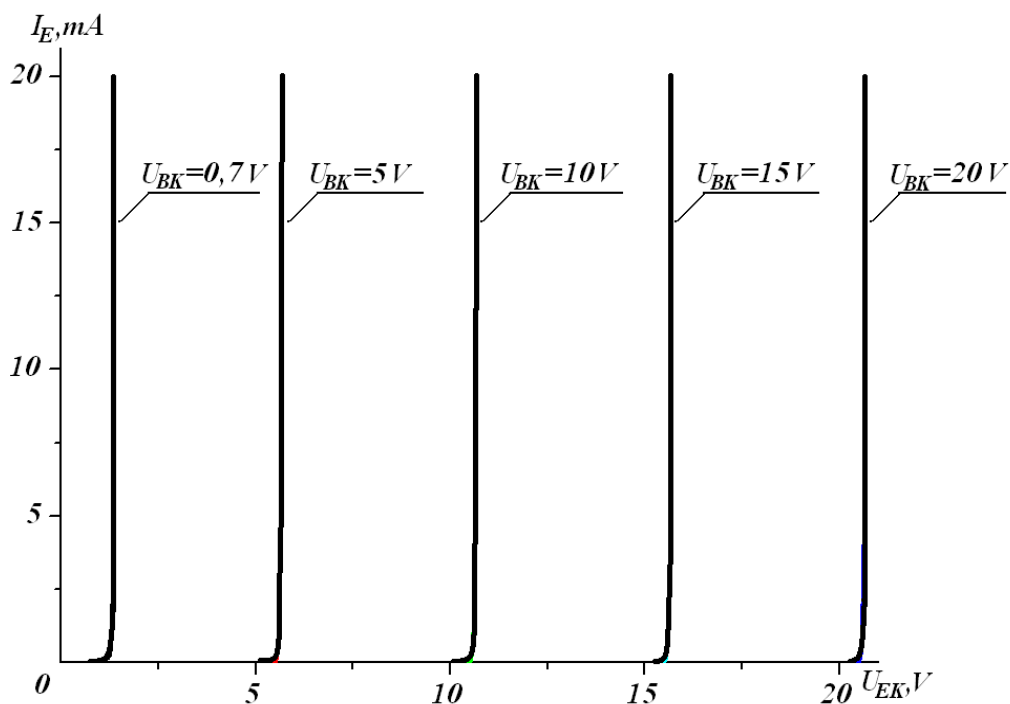
1.14-rasm. BTning UK ulanishdagi kirish xarakteristikalari.

Bipolyar tranzistorning statik chiqish xarakteristikalari.

Chiqish xarakteristikasi deb kirish tokining berilgan, o'zgarmas qiymatlarida chiqish toki bilan chiqish kuchlanishi orasidagi bog'liqlikga aytiladi.



1.15-rasm. UB (a) va (UE) (b) ulangan BTning chiqish xarakteristikalari.

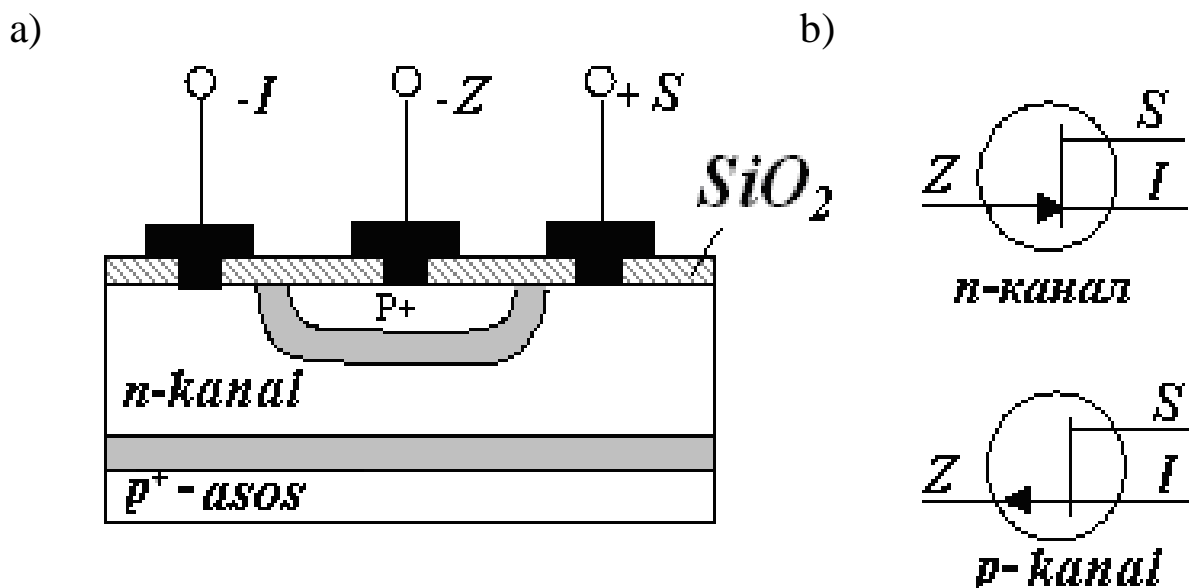


1.16-rasm. UK sxemada ulangan BT chiqish xarakteristikalari.

Maydoniy tranzistorlar. Elektrod toklari asosiy zaryad tashuvchilarning kristall hajmidagi elektr maydon taʼsirida dreyf harakatlanishiga asoslangan uch elektrodli, kuchlanish bilan boshqariladigan yarimoʻtkazgich asbob **maydoniy tranzistor** (MT) deyiladi. MTlarda tok hosil boʻlishida faqat bir turli – asosiy zaryad tashuvchilar (elektronlar yoki kovaklar) qatnashgani sababli ular baʼzan **unipolyar tranzistorlar** deb ataladi. MTlarda, BTlardagi kabi

tezkorlikka ta'sir etuvchi injeksiya va ekstraksiya natijasida noasosiy zaryad tashuvchilarning to'planish jarayonlari mavjud emas.

MTlarda tok bo'ylama elektr maydon ta'sirida erkin zaryad tashuvchilarning dreyf harakati tufayli hosil bo'ladi. Tok hosil qiluvchi o'tkazgich qatlam *kanal* deb ataladi va u *n*-kanalli va *p*-kanalli bo'lishi mumkin. Kanal chekkalariga elektrodlar o'rnatilgan bo'lib, ularning biri istok, ikkinchisi esa stok deb ataladi. Elektrodlardan qay biri istok, qaysinisi stok deb olinishining ahamiyati yo'q. Zaryad tashuvchilar qaysi elektroddan kanalga oqsa, o'sha elektrod *istok* deb, zaryad tashuvchilarni kanaldan o'ziga qabul qiluvchi elektrod esa *stok* deb belgilanadi. Uchinchi elektrod – *zatvor* yordamida kanaldagi tok qiymati ko'ndalang elektr maydon bilan boshqariladi.



1.17-rasm. *n*-kanali *p*-*n* o'tish bilan boshqariluvchi MT tuzilmasining ko'ndalang kesimi (a) va tranzistorlarni shartli belgilanishi (b) .

Tuzilmasi va kanal sohasi o'tkazuvchanligini boshqarish usuliga ko'ra MTlarning bir-biridan farqlanuvchi ikki turi bor.

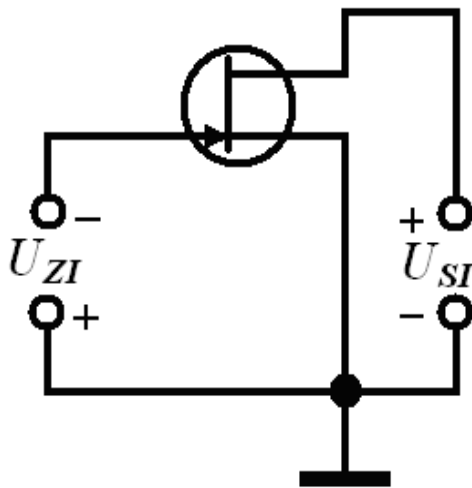
1. *p*-*n* o'tish bilan boshqariluvchi MTlarda zatvor sifatida kanal o'tkazuvchanligiga nisbatan teskari o'tkazuvchanlikka ega yarimo'tkazgichdan foydalaniladi. Natijada, ular orasida *p*-*n* o'tish hosil bo'lib, ishchi rejimda ushbu *p*-*n* o'tish teskari siljiriladi. Bunda zatvordagi kuchlanish boshqaruvchi *p*-*n* o'tishning kambag'allashgan sohasi kengligini va shu bilan tok o'tkazuvchi kanal sohasining ko'ndalang kesimini, undagi zaryadlar sonini o'zgartiradi va natijada, kanaldagi tok qiymati o'zgaradi. *p*-*n* o'tish kambag'allashgan sohasi

kengligining o'zgarishi, Shottki barer balandligi va ikkala tranzistorlarning asosiy xususiyatlari bir xil bo'lgani sababli, bundan buyon zatvor sifatida faqat $p-n$ o'tishdan foydalanadigan MTlarni o'rganamiz.

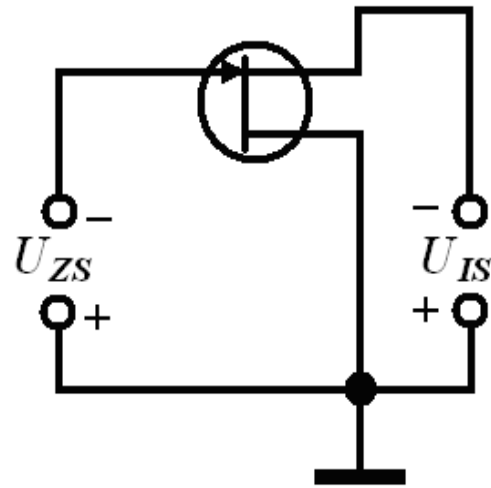
Elektr sxemalarda MTning zatvori kirish elektrodi bo'lib xizmat qiladi va kanaldan teskari ulangan $p-n$ o'tish yoki dielektrik bilan izolyatsiyalanadi. Shuning uchun MTlar BTlardan farqli ravishda o'zgarmas tokda katta kirish qarshiligiga ($10^8 \div 10^{10}$ Om) ega.

MTlarning ulanish sxemalari 1.18-rasmida ko'rsatilgan: **umumiy istok (UI)**, **umumiy stok (US)** va **umumiy zatvor (UZ)** ulanish. Asosiy ulanish sxemasi bo'lib UI ulanish xizmat qiladi.

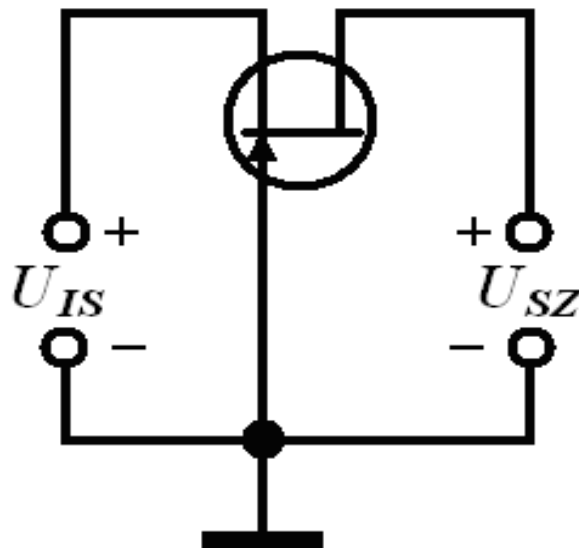
a)



b)



c)



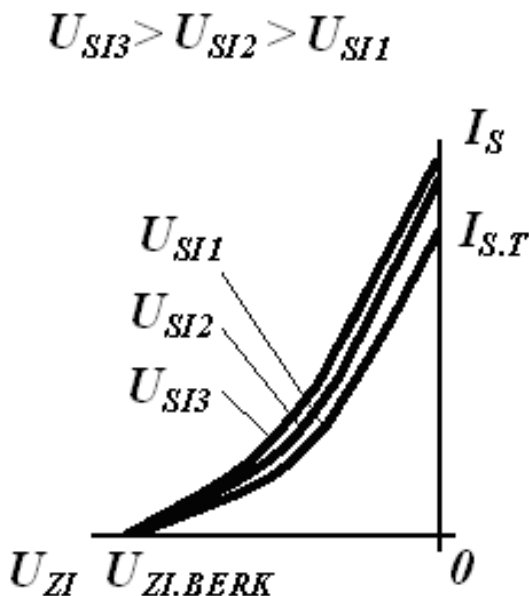
1.18-rasm. MTlarning ulanish sxemalari: UI (a), US (b) va UZ (c).

MT statik xarakteristikalari

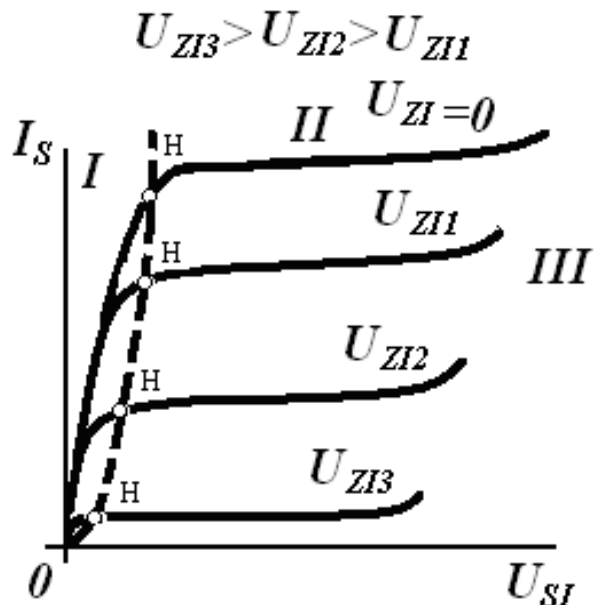
Statik stok xarakteristikalar oilasi deb zatvor-istok kuchlanishi U_{ZI} ning o'zgarish qiymatlarida stok toki I_C ning stok-istok kuchlanish U_{SI} ga bog'liqliklari $I_S = f(U_{SI})$ ga aytiladi.

MTning statik stok - zatvor xarakteristikalar oilasi yoki **o'tish xarakteristikasi** deb stok-istok kuchlanishi U_{SI} ning o'zgarish qiymatlarida stok toki I_S ning zatvor-istok kuchlanish U_{ZI} ga bog'liqliklari $I_S = f(U_{ZI})$ ga aytiladi. Stok-zatvor xarakteristikalarni stok xarakteristikalardan foydalangan holda hosil qilish mumkin. Buning uchun U_{SI} kuchlanishning biror qiymatida zatvor-istok kuchlanishi U_{ZI} ning turli qiymatlari uchun stok toki I_S ning qiymatlarini stok xarakteristikalardan aniqlash yetarli bo'ladi.

a)



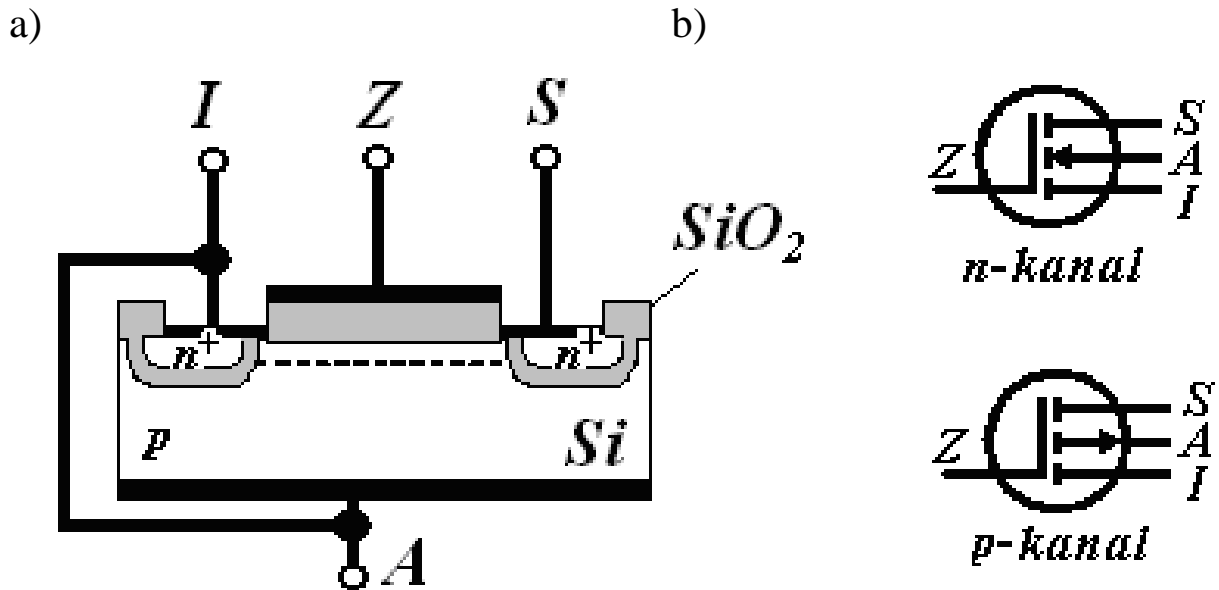
b)



1.19-rasm. n -kanalli MTning stok-zatvor (a) va stok (b) VAXlari oilasi.

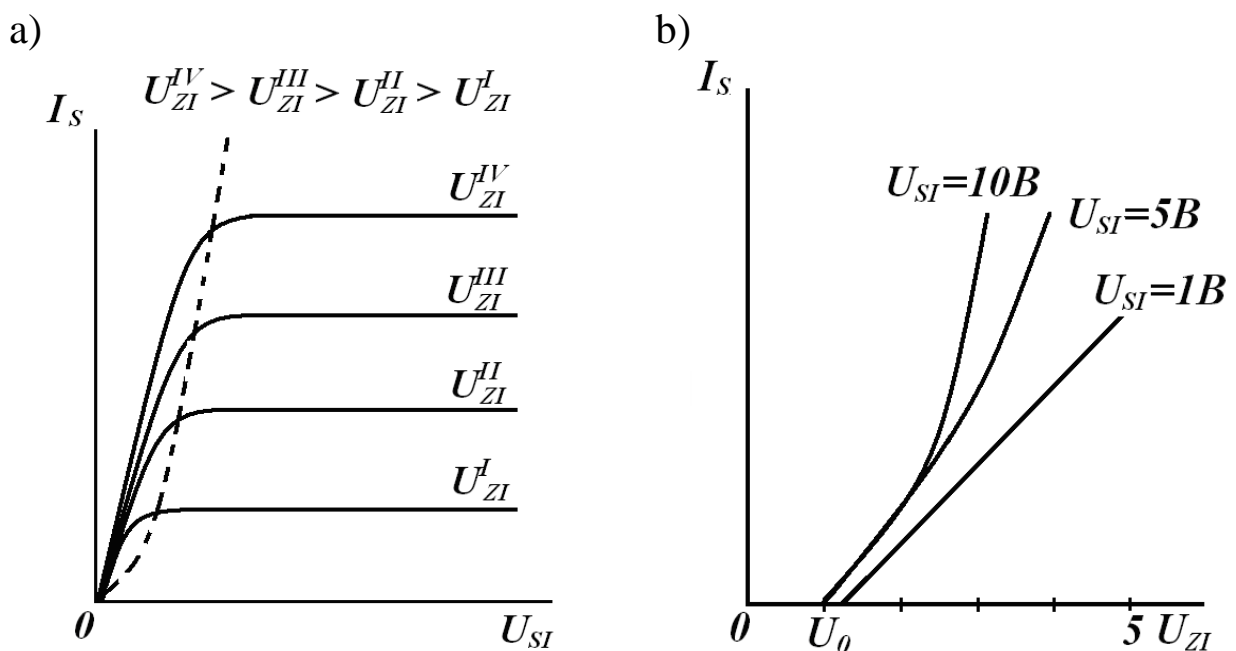
2. **Zatvori izolyatsiyalangan MTlarda** metall zatvor va kanal orasida yupqa dielektrik qatlam mavjud. Bunday MT metall – dielektrik – yarimo'tkazgich (MDYA) tuzilmaga egaligi sababli **MDYA – tranzistor** deb ham ataladi. Uning **kanali qurilgan** va **kanali induksiyalangan** turlari mavjud bo'lib: birinchi turdagi tranzistorlarda kanal sohasi texnologik usul bilan hosil qilinadi, ikkinchisida esa, – kanal sohasi zatvorga ma'lum qutbli va qiymatli kuchlanish berilganda hosil bo'ladi (indusiyalanadi). Ko'ndalang elektr maydon yupqa dielektrik

orqali o‘tib, kanaldagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini boshqaradi.



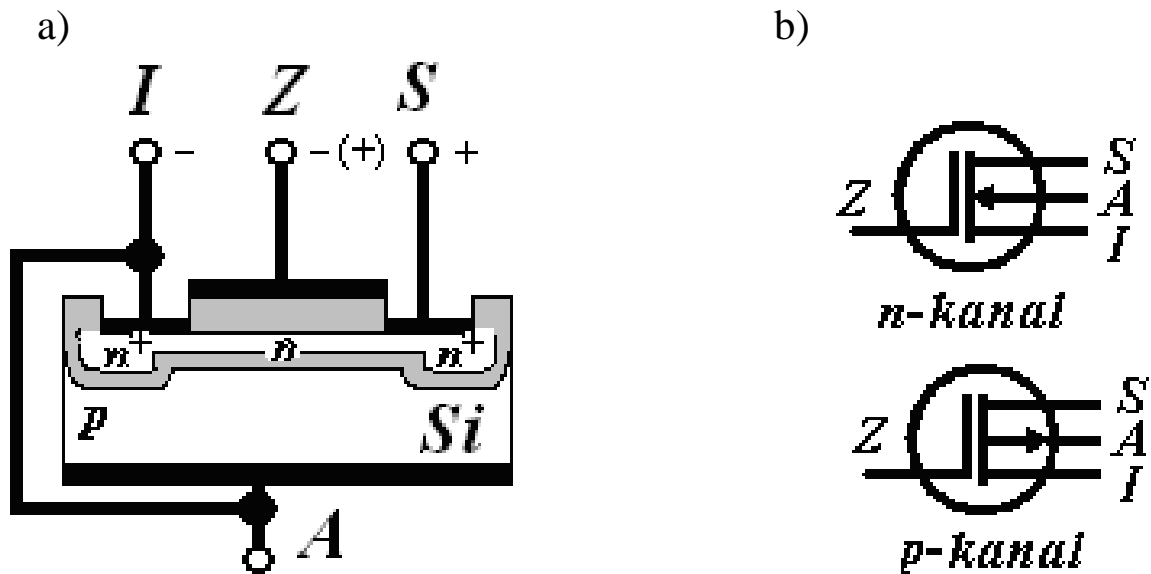
1.20-rasm. n -kanali induksiyalangan MDYA–tranzistor tuzilmasi (a) va n - hamda p - MDYA tranzistorlarning grafik shartli belgilanishi (b).

Statik stok xarakteristikalar oilasi. n -kanali induksiyalangan MDYA – tranzistorning stok xarakteristikalar oilasi, ya’ni $U_{ZI} = \text{const}$ bo‘lgandagi $I_C = f(U_{SI})$ bog‘liqlik grafigi 1.21-a rasmda keltirilgan.

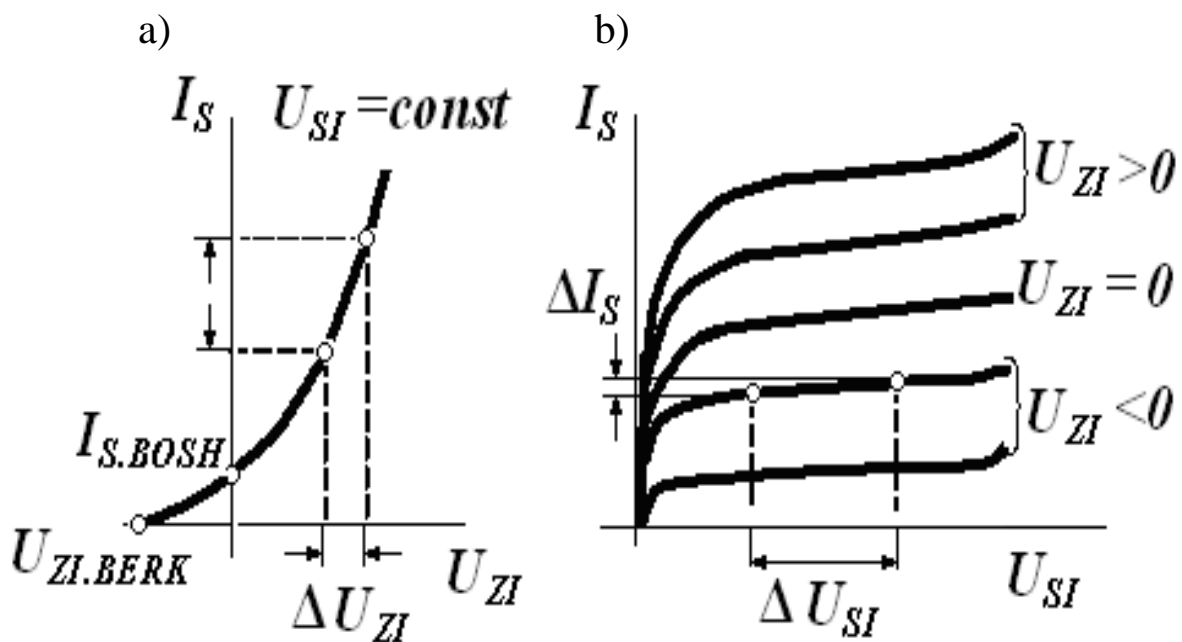


1.21-rasm. n -kanali induksiyalangan MDYA–tranzistorning stok (a) va stok-zatvor (b) xarakteristikalar oilasi.

Stok-zatvor xarakteristikalar oilasi. Tranzistorning stok xarakteristikalaridan tashqari, uning stok-zatvor (uzatish) $U_{SI} = \text{const}$ bo'lgandagi $I_C = f(U_{ZI})$ xarakteristikalari keng ishlatiladi (1.21-b rasm).



1.22-rasm. *n*-kanali qurilgan MDYA – tranzistor tuzilmasi (a), bunday tranzistorlarning shartli grafik belgilanishi (b).



1.23-rasm. *n*-kanali qurilgan MDYA – tranzistorning stok-zatvor (a) va stok (b) xarakteristikalari.

MDYA – tranzistorlar integral mikrosxemalarning, ayniqsa, O'KISlarning asosiy elementini tashkil etadi. Ular mikroprotsessorlar, mikrokontrollerlar, axborot sig'imi katta xotira qurilmalari, elektron soatlar, tibbiyot elektronikasi qurilmalari va boshqalarda qo'llaniladi.

Katta quvvatli MDYA – tranzistor qayta ulovchi sxemalarda keng qo‘llaniladi. Boshqaruvchi elektrodi metall – yarimo‘tkazgich o‘tishdan tashkil topgan arsenid galliy asosida tayyorlangan tranzistorlar o‘ta tez ishlovchi raqamli IMSlarni va O‘YUCHli qurilmalarni yaratish uchun ishlatiladi. Kremniy asosidagi $p-n$ o‘tish bilan boshqariluvchi MTLar past chastotali diskret elektron asbob sifatida qo‘llaniladi.

1.3. Yuzaga montaj qilish texnologiyasi uchun elementlar

Turli maqsadlarga xizmat qiluvchi zamonaviy elektron qurilmalarda yuzaga montaj qilish uchun **Surface Mounting Details** (SMD) komponentalar qo‘llaniladi.

Bu texnologiya qator afzalliklarga ega bo‘lib:

- mahsulotlarni avtomatik usulda yig‘ish, yig‘malarning yuqori sifatlilikini va ishonchliligini ta’minlaydi;

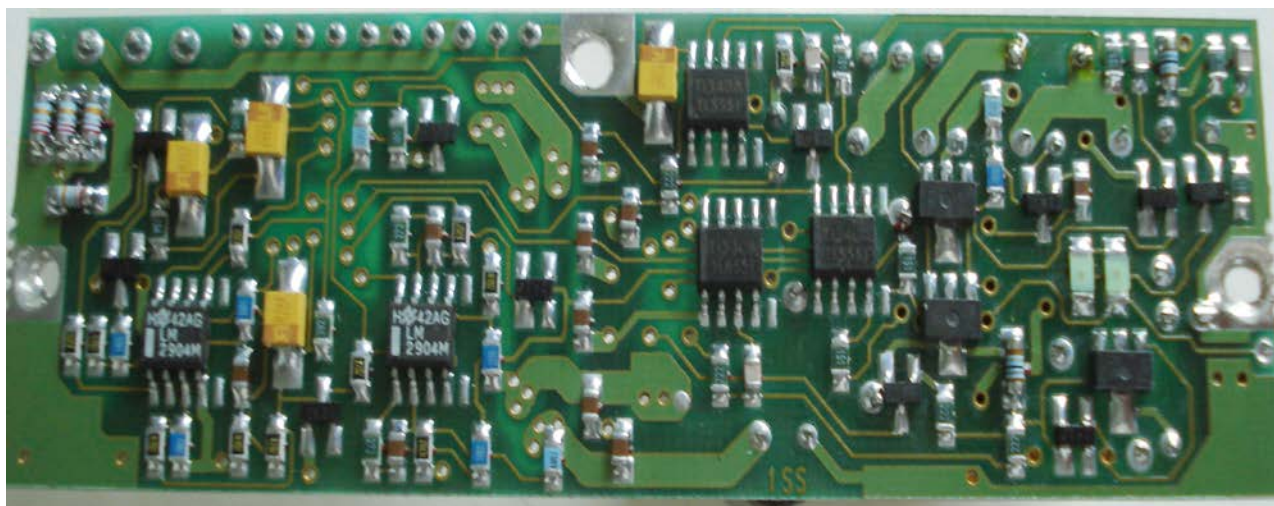
- yuqori texnologiyalikni;

- yig‘ish jarayoniga ketadigan vaqtni kamaytirish imkonini beradi.

SMD texnologiyasi tufayli bosma platalar o‘lchamlari va mos ravishda ularni tayyorlash narhi 1,5-3 marta kamaydi. Bu SMD komponentalar narhining pastligi bilan birgalikda mahsulot tannarhining arzonlashuviga olib keldi. Ishlab chiqaruvchilarda montajning boshqa usullari bilan o‘rnatilishi murakkab bo‘lgan ixtiyoriy kelishilgan o‘lchamlardagi (eng kichik o‘lchamlar bilan birgalikda kichik qadamlarni e‘tiborga olgan holda) komponentlardan foydalanish imkoniyati paydo bo‘ldi. Qutbli elementlarni noto‘g‘ri o‘rnatilishi va yanglish nominaldagi komponentalar o‘rnatilishi bilan bog‘liq muammo mutlaqo yo‘qoldi. Texnologik jarayonning moslashtiriluvchanligi va ishlab chiqarish liniyasini boshqa mahsulot ishlab chiqarishga qayta qurish tezligining kattaligi, xatto kam miqdordagi platalarni liniyalarda yig‘ishni maqsadga muvofiq qilib qo‘ydi.

SMD – komponentalar bosma platalar yo‘lakchalariga to‘g‘ridan – to‘g‘ri kavsharlanadi (1.24-rasm).

Ko‘p platalarda elementlarnig pozitsiyalar bo‘yicha belgilar mavjud. Belgilar harf va qurilma yoki funksional blok sxemasida elementning shartli raqamini anglatuvchi bir necha raqamdan iborat bo‘ladi: Q – harfi bilan odatda, analog tranzistorlar, D – harfi bilan kalit tranzistorlar va diodlar, Z yoki ZD – stabilitronlar, R – rezistorlar, C - kondensatorlar, L – induktivliklar (ilovada keltirilgan).



1.24-rasm. Yuzaga montaj qilish texnologiyasida tayyorlangan bosma plata.

SMD - komponentlari o'lchamlari ularning korpuslari standart markalar yozilishi uchun juda kichiklik qiladi. Shuning uchun bunday komponentlarni markalash uchun maxsus tizim mavjud: asbob korpusiga ikki yoki uch simvoldan iborat kod yoziladi (ilovada keltirilgan).

Tape Automated Bonding (TAB) texnologiyada kremniy kristallari chip oyoqchalarining ichki ulanishlarini takomillashtiruvchi polimer tasmaga o'rnatiladi. Chip oyoqchalarini ikkinchi sath yig'masiga (chuqur bosma plataga yoki boshqa asosga) ulash polimer tasmaning tashqi oyoqchalari yordamida amalga oshiriladi. TAB komponentlari tashqi oyoqchalarini asos bilan ulash uchun odatda, kontakt kavsharlash, issiq gaz bilan kavsharlash yoki lazerli mikropayvand usullaridan foydalaniladi.

TAB texnologiya dunyoning juda chegaralangan sondagi etakchi texnologik firmalari tomonidan to'liq o'zlashtirilgan.

Oxirgi yillarda **Ball Grid Array (BGA)** barcha infrastrukturasi tez sur'atlar bilan rivojlandi va hozir plastik, keramik, metall, shishakompozit, tasmali va boshqa, hamda an'anaviy BGA ni emas, ko'proq ochiq kristallarni eslatuvchi mikro – mBGA ma'lum.

Hozirgi kunda bizga yaxshi tanish bo'lmagan **Chip-Scale Packages (CSP)** komponentlar o'zining rivojlanish davrini o'tmoqda. CSP odatda, o'lchami kristall o'lchamiga nisbatan 20 % dan katta bo'lmagan komponent sifatida aniqlanadi. Bu komponentlar birinchi navbatda qo'llaniladigan sohalar xotira qurilmalari (ayniqsa, flash), boshqarish mikrosxemalari (analog-raqamli o'zgartgichlar, kirish-

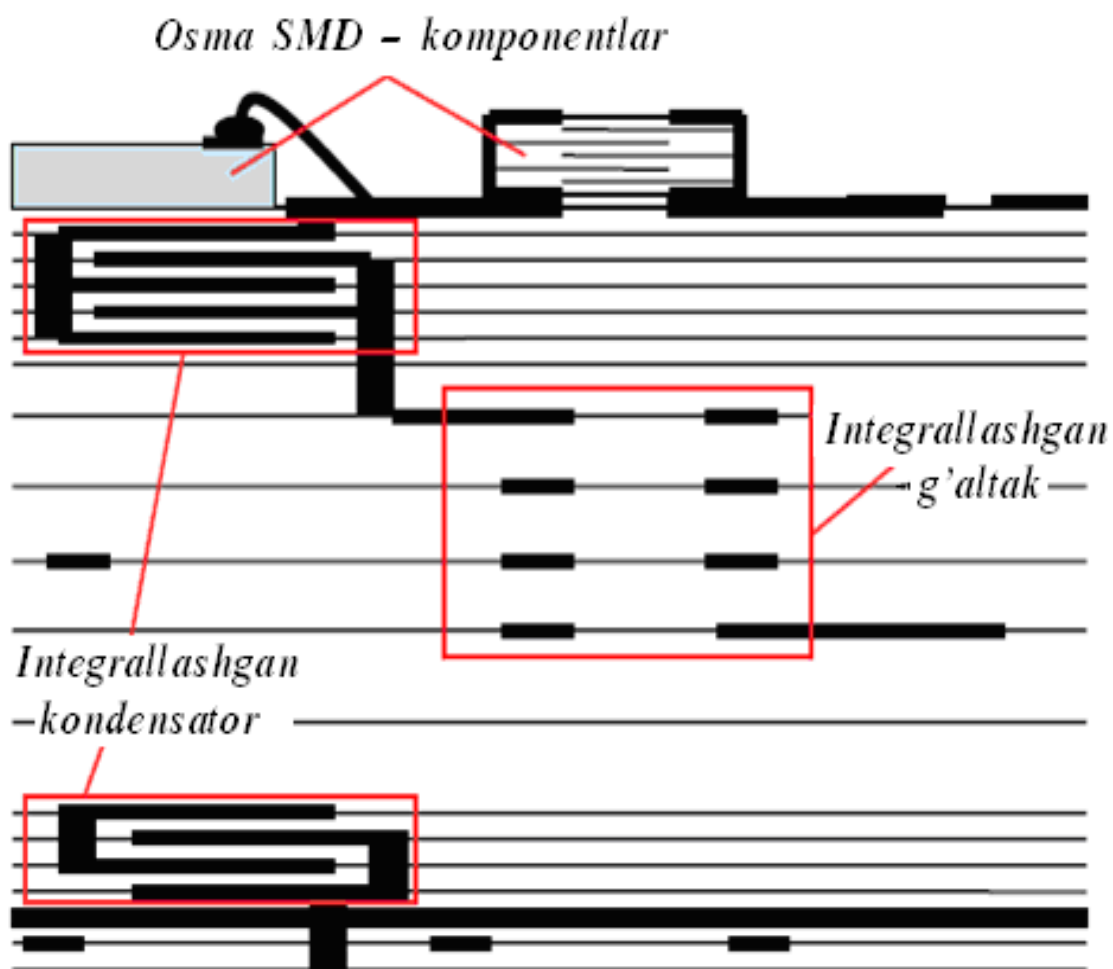
chiqish kanallari soni kam mantiqiy sxemalar va mikrokontrollerlar), raqamli ishlov berish sxemalari (masalan, signalga raqamli ishlov beruvchi protsessor (DSP), hamda maxsus ishlarda qoʻllaniluvchi mikrofsxemalar (ASIC) va mikroprotsessorlardir.

1.4. Past temperaturali keramika texnologiyasi

Past temperaturali keramika texnologiyasi **Low Temperature Co-fired Ceramics** (LTCC) hozirgi kunda tez rivojlanmoqda va turli sohalarda foydalanish uchun, masalan, past va oʻrta integratsiya darajasidagi yuqori va oʻta yuqori chastotalarda ishlovchi mikrosxemalarda qoʻllanilmoqda. Nisbatan past chastotali sohada LTCC asosda GSM, CDMA, TDMA va Bluetooth qoʻllanishlar uchun qurilmalar tayyorlanmoqda, millimetrli toʻlqin sohasida esa MMDS va LMDS qoʻllanishlar keng tarqalmoqda. Ushbu texnologiya elektron sanoat sohasida elektron qurilmalarni tijorat va harbiylar uchun ommaviy ishlab chiqarishda arzon echimni taʼminlamoqda.

LTCC texnologiyasi asosida tayyorlangan anʼanaviy modul mustahkamligini taʼminlash maqsadida pechda qotirib olinadigan koʻp qatlamli keramik material “buterbrod”ga oʻxshaydi. Har bir qatlamida tok oʻtkazuvchi “rasm” mavjud va preslashga toʻliq tayyor ftoroplast yoki yuqori temperaturali keramika asosida tayyorlangan bosma platalardan farqli ravishda LTCC texnologiyada topologiyani hosil qiluvchi va tok oʻtkazuvchi siyoh xom keramika varaqlariga pishirish operatsiyasigacha yurgaziladi. Shundan soʻng qatlamlarda qatlamlararo elektr bogʻlanishni va issiqlik olib ketilishini taʼminlovchi tok oʻtkazuvchi pasta bilan toʻldiriluvchi darchalar ochiladi. Umumiy holda har bir alohida qatlam LTCC asos stekida qaytarilmas qalinlikka va dielektrik xarakteristikalariga ega boʻlishi mumkinligi ishlab chiqaruvchilarga har bir qatlamda komponentni amalga oshirishning keng imkoniyatlarini ochadi. Boshqa soʻz bilan aytganda, agar topologiyaning qaysidir qismida oʻziga xos element yaratish zarur boʻlsa, printsiptial chegaralanishlar vujudga kelmaydi.

1.25-rasmda qatlamlar steki kesimi namuna sifatida koʻrsatilgan. Bu yerda yupqa qatlamlarda $\epsilon_r=20$ va qalinligi 50 mkm ni tashkil etadi. Asos oʻrtasida qalinligi 120 mkm va $\epsilon_r=8$ boʻlgan oltita qatlam mavjud. Kesimda spiralsimon gʻaltak, ikkita koʻp qatlamli kondensator hamda ikkita tashqi osma element koʻrsatilgan.



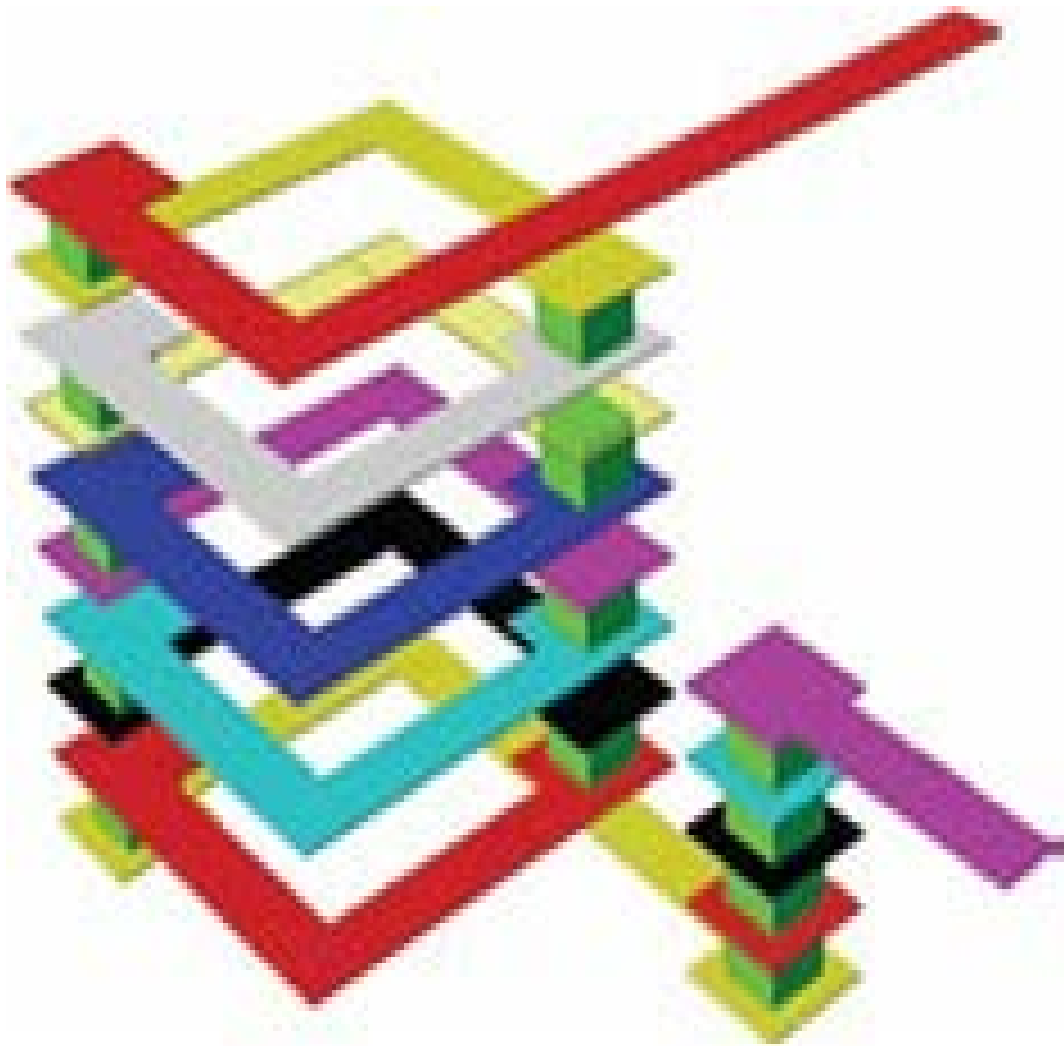
1.25-rasm. LTCC asos qatlamlari steyk namunasi.

LTCC asoslar osma elementlari sifatida yuza bo‘ylab montajga moslangan turli komponentalar bo‘lishi mumkin, bu o‘z navbatida montaj texnologiyalarini xilma – xilligini belgilaydi.

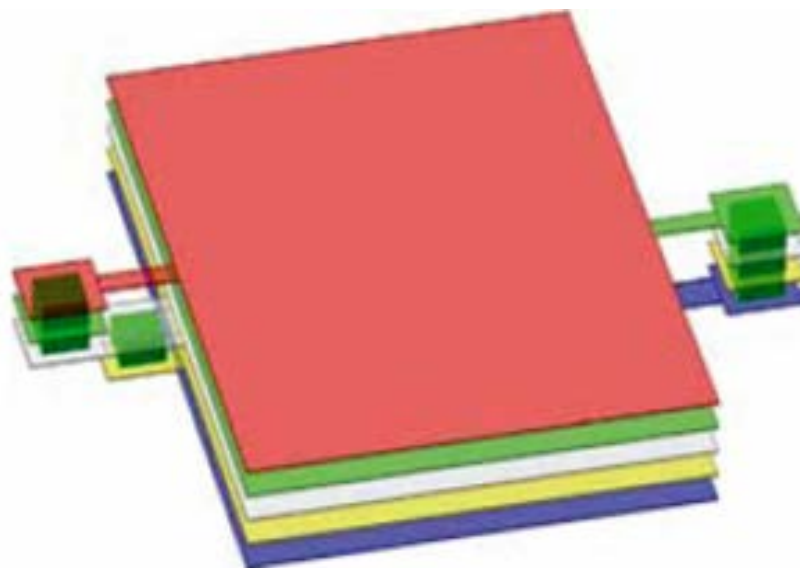
LTCC ko‘p qatlamli platada osma komponentalar orasida bog‘lanish hosil qilinish bilan cheklanmaydi. U yordamida hosil qilingan rezistorlar, induktivlik g‘altaklari, kondensatorlar va simmetriyalovchi qurilmalar bevosita asosga integratsiyalashgan bo‘lishi mumkin, bu berilgan funktsionallikni ta’minlagan holda diskret SMD komponentalar sonini sezilarli kamaytirish imkoniyatini ochadi.

1.27-rasmda keltirilgan vertikal induktivlik g‘altagi hamda 1.26-rasmda keltirilgan ko‘p qatlamli kondensatorlar qurilmalar o‘lchamlarini va narxini kamaytirish imkoniyatini ochadi.

Sxemotexnik elementlar modellari ikki sinfga bo‘linadi: analitik va empirik. Umumiy holda har bir element ikkala model bilan aniqlanishi mumkin, qaysi modelni tanlash foydalanuvchi ixtiyoridadir.



1.26-rasm. Vertikal LTCC induktivlik g'altagi.



1.27-rasm. Ko'p qatlam plastinali kondensator.

1.5. Integral mikrosxemalar haqida umumiy tushunchalar

Integral mikrosxema (IMS) ko'p sonli tranzistor, diod, kondensator, rezistor va ularni bir-biriga ulovchi o'tkazgichlarni yagona konstruksiyaga birlashtirishni (konstruktiv integratsiya); sxemada murakkab axborot o'zgartirishlar bajarilishini (sxemotexnik integratsiya); yagona texnologik siklda, bir vaqtning o'zida sxemaning elektroradioelementlari (ERE) hosil qilinishini, ulanishlar amalga oshirilishini va bir vaqtda guruh usuli bilan ko'p sonli bir xil integral mikrosxemalar hosil qilish (texnologik integratsiya) ni aks ettiradi. IMS, yagona texnologik siklda, yagona asosda tayyorlangan va axborot o'zgartirishda ma'lum funksiyani bajaruvchi o'zaro elektr jihatdan ulangan ERElar majmuasidir.

IMS elektron asboblari qatoriga kiradi. Uning elektron asbob sifatidagi asosiy xususiyati shundaki, u mustaqil ravishda, masalan, axborotni eslab qolishi yoki signalni kuchaytirishi mumkin. Diskret elementlar asosida shu funksiyalarni bajarish uchun tranzistorlar, rezistorlar va boshqa elementlardan iborat sxemani *qo'lda yig'ish zarur*. Elektron asbobning uskuna tarkibida ishlash ishonchliligi avvalam bor kavsharlangan ulanishlar soni bilan aniqlanadi. IMSlarda elementlar bir-biri bilan *metallash* yo'li bilan ulanadi, ya'ni kavsharlanmaydi ham, payvand ham qilinmaydi. Buning natijasida yig'ish, montaj qilish ishlarining sifatini oshirish masalasi yechildi, katta miqdordagi ERElarga ega radioelektron qurilmalar ishlab chiqarishda ishonchlilik ta'minlandi.

Hozirgi kunlarda tayyorlash usuli va bunda hosil bo'ladigan tuzilmasiga ko'ra IMSlarni bir-biridan prinsipial farqlanuvchi uch turga ajratiladi: *yarimo'tkazgich*, *pardali* va *gibrid*. IMSlarning har turi, mikrosxema tarkibiga kiruvchi elementlar va komponentlar sonini ifodalovchi, integratsiya darajasi va konstruksiyasi bilan farq qiladi.

Element deb, konstruksiyasi bo'yicha kristall yoki asosdan ajralmaydigan, ERE funksiyasini bajaruvchi IMSning qismiga aytiladi.

IMS *komponenti* deb, diskret element funksiyasini bajaruvchi, lekin montajdan avval mustaqil mahsulot bo'lgan IMSning bo'lagiga aytiladi.

Yig'ish, montaj qilish operatsiyalarini bajarishda komponentlar mikrosxema asosiga o'rnatiladi. Qobiqsiz diod va tranzistorlar, kondensatorlarning maxsus turlari, kichik o'lchamli induktivlik g'altaklari va boshqalar sodda komponentlarga, murakkab komponentlarga esa,

bir nechta elementdan tashkil topgan, masalan, diod yoki tranzistorlar yigʻmalari kiradi.

Elementlari yarimoʻtkazgich asosning sirtiga yaqin qatlamda hosil qilingan mikrosxemalar *yarimoʻtkazgich IMS* deb ataladi.

Elementlari dielektrik asos sirtida parda koʻrinishida hosil qilingan mikrosxemalar *pardali IMS* deb ataladi. Pardalar turli materiallarni past bosimda yupqa qatlam sifatida oʻtkazish yoʻli bilan hosil qilinadi. Parda hosil qilish usuli va u bilan bogʻliq parda qalinligiga muvofiq IMSlarni *yupqa pardali* (qalinligi 1-2 mkm) va *qalin pardali* (qalinligi 10 mkmdan yuqori) larga ajratiladi. Adabiyotlarda koʻp hollarda IMS yozuv oʻrniga IS deb yoziladi.

Hozirgi kunda pardali diod va tranzistorlarning parametrlari barqaror boʻlmagani sababli, pardali IMSlar faqat passiv elementlarga (rezistorlar, kondensatorlar va boshqalar) ega.

Pardali texnologiyada element parametrlarining ruxsat etilgan tarqoqligi 1÷2 % dan oshmaydi. Passiv elementlar parametrlari va ularning barqarorligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etganda bu juda muhim boʻladi. Shu sababdan pardali ISlar baʼzi filtrlar, faza oʻzgarishiga sezgir va tanlovchi sxemalar, generatorlar va boshqalar tayyorlashda ishlatiladi.

Gibrid IMS (yoki GIS) deb umumiy dielektrik asosda joylashgan pardali passiv va diskret aktiv elementlar kombinatsiyasidan iborat mikrosxemaga aytiladi. Diskret komponentlar osma deyiladi. Gibrid IMSlar uchun aktiv elementlar qobiqsiz yoki jajji metall qobiqlarda tayyorlanadi.

GISlarning asosiy afzalliklari: ishlab chiqishning nisbatan kichik davrida analog va raqamli mikrosxemalarning keng sinfini yaratish imkoniyatidan, keng nomenklaturali passiv elementlar hosil qilish imkoniyatidan (MDYA – asboblari, diodli va tranzistorli matritsalar) va ishlab chiqarilayotgan mikrosxemalarda yaroqlilar foizining koʻpligidan iborat. GISlar aloqa apparatlarining qabul qilish – uzatish tizimlarida, yuqori chastotali kuchaytirgichlarda, OʻYUCH qurilmalarda va boshqalarda qoʻllaniladi.

Ishlatilgan tranzistor turiga muvofiq yarimoʻtkazgich integral mikrosxemalar *bipolyar* va *MDYA IMS*larga ajratiladi. Hozirgi kunda $p - n$ oʻtish bilan boshqariladigan MTlar asosida yaratilgan IMSlar katta ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu sinfga arsenid galliy asosida, zatvori Shottki diodi koʻrinishida boʻlgan MTlar kiradi. Soʻnggi paytda

tarkibida ham bipolyar, ham maydoniy tranzistorlar ishlatilgan IMSlar ham tayyorlanmoqda.

IMSning funksional murakkabligi uning tarkibidagi element va komponentlar sonini ko'rsatuvchi *integratsiya darajasi* bilan ifodalanadi. Integratsiya koeffitsiyenti son jihatdan $K = \lg N$ tenglik bilan aniqlanadi, bu yerda N – sxema elementlari va komponentalari soni (1.1-jadval).

1.1-jadval

Integratsiya koeffitsiyenti	K qiymati	Elementlar soni	IMS nomi
1	< 1	10 tagacha	oddiy
2	$1 < K \leq 2$	11÷100	o'rtacha (O'IS)
3	$2 < K \leq 4$	101÷10 000	katta (KIS)
4-5	≥ 4	$> 10\ 000$	o'ta katta (O'KIS)

Oddiy IMSlarga misol sifatida mantiq elementlarni ko'rsatish mumkin. O'ISlarga jamlash qurilmasi, schetchiklar, operativ xotira qurilmalari (OXQ), sig'imi 256-1024 bit bo'lgan doimiy xotira qurilmalari (DXQ) misol bo'la oladi. KISlarga mantiqiy – arifmetik va boshqaruvchi qurilmalar kiradi. O'KIS larga 1,9 milliard MDYA – tranzistorlardan tashkil topgan, sig'imi 294 MB bo'lgan xotira mikrosxemalari misol bo'la oladi.

Kristalldagi elementlar joylashuvining zichligi – birlik yuzaga to'g'ri keluvchi elementlar soni IS konstruksiyasi va texnologiyasi sifatining muhim ko'rsatkichi hisoblanadi. Texnologiya darajasi minimal texnologik o'lcham, ya'ni erishish mumkin bo'lgan eng kichik o'lcham bilan ifodalanadi, masalan, emitter kengligi, o'tkazgichlar kengligi, ular orasidagi masofa bilan xarakterlanadi.

IMSlar ishlab chiqarish texnologiyasini mukammallashtirish jarayonida minimal texnologik o'lcham Δ ning yillar bo'yicha o'zgarishi 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.2-jadval

Yil	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2015
Δ , nm	180	130	90	65	45	32	16

Xotira qurilmalarida elementlar joylashuv zichligi har ikki yilda ikki marta ortib borayotganini 1965 - yilda Gordon Mur bashorat qilgan edi. 1.2-jadval ushbuni tasdiqlaydi.

Funksional vazifasiga ko'ra ISlar *analog* va *raqamli*larga bo'linadi. Analog ISlarda signal uzluksiz funksiya sifatida o'zgaradi. Eng keng tarqalgan analog IS – operatsion kuchaytirgichdir. Raqamli ISlar diskret ko'rinishda berilgan signallarni o'zgartirishga va qayta ishlashga xizmat qiladi.

Bipolyar tranzistorlar asosidagi integral mikrosxemalarni tayyorlash

BTli IMSlar elementlari (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar, kondensatorlar) asosini n^+p-n tuzilma tashkil etadi.

IMS tayyorlash uchun *planar, planar-epitaksial texnologiyalar*-dan foydalaniladi. Planar texnologiyada elementlar $p-$ yoki $n-$ turli yarimo'tkazgich asosda hosil qilinadi. Planar-epitaksial texnologiyasida elementlar asos sirtiga o'stirilgan epitaksial qatlamda hosil qilinadi.

Texnologiya asosni (epitaksial qatlamni) navbatma – navbat donor va akseptor kiritmalar bilan legirlashga asoslanadi, Natijada, sirt tagida turli o'tkazuvchanlikka ega yupqa qatlamlar va qatlamlar chegarasida $p-n$ o'tishlar hosil bo'ladi. Alohida qatlamlar rezistorlar sifatida, $p-n$ o'tishlar esa diod va tranzistor tuzilmalari sifatida ishlatiladi. Kondensatorlar sifatida teskari siljirilgan $p-n$ o'tishlar xizmat qiladi.

Integral rezistorlar. Integral rezistorlar tranzistorlarning baza yoki emitter sohasini hosil qilish operatsiyasi bilan bir vaqtda tayyorlanadi. Rezistor qarshiligi berk holatdagi $p-n$ o'tish chegarasi bilan cheklangan qatlamning hajmiy qarshiligidan iborat bo'ladi.

Emitter soha asosida qarshiligi $3\div 100$ Om bo'lgan kichik qarshilikli rezistorlar hosil qilinadi, chunki emitter qatlamning solishtirma qarshiligi kichik bo'ladi.

Katta qarshilikli rezistorlar nisbatan katta solishtirma qarshilikka ega baza qatlamda tayyorlanadi. Bunday rezistorlarning maksimal qarshiligi $200\div 300$ kom bo'ladi.

Integral kondensatorlar. Integral kondensatorlar hosil qilish uchun ixtiyoriy $p-n$ o'tish: kollektor-asos, baza-kollektor, emitter-baza, yashirin n^+ - qatlam-izolyatsiyalovchi $p-$ soha ishlatilishi mumkin. Teskari siljirilgan $p-n$ o'tishning barer sig'imi berilayotgan kuchlanishga bog'liq bo'ladi. Ko'p hollarda kollektor o'tish sig'imi ishlatiladi.

Intergal diodlar. Integral diodlar integral tranzistor asosida hosil qilinadi. Tranzistorning istalgan $p-n$ o'tishi diod hosil qilish uchun ishlatilishi mumkin. Ko'p hollarda baza-emitter o'tishi, kollektor baza bilan tutashtirilgan holda ($U_{KB}=0$) yoki kollektor zanjiri uzilgan holda ($I_K=0$) baza-emitter o'tish ishlatiladi. Bunday diodlarning ochiq holatdan berk holatga o'tish vaqti eng kichik bo'ladi.

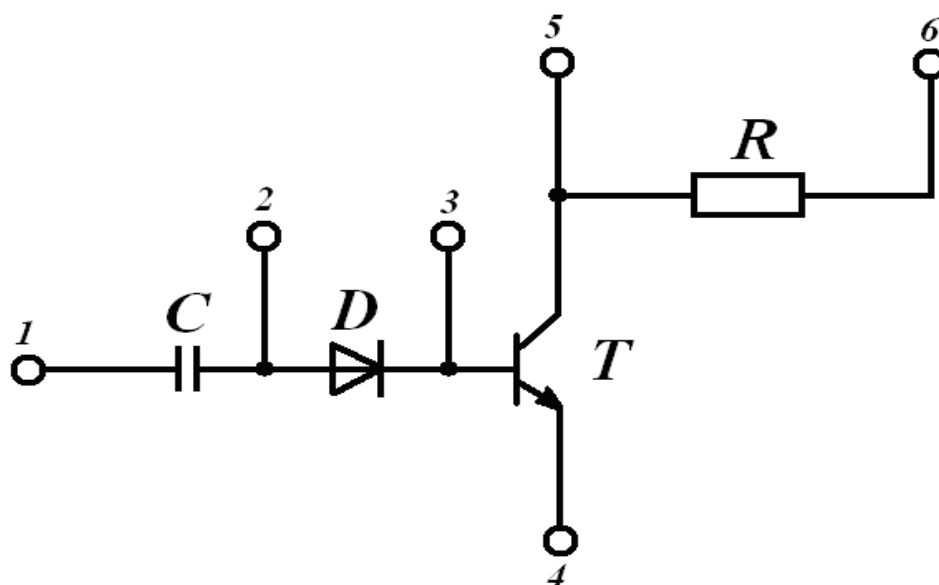
IMS tayyorlashda yarimo'tkazgich asosning bir tomoniga ishlov beriladi, hosil qilingan elementlarning chiqish elektrodlari plastina sirtida bitta tekislikda joylashadi. Shuning uchun «planar texnologiya» deb nom berilgan.

Yarimo'tkazgich IMSlarni tayyorlashda operatsiyalar ketma-ketligi mikrosxemada elementlarni elektr jihatdan izolyatsiyalash usullari bilan belgilanadi: **elementlarni teskari siljirilgan $p-n$ o'tishlar bilan izolyatsiyalash; dielektrik (SiO_2 qatlam) yordamida izolyatsiyalash.** Shu munosabat bilan yarimo'tkazgich IMSlar tayyorlashni ikkita asosiy jarayoni:

a) elementlarni $p-n$ o'tish bilan izolyatsiyalovchi planar – epitaksial texnologiya;

b) dielektrik qatlam SiO_2 yordamida izolyatsiyalovchi planar – epitaksial texnologiya (EPIC - texnologiya) mavjud.

Planar - epitaksial texnologiya. Planar - epitaksial texnologiya asosida to'rtta element (kondensator C , diod D , tranzistor T va rezistor R) dan tashkil topgan (1.28-rasm) sodda IMSni tayyorlashda texnologik operatsiyalar ketma - ketligini ko'rib chiqamiz.

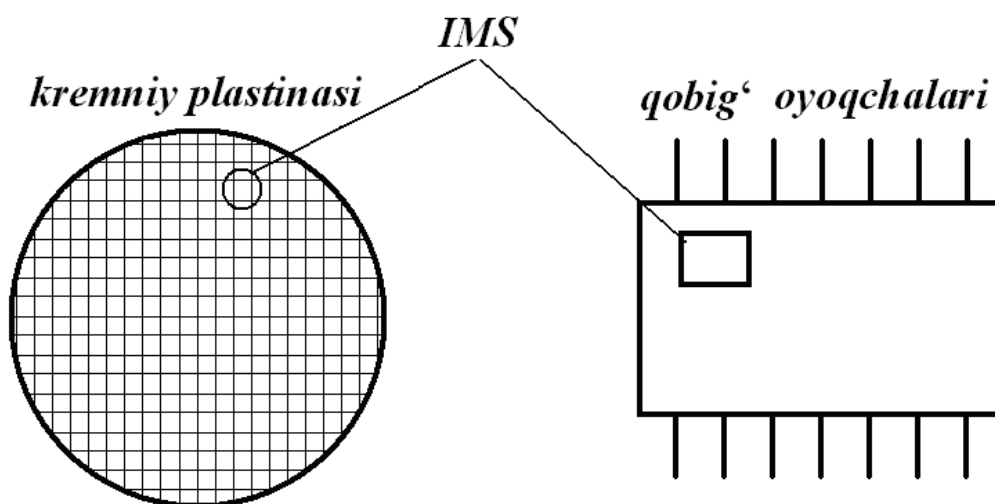


1.28-rasm. Ishlab chiqilayotgan IMSning prinsipial sxemasi.

IMS tayyorlash uchun p - o'tkazuvchanlikka ega, qalinligi $0,2\div 0,4\text{mm}$, bo'lgan kremniy asosdan foydalaniladi (1.29-rasm).

Bunday asosda elementlari soni mingtagacha yoki yuzlarcha bo'lgan o'rta va yuqori integratsiya darajali mikrosxemalar bir vaqtda hosil qilinadi (har bir kvadratda bir xil IMSlar joylashadi).

Asos sirtida termik oksidlash yo'li bilan qalinligi $0,5\div 1\text{ mkm}$ bo'lgan SiO_2 qatlam hosil qilinadi. Shundan so'ng birinchi fotolitografiya oksid qatlamda «darcha»lar ochish uchun o'tkaziladi. Darchalar orqali $1\div 2\text{ mkm}$ qalinlikka donor kiritmalar (surma yoki margumush) diffuziya qilinadi. Natijada, bo'lg'usi tranzistorlar kollektorlari ostida elektr tokini yaxshi o'tkazuvchi n^+ - soha hosil bo'ladi. Ushbu qatlam yashirin n^+ - qatlam (cho'ntak) deb ataladi. U kollektor qarshiligini kamaytiradi, Natijada, tranzistor tezkorligi ortadi, kollektor esa ikki qatlamli $n^+ - n$ bo'lib qoladi.



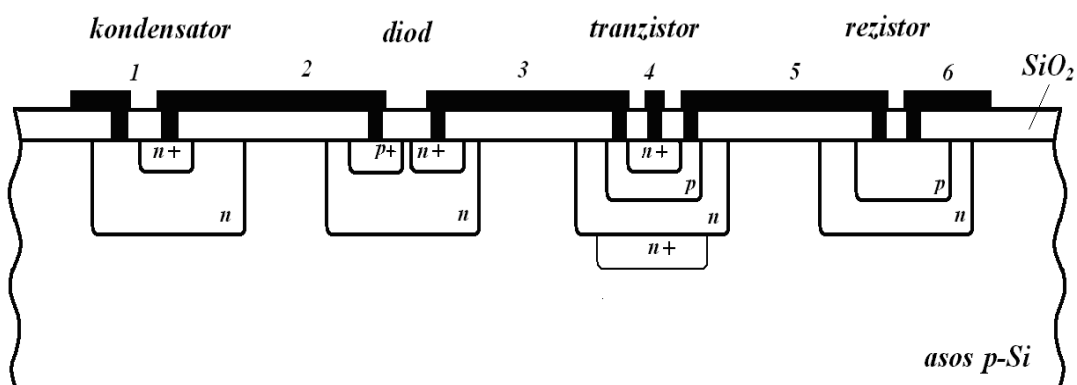
1.29-rasm. Asos va uning sirtida bir vaqtda tayyorlanadigan IMSlar tizimi.

Shundan keyin kremniy oksidi yemiriladi, asos sirtiga qalinligi $8\div 10\text{ mkm}$ ni tashkil etuvchi n - turli epitaksial qatlam o'stiriladi va epitaksial qatlam sirtida oksid qatlam hosil qilinadi. Ikkinchi fotolitografiya yordamida oksid qatlamda ajratuvchi difuziyani o'tkazish uchun «darcha»lar ochiladi. Aktseptor kiritmalarni (bor) «darcha»lar orqali qatlam oxirigacha diffuziya qilib to'rtta n - soha (sxemadagi elementlar soniga mos) hosil qilinadi. Bu n - sohalarda bir-biridan $p-n$ o'tishlar yordamida izolyatsiyalangan bo'ladi. Ushbu sohalarning biri tranzistorning kollektori bo'lib xizmat qiladi. Tranzistorning bazasi,

kondensator, diod va rezistor hosil qilish uchun bir-biridan izolyatsiyalangan n -sohalarga aktseptor kiritmalar diffuziyasi amalga oshiriladi. Buning uchun avval hosil qilingan oksid qatlamda uchinchi fotolitografiya yordamida shunday o'lchamli «darcha»lar hosil qilinadiki, bunda hosil qilingan elementlar parametrlari talab etilgan nominallarni qanoatlantirsin.

Keyin tranzistor emitteri, diod katodi, kondensator qoplamasi, kollektor sohaning omik kontaktini hosil qiluvchi n^+ -turli emitter sohalari hosil qilinadi. Buning uchun yangidan hosil qilingan oksid qatlamida to'rtinchi fotolitografiya yordamida zarur ko'rinishdagi «darcha»lar ochib, ular orqali n^+ -turli kiritma hosil qiluvchi atomlar diffuziyasi amalga oshiriladi. IMS tuzilmasi hosil qilinuvchi texnologik jarayon elementlarga omik kontaktlar olish va elementlarni o'zaro ulash bilan yakunlanadi. Bu SiO_2 qatlamda beshinchi fotolitografiyani amalga oshirish, alyuminiyni vakuumda purkash, alyuminiyni ishlatilmaydigan sohalardan olib tashlash va termik ishlov berish bilan amalga oshiriladi.

1.28-rasmda keltirilgan sxemaga mos IMS tuzilmasi 1.30-rasmda ko'rsatilgan.



1.30-rasm. IMS tuzilishi sxemasi.

MDYA – tranzistorlar asosidagi IMSlarni tayyorlash

Diskret MDYA – tranzistorlarning VI bobda keltirilgan tuzilish sxemalari va parametrlari integral texnologiya uchun ham qo'llanilishi mumkin. Bunda MDYA – tranzistorlar asosida IMSlar tayyorlash texnologiyasi BTlar asosida IMSlar tayyorlash texnologiyasiga qaraganda ancha sodda bo'lib, u ikkita omil bilan bog'liq:

1). Kanallari bir xil o'tkazuvchanlikka ega integral MDYA–tranzistorlar uchun tuzilmalarni izolyatsiyalash operatsiyasi talab etilmaydi. Asos hamma vaqt istok va stokga nisbatan teskari

o‘tkazuvchanlikka ega bo‘ladi. Shuning uchun istok-asos va stok-asos $p-n$ o‘tishlarning biri kuchlanishning ixtiyoriy qutbida stok orasida teskari ulanadi va izolyatsiyani ta’minlaydi.

2) Barcha tayyorlash jarayoni faqat MDYA – tuzilmani hosil qilishga olib kelinadi, chunki u nafaqat tranzistorlar sifatida, balki rezistorlar va kondensatorlar sifatida ham ishlatiladi.

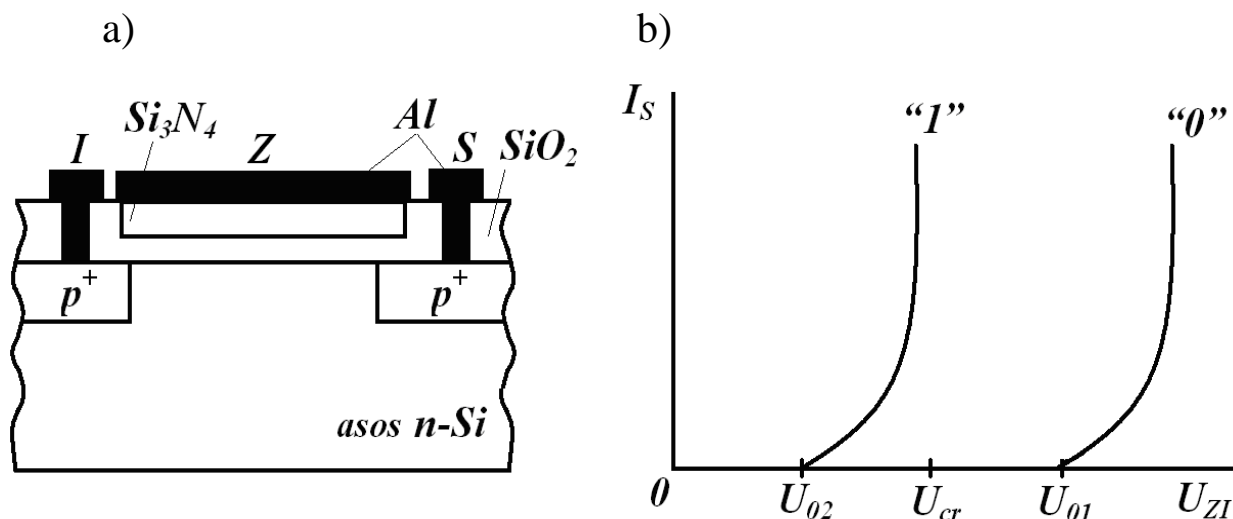
Shunday bo‘lishiga qaramasdan, kristalda yonma – yon joylashgan va turli o‘tkazuvchanlikli kanallarga ega komplementar MDYA – tranzistorlarda (KMDYA) izolyatsiya talab etiladi. Izolyatsiyalash uchun tranzistorlardan birini izolyatsiyalovchi cho‘ntakchaga joylashtirish kerak bo‘ladi. Masalan, agar asos sifatida p – kremniy ishlatilsa, p – kanalli tranzistor uchun avval n – turli cho‘ntakcha tayyorlanishi kerak.

MDYA – tranzistorlar asosidagi IMSlar planar texnologiya asosida yaratiladi. Bu texnologiyada kremniy sirtida oksidlash, fotolitografiya va ochilgan “darcha”larga kiritmalar diffuziyasini amalga oshirish ilgaridek bajariladi.

MDYA – tranzistorli IMSlar yaratishda zatvor ostidagi dielektrik qatlamni hosil qilish eng murakkab jarayon bo‘lgani uchun unga alohida talablar qo‘yiladi. Xarakteristika tikligini oshirish uchun (6.18)ga muvofiq zatvor osti dielektrikning qalinligi kamaytirilishi kerak. Oxirgi 40 yil ichida dielektrik material sifatida asosan kremniy ikki oksidi (SiO_2) qo‘llanilib keldi, zatvor esa kremniydan tayyorlandi. Mikrosxemalarning har bir yangi avlodiga o‘tish bilan izolyatsiyalovchi qatlam qalinligi kichrayib bordi. Lekin, SiO_2 qatlam yupqalanishi bilan sizilish toklari oshadi, ortiqcha issiqlik ajralishlar paydo bo‘ladi va tranzistor holatini boshqarish og‘irlashadi.

Bugungi kunda Intel korporatsiyasi tomonidan ishlab chiqarilayotgan tranzistorlarda zatvor osti dielektrigining qalinligi (SiO_2) 1,2 nm ni, yoki besh atom qatlamni tashkil etmoqda. 2007 yildan buyon 45 nmli ishlab chiqarish texnologiyasiga o‘tildi. Bu texnologiyada kichik sizilish tokli tranzistorlar zatvorlarini hosil qilishda dielektrik sifatida yuqori dielektrik singdiruvchanlikka ega bo‘lgan gafniy tuzlari asosidagi **high** – **k** material ishlatilmoqda. Natijada, qalinroq dielektrik ishlatish va sizilish tokini o‘n martadan ko‘proq kamaytirish imkoni tug‘ildi. Lekin, yangi material kremniyli zatvor bilan «“chiqishmadi”». Shunda zatvor sifatida materiallarning yangi turini ishlatish taklif etildi, Natijada, ular asosidagi tranzistorlar ulanishi va uzilishi uchun 30% kam energiya sarflanishiga erishildi. Yangi texnologiya bir xil yuzada joylashadigan tranzistorlar sonini ikki marta oshirish imkonini berdi.

MDYA – tranzistorlar ichida metall - nitrid kremniy - dielektrik - yarimo‘tkazgich (MNDYA) tranzistorlar (1.31-a rasm) alohida o‘rin tutadi Bunday tranzistorlar xotira elementi rolini bajaradi va qayta dasturlanuvchi xotira qurilmalar asosini tashkil etadi.



1.31-rasm. MNDYA – tranzistor tuzilmasi (a) va stok-zatvor VAXi (b).

Ushbu tranzistor dielektrigi ikki qatlamdan: qalinligi 2÷5 nmni tashkil etuvchi SiO₂ va kremniy oksidi ustiga purkalgan 0,05÷0,1 mkm qalinlikdagi Si₃N₄ kremniy nitrididan tashkil topadi.

Mantiqiy 1 ni hosil qilish uchun zatvorga qisqa (100 mks) musbat impuls beriladi, bunda elektronlar asosdan yupqa SiO₂ orqali tunnel o‘tib ikki qatlam chegarasida to‘planadi, chunki qalin Si₃N₄ qatlam elektronlarni o‘tkazmaydi. To‘plangan zaryad mantiqiy 1 ni yozishda berilgan impuls o‘chirilgandan so‘ng ham saqlanib qoladi. Bo‘sa‘aviy kuchlanish U₀₁ qiymati U₀₂ gacha qiymatli impuls berilgandan so‘ng kamayadi (1.31-b rasm).

Axborotni o‘qish uchun tranzistor zatvoriga U_{cr} kuchlanish beriladi. Uning absolut qiymati U₀₁ va U₀₂ orasida bo‘lish kerak. Agar mantiqiy 1 yozilgan bo‘lsa, tranzistor ochiq, agar mantiqiy 0 bo‘lsa, berkligicha qoladi.

1.6. Raqamli mantiqiy qurilmalarning tasniflanishi

Fan, texnika va ishlab chiqarishning axborotlarni qayta ishlash va o‘zgartirish uchun xizmat qiluvchi elektron qurilmalarni ishlab chiqish hamda tatbiq etish bilan shug‘ullanuvchi sohasi **elektronika** deb ataladi.

Elektron qurilmalarni tasniflashda axborotlarni to‘plash, uzatish va qabul qilish usuli eng muhim belgilardan hisoblanadi. Elektron qurilmalar (EQ) *analog* va *diskret (raqamli)* qurilmalarga ajratiladi.

Analog sxemotexnika uzluksiz o‘zgaruvchi elektr signallarni uzatish, qayta ishlash, qabul qilish uchun xizmat qiluvchi EQLarni ishlab chiqish va o‘rganish bilan shug‘ullanadi. Bu, analog EQ (AEQ)larda signal qiymati minimaldan maksimalgacha o‘zgarganda, uni qayd qilish va uzatish uzluksiz amalga oshirilishini anglatadi.

AEQLarning asosiy afzalligi nisbatan tezkor ishlashidan va soddaligidan iborat. Kamchiliklari sifatida temperatura va boshqa omillar ta’sirida parametrlari nobarqarorligini va xalaqitbardoshligining kichikligini; axborotni uzoq vaqt saqlash qiyinligini aytib o‘tish kerak.

Analog qurilmalar asosini sodda kuchaytirgich kaskadlar tashkil etadi. Ular asosida murakkabroq kuchaytirgichlar, tok va kuchlanish stabilizatorlari, chastota o‘zgartgichlar, sinusoidal tebranishlar generatorlari va boshqa qator sxemalar yaratiladi.

Raqamli sxemotexnika qiymati bo‘yicha kvantlangan elektr signallarni uzatish, qayta ishlash va qabul qilishga mo‘ljallangan diskret EQ (DEQ)larni ishlab chiqish bilan shug‘ullanadi. *Kvantlash* deb uzluksiz signalni uning alohida nuqtalardagi qiymatlari bilan almashtirish jarayoniga aytiladi. Natijada, DEQLar signallarning bir-biridan keskin farqlanuvchi ikkita sath bilan ish ko‘radi.

DEQLarning afzalliklari: qurilmada sochiluvchi quvvat kichikligi, elementlar parametrlari nobarqarorlikka nisbatan sust bog‘langanligi, xalaqitbardoshligining yuqoriligi, axborot saqlash, uzatish va qayta ishlash kanallarida bir turdagi elementlar qo‘llanishi, o‘z navbatida, yuqori ishonchlilik, kichik o‘lchamlilik va arzonlikni ta’minlaydi.

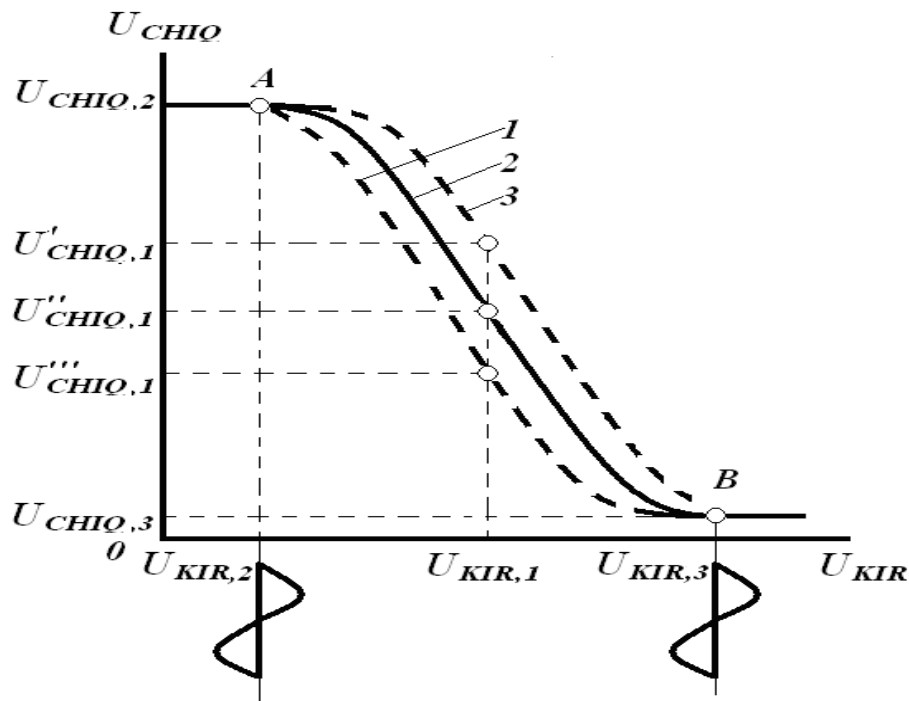
Raqamli qurilmalar asosini ikkita Turg‘un (ochiq va berk) holatda ishlashi mumkin bo‘lgan tranzistorli elektron kalitlar tashkil etadi. Sodda kalitlar asosida murakkabroq sxemalar: mantiqiy, bistabil, triggerli va boshqalar yaratiladi.

Raqamli va analog qurilmalar xususiyatlarini, chiqish kattaligining kirish kattaligiga bog‘liqligini ifodalovchi, *uzatish xarakteristikalar*dan o‘rganish qulay. Aniqlik uchun bunday kattalik kuchlanishdan iborat deb qabul qilingan.

Analog va raqamli sxemalar inverslaydigan yoki inverslamaydigan bo‘lishi mumkin. *Inverslaydigan* sxemalarda kirish kuchlanishining kichik qiymatlariga katta chiqish kuchlanishlari to‘g‘ri keladi,

*inverslamaydigan*larda esa, kichik kirish kuchlanishlariga kichik chiqish kuchlanishlar to‘g‘ri keladi.

Inverslaydigan sxemalarning an’anaviy uzatish xarakteristikasi 1.32-rasmda ko‘rsatilgan. Elektron sxema elementlari parametrlarining tarqoqligi, temperaturaga bog‘liqligi yoki eskirishi hisobiga uzatish xarakteristika deformatsiyalanadi va u uch xil ko‘rinishdan biriga ega bo‘ladi (1.32-rasmdagi 1,2,3-egri chiziqlar).



1.32-rasm. Inverslaydigan sxemaning uzatish xarakteristikasi.

Kuchaytirgich kaskadlarda uzatish xarakteristikasining A va B nuqtalari orasidagi uzluksiz kvazichiziqli ishchi sohasi ishlatiladi. Kirish va chiqish signallari ko‘rsatilgan soha chegarasida ixtiyoriy qiymatlarni qabul qilishi mumkin. Kirish signalining ma’lum bir qiymatida, masalan, $U_{KIR,1}$ deformatsiya hisobiga chiqish signali uch xil qiymatga ega bo‘lishi mumkin: $U'_{CHIQ,1}$, $U''_{CHIQ,1}$ yoki $U'''_{CHIQ,1}$. Demak, kuchaytirgich kaskadi, ya’ni analog sxemalar ham, parametrlar tarqoqligiga, ularning temperatura ta’sirida o‘zgarishiga va vaqt hisobiga eskirishi natijasida shovqinlarga va xalaqitlarga sezgir. **Shovqinlar** deb elektron asboblarda tok va kuchlanishning tasodifiy o‘zgarishlari tushuniladi. Shovqinlar barcha REAlarga xos va ularni butunlay yo‘qotib bo‘lmaydi. Shovqinlar tebranishlarning amplituda va chastota fluktuatsiyalariga sabab bo‘ladi (tasodifiy o‘zgarishlar), axborot

uzatishda xatoliklarga olib keladi va elektron asbobning sezgirligini belgilaydi. Tashqi *xalaqitlar* (kuchlanish manbai pulsatsiyalari va elektromagnit maydon) ham shunday natijaga olib keladi.

Tranzistorli elektron kalitlarda kirish va chiqish signallari (kuchlanish) faqat ikkita qiymatga ega bo'ladi: yoki U_{KIR2} va U_{CHIQ2} , yoki U_{KIR3} va U_{CHIQ3} . Uzatish xarakteristikasining A va B nuqtalar orasidagi turli ko'rinishlarida chiqish signallari amalda o'zgarmas qoladi. Demak, kalitlar va ular asosidagi raqamli sxemalar parametrlar tarqoqligiga, ularning temperatura ta'sirida o'zgarishiga va eskirishiga, shuningdek, shovqin va xalaqitlarga sezgir emas. Shovqin yoki xalaqitlar 1.32-rasmda U_{KIR2} va U_{KIR3} nuqtalar atrofida sinusoidal orttirmalar ko'rinishida ko'rsatilgan.

Shuning uchun zamonaviy elektronika – integral mikroelektronika bo'lib, unda raqamli integral elektron tizimlarga hal qiluvchi o'rin berilgan.

Shunday bo'lishiga qaramasdan raqamli elektron tizimlar analog tizimlar o'rnini butunlay egallay olmaydi, chunki tabiatda kechadigan jarayonlar (birlamchi axborot) uzluksiz qonuniyat bo'yicha sodir bo'ladi va insonning axborot qabul qiluvchi, reseptor apparati analog o'zgartgich kabi ishlaydi. Demak, signallarni o'zgartirishning boshlig'ich va oxirgi bosqichlari analog bo'lmasligining iloji yo'q. Ushbu axborotga ishlov berishni raqamli ko'rinishda olib borish ma'qulroq. Natijada, axborotga ishlov berishda raqamli usullardan foydalanuvchi har qanday tizim analog va raqamli signallarni o'zaro o'zgartuvchi tizimlarga ega bo'lishi shart. Ular *analog-raqamli (ARO)* va *raqamli-analog o'zgartgichlar (RAO)* deb ataladi. Nihoyat, shunday masalalar borki, ularda qurilmaning tezkorligi va uni amalga oshirishning soddaligi hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi, signallarni o'zgartirishda yuqori aniqlik ham talab etilmaydi. Bunday hollarda analog qurilmalarsiz masalani hal etib bo'lmaydi.

Elektronikaning elektron asboblari VAXlari xususiyatlarini e'tiborga olgan holda axborotga ishlov berish usullarini ishlab chiquvchi bo'limi *sxemotexnika* deb ataladi.

Mikrosxemotexnika deb elektronikaning IMSlarda va ular asosidagi REAlarda ishlatiladigan elektr va tuzilma sxemalarini ishlab chiqish, tadqiq etishlar bilan shug'ullanadigan bo'limiga aytiladi.

Zamonaviy IMSlar murakkab elektron qurilmadir, shuning uchun ularni sxemotexnik ifodalashning ikki usuli mavjud:

– *elektr sxema* ko‘rinishida ifodalanish bo‘lib, u o‘zaro ulangan alohida komponentalar (tranzistorlar, diodlar, rezistorlar va boshqalar) dan tashkil topadi.

– *tizim sxema* ko‘rinishida ifodalanish bo‘lib, u AISlarda analog kaskadlarni ulanishidan yoki RISlarda alohida mantiq elementlar va triggerlarning ulanishidan iborat. Ushbu kaskadlar va elementlar analog (kuchaytirish, filtrlash va boshqa) yoki elementar mantiqiy (HAM-EMAS, YOKI-EMAS va boshqa) operatsiyalarni bajaradi. Bu operatsiyalar yordamida har qanday analog, analog - raqamli va raqamli funksiyalarni amalga oshirish mumkin.

Diskret sxemotexnikaga elektr sxemalar uchun sxemotexnik yechimlar soddaligi va qimmat aktiv elementlarni minimal ishlatish, ajratuvchi kondensator, transformator va boshqalardan keng foydalanish xosdir.

Integral sxemotexnikada barcha elementlar yagona kristallda shakllantirilgani sababli, ularning qiymati elementlar narxi bilan emas, balki kristall narxi bilan belgilanadi. Shuning uchun kristallda iloji boricha ko‘proq elementlarni joylashtirish maqsadga muvofiq. Kristalldagi aktiv elementlar – tranzistorlar, diodlar minimal yuzaga, passiv elementlar esa, maksimal yuzaga ega. Shuning uchun ISlarda rezistorlar soni minimal bo‘lishiga intilinadi, katta yuzani egallovchi kondensatorlar qo‘llanilmay, ularni o‘rniga kaskadlarni muvofiqlashtiruvchi kaskadlardan foydalaniladi.

ISlarning boshqa xususiyati murakkab elementlarning bir-biriga juda yaqin (< 10 mkm) joylashganligi sababli, ularning parametrlari ham bir-biridan deyarli farq qilmaydi (egizaklik prinsipi). Elementlar eskirganda, kuchlanish manbai va temperatura o‘zgarganda ularning parametrlari ham bir xilda o‘zgarib, parametrlar korrelatsiyasi saqlanadi. ISlarning ushbu xususiyati, diskret tranzistorli tuzilmalarda amalga oshirib bo‘lmaydigan, yuqori aniqlikdagi differensial kaskadlar, barqaror tok va kuchlanish generatorlarini yaratish imkonini berdi.

1.7. Sanoq tizimlari

Sanoq tizimlari *pozitsion* va *nopozitsion* turlarga bo‘linadi. Nopozitsion tizimlarda raqamning aniq qiymati o‘zgarmas bo‘lib, sonni yozishda uning o‘rni ahamiyatga ega emas. Bunday sanoq tizimiga Rum sanoq tizimi misol bo‘la oladi. Masalan, XXVII sonini yozishda X ning

oʻrni ahamiyatga ega emas. Bu son qayerda turishidan qatʻi nazar 10 ga teng.

Pozitsion sanoq tizimda raqamning aniq qiymati, sonni yozishdagi oʻrniga bogʻliq boʻladi. Raqamli texnikada faqat pozitsion sanoq tizimlari qoʻllaniladi.

Ixtiyoriy son Q ni q asosga ega ixtiyoriy sanoq tizimida quyidagi polinom yordamida ifodalash mumkin:

$$X_q = x_{n-1}q^{n-1} + x_{n-2}q^{n-2} + \dots + x_0q^0 + x_{-1}q^{-1} + \dots + x_{-m}q^{-m} ; \quad (1.1)$$

bu yerda, x_i – razryad koeffitsiyenti ($x_i=0\dots q-1$);

q_i – vazn koeffitsiyenti.

q soni ham butun, ham kasr son boʻlishi mumkin. Raqamning pozitsiya tartibi x_i razryad deb ataladi. q ning musbat darajaga ega boʻlgan razryadi x_q sonning butun qismini, manfiy darajaga ega boʻlgan qismi esa, kasr qismini hosil qiladi. x_{n-1} va x_{-m} raqamlar mos ravishda sonning katta va kichik razryadlari hisoblanadilar. Ikkilik sanogʻida $q=2$, oʻnlik sanogʻida $m=10$. Sanoq asosi qancha katta boʻlsa, mazkur sonni ifodalashda shuncha kam miqdorda razryad talab qilinadi, demak, uni uzatish uchun kam vaqt sarflanadi.

Boshqa tomondan, q asosga ega boʻlgan sonni elektr signallar yordamida ifodalash uchun, chiqishida turli q elektr signallar shakllantiruvchi elektr qurilma talab qilinadi. Demak, q qancha katta boʻlsa, elektron qurilma shuncha koʻp Turgʻun diskret holatlarga ega boʻlishi kerak. q ortishi bilan chiqish signalining diskret sathlari orasidagi farq kamayib boradi. Demak, tashqi taʼsirlar natijasida xatoliklar yuzaga kelish ehtimoli ortadi va qurilma murakkablashib ketadi.

Maʼlumki, uchlik tizim ($q=3$) eng samarali, ikkilik ($q=2$) va toʻrtlik ($q=4$) tizimlar esa undan quyi hisoblanadi. Yetarli xalaqit-bardoshlikni taʼminlashda q ni tanlash mezonini boʻlib, apparat xarajatlarini minimallashtirish hisoblanadi. Bu munosabatda ikkilik tizimi tanlangan, chunki elektron qurilmalar faqat ikkita Turgʻun holatga ega boʻlishi kerak. U holda,, bu tizimda signallarni ajratish uchun faqat: impuls bormi yoki yoʻqmi? degan savolga javob berish kifoya boʻladi. Masalan, oʻnlik son $X=29$ ikkilik tizimda quyidagi koʻrinishda:

$$29 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

simvol koʻrinishida esa, 11101 raqamlar ketma-ketligi bilan ifodalanadi.

Shunday qilib, ikkilik sanoq tizimida ixtiyoriy sonni 0 yoki 1 raqamlari yordamida yozish mumkin ekan. Bu sonlarni raqamli tizimda ifodalash uchun elektr kattalik (potensial yoki tok) jihatidan bir-biridan aniq farqlanuvchi, ikkita holatni egallashi mumkin bo'lgan qurilmaga ega bo'lish yetarli hisoblanadi. Bu kattaliklardan biriga 0 raqami, ikkinchisiga esa 1 raqami beriladi.

Hisoblash texnika qurilmalari bilan ishlashda 2, 8, 10, 16 asoslarga ega bo'lgan pozitsion sanoq tizimlari bilan to'qnash kelinadi. Raqamlarni bir sanoq tizimidan ikkinchisiga o'tkazish uchun quyidagi qoidalar mavjud:

1 - qoida. Kichik asosga ega bo'lgan sanoq tizimidan katta asosga ega bo'lgan sanoq tizimiga o'tishda (1.1) ifodadan foydalaniladi.

Misol: $X_2=1011_2$ ikkilik sonini X_{10} o'nlik soniga o'zgartiring.

Yechimi. (3.1) ga asosan $q=2$ uchun

$$X_{10} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11$$

ga ega bo'lamiz.

2 - qoida. Kichik asosga ega bo'lgan sanoq tizimidan katta asosga ega bo'lgan sanoq tizimiga o'tish quyidagicha amalga oshiriladi:

A) birlamchi signalning butun qismi yangi sanoq tizimi asosiga bo'linadi;

B) birlamchi signalning kasr qismi yangi sanoq tizimi asosiga ko'paytiriladi.

Misol: 25,12 o'nlik sonini ikkilik sanoq tizimiga o'zgartiring.

Yechimi.

1. Butun qismni o'zgartiramiz:

$$25:2 = 12 + 1 (X_0 = 1)$$

$$12:2 = 6 + 0 (X_1 = 0)$$

$$6:2 = 3 + 0 (X_2 = 0)$$

$$3:2 = 1 + 1 (X_3 = 1)$$

$$1:2 = 0 + 1 (X_4 = 1)$$

X_2 ikkilik sonining butun qismi bo'linishining so'nggi natijasidan yoziladi, ya'ni $25_{10}=11001_2$ ko'rinishida bo'ladi.

2. Kasr qismini o'zgartiramiz:

$$0,12 \cdot 2 = 0 + 0,24 (X_{-1} = 0)$$

$$0,24 \cdot 2 = 0 + 0,48 (X_{-2} = 0)$$

$$0,48 \cdot 2 = 0 + 0,96 (X_{-3} = 0)$$

$$0,96 \cdot 2 = 1 + 0,92 (X_{-4} = 1)$$

$$0,92 \cdot 2 = 1 + 0,84 (X_{-5} = 1).$$

Aniqligi yuqori darajada bo‘lgan natija olish uchun bu jarayonlar k – marta takrorlanadi. 5 ta qiymatgacha aniqlikda bo‘lgan ikkilik sonini kasr qismini yozish uchun ko‘paytirishning birinchi natijasidan olinadi, ya’ni $0,12_{10}=0,0001_2$ ko‘rinishida bo‘ladi.

3. So‘nggi natija $25,12_{10} \approx 11001,0001_2$ ko‘rinishida bo‘ladi.

Eslatma. Ikkilik sanoq tizimidan sakkizlik yoki o‘n oltilik sanoq tizimiga o‘tish ancha sodda usulda amalga oshirilishi mumkin. $8=2^3$, $16=2^4$ bo‘lgani sababli, sakkizlik sanog‘ida yozilgan sonning bir razryadini – uchta razryad, o‘n oltilik sanog‘ida yozilgan bir razryadini - to‘rtta razryad ko‘rinishida va aksincha ifodalash mumkin.

Misol: $X_2=101001_2$ ni X_8 ga o‘zgartiring.

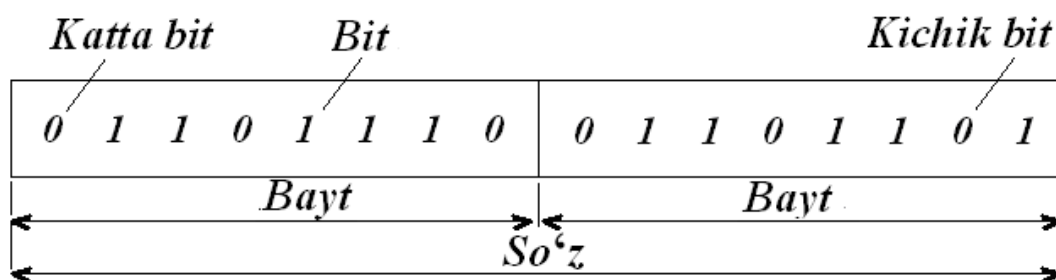
Yechimi. 1.1-javdalga mos ravishda $101_2 = 5_8$ va $001_2 = 1_8$ ga teng, shu sababli $X_8 = 51_8$ bo‘ladi.

Misol: $X_2=10100110_2$ ni X_{16} ga o‘zgartiring.

Yechimi. 1.3-javdalga mos ravishda $1010_2 = A_{16}$ va $0110_2 = 6_{16}$ ga teng, shu sababli $x_{16} = A6_{16}$ bo‘ladi.

Raqamli texnikada bit, bayt, so‘z kabi terminlar keng qo‘llaniladi.

Ikkilik razryadni odatda, **bit** deb atashadi. Shunday qilib, 1001 soni 4 bitli ikkilik soni, 101110011 soni esa, 9 bitli ikkilik soni hisoblanadi. Sonning chap chekkasidagi bit katta ryazryad (u katta vaznga ega), o‘ng chekkadagi bit kichik razryad (u kichik vaznga ega) hisoblanadi. 16 bitdan iborat bo‘lgan ikkilik soni 1.33-rasmda keltirilgan.



1.33-rasm. Bit, bayt, so‘z.

Hisoblash va axborot texnikasi evolutsiyasi qurilmalar o‘rtasida axborot almashinish uchun 8 bitli kattalikni paydo qildi. Bunday 8 bitli kattalik **bayt** deb ataladi. Kompyuter va boshqaruv diskret tizimlarning yangi turlari axborotlarni 8, 16 yoki 32 bitlar yordamida (1, 2 va 4 bayt) so‘zlar bilan bo‘laklab qayta ishlamoqda.

Turli sanoq tizimlaridagi sonlarning natural qatori

O'nlik	O'n oltilik	Sakkizlik	Ikkilik
0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	10
3	3	3	11
4	4	4	100
5	5	5	101
6	6	6	110
7	7	7	111
8	8	10	1000
9	9	11	1001
10	A	12	1010
11	V	13	1011
12	S	14	1100
13	D	15	1101
14	E	16	1110
15	F	17	1111
16	10	20	10000
17	11	21	10001
18	12	22	10010
19	13	23	10011
20	14	24	10100
21	15	25	10101

Nazorat savollari

1. Rezistorlarning ta'fini aytib bering va ularning odatda,gi tuzilishlarini tushuntiring.
2. Rezistorlar qanday asosiy hususiyatlar va parametrlar bilan xarakterlanadi ?
3. Integral mikrosxemalarni rezistorlarini tayyorlashda material va texnologiya qanday tanlanadi ?
4. Kondensatorlar qanday tasniflanadi va ularning qanday o'ziga xos konstruksiyalarini bilasiz ?
5. Kondensatorlar qanday asosiy parametrlar bilan xarakterlanadi?

6. *Integral mikrosxemalarning kondensatorlarini tayyorlash uchun qanday materiallar ishlatiladi ?*
7. *IMS karkas g'altaklarining qo'llanilishini nimalar cheklaydi va ularda qanday g'altaklar ishlatiladi ?*
8. *SMD – komponentalarning afzalliklari.*
9. *TAB – texnologiyasi haqida ma'lumot bering.*
10. *BGA – texnologiyasi haqida ma'lumot bering.*
11. *CSP – texnologiyasi haqida ma'lumot bering.*
12. *LTCC – texnologiyasi haqida ma'lumot bering.*
13. *Diodlarning qanday turlarini bilasiz ? Ularning shartli belgilanishini chizing.*
14. *Diod yordamida to'g'rilash effekti nimadan iborat ?*
15. *Stabilitronlarda elektr teshilishning qaysi turi ishlatiladi ?*
16. *Bipolyar tranzistor (BT) nima ?*
17. *BTning ishlash printsipini tushuntiring.*
18. *BTning qanday ulanish sxemalarini bilasiz ?*
19. *BT asosiy ish rejimlarini ayting.*
20. *BTning barqaror ishlash sohasini kengaytirish usullari.*
21. *MT deb nimaga aytiladi va nima uchun uni unipolyar tranzistor deb ham atashadi ?*
22. *MTlarning turlarini keltiring.*
23. *p-n o'tish bilan boshqariluvchi MT ishlash printsipini tushuntiring.*
24. *MTlarning ulanish sxemalarini aytib bering.*
25. *MT qanday ish rejimlarda ishlashi mumkin ?*
26. *Kanali qurilgan MDYA – tranzistorning ishlash printsipi nimadan iborat ?*
27. *Kanali induktsiyalangan MDYA – tranzistorning ishlash printsipi nimadan iborat ?*
28. *Integral mikrosxema (IMS) nima ?*
29. *IMSlarning asosiy xususiyatlari nimada ?*
30. *IMS elementi va komponenti deb nimaga aytiladi ?*
31. *Pardali, gibrid va yarimo'tkazgich IMSlar farqini tushuntiring.*
32. *Analog va raqamli IMSlarda qanday signallar o'zgartiriladi ?*
33. *IMSlar sinflanishini aytib bering.*
34. *Mikroelektronika rivojining uchta asosiy yo'nalishini aytib bering va ular orasidagi bog'lanishni ko'rsating.*

II BOB

MANTIQUIY INTEGRAL SXEMALARNING NEGIZ ELEMENTLARI

2.1. Mantiqiy konstantalar va o'zgaruvchilar. Bul algebrasi operatsiyalari

Raqamli texnikada ikkita holatga ega bo'lgan, nol va bir yoki «rost» va «yolg'on» so'zlari bilan ifodalanadigan sxemalar qo'llaniladi. Biror sonlarni qayta ishlash yoki eslab qolish talab qilinsa, ular bir va nollarning ma'lum kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalanadi. U holda, 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 mantiq bilan ishlaydi. Bu shart «uchinchisi bo'lishi mumkin emas» qonuni deb ataladi. Bu 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, u holda, 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. Har bir o'zgaruvchilar majmui uchun y 0 yoki 1 qiymat olishi mumkin. Shuning uchun n ta o'zgaruvchini 2^{2^n} ta turli mantiqiy funksiyalarga o'zgartirish mumkin, masalan, $n=2$ bo'lsa 16, $n=3$ bo'lsa 256, $n=4$ bo'lsa 65536 funksiya.

n o'zgaruvchining ruxsat etilgan barcha mantiqiy funksiyalarini uchta asosiy amal yordamida hosil qilish mumkin:

– **mantiqiy inkor** (inversiya, EMAS amali), mos o'zgaruvchi ustiga «-» belgi qo'yish bilan amalga oshiriladi;

– **mantiqiy qo'shish** (dizyunksiya, YOKI amali), «+» belgi qo'yish bilan amalga oshiriladi;

– *mantiqiy ko‘paytirish* (konyunksiya, HAM amali), « \cdot » belgi qo‘yish bilan amalga oshiriladi.

Ifodalar ekvivalentligini ifodalash uchun « \Rightarrow » belgisi qo‘yiladi.

Mantiqiy funksiyalar va amallar turli ifodalanish shakllariga ega bo‘lishlari mumkin: algebraik, jadval, so‘z bilan va shartli grafik (sxemalarda). Mantiqiy funksiyalarni berish uchun mumkin bo‘lgan argumentlar majmuidan talab qilinayotgan mantiqiy funksiya qiymatini berish yetarli. Funksiya qiymatlarini ifodalovchi jadval *haqiqiylik jadvali* deb ataladi.

2.1, 2.2 va 2.3-jadvallarda ikkita o‘zgaruvchi x_1, x_2 uchun mantiqiy amallarning algebraik va jadval ifodasi keltirilgan.

2.1-jadval

Inversiya amali haqiqiylik jadvali

x	$y = \bar{x}$
0	1
1	0

2.2-jadval

Dizyunksiya amali haqiqiylik jadvali

x_1	x_2	$y = x_1 + x_2$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

2.3-jadval

Konyunksiya amali haqiqiylik jadvali

x_1	x_2	$y = x_1 \cdot x_2$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Mantiqiy amallarni ko‘rib chiqish uchun 2.4-jadvalda keltirilgan aksioma va qonunlar qatoridan foydalanamiz.

Mantiq algebrasining asosiy aksioma va qonunlari

Aksiomalar	$0+x=x$ $0 \cdot x=0$	(2.1)
	$1+x=x$ $1 \cdot x=x$	(2.2)
	$x+x=x$ $x \cdot x=x$	(2.3)
	$x+\bar{x}=1$ $x \cdot \bar{x}=0$	(2.4)
	$\overline{\overline{x}} = x$	(2.5)
Kommutativlik qonunlari	$x_1 + x_2 = x_2 + x_1$ $x_1 \cdot x_2 = x_2 \cdot x_1$	(2.6)
Assotsiativlik qonunlari	$x_1 + x_2 + x_3 = x_1 + (x_2 + x_3)$ $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 = x_1 \cdot (x_2 \cdot x_3)$	(2.7)
Distributlik qonunlari	$x_1 \cdot (x_2 + x_3) = (x_1 \cdot x_2) + (x_1 \cdot x_3)$ $x_1 + (x_2 \cdot x_3) = (x_1 + x_2) \cdot (x_1 + x_3)$	(2.8)
Duallik qonunlari (de - Morgan teoremasi)	$\overline{x_1 + x_2} = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$ $\overline{x_1 \cdot x_2} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2$	(2.9)
Yutilish qonunlari	$x_1 + x_1 \cdot x_2 = x_1$ $x_1 \cdot (x_2 + x_2) = x_1$	(2.10)

Assotsiativlik qonunlaridan foydalanib, ko'p o'zgaruvchi ($n > 2$) ixtiyoriy mantiqiy funksiyasini ikkita o'zgaruvchi funksiyalar kombinatitsiyasi ko'rinishida ifodalash mumkin. $2^2 = 16$ ikkita o'zgaruvchi funksiyalarining to'liq majmui 2.5-jadvalda keltirilgan. Funksiyalarning har biri x_1 x_2 o'zgaruvchilar ustidan amalga oshirish mumkin bo'lgan 16 ta mantiqiy amal kombinatsiyadan birini bildiradi va ular o'z nomi va shartli belgisiga ega.

Masalan, «Istisnoli YOKI» amalini bajarishda $x_1 \neq x_2$ bo'lgandagi $y_6 = 1$; $x_1 = x_2$ bo'lgandagi $y_6 = 0$ ikkita o'zgaruvchi uchun tengsizlik signali paydo bo'ladi. «Teng ma'nolilik» (ekvivalentlik) amalini bajarishda $x_1 = x_2$ bo'lgandagi $y_9 = 1$; $x_1 \neq x_2$ bo'lgandagi $y_9 = 0$ ikkita o'zgaruvchi uchun tenglik signali paydo bo'ladi. 2.5-jadvalning so'nggi ustunida taqiq, implikasiya (inglizcha, chiqarib olish) kabi murakkab funksiyalarni bajarish uchun u yoki bu amalni bajaruvchi mantiqiy elementlar nomlari keltirilgan.

Ikki o'zgaruvchi uchun to'liq mantiqiy funksiyalar majmui

x_1, x_2 qiymatlari va $u_0 \dots u_{15}$ funksiyalar	Konyunksiya, dizyunksiya, inkor amallari orqali ifodalanishi	Amal- lar- ning asosiy belgisi	Funksiya nomi	Mantiqiy element nomi
x_1 0 0 1 1				
x_2 0 1 0 1				
u_0 0 0 0 0	$u_0 = 0$		«nol» konstantasi	«nol» generatori
u_1 0 0 0 1	$u_1 = x_1 \cdot x_2$	\wedge, \cap, \cdot	konyunksiya, mantiqiy ko'paytirish	konyunktor, «YOKI» sxemasi
u_2 0 0 1 0	$u_2 = x_1 \cdot \bar{x}_2$	$x_1 = x_2$	x_2 bo'yicha taqiq	x_2 bo'yicha «EMAS» sxemasi
u_3 0 0 1 1	$u_3 = x_1$		x_1 bo'yicha tavgologiya	x_1 bo'yicha takrorlagich
u_4 0 1 0 0	$u_4 = \bar{x}_1 \cdot x_2$	$x_2 = x_1$	x_1 bo'yicha taqiq	x_1 bo'yicha «EMAS» sxemasi
u_5 0 1 0 1	$u_5 = x_2$		x_2 bo'yicha tavgologiya	x_2 bo'yicha takrorlagich
u_6 0 1 1 0	$u_6 =$ $= \bar{x}_1 x_2 + x_1 \bar{x}_2$	$x_1 \oplus x_2$	istisnoli «YOKI», mantiqiy tengma'nolik emas	istisnoli «YOKI» sxemasi
u_7 0 1 1 1	$u_7 = x_1 + x_2$	$\vee, \cup, +$	dizyunksiya, mantiqiy qo'shish	dizyunktor, «HAM» sxemasi
u_8 1 0 0 0	$u_8 = \overline{x_1 + x_2}$		dizyunksiya inkori, Pirs strelkasi, Vebb funksiyasi, «YOKI- EMAS» amali	Pirs elementi, «YOKI-EMAS» sxemasi («YOKI- EMAS»)

u_9 1 0 0 1	$u_9 = \bar{x}_1\bar{x}_2 + x_1x_2$	$x_1 \sim x_2$	ekvivalentlik, tengma'nolik	solishtirish sxemasi
u_{10} 1 0 1 0	$u_{10} = \bar{x}_2$	\bar{x}_2	\bar{x}_2 inversiyasi	x_2 invertori
u_{11} 1 0 1 1	$u_{11} = x_1 + \bar{x}_2$		x_2 dan x_1 ga implikasiya	x_2 dan implikator
u_{12} 1 1 0 0	$u_{12} = \bar{x}_1$	\bar{x}_1	x_1 inversiyasi	x_1 invertori
u_{13} 1 1 0 1	$u_{13} = \bar{x}_1 + x_2$		x_1 dan x_2 ga implikasiya	x_1 dan implikator
u_{14} 1 1 1 0	$u_{14} = \overline{x_1 \cdot x_2}$	x_1 / x_2	Sheffer shtrixi, «HAM-EMAS» amali	Sheffer elementi, «HAM-EMAS» sxemasi
u_{15} 1 1 1 1	$u_{15} = 1$		«bir» konstantasi	bir generatori

«Tengma'nolik», «Istisnoli YOKI», Pirs va Sheffer elementlari kabi yangi funksiyalar konyunksiya, dizyunksiya va inversiya amallari orqali ifodalangani e'tiborga loyiq. Bir funksiya argumentlarini boshqa funksiya argumentlari bilan almashtirish amali *superpozitsiya* deb ataladi. Superpozitsiyani bir necha marta qo'llash ikkita o'zgaruvchi funksiyasi asosidagi ixtiyoriy sondagi argumentlar uchun (ya'ni, turli murakkablikdagi) funksiyalar olish imkonini beradi. Mazkur funksiyalar superpozitsiyasi yordamida ifodalash mumkin bo'lgan ixtiyoriy ikkilik funksiya majmui, *funksional to'liq majmua* (FTM) deb ataladi. FTM konyunksiya va inversiya, dizyunksiya va inversiya, taqiq va bir konstantasi, taqiq va inversiya, tengma'nolik emas va implikasiya, hamda ikkita yakka funksiyalar – Pirs va Sheffer elementini hosil qiladi. Konyunksiya, dizyunksiya va inversiya funksiyalari majmui *asosiy funksional to'liq majmua* (AFTM) nomini olgan.

2.2. Mantiqiy elementlar va ularning parametrlari

Mantiqiy element (ME) deb kirish signallari ustida aniq bir mantiqiy amal bajaradigan elektron qurilmaga aytiladi.

RIS yaratishda faqat FTM funksiyalarini amalga oshiruvchi MELar qo'llaniladi. Ular *negiz* MELar deb ataladi. Ko'p hollarda RISlar HAM-EMAS (Sheffer ME) yoki YOKI-EMAS (Pirs ME) funksiyalarini amalga oshiruvchi negiz MELar asosida tuziladi.

Raqamli (mantiqiy) elektron qurilmalar turli belgilariga ko'ra sinflanishlari mumkin. Ishlash prinsipiga ko'ra barcha MELar ikki sinfga bo'linadilar: kombinatsion va ketma-ketli.

Kombinatsion qurilmalar yoki avtomatlar deb, chiqish signallari kirish o'zgaruvchilari kombinatsiyasi bilan belgilanadigan, ikkita vaqt momentiga ega bo'lgan, *xotirasiz* mantiqiy qurilmalarga aytiladi. Kombinatsion qurilmalar yoki HAM-EMAS, YOKI-EMAS va boshqa alohida elementlar yordamida, yoki o'rta ISlar, yoki katta va o'ta katta IS tarkibiga kiruvchi ISlar ko'rinishda tayyorlanadi. Mazkur va keyingi boblarda faqat kombinatsion MELarni ko'rib chiqamiz.

Ketma-ketli qurilmalar yoki avtomatlar deb, chiqish signallari kirish o'zgaruvchilari kombinatsiyasi bilan belgilanadigan, hozirgi va oldingi vaqt momentlari uchun, ya'ni kirish o'zgaruvchilarining kelish tartibi bilan belgilanadigan, *xotirali* mantiqiy qurilmalarga aytiladi. Ketma-ketli qurilmalarga triggerlar, registrlar, schetchiklar misol bo'la oladi.

Ikkilik axborotni *ifodalash usuliga* ko'ra qurilmalar *potensial va impuls* raqamli qurilmalarga bo'linadi. Potensial raqamli qurilmalarda mantiqiy 0 va mantiqiy 1 qiymatlariga elektr potenciallarining umuman bir-biridan farqlanuvchi: yuqori va past sathlari belgilanadi. Impuls raqamli qurilmalarda mantiqiy signal qiymatlariga (0 yoki 1) impulslar sxemasi chiqishida ma'lum davomiylik va amplitudaga ega bo'lgan impulsning mavjudligi, ikkinchi holatiga esa, impulsning yo'qligi to'g'ri keladi.

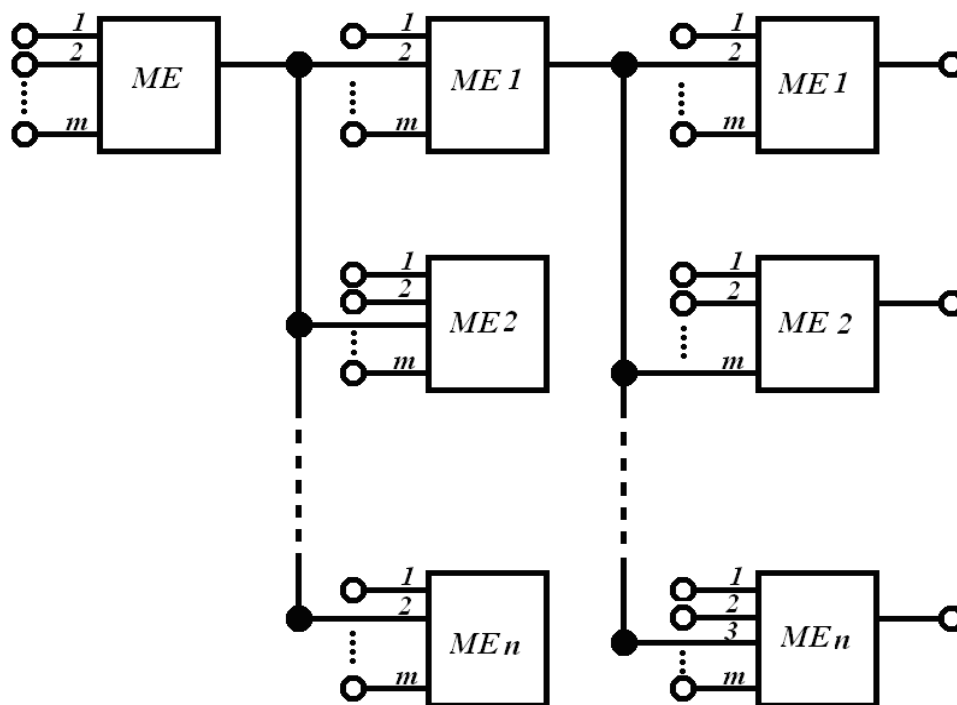
Ko'rib o'tilgan kodlash usullarining har biri o'z afzalliklari va kamchiliklariga ega.

Raqamli qurilmalarning ko'pi potensial sinfga mansub. Mantiqiy signalni potensial usulda kodlashda, potensial (kuchlanish)ning qay bir sathi mantiqiy 1 deb olinishi ahamiyatga ega emas. Bu kuchlanishning qutbi ham ahamiyatga ega emas. Shu sababli amaliyotda yoki mantiq turi, yoki kuchlanish qutbi, yoki ham u, ham bu ko'rsatgichi bilan farqlanuvchi to'rtta kodlash variantidan biri uchrashi mumkin. Mantiqiy 0 va 1 larni har bir variantda kodlash usullari 2.6-jadvalda keltirilgan.

Mantiqiy o'zgaruvchini potensial kodlash usulida ixtiyoriy mantiqiy funksiya qayta ulagichlar yoki elektron kalitlar asosida yaratiladi.

Mantiq turi	Kuchlanish manbai qutbi	
	musbat	manfiy
To'g'ri		
Teskari		

Elektron kalit yoki **ventil** deb shunday elektron qurilmaga aytiladi, ki, uning kirisdagi boshqaruv kuchlanishi qiymatiga bog'liq holda ikkita Turg'un holatdan birida: uzilgan yoki ulangan bo'lishi mumkin. Sodda kalitlar asosida ancha murakkab sxemalar tuzish mumkin: mantiqiy, triggerli va boshqalar.



2.1-rasm. Mantiqiy zanjir ko'rinishi.

Berilgan ixtiyoriy murakkablikdagi mantiqiy amalni bajarish uchun kirish signallari har biri n -ta ME bilan yuklangan va m -ta axborot kirishlariga ega bo'lgan ketma-ket ulangan MELar zanjiridan o'tishi kerak (2.1-rasm). O'KISlarda bir vaqtda ishlayotgan MELar soni bir necha mingtaga yetishi mumkin.

Bu vaqtda, har bir ME o'z funksiyasini bexato bajarishi va o'zgartirishlarni buzilishlarsiz ta'minlashi kerak. RISlar va raqamli qurilmalarni tayyorlash, sozlash va ishlatish jarayonlarida MELarni har birini alohida moslashtirish va sozlash taqiqlangani sababli, MELarning o'zi quyidagi fundamental xossalarga ega bo'lishi lozim.

1. **Kirish va chiqish bo'yicha 0 va 1 signal sathlarining mosligi.** Faqat bu shart bajarilganda zanjirning ishga layoqatligi sathlarni moslashtirish uchun maxsus elementlar qo'llanmasdan amalga oshirilishi mumkin.

2. **Kirish va chiqish bo'yicha yetarli yuklama qobiliyati.** Bu shart, ME signallarni bir necha kirishlardan olganda va bir vaqtning o'zida bir necha MELarni boshqarishida lozim bo'ladi. MENing yuklama qobiliyati odatda, chiqish bo'yicha tarmoqlanish koeffitsiyenti K_{TARM} va kirish bo'yicha birlashish koeffitsiyenti K_{BIRL} bilan ifodalanadi. K_{BIRL} ME kirishiga ulanishi mumkin bo'lgan bir turdagi MELar soniga, K_{TARM} esa element chiqishiga ulanishi mumkin bo'lgan bir turdagi MELar soniga teng. Bu vaqtda signal shakli va amplitudasi ME bexato ishini kafo-latlashi kerak.

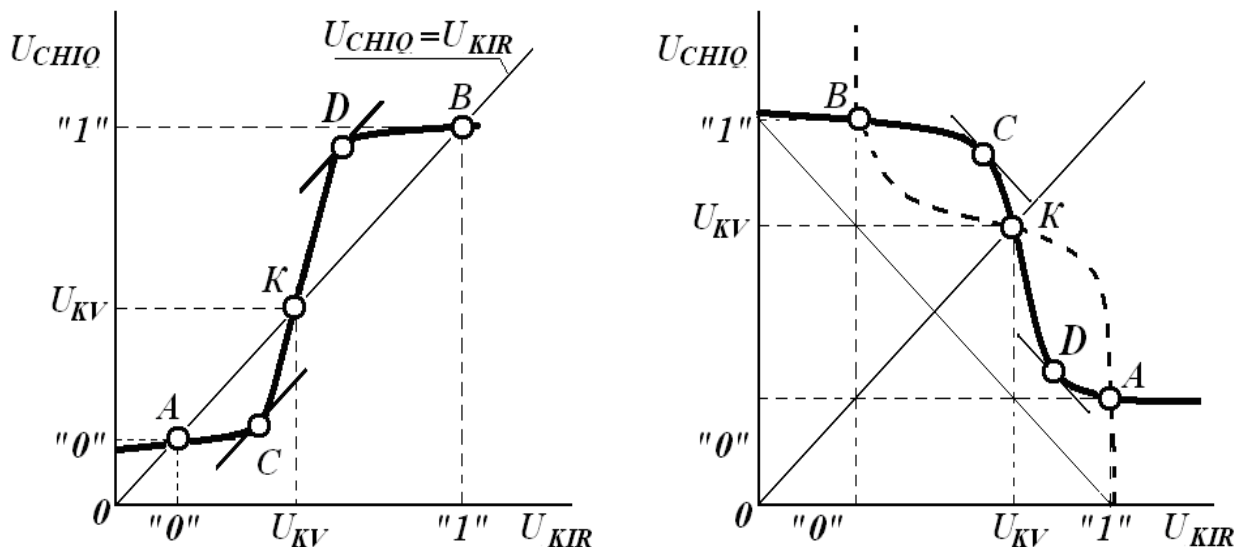
3. **Signalni shakllantirish (kvantlash) qobiliyati.** RIS ishlashi uchun, signal har bir MEDan o'tganda standart (asimptotik) amplituda va davomiylikka ega bo'lishi lozim.

4. **Xalaqitbardoshlik.** Xalaqitbardoshlik deganda MENing xalaqit-larga ta'sirchan emasligi tushuniladi. Bu vaqtda xalaqitlar ma'lum belgi-langan darajadan ortmasligi kerak. Aks holda ME bir holatdan ikkin-chisiga yolg'on asosda o'tishi mumkin.

MENi parametrlari va shakllantirish xossalari ularning statik va dinamik xarakteristikalaridan aniqlanadi.

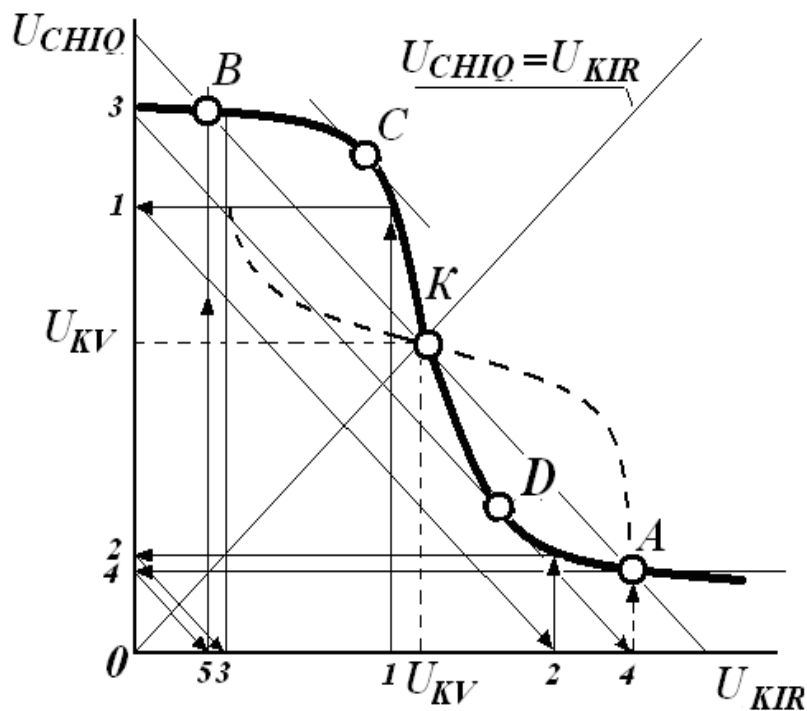
MENing asosiy statik xarakteristikasi bo'lib chiqish kuchlanishi-ning kirish kuchlanishiga bog'liqligi hisoblanadi. Bu xarakteristika **am-plituda uzatish xarakteristikasi** (AUX) deb ataladi. AUX ko'rinishi MEDa qo'llanilgan elektron kalit turiga bog'liq bo'ladi. Kichik qirish signallariga yuqori chiqish signallari mos keladigan element, **invers-laydigan**, kichik kirish signallariga kichik chiqish signallari mos

keladigan element – *inverslamaydigan* deb ataladi. Xarakteristikaning ikkila turi 2.2-rasmda keltirilgan.



2.2-rasm. MEning amplituda uzatish xarakteristikalari.

Uzatish xarakteristikasi, ME qanday qilib mantiqiy 0 va 1 standart singnallar, ularning amplituda qiymatlari hamda xalaqitbardoshligi shakllanishini kuzatish imkonini beradi. RISlarda asosan inverslaydigan MElar qo‘llanilgani sababli, uning AUXsini ko‘rib chiqamiz (2.3-rasm).



2.3-rasm. Inverslaydigan elementlar zanjirida 0 va 1 signallarni kvantlash.

Uzatish xarakteristikasida 5 ta muhim nuqtalar –K, A, B, C, D ni belgilash mumkin. K nuqtaga ME xarakteristikasining birlik kuchaytirish chizig‘i ($K_U=1$) $U_{CHIQ}=U_{KIR}$ bilan kesishgan nuqta mos keladi. Bu nuqta **kvantlash nuqtasi** deb ataladi. Bu nuqta holati **kvantlash kuchlanishi** deb ataluvchi kirish (chiqish) kuchlanishi qiymati bilan belgilanadi. A va B nuqtalar ME xarakteristikasining birlik kuchaytirish chizig‘iga perpendikular bo‘lgan K nuqta orqali o‘tuvchi to‘g‘ri chiziq bilan kesishgan K joylarida olinadi. C va D nuqtalarda kuchlanish bo‘yicha differensial uzatish koeffitsiyenti $K_U = dU_{CHIQ} / dU_{KIR} = -1$ ga teng bo‘ladi.

Aytaylik, zanjirdagi birinchi ME kirishiga ixtiyoriy amplitudali signal U_1 berildi. Bu signal $U_1 < U_{KV}$ shartini bajaradi. Mantiqiy zanjir orqali bu signal tarqalganda uning amplitudasi o‘zgarishini kuzatamiz. Ko‘rinib turibdi-ki, ikkinchi elementdagi kirish kuchlanishi U_2 , uchinchi – U_3 va x.k. bo‘ladi (2.3-rasm).

Kirish kuchlanishlarining U_1, U_2, U_3 (U_{CHIQ} o‘qi bo‘ylab) ketma-ketlik qiymatlari A nuqtaga mos keladigan qiymatga tez yaqinlashadi. Xuddi shunday, $U_0 > U_{KV}$ shartda ketma-ketlikning kirish va chiqish kuchlanishlari qiymatlari B nuqtaga mos keladigan qiymatga tez yaqinlashadi. Demak, signallar, 2–3 ta ketma-ket ulangan MElar zanjiridan o‘tganda ikkita aniq belgilangan diskret (**asimptotik**) amplituda qiymatiga ega bo‘lgan signallarga aylanadi.

MEning xalaqitbardoshlik sohasini aniqlash uchun 2.4-rasmga murojaat qilamiz.

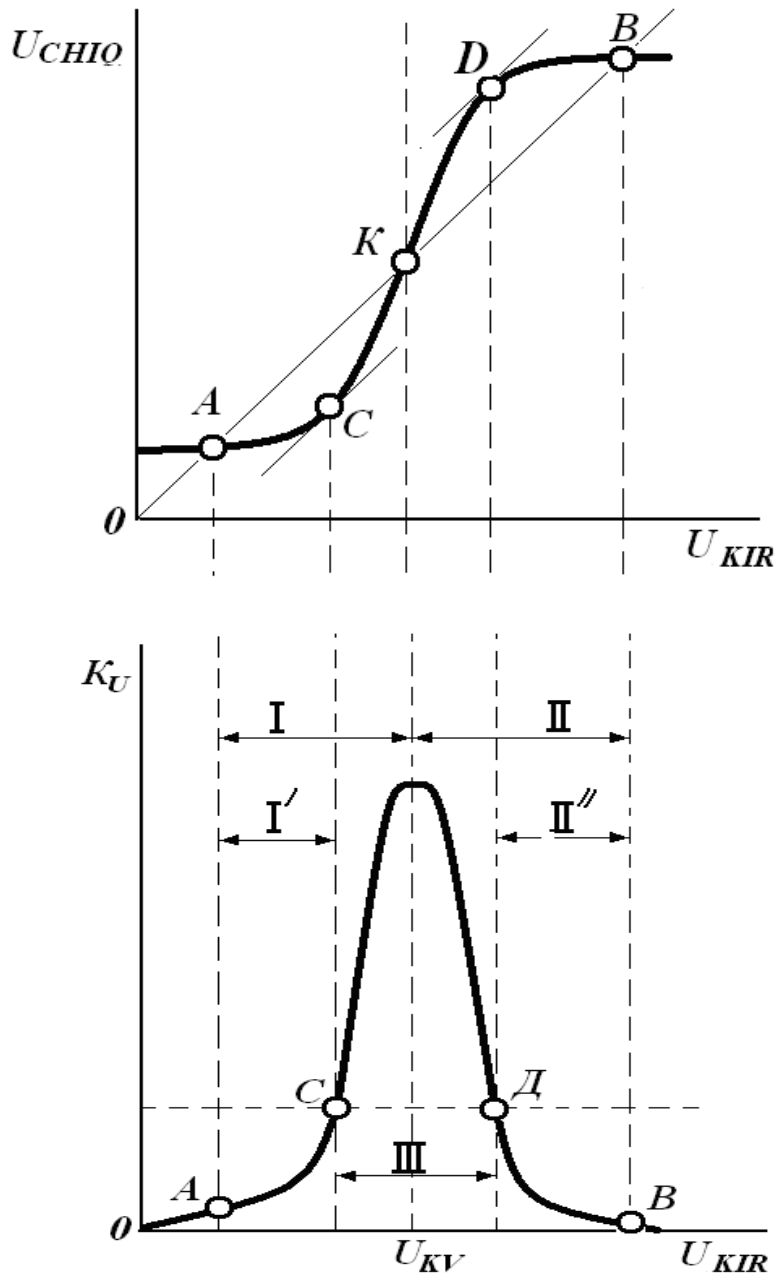
Chiqish mantiqiy 1 ga mos kelgan $U^1_{CHIQ}=U^1$ asimptotik sathga A nuqta, chiqish mantiqiy 0 ga mos kelgan $U^0_{CHIQ}=U^0$ sathga esa B nuqta mos keladi. Kirish mantiqiy 0 ga mos kelgan $U^0_{KIR}=U^0$ asimptotik sathga A nuqta, kirish mantiqiy 1 ga mos kelgan $U^1_{KIR}=U^1$ sathga esa B nuqta mos keladi. $U_{MO'} = U^1_{CHIQ} - U^0_{KIR} = U^1 - U^0$ ayirma esa **chiqish sathlarining mantiqiy o‘zgarishi** deb ataladi. C nuqtaga mos keluvchi kirish kuchlanishi **bo‘sag‘aviy kuchlanish** $U^0_{BO'S}$, D nuqtaga mos keluvchi kirish kuchlanishi esa **bo‘sag‘aviy kuchlanish** $U^1_{BO'S}$ deb ataladi.

Kombinatsion qurilmalar uchun kirishda ruxsat etilgan xalaqitlar darajasi kvantlash kuchlanishi bilan mos keladigan mantiqiy 0 va mantiqiy 1larning asimptotik qiymatlari orasidagi farq ko‘rinishida beriladi. Shunga muvofiq, mantiqiy 0 va mantiqiy 1 signallari xalaqitlari darajalari farqlanadi. Ular quyidagi munosabatlardan aniqlanadi:

$$U_{XALKomb}^0 = |U_{KV} - U_B|, \quad U_{XALKomb}^1 = |U_{KV} - U_A|.$$

Ketma-ket qurilmalarda ruxsat etilgan xalaqit amplitudasi, kombinatsion qurilmalarnikiga nisbatan kichik bo‘ladi va u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$U_{XALKetma-ket}^0 = |U_{BO'S}^0 - U_B|, \quad U_{XALKetma-ket}^1 = |U_{BO'S}^1 - U_A|.$$



2.4-rasm. ME xalaqitbardoshlik sohalari.

Normativ - texnik hujjatlarda barcha RIS turlari (kombinatsion va ketma - ketli) uchun quyidagi yagona **statik parametrlar** tizimi va ularni aniqlash qoidalari o‘rnatilgan:

– mantiqiy 0 va mantiqiy 1 chiqish va kirish kuchlanishlari (U^0 , U^1);

– mantiqiy 0 va mantiqiy 1 chiqish va kirish bo‘sag‘aviy kuchlanishlari ($U^0_{BO'S}$, $U^1_{BO'S}$);

– mantiqiy 0 va mantiqiy 1 chiqish va kirish toklari (I^0_{KIR} , I^1_{KIR} , I^0_{CHIQ} , I^1_{CHIQ});

– mantiqiy 0 va mantiqiy 1 holatlardagi iste‘mol toklari (I^0_{IST} , I^1_{IST});

– iste‘mol quvvati (R_{IST});

– mantiqiy 0 ga o‘zgarish soha bo‘sag‘asi ($U^0_{BO'S}$);

– mantiqiy 1 ga o‘zgarish soha bo‘sag‘asi ($U^1_{BO'S}$);

– minimal mantiqiy o‘zgarish ($U_{MO'} = U^1 - U^0$).

Bundan tashqari, statik parametrlarga mantiqiy 0 va mantiqiy 1 larning xalaqitbardoshligi hamda kirish bo‘yicha birlashish koeffitsiyenti K_{BIRL} va chiqish bo‘yicha tarmoqlanish koeffitsiyenti K_{TARM} ham kiradi.

MElarning asosiy **dinamik parametrlariga**, kirish va chiqish impulslari ostsilogrammalaridan aniqlanadigan quyidagi parametrlar kiradi:

$t^{1,0}$ – mantiqiy 1 holatidan mantiqiy 0 holatiga o‘zgarish vaqti;

$t^{0,1}$ – mantiqiy 0 holatidan mantiqiy 1 holatiga o‘zgarish vaqti;

$t_{kech}^{1,0}$ – ulanishni kechikish vaqti – kirish impulsining 0,1 va chiqish impulsining 0,9 sathlari bilan aniqlangan vaqt intervali;

$t_{kech}^{0,1}$ – uzilishni kechikish vaqti – kirish impulsining 0,9 va chiqish impulsining 0,1 sathlari bilan aniqlangan vaqt intervali;

$t_{tarq.kech}^{1,0}$ – ulanganda signal tarqalishini kechikish vaqti – kirish va chiqish impulslarining 0,5 sathlari bilan aniqlangan vaqt intervali;

$t_{tarq.kech}^{0,1}$ – uzilganda signal tarqalishini kechikish vaqti – kirish va chiqish impulslarining 0,5 sathlari bilan aniqlangan vaqt intervali.

Ketma-ket ulangan MElar signallarini vaqt bo‘yicha kechikishi hisoblanganda signal tarqalishining o‘rtacha kechikishi ishlatiladi (ma‘lumotnomalarda keltiriladi):

$$\tau_{tarq.o'rt.kech} = 0,5(t_{tarq.kech}^{0,1} + t_{tarq.kech}^{1,0}).$$

MElarning *integral parametrlar* texnologiya va sxemotexnikaning rivojlanish darajasini aks etadi. Asosiy integral parametrlar bo‘lib ulanish ishi A_{QU} va integratsiya darajasi N hisoblanadi.

Qayta ulanish ishi o‘rtacha iste‘mol quvvatini o‘rtacha qayta ulanish vaqtiga ko‘paytmasi orqali aniqlanadi:

$$A_{QU} = P_{IST} \cdot \tau_{tarq.o'rt.kech.}$$

Texnologiyaning rivojlanish darajasiga ko‘ra qayta ulanish ishi har o‘n yilda bir yarim darajaga kamayib bormoqda. Shu sababli, bu parametrdan IS turlarini solishtirishda foydalanish mumkin. Masalan, bir xil $A_{QU}=\text{const}$ da element yoki yuqori iste‘mol quvvatida yuqori tezkorlikka, aksincha, yyetarlicha kichik tezkorlikda juda kichik iste‘mol quvvatiga ega bo‘ladi.

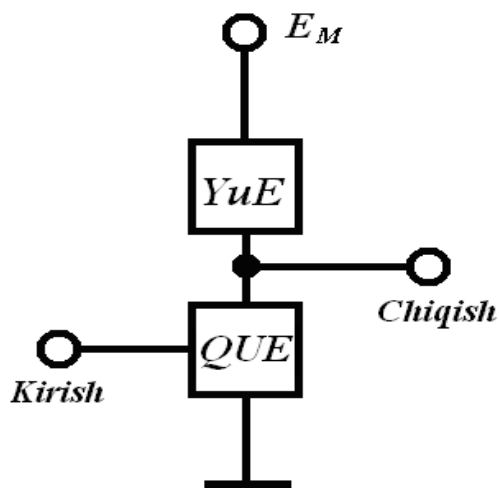
2.3. Bipolar tranzistorli elektron kalit sxemalar

Impulsli va raqamli (mantiqiy) qurilmalarda elektron kalit asosiy element hisoblanadi. Elektron kalit yuklama zanjiriga ulanib tashqi boshqaruv signali ta‘sirida davriy ravishda ulash va uzishni amalga oshiradi. Bu vaqtda kalitning chiqishidagi signal bir-biridan yyetarlicha farqlanadigan ikkita diskret qiymatga ega bo‘ladi. Bu xossa uni Bul algebrasi funksiyalarini amalga oshiruvchi asosiy ME sifatida qo‘llashga imkonini beradi.

Kalit ikki elementdan tashkil topgan: qayta ulanuvchi (QUE) va yuklama (YuE) elementlari. Kalit (invertor) tuzilishining umumlashgan sxemasi 2.5-rasmda keltirilgan.

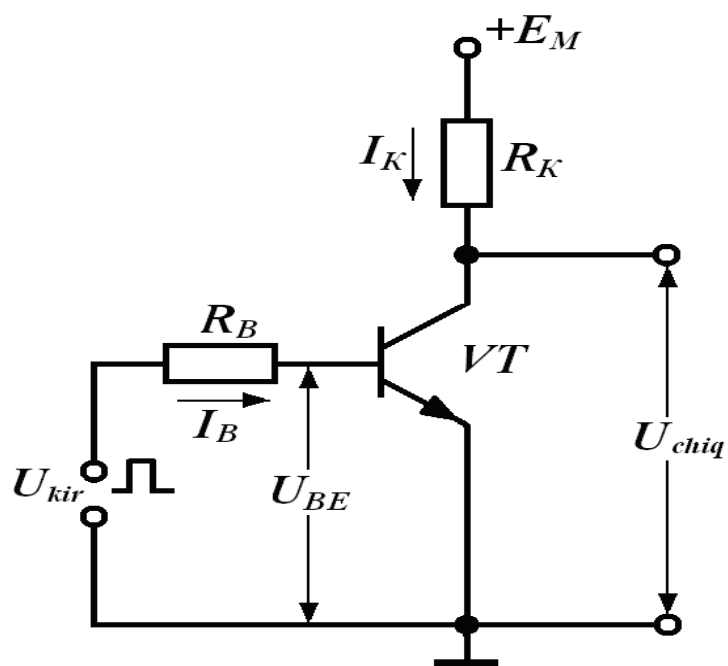
QUE ikki Turg‘un holatga ega: ulangan va uzilgan. Bu shartlarga bipolar va maydoniy tranzistorlarning ba‘zi turlari mos keladi. YuE manbadan iste‘mol qilinayotgan tokni cheklash uchun xizmat qiladi.

Kalit turini tanlashda IMSlarda asosiy mezon bo‘lib – texnologik muvofiqlik hisoblanadi. Texnologik muvofiqlik deganda turli sxema elementlarini yagona texnologik jarayonda tayyorlash imkoni tushuniladi. Bir xil elementlardan tashkil topgan sxemalar afzal sanaladi. Yuklama va qayta ulanish elementi MDYA – tranzistorlardan tashkil topgan kalitlar yuqori texnologik va universal hisoblanadi.



2.5-rasm. Elektron kalit (invertor) tuzilma sxemasi.

BTli sodda kalit sxemasi 2.6-rasmda keltirilgan. U UE sxemada ulangan BTda yasalgan kuchaytirgich kaskaddan iborat. Kuchlanish manbai E_M va R_K ko‘rinishdagi yuklama qarshiligidan tashkil topgan zanjir boshqariluvchi zanjir hisoblanadi. Boshqaruvchi (baza) zanjir boshqaruv signali manbai U_{KIR} va unga ketma-ket ulangan qarshilik R_B dan tarkib topgan.



2.6-rasm. BT asosidagi sodda elektron kalit sxemasi.

BT elektron kalit shartiga ko‘ra berk rejimda yoki to‘yinish rejimida ishlashi kerak.

Kirishga manfiy qutbli signal berilsagina tranzistor berk rejimga o'tadi. Ma'lumki, berk rejimda tranzistor toklari

$$I_{\ominus} \approx 0, \quad I_K = I_{K0}, \quad I_B = -I_{K0}$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda «-» belgisi, baza toki aktiv rejimdagi baza toki yo'nalishiga teskari yo'nalishda oqib o'tishini bildiradi. Kalit rejimida I_{K0} toki **qoldiq tok** deb ataladi. U juda kichik bo'lganligi sababli chiqish kuchlanishi U_{CHIQ} manba kuchlanishi E_M qiymatiga yaqin bo'ladi.

$$U_{CHIQ} = E_M - I_{K0} R_K \approx E_M,$$

ya'ni manba zanjiridan yuklama uzilishiga mos keladi (kalit uzilgan).

Agar U_{KIR} musbat qutbga va yyetarlicha katta qiymatga ega bo'lsa, u holda, tranzistor aktiv yoki to'yinish rejimiga o'tadi, ya'ni ochiladi (kalit ulangan). Yuklama zanjirida

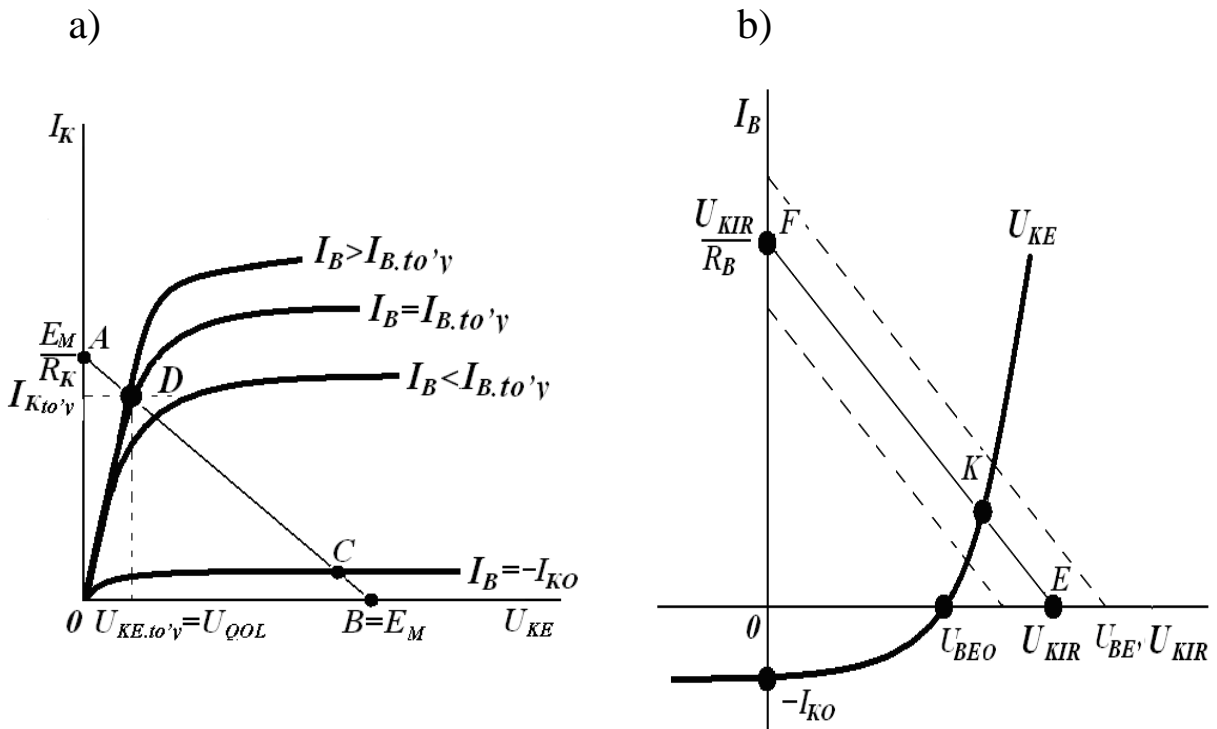
$$I_K = (E_M - U_{KE}) / R_K$$

tok oqib o'tadi, kalit chiqishidagi kuchlanish esa $U_{CHIQ} = U_{KE} = U_{QOL}$ ga teng bo'lib, **qoldiq kuchlanish** deb ataladi. To'yinish rejimidagi qoldiq kuchlanish U_{EB} va U_{KB} lar ayirmasiga teng va doim aktiv rejimdagi qoldiq kuchlanish qiymatdan kichik bo'ladi. Shu sababli kalit sifatida tranzistorning aktiv rejimda ishlashi ma'qul emas, chunki unda qo'shimcha $P_K = I_K U_{KE}$ quvvat sochiladi va sxema FIK pasayadi. Kremniyli tranzistorlar uchun to'yinish rejimida $U_{QOL} \approx 0,25V$ teng, ya'ni nolga yaqin.

Ko'rilayotgan kalit invertor ekanligi yaqqol ko'rinib turibdi, ya'ni kirish signalining manfiy qiymatlardan musbat qiymatlarga ortishi, chiqish kuchlanishi U_{KE} ni E_M dan qoldiq kuchlanishgacha kamayishiga olib keladi.

Umuman aytganda, bu kalit – invertor to'g'ri mantiqdagi musbat signallar bilan ishlashga mo'ljallangan. Shuning uchun bu yerda $U_{KIR} < 0$ shart bajarilmaydi. Lekin kremniyli $p-n$ -o'tish musbat kuchlanishda ham, agar $U_{KIR} < 0,6 V$ bo'lsa deyarli berk qoladi. Bu vaqtda tranzistorning uchala elektrod toklari odatda, mikroamper ulushlaridan ortmaydi.

Kalitning asosiy statik parametrlari bo‘lib – qoldiq tok va qoldiq kuchlanish hisoblanadi. BTning kalit rejimi katta diapazondagi tok va kuchlanish impulslarini o‘zgarishi bilan ta‘minlanadi (katta signal rejimi). Shu sababli kalitning statik parametrlari grafo – analitik usulni qo‘llash yordamida aniqlanadi. Buning uchun kalitda qo‘llanilayotgan tranzistorning chiqish (2.7-a rasm) va kirish (2.7-b rasm) xarakteristikalarini kerak bo‘ladi.



2.7-rasm. Tranzistorning statik xarakteristikalarida kalit ishchi nuqtalarining joylashishi.

Chiqish xarakteristikalar oilasida B nuqta (bu yerda $U_{KE} = E_M$) va A nuqta (bu yerda $I_K = E_K / R_K$) larni tutashtirib AB yuklama chizig‘ini o‘tkazamiz. Unda D nuqta to‘yinish chegarasini beradi, C nuqta esa $U_{KB} = 0$ bo‘lganda boshlanadigan berk rejim chegarasini beradi.

Aytilganlardan kelib chiqqan holda, kalit rejimda ishlash uchun tranzistorli kaskad ishchi nuqtasi yoki D nuqtadan chaproqda, yoki C nuqtadan o‘ngroqda joylashishi kerak. Bu nuqtalar oralig‘ida kaskad tranzistorning to‘yinish rejimidan berk rejimga o‘tish holatida, yoki aksincha bo‘ladi. Tranzistor bu holatda qanchalik kam vaqt tursa, kalitning tezkorligi shuncha yuqori bo‘ladi. O‘tish holatlari noasosiy zaryad tashuvchilar bazadan chiqarib yuborish vaqti va barer sig‘inning qayta zaryadlanish jarayonlari bilan aniqlanadi

Statik rejimda R_B qarshilikning berilgan qiymatlarida baza tokining U_{KIR} kuchlanishiga bog'liqligini kirish xarakteristikasi (2.7-b rasm) yordamida aniqlash mumkin. Buning uchun EF yuklama chizig'ini o'tkazish kerak. E nuqta $U_{BE}=U_{KIR}$, F nuqta esa U_{KIR}/R_B qiymati bilan aniqlanadi. Kirish xarakteristikasi bilan yuklama chizig'i kesishgan K nuqta baza toki va U_{BE} kuchlanishining ishchi qiymatlarini aniqlaydi. U_{KIR} ning vaqt bo'yicha o'zgarishi EF to'g'ri chiziqni parallel siljishiga va mos ravishda K nuqtaning siljishiga olib keladi (shtrix chiziqlar).

D nuqta bilan aniqlanadigan to'yinish rejimiga o'tish uchun, kirish toki I_B ni **bazaning to'yinish toki** deb ataluvchi $I_{B.TO'Y}$ qiymatgacha oshirish kerak. Bu vaqtda unga mos keluvchi kollektor toki **kollektorning to'yinish toki** $I_{K.TO'Y}$, kuchlanish esa, **to'yinish kuchlanishi** $U_{KE.TO'Y}$ yoki **goldiq kuchlanish** $U_{KE.TO'Y} = U_{QOL} = E_M - I_{K.TO'Y} R_K$ deb ataladi. Ma'lumki,

$$I_{K.TO'Y} = \beta I_{B.TO'Y},$$

bu yerda, $\beta = h_{21E}$ – baza tokining integral uzatish koeffitsiyenti. Taxminan $I_{K.TO'Y} \approx E_M / R_K$ deb olish mumkin. U holda,,

$$I_{B.TO'Y} \approx E_M / \beta R_K.$$

Baza toki $I_{B.TO'Y}$ qiymatidan ortishi mumkin. Baza tokining bunday ortishini **to'yinish koeffitsiyenti** deb atash qabul qilingan.

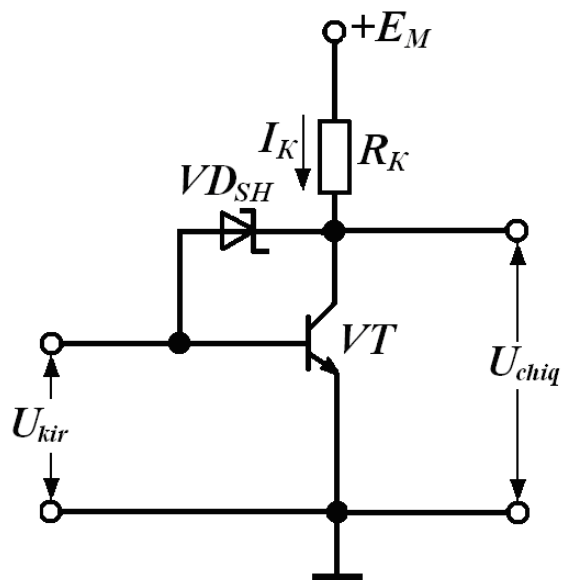
$$S_{TO'Y} = I_B / I_{B.TO'Y} .$$

$S_{TO'Y}$ ning ortishi U_{CHIQ} ni kamayishiga olib keladi, ya'ni BT chiqish zanjirida sochilayotgan quvvat kamayadi. Ammo $S_{TO'Y}$ ning keragidan ortiq ortishi BT kirish zanjirida sochilayotgan quvvatni sezilarli ortishiga olib keladi. Hisoblar $S_{TO'Y} = 1,5 \dots 2,0$ qiymatlar optimal bo'lishini ko'rsatdi.

Ko'rib o'tilgan sodda kalit sxemasida BT ish rejimi bilan bog'liq bo'lgan katta inersiyalikka ega. Tranzistor to'yinish rejimiga o'tayotganda bazada ko'p sonli noasosiy zaryad tashuvchilarning to'planishi uchun vaqt talab qilinadi. Tranzistor to'yinish rejimidan berk rejimga o'tayotganda esa bu zaryad tashuvchilarning to'planishi va ayniqsa,

ularning bazadan chiqarib yuborilishi tabiatan juda sekin kechadigan jarayon.

Berilgan $I_{B.TO'Y}$ qiymatida noasosiy zaryad tashuvchilarni bazadan chiqarib yuborish vaqtini kamaytirish maqsadida nochiziqli TAlI kalit qo'llaniladi. Unda tranzistor aktiv rejim bilan to'yinish rejimi chegarasida ishlaydi (2.8-rasm).



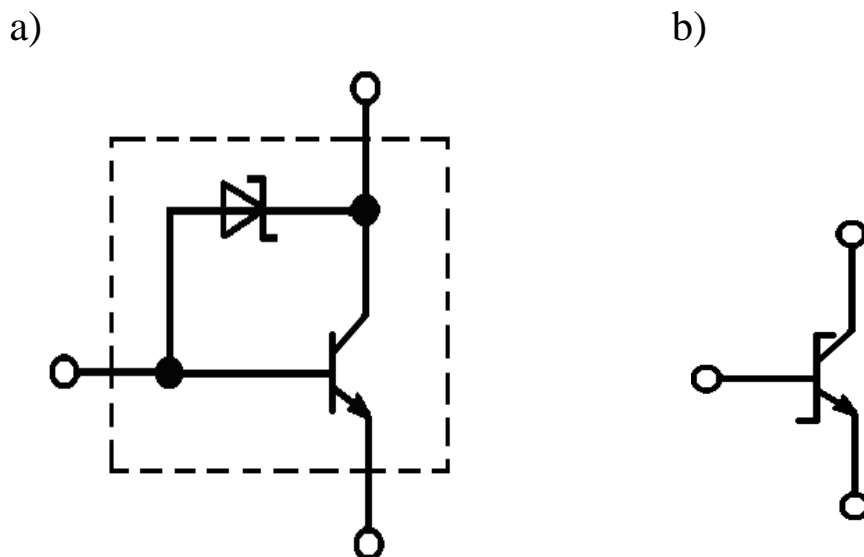
2.8-rasm. Shottki diodi bilan shuntlangan BTli kalit sxemasi.

BTning to'g'ri siljigan KO'ni shuntlovchi Shottki diodi yordamida nochiziqli TA amalga oshiriladi. Tranzistor berk bo'lganda, kollektorning potentsiali bazaga nisbatan musbat bo'ladi, demak, diod teskari ulangan bo'ladi va kalit ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Kalit ulanganda kollektor potentsiali bazaga nisbatan kamayadi, diod ochiladi va undan kirish tokining bir qismi oqib o'tadi, ya'ni tranzistorning baza toki $I_{B.TO'Y}$ qiymatiga tengligicha qoladi. Tranzistor aktiv rejim bilan to'yinish rejimi chegarasida ishlaydi. Bazada zaryad tashuvchilar to'planishi sodir bo'lmaydi, Natijada, kalit ulanishidagi noasosiy zaryad tashuvchilarni bazadan chiqarib yuborish vaqti nolga teng bo'ladi. Mos ravishda, kalit uzilishida ortiqcha zaryadlarni chiqarib yuborish bosqichi mavjud bo'lmaydi.

Lekin bu holat ochiq dioddagi kuchlanish pasayishi ochiq KO'dagi kuchlanish pasayishidan kichik bo'lgandagina haqiqiydir. Shuning uchun TA hosil qilish uchun Shottki diodi qo'llaniladi. Shottki diodining ochiq holatdagi kuchlanish pasayishi $U_{D_{SH}} = 0,3$ V ga teng bo'lib, ochiq kremniyli o'tishdagi kuchlanish pasayishi $U_{KB} = 0,7$ V dan kichikdir.

Bundan tashqari, to'g'ri kuchlanish $U_{KB} = 0,3 \text{ V}$ ga teng bo'lganda tranzistor berk hisoblanganligi uchun, rezistor R_B ga bo'lgan talab ham yo'qoladi.

TA zanjirida yagona texnologik bosqichda hosil qilingan kremniyli tranzistor va Shottki diodi kombinatsiyasi asosida yaratilgan *Shottki barerli tranzistor* nomini olgan (2.9-a rasm) tranzistor qo'llanilgan bo'lib, uning shartli belgisi 2.9-b rasmda keltirilgan.



2.9-rasm. Shottki bererili tranzistor (a) va uning shartli belgisi (b).

2.4. Maydoniy tranzistorli elektron kalit sxemalar

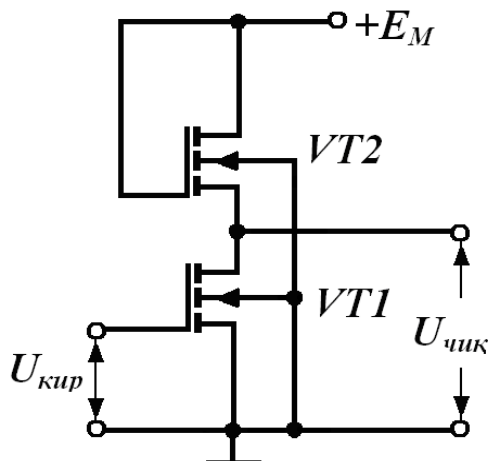
Yuklama va qayta ulanish elementlari bir turdagi MDYA – tranzistorlarda hosil qilingan kalitlar texnologik qulay va universal hisoblanadi. Shu sababli, ular KIS va bevosita aloqali O'KISlarda keng qo'llaniladi. KIS yana QUE bo'lib kanali induksiyalangan MDYA – tranzistorda, YuE – esa o'tkazuvchanlik turi bir xil bo'lgan kanali qurilgan MDYA – tranzistorda hosil qilingan kalitlar ham qo'llaniladi. Bunday kalitlar yordamida nochiziqli, kvazichiziqli va tokni barqarorlovchi yuklamali invertorlar hosil qilish mumkin.

Bir turdagi va komplementar MDYA – tranzistorlar asosida tayyorlangan elektron kalitlarning statik parametrlarini ko'rib chiqamiz.

Bir turdagi MDYA – tranzistorli elektron kalit. n -kanali induksiyalangan MDYA – tranzistorli bunday kalit sxemasi 3.12-rasmda keltirilgan.

Zatvori stok bilan ulangan VT2 tranzistor YuE hisoblanadi. Bunday tranzistor dinamik yuklama deb ataladi. VT2 tranzistorning

VAXi quyidagi mulohazalardan kelib chiqadi. Zatvor stok bilan ulanganligi sababli, $U_{SI} < (U_{ZI2} - U_{O2})$ tengsizlik bajariladi. Bu yerda U_{O2} VT2 tranzistorning bo'sag'aviy kuchlanishi bo'lib, zatvordagi kuchlanish U_{O2} dan ortib ketsagina unda kanal induksiyalanadi va tranzistor ochiladi. Demak, tranzistor to'yinish rejimida bo'ladi.



2.10-rasm. Dinamik yuklamali MDYA – tranzistorli kalit.

Bu rejimda VT2 tranzistorning VAXi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

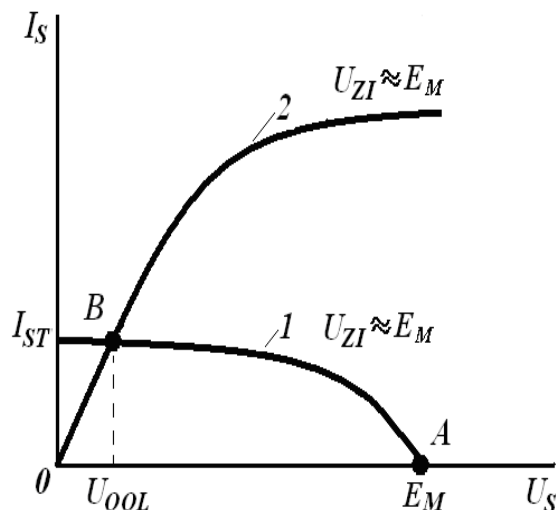
$$I_{s2} = \frac{B_2}{2} (U_{ZI2} - U_{O2})^2 \quad (2.11)$$

BTdagi kabi, MDYA – tranzistorlarda bajarilgan kalitlar ham, statik rejimda qoldiq tok (berk holatda) va qoldiq kuchlanish (ochiq holatda) bilan ifodalanadi.

Kalit quyidagicha ishlaydi. Agar VT1ning zatvoriga $U_{KIR} = U_{ZI1} < U_{O1}$ kuchlanish berilsa (U_{O1} VT1 ning bo'sag'aviy kuchlanishi), bu tranzistor berk bo'ladi. Berk holatda kalit orqali VT1 ning stok $p-n$ o'tishidan teskari tokka teng bo'lgan qoldiq tok I_{QOL} oqib o'tadi. Uning qiymati $I_{QOL} = 10^{-9} - 10^{-10}$ A dan katta emas. Shuning uchun chiqish kuchlanishi o'zining maksimal qiymatiga yaqin bo'ladi: $U_{CHIQ} = E_M$ (2.11-rasmdagi A nuqta). Qoldiq kuchlanish U_{QOL} ni esa grafo - analitik va analitik usulda aniqlaymiz. Buning uchun VT1 tranzistorning $U_{ZI1} = E_M$ (2-egri chiziq) bo'lganda o'lchangan stok xarakteristikasining bo'lishi va unda VT2 tranzistorning (2.11) formula yordamida aniqlangan yuklama chizig'ini o'tkazish kerak (1 - egri chiziq). Chiqish xarakteristikasining yuklama chizig'i bilan kesishgan B nuqtasi qoldiq kuchlanish U_{QOL} va to'yinish toki $I_{S.TO'Y}$ ni ishchi qiymatlarini belgilaydi.

Kalit to‘yinish tokini $U_{SI2}=E_M$ deb faraz qilib, analitik usulda (2.11) formuladan aniqlash mumkin:

$$I_{ST} = \frac{B_2}{2} (E_M - U_{02})^2 .$$



2.11-rasm. Stok xarakteristikasida ishchi nuqtalarning joylashishi.

I_{ST} tokni VT1 ning kanal qarshiligi $R = 1/[B_1(U_{ZI1} - U_{01})]$ ga ko‘paytirib va $U_{ZI1} = E_M$ deb faraz qilib, qoldiq kuchlanishni aniqlash mumkin:

$$U_{QOL} = \frac{B_2}{2B_1} \frac{(E_M - U_{02})^2}{E_M - U_{01}} . \quad (2.12)$$

(2.12) formuladan ko‘rinib turibdi-ki, qoldiq kuchlanish qiymatini kamaytirish uchun $B_2 \ll B_1$ bo‘lishi kerak. Eslatib o‘tamiz, tranzistorning nisbiy tiklik qiymati B birinchi navbatda kanal kengligi Z ni uning uzunligi L ga nisbati (Z/L) bilan aniqlanadi. Bundan qayta ulanuvchi tranzistorning Z/L qiymati imkon qadar katta, yuklama vazifasini bajaruvchi tranzistorniki esa, imkon boricha kichik bo‘lishi kerakligi kelib chiqadi. Texnologik jihatdan kalitlarda $B_1 / B_2 = 50 \div 100$ ta‘minlanadi. Kalitdagi statik rejim va o‘tish jarayonlarining tahlili ko‘rsatadiki, tezkorligi va iste‘mol quvvati nuqtayi nazaridan $E_M = (2 \div 3)U_0$ kuchlanish manbai optimal hisoblanadi. Mazkur shartlarda qoldiq kuchlanish $50 \div 100$ mV oralig‘ida yotadi.

Komplementar MDYA — **tranzistorli elektron kalit.** Bir turdagi MDYA – tranzistorlarda hosil qilingan kalitlarning kamchiligi shundaki, tranzistor ochiq bo‘lgan statik rejimda kalitdan doim tok oqib o‘tadi. Komplementar, ya‘ni o‘tkazuvchanlik kanallari turi qarama-qarshi bo‘l-

gan MDYA – tranzistorlar asosida tayyorlangan elektron kalit bu kamchilikdan holi (2.12-rasm). QUE sifatida n -kanali induksiyalangan MDYA – tranzistor (VT1), YuE sifatida esa p – kanali induksiyalangan MDYA – tranzistor (VT2) qo‘llanilgan. QUE sifatida n -MDYA – tranzistorning asosi kuchlanish manbaining musbat qutbiga, p -MDYA – tranzistorning asosi esa sxemaning umumiy nuqtasiga ulanadi. Kirish signali ikkala tranzistorning zatvorlariga bir vaqtda beriladi. Sxema quyidagicha ishlaydi. Agar $U_{KIR}=0$ bo‘lsa, u holda, $U_{ZII}=0$ bo‘ladi, demak, n -MDYA – tranzistorda kanal induksiyalanmaydi, ya’ni tranzistor berk holatda bo‘ladi. Bu vaqtda VT2 ning zatvorida $U_{ZI2} = U_{KIR} - E_M = -E_M < 0$ bo‘ladi.

Bu vaqtda chiqish kuchlanishi manba kuchlanishiga deyarli teng bo‘ladi:

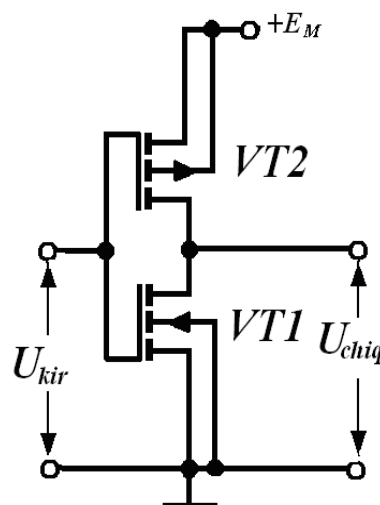
$$U_{CHI2} = E_M - |U_{SI2}| \approx E_M.$$

$U_{KIR} = E_M$ bo‘lsin. U holda,, $U_{ZII} > U_{O1}$, $U_{ZI2} = 0$ bo‘ladi. Demak, n – MDYA tranzistorda kanal induksiyalanadi, ya’ni VT1 ochiq, p -MDYA tranzistor, ya’ni VT2 esa berk bo‘ladi.

Bu vaqtda umumiy zanjirdagi tok avvalgidek I_{QOL} ga teng bo‘ladi. Kalit chiqishidagi qoldiq kuchlanish (2.12) ifodadan indekslar o‘rmini almashtirib aniqlanadi:

$$U_{QOL1} = \frac{I_{QOL2}}{B_1(E_M - U_{O1})} \approx (2 \div 3)mkV.$$

Qoldiq kuchlanishning kichikligi komplementar kalitlarning afzalligi hisoblanadi. Sxema ikkala holatda ham quvvat iste’mol qilmasligi bu kalitlarning yana bir afzalligi hisoblanadi.



2.12-rasm. KMDYA tranzistorli elektron kalit (invertor).

2.5. Mantiqiy integral sxemalarning negiz elementlari

Mantiqiy integral sxema yoki *mantiqiy element* (ME) deb ikkilik sanoq tizimida berilgan axborotlarni mantiqiy o'zgartirishga mo'ljallangan elektron sxemalarga aytiladi.

MElar sanoatda murakkablik darajasiga ko'ra turli seriyalar ko'rishida ishlab chiqariladi. Seriya deganda, turli funksiyalar bajara oladigan, yagona konstruktiv - texnologik usulda bajarilgan va birgalikda ishlashga mo'ljallangan IMS majmuiga aytiladi. Shundayligiga qaramasdan, har bir seriyada ushbu seriyadagi boshqa sxemalarga asos hisoblanadigan negiz MElar (invertorlar, HAM-EMAS ME, YOKI-EMAS ME, triggerlar, schetchiklar, registrlar va h.k.) mavjud.

Hozirgi vaqtda RISlarni loyihalashda quyidagi negiz MElar keng qo'llaniladi: tranzistor – tranzistorli mantiq; emitterlari bog'langan mantiq; integral–injeksion mantiq; bir turdagi MDYA – tranzistorli mantiq; komplementar MDYA–tranzistorli mantiq.

Negiz MElarning sxema variantlarini *tranzistorli mantiqlar* deb atash qabul qilingan. Mantiq turi qo'llanilgan elektron kalit va elementlar orasida o'rnatilgan bog'liqlik bilan aniqlanadi. Sanab o'tilgan MElarning hech biri tezkorlik, iste'mol quvvati, joylanish zichligi va texnologikligi bilan sxemotexnikaning barcha talabalariga to'liq javob bera olmaydi. Shuning uchun IS ishlab chiqarishda u yoki bu negiz sxemani tanlash buyurtmachining texnik talabalari va ishlatish sharoitlariga bog'liq.

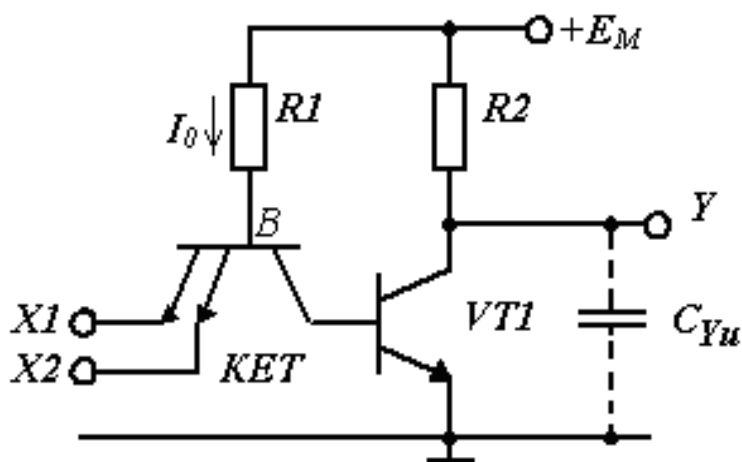
Tranzistor – tranzistorli mantiq elementlar

Tranzistor – tranzistorli mantiq (TTM) elementlar keng tarqalgan va ko'p ishlab chiqariladigan RIS hisoblanadi.

Sodda invertorli TTM sxemasi 2.13-rasmda keltirilgan.

Element ikkita mantiqiy kirishga ega bo'lib, u ko'p emitterli tranzistor (KET) asosida hosil qilingan tok qayta ulagichi va VT1 tranzistorli elektron kalit (invertor)dan tuzilgan. KET TTM turdagi MElarning o'ziga xos komponentasi hisoblanadi. U umumiy baza va umumiy kollektorga ega bo'lgan tranzistorli tuzilmadir. Standart sxemalarda kirishlar (emitterlar) soni $K_{BIRL} \leq 8$. TTM elementlar tarkibidagi KET invers rejimda yoki to'yinish rejimda ishlashi mumkin. KET tuzilmasi va yasaliş texnologiyasi shundayki, tok bo'yicha kuchay-

tirishning invers koeffitsiyenti α_1 juda kichik bo'lib, $0,01 \div 0,05$ oralig'ida yotadi.



2.13-rasm. Sodda inverterli TTM ME sxemasi.

BT asosidagi TTM va boshqa turdagi MELar ishlash mexanizmini ko'rib chiqishdan avval, tahlil uchun zarur bo'lgan elementar nisbatlarga to'xtalib o'tamiz.

MELarda tranzistorlar kalit rejimida ishlashini inobatga olgan holda, tahlilda ochiq yoki berk $p-n$ o'tish tushunchasi qo'llaniladi. Eslatib o'tamiz, agar o'tishning to'g'ri toki $I = 10^{-3} \div 10^{-4}$ A oralig'ida yotsa, bu diapazon **normal tok rejimi** deb ataladi. Toklarning bu oralig'ida kremniyli o'tishda kuchlanish U atigi $0,70 \div 0,68$ Vga o'zgaradi. Tokning boshqa $I = 10^{-5} \div 10^{-6}$ A diapazonida (bu diapazon **mikrorejim** deb ataladi) kuchlanishning qiymatlari mos ravishda $0,57 \div 0,52$ V oraliqda yotadi.

Shunday qilib, tok diapazonlariga ko'ra to'g'ri kulchanishlar biroz farqlanishi mumkin, lekin ularni doimiy deb hisoblash va **to'g'ri o'tish parametrlari** deb qarash mumkin. Uning uchun maxsus U^* belgilash kiritiladi. Xona temperaturasida normal rejimda $U^* = 0,7$ V, mikrorejimda esa $U^* = 0,5$ V. Agar to'g'ri kuchlanish U^* kuchlanishdan atigi $0,1$ Vga kichik bo'lsa, **o'tish deyarli berk** hisoblanadi, chunki bu kuchlanishda toklar nominaldan o'nlab marta kichik bo'ladi.

Yuqori tezkorlikka erishish uchun TTM tranzistorlari normal tok rejimida ishlaydilar. Shuning uchun sxemaning statik rejimini tahlil qilishda quyidagi soddalashtirishlar qabul qilingan, agar:

– $p-n$ o'tish orqali to'g'ri tok oqib o'tayotgan bo'lsa, u holda, o'tish ochiq va undagi kuchlanish $U^* = 0,7$ V;

–*p-n* o‘tish kuchlanishi teskari yoki U^* dan kichik bo‘lsa, u holda,, o‘tish berk va oqib o‘tayotgan tok nolga teng;

– tranzistor to‘yinish rejimida bo‘lsa, u holda,, kollektor-emitter oralig‘idagi kuchlanish $U_{KE.TO.Y}^* = 0,3 \div 0,4$ V.

TTM elementning ish mexanizmini ko‘rib chiqamiz. Ulanish sxemasiga binoan KET bazasining potentsiali (B) doim uning kollektori potentsialidan yuqori bo‘ladi. Demak, KET KO‘ doim to‘g‘ri siljigan bo‘ladi. Tranzistor EO‘lariga kelsak, ular emitter potentsiallarining umumiy shinaga nisbatan ulanishiga bog‘liq.

Deylik, barcha kirishlar ($X1$ va $X2$) potentsiallari kuchlanish manbai potentsialiga teng bo‘lgan maksimal qiymatga ega bo‘lsin. Bunda mantiqiy 1 sath shakllanadi, ya‘ni $U^l = E_M$ ekanligi ravshan. U holda, barcha EO‘lar teskari yo‘nalishda ulangan bo‘ladi, chunki baza potentsiali (B) $R1$ dagi kuchlanish pasayishi hisobiga doim emitter potentsialidan past bo‘ladi. KET tarkibidagi parallel ishlayotgan tranzistorlar invers ulangan bo‘ladi. Aytib o‘tilganidek, α_1 kichik bo‘lganligi sababli, hisoblashlarda emitter tokini nolga teng deb olinadi, I_0 tok esa ketma-ket ulangan KETning kollektori va VT1 ning EO‘ orqali oqib o‘tadi. I_0 qiymati $R1$ rezistor qarshiligi qiymati bilan cheklanadi va

$$I_0 = (E_M - 2U^*) / R1 \quad . \quad (2.13)$$

$R1$ shunday tanlanadi-ki, KET toki, demak, VT1 baza toki tranzistorni to‘yinish shartiga mos kelsin. Bunda VT1 tranzistor ochiladi va chiqish kuchlanishi $U_{KE.TO.Y}^*$ ga teng bo‘lib qoladi. Bu esa mantiqiy nol sathga teng, ya‘ni $U^0 = U_{KE.TO.Y}^* \leq 0,4$ V. Demak, barcha kirishlarga mantiqiy 1 berilsa, chiqishda mantiqiy 0 hosil bo‘ladi.

Endi aksincha holatni ko‘rib chiqamiz. Barcha kirishlar ($X1$ va $X2$) potentsiali nolga teng yoki shu qiymatga yaqin bo‘lsin: $U_X = U^0 = 0$. U holda, barcha EO‘lar KO‘ kabi to‘g‘ri yo‘nalishda siljigan bo‘ladi. Barcha tranzistorlar to‘yinish rejimiga o‘tadi. Bu holatda I_0 tok ham ochiq EO‘laridan, ham KETning ochiq KO‘dan oqib o‘tishi mumkin. Tok KET EO‘lardan oqib o‘tayotganda bu o‘tishlardagi kuchlanish $+0,7$ V ga teng bo‘ladi. Parallel ulangan EO‘larga ega KETni ikki barobar katta hajmdagi yagona tranzistor deb qarash mumkin.

KET KO‘dan oqib o‘tayotgan tok deyarli nolga teng, chunki unga VT1 ning EO‘i ketma-ket ulangan. Tok bu zanjirdan oqib o‘tishi uchun, KET baza potentsiali $2U^* = 1,4$ V ga teng bo‘lishi kerak. Demak, VT1 ochiq, emitter va kollektorning qoldiq toklarini nolga teng deb hisoblash

mumkin. Chiqish kuchlanishi esa E_M ga yaqin bo‘ladi, ya’ni mantiqiy 1 sathini $U^l = E_M$ beradi. Bu vaqtda I_0 quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = (E_M - U^*) / R_1.$$

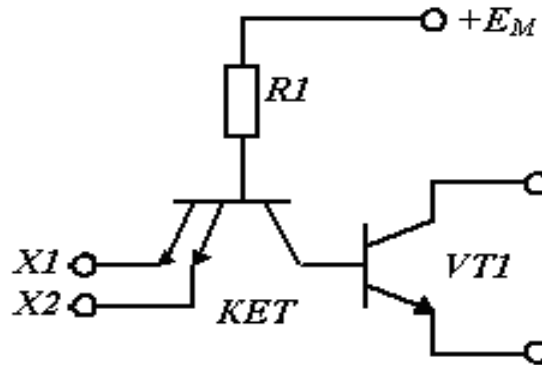
Agar faqat bitta kirishga mantiqiy 0, qolganlariga mantiqiy 1 berilsa, VT1 berk bo‘ladi. Shunday qilib, biror kirishga mantiqiy 0 berilsa, chiqishda mantiqiy 1 olinar ekan. Faqat barcha kirishlarga mantiqiy 1 berilsagina, chiqishda mantiqiy 0 ga ega bo‘lamiz. Shunday qilib, mazkur sxema 2HAM-EMAS mantiqiy amalini bajaradi, bu yerda 2 raqami ME kirishlari sonini bildiradi.

Endi, uncha katta bo‘lmagan yuklama qobiliyatiga va nisbatan kichik tezkorlikka ega bo‘lgan TTM negiz elementni ko‘rib chiqamiz. Bu quyidagilar bilan shartlangan. Ochiq holatda VT1ning to‘yinish rejimi ta’minlanishi uchun R_2 qarshilik qiymati **katta** (bir necha kOm) bo‘lishi kerak. U holda, tranzistorning berk holatdagi mantiqiy 1 sathi yuklama qarshiligi Z_{Yu} ga kuchli ravishda bog‘liq bo‘lib qoladi. Z_{Yu} deganda mazkur ME chiqishiga ulangan n ta xuddi shunday ME larning kompleks qarshiligi tushuniladi. Mantiqiy 0 holatida (VT1 tranzistor ochiq) KET - VT1 tizimning tok uzatish koeffitsiyenti qiymati kichik bo‘lganligi sababli, chiqish kuchlanishi sathi ham yuklama qarshiligi qiymatiga qaysidir ma’noda bog‘liq bo‘ladi. Sababi, KET invers ulanishida tok uzatish koeffitsiyenti α_1 1 dan kichik bo‘ladi. Aktiv rejimda esa 1 ga yaqin. Shu sababli, bu turdagi ME yuklama qobiliyati kichik hisoblanadi.

ME tezkorligi kirish va chiqish kuchlanishlari o‘sib borish va kamayish frontlari tikligi bilan aniqlanadigan dinamik parametrlar bilan belgilanadi. Har MENi RC tizim deb qarasaq, u holda,, undagi kuchlanish tikligini o‘zgarishi asosan sig‘im S_{Yu} ning zaryadlanish va razryadlanish vaqti davomiyligi bilan aniqlanadi. Yuklama sig‘imi $S_{Yu} p-n$ o‘tishlar, elektr bog‘lanishlar, chiqishlar va h.k.lar sig‘imlarining umumiy yig‘indisi. Demak, tezkorlikni tahlil qilganda ME chiqishiga ulangan boshqa elementni RC – yuklama deb qarashimiz kerak. Sxemada (4.1-rasm) ME kirishi mantiqiy 0 holatdan mantiqiy 1 holatga o‘tayotganda VT1 tranzistor berkiladi. Shuning uchun yuklama sig‘imi R_2 rezistor orqali zaryadlanadi. R_2 ning qiymati katta bo‘lganligi sababli, zaryadlanish vaqti doimiysi $\tau_z = R_2 \cdot C$ sezilarli bo‘ladi. ME chiqish sathi U^0 bo‘lganda yuklama sig‘imi to‘yingan VT1 tranzistor orqali raz-ryadlanadi. Tok uzatish koeffitsiyenti α_1 uncha katta

bo‘lmaganligi sababli, razryadlanish vaqti doimiysi τ_p ham kichik qiymatga ega bo‘ladi.

Ko‘rib o‘tilgan kamchiliklar tufayli, 2.13-rasmدا keltirilgan sxema keng qo‘llanilmaydi. Bu sxema asosan tashqi indikatsiya elementlarini ulash uchun ochiq kollektorli mikrosxemalarda (2.14- rasm) qo‘llaniladi.



2.14-rasm. TTM seriyadagi YOKI bo‘yicha kengaytirish sxemasi.

Murakkab invertorli TTM sxemasi (2.15-rasm) amaliyotda keng qo‘llaniladi. U ikki taktli chiqish kaskadi (VT2 va VT3 tranzistorlar, R4 rezistor va VD diod), boshqariluvchi faza ajratuvchi kaskad (VT1 tranzistor, R2 va R3 rezistorlar) dan tashkil topgan.

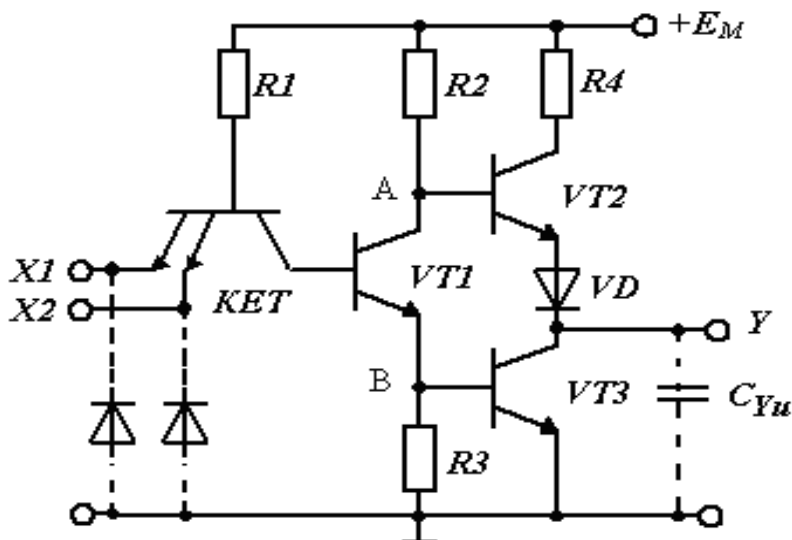
Faza tushunchasi (yunoncha paydo bo‘lish)ga binoan VT1 tranzistor berk va uning kollektorida (A nuqta) yuqori potensial paydo bo‘lishi natijasida VT2 tranzistor ochiladi. VT1 tranzistorning ochiq holatida uning emitterida (B nuqta) yuqori potensial paydo bo‘ladi va u VT3 ni ochadi. Demak, VT2 va VT3 tranzistorlar galma-gal (turli taktlarda) ochiladi. Shuning uchun chiqish kaskadi ikki taktli deb ataladi.

Sxemaning ish tartibini ko‘rib chiqamiz. Oddiy invertorli TTM kabi, bu sxemada ham biror kirishga mantiqiy 0 berilsa VT1 tranzistor berk bo‘ladi. Natijada, VT2 tranzistor ochiladi, VT3 tranzistor esa berkiladi. Yuklama sig‘imi S_{Yu} esa 4.1-sxemadan farqli ravishda, endi kichik qarshilikka (150 Om) ega rezistor R4, ochiq turgan VT2 tranzistor va VD diod orqali zaryadlanadi. Rezistor R4 tok cheklagichi bo‘lib, u chiqish tasodifan umumiy nuqtaga ulanganda o‘zaro ketma-ket ulangan VT2 tranzistor va VD diod orqali oqib o‘tuvchi tok qiymati ortib ketishidan himoyalaydi. Boshqa tomondan, chiqish kaskadining qayta ulanish vaqtida, ya‘ni VT2 tranzistor endi ochilayotgan, VT3 tranzistor esa hali berkilib ulgurmagan vaqt momentida kuchli qisqa impulslar paydo bo‘lishi oldini oladi. Element qayta ulanish vaqtida yuklama

sig'imi S_{Yu} to'yingan VT3 tranzistorning kichik qarshiligi orqali razryadlanadi. Bu bilan elementning yuqori tezkorligi ta'minlanadi.

VD diod vazifasini tushuntiramiz. Diod yo'q deb faraz qilaylik. Bu holda, element qayta ulanish vaqtida, ya'ni VT3 tranzistor ochiq bo'lganda VT2 tranzistor berk bo'lishi, ya'ni U_{BEVT2} kuchlanish qiymati 0,7 V dan kichik bo'lishi kerak. U_{BEVT2} ni aniqlaymiz. Buning uchun element chiqish qismi kuchlanishi uchun quyidagi munosabatlarni yozib olamiz: $U_{BVT2} = U_{BEVT3} + U_{KE.TO'Y.VT1} = 1 \text{ V}$; $U_{EVT2} = U_{KE.TO'Y.VT3} = 0,3 \text{ V}$. U holda, $U_{BEVT2} = U_{BEVT3} + U_{KE.TO'Y.VT1} - U_{KE.TO'Y.VT3} = 0,7 \text{ V}$.

Bu vaqtda VT2 tranzistor ochiq bo'ladi. Shunday qilib, VD diod bo'lmaganda VT2 tranzistor ochiq, U^{0}_{CHIQ} kuchlanish esa noaniq bo'ladi. Sxemaga VD diod ulanganda ochiq VT3 tranzistor kuchlanishi $U_{BEVT2} + U_{VD} > U_{BEVT3} + U_{KE.TO'Y.VT1} - U_{KE.TO'Y.VT3}$; $U_{BEVT2} + U_{VD} > U_{BEVT3}$ bo'ladi. Bu qiymatlarni mos o'rinlarga qo'yib $1,4 \text{ V} > 0,7 \text{ V}$ ga ega bo'lamiz. Shunday qilib, VD diod kuchlanish sathini siljituvchi element vazifasini bajaradi va chiqishda kuchlanish U^0 bo'lganda, VT2 tranzistorni aniq berkilishini ta'minlaydi.



2.15-rasm. Murakkab invertorli TTM ME sxemasi.

Yuklama qobiliyati yoki **K_{TARM} ko'effitsiyenti** VT3 tranzistorning maksimal kollektor tokidan kelib chiqqan holda aniqlanadi. Bu vaqtda

$$K_{TARM} = I_{Kmax} / I_{kir}^0,$$

deb yozish mumkin. Bu yerda I_{kir}^0 – IMS ma'lumotnomasidan olinadigan parametr. $I_{Kmax}=E_M/R_4=30$ mA bo'lgani sababli, $I_{kir}^0=1,35$ mA bo'lganda $K_{TARM}=22$.

Xulosa qilib shuni aytish mumkin-ki, 2.15-rasmda kirish zanjirida punktir bilan tasvirlangan diodlar **aks-sadoga qarshi diodlar** deb ataladi va muvofiqlashmagan liniya oxirlaridan qaytgan manfiy signallar (xalaqitlar) amplitudasini cheklash uchun qo'llaniladi. Bu signallar ikkita $p-n$ o'tish (diodning $p-n$ o'tishi va KET emitter o'tishi) oralig'ida bo'linib, MENi yolg'on qayta ulanishdan saqlaydi.

Hozirgi vaqtda TTM negiz elementlarining ko'p sonli modifikatsiyalari yaratilgan. Har bir modifikatsiya parametrlari yoki qo'shimcha imkoniyatlari bilan ajralib turadi.

Ma'lumot. Sanoatda TTM turli elementlarning faqat bir necha seriyasi ishlab chiqariladi (standart 133, 155; tezkorligi yuqori bo'lgan 130, K131; mikro quvvatli 134; Shottki diodili 530, K531; Shottki diodili mikro quvvatli K555). Bu elementlarning asosiy parametrlari 2.7-jadvalda keltirilgan.

2.7-jadval

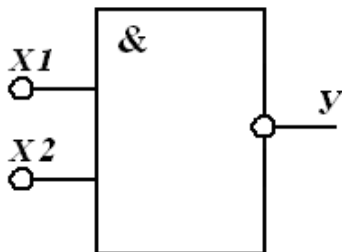
TTM elementi seriyalari turi

TTM RIS parametri	seriya				
	standart	tezkorligi yuqori	mikro-quvvatli	Shottki diodili	
	K155	130	158	531	K555
I_{KIR}^0 , mA	1,6	2,3	0,15	2	1
I_{KIR}^1 , mA	0,04	0,07	0,01	0,05	0,05
U_{CHIQ}^0 , V	0,4	0,35	0,3	0,5	0,5
U_{CHIQ}^1 , V	2,4	2,4	2,4	2,7	2,7
K_{TARM}	10	10	10	10	10
K_{BIRL}	8	8	2	4	2
$t_{kech.o'rt}$, ns	20	10	70	5	20
P_{IST} , mVt	22	44	5	19	3,7
f_{CHEG} , MGts	10	30	3	50	10

TTM elementlari potensial elementlar qatoriga kiradi: ular asosida komputer sxemalarini tuzishda ular o'zaro galvanik bog'lanadi, ya'ni kondensator va transformatorlarsiz. Mantiqiy 1 va mantiqiy 0 asimptotik

qiymatlari $U^1 \geq 2,4 \text{ V}$; $U^0 \leq 0,4 \text{ V}$, $U_{QU} = U^1 - U^0 = 2 \text{ V}$ kuchlanishlar bilan ifodalanadi. Yuqorida ko‘rib o‘tilgan seriyalar funksional va texnik to‘liqlikka ega, ya’ni turli arifmetik va mantiqiy amallarni, xotirada saqlash, yordamchi va maxsus funksiyalarni bajaradi.

2.8-jadval



2.16-rasm. Ikki kirishli Sheffer elementi shartli belgisi.

Ikki kirishli Sheffer elementining haqiqiylik jadvali

x_1	x_2	$y = \overline{x_1 \cdot x_2}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Asosiy TTM turi bo‘lib mantiqiy ko‘paytirish inkori bilan, ya’ni HAM-EMAS amalini bajaradigan Sheffer elementi hisoblanadi. Sheffer elementining shartli belgilanishi 2.16-rasmda ko‘rsatilgan. Bu yerda X_1 , X_2 – kirishlar, Y – chiqish. Minimal kirishlar soni nolga teng. Ikki kirishli Sheffer elementining ishlashi haqiqiylik jadvalida keltirilgan (2.8-jadval).

Emitterlari bog‘langan mantiq elementlar

Emitterlari bog‘langan mantiq (EBM) elementni yaratilishiga raqamli qurilmalar tezkorligini oshirish muammosi sabab bo‘lgan. EBM elementda qayta ulanuvchi tranzistor berk yoki ochiq bo‘ladi va bazada qo‘shimcha noasosiy zaryad tashuvchilar to‘planayotganda BT to‘yinish rejimida ishlaydi. Tranzistorni bir holatdan ikkinchisiga o‘tishi uzoq kechadigan jarayon bo‘lganligi sababli, TTM element tezkorligi cheklangan. BTdagi kalit inersiyaliligini kamaytirish maqsadida shunday sxemalar yaratish kerakki, unda qayta ulanuvchi tranzistor ochiq holatda aktiv rejimda ishlasin.

EBM shunday sxematexnik yechimlardan biri hisoblanadi. BTning to‘yinmagan rejimi yuklama va parazit sig‘imlarni tez qayta zaryadlanishi uchun talab qilinadigan ishchi toklarni oshirish imkonini beradi. Qayta ulanuvchi element ulanish vaqti minimumga keladi. Bu vaqtda

BTning berkilish vaqti ortmaydi. Shu sababli EBM elementlar yuqori tezkorlikka ega.

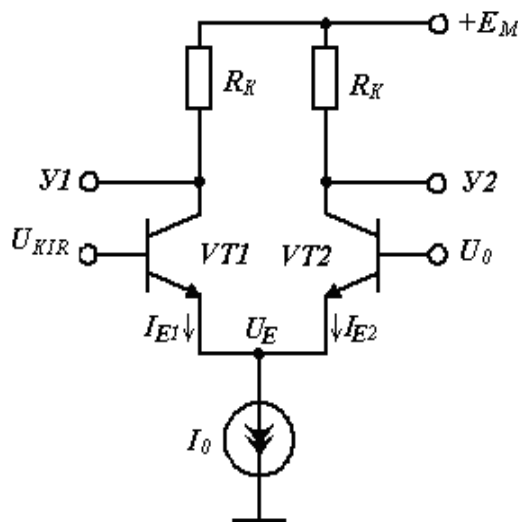
EBM element asosini tok qayta ulagichi tashkil etadi (2.17-rasm).

U DK kabi ikkita simmetrik yelkadan tashkil topgan bo‘lib, ularning har biri tranzistor va rezistordan iborat. Umumiy emitter zanjirida BTG I_0 ishlaydi.

DKdan farqli ravishda kirishlardan biri (VT2) tayanch deb ataluvchi doimiy kuchlanish manbai U_0 ga ulangan. Tok I_0 qiymati tranzistorning aktiv ish rejimiga mos keladi va EBM negiz elementlarida $I_0 = 0,5 \div 2$ mA. BTG mavjudligi tufayli baza potentsiallarining ixtiyoriy qiymatlarida emitter o‘tishlarda avtomatik ravishda

$$I_{E1} + I_{E2} = I_0 \quad (2.14)$$

shart o‘rnatiladi.



2.17-rasm. Tok qayta ulagichi.

Aktiv rejimda emitter tokining baza - emitter kuchlanishiga bog‘liqligi kirishdagi VT1 tranzistor uchun quyidagi ifoda bilan approksimatsiyalanadi

$$I_{E1} = I_{E01} e^{(U_{KIR} - U_E) / \varphi_T} , \quad (2.15)$$

VT2 tranzistor uchun esa

$$I_{E2} = I_{E02} e^{(U_0 - U_E) / \varphi_T} \quad (2.16)$$

Bu ifodalarda emitter tokining $U_{EB} = 0$ va $U_{KB} \neq 0$ bo'lgandagi qoldiq qiymati I_{E0} . Integral texnologiyada egizaklik prinsipiga muvofiq $I_{E01} = I_{E02}$. Xona temperaturasida $\varphi_T = kT / q = 0,025$ V.

(2.14), (2.15) va (2.16) lardan foydalanib,

$$I_{E1} = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{U_0(1 - \frac{U_{KIR}}{U_0})}{\varphi_T}}}, \quad I_{E2} = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{-U_0(1 - \frac{U_{KIR}}{U_0})}{\varphi_T}}} \quad (2.17)$$

ga ega bo'lamiz.

Sxema simmetrik, shuning uchun ikkala BT baza potentsiallari teng bo'lganda ($U_{KIR} = U_0$) har bir yelkadan oqib o'tayotgan tok $I_0 / 2$ ga teng.

Tayanch kuchlanish $U_0 = 1,2$ V bo'lsin. Agar U_{KIR} qiymati $\Delta \leq 0,1$ V ga kamaysa, u holda, (2.17) ga muvofiq, I_{E1} tok I_0 ga nisbatan 1 % gacha kamayadi, I_{E2} tok esa 99 % gacha ortadi. Demak, kirish signali $U_{KIR} \leq U_0 - \Delta$ (mantiqiy 0) bo'lganda VT1 tranzistor berk bo'ladi, VT2 tranzistordan esa to'liq I_0 toki oqib o'tadi.

Agar aksincha bo'lsa, ya'ni U_{KIR} qiymati $\Delta \geq 0,1$ V ga ortsa, u holda, (2.17) ga muvofiq, I_{E1} tok I_0 ga nisbatan 99 % gacha ortadi, I_{E2} tok esa 1 % gacha kamayadi. Demak, kirish signali $U_{KIR}^+ \geq U_0 + \Delta$ (mantiqiy 1) bo'lganda VT2 tranzistorni berk deb hisoblash mumkin, VT1 tranzistordan esa to'liq I_0 tok oqib o'tadi. Natijada, ideal tok qayta ulagichiga ega bo'ldik. Sathlar orasidagi farq – qayta ulanish kichikligi uning kamchiligi hisoblanadi, chunki qayta ulanish sohasi kirish signal-larini tayanch kuchlanish U_0 dan $U_{QU} = U_{KIR}^+ - U_{KIR}^- = 2\Delta \approx 0,3$ V qiymatga o'zgarishi bilan aniqlanadi. Demak, xalaqitlarga bardoshlik ham kichik bo'ladi. Lekin mantiqiy o'tish vaqtining kichikligi hamda to'yinish rejimi-ning yo'qligi hisobiga tok qayta ulagichining qayta ulanish vaqti juda kichik bo'lib, 3 nsdan oshmaydi.

Tranzistor aktiv rejimda qoladigan maksimal U_{KIR}^+ qiymatini aniqlaymiz. Buning uchun $U_{KB} \geq 0$ ($U_K \geq U_B$) shart bajarilishi kerak. Tranzistorning baza potentsiali kirish signali bilan, kollektori potentsiali esa

$$U_K = E_M - \alpha I_0 R_K \quad (2.18)$$

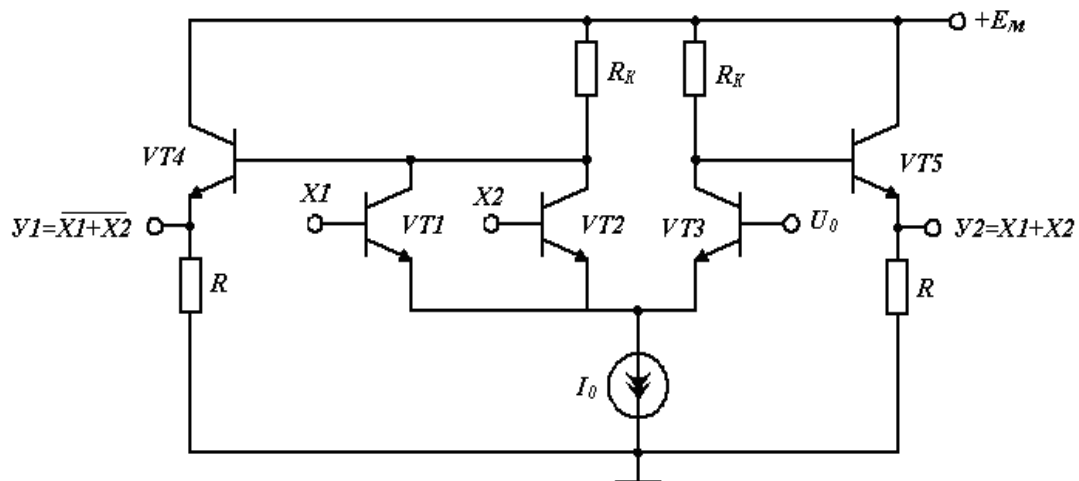
ifoda yordamida aniqlanadi.

U holda, tranzistor aktiv rejim chegarasida ($U_K = U_B$) qoladigan U^+_{KIR} qiymati quyidagi munosabat bilan aniqlanadi

$$U^+_{KIR} = E_M - \alpha I_0 R_K = U_0 + \Delta. \quad (2.19)$$

(2.19) shart bajarilishi, berilgan E_M , U_0 va U^+_{KIR} qiymatlarida tranzistorning aktiv ish rejimi ta'minlanishi uchun R_K rezistorlar qarshiligi kichik (200 Omgacha) qilib tanlanadi.

Alohida kalitlar (qayta ulagichlar) asosan analog sxemalarda qo'llaniladi. Mantiqiy sxemalarda har bir qayta ulagich chiqishi bir yoki bir necha boshqa qayta ulagichlar kirishiga ulanadi. Qayta ulagichlar ketma-ketligi ishga layoqatligini ta'minlash maqsadida kirish va chiqishlar bo'yicha mantiqiy 0 va mantiqiy 1 sathlar muvofiqlashtirilgan bo'lishi kerak. Afsuski, mazkur turdagi qayta ulagichlarda sathlar mosligi mavjud emas, chunki $Y1$ va $Y2$ chiqishlardan olinayotgan chiqish kuchlanishi **doim U_0 dan katta bo'ladi**. Shu sababli, bunday qayta ulagichlarni ketma-ket ulab bo'lmaydi. Buning uchun maxsus muvofiqlashtiruvchi kaskadlar qo'llaniladi. Ular kuchlanish sathini siljitish qurilmasi deb ataladi. Emitter qaytargichlar bunday qurilmaning sodda sxemasi bo'lib hisoblanadi. Qaytargichda chiqish (emitter) potentsialining sathi tayanch potentsial sathidan U^* kattalikka past bo'ladi.



2.18-rasm. Ikkita kirishli EBM ME sxemasi.

Tok qayta ulagichini EBM elementga o'zgartirish uchun uning chap yelkasini parallel ulangan (kirishlari bo'yicha) tranzistorlar bilan

almashtirish kerak. Ikkita kirishli EBM element sxemasi 2.18-rasmda keltirilgan.

VT1 va VT2 tranzistorlardan ixtiyoriy birining (yoki barovariga) berkilishi I_0 tokni chap yelkadan o'ng yelkaga o'tishiga olib keladi.

VT4 va VT5 emitter qaytargichlar kollektor potentsiallari sathlari U^* kattalikka siljiriladi, bu bilan EBM zanjirning ishga layoqatligi ta'minlanadi.

Deylik, ikkala kirishga mantiqiy 0 potensial berilgan bo'lsin. U holda, VT1 va VT2 tranzistorlar berk, VT3 tranzistor ochiq bo'ladi. Demak, U1 chiqishda mantiqiy 1 sathi o'rnatiladi. VT1 va VT2 tranzistorlar berk bo'lganligi sababli ularning kollektor potentsiallari $U_{K1,2} = YEM$. VT4 EO'idan U^* kuchlanishni olib tashlasak, mantiqiy 1 sath

$$U^1 = E_M - U^* . \quad (2.20)$$

ekanligi kelib chiqadi.

VT3 tranzistor bilan VT5 qaytargich ham mantiqiy funksiya bajaradi. $X1=X2=U_0$ bo'lganda VT3 tranzistor ochiq, demak, U2 chiqishda mantiqiy 0 sathi o'rnatiladi. VT3 tranzistor to'yinish chegarasida turibdi deb faraz qilaylik, ya'ni $U_{KB3}=0$. U holda, tranzistordagi qoldiq kuchlanish EO'dagi kuchlanishga teng bo'ladi ($U_{QOL} = U^*$). U^* kuchlanishni olib tashlasak va (2.20) ifodaga qo'ysak, mantiqiy 0 sathiga ega bo'lamiz

$$U^0 = E_M - 2U^* . \quad (2.21)$$

(2.20) va (2.21) ifodalardan foydalanib, mantiqiy o'tish qiymatini aniqlaymiz:

$$U_{MO'} = U^1 - U^0 = U^* \approx 0,7 \text{ V} .$$

Endi biror kirishga, masalan, X1 ga mantiqiy 1 potensial berilgan bo'lsin. U holda, VT1 tranzistor ochiladi, VT3 tranzistor esa berkiladi. Natijada, U1 chiqishda mantiqiy 0 kuchlanishi, U2 chiqishda esa mantiqiy 1 kuchlanishi o'rnatiladi. Ikkala kirishga mantiqiy 1 berilganda ham vaziyat o'zgarmaydi. Hosil bo'lgan haqiqiylik jadvali 4.4-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan, sxema U1 chiqish bo'yicha $Y1 = \overline{X1 + X2}$ mantiqiy amalini, U2 chiqish bo'yicha esa $Y1 = X1 + X2$ mantiqiy amalini bajarishi ma'lum bo'lib turibdi.

Shuni ta'kidlash kerakki, chiqishda emitter qaytargichlarning qo'lanilishi mantiqiy o'tishni 0,7V gacha va xalaqitlarga bardoshlikni deyarli 0,3 V gacha oshirdi. Bundan tashqari, emitter qaytargichdagi kichik chiqish qarshiligi tufayli sxemaning yuklama qobiliyati ortdi va yuklamadagi sig'im qayta zaryadlanishi tezlashdi.

Manbaning manfiy qutbi umumiy deb olingan EBM sxemaning kamchiligi bo'lib chiqish signali mantiqiy sathlarining kuchlanish manbai qiymatiga bog'liqligi hisoblanadi. Bu (2.20) va (2.21) lardan kelib chiqadi. Bundan tashqari, chiqish umumiy nuqta bilan qisqa tutashganda emitter qaytargich tranzistori ishdan chiqadi.

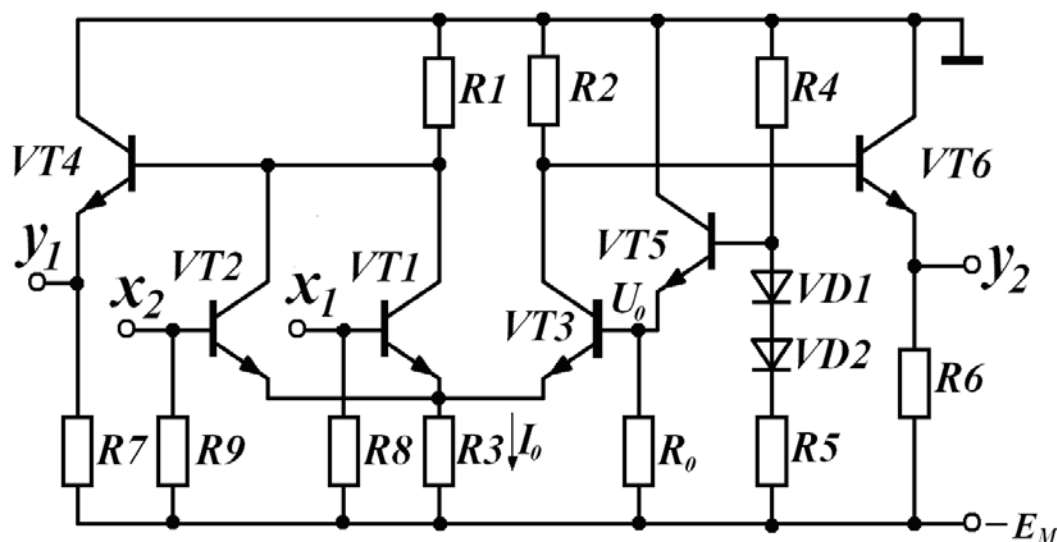
Kuchlanish manbai E_M ning musbat qutbini umumiy nuqtaga ulab aytib o'tilgan kamchiliklarni bartaraf etish mumkin. U holda,

$$U^1 = -E_M + U^1 = -U^* = -0,7 \text{ V};$$

$$U^0 = -E_M + U^0 = -2U^* = -1,4 \text{ V}.$$

Bunda, sxemaning ish prinsipi, albatta, o'zgarishsiz qoladi.

500 seriyaga mansub EBM elementning prinsipial elektr sxemasi 2.19-rasmda keltirilgan.



2.19-rasm. 500 seriyaga mansub ikkita kirishga ega EBM element sxemasi.

O'zgarmas tok generatori (manbai) I_0 ni turli usullar bilan amalga oshirish mumkin. Mazkur sxemada tok manbai sifatida tokni barqarorlashtiruvchi rezistor R_3 qo'llangan. Uning qarshiligi R_1 (R_2) rezis-

torlarning maksimal qiymatlaridan ancha katta bo'lishi kerak. Bunday manbada I_0 qiymati qayta ulanish vaqtida o'zgaradi, lekin U^0 va U^1 qiymatlariga ta'sir ko'rsatmaydi.

Tayanch kuchlanish U_0 qiymati hamda U^0 va U^1 qiymatlari temperatura va boshqa omillar ta'sirida o'zgaradi. EBM sxemalarda xalaqitbardoshlik yuqori bo'lmagani sababli, sxemalarni ishga layoqatligini saqlab qolish maqsadida keng ishchi sharoitlar diapazonida temperatura barqaror tayanch kuchlanish manbai qo'llaniladi. U $R5$, $VD1$, $VD2$, $R4$ lardan iborat bo'lgan kuchlanish bo'lgichi va $VT5$, $R0$ dan tuzilgan emitter qaytargichdan tashkil topgan. $VD1$ va $VD2$ diodlar tranzistorning U_{BE} kuchlanishi o'zgarganda I_0 toki o'zgarishi hisobiga temperatura o'zgarishini kompensatsiyalaydi. $R0$ rezistor $VT5$ tranzistor emitter toki qiymatini oshirish uchun xizmat qiladi va Natijada, uning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti ortib, chastota parametrlari yaxshilanadi. Odatda,, bitta U_0 manba yagona kristallda joylash-gan bir necha (5–10 tagacha) EBM elementlarni tayanch kuchlanish bilan ta'minlaydi.

EBM elementlar o'ta yuqori tezlikda ishlovchi tizimlar uchun negiz hisoblanadi. Elementlarni montaj usulda birlashtirish yo'li bilan turli funksiyalarni amalga oshirish imkoniyati tug'iladi.

Aytaylik, montaj usuli bilan ikkita EBMning inverslamaydigan chiqishlari birlashgan bo'lsin (2.20-rasm).

Agar elementlardan biri $F1$ funksiyani, ikkinchisi esa $F2$ ni bajarayotgan bo'lsa, u holda,, birlashgan Z chiqishda $Z = F1 + F2$ amali, ya'ni «Montajli YOKI» bajariladi. Bundan montaj usuli bilan ikkita EBMning inverslamaydigan chiqishlari birlashsa,

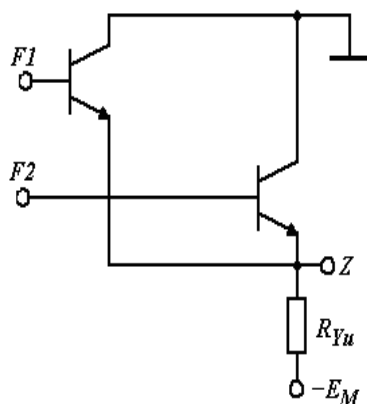
$$Z = (X1 + X2) + (X3 + X4) = X1 + X2 + X3 + X4$$

amalni bajaruvchi, ya'ni kirishlar soni ortishiga ekvivalent element hosil bo'lishi ko'rinib turibdi. Sxemada $X1$ va $X2$ kirishlar birinchi MEga, $X3$ va $X4$ kirishlar esa ikkinchi MEga tegishli. Inverslaydigan kirishlarini birlashtirsak, HAM-YOKI-EMAS amalini bajaruvchi MEga ega bo'lamiz

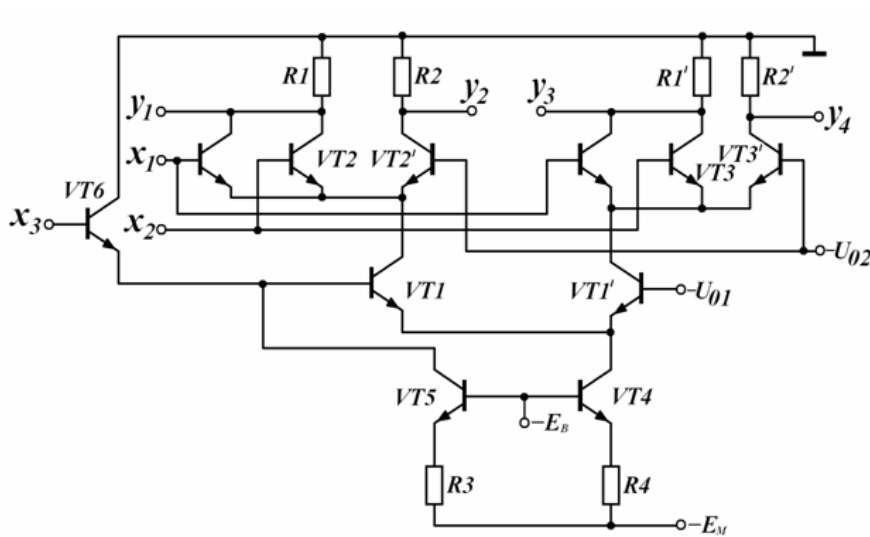
$$Z = \overline{(X1 + X2)} + \overline{(X3 + X4)} = \overline{(X1 + X2 + X3 + X4)}.$$

EBM element funksional imkoniyatlarini kengaytirishga misol qilib tok qayta ulagichlarining *zinasimon* (ko'p yarusli, daraxtsimon) ulanishini keltirishimiz mumkin. Bunda sochilish quvvati kamayadi va

KIS kristallida sxema egallaydigan sirt yuzasi kichrayadi. Ikki zinali EBM sxemasi 2.21-rasmda keltirilgan (chiqishida emitter qaytargichlar ko'rsatilmagan).



2.20-rasm. Ikkita EBM ME chiqishlarini birgalikda ulanishi.



2.21-rasm. Ikki zinali EBM sxemasi.

Sxema uchta tok qaytargichdan tashkil topgan, ular: VT1 va VT1' differensial juftlikdan iborat pastki zina qayta ulagichi va VT2 - VT2' va VT3 - VT3' differensial juftliklardan tashkil topgan yuqori zina qayta ulagichlari.

Pastki zina tok qayta ulagichi X3 signali yordamida, yuqori zina tok qaytargichlari esa X1 va X2 signallari bilan boshqariladi. Yuqori zinadagi har bir qayta ulagich pastki zina qayta ulagichi yelkalaridan birini tashkil etadi. Qayta ulanish toki VT4 tranzistorda tuzilgan tok generatoridan beriladi. Tok qiymati manba kuchlanishi E_M , tayanch kuchlanishi E_B va rezistor $R4$ qarshiligi bilan belgilanadi. Sxema amalga oshirayotgan mantiqiy funksiya turini aniqlaymiz.

Agar X_3 kirishga mantiqiy 0 berilsa, EBMni yuqorida ko‘rib o‘tilgan xossalaridan kelib chiqqan holda, X_1 va X_2 kirishlarning ixtiyoriy kombinatsiyalarida Y_1 va Y_2 chiqishlarda mantiqiy 1 hosil bo‘ladi. Agar X_3 kirishga mantiqiy 1 berilsa va $X_1=X_2=0$ bo‘lsa, u holda, Y_1 chiqishda mantiqiy 1 saqlanib qoladi. Boshqa holatlarda Y_1 chiqish mantiqiy 0 ga mos keladi. Y_2 chiqishda esa aksincha, faqat $X_1=X_2=0$ bo‘lgandagina mantiqiy 0 hosil bo‘ladi. X_3 ning berilgan qiymatlarida uchinchi va to‘rtinchi chiqishlar, $\overline{X_3}$ ga mos keluvchi birinchi va ikkinchi chiqishlar qiymatlarini takrorlaydi. Bu to‘rttala funksiya haqiqiylik jadvalini tuzib, ular

$$Y_1 = (\overline{X_1 + X_2}) + \overline{X_3} \quad ; \quad Y_2 = (X_1 + X_2) + \overline{X_3} \quad ;$$

$$Y_3 = (\overline{X_1 + X_2}) + X_3 \quad ; \quad Y_4 = X_1 + X_2 + X_3$$

ekaniga ishonch hosil qilamiz.

Yuqoridagilardan kelib chiqadiki, EBM sxemotexnikasi TTMga nisbatan funksional jihatdan moslanuvchan va turli murakkablikdagi mantiq algebrasini yaratish imkonini beradi. Bu xossa matritsali kristallar asosida buyurtmaga asosan KISlar yaratishda keng qo‘llaniladi.

2.9-jadval

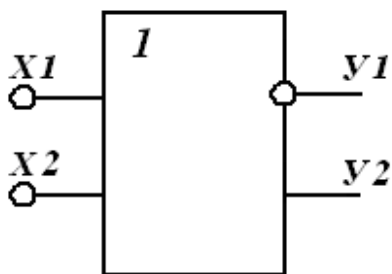
EBM seriya elementlari turlari

EBM RIS parametrlari	seriya		
	K137	100, K500, 700	1500
I_{KIR}^0 , mkA	0,5	0,5	0,5
I_{KIR}^1 , mkA	200	265	200
U_{CHIQ}^0 , V	- 1,6	- 1,6	- 1,65
U_{CHIQ}^1 , V	- 0,8	- 0,9	- 0,96
K_{TARM}	15	15	15
K_{BIRL}	9	9	9
$t_{o'rt.kech}$, ns	6	2,9	0,7
P_{ISTR} , mVt	70	35	50
I_M , mA	15	26	-
E_M , V	- 5,2	- 5,2	- 4,5

Bundan tashqari, ko‘pgina maxsus maqsadlar uchun ishlab chiqilgan EBM sxemalari mavjud (ikkilik axborotni indikatsiya qilish uchun, ma’lum shakldagi signallarni shakllantirish uchun va boshqalar).

EBM elementlari bir necha seriya (K137, K187, K229, 100, K500, 500 va boshqalar) ko‘rinishida ishlab chiqariladi. Bu seriyalar funksional va texnik to‘liqlikka ega, ya’ni ixtiyoriy arifmetik va mantiqiy amallarni hamda saqlash, yordamchi va maxsus funksiyalarni bajarilishini ta’minlaydi. EBM elementlar parametrlari 2.9-jadvalda keltirilgan.

EBM negiz elementining shartli garfik belgilarini 2.22-rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, u yerda $X1$, $X2$ - kirishlar, $Y1$ – invers chiqish; $Y2$ – to‘g‘ri chiqish. Element musbat mantiq uchun bir vaqtning o‘zida ikkita funksiyani amalga oshiradi: $Y1$ chiqish bo‘yicha 2YOKI-EMAS (Pirs elementi) va $Y2$ chiqish bo‘yicha 2YOKI (dizyunksiya). Ikki kirishli EBMning haqiqiylik jadvali 2.10-jadvalda keltirilgan.



2.21-rasm. Ikki kirishli EBM elementning shartli garfik belgilanishi.

2.10-jadval

Ikki kirishli EBM elementning haqiqiylik jadvali

x_1	x_2	y_1	y_2
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	0	1

Bir turdagi MDYA – tranzistorlar asosidagi mantiq elementlar

Axborotni qayta ishlash va saqlash vazifalarini bajaruvchi zamonaviy mikroelektron apparatlarda turli integratsiya darajasiga ega bo‘lgan IMSlar ishlatiladi. Ayniqsa, KIS va O‘KIS integratsiya darajasiga ega bo‘lgan IMSlar keng qo‘llanilmoqda.

TTM va EBM elementlari yuqori tezkorlikni ta’minlaydi, ammo iste’mol quvvati va o‘lchamlari katta bo‘lganligi sababli, faqat kichik va o‘rta integratsiya darajasiga ega bo‘lgan IMSlar yaratishdagina qo‘llaniladi.

1962-yilda planar texnologik jarayon asosida kremniy oksidili (SiO_2) MDYA – tranzistor yaratildi, keyinchalik esa uning asosida guruh usulida ishlab chiqarish yo‘lga qo‘yildi.

Integral BTLardan farqli ravishda bir turdagi MDYA integral tranzistorlarda izolatsiyalovchi choʻntaklar hosil qilish talab etilmaydi. Shuning uchun, bir xil murakkablikka ega boʻlganda, MDYA – tranzistorli IMSlar BTLarga nisbatan kristallda kichik oʻlchamlarga ega va yasash texnologiyasi sodda boʻladi. Kremniy oksidli MDYA ISlarning asosiy kamchiligi – tezkorlikning kichikligidir. Yana bir kamchiligi – katta isteʼmol kuchlanishi boʻlib, u MDYA ISlarni BT ISlar bilan muvofiqlashtirishni murakkablashtiradi. MDYA ISlar asosan uncha katta boʻlmagan tezkorlikka ega boʻlgan va kichik tok isteʼmol qiladigan mantiqiy sxemalar va KISlar yaratishda qoʻllaniladi. MDYA ISlarda eng yuqori entegratsiya darajasiga erishilgan boʻlib, bir kristallda yuz minglab va undan koʻp komponentlar joylashishi mumkin.

MDYA – tranzistorli mantiq (MDYATM) asosida yuklamasi MDYA–tranzistorlar asosida yaratilgan elektron kalit – invertorlar yotadi. Sxemada passiv elementlarning ishlatilmasligi, IMSlar tayyorlash texnologiyasini soddalashtiradi.

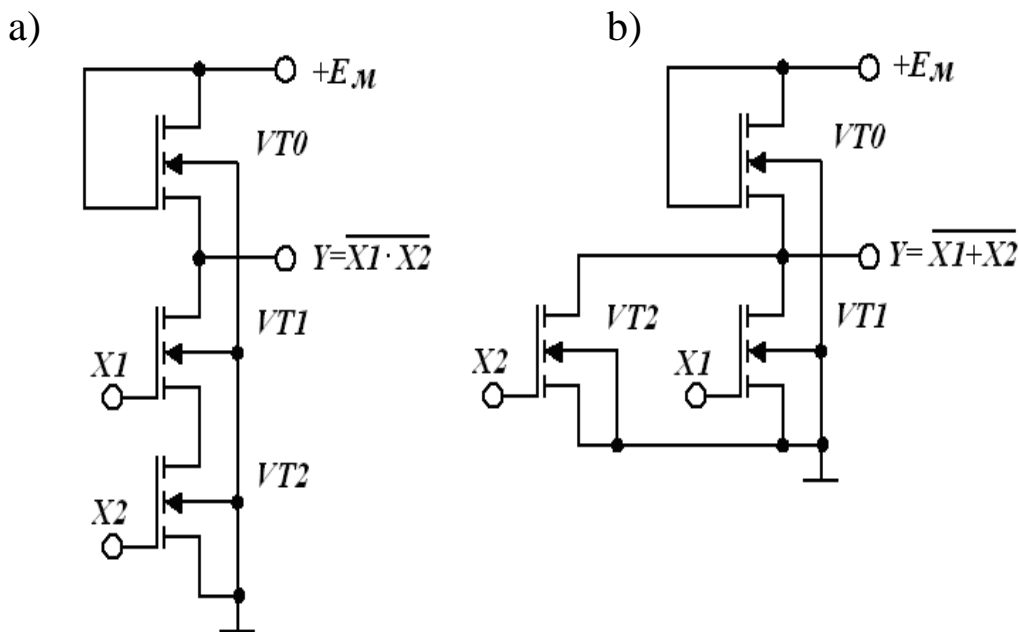
Mantiqiy IMSlar tuzishda n - yoki p -kanali induksiyalangan MDYA–tranzistorlardan foydalanish mumkin. Koʻproq n -kanalli tranzistorlar qoʻllaniladi, chunki elektronlarning harakatchanligi kovaklarnikiga nisbatan yuqori boʻlganligi sababli mantiqiy IMSlarning yuqori tezkorligi taʼminlanadi. Bundan tashqari, n -MDYATM sxemalar kuchlanish nominali va mantiqiy 0 va 1 sathlari boʻyicha TTM sxemalar bilan toʻliq muvofiqlikka ega.

Sodda 2HAM-EMAS va 2YOKI-EMAS ME sxemalari 2.23-rasmda keltirilgan.

Bu sxemalarda yuklama sifatida ishlatilayotgan VT0 tranzistorlar doim ochiq holatda boʻladi, chunki ularning zatvorlari kuchlanish manbaining musbat qutbga tutashgan. Ular tok cheklagichlar (dinamik qarshiliklar) vazifasini bajaradi.

2HAM-EMAS sxemada (2.23-a rasm) pastki VT1 va VT2 tranzistorlar ketma-ket, 2YOKI-EMAS sxemada esa (2.23-b rasm) – parallel ulanadi.

2HAM-EMAS ME ishini koʻrib chiqamiz. Agar qayta ulanuvchi tranzistorlar birining kirishidagi potensial boʻsagʻaviy potensial U_0 dan kichik boʻlsa, yaʼni $U_{KIR} < U_0$ (mantiqiy 0) boʻlsa, u holda, bu tranzistor berk boʻladi. Bu vaqtda yuklamadagi VT0 tranzistor stok toki ham nolga teng boʻladi. Shu sababli, sxemaning chiqishida manba kuchlanishi E_M qiymatiga yaqin boʻlgan, yaʼni mantiqiy birga mos kuchlanish oʻrnatiladi.



2.23-rasm. n - MDYA tranzistorli mantiq elementlar sxemalari.

Ikkala kirishga mantiqiy 1 sathga mos ($U^l_{KIR} > U_0$) musbat potensial berilsa, ikkala tranzistor ochiladi va chiqishda mantiqiy 0 ($U^0_{CHI} < U_0$) oʻrnatiladi.

2YOKI-EMAS elementda (2.23 - b rasm) biror kirishga yuqori sath kuchlanishi ($U^l_{KIR} > U_0$) berilsa, mos ravishda VT1 yoki VT2 tranzistor ochiladi va chiqishda mantiqiy 0 ($U^0_{CHI} < U_0$) oʻrnatiladi.

Agar ikkala kirishga mantiqiy 0 darajasi berilsa, VT1 va VT2 berk boʻladi. Chiqishda esa yuqori sath kuchlanishi – mantiqiy 1 oʻrnatiladi.

$U^0_{CHI} < U_0$ boʻlishi uchun, qayta ulanuvchi tranzistor (QUT) kanali kengligi yuklama vazifasini bajaruvchi tranzistor (YuT) kanali kengligidan katta, QUT kanal uzunligi esa YuT nikidan kichik boʻlishi kerak. Invertor statik rejimi va oʻtish jarayonlar tahlili shuni koʻrsatdiki, tezkorlik va isteʼmol quvvati nuqtayi nazaridan $E_M = (2 \div 3)U_0$ kuchlanish qiymati optimal hisoblanadi. Demak, $U_0 = 1,5 \div 3$ V boʻlganda $E_M = 4,5 \div 9$ V boʻladi.

MDYATM elementlarda real U^0_{CHI} qiymati $U^0 = U_{QOL} \approx 0,2 \div 0,3$ V dan katta emas, U^l_{CHI} qiymati esa $U^l_{CHI} \approx E_M$.

Mos ravishda mantiqiy oʻtish

$$U_M = E_M - U_{QOL} \approx E_M .$$

MDYATM elementning yana bir afzalligi – xalaqitbardoshligi yuqoriligidadir. BTlardagi MELarda mantiqiy 0 ning xalaqitbardoshligi $(1 \div 2)U^*$, yaʼni $0,7 \div 1,4$ V boʻlganda, MDYATM da $U^0_{XAL} = U_0 - U^0 \approx 1,5 \div 3$ V boʻladi.

HAM-EMAS elementida kirishlar soni ortgan sari xalaqitbardoshlik kamayadi, chunki bir vaqtda barcha tranzistorlarning qoldiq kuchlanishlari U_{QOL} ortadi. Shu sababli HAM-EMAS elementlarda kirishlar soni 4 tadan ortmaydi, YOKI-EMAS elementlarda esa 10 – 12 tagacha yetadi. Amalda YOKI-EMAS elementlar ko'p qo'llaniladi, HAM-EMAS elementlar esa faqat IS seriyalarining funksional to'liqligi uchun ishlatiladi. MDYA sxemalarning yuklama qobiliyati katta, chunki kirish (zatvor) zanjiri deyarli tok iste'mol qilmaydi. Demak, ish jarayonida zanjirdagi barcha MELar bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda ishlaydi, U^0 va U^1 sathi esa yuklamaga bog'liq bo'lmaydi.

MDYA – tuzilma elementlari tezkorligi esa kirish va chiqish zanjirlarini shuntlovchi sig'implarning qayta zaryadlanish vaqti bilan aniqlanadi. Tezkorlikni oshirish yo'lidagi barcha urinishlar boshqa kamchiliklarni yuzaga keltirdi. Masalan, tezkorlikni ortishi yuklamadagi sig'implarni qayta zaryadlanish toki qiymatini ortishiga olib keladi. Lekin bu usul iste'mol quvvatini va chiqishdagi mantiqiy sathlar nobarqarorligini ortishiga olib keladi. Ko'rsatilgan qarama-qarshiliklar turli o'tkazuvchanlikka ega (komplementar) tranzistorli kalitlar yordamida, sxemotexnik usulda bartaraf etilishi mumkin.

Komplementar MDYA – tranzistorlar asosidagi mantiq elementlar

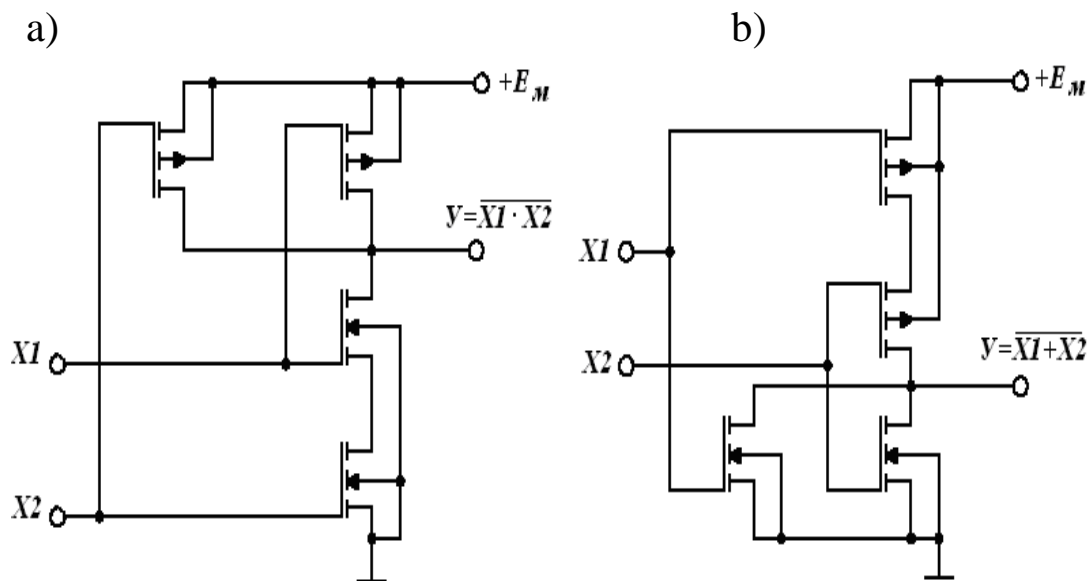
Komplementar MDYA – tranzistorli elektron kalitlarning afzalliklari ko'rib chiqilgan. Bu kalitlarning statik rejimda quvvat iste'moli o'nlarча nanovattni tashkil etib, tezkorligi esa 10 MGs va undan yuqori chastotalarda ishlashga imkon beradi. MDYA – tranzistorli RISlar ichida komplementar MDYA – tranzistorli MELar (KMDYATM) yuqori xalaqitbardoshlikka ega bo'lib, kuchlanish manbai qiymatining 10÷45%ni tashkil etadi. Yana bir afzalligi – kuchlanish manбайдan samarali foydalanish hisoblanadi, chunki mantiqiy o'tish deyarli kuchlanish manbai qiymatiga teng. Demak, RISlar kuchlanish manbai qiymatining o'zgarishiga sezgir emas. KMDYA – tranzistorli MEda kirish va chiqish signallari qutblari va sathlari mos tushadi, bu esa o'z navbatida MELarni o'zaro bevosita ulash imkoniyatini beradi (sath siljitish qurilmasi talab etilmaydi).

KMDYA-tranzistorlarda HAM-EMAS va YOKI-EMAS mantiqiy amallar oson tashkil etiladi. HAM-EMAS mantiqiy amali kirish tranzistorlarini ketma-ket ulash yo'li bilan, YOKI-EMAS mantiqiy

amali esa, ularni parallel ulash yo‘li bilan amalga oshiriladi. Bu vaqtda har bir kirish uchun kalit-invertorni hosil qiluvchi ikkita tranzistor talab qilinadi. Yuklamadagi p -kanalli va qayta ulanuvchi n -kanalli tranzistorlarning bunday kombinatsiyasi KMDYA–tranzistorlarning asosiy xossasi – statik rejimda ixtiyoriy kirish signalida tok iste‘mol qilmaslik shartini saqlab qoladi.

2HAM-EMAS sxemada yuklama vazifasini bajaruvchi tranzistorlar bir-biriga parallel ulanadi (2.24-a rasm), 2YOKI-EMAS sxemada esa, ketma-ket (2.24-b rasm). Bunday prinsip yordamida faqat ikki kirishli elementlar emas, balki kirishlar soni katta bo‘lgan sxemalar ham tuziladi.

2HAM-EMAS sxema (2.24-a rasm) quyidagicha ishlaydi. Sxema kirishlariga $U^0_{KIR} < U^n_{BO'S}$ kuchlanish berilsa, barcha qayta ulanuvchi (n – kanalli tranzistorlar) ochiq bo‘lib, chiqish kuchlanishi U^0 ga teng bo‘ladi. Kirish signallarining boshqa kombinatsiyalarida ketma-ket ulangan qayta ulanuvchi tranzistorlardan biri berkiladi. Bu vaqtda chiqish kuchlanishi $U^1 = E_M$ ga teng bo‘ladi.



2.24-rasm. KMDYA tranzistorlar asosidagi 2HAM-EMAS (a) va 2YOKI-EMAS (b) mantiq elementlarning sxemasi.

2YOKI-EMAS sxema (2.24-b rasm) quyidagicha ishlaydi. Sxema kirishlariga $U^0_{KIR} < U^n_{BO'S}$ kuchlanish berilsa, qayta ulanuvchi n – kanalli tranzistorlar berk bo‘ladi, chunki ularda kanal induksiyanlanmaydi. p -kanalli tranzistorlarda esa kanal induksiyanlanadi, chunki ularning zatvorlari asosga nisbatan manfiy potensialga ega bo‘ladi. Bu potensial qiymati $U^0_{KIR} - E_M \approx -E_M$ bo‘lib, bo‘lag‘aviy kuchlanish

qiymatidan katta bo‘ladi. Lekin kanallardan berk tranzistor-larning juda kichik toklari oqib o‘tadi. Shu sababli kanallardagi kuchlanish pasayishi deyarli nolga teng bo‘ladi va chiqish kuchlanishi $U^1 = E_M$ bo‘lib mantiqiy 1 ga mos keladi.

Agar qayta ulanuvchi tranzistorlardan birining zatvoridagi kirish kuchlanishi bo‘lag‘aviy kuchlanish qiymatidan katta bo‘lsa $U^1_{KIR} > U^n_{BO'S}$, bu tranzistorda kanal induksiyanlanadi. Unga mos keladigan yuklama tranzistorida esa kanal yo‘qoladi, ya‘ni tranzistor berkiladi. Sxema chiqishidagi kuchlanish qoldiq kuchlanish qiymatiga teng, ya‘ni deyarli nol bo‘ladi. Shu sababli, uni mantiqiy 0 sath $U^0 = 0$ deb hisoblash mumkin.

Demak, mantiqiy o‘tish $U_M = E_M$ ni tashkil etadi.

Statik holatda KMDYA – tranzistorlarda bajarilgan elementlar quvvat iste‘mol qilmaydi, chunki tranzistorlarning bir guruhi berk bo‘lib, deyarli tok iste‘mol qilmaydi. Bu vaqtda ulardan berk tranzistorlarning juda kichik toki oqib o‘tadi. Shu sababli RIS iste‘mol qilayotgan quvvat minimal bo‘lib, asosan sig‘imlarni qayta zaryadlash uchun sarflanayotgan quvvat bilan aniqlanadi.

KMDYATM elementlarning tezkorligi MDYATM elementlar tezkorligiga nisbatan sezirlarli daraja yuqori. Bu holat, KMDYATM elementlarida kanal kengligiga cheklanishlar qo‘yilmaganligidan kelib chiqadi. Chunki parazit sig‘imlar qayta zaryadlanadigan ochiq tranzistorlarda yetarli o‘tkazuvchanlikni ta‘minlash maqsadida kanal kengligi ancha katta olinadi.

2.11-jadval

KMDYATM seriya elementlarining asosiy parametrlari

KMDYATM RIS parametrlari	seriya			
	164	176	561	564
$t_{o'rt.kech}$, ns	200	250	50	50
$R_{O'RT}$, mVt	0,1	0,1	0,1	0,1
E_M , V	9	9	5	9
U^0_{CHIQ} , V	0,5	0,3	0	0
U^1_{CHIQ} , V	7,7	8,2	5	9
K_{TARM}	50	50	50	50

Sanoatda KMDYA – tranzistorlar asosida yaratilgan MELar bir necha seriyada ishlab chiqariladi: 164, K176, K564, 764,765. Bu

seriyalar funksional va texnik to'liqlikka ega, ya'ni ixtiyoriy arifmetik va mantiqiy amallarni hamda saqlash, yordamchi va maxsus funksiyalarni bajaradi.

Turli seriyadagi KMDYATM asosiy parametrlari 2.11-jadvalda keltirilgan.

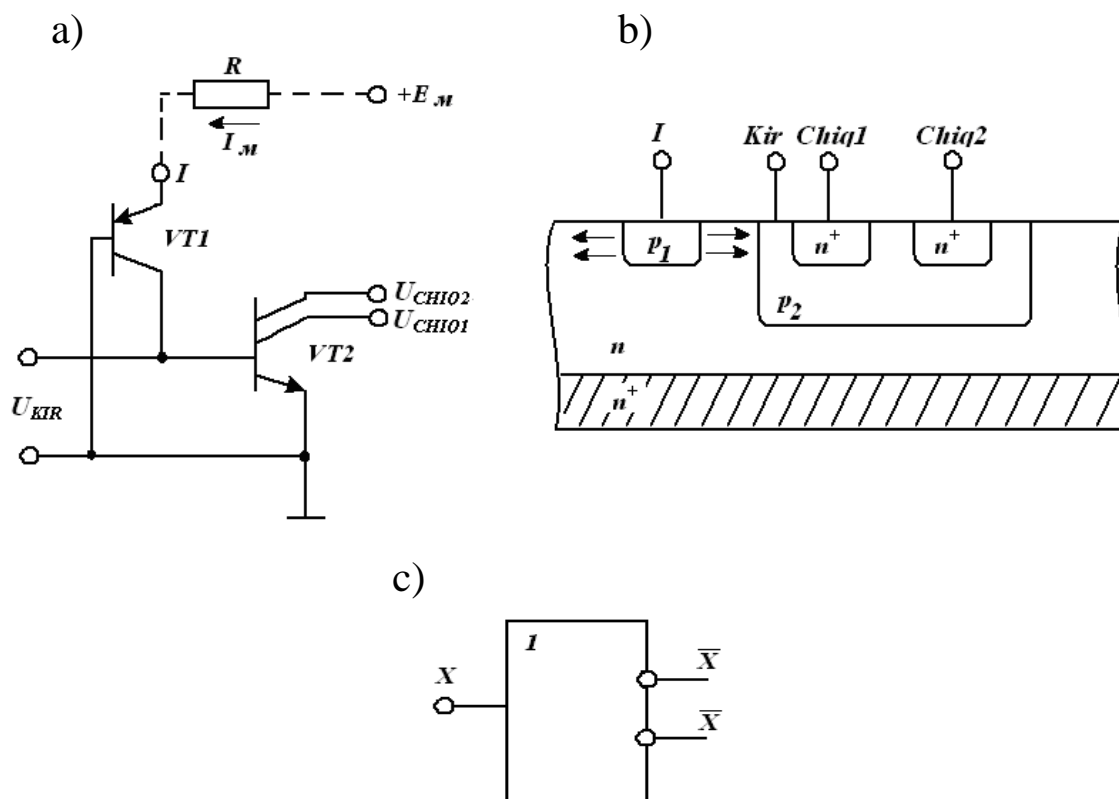
Integral - injeksion mantiq elementlari

Mikroelektron apparatlar rivoji KIS va O'KISlarni keng qo'llashga asoslangan. Bu bilan apparatlarning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari ortmoqda: ishonchlik, xalaqitbardoshlik ortmoqda, massasi, o'lchamlari, narxi kamaymoqda va h.k.

KIS MELari tezkorligining kichikligiga qaramasdan MDYA – texnologiyada bajarilar edi. ME tezkorligini oshirish muammosi Philips va IBM firmalari tomonidan BT asosida integral-injeksion mantiq (I^2M) negiz elementi yaratilishiga sabab bo'ldi.

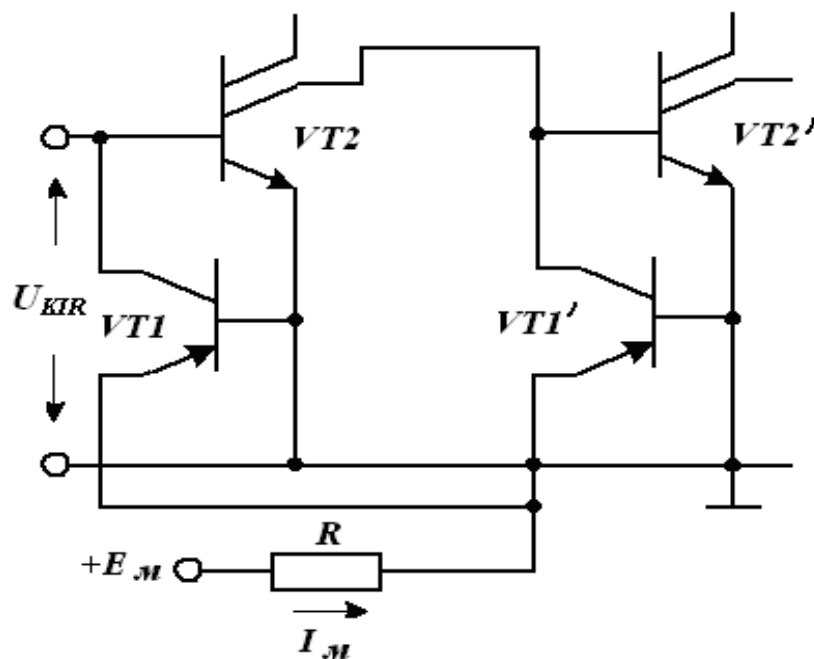
I^2M negiz elementi sxemasi 2.25, a-rasmda keltirilgan. Element VT1 (p_1-n-p_2) va VT2 ($n-p_2-n^+$) komplementar BTlardan tashkil topgan. VT1 tranzistor, kirish signalini inverslovchi VT2 tranzistor uchun baza toki generatori (injektor) vazifasini bajaradi. VT2 tranzistor odatda, bir nechta kollektorga ega bo'lib, element mantiqiy chiqishlarini tashkil etadi. I^2M turdagi elementlarda hosil qilingan mantiqiy sxemalarda, VT1 tranzistor emitteri hisoblangan injektor (I), kuchlanish manbai bilan R rezistor orqali ulanadi va uning qarshiligi talab etilgan tokni ta'minlaydi. Bunday tok bilan ta'minlovchi qurilma injektor toki qiymatini, keng diapazonda o'zgartirib uning tezkorligini o'zgartirishga imkon beradi. Amalda injektor toki $1 \text{ nA} \div 1 \text{ mA}$ gacha o'zarishi mumkin, ya'ni VT1 tranzistor EO'idagi kuchlanishni ozgina orttirib (har 60 mVda tok 10 marta ortadi) tok qiymatini 6 tartibga o'zgartirish mumkin.

I^2M IS kremniyli n^+ - asosda tayyorlanadi (2.25-b rasm), u o'z navbatida barcha invertor emitterlarini bilashtiruvchi umumiy elektrod hisoblanadi (rasmda bitta invertor ko'rsatilgan). $n-p-n$ turli tranzistor bazasi bir vaqtning o'zida $p-n-p$ turli tranzistorni kollektori bo'lib hisoblanadi. Elementlarning bunday tayyorlanishi funksional integratsiya deyiladi. Bu vaqtda turli elementlarga tegishli sohalarni izolatsiya qilishga (TTM va EBM elementlaridagi kabi) ehtiyoj qolmaydi. I^2M elementi rezistorlardan holi ekanligini inobatga olsak, yaxlit element kristallda TTMdagi standart KET egallagan hajmni egallaydi.



2.25-rasm. I²M negiz elementning prinsipial sxemasi (a), topologiya qirqimi (b) va shartli belgilanishi (c).

Elementning ishlash prinsipi. Ikkita ketma-ket ulangan I²M elementlar zanjiri 2.26-rasmda tasvirlangan.



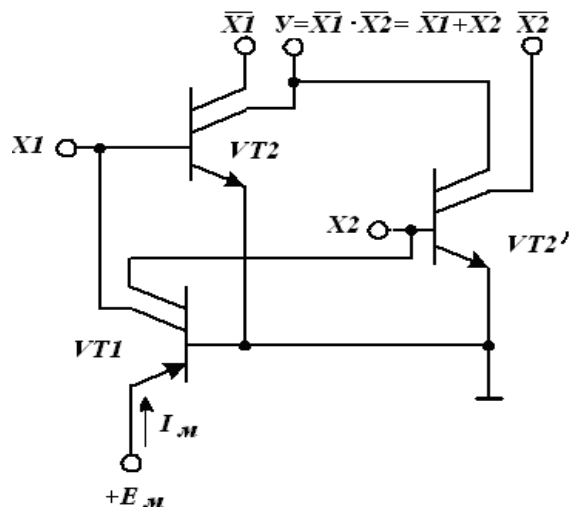
2.26-rasm. I²M ME zanjiri.

Agar sxemaning kirishiga berilgan kuchlanish $U^0_{KIR} < U^*$ bo'lsa, u holda, qayta ulanuvchi VT2 tranzistorning ikkala o'tishi berk bo'ladi. VT1 injektordan berilayotgan tok I_M , qayta ulanuvchi tranzistor bazasidan kirish zanjiriga uzatiladi. Bu holatda chiqish kuchlanishi keyingi kaskad qayta ulanuvchi VT2' tranzistorining to'g'ri siljirilgan $p-n$ o'tishi kuchlanishiga teng bo'ladi, ya'ni $U^1_{CHI} = U^* \approx 0,7$ V. Agar sxemaning kirishidagi kuchlanish $U^1_{KIR} > U^*$ bo'lsa, u holda, qayta ulanuvchi VT2 tranzistor ochiladi. p_2 sohaga kelib tushayotgan kovaklar bu sohani tez zaryadlaydi. VT1 injektor to'yinish rejimiga o'tadi. p_2 soha potentsiali injektor potentsialiga deyarli teng bo'ladi. VT2 tranzistorning emitter-baza o'tishi to'g'ri yo'nalishda siljiydi va elektronlarning bazaga, keyin esa kollektorga injeksiyasi boshlanadi. Kollektorga kelayotgan elektronlar p_2 sohadan kelgan kovaklarni neytrallaydi. Natijada, kollektor potentsiali pasayadi va baza potentsialidan kichik bo'lib qoladi. VT2 tranzistor to'yinish rejimiga o'tadi va element chiqishida to'yingan tranzistor kuchlanishiga teng bo'lgan kichik sathli kuchlanish o'rnatiladi. Real sharoitda u $0,1 \div 0,2$ V ga teng. Shunday qilib, I²M negiz ME uchun quyidagi munosabatlar haqiqiydir: $U^0 = 0,1 \div 0,2$ V; $U^1 = 0,6 \div 0,7$ V. Bundan I²M negiz ME uchun mantiqiy o'tish $U_{MO} = 0,4 \div 0,6$ V ekanligi kelib chiqadi.

2.26-rasmdagi sxemadan foydalanib 2HAM-EMAS va 2YOKI-EMAS mantiqiy amallarini bajaruvchi MElarni tuzish mumkin. Masalan, 2.27-rasmda ikkita invertorni metall o'tkazgichlar bilan tutashtirish yo'li bilan 2YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish mumkin. Bu vaqtda ikkala inverter VT1 tranzistorda hosil qilingan yagona ko'p kollektorli (ikki kollektorli) injektordan ta'minlanadi. Keltirilgan sxemadan ko'rinib turibdiki, chiqishlar kirishdagi o'zgaruvchilarga nisbatan umumiy nuqtaga parallel ulansa, YOKI-EMAS mantiqiy amal bajariladi. Chiqish signallariga nisbatan esa HAM amali bajariladi. Shuni ta'kidlash kerakki, inverterlarning ikkinchi kollektorlari yordamida qo'shimcha kirish signallarini inkor etish mantiqiy amalini (\bar{x}_1, \bar{x}_2) bajarish mumkin, bu esa o'z navbatida ME imkoniyatlarini kengaytiradi.

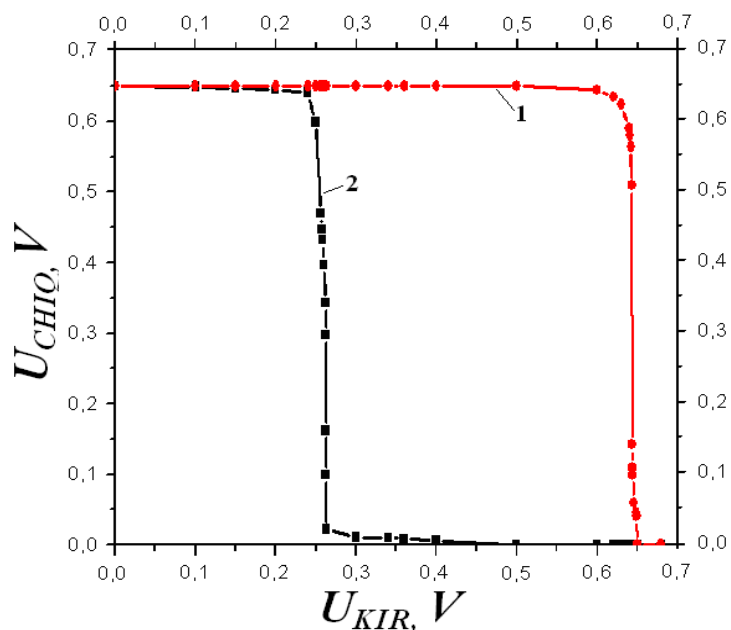
I²M sxemalar tezkorligi injeksiya toki I_I ga kuchli bog'liq bo'lib, tok ortgan sari ortadi. Bu vaqtda A_{QU} ozgina ortadi va $4 \div 0,2$ pDjni tashkil etadi. Element qayta ulanishining o'rtacha kechikish vaqti $10 \div 100$ ns, ya'ni TTM elementnikiga nisbatan bir necha marta katta. Ammo quvvat iste'moli 1–2 tartibga kichik bo'ladi. Mantiqiy o'tish kichikligi tufayli I²M elementining xalaqitbardoshligi ham kichik ($20 \div 50$ mV) bo'ladi. Shuning uchun bu

sxemalar faqat KIS va O'KISlar tarkibida va kichik integratsiya darajasiga ega mustaqil ISlar sifatida qo'llaniladi.



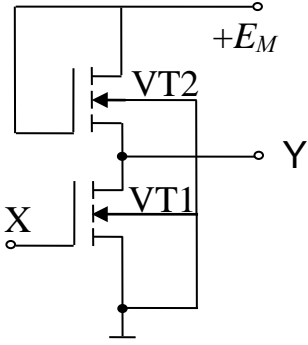
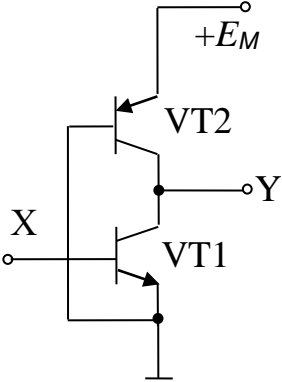
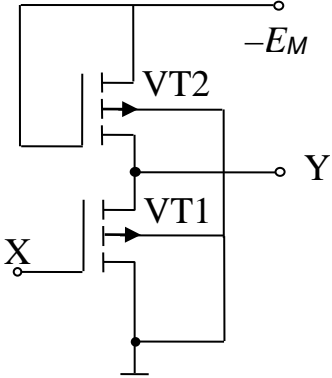
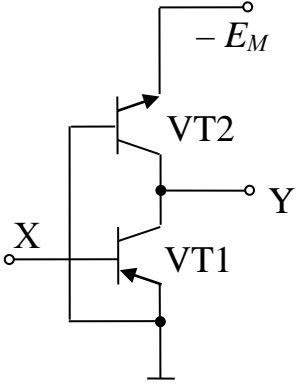
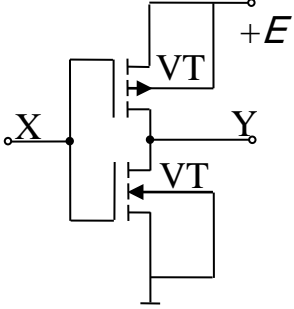
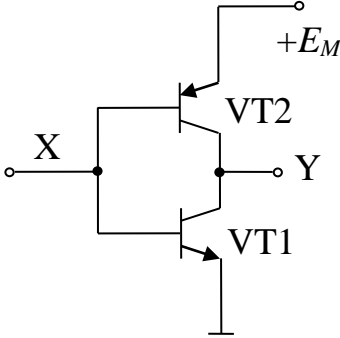
2.27-rasm. YOKI-EMAS amalini I²M mantiqiy elementlar asosida tashkil etish sxemasi.

I²M MEning X kirishiga statik rejimda mantiqiy 1ga mos kuchlanish berilganda manba E_M dan energiya iste'mol qilishi, uning kamchiligi hisoblanadi. Bu kamchilikni 2.12-jadvalda keltirilgan komplementar BT (KBT)larda tuzilgan invertor sxemalar yordamida bartaraf etish mumkin (2.28-rasm). KBTlarda injeksiya – voltaik rejimda ishlovchi ikki ($n-p-n$ va $p-n-p$) turli BTlar ketma-ket ulanadi.

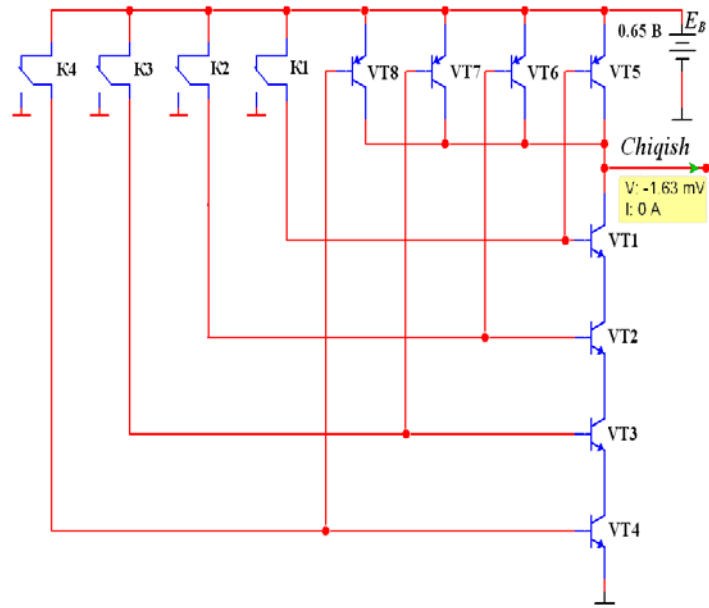


2.28-rasm. I²M (1) va KBT (2) invertorlarning amplituda uzatish xarakteristikalari.

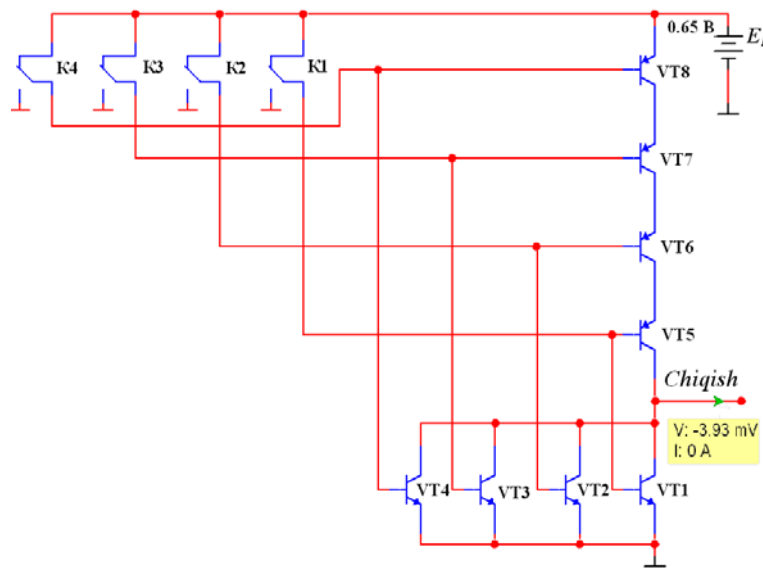
MDYA – va BTlar asosidagi inverterlarni taqqoslash

№	MDYA – tranzistorlar asosidagi inverter sxemalari	BTlar asosidagi inverter sxemalari
1	<p style="text-align: center;">n-MDYA</p> 	
2	<p style="text-align: center;">p-MDYA</p> 	
3	<p style="text-align: center;">KMDYA</p> 	<p style="text-align: center;">KBT</p> 

Jadvaldan I²M invertori *n*-MDYA tranzistorli, *n-p-n* dinamik yuklamali *p-n-p* BTda bajarilgan inverter esa *p*-MDYA tranzistorli inverter analogi ekanligi ko‘rinib turibdi.



2.29-rasm. «4HAM-EMAS» ME sxemasi.



2.30-rasm. «4YOKI-EMAS» ME sxemasi.

KBTlarda bajarilgan «4HAM-EMAS» ME 2.29-rasmda va «4YOKI-EMAS» ME 2.30-rasmda ko‘rsatilgan.

Nazorat savollari

1. Raqamlarni bir sanoq tizimidan ikkinchisiga o'tkazish qanday amalga oshiriladi?
2. Mantiq algebrasidagi Bul konstantasi va o'zgaruvchisi deb nimaga aytiladi?
3. Bul algebrasining asosiy amallarini sanab bering. Ular haqiqiylik jadvallari va algebraik ifodalar orqali qanday ifodalanadi?
4. Funktsional to'liq majmua deb nimaga aytiladi?
5. Raqamli tizimlarda qanday fizik kattalik mantiqiy o'zgaruvchilarning mumkin bo'lgan qiymatlari bilan namoyon qilinadi?
6. Diskret kuchlanishni kodlashning ikki usulini aytib bering.
7. Mening uzatish xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
8. Mantiqiy o'zgaruvchilarning statik va dinamik parametrlarini aytib bering.
9. Elektron kalit qanday elementlardan tashkil topgan?
10. Elektron kalit yasashda qanday qurilmalardan foydalaniladi?
11. RISlarda qo'llaniladigan kalit turlarini aytib bering.
12. TTM MElarning keng tarqalganligini nima bilan tushuntirish mumkin?
13. TTM MElarning asosiy statik va dinamik parametrlari hamda xarakteristikalarini sanab bering.
14. EBM MElarning tezkorligi nima bilan tushuntiriladi?
15. EBM negiz ME sxemasida asosiy tugunlarni ajratib ko'rsatish mumkinmi?
16. Nima sababdan ko'pchilik EBM MElarda emitter qaytargichlar qo'llaniladi?
17. TTMSH sxemadagi diodlar va Shottki tranzistorlari vazifasini tushuntiring.
18. Dinamik yuklamali MDYA – tranzistorli elektron kalit sxemasini keltiring.
19. Bir turdagi MDYA – tranzistorli 3HAM-EMAS va 3YOKI-EMAS amallarini bajaruvchi ME sxemasini keltiring va ularni ishlashini tushuntiring.
20. KMDYA – tranzistorli 3HAM-EMAS va 3YOKI-EMAS MElari sxemasini tushuntiring.
21. P²M ME texnologiya va sxemotexnik yechimi xossalari nimadan iborat?
22. Negiz P²M ME sxemasi va uning topologiyasini keltiring.

III BOB

KOMBINATSION TURDAGI RAQAMLI SXEMALAR

3.1. Umumiy ma'lumotlar

Qattiq jisimli elektronika sohasining raqamli mikrosxemalarni yaratish yo'lidagi erishgan yutuqlari fan va texnikaning ixtiyoriy murakkablikdagi qurilmalarini yig'ish imkonini beradi. Buning uchun qurilma axborotlarni qabul qilish, saqlash, kerakli o'zgartirishlarni amalga oshirish va ma'lumotlarni uzatish kabi tugallangan jarayonlarni bajara olishi kerak. Bunday qurilmalar *raqamli tizimlar* deb ataladi va turli funksional bloklar va tugunlardan tashkil topadi. Ular esa o'z navbatida kichik integratsiya darajasidagi yoki KIS va O'KIS tarkibiga kiradigan alohida yasalgan negiz sxemalardan yig'iladi.

Funksional tugun deb *mikroamallarni* bajarishni ta'minlaydigan mantiqiy elementlar majmuiga aytiladi. Mikroamallarga arifmetik qo'shuv, konyunksiya, dizyunksiya, inversiya va boshqalar kiradi. Jamlagichlar, kod o'zgartirgichlar, siljitivchi registrlar va shu kabilar tugunlar qisoblanadi. Raqamli sxemalarning funksional tugunlarining asosiy turlari 5 va 6 boblarda batafsil keltirilgan.

Bir qurilma tarkibiga kiruvchi va bir turdagi mikroamallarni bajaruvchi *funksional tugunlar* ko'p hollarda funksional bloklarga birlashadi. Arifmetik-mantiqiy blok, xotira bloki, boshqaruv bloki va boshqalar funksional bloklarga misol bo'ladi.

Raqamli qurilmalar tugunlari va bloklari ikki sinfga bo'linadi: *kombinasion* va *ketma-ketli*. Kombinasion tugunlar va bloklar xotiraga ega emas, ketma-ketligi esa, xotira elementlariga ega.

Kombinasion sxemalarda chiqishdagi signal mazkur vaqtda kirishga berilayotgan mantiqiy signallar kombinatsiyasiga aynan mos keladi. Shu sababli, bu turdagi sxemalarga xotira zarur emas.

3.2. Kombinasion sxemalarni sintez qilish uslubi

Funksional tugun va bloklar sodda mantiqiy amallarni bajaradigan elektron sxemalarda tuziladi. Bu sxemalar negiz mantiqiy elementlar

deb ataladi. Raqamli sxemalarda turli mantiqiy funksiyalarni amalga oshirish uchun *minimal element bazis* (yoki *baza*) deb ataluvchi mantiqiy elementlar majmuasiga ega bo'lish etarli qisoblanadi.

Minimal element bazislar:

- biri HAM, ikkinchisi esa, EMAS amalini bajaruvchi ikki turdagi mantiqiy elementlar majmui;

- biri YOKI, ikkinchisi esa, EMAS amalini bajaruvchi ikki turdagi mantiqiy elementlar majmui;

- YOKI-EMAS (EMAS-YOKI) amalini bajaruvchi Pirs mantiqiy elementlari majmui;

- HAM-EMAS amalini bajaruvchi Sheffer mantiqiy elementlari majmui.

Amalda elementlar va boshqalar nomenklaturasini qisqartirish maqsadida HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS amallarni bajaruvchi element bazasidan foydalaniladi. Lekin, faqat minimal bazis elementlaridan foydalangan qolda raqamli tizimni shakllantirish qurilmaning murakkablashib ketishiga olib keladi.

U qolda tizim parametrlarini yahshilash maqsadida, HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS minimal bazis elementlaridan tashqari, HAM-YOKI-EMAS, HAM, YOKI, istisnoli YOKI va boshqa amallarni bajaruvchi sxemalar ham qo'llaniladi.

Minimal element bazisi mantiqiy elementlarning *funrsional to'liq tizimi* qisoblanadi. Ya'ni, minimal bazis mantiqiy elementlari majmui ixtiyoriy murakkablikdagi mantiqiy sxemani shakllantirishga imkon beradi.

Misol tariqasida, YOKI-EMAS elementi yordamida (3.1-rasm) va faqat HAM-EMAS elementlari yordamida (3.2-rasm) HAM, YOKI va EMAS amallari qanday bajarilishini ko'rib chiqamiz.

Murakkab mantiqiy qurilmalar sintezini boshlashdan avval, quyidagi amallar ketma-ketligini bajarish zarur:

- mazkur tugun (blok) bajarishi kerak bo'lgan berilgan murakkab mantiqiy funksiyani minimallashtirish;

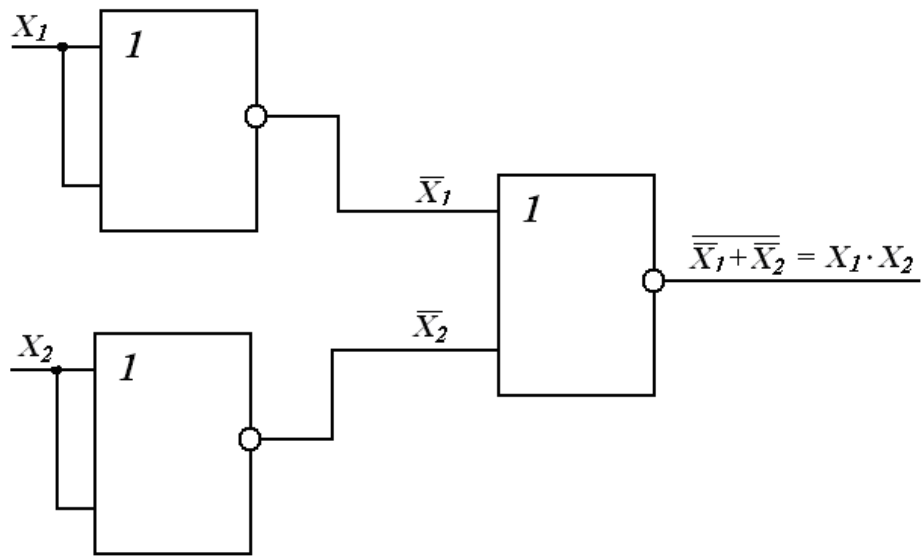
- element baza tanlash;

- minimallashtirgan mantiqiy funksiyani tanlangan bazaga ko'ra o'zgartirish;

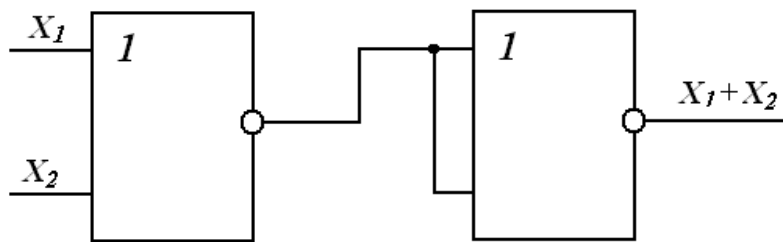
- elektr sxemani sintezlash.

O'zgaruvchi kattaliklar orasidagi $u=f(x)$ bog'liqlik yoki funksiya turli shaklda ifodalanishi mumkin.

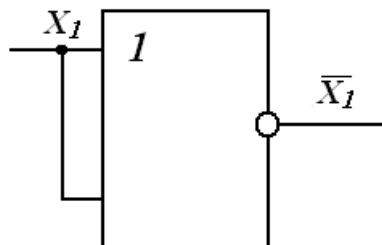
a)



b)

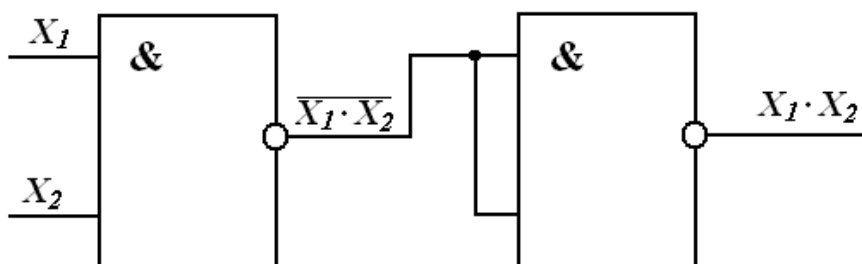


c)

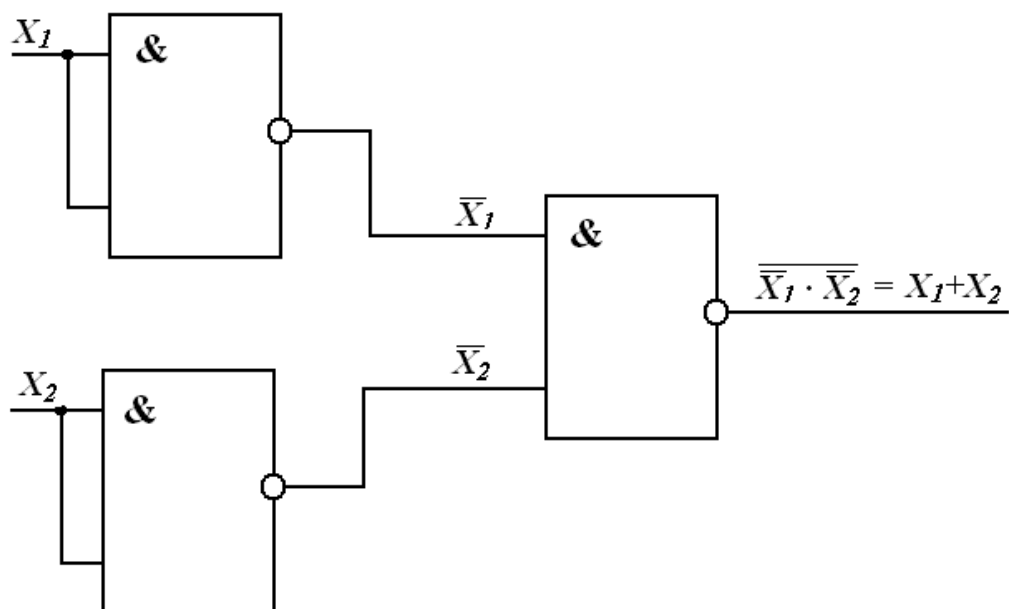


3.1-rasm. 2YOKI-EMAS elementi asosida HAM (a), YOKI (b) va EMAS (c) mantiqiy amallarini shakllaniishi.

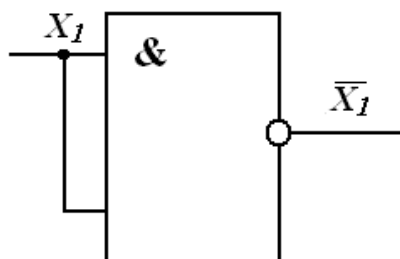
a)



b)



c)



3.2-rasm. 2HAM-EMAS elementi asosida HAM (a), YOKI (b) va EMAS (c) mantiqiy amallarini shakllaniishi.

Raqamli qurilmalarning ishlash algoritmi matematik mantiq yordamida ifodalanadi. Shu sababli qurilmalar mantiqiy qurilmalar sinfiga taa'lluqli. Mantiqiy qurilmalarda chiqishdagi o'zgaruvchilar (funksiya) u_i ning kirishdagi o'zgaruvchilar majmuasi $x_{n-1} \dots x_2 x_1$ orqali, mantiq algebrasi yordamida ifodalanishi **mantiq algebrasi funksiyasi** (MAF) deb ataladi. Raqamli qurilmalarda qayta ulanuvchi elementlar («ochiq» holatidan «berk» holatiga o'tuvchi va aksincha) qo'llanilgani sababli mantiq algebra funksiyasini yana **qayta ulanuvchi funksiya** deb qam atashadi.

Ba'zi qurilmalar MAFini to'rt usulda ifodalash mumkin.

MAFning so'z yordamida ifodalanishi. MAFning so'z yordamida ifodalanishini Istisnoli YOKI mantiqiy amalini bajaruvchi mantiqiy element misolida ko'rib chiqamiz. Bu amal shunchalik muqimki, uning uchun \oplus belgisi kiritilgan. Ikkita o'zgaruvchi uchun mazkur MAFning so'zli ifodasi quyidagicha bo'ladi: agar ikkala o'zgaruvchi qarama-qarshi belgilarga ega bo'lsa, ularning mantiqiy funksiyasi birga teng bo'ladi.

Mazkur MAFning jadval ko'rinishida ifodalanishi. Funksiyani jadval yordamida ifodalanishi haqiqiylik jadvali deb ataladi va u kirishdagi ikkita x_i o'zgaruvchilarning ixtiyoriy kombinatsiyasidan va ularga mos keluvchi chiqishdagi o'zgaruvchi u_i qiymatlaridan tashkil topgan bo'ladi. Istisnoli YOKI funksiyasi uchun haqiqiylik jadvali 3.1-jadvalda keltirilgan.

3.1-jadval

x_1	x_2	u
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

MAFning algebraik ifoda shaklida keltirilishi. Bu holda, mantiqiy blok sintezi uchun MAFning standart ifodalanish usullaridan biri qo'llanilishi mumkin.

a) **Dizyunktiv normal shakl** (DNSH). Bu ifodalanish shaklida funksiya barcha kirishdagi o'zgaruvchilar ko'paytmasi yoki ularning inversiyasidan tashkil topgan qo'shiluvchilar yig'indisidan tashkil topadi. DNSH haqiqiylik jadvalidan olinadi. Funksiya birga teng bo'ladigan kirishdagi o'zgaruvchilarning barcha kombinatsiyasi uchun, kirishdagi o'zgaruvchilarning ko'paytmasi yoziladi. Bunda nolga teng

bo‘lgan o‘zgaruvchilar inversiyalanib yoziladi. Hosil bo‘lgan ko‘paytma **konstituentalar** yoki **birning mintermi** deb ataladi. So‘ngra barcha bir konstituentalari mantiqiy qo‘shiladi. Ko‘rib chiqilgan qoidalarga asoslanib Istisnoli YOKI MAF uchun DNSH quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y(x_1x_2) = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2} = x_1 \oplus x_2 . \quad (3.1)$$

b) **Konyunktiv normal shakl** (KNSH). Bu ifodalanish shaklida funksiya barcha kirishdagi o‘zgaruvchilar yig‘indisi yoki ularning inversiyasidan tashkil topgan ko‘paytmalar yig‘indisidan tashkil topadi. KNSH ham haqiqiylik jadvalidan olinadi. Funksiya nolga teng bo‘ladigan kirishdagi o‘zgaruvchilarning barcha kombinatsiyasi uchun, kirishdagi o‘zgaruvchilarning yig‘indisi yoziladi. Bunda birga teng bo‘lgan o‘zgaruvchilar inversiyalanib yoziladi. Hosil bo‘lgan yig‘indi **konstituentalar** yoki **nolning makstermi** deb ataladi. So‘ngra barcha nol konstituentalari mantiqiy ko‘paytiriladi. Ko‘rib chiqilgan qoidalarga asoslanib Istisnoli YOKI MAF uchun KNSH quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

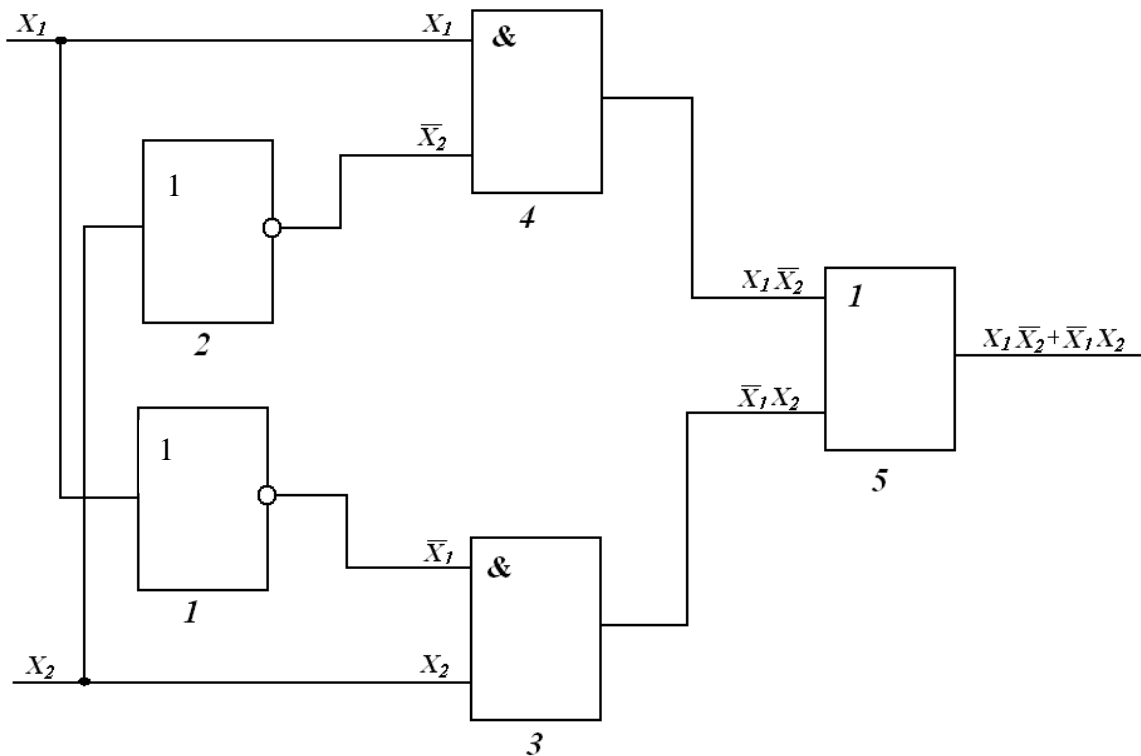
$$y(x_1x_2) = (x_1 + x_2)(\overline{x_1} + \overline{x_2}) = x_1 \oplus x_2 . \quad (3.2)$$

Izoh: so‘nggi paytlarda MAFning kub shaklda ifodalanishi keng tarqalgan bo‘lib, integral mikrosxemalarni mantiqiy loyihalash jarayonlarini avtomatlashtirishda qo‘llaniladi.

Muhim hulosa: umumiy hollarda DNSH va KNSHlar ortiqcha qisoblanadi. Ya’ni, ko‘rib chiqilgan qoidalar asosida tuzilgan DNSH va KNSHlarda ortiqcha o‘zgaruvchilar va tashkil etuvchilarga ega bo‘ladi. Ortiqcha o‘zgaruvchilar va tashkil etuvchilar olib tashlansa (ya’ni ifoda soddalashtirilsa), u holda,, minimal yig‘indi yoki minimal ko‘paytma hosil bo‘ladi.

Minimal yig‘indi yoki minimal ko‘paytma 2 - bobdagi 2.1 - jadvalda keltirilgan aksioma va mantiqiy algebra qonunlari yordamida hosil qilinadi. Misol tariqasida, mantiqiy algebra usullaridan foydalanib, Istisnoli YOKI mantiqiy funksiyasini minimallashtirish mumkinligini ko‘rib chiqamiz. Agar bu mumkin bo‘lsa, bu amalni bajaradigan sxema iqtisodiy jihatdan eng samarali hisoblanadi.

(3.1) funksiyani amalga oshirishga mo‘ljallangan qurilma blok-sxemasi 3.3-rasmda keltirilgan. Tahlil qilishga qulay bo‘lishi uchun ularni raqamlaymiz.



3.3-rasm. Minimallashtirilgan MAF yordamida ifodalangan, Istisnoli YOKI amalini bajaruvchi qurilma blok-sxemasi.

3.3-rasmning chap qismidan tahlilni boshlab, 1 va 2 invertorlar x_1 va x_2 o'zgaruvchilar qiymatini teskariga o'girish uchun ishlatilayotganini aytishimiz mumkin. HAM sxemasi (3) yordamida $\overline{x_1}x_2$ amalga oshiriladi. Huddi shunday YAM sxemasi (4) yordamida $x_1\overline{x_2}$ amalga oshiriladi. Ikkala elementning chiqishi YOKI elementi (5) kirishlari bilan birlashgan. YOKI elementi chiqishidagi signal

$$y(x_1, x_2) = x_1 \oplus x_2 = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2}$$

funksiya hisoblanadi.

Istisnoli YOKI funksiyasini (3.1) shakl asosida shakllantirish uchun ikkita EMAS sxemasi, ikkita HAM sxemasi va ikkita kirishga ega bo'lgan bitta YOKI sxemasi talab qilinadi (3.3-rasm).

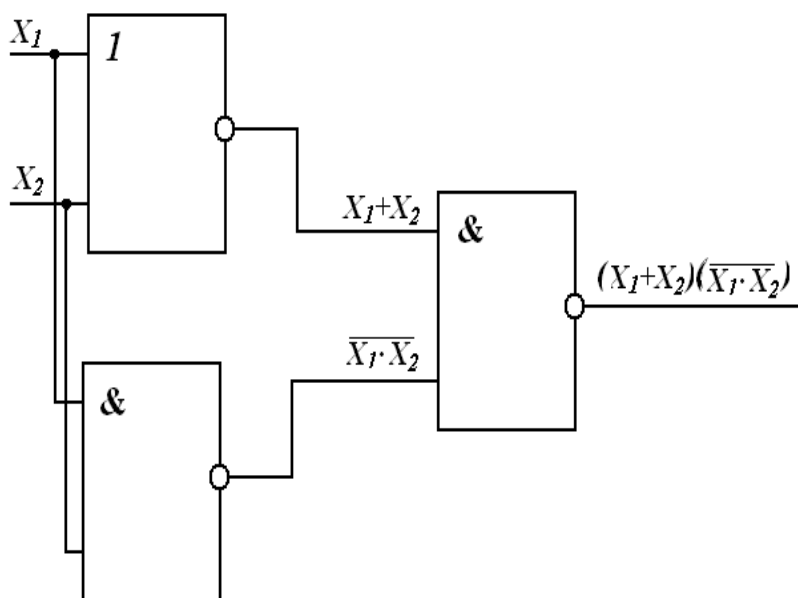
Lekin (3.1) funksiyani minimallashtirish va x_1 va x_2 o'zgaruvchilarning barcha kombinatsiyasi uchun aynan shu javoblarni beruvchi sodda mantiqiy bog'liqlik hosil qilish mumkin. Buning uchun mantiq algebrasining mantiqiy nisbatlaridan foydalanamiz.

Mantiqiy hisob qoidalaridan foydalanib, (3.1) funksiyasining boshqa ifodasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned}
 y(x_1 x_2) &= x_1 \overline{x_1} + x_1 \overline{x_2} + x_2 \overline{x_1} + x_2 \overline{x_2} = \\
 &= x_1 (\overline{x_1} + \overline{x_2}) + x_2 (\overline{x_1} + \overline{x_2}) = x_1 (\overline{x_1 x_2}) + x_2 (\overline{x_1 x_2}) = (x_1 + x_2) (\overline{x_1 x_2}) \quad (3.3)
 \end{aligned}$$

bunda $x_1 \overline{x_1} = x_2 \overline{x_2} = 0$.

(3.3) funksiyani amalga oshirishga mo'ljallangan qurilma blok-sxemasi 3.4-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, aynan shu funksiyani bajarishga mo'ljallangan mazkur qurilma uchun xotira emas, balki bitta YOKI sxemasi, bitta HAM-EMAS sxemasi va bitta EMAS sxemasi kifoya ekan.



3.4-rasm. Minimallashtirilgan MAF yordamida ifodalangan, Istisnoli YOKI amalini bajaruvchi qurilma blok-sxemasi.

Malumot uchun: Istisnoli YOKI sxemasini shakllantirishning boshqa usullari ham mavjud.

Yuqoridagilarda kelib chiqib hulosalar qilish mumkin, bul algebrasi yordamida mantiqiy sxemalarni tuzishda zarur sodda sxemalar sonini minimallashtirish mumkin. Lekin bul algebrasini yahshi bilgan holdagina bunday natijalarga erishi mumkin. Optimallashtirish (minimallashtirish)ning boshqa grafik usuli – **Karno kartalarini** qo'llashga asoslangan bo'lib, bu usul algebraik usuldan ancha sodda hisoblanadi. Kirishlar soni to'rt dan ortiq bo'lmagan sxemalarni Karno kartalari yordamida minimallashtirish eng

yahshi usul qisoblanadi. Bu usul mantiqiy ifodalarni haqiqiylik jadvallari yordamida aniqlashga qam imkon beradi.

Karno kartalarini qo‘llash materialni ihcham va qulay ifolanishini ta’minlaydi. Karno kartalari haqiqiylik jadvaliga yaqin bo‘lib, ikkita o‘q bo‘ylab joylashgan o‘zgaruvchilardan tashkil topadi. O‘zgaruvchilar shunday joylashishi kerak-ki, har bir kvadrantdan keyingisiga o‘tganda, faqat bir kirishning holati o‘zgarsin. Ikkita (a), uchta (b) va to‘rtta (c) mantiqiy o‘zgaruvchili funksiyalar uchun Karno kartalari 3.5-rasmda keltirilgan. Ikkita o‘zgaruvchi uchun $2^2=4$ kobinatsiya hosil bo‘ladi, shuning uchun karta 4 katakdan tashkil topadi. Uchta o‘zgaruvchi uchun $2^3=8$ kombinatsiya hosil bo‘ladi, shuning uchun karta 8 katakdan takshil topadi va h.k.

Kartalardan ko‘rinib turibdi-ki, har bir katakga mantiqiy o‘zgaruvchilar majmui yozilgan bo‘lib, katak raqami ustun va qatorlar kesishmasidan aniqlanadi. Shu sababli haqiqiylik jadvali yordamida berilgan funksiyalarni Karno kartalari orqali ifodalash qulay. Ba’zi mantiqiy funksiyalarni Karno kartalari yordamida grafik ifodalash 3.6-rasmda keltirilgan.

O‘zgaruvchilar soni $K=8\div 9$ gacha bo‘lgan funksiyalarni ifodalashga imkon beradigan mahsus usullar mavjud. Lekin bu usullarni o‘rganish mazkur darslik chegarasidan chiqadi. Lekin Karno kartalari har doim qam yahshi minimallashtirishga olib kelmaydi. Bundan tashqari, mantiqiy tuzilma sxemasini tanlashda IMS konstruksiyasi bilan bog‘liq bo‘lgan cheklanishlar qam muhim rol o‘ynaydi.

O‘zgaruvchilar soni beshtadan ortiq bo‘lmagan MAFni minimallashtirishda Veych kartalarini qo‘llash usulidan foydalanish mumkin. O‘zgaruvchilar soni to‘rtta bo‘lgan MAF uchun Veych kartalari (diagrammalari) hamda karta kvadratlarining raqamlanishi 3.7 – a rasmda keltirilgan.

MAFning o‘zi (3.4) funksiya yordamida ifodalaniladi

$$y(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1x_2 + \overline{x_1}x_2x_3x_4 + \overline{x_1}\overline{x_2}x_3 + \overline{x_1}x_3 + x_1x_3x_4 . \quad (3.4)$$

Darqaqiqat, MAFni Veych kartalari yordamida minimallashtirish uning faqat birga teng bo‘lgan qiymatlarini emas, balki nol qiymatlarini ham qo‘llash mumkin. Ikkala holatda ham o‘zaro teng ifodalar hosil bo‘ladi, lekin qo‘shiluvchilar soni va bajaradigan mantiqiy amallari soni bilan farqlanishi mumkin.

a)

		X_1		
		0	1	
X_2	0	$\bar{X}_1\bar{X}_2$	$X_1\bar{X}_2$	} X_2
	1	\bar{X}_1X_2	X_1X_2	
		} X_1		

b)

		X_1				
		00	01	11	10	
X_3	X_1X_2	00	01	11	10	} X_2
	0	$\bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3$	$\bar{X}_1X_2\bar{X}_3$	$X_1X_2\bar{X}_3$	$X_1\bar{X}_2\bar{X}_3$	
1	$\bar{X}_1\bar{X}_2X_3$	$\bar{X}_1X_2X_3$	$X_1X_2X_3$	$X_1\bar{X}_2X_3$		

c)

		X_1				
		00	01	11	10	
X_3	X_3X_4	00	01	11	10	} X_4
	00	$\bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3\bar{X}_4$	$\bar{X}_1X_2\bar{X}_3\bar{X}_4$	$X_1X_2\bar{X}_3\bar{X}_4$	$X_1\bar{X}_2\bar{X}_3\bar{X}_4$	
	01	$\bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4$	$\bar{X}_1X_2\bar{X}_3X_4$	$X_1X_2\bar{X}_3X_4$	$X_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4$	
	11	$\bar{X}_1\bar{X}_2X_3X_4$	$\bar{X}_1X_2X_3X_4$	$X_1X_2X_3X_4$	$X_1\bar{X}_2X_3X_4$	
10	$\bar{X}_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4$	$\bar{X}_1X_2X_3\bar{X}_4$	$X_1X_2X_3\bar{X}_4$	$X_1\bar{X}_2X_3\bar{X}_4$		
		} X_2				

3.5-rasm. Ikkita (a), uchta (b) va to‘rtta (c) o‘zgaruvchili funksiyalar uchun mintermlari joylashgan Karno kartalari.

a)

	x_1	0	1
x_2	0		1
1		1	

$$y = \overline{x_1} \overline{x_2} + \overline{x_1} x_2$$

b)

	$x_1 x_2$	00	01	11	10
x_3	0	1			1
1		1		1	

$$y = \overline{x_1} \overline{x_2} + x_1 x_2 x_3 + \overline{x_2} \overline{x_3}$$

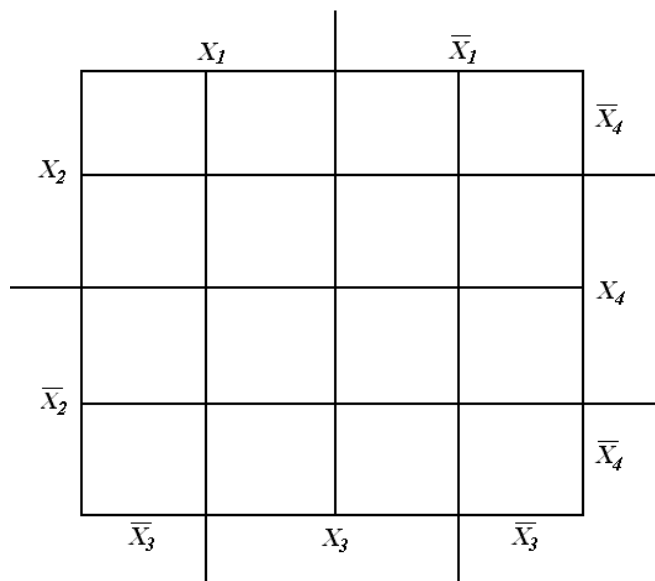
c)

	$x_1 x_2$	00	01	11	10
$x_3 x_4$	00	1			
01			1		
11					1
10					1

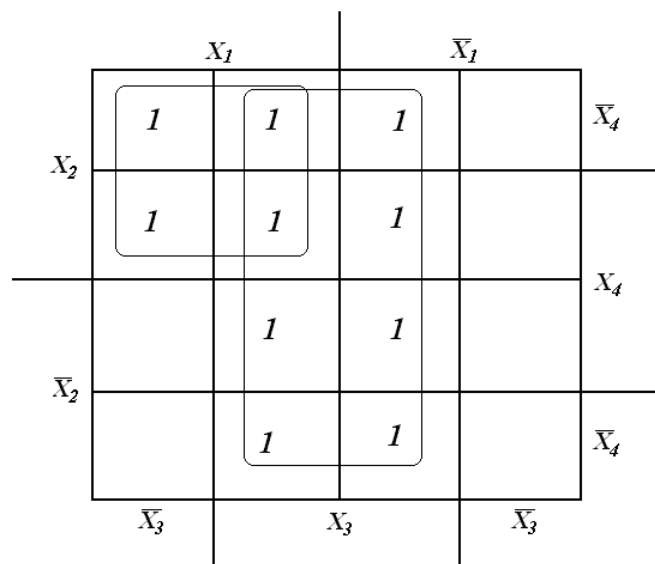
$$y = \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} \overline{x_4} + \overline{x_1} \overline{x_2} \overline{x_3} x_4 + \overline{x_1} \overline{x_2} x_3$$

3.6-rasm. Karno kartalari yordamida mantiqiy funksiyalarni grafik ifodalash namunalari.

a)



b)



$$y = x_1x_2 + x_3$$

3.7-rasm. (3.4) qoidaga asosan to'rtta o'zgaruvchili MAF uchun Veych kartalari (a) va kataklarning to'ldirilishi (b):
 agar o'zgaruvchilarning i-kiritilishda funksiyaning qiymati birga teng bo'lsa, u holda, kartaning mos katagiga 1 yoziladi (b).

Veych kartalari yordamida MAFni minimallashtirish usulida mantiqiy o'zgaruvchilarning soni beshtadan oshmasligi kerak. Agar bu shart bajarilmasa, ya'ni o'zgaruvchilar soni beshtadan oshsa, usul o'z kuchini yo'qotadi, agar ishlab chiqaruvchi malakaga ega bo'lmasa MAFni minimallashtirishda EHMlarni qo'llay olmaydi.

O'zgaruvchilar soni beshtadan ortiq bo'lgan MAFlarni minimallashtirishda EHMLardan foydalaniladigan usullar qo'llaniladi. Bunday usullarga Kvayn va Mak-Klaski usullari kiradi.

Mantiqiy funksiyani minimallashtirishdan maqsad, mazkur bobning boshida aytilganidek, uning texnik ishlab chiqarish narhini kamaytirish.

MAFni minimallashtirish me'zoni ham ko'rilayotgan masala turi, ham integral mikrosxemalar ishlab chiqarish texnologiyasining rivojlanish darajasiga bog'liq. Agar *integral sxema (IS) loyihalashtirilayotgan bo'lsa* murakkab MAFni amalga oshirish uchun birinchi o'ringa *tashqi ulanishlar sonini kamaytirish* va ichki tuzilmaning doimiylik talabi qo'yiladi. Bu talab ixtiyoriy integratsiya darajasidagi (KIS, O'IS, KIS, O'KIS) mikrosxemalar qo'llaniladigan apparaturalarni loyihalashda ham dolzarb hisoblanadi.

Shunday qilib, mantiqiy funksiyani minimallashtirish ishlab chiqaruvchi malakasi va raqamli sxemaning murakkabligidan kelib chiqqan holda yuqorida keltirilgan usullarning birini qo'llagan holda amalga oshirilishi mumkin. Natijada, berilgan funksiya uchun ishlab chiqaruvchi bir yoki bir nechta minimallashtirilgan ifoda hosil qilishi mumkin. Funksiyaning minimallashtirilgan ifodalari yoki dizyunktiv normal shaklda (MDNSH), yoki invers konyunktiv normal shaklda (MKNSH) ifodalanishi mumkin.

Amaliyotda, negiz elementlar nomenklaturasini qisqartirish maqsadida, biror minimal elementlar bazisidan foydalaniladi. Hozirgi kunda mos ravishda ikkita HAM-EMAS va YOKI-EMAS amallarini bajaradigan minimal element bazisi yordamida ifodalash keng tarqalgan.

Mantiqiy tugun (blok) element bazisini tanlash. Raqamli elektronika rivojlanish jarayonida asosiy mantiqiy amallarni bajaradigan ko'p sonli sxemotexnik jiqatdan turlicha bo'lgan mantiqiy elementlar ishlab chiqilgan. 2-bobda shulardan amalda keng qo'llaniladigan turlari ko'rib chiqilgan. Bir xil mantiqiy funksiyani bajaradigan bir necha mantiqlarning mavjudligi (TTM, EBM, I²M, MDYA va KMDYA), har birining tezkorligi, iste'mol quvvati, sxemotexnik echimlarning moneyligi, integratsiya darajasi va boshqalarining turlichaligi bilan ajralib tgradi.

Mos keluvchi element bazani tanlash uchun asosiy elektr parameterlar dastlabki berilganlar (texnik vazifa) bo'lib hisoblanadi. Bundan tashqari, shuni nazarda tutish kerak-ki, hozirgi kunda raqamli tizimlarni loyihalashtirishda asosan negiz matrisali kristallarda bajarilgan dasturlanuvchi mantiqiy KISlar va yarimbuyurtmali

O'YUISlar qo'llaniladi. Bu ISlar o'zaro ulanmagan ME elementlaridan tashkil topgan bo'ladi (2HAM-EMAS yoki 2YOKI-EMAS), yoki mantiqiy signallarni qayta ishlash yuzasidan berilgan algoritmgga mos ravishda ishlaydigan oddiy tranzistorlar, diodlar, rezistorlar majmuasidan iborat bo'ladi.

Minimallashtirilgan MAFni tanlangan element bazaga o'zgartirish. Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda, mos ravishda HAM-EMAS va YOKI-EMAS amallarini bajaradigan ikkita mantiqiy element uchun minimal negiz element tanlaymiz.

Hosil bo'lgan MNDSHni tanlangan negiz elementlar bajaradigan amallar kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalash talab etiladi. O'zgartirishda ikkita texnik usul qo'llaniladi: dastlabki ifodani yoki uning bir qismini ikki marta integrallash va De-Morgan nazariyasini qo'llash.

HAM-EMAS elementlari yordamida hosil qilingan MNDSH aytib o'tilgan usullar yordamida faqat HAM-EMAS amallaridan iborat bo'lgan ko'rinishga olib kelinadi. Bu sxema amalda HAM-EMAS elementlari mos ravishda birlashgan elektr sxema yordamida bajariladi. YOKI-EMAS ME yordamida MDNSHni loyihalashda ham huddi shu usul qo'llaniladi.

Shu kabi o'zgarishlarni quyidagi misolda ko'rib chiqamiz. Deylik, HAM-EMAS elementlari yordamida quyidagi amalni bajaradigan kombinacion sxema shakllantirish talab etilayotgan bo'lsin:

$$y(x) = \overline{x_2 x_4} + \overline{x_1 x_1 x_3 x_4} + \overline{x_1 x_2 x_3 x_4} \quad (3.5)$$

Berilgan MAFni HAM-EMAS ME bazisiga o'zgartiramiz

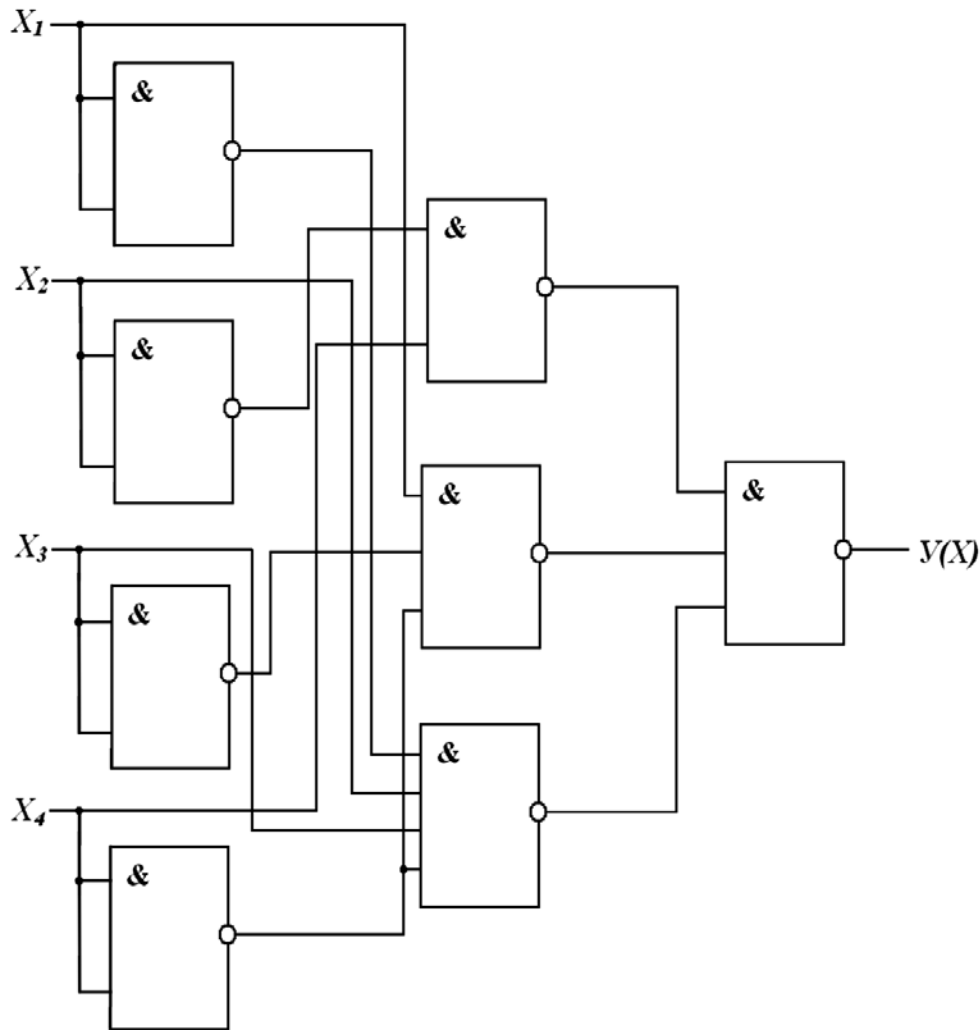
$$y(x) = \overline{\overline{x_2 x_4} + \overline{x_1 x_3 x_4} + \overline{x_1 x_2 x_3 x_4}} = \overline{(\overline{x_2 x_4})(\overline{x_1 x_3 x_4})(\overline{x_1 x_2 x_3 x_4})} \quad (3.6)$$

Natijada, faqat HAM-EMAS amallarini bajaradigan ifoda hosil bo'ldi. Mazkur amalni bajaradigan elektr sxema 3.8-rasmda keltirilgan.

YOKI-EMAS elementlari yordamida yuqoridagi amalni bajaradigan kombinacion sxema shakllantirishda invers MDNSH qo'llaniladi. Bu holda, MAF ifodasida faqat mantiqiy qo'shuv va inversiya amallari qoldiriladi.

Misol tariqasida, quyidagi ko'rinishdagi MAF ni ko'rib chiqamiz:

$$y(x) = x_2x_4 + x_1x_2x_3 + \overline{x_1x_3x_4} + \overline{x_2x_3x_4}. \quad (3.7)$$



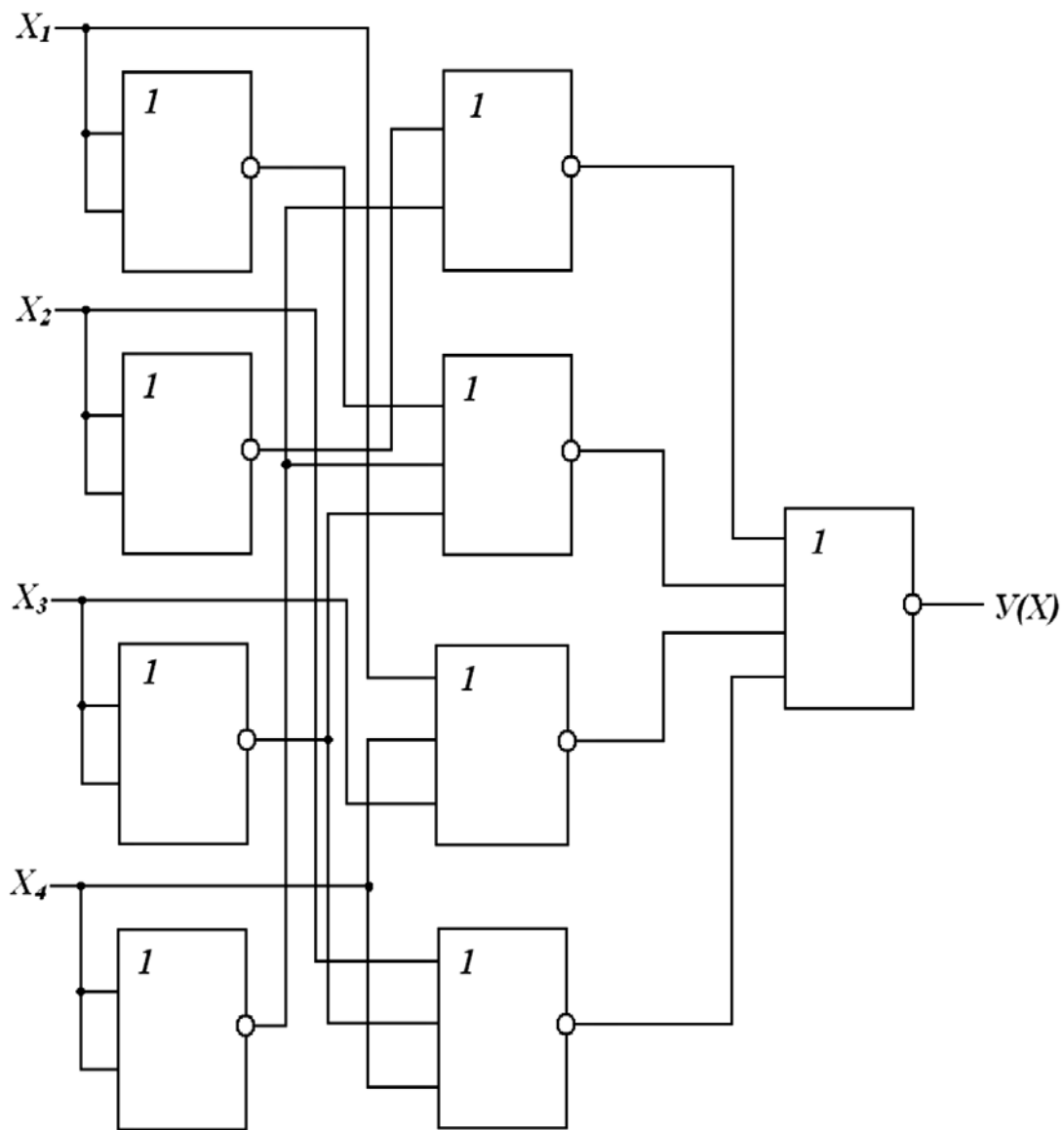
3.8-rasm. (3.6) ifoda yordamida hosil qilingan, HAM-EMAS elementlarida bajarilgan qurilma blok-sxemasi.

Har bir implikantani ikki martalab inverslash va ularni kirishdagi o‘zgaruvchilar dizyunksiyasi yoki De-Morgan nazariyasi yordamida inverslash orqali:

$$y(x) = x_2x_4 + x_1x_2x_3 + \overline{x_1x_3x_4} + \overline{x_2x_3x_4} = \overline{\overline{x_2 + x_4}} + \overline{\overline{x_1 + x_2 + x_3}} + \overline{\overline{x_1 + x_3 + x_4}} + \overline{\overline{x_2 + x_3 + x_4}}. \quad (3.8)$$

hosil qilinadi.

O'zgartirishlar natijasida, faqat YOKI-EMAS amallarini bajaradigan mantiqiy ifoda hosil bo'ldi. Mazkur amalni bajaradigan elektr sxema 3.9-rasmda keltirilgan.



3.9-rasm. (3.8) ifoda yordamida hosil qilingan, YOKI-EMAS elementlarida bajarilgan qurilma blok-sxemasi.

3.9-rasmdan ko'rinib turibdi-ki, MELardagi kirishlar soni turlicha. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan MELar ikkitadan sakkiztagacha kirishga ega. Kirishlar soni talab etilayotgan sondan katta bo'lgan MELarni tanlash qulaydir, chunki aks holda mantiqiy qurilmani hosil qilishda bunday MELardan ko'p talab qilinadi, Natijada, qurilma murakkablashib ketadi.

Lekin agar kirishlar soni talab etilayotgandan katta bo'lgan MELar tanlansa, MENing asl kirishlar sonini kamaytirish kerak. Buning ikki usuli mavjud:

- ishlatilmayotgan YOKI-EMAS elementlari kirishiga mantiqiy nol va HAM-EMAS elementlari kirishiga mantiqiy bir signal berish;

- MENing ishlatilmayotgan kirishlariga bir hil mantiqiy o'zgaruvchi berish.

Birinchi usulning qaqiqiyliigi mazkur mantiqiy amallarning haqiqiylik jadvallari tahlili natijasida, ikkinchi usulning haqiqiyliigi esa $x+x=x$ va $xx=x$ bo'lgan algebra-mantiqidan kelib chiqadi.

Kombinatsion tugun elektr sxemasi sintezi. Sintez deganda hosil bo'lgan blok-sxema elementlarini loyahasiga qulay bo'lgan tayyor mikrosxema elektr sxemalari bilan almashtirish tushuniladi. Bunda texnik vazifaga eng mos keladiganlari tanlanadi.

3.3. Shifраторlar va deshifраторlar

Jamiyatning rivojlanishi turli texnik vositalar yordamida ma'lumotlarni uzatish, qabul qilish va qayta ishlash bilan bevosita bog'liq.

Ma'lumot - umumilmiy tushuncha bo'lib, insonlar o'rtasida, inson va avtomat o'rtasida, avtomat bilan avtomat o'rtasida ma'lumotlar almashishni o'z ichiga oladi. Quvvat olish, qayta ishlash, uzatish va qo'llash yuzasidan material va ma'lumotlarni insonning bevosita ishtirokisiz, avvaldan belgilangan dastur yordamida bajaruvchi qurilma - **avtomat** deb ataladi.

Ma'lumotlar almashinuvi uchun u dastlab kodlangan bo'lishi kerak. **Kodlash** deganda ma'lumotni simvollar (belgilar) ketma-ketligi yordamida ifodalash tushuniladi. Insonlar o'rtasida qog'oz ko'rinishidagi ma'lumotlar almashinuvi keng tarqalgan bo'lib, unda asosan raqamlar (0,1,2, ... 9), qarflar (--- o'zbek va 26 lotin), mahsus belgilar («+», «-», «·», «=», «%» va h.k.) qo'llaniladi. Bunda har bir ma'lumot uchun ma'lum belgilar kombinatsiyasi mos keladi.

Raqamli texnikada ma'lumotlarni uzatish va qayta ishlash uchun shartli ravishda nol va bir deb ataluvchi, atigi ikkita o'zgaruvchi kuchlanish qiymati bilan ifodalanuvchi elektr signallar hizmat qiladi. Shuning uchun raqamli qurilmalar yordamida qayta ishlanayotgan ma'lumotni kodlash uchun ikkilik yoki raqamli kodlar qo'llaniladi. **Ikkilik kodi** – bu ikkilik o'zgaruvchi qiymatlarining ketma-ketligi.

Ikkilik kodini tuzishda atigi ikkita simvol qo'llanilishiga qaramay ixtiyoriy sonning turlicha kodlarini tuzish mumkin. Ba'zi kodlarda ketma-ketlik bir-biridan razryadlar soni yoki uzunligi bilan farqlansa, ba'zilarida ular tuzilgan qoidalari bilan farqlanadi. Birinchi holda kod, umuman olganda ikkilik sanoq tizimda yozilgan butun son bo'lib, bunday kodlarda katta uzunlikdagi cheksiz nol va birlar ketma-ketligi ishtirok etishi mumkin.

Arifmetik amallarni bajarishda teskari, qo'shimcha ikkilik-o'nlik va ikkilik kodining boshqa turlarini tadqiq etish maqfsadga muvofiqdir. Ularni qo'llaganda o'zgartirgich elektr signallarini maksimal soddalashtirish va amallarni bajarish vaqtini kamaytirish mumkin.

Kodlarning boshqa gurui raqamli tizimlarda, masalan, xotira qurilmalarning maxsus yacheykalarining ishdan chiqishi sababli yuzaga keladigan nosozliklarni aniqlash va tuzatish kabi muammolarni yechishga yordam beradi. Ular ortiqcha kodlar deb ataladi. Bu kodlarda faqat bitta razryad, yoki umumiy holda bir nechta razryadlar ham bir, qam nol qiymat olishi mumkin, lekin qolgan boshqa razryadlar nolga teng bo'lgan, belgilangan qiymatga ega bo'ladilar. Mazkur kodlar n dan 1 , n dan 2 va shu kabi deb ataladilar. Bundan kodlarga «10 dan 1» (10ta simvoldan faqat bittasi bir qiymatiga ega bo'lishi mumkin), «5 dan 2» (beshta simvoldan ikkitasi doim birga teng qiymatga ega), juft yoki toqlikni tekshiruvchi kodlar, Heming kodlari misol bo'la oladilar.

Raqamli tizimlar, umuman olganda, tashqi muqit bilan doim periferiya (tashqi) qurilmalar orqali boqlangan bo'lib, uchta guruga bo'linadi:

- inson va mikro EHM o'rtasida aloqa o'rnatuvchi qurilmalar (klaviatura, yozuv mashinkalari, simvolli va grafik displeylar, o'quvchi avtomatlar va h.k.);

- boshqaruv obyektlari o'rtasida aloqa o'rnatuvchi qurilmalar (turli datchiklar va ijro organlari, datchiklardagi analog signallarni raqamli signalga o'giruvchi va ma'lumotlarni ijro organlariga uzatishda qaytadan o'girish qurilmalari);

- katta hajmdagi tashqi xotira qurilmalari (XQ) (magnit tasmlari va disklardagi XQLari, silindrik magnit domenlari va zaryad aloqali asboblardagi xotira).

Tashqi XQLarining ko'pchiligi insonga EHM bilan unga jo'n bo'lgan so'zlar va o'nlik sonlar tilida muloqatga kirishga imkon berganligi uchun, tashqi HXlarida ma'lumot bir turdan ikkinchisiga o'giriladi, chunki qayta ishlanayotgan ma'lumotlar, dastlabki berilganlar

va olinayotgan ma'lumotlar hisob mashinalari yordamida ikkilik sanoq tizimida kodlanayotgan turli fizik holatlar ko'inishda ifodalanadi. Bu vazifani kod o'zgartirgichlari deb ataluvchi kombinatsion raqamli sxemalar amalga oshiradi. Kod o'zgartirgichlarning hususiy holi bo'lib shifradorlar va deshifradorlar qisoblanadi.

O'nlik, sakkizlik yoki o'noltitalik sanoq tizimidagi raqamlarni ikkilik yoki ikkilik-o'nlik kodga o'zgartiruvchi kombinatsion mantiqiy qurilma – *shifrador* yoki *koder* deb ataladi.

Shifrador m ta kirish va n ta chiqishga ega bo'lib, kirishlardan biriga berilgan signalni chiqishda n - razryadli parallel kodga o'zgartiradi. Agar shifrador n ta chiqishga ega bo'lsa, u holda, uning kirishlari soni 2^n dan kam bo'lmasligi kerak. 2^n kirish va chiqishga ega bo'lgan shifrador *to'liq*, agar shifrador kirishlari soni 2^n dan kam bo'lsa, u *to'liq emas* deb ataladi. Shifrador chiqishlari soni doim kirishlari sonidan kam bo'lganligi sababli, aloqa liniyalari cheklangan hollarda turli qurilmalar o'rtasida ma'lumot almashish uchun ham qo'llaniladi.

0 dan 9 gacha bo'lgan o'nlik raqamlarni ikkilik-o'nlik kodiga o'girishda shifrador qanday ishlashini ko'rib chiqamiz. O'nlik raqamlarni ikkilik-o'nlik kodiga o'girishda (yoki aksincha hollarda) har bir o'nlik raqam to'rtta ikkilik raqam bilan almashtiriladi. O'nlik raqamlar mos ravishda boshqaruv pultining $i=0,1,2...9$ sonlarini bosish orqali kiritilayotgan bo'lsin. Shifrador holatini haqiqiylik jadvali (5.2-jadval) yordamida tadqiq etish mumkin. Bunday shifradorning to'liq haqiqiylik jadvali turli kirish o'zgaruvchilari uchun $(2^{10}-10)=1014$ ta kombinatsiyadan tashkil topgan bo'lishi kerak edi. Mazkur shifrador ishi davomida qo'llanilmaydigan turli mantiqiy o'zgaruvchilar to'plamini olib tashlash hisobiga, chiqishdagi o'zgaruvchilar soni to'rttagacha qisqartirilgan.

Mazkur shifradorning kirishlari soni $2^n=16$ dan kam bo'lganligi sababli, u to'liq emas qisoblanadi. Shifrador bir-biriga bog'liq bo'lmagan 4 ta chiqishga ega bo'lib, uning holati to'rtta MAFdan tashkil topgan tizim bilan ifodalaniladi. Shifrador ishi mantiqini ifodalovchi MAF tizimini, 3.2-jadvaldan foydalanib hosil qilamiz

$$\begin{aligned}
 Q_3 &= x_8 + x_9, \\
 Q_2 &= x_4 + x_5 + x_6 + x_7, \\
 Q_1 &= x_2 + x_3 + x_6 + x_7, \\
 Q_{01} &= x_1 + x_3 + x_5 + x_7 + x_9.
 \end{aligned}
 \tag{3.9}$$

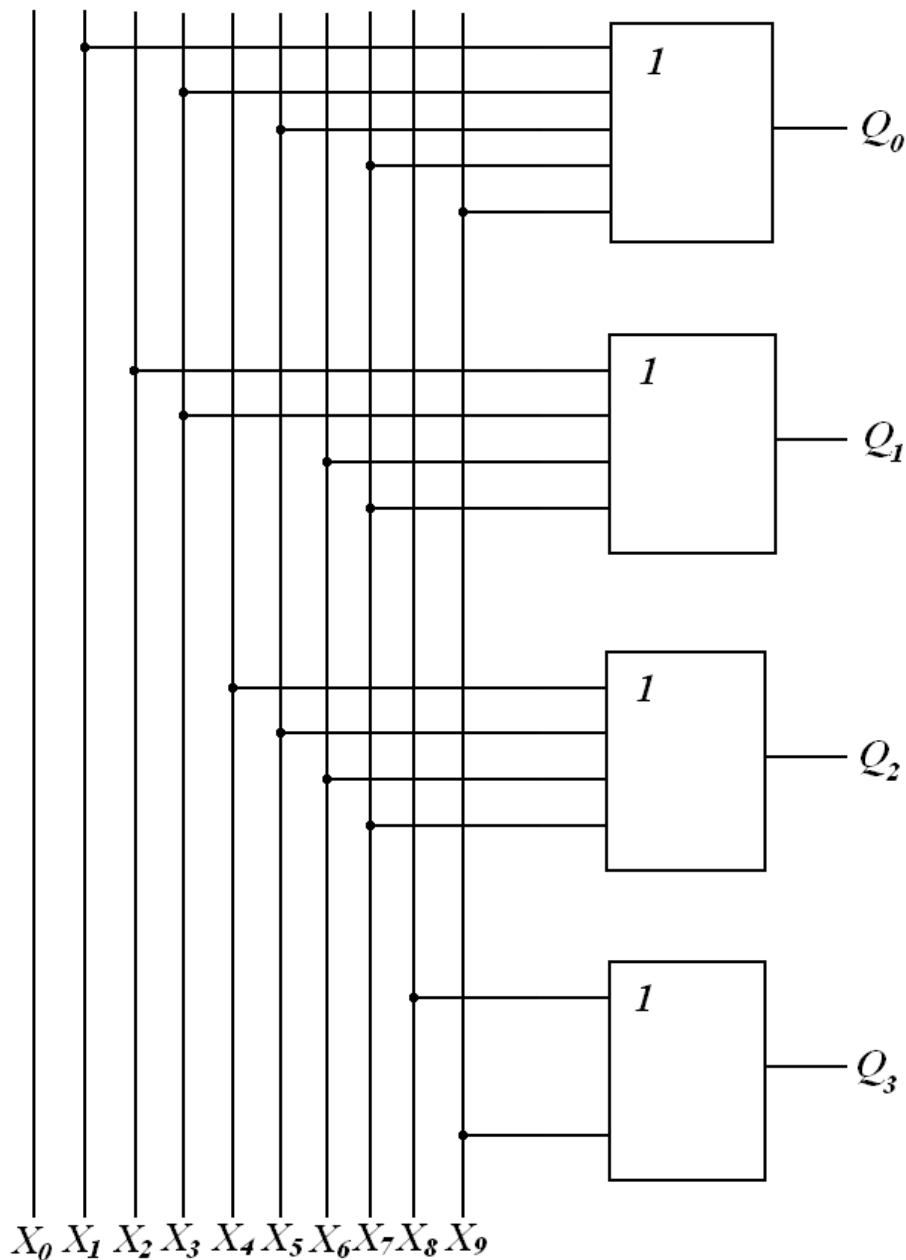
MAFni aniqlash jarayoni juda sodda: qaysi birga teng bo‘lgan kirish signallarida Q_i chiqish birga tengligini aniqlaymiz. Olingan MAF yordamida shifrator quyidagi qonunga asosan ishlashini kuzatishimiz mumkin. Q_0 kichik chiqish razryadi ixtiyoriy toq kirishlardan biriga signal berilganda ochilishi kerak, chunki ikkilik sanoq tizimdagi barcha toq sonlar kichik razryadida birga ega. Demak, kichik razryad tashkil etish uchun toq raqamli o‘zgaruvchilar kirishlariga berilgan ko‘p kirishga ega bo‘lgan YOKI sxemasini qo‘llash kerak. Keyingi Q_1 chiqish razryadi ikkilik sanoq tizimida Q_1 razryadida birga teng bo‘lganda, ya’ni 2,3,6,7 raqamli o‘zgaruvchilarga ega bo‘lganda ochilishi kerak. Uchinchi chiqish signali Q_2 razryadi ikkilik sanoq tizimida uchinchi razryadi birga teng bo‘lganda, ya’ni 4,5,6,7 raqamli o‘zgaruvchilarga ega bo‘lganda ochilishi kerak. Ohirgi Q_3 razryadi ikkilik sanoq tizimida to‘rtinchi razryadi birga teng bo‘lganda, ya’ni 8 va 9 raqamli o‘zgaruvchilarga ega bo‘lganda ochilishi kerak. Kirish sinalining birga teng darajasi faqat bir kirishda bo‘lishi mumkin. Kirishlarda bir bo‘lmasa to‘rttala chiqishda nol kodi hosil bo‘ladi.

3.2-jadval

«10 dan 4 ga» shifrator («4 dan 10 ga deshifrator»)ning haqiqiylik jadvali

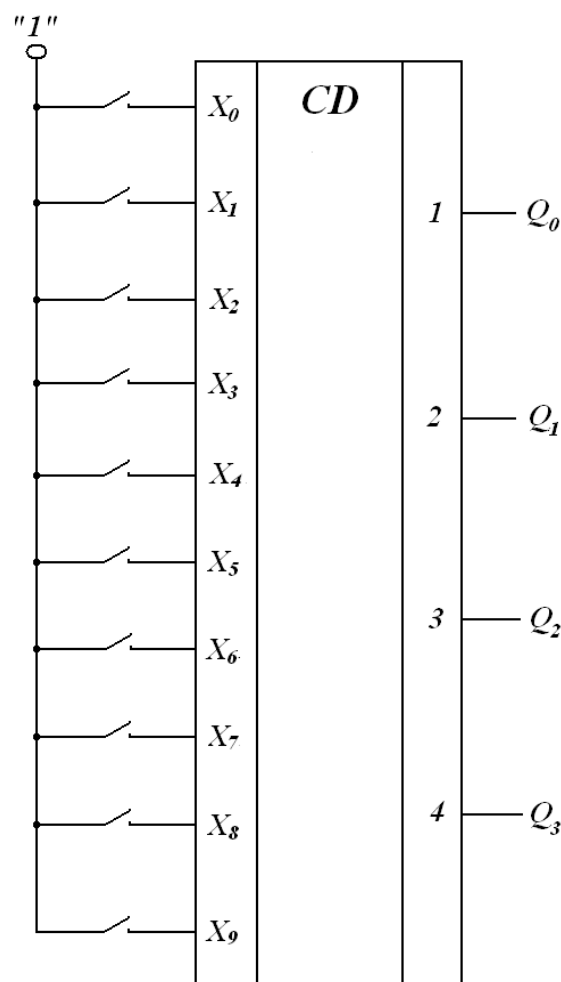
i	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	Q_3	Q_2	Q_1	Q_0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

(3.9) tizimga mos keluvchi shifratör mantiqiy tizimi 3.10-rasmda keltirilgan.



3.10-rasm. Shifratör blok - sxemasi.

Raqamli tizimlarda shifratörning qo‘llanilishi – bu dastlabki ma’lumotni ikkilik tizim tilida klaviaturadan kiritish. Shifratör va uni boshqaruv klaviaturasi shartli belgisi 3.11-rasmda keltirilgan. Shifratörning berilgan o‘nlik kodiga mos raqamli x_i kirishlaridan biror klavishasi bosilsa, mantiqiy bir signal hosil bo‘ladi. Tegishli qayta ishlashlardan so‘ng, shifratörning chiqish shinalarida, ikkilik kodda yozilgan raqamga mos keluvchi signallar o‘rnatiladi.



3.11-rasm. Shifrador va uni boshqaruv klaviaturasi.
 «1» nuqta potentsiali mantiqiy bir potentsialiga teng.

Shunday qilib, shifrador faqat bitta o'tkazuvchi simga berilgan signalni (masalan, 9-sim) shifrador chiqishda hosil bo'ladigan parallel ikkilik kodga (bu qolatda 1001) o'tkazadi. Shifrador faqat bitta kirish signaliga javob berishi uchun, uning sxemasi ustuvor qilib tuziladi. U holda, chiqishdagi signal, signalni qabul qilgan «katta» qirish raqamiga mos kelish kerak. Deylik, signallar bir vaqtning o'zida 3,4 va 9 kirishlarga berilgan bo'lsin. Bu yerda 9-kirish katta raqamga ega bo'lib, ustuvorlikka ega, shuning uchun shifrador chiqishidagi kod - 1001 bo'ladi. Shu sababli ustuvor shifrador mikrosxemalarida qo'shimcha mantiqiy elementlar ko'zda tutiladi. Ustuvor shifrador analog-raqamli o'zgartirgich va mikroprotessorli tizimlarda qo'llaniladi.

Ikkilik sanoq tizimidagi raqamlarni o'nlik sanoq tizimidagi kodga o'zgartiruvchi kombinatsion mantiqiy qurilma - **deshifrador** yoki **dekoder** deb ataladi. Bunday o'zgartirishlar, masalan, elektron soatlarda,

EHM va shu kabilar dasturidagi ma'lumotlarni qayta shifrlashda qo'llaniladi. Deshifратор shifratonga teskari bo'lgan amalni bajaradi. Agar deshifраторning n adres kirishlari uning m chiqishlari soni bilan $m=2^n$ munosabat bilan bog'langan bo'lsa, bunday deshifратор *to'liq* deb ataladi. Agar $m < 2^n$ bo'lsa, deshifратор *to'liq emas* deb ataladi.

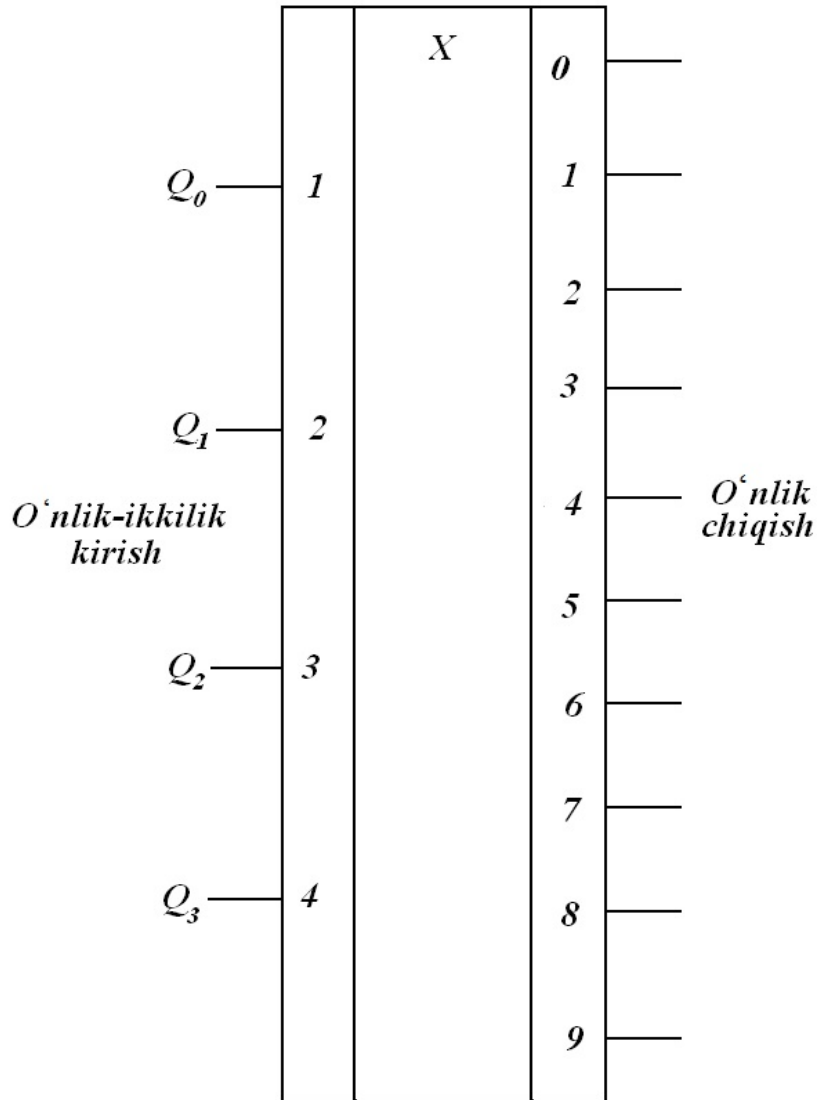
Ikkilik-o'nlik raqamlarni o'nlik raqamlarga o'girishda deshifратор qanday ishlashini ko'rib chiqamiz. Deshifратор va shifратор bajaradigan amallar deyarli bir-biridan farq qilmasligi sababli, deshifраторning ishlashi shifратор ishining haqiqiylik jadvali (3.2-jadval) bilan ifodalaniadi. Kirish va chiqish sinallarini o'rin almashtirish kifoya. Endi chiqish signallari bo'lib x_i , kirish signallari bo'lib esa, Q_i hisoblanadi. Jadvalga binoan, faqat bitta kirish o'zgaruvchilari majmuida chiqishdagi signal birga teng, ya'ni faqat bitta bir konstituentasi uchun. Demak, «10 dan 4 ga» deshifратор ishi algoritmi, quyidagi tenglama tizimi bilan ifodalanadi:

$$\begin{aligned}
 x_0 &= \overline{Q_3 Q_2 Q_1 Q_0}, & x_5 &= \overline{Q_3 Q_2} \overline{Q_1} Q_0, \\
 x_1 &= \overline{Q_3 Q_2} \overline{Q_1} Q_0, & x_6 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0}, \\
 x_2 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0}, & x_7 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} Q_1 Q_0, \\
 x_3 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} Q_1 Q_0, & x_8 &= Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0}, \\
 x_4 &= \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}, & x_9 &= Q_3 \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0.
 \end{aligned}
 \tag{3.10}$$

«10 dan 4 ga» deshifратор shartli grafik belgisi 3.12-rasmda keltirilgan. Bu deshifратор ikkili-o'nlik kodni o'nlik kodga o'zgartiradi.

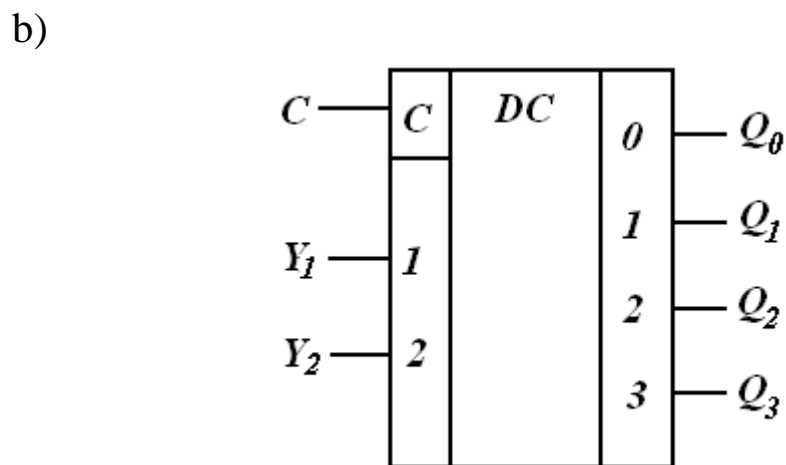
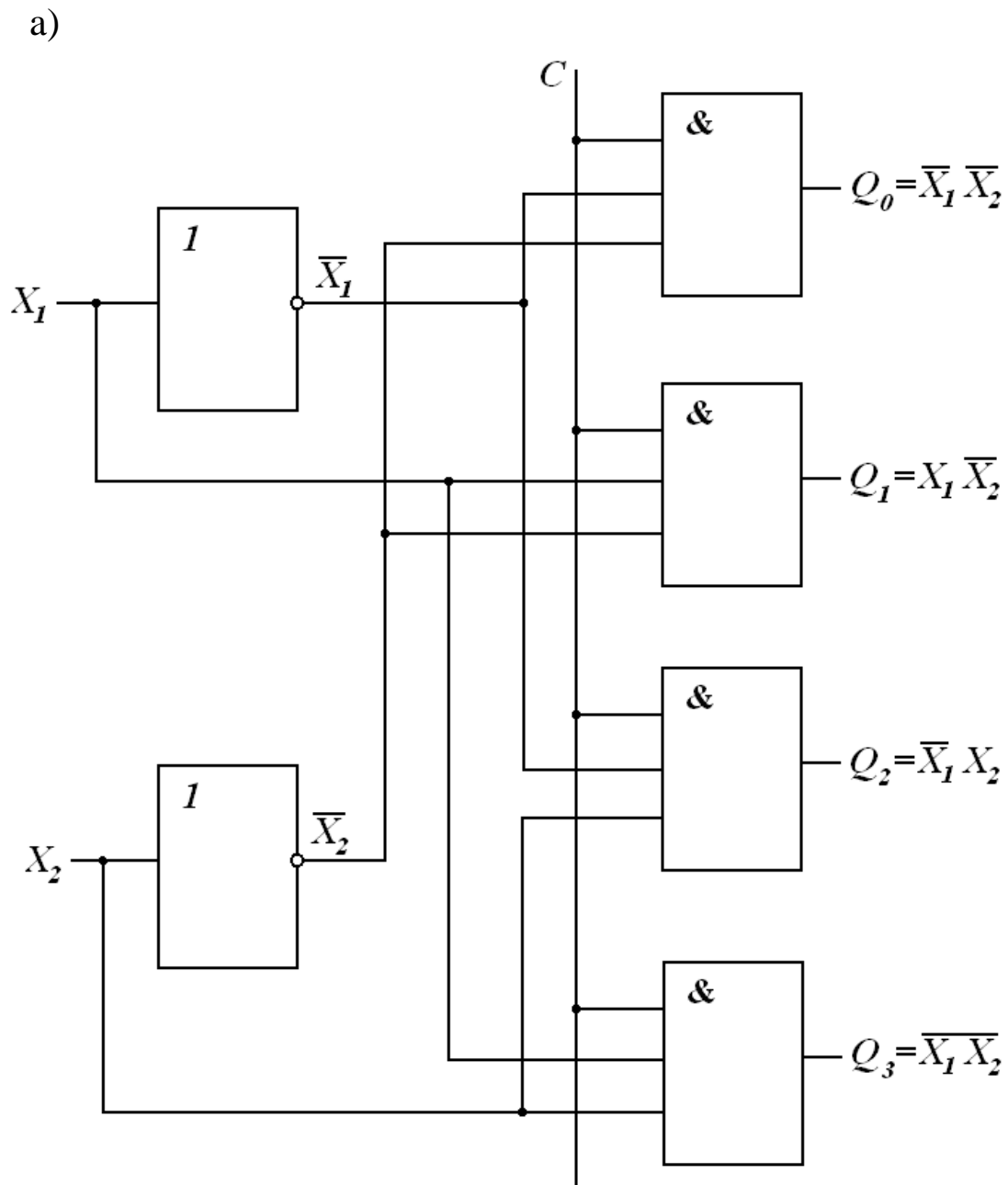
Shunday qilib, deshifратор to'rt razryadli ikkilik-o'nlik kodni ikkilik-o'nlik sanoq tizimidagi o'nlik raqamga mos keluvchi chiqishda yuzaga kelgan mantiqiy bir kuchlanishga o'giradi. Masalan, 1001 kirish kodi 9 raqamli simni ishga tushirishi kerak, deshifраторning qolgan simlarida nol bo'lishi kerak. Tezkorligi yuqori, lekin qo'llanilgan murakkab MElar soni ko'p bo'lgan qurilma, chiziqli deshifратор (DSH) qisoblanadi. Chiziqli DSH bir-biri bilan bog'lanmagan HAM sxemalari majmuini tashkil etadi. Ularning qar biri DSH ishini ifodalovchi (3.10)

MAF tizimi mantiqiy funksiyalaridan birini amalga oshirish uchun mo'ljallangan. Demak, (3.10) yordamida ifodalanuvchi tizim uchun o'nta HAM sxemasi talab etiladi. Adabiyotlarda chiziqli DSHlar bir pog'onali, parallel yoki matrisali deb ham nomladi.



3.12-rasm. «10 dan 4 ga»deshifratör shartli grafik belgisi.

Chiziqli DSHlarning afzalligi – ularning tezkorligidir, chunki signal faqat bitta ME orqali o'tadi. DSH kamchiligi bo'lib faqat ko'p sonli ko'p qirishlarga ega bo'lgan HAM sxemalari emas, balki to'qri va invers signallar manbai bo'lgan sxemalarga qo'yiladigan yuqori yuklama talablar hisoblanadi. Shuning uchun chiziqli DSHlar kirish o'zgaruvchilari uncha katta bo'lmagan ($n=2-4$) da va kichik DSH yoki piramidali yoki ko'p pog'onali deshifratörlarda qo'llaniladi.



3.13-rasm. Chiziqli DSH (a) va uning shartli grafik belgisi (b).

Ikkita adres kirishiga va to'rtta (0-3) chiqishga ega bo'lgan chiziqli DSH tasviri 3.13 – a rasmda, uning shartli tasviri esa 3.13 – b rasmda keltirilgan. Har bir chiqish HAM elementining chiqishi bo'lib hisoblanadi. Demak, bu kirish bilan bog'liq bo'lgan ikkilik o'zgaruvchi 1 qiymatini faqat shu holda, qabul qilishi mumkin-ki, agar mos keluvchi HAM elementining uchchala kirishida 1 qiymatiga mos keluvchi o'zgaruvchi hosil bo'lsa.

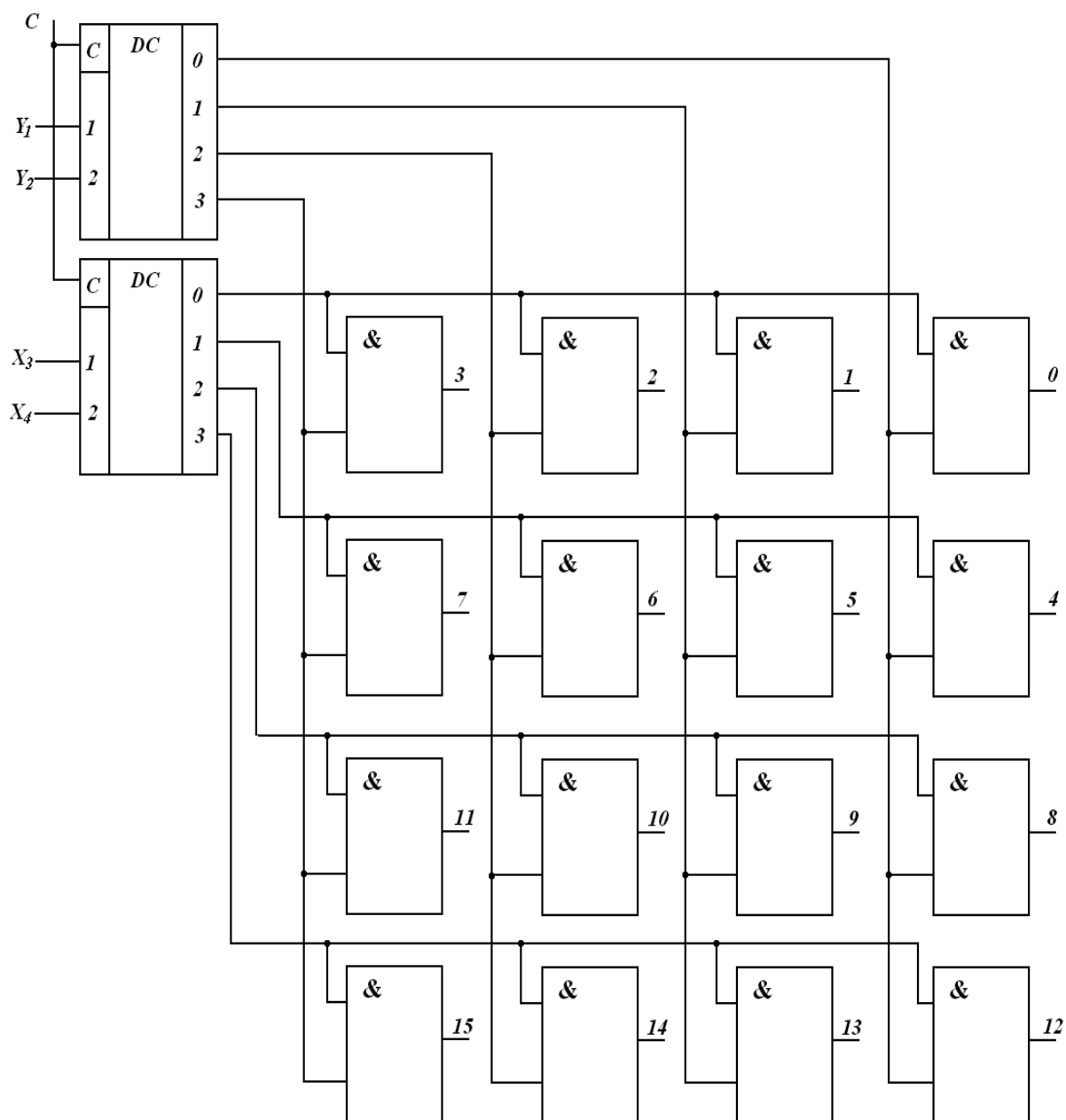
Deshifrator mikrosxemalari ko'p hollarda C ruhsat kirishiga ega bo'ladilar. Bu kirishning mavjudligi ISlar asosida kirish kodi razryadini oshirishga imkon beradi.

$n=4$ bo'lgan ko'p bosqichli (to'g'ri burchakli) DSH sxemasini hosil qilish 3.14-rasmda keltirilgan. U bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda kirish kodining katta va kichik razryadlarini qayta shifrovchi ikkita chiziqli DSHdan iborat. Mazkur sxemada ixtiyoriy kirish o'zgaruvchilari kombinatsiyasida to'g'ri burchakli to'rtinchi HAM sxemasi kiritilgan tugunlarining bitta ustuni yoki bitta qatori tanlanadi. Natijada, kirish o'zgaruvchilarining har bir kombinatsiyasi bitta HAM sxemasini ishga tushiradi.

Sodda MELar soniga ko'ra mazkur deshifrator bir pog'onalikdan sodda, ya'ni barcha kirish va chiqishlar yig'indisidan kelib chiqadigan apparaturaga ketadigan harajatlar minimal bo'ladi.

O'rta integratsiya darajasidagi mikrosxemalar oilasiga mansub barcha mantiqiy sxemalar tarkibiga kiruvchi boshqa turdagi deshifratorni ko'rib chiqamiz. Bu ikkilik-o'nlik kodni raqamli indikatorlarni boshqarish uchun ettisegmentli kodga o'zgartiruvchi deshifratordir. Bunday deshifratorlar o'nlik raqamlarni yorug'lik diodlari, suyuq kristall indikatorlarida, elektrolyuminiscent va elektrovakuum qurilmalar ishlatilgan yorug'lik tablolarida vizual indikatsiyalash qurilmalarida qo'llaniladi.

Ikkilik-o'nlik kodni ettisegment kodga o'zgartirish, 3.3-funksional jadvalga mos ravishda amalga oshiriladi. Bu yerda chiqish funksiyalari indikatorning a, b, c, d, e, f, g 7-ta segmentiga mos keladi (3.15-rasm). 7-segmentli yorug'lik indikatorida bajarilgan deshifrator shartli belgisi 3.17-rasmda keltirilgan. Deshifrator sxemasi qo'shimcha S, M, K chiqishlarga ega bo'lib, indikatorlar, so'nuvchi impuls kirishi va pulsatsiyalarni so'ndiruvchi impuls kirishlarini tekshirish uchun xizmat qiladilar.

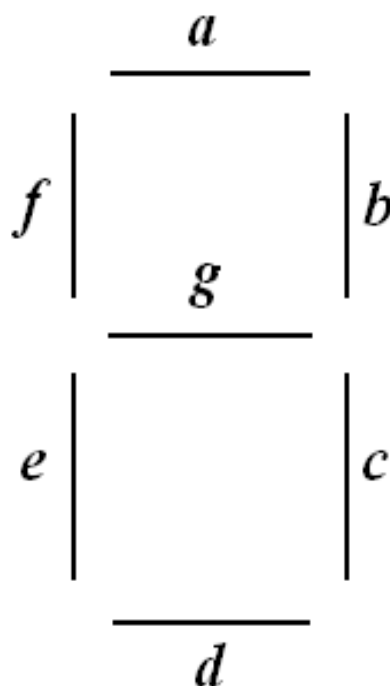


3.14-rasm. To‘g‘ri burchakli deshifrador sxemasi.

Funksional jadvalga faqat 10 ta ($2^4 = 16$ kombinatsiyadan) ikkilik kirish o‘zgaruvchilari kiradi, ular o‘z navbatida 0 dan 9 gacha bo‘lgan butun sonlarga mos keladi. 10 dan 15 gacha bo‘lgan butun sonlar (1010 dan 1111 gacha bo‘lgan) ma’noga ega bo‘lmay deshifrador sxemasi tomonidan o‘zgartirilmaydi. Huddi shunday 128 (2^7) ta 0 va 1 kombinatsiyasidan deshifrador chiqishida yana raqamli indikatorning faqat mazkur raqam konturini shakllantiruvchi 10 ta kombinatsiyasi ma’noga ega bo‘ladi.

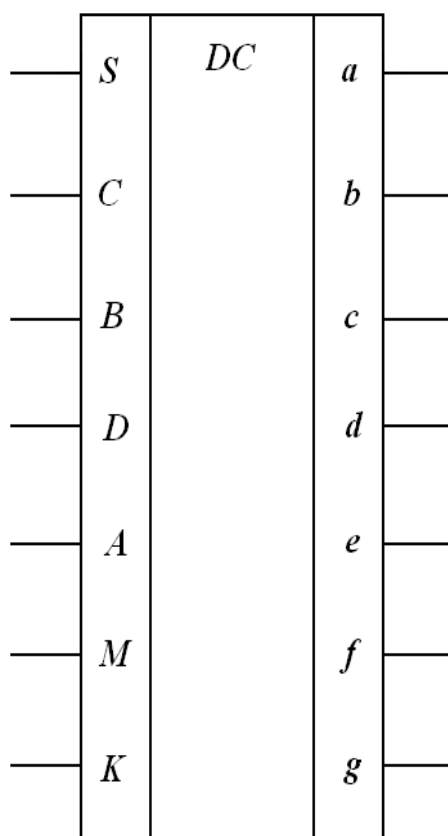
Oʻnlik-ikkilik kodni 7-segmentli kodga oʻzgartirish funksional jadvali

<i>Kirishlar</i>				<i>Chiqishlar</i>						
<i>D</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0



3.15-rasm. Oʻnlik raqamning 7-segmentli indikatorini.

3.1 – §da keltirilgan uslubiyatdan foydalanib, TTMda bajarilgan HAM-YOKI-EMAS elementlarida shakllangan deshifrador mantiqiy sxemasini hosil qilish mushkul emas (3.17-rasm). Sxema chiqishida ochiq kollektorli elementlar qoʻllanilgan. Shuning uchun segmentlar mos ravishda a-g chiqishlarda past potensial boʻlganda nurlanadi.

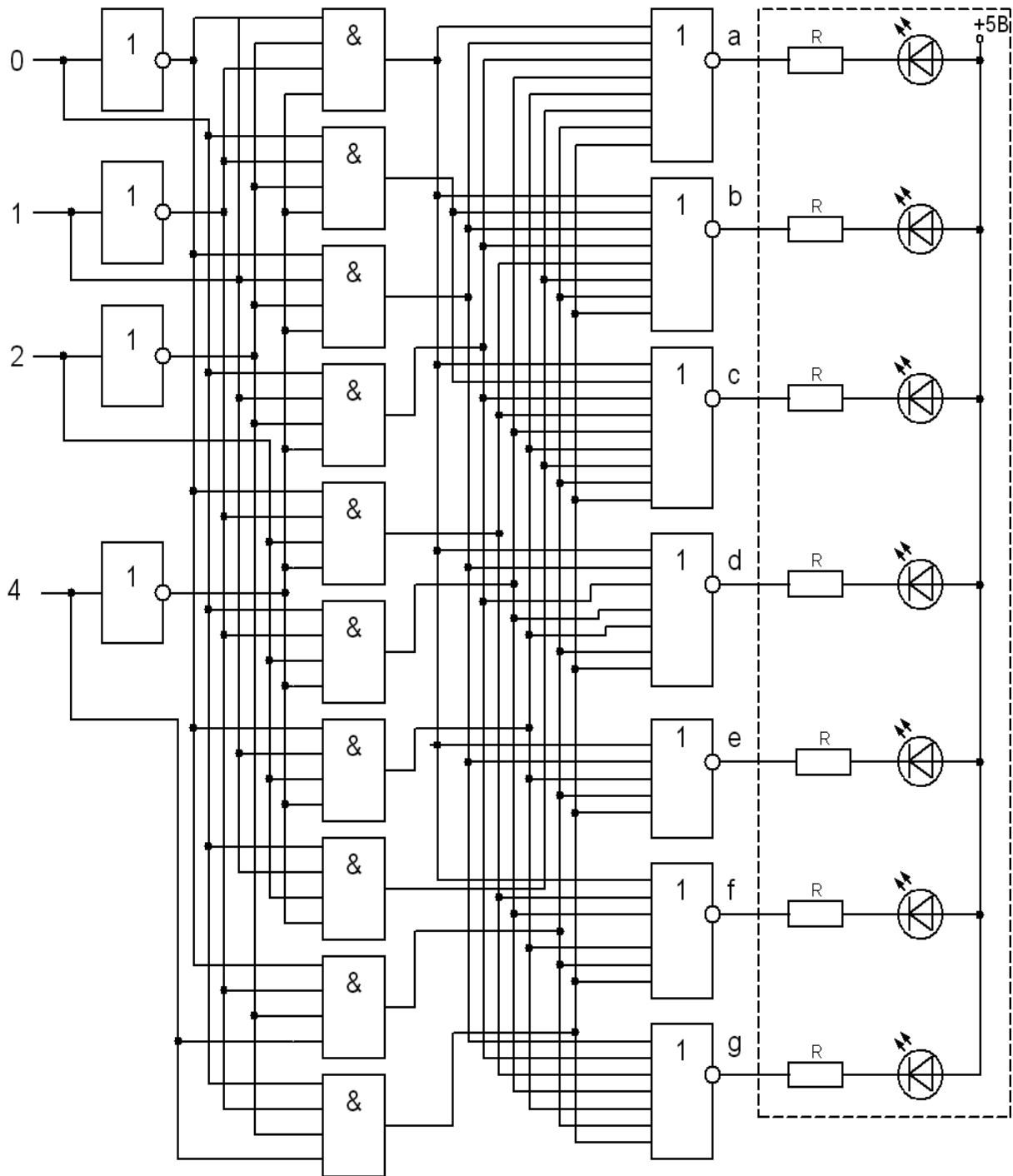


3.16-rasm. Ikkilik-oʻnlik kodni 7-segmentli kodga oʻzgartiruvchi deshifratör shartli belgisi.

3.4. Multipleksorlar va demultipleksorlar

Kombinatsion turdagi mikroshemalarning keyingi guruhini **multipleksorlar** tashkil etadi. Ular bir necha manbadan berilayotgan maʼlumotlarni **bitta** chiqish kanaliga uzatishni **boshqarish** uchun moʻljallangan. Multipleksorda, masalan toʻrtta maʼlumot kirishi va bitta chiqish boʻlishi mumkin. Demak, multipleksorga 4-ta datchik - maʼlumot manbai ulanishi mumkin. Sxemada bitta chiqish boʻlganligi sababli, multipleksorga ulangan qabul qilgichda maʼlumotlar faqat ketma-ket qayta ishlanadi. Maʼlumotlarni qayta ishlash ketma-ketligi, multipleksorning boshqaruv kirishlariga berilayotgan signallar bilan belgilanadi.

Multipleksorlar avtomatika, telemexanika va aloqa qurilmalarida keng qoʻllaniladi. Masalan, fazoda tarqalgan bir nechta manbadan kelayotgan maʼlumotlarni bitta telefon kanalidan uzatishda. Bunday amal **multipleksiyalash** deb ataladi, yaʼni bitta liniyadan bir necha manbadan berilayotgan maʼlumotlar uzatiladi.



3.17-rasm. Raqamli indikatorni boshqaruvchi deshifratör sxemasi.

Ulanadigan manba (kirish) raqami multipleksorning boshqaruv kirishlariga berilayotgan ikkilik kod bilan belgilanadi. Bu holda, multipleksor tuzilmasi ikkita kirishli konyunktorlar, ya'ni HAM amalini bajaruvchi MELar majmuini tashkil etadi. Har bir konyunktorning bitta kirishi ma'lumot signali manbaiga, ikkinchisi esa, boshqaruv signallari manbaiga ulanadi. Kon'yunktorlarning chiqishlari YOKI sxemasi bilan birlashadi.

Bizga ma'lum-ki, HAM elementining ikkala kirishiga mantiqiy 1 signali berilsa, chiqishda qam mantiqiy 1 bo'ladi. Agar kirishlardan biriga mantiqiy 0 berilsa, chiqishda ham mantiqiy 0 hosil bo'ladi. Demak, tanlangan A liniyadagi signal yuqori darajaga (mantiqiy 1ga) ega bo'lsa, chiqishga aynan shu liniyadagi ma'lumot uzatiladi. Agar tanlangan kanal kichik darajaga (mantiqiy 0ga) ega bo'lsa, u holda, kirishdagi ma'lumot liniyadan HAM elementi chiqishiga uzatilmaydi, chunki bu element chiqishidagi signal ham kichik darajaga ega bo'ladi.

Shunday qilib, multipleksor bir nechta kirishdan kelayotgan ma'lumotlarni faqat bittasini chiqishga ulab berishni ta'minlashi kerak ekan. Buning uchun multipleksorda ikki guruqqa mansub kirishlar mo'ljallangan: ma'lumotlar uchun va adres uchun (boshqaruvchi). U yoki bu A_i kirish liniyasini tanlash berilayotgan S_0, S_1, \dots adres kodi bilan belgilanadi. Boshqaruv kirishlari n - ta bo'lsa, S_i boshqaruv signallarining $M=2^n$ ta kombinatsiyasini amalga oshirish mumkin. Agar multipleksor 2 ta boshqaruv kirishiga ega bo'lsa, 4 ta liniyadan birini, agar boshqaruv kirishlari 4 ta bo'lsa, 16 ta kirish liniyasidan biriga ulanishni ta'minlaydi. Birinchi multiplksor «4 dan 1 ga», ikkinchisi esa, «16 dan 1 ga» deb ataladi. «4 dan 1 ga» multipleksorining haqiqiylik jadvalidan foydalangan holda, bunday amalni bajaruvchi multipleksorining MAFni ifodalaymiz.

$$Q = A_0(\overline{S_1}\overline{S_0}) + A_1(\overline{S_1}S_0) + A_2(S_1\overline{S_0}) + A_3(S_1S_0),$$

bu yerda qovuslar ichiga S_0, S_1 adres o'zgaruvchilarining bir konstituentlari joylashtirilgan.

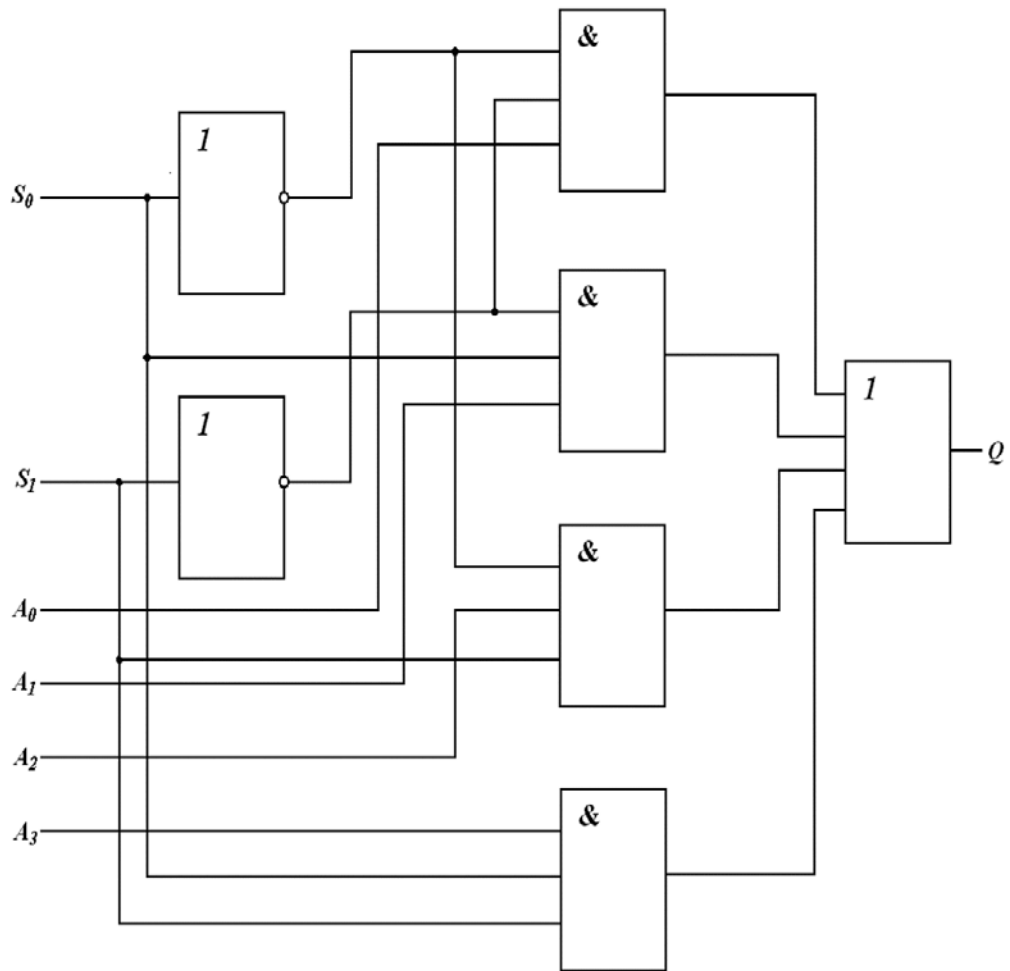
3.4-jadval

«4 dan 1 ga» multipleksorining haqiqiylik jadvali

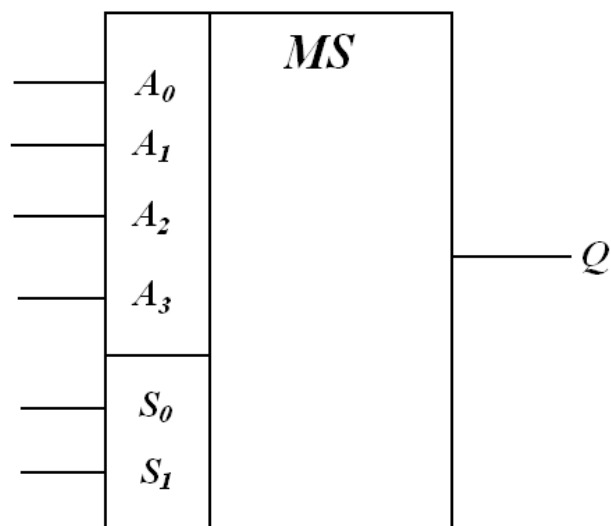
S_1	S_0	Q
0	0	A_0
0	1	A_1
1	0	A_2
1	1	A_3

«4 dan 1 ga» multipleksori mantiqiy sxemasining sxemotexnik yechimi 3.18-rasmda keltirilgan.

a)



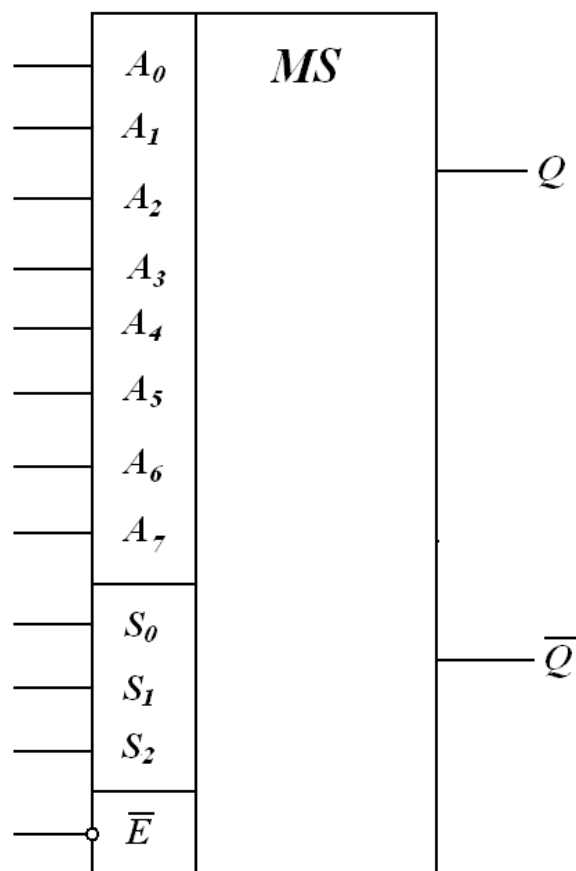
b)



3.18-rasm. «4 dan 1 ga» multipleksori sxemasi (a) va uning shartli belgilanishi (b).

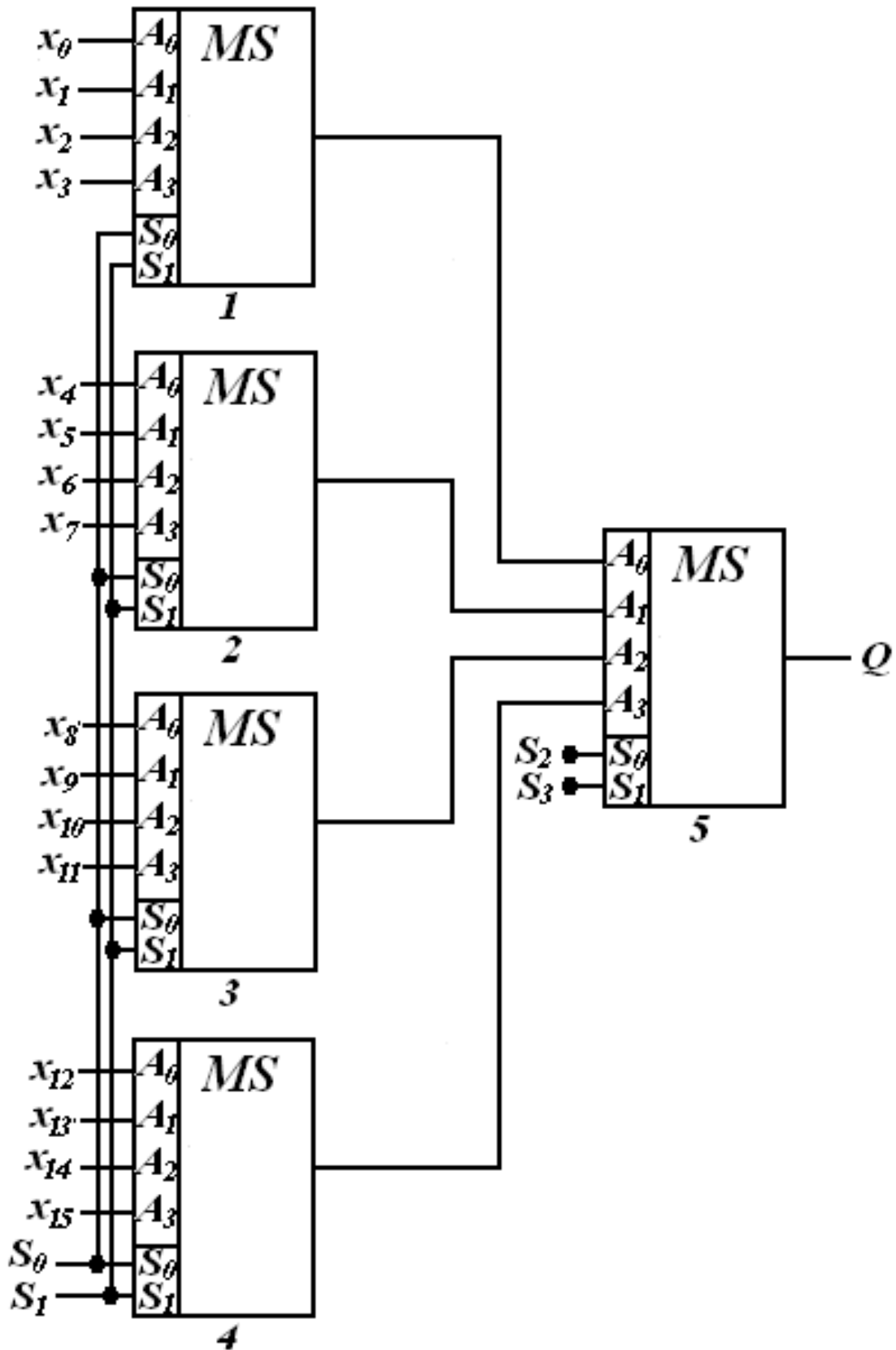
Oʻrta integratsiya darajasidagi TTM mikrosxemasi koʻrinishida ishlab chiqarilayotgan multipleksorda murakkab invertorli chiqishga ega boʻlgan HAM-YOKI-EMAS elementi ishlatiladi. Bu element $N \geq 10$ boʻlgan yuqori tarmoqlanish koeffitsiyenti va uncha katta boʻlmagan yuklamada yuqori tezkorlikni taʼminlaydi.

Mikroprotsessori multipleksorlari taktlovchi qurilma qisoblanadi. Ularda tanlangan kanal kombinatsiyasi boshqaruv kirishlarida maʼlum kod kombinatsiyasi mavjud boʻlgan vaqt mobaynida emas, balki takt signali davomiyligiga teng boʻlgan vaqt mobaynida kommutatsiya amalga oshiriladi.



3.19-rasm. «8 dan 1 ga» multipleksorining shartli belgisi ($M=8, n=3$).

Multipleksor (155 seriya mikrosxemasi) shartli belgisi 3.20-rasmda keltirilgan. U sakkizta $A_0 - A_7$ maʼlumot kirishlariga, uchta S_0, S_1, S_2 adres kirishiga, ruhsat berish kirishiga va ikkita chiqishga ega boʻlib, biri toʻgʻri, ikkinchisi esa invers .



3.20-rasm. 16 ta ma'lumot kirishlariga ega bo'lgan multipleksor daraxti sxemasi.

Sanoatda ishlab chiqarilayotgan multipleksor mikroshemalarining ma'lumot kirishlari 16 tadan oshmaydi. «4 dan 1 ga» multipleksor mikroshemalaridan «16 dan 1 ga» multipleksorini tuzish mumkin. Bunday multipleksor multipleksor darahiti deb ataladi va uning sxemasi 3.20-rasmda keltirilgan.

Birinchi darajadagi multipleksorlar (1 – 4) adres soʻzining S_0, S_1 kichik razryadlari yordamida, ikkinchi darajadagi multipleksor (5) esa, soʻzining S_2, S_3 katta razryadlari yordamida boshqariladi.

Demultipleksorlar. Demultipleksor bir kanaldan qabul qilingan ma'lumotlarni bir necha qabul qilgichlarga taqsimlash vazifasini, ya'ni multipleksiyalashga teskari boʻlgan amalni bajaradi. Qabul qilgich raqami (aktivlashtirilgan chiqish) uning boshqaruv kirishlariga berilgan kod kombinatsiyasi bilan aniqlanadi.

Demultipleksor umuman olganda bitta ma'lumot kirishi, n - ta adres kirishi va $M=2^n$ chiqishga ega. Misol tariqasida «1 dan 4 ga» demultipleksorining tuzilish uslubini koʻrib chiqamiz (S_0, S_1 ikkita adres chiqishi va $Q_0 - Q_3$ toʻrtta chiqish). Koʻrinib turibdi-ki, agar ma'lumot M chiqish liniyalaridan biriga yoʻnalgan boʻlsa, u holda, qolgan chiqish liniyalarida mantiqiy nol ushlab turiladi. «1 dan 4 ga» demultipleksorining haqiqiylik jadvali 3.5-jadvalda keltirilgan.

3.5-jadval

«1 dan 4 ga» demultipleksorining haqiqiylik jadvali

S_1	S_0	Q_0	Q_1	Q_2	Q_3
0	0	A	0	0	0
0	1	0	A	0	0
1	0	0	0	A	0
1	1	0	0	0	A

Mazkur jadvalga quyidagi MAF tizimi mos keladi:

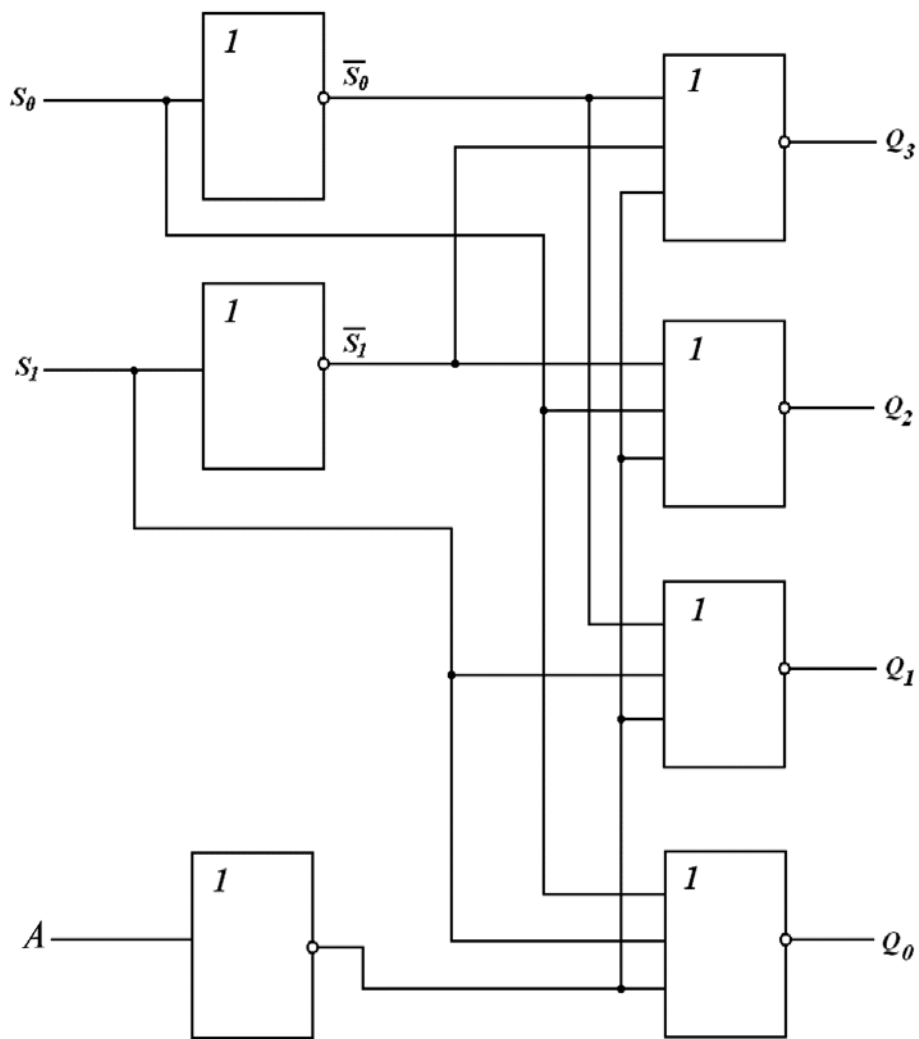
$$Q_0 = A(\overline{S_0 S_1}) = \overline{\overline{A + S_0 + S_1}},$$

$$Q_1 = A(S_0 \overline{S_1}) = \overline{\overline{A + \overline{S_0} + S_1}},$$

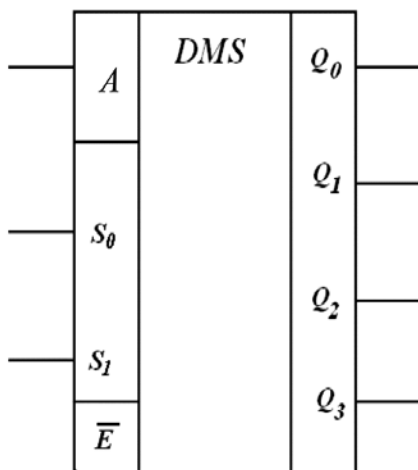
$$Q_2 = A(\overline{S_0} S_1) = \overline{\overline{\overline{A} + S_0 + \overline{S_1}}},$$

$$Q_3 = A(S_0 \overline{S_1}) = \overline{\overline{\overline{A} + \overline{S_0} + S_1}}.$$

a)



b)



3.21-rasm. «1 dan 4 ga» demultipleksori (a) va uning shartli belgilanishi (b).

Berilgan funksiyani YOKI-EMAS elementlari yordamida bajaradigan mantiqiy sxema va uning shartli grafik tasviri 3.21-rasmda keltirilgan. Bu yerda \bar{E} – ishga ruhsat berish kirishi.

Chiqish liniyalarini ko‘paytirish talab etilganda, mos ravishda «1 dan 4 ga» demultipleksor mikrosxemalaridan kerakli miqdori olinib, demultipleksor darahiti tuziladi. Bunday darahit tuzilmasi multipleksor darahitiga ko‘zgudagi aks kabi mos keladi (3.21-rasm). Buning uchun ruhsat berish kirishlari hizmat qiladi.

3.5. Jamlagich va komparator

Jamlagich deb ikkilik koddagi sonlarni qo‘shish (jamlash) asosiy arifmetik amalini bajaruvchi kombinatsion mantiqiy qurilmaga aytiladi. Dastlab oddiy holat, bir razryadli ikki sonni qo‘shish: $0+0=0$, $1+0=1$, $0+1=1$, $1+1=10$ masalasini ko‘rib chiqamiz. Ohirgi vaziyatda natija ikki razryadli ikkilik kodi yordamida ifodalangan. Yig‘indining katta razryadda paydo bo‘lgan bir – o‘tkazish biri deb ataladi. Ikkita bir razryadli sonlarning yig‘indisini bizga qulay bo‘lgan haqiqiylik jadvali ko‘rinishida ifodalaymiz.

3.6-jadval

Bir razryadli jamlagich haqiqiylik jadvali

Qo‘shiluvchilar		Natija	
<i>X</i>	<i>U</i>	<i>Jami S</i>	<i>O‘tkazish C</i>
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

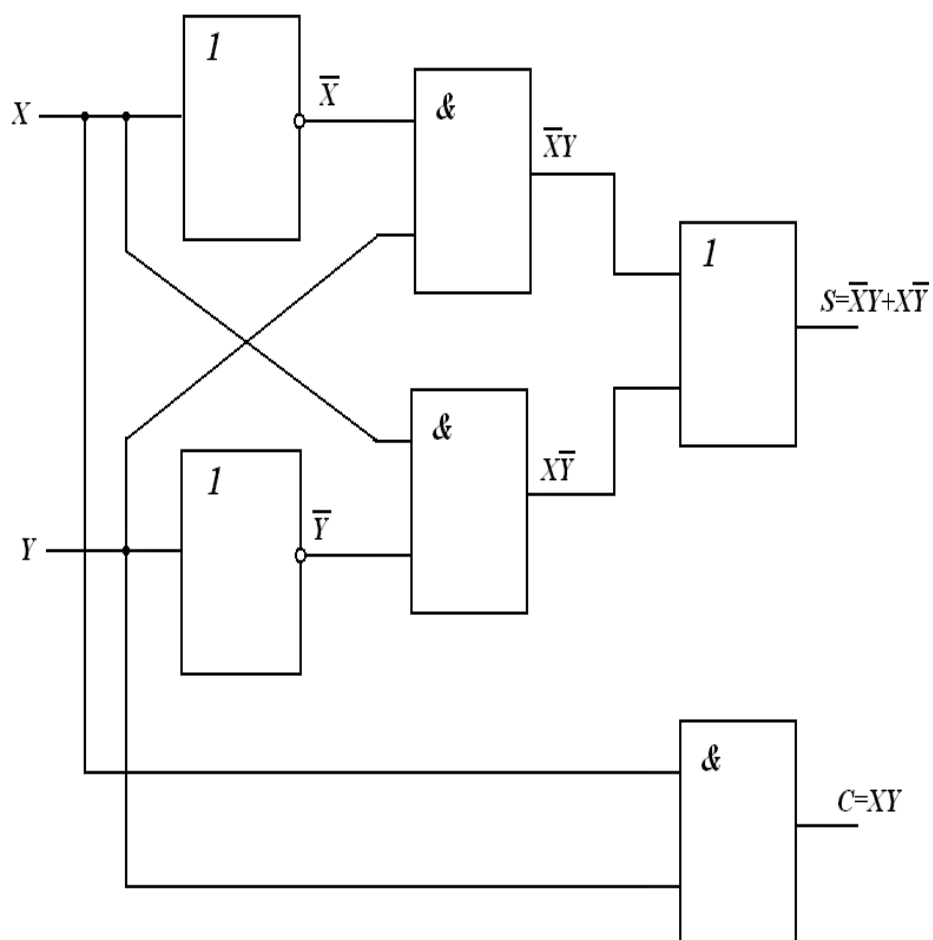
Haqiqiylik jadvali jamlash amalini bajarish algoritmini MAF mantiq tizimi yordamida oson ifodalaydi:

$$S = \bar{X}Y + X\bar{Y} = X \oplus Y, \quad (3.11)$$

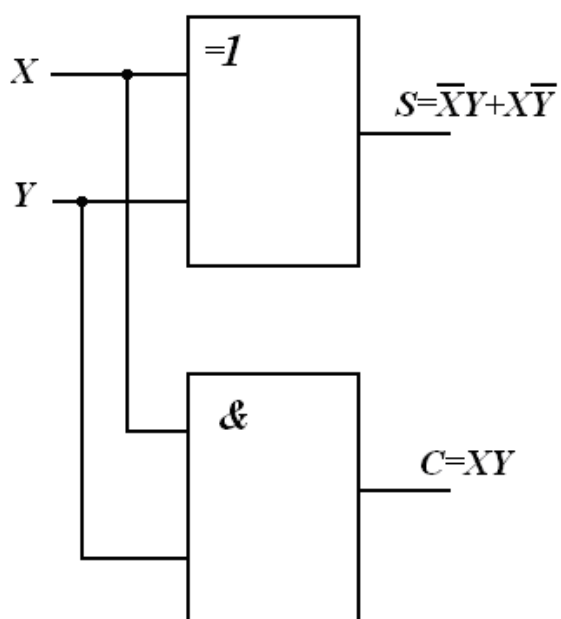
$$C = XY, \quad (3.12)$$

bu yerda, \oplus belgisi - ikki moduli bo‘yicha qo‘shish (o‘tkazishsiz).

a)



b)



3.22-rasm. Yarimjamlagich.

(3.11) asosidagi jamlagich sxemasini tashkil etishda ikkita invertor, ikkita ikki kirishli HAM sxemalari va bitta ikkita kirishli YOKI sxemasi kerak bo‘ladi, (3.12) ga ko‘ra esa yana bitta ikkita kirishli HAM sxemasi kerak bo‘ladi, uning chiqishi talab etilgan $1 \cdot 1 = 1$ katta razryadni o‘tkazishni amalga oshiradi. Tanlangan element bazadan kelib chiqqan holda tashkil etilgan jamlagich sxemasi 3.22-rasmda keltirilgan.

Sxema ikkita chiqish simiga ega: S yiqindi va C o‘tkazish va ikkita kirishga ega. Bu sxema *yarimjamlagich* deb ataladi.

Bu holda,, yarimjamlagich haqiqiylik jadvalining birinchi uch ustuni istisnoli YOKI amalining haqiqiylik jadvaliga, ohirgi ustuni esa, HAM bilan amaliga to‘liq mos keladi. Demak, bitta istisnoli YOKI elementiga bitta ikki kirishli HAM elementini qo‘shib yarimjamlagich elementini tuzish mumkin ekan. HAM elementi katta razryadli birni (C chiqishni) shakllantirish uchun hizmat qiladi (5.22-b rasm).

Ikkita ko‘p razryadli sonlarni qo‘shish uchun bir razryadli jamlagich talab etiladi. Bu jamlagich yarimjamlagichdan farqli ravishda C_i o‘tkazish signalini qabul qiluvchi kirishga qam ega bo‘lishi kerak (bu yerda i -qo‘shiluvchilarning razryadi). Natijada, bir razryadli jamlagich X, U bir razryadli ikkilik sonlarni qo‘shish amalini bajaradi, C_i kichik razryaddan o‘tkazadi, chiqishda S_i yiqindi qiymatini hosil qiladi va S_{i+10} katta razryadga o‘tkazadi.

Barcha razryadlarda qo‘shish yagona qoida asosida amalga oshiriladi. Ixtiyoriy i - razryaddagi qo‘shish natijasi i - razryaddagi X_i, Y_i qo‘shiluvchilarni qo‘shish natijasida hosil qilinadi va olingan natijaga i -kichik razryaddan o‘tkazish qiymati qo‘shiladi. Bundan tashqari, qar bir razryadda S_{i+10} katta razryadga o‘tkazish qiymati shakllangan bo‘lishi kerak.

S_i va S_{i+10} MAFi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$S_i = X_i \oplus Y_i \oplus C_i, \quad (3.13)$$

$$C_{i+1} = X_i Y_i + X_i C_i + Y_i C_i. \quad (3.14)$$

Bir hil sxemalar – bir razryadli jamlagichlar bajaradigan harakatlar barcha razryadlarda bir hil kechadi. Bir razryadli jamlagich ishi uning haqiqiylik jadvalidan oson tushuntiriladi (3.7-jadval).

Haqiqiylik jadvaliga ko‘ra bir konstituentalarini qo‘shish natijasida hosil qilinadigan, diz yunktiv normal shaklda keltirilgan S_i va S_{i+10} mantiqiy amallar quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$S_i = \overline{C_i} \overline{X_i} Y_i + C_i X_i \overline{Y_i} + C_i \overline{X_i} \overline{Y_i} + C_i X_i Y_i, \quad (3.15)$$

$$C_{i+1} = \overline{C_i} \overline{X_i} Y_i + C_i X_i \overline{Y_i} + C_i \overline{X_i} \overline{Y_i} + C_i X_i Y_i. \quad (3.16)$$

3.7-jadval

Bir razryadli jamlagich mantig'i

Qo'shiluvchilar			Natijalar	
S_i	X_i	U_i	Jami S_i	O'tkazish C_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Ishlash algoritmi (3.15) va (3.16) MAF tizimi yordamida ifodalanadigan bir razryadli jamlagich funksionl sxemasi 3.23-rasmda keltirilgan.

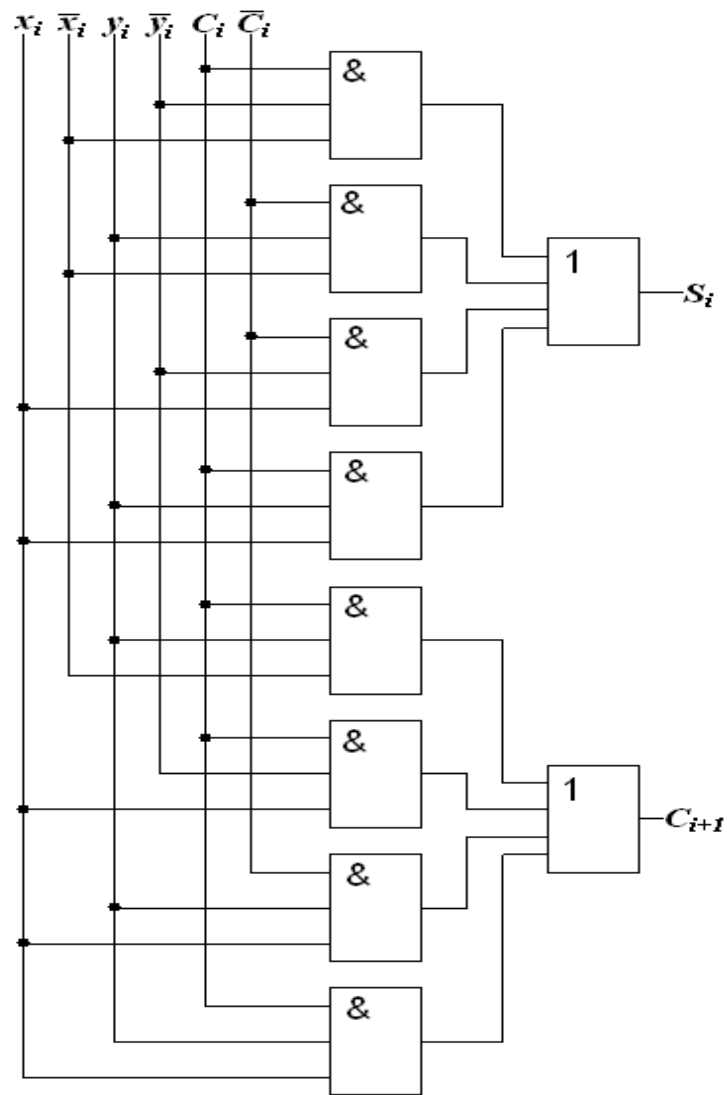
Izoh: $\overline{X_i}$, $\overline{Y_i}$, $\overline{C_i}$ qo'shiluvchilarning invers qiymatlari yoki ularni mos invertorlardan o'tishi natijasida, yoki sxemada ko'rsatilmagan registr triggerlarining qarama-qarshi chiqishlaridan (mantiqiy elementlardan) olinadi.

Ko'p razryadli sonlar jamlagichi bir razryadli jamlagichlardan tuziladi va ko'p razryadli sonlarni ikki usul bilan qo'shishi mumkin: **parallel** va **ketma-ket**.

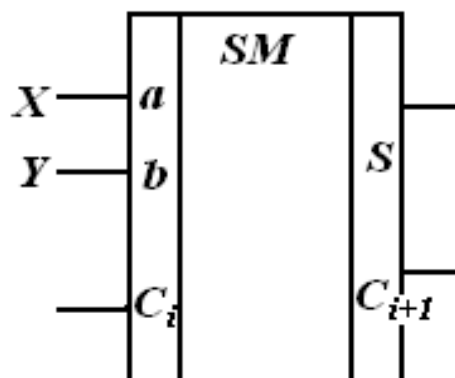
Parallel usuldagi ko'p razryadli jamlagichda berilgan ikkilik sonlarni qo'shish barcha razryadlarda bir vaqtda (parallel ravishda) amalga oshiriladi.

Ketma-ket o'tkazishli sodda to'rt razryadli parallel jamlagich tuzilma sxemasi 3.24-rasmda keltirilgan. U uchta bir razryadli jamlagich va bitta yarimjamlagichdan iborat.

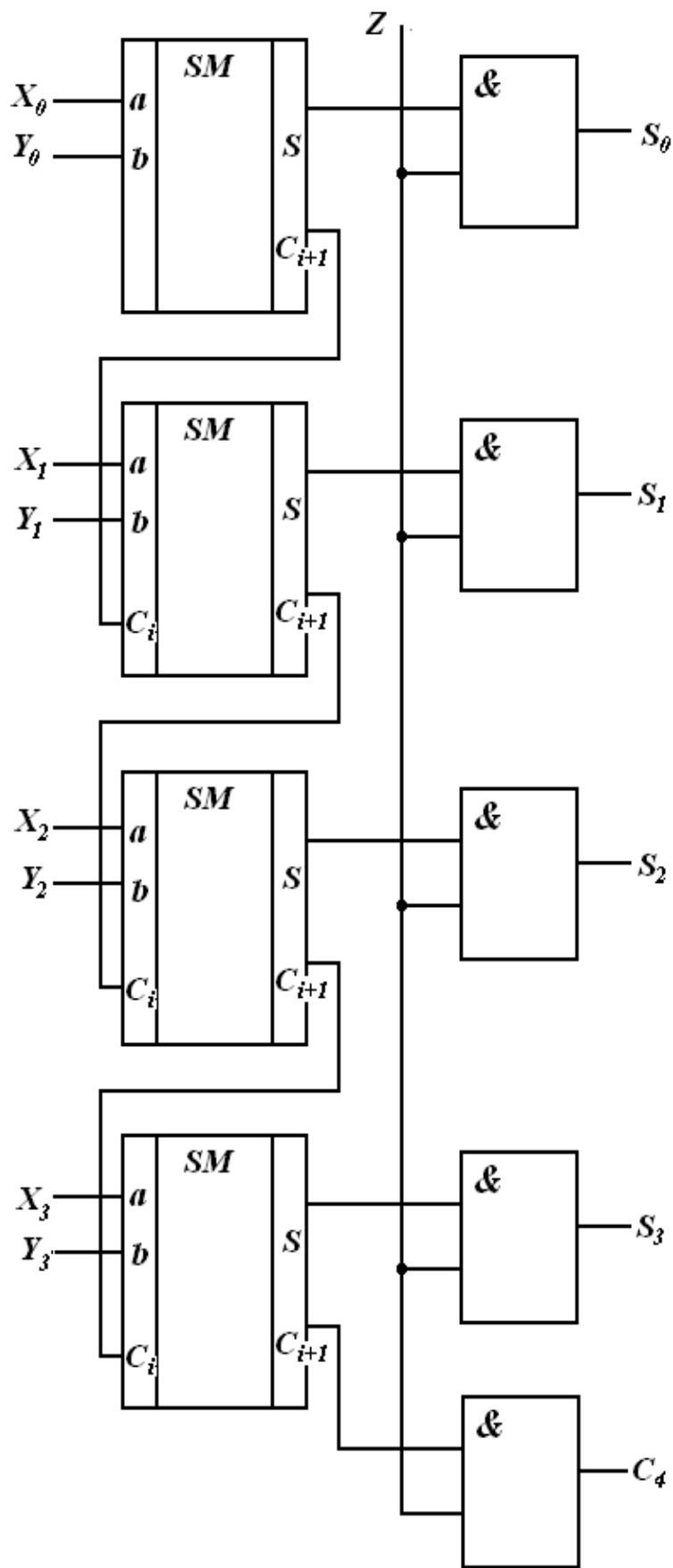
a)



b)



3.23-rasm. To'liq jamlagich (a) va uning shartli belgisi (b).



3.24-rasm. Ketma-ket oʻtkazishli sodda toʻrt razryadli parallel jamlagich.

Bu jamlagich yordamida ikkita to'rt razryadli sonlar qo'shiladi: U_0 razryadli X_0 razryadi, U_1 razryadli X_1 razryadi va h.k. U_3 razryadli X_3 razryadigacha. Bunda qar bir sodda jamlagichda S_0, \dots, S_3 porsiyali yig'indilar va S_{i+1} o'tkazish ichki signallari hosil bo'ladi. Bu signallar undan katta jamlagich S_i o'tkazish kirishiga ketma-ket uzatiladi.

Bu turdagi jamlagichni ko'p razryadli qilib tuzish mumkin, lekin qar doim S_i o'tkazish signali barcha bir razryadli jamlagichlardan o'tmaguncha jamlash amali tugallanmaydi. Shunday qilib, nol razryadining yig'indi signali birinchi hosil bo'ladi, qolganlari esa signal tarqalishinig kechikish vaqti $t_{T.K.}$ ga teng vaqt oraliqlaridan keyin ketma-ket ravishda hosil bo'ladi.

Yolg'on signal hosil bo'lishini oldini olish maqsadida har bir jamlagichning S chiqishida ikki kirishli HAM mantiqiy elementlari o'rnatilgan. Signal jamlagichning barcha razryadlaridan ketma-ket o'tib bo'lgach bu elementlarning Z kirishida signal hosil bo'ladi. Bu turdagi to'rt razryadli jamlagichning yig'indi olish vaqti bir razryadli jamlagichning yig'indi olish vaqtidan ikki baravar ko'p.

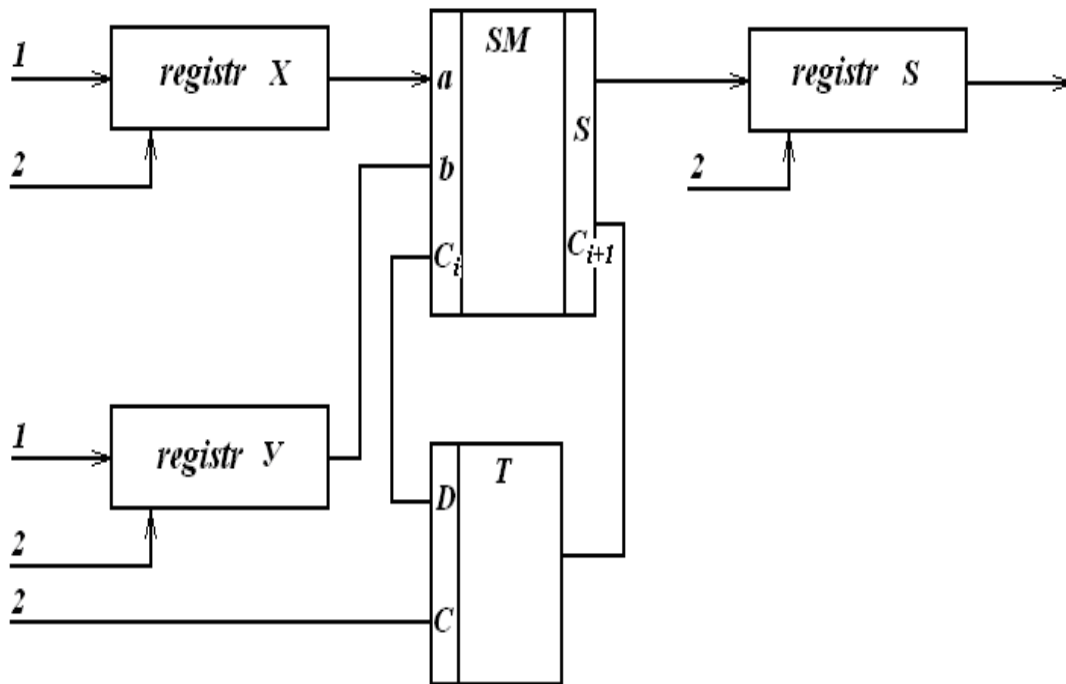
Ketma-ket o'tkazishli kichik razryadli parallel jamlagichlar 155, 500, 176 seriya sxemalari ko'rinishida ishlab chiqariladi. O'tkazish amalini tashkil etish mushkulligi sababli mikroprotsessordlarda ular qo'lanilmaydi.

Ketma-ketli kichik razryadli jamlagichda yig'indi olish bitta bir razryadli jamlagich yordamida amalga oshiriladi. Shu sababli ketma-ketli ko'p razryadli sonlarni qo'shish kichik razryaddan boshlab ketma-ket amalga oshiriladi. Ko'rinib turibdi-ki, bunday jamlagich sodda tuzilmaga ega. Lekin bu jamlagich tezkorligini sezilarli pasaytirishga olib keladi. Agar bunday jamlagich talab etilgan qayta ishlash tezligini ta'minlayotgan bo'lsa, bu unchalik muhim emas.

Ketma-ketli jamlagich sxemasi 3.25-rasmda keltirilgan. U bir razryadli jamlagich, ikkilik sonlarni saqlash va ularni kerakli razryaddarga siljitish uchun uchta n -razryadli registrlar: X va Y qo'shiluvchilar registri va S natija registridan tashkil topgan. qo'shiluvchi sonlar razryadma-razryad X va Y registrlarga joylanadi. Registrlarni kiritish va yig'indi hosil qilish uchun qurilmaning takt kirishlariga n - ta sinxronizatsiya impulslari beriladi. Sinxronizatsiya impulslari front va kesish aktiv vaqtlariga ega, ya'ni impulslar o'tish vaqti (front) va kamayish (kesish) qiymatlariga ega.

Har sinxronizatsiya impulsi fronti bo'yicha bir razryadli jamlagich kirishida kema-ket ravishda kichik razryad va oldingi razryadlarni

qo‘yish natijalaridan boshlab qo‘yishuvchi razryadlari qiymati hosil bo‘yla boshlaydi. Har sinxronizatsiya impulsi kesishi bo‘yicha yangi yig‘indi qiymati chiqishdagi yig‘indi registriga ko‘chiriladi, keyingi razryadda qisobga olinishi kerak bo‘lgan o‘tkazish signali qiymati esa, D-triggyerda eslab qolinadi. Sinxronizatsiyaning n-impulsi tugagach jamlash natijasi S - registrga yoziladi. Bu vaqtda uning katta razryadida kichik razryad natijasi saqlanadi.



3.25-rasm. Ketma-ketli jamlagich: 1- ketma-ketli kirishlar; 2-sinxronizatsiya impulslari takt kirishlari.

Ikkita n-razryali sonlarni ketma-ketli jamlagichda qo‘shish uchun ketadigan minimal vaqt quyidagi ifodadan foydalanib aniqlanadi:

$$t_{O'TK.} = 6nt_{T.K.}$$

Bunday jamlagichga kalkulyator misol bo‘la oladi, ularda hisoblash tezligi emas, narhning arzonligi asosiy omil hisoblanadi. Tezlikni oshirish maqsadida jamlagichlarda maxsus tez o‘tkazish sxemalari (TO‘S) qo‘llaniladi. Ular bir nechta yoki barcha razryadlarni bir vaqtda o‘tkazishni shakllantiradilar. TO‘Slarda o‘tkazish signali faqat o‘zidan oldingi razryadni emas, balki bevosita qo‘shiluvchilar va avvalgi razryadlarni o‘tkazish qiymatlarini qo‘shish natijasida hosil qilinadi.

Buning uchun (i+1)-razryadda o'tkazish signali (3.14) o'tkazish funksiyasiga asosan,

$$C_{i+1} = G_i + p_i C_i \quad (3.17)$$

mantiqiy ifoda asosida hosil qilinishi kerak.

Bu yerda $G_i = X_i Y_i$ – o'tkazish funksiyasi, $p_i = (X_i + Y_i)$ esa, o'tkazishni uzatish funksiyasi. 3.3-jadvalga muvofiq $p_i G_i = G_i$, ya'ni agar o'tkazish signali kichik razryaddan o'tkazish mavjud ekanligidan qat'i nazar i-razryadda o'tkazish signali mavjud bo'lsagina $G_i = 1$. Huddi shunday, agar qo'shiluvchilardan bittasi 1 ga teng bo'lsa, $p_i = 1$. Bunda o'tkazish signali faqat kichik razryaddan o'tkazish mavjud bo'lgandagina shakllanadi. Shunday qilib, $X_i = Y_i = 1$ bo'lsa $G_i = p_i = 1$.

Umumlashgan holda i-razryadga o'tkazish quyidagicha ifodalanadi:

$$C_i = G_i + G_{i-1} p_i + G_{i-2} p_i p_{i-1} + \dots + G_1 p_i p_{i-2} \dots p_2 + p_i p_{i-1} \dots p_2 p_1 p_0 C_0 \quad (3.18)$$

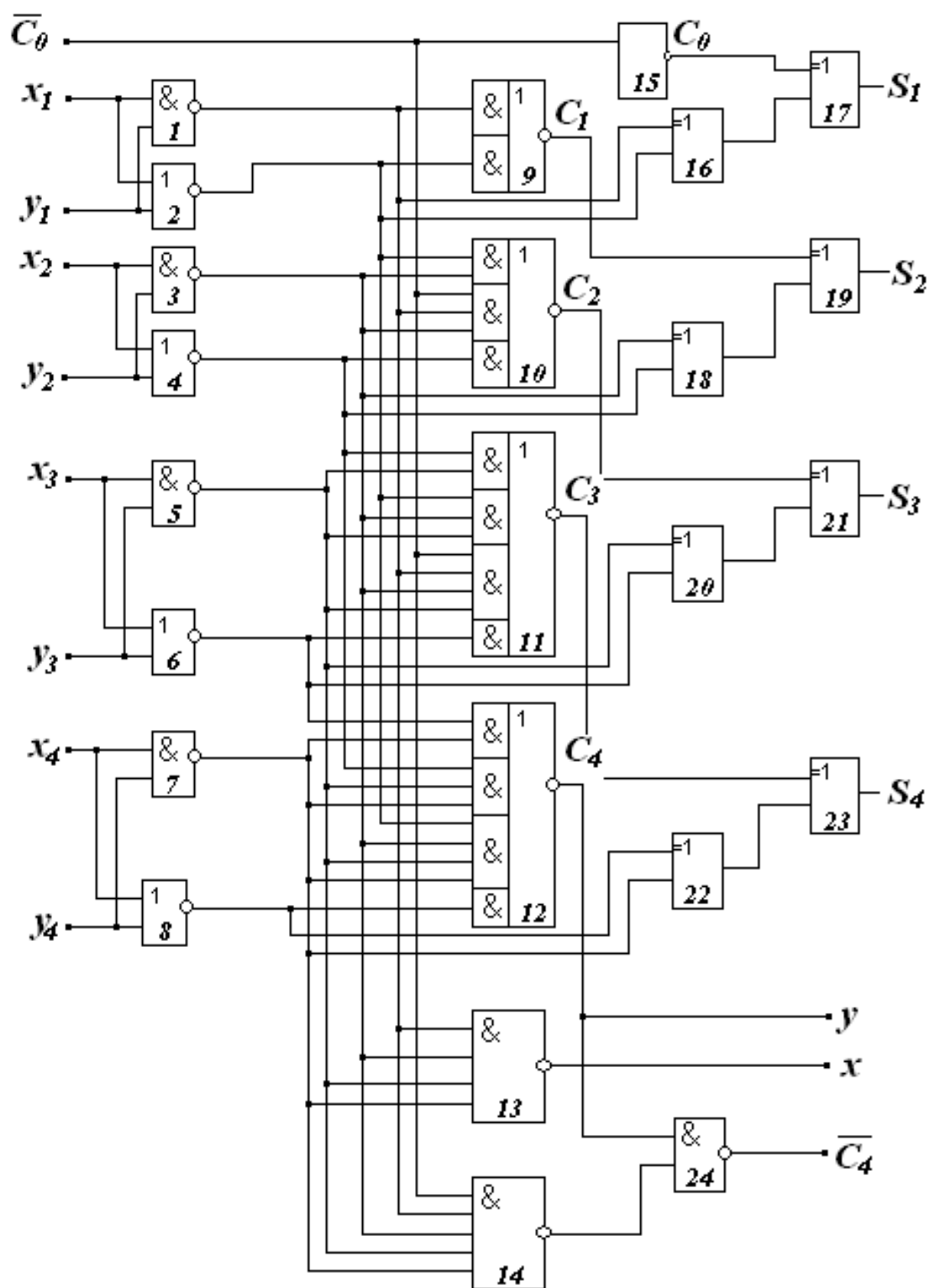
bu yerda G_i - konyunksiya amalining mantiqiy funksiyasi, p_i – dizyunksiya mantiqiy amali, S_0 – nolinchida razryaddan o'tkazish.

(3.18) dan ko'rinib turibdi-ki, tez o'tkazishni shakllatirish uchun to'rt pog'onali sxemalar talab etiladi. Birinchi pog'onada konyunksiya va dizyunksiya, ikkinchisida – birinchida olingan natijalar konyunksiyasi, uchinchida esa, ikkinchi pog'onada olingan mantiqiy amallarning dizyunksiyasi amalga oshiriladi. O'tkazishni umumiy tarqalish vaqti 3 tga teng bo'lib, razryadlar soniga bog'liq bo'lmaydi.

Tez o'tkazishli mantiqiy sxema tuzish uchun birinchi pog'onaning har bir razryadida bittadan HAM va YOKI sxemasi, ikkinchi pog'onada - 1 dan (i+1) tagacha kirishga ega bo'lgan (i+1) ta HAM sxemasi, uchinchi pog'onada - (i+1) ta kirishga ega bo'lgan bitta YOKI sxemasi kerak bo'ladi.

TO'Slarning ikkinchi va uchinchi pog'onalari HAM-YOKI-EMAS sxemalaridan tuzilsa, yuqori tezkorlikka erishish mumkin ekan. Buning uchun (3.17) funksiyani o'zgartirish kerak. De-Morgan qoidasiga ko'ra o'zgartirilgach bu funksya quyidagicha yoziladi.

$$C_{i+1} = \overline{\overline{p_i} + \overline{G_i C_i}} \quad (3.19)$$



3.26-rasm. Tez o'tkazish sxemasili to'rt razryadli jamlagich.

(3.19)dan foydalanib, to‘rt razryadli jamlagich uchun o‘tkazish funksiyasi quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= \overline{\overline{p_1 + G_1 C_0}} ; \\
 C_2 &= \overline{\overline{p_2 + G_2 C_1}} = \overline{\overline{p_2 + G_2 p_1 + G_2 G_1 C_0}} ; \\
 C_3 &= \overline{\overline{p_3 + G_3 C_2}} = \overline{\overline{p_3 + G_3 p_2 + G_3 G_2 p_1 + G_3 G_2 G_1 C_0}} ; \\
 C_4 &= \overline{\overline{p_4 + G_4 C_3}} = \overline{\overline{p_4 + G_4 p_3 + G_4 G_3 p_2 + G_4 G_3 G_2 p_1 + G_4 G_3 G_2 G_1 C_0}} .
 \end{aligned}
 \tag{3.20}$$

(3.20) mantiqiy ifodalar asosida ishlovchi to‘rt razryadli jamlagich sxemasi 3.26-rasmda keltirilgan.

1 – 8 mikrosxemalarni $X(X_1, X_2, X_3, X_4)$ va $U(U_1, U_2, U_3, U_4)$ qo‘shiluvchilarning konyunksiya $\overline{G_1}, \overline{G_2}, \overline{G_3}, \overline{G_4}$ va dizyunksiya $\overline{P_1}, \overline{P_2}, \overline{P_3}, \overline{P_4}$ invers funksiyalari tashkil etadi. 9 – 15 mikrosxemalar bevosita barcha razryadlardan bir vaqtning o‘zida o‘tkazish funksiyasi shakllantiradi. 14-27 sxemalar S_1 - S_4 yig‘indi razryadlari qiymatlarini shakllantiradi. S_i yig‘indi (3.13) asosida quyidagi ko‘rinishda shakllanadi:

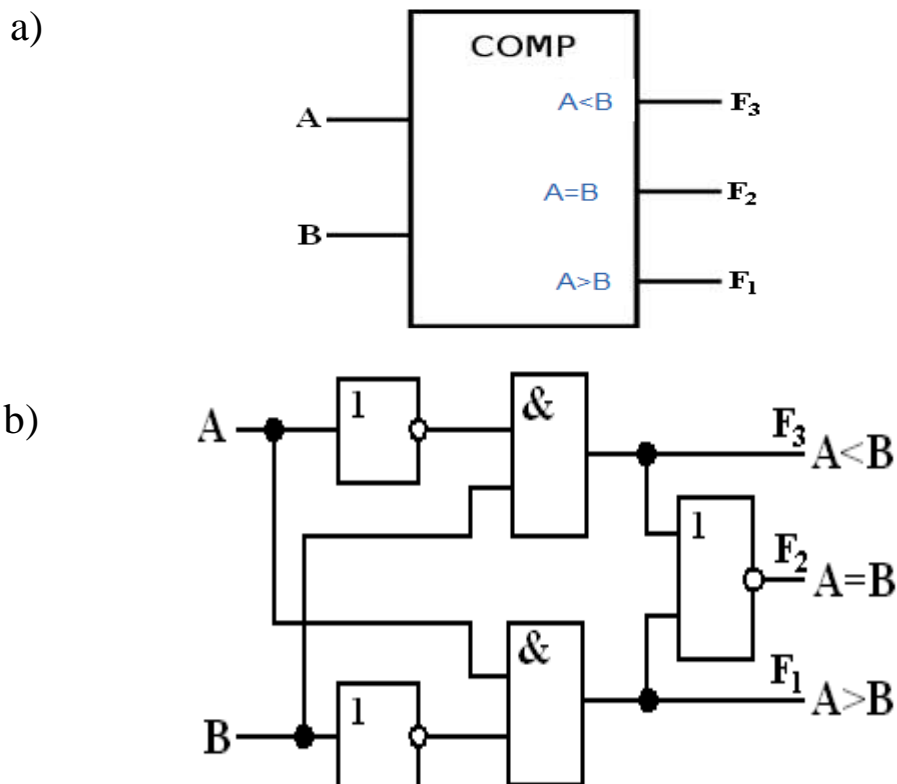
$$S_i = X_i \oplus Y_i \oplus C_i = (p_i \oplus G_i) \oplus C_i = (\overline{p_i G_i}) \oplus C_i = (p_i \approx G_i) \approx C_i . \tag{3.21}$$

Tez o‘tkazishli to‘rt razryadli jamlagichlar KISlar ko‘rinishida ishlab chiqariladi (masalan, K155IM3 mikrosxemalari).

Komparator. Komparator ikkita bir xil razryaddagi miqdorlarni solishtiruvchi qurulma.

3.8-jadval

Kirishlar		Chiqishlar		
B	A	F1 A>B	F2 A=B	F3 A<B
0	0	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	1	0	1	0



3.27-rasm. Komparator shartli belgisi (a) va uning blok-sxemasi(b).

Komparator kirishidagi A va V sonlarni qiymatini bilmay turib, uning chiqishida mazkur sonlarning bir biriga nisbatan munosabatini $A=B$, $A>B$ va $A<B$ aniqlaydi (3.8-jadval).

Nazorat savollari

1. Mantiqiy algebra funksiyasi (MAF)ga ta'rif bering.
2. MAFning asosiy ifodalanish usullarini keltiring.
3. KIS va O'KISlarda bajariladigan mantiqiy qurilmalarni minimallashtirishdan maqsad nima va asosiy prinsiplari qanday?
4. Shifraturning vazifasi va mantiqiy shemasi qanday?
5. Bir pog'onali, piramidali va ko'p bosqichli deshifraturning vazifasi va mantiqiy sxemasi qanday?
6. Multipleksor va demultipleksorning vazifasi va mantiqiy sxemasi qanday?
7. Yarimjamlagich va to'liq jamlagichlarning farqi nimada?
8. Parallel va ketma-ketli ko'prazryadli jamlagichlarning asosiy farqi nimada?
9. Jamlagichlar tezkorligini oshirishning asosiy usullarini sanab bering.

IV BOB

TADRIJIY (KETMA-KET) TURDAGI RAQAMLI SXEMALAR

4.1. Umumiy ma'lumotlar

Yuqorida ko'rib o'tilgan barcha raqamli mantiq kombinatsion sxemalarda tuzilgan edi. Ularda chiqishdagi signal kirishning joriy (hozirgi) holati bilan aniqlanadi. Bu sxemalarda «xotira» mavjud emas. Agar kombinatsion sxemalarga xotira kiritilsa, u holda, ularning yordamida hisoblagichlar, arifmetik registrlar va boshqa «aqlli» sxemalarni hosil qilish mumkin. Bunda ular bir funksiyani bajarib bo'lgach, keyingisiga o'tadi. Bunday sxemalarning asosiy tuguni bo'lib trigger hisoblanadi.

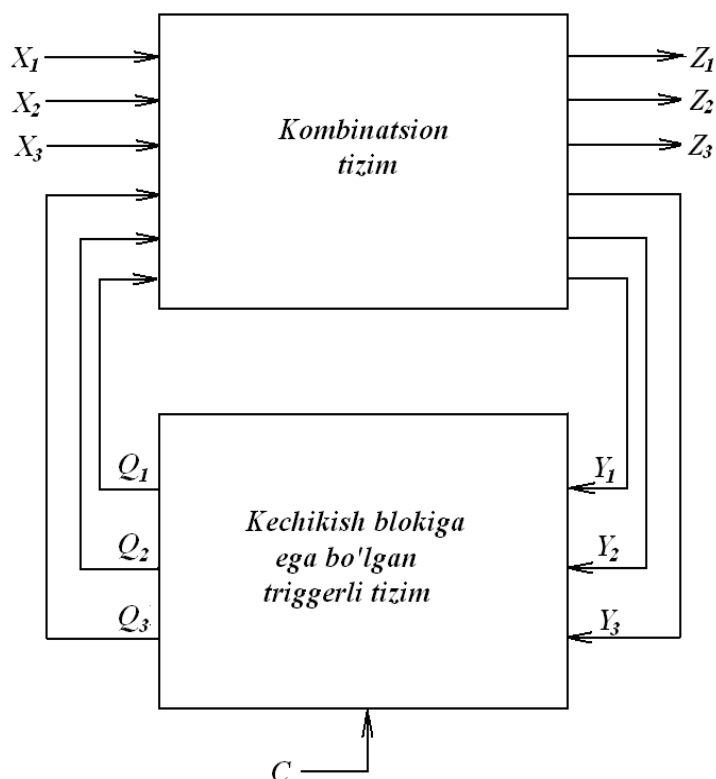
ME va triggerlardan tuzilgan sxemalar, ya'ni ketma-ketli sxemalar kirish signalarining hozirgi holati bo'yicha yoki ularning avvalgi holatini bilgan holda kombinatsion funktsiya shakllantirishi mumkin. Demak, hodisalarni ro'y berish ketma-ketligidan kelib chiqqan holda, kirishda bir hil o'zgaruvchili signal bo'lgan holatda bunday sxemalarning chiqishidagi signal turlicha bo'lishi mumkin. Shuning uchun sxemalarni loyihalashtirish va tahlil qilishda hodisalarni ro'y berish ketma-ketligini ajratib olish muhim hisoblanadi. Raqamli tizimlarning, birinchi navbatda EHMning kuchi shunda-ki, bir holatdan ikkichisiga bir necha marta o'tishlar ketma-ketligini berilgan tartibda amalga oshirish imkoniga ega.

Ixtiyoriy ketma-ketlikdagi qurilma *triggerli qurilma* yoki *raqamli avtomat* deb ataladi. Raqamli avtomat umumiy holda N ta triggerdan tashkil topgan. Raqamli avtomat holati N – razryadli ikkilik so'zdan iborat bo'lib, uning har bir razryadi mos triggerning chiqish signali holati bilan belgilanadi. Demak, raqamli avtomat holatini 2^N kodli to'plam ifodalaydi.

Triggerlar – ikkita turg'un holatli chiqishga ega bo'lgan qurilma bo'lib, u elementar xotira yacheykasi (bistabil yacheyka) va boshqaruv sxemasiga ega. Boshqaruv sxemasi bevosita elementar xotira yacheykasi kirishiga kelib tushayotgan ma'lumotni signallar kombinatsiyasiga o'zgartiradi.

Trigger ta'rifiga mos keluvchi raqamli avtomatning umumlashtirilgan tuzilma sxemasi 6.1-rasmda keltirilgan.

Raqamli avtomat kirishida doim to'rt guruhga mansub turli signal ishlaydi: x_i – kirish signallari, z_i – chiqish signallari, y_i, Q_i – sxemada ma'lumot holatini o'rnatilganligini aks ettiruvchi ikkilamchi o'zgaruvchilar. Ikkilamchi o'zgaruvchilar ketma-ketli sxemalarning avvalgi holatlari haqidagi ma'lumotni saqlash qobiliyatini aks ettiradi. Ikkilamchi o'zgaruvchilarga y_i o'zgaruvchilari va yangi o'rnatilgan (o'zgartirilgan) Q_i holatlari oraliqida kechikish hos bo'ladi. Shuning hisobiga sxemada kechikish bloki mavjud.



4.1-rasm. Ketma-ketli qurilma (raqamli avtomat) blok-sxemasi.

Ketma-ketli sxemalarda ikkilamchi o'zgaruvchilar teskari aloqa vazifasini bajaradilar. Raqamli avtomat turg'un ishlashi uchun (sinxron raqamli qurilmalarda vaqt bo'yicha kechikish mavjudligi tufayli) faqat C kirishga sinxrosignal berilgandan keyingina y_i va Q_i qiymatlari o'zgarishi mumkin.

Agar foydalanuvchini triggerli tizimlarda mavjud funksiyalar qoniqtirmasa, ya'ni maxsus funksiyalarga ega bo'lgan raqamli avtomat talab etilsa, u holda, bunday sxemalarni loyihalashtirish uchun quyidagi uslubdan foydalanish qulay:

1. Talab etilayotgan holatlar hajmi va uning tizimidagi talab etilayotgan xotira hajmi aniqlanadi. Bu vaqtda tizimning N triggeri uchun 2^N holat mavjud.

2. Sxemaning soʻz yordamidagi ishlash prinsipi asosida holatlar (haqiqiylik) jadvali yoki oʻtishlar grafi tuziladi.

3. Trigger turi tanlanadi.

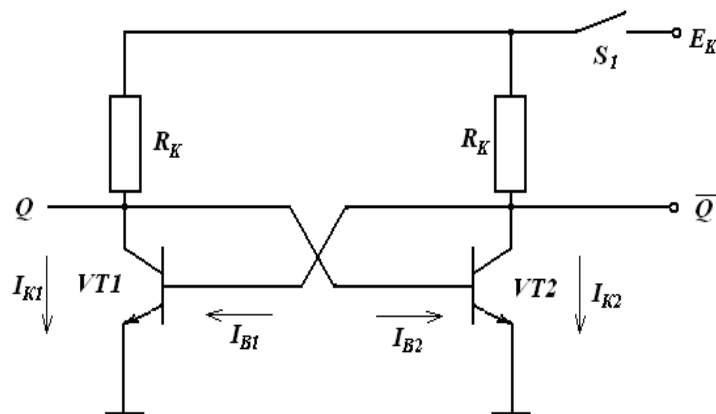
4. Avtomatning ishlash algoritmi va oʻtishlar jadvalidan foydalanib, kengaytirilgan haqiqiylik jadvali tuziladi.

5. Kengaytirilgan haqiqiylik jadvalidan foydalanib avtomatning kombinatsion tizimini ifodalovchi MAF minimizatsiyalanadi.

6. Olingan MAF asosida raqamli avtomat mantiqiy sxemasi tuziladi.

4.2. Bistabil yacheykalar

Har bir trigger asosida bir-biri bilan oʻzaro kesishib ketgan teskari aloqalari mavjud boʻlgan ikkita invertorli zanjir yotadi. Bu holat 4.2-rasmda keltirilgan.

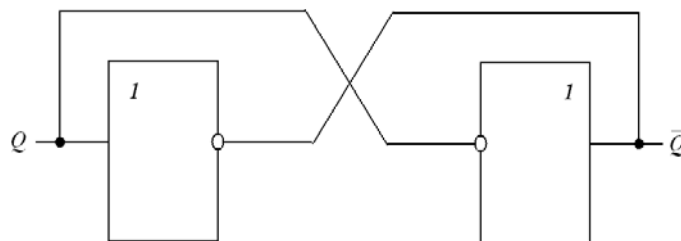


4.2-rasm. Bistabil yacheyka.

Bu zanjir bistabil yacheyka (BYA) deb ataladi va u ikkita turgʻun holatga ega. BYA maʼlumotlarni ikkilik sanoq tizimida qayta ishlashga moʻljallangan, chunki bunday yacheykadagi Q chiqish potentsiali bir-biridan sezilarli farqlanuvchi mantiqiy 0 va mantiqiy 1 ga mos keluvchi qiymatlarni olishi mumkin. Yacheykaga yozilgan maʼlumot E_K kuchlanish manbai ulangan vaqtda saqlanib turadi. Bir BYAdagi maʼlumotni keyingisiga uzatish mumkin emas, chunki ularda tashqi boshqaruv zanjiri mavjud emas.

BYA simmetrik konfiguratsiyaga ega bo'lgani bilan kuchlanish manbai ulanganda yuzaga keladigan (ichki va tashqi) flyuktuatsiyalar hisobiga tranzistorlarning holatlari teng bo'lmasligi mumkin: yoki VT1 tranzistor to'yingan, yoki VT2 berk holatida bo'ladi, yoki aksincha. Bu holatlar turg'un. Haqiqatdan ham, deylik, ba'zi sabablarga ko'ra VT1ning baza toki ma'lum ΔI_{B1} qiymatga kamaygan bo'lsin. Unga mos ravishda I_{K1} toki ham kamayadi va Natijada, VT1ning kollektordagi kuchlanishi pasayadi. Teskari aloqa ($U_{B2}=U_{K1}$) mavjudligi tufayli VT2ning I_{B2} baza toki yanada tezlik bilan ortib, uni to'yinish rejimiga o'tishini tezlatadi. BYAning birinchi yarimida toklarning ortishi, ikkinchi yarimida toklarning tez (ko'chkisimon) kamayishiga olib keladi va regeneratsiya deb ataladi. Bu jarayon tok qiymatlari o'zgarishdan to'htaganda va VT2 to'yinish, VT1 esa berk rejimga o'tganda to'htaydi.

Flyuktuatsiya ishorasi tasodifiy bo'lganligi sababli, VT1 va VT2 tranzistorlarning berkilish ehtimollari teng. Hulosa qilib shuni aytish mumkin-ki, boshqaruv va ishga tushirish zanjirlarisiz BYAga ma'lumot kiritish (yozish) mumkin emas.



4.3-rasm. BYA tasviri.

Invertorlar (EMAS elementlari) va teskari aloqa zanjirlari yordamida BYAning shartli tasviri 4.3-rasmda keltirilgan.

4.3. Triggerlar

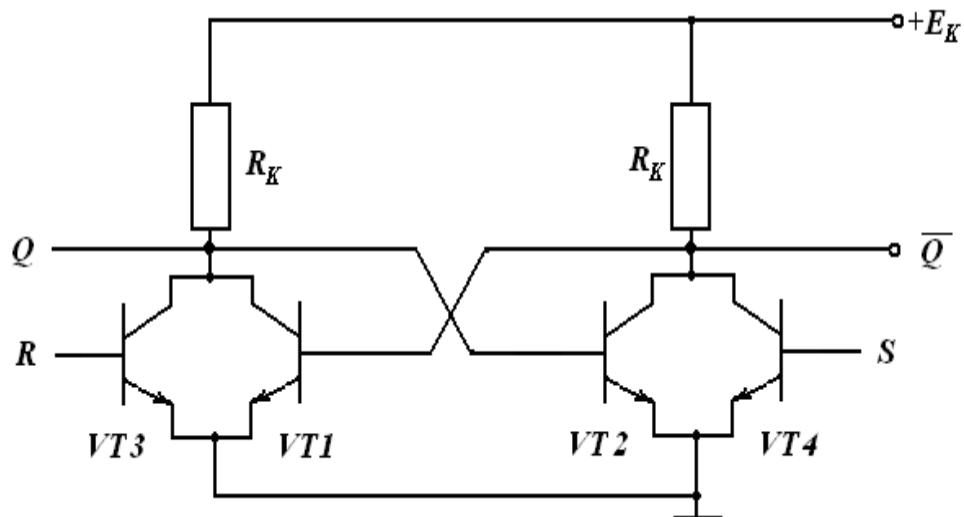
Bir pog'onali triggerlar

Asinxron RS-trigger. Agar BYA boshqaruv zanjirlari bilan to'ldirilsa, u holda, unga 1 bit ma'lumotni yozish va saqlash mumkin bo'lgan *trigger* qurilmasi hosil bo'ladi.

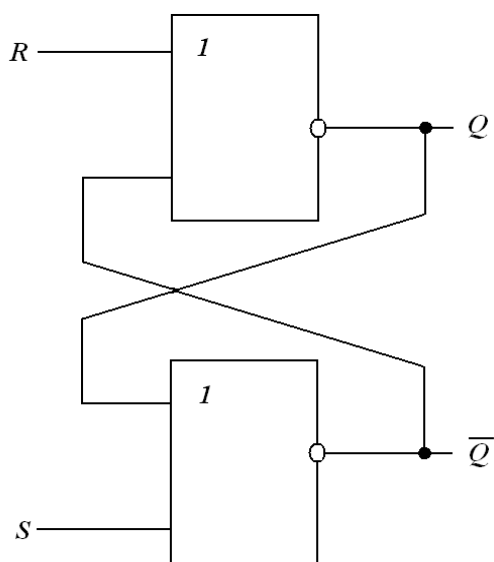
Alohida boshqaruv kirishlariga ega bo'lgan simmetrik trigger sxemasi 4.4-rasmda keltirilgan.

Trigger hosil qilish uchun BYA sxemasi VT3 va VT4 tranzistorlarda bajarilgan yana ikkita tranzistorli kalit bilan to'ldirilgan.

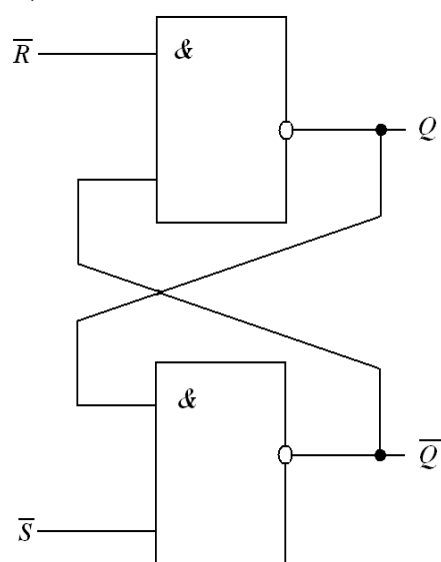
a)



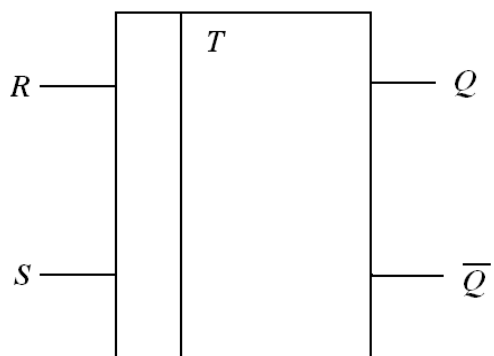
b)



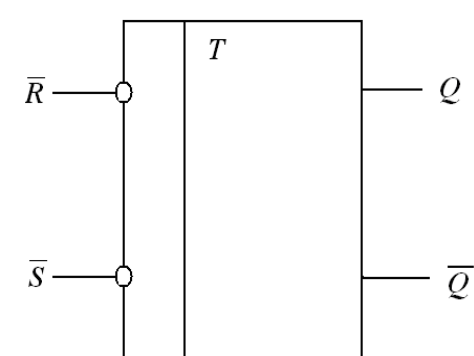
c)



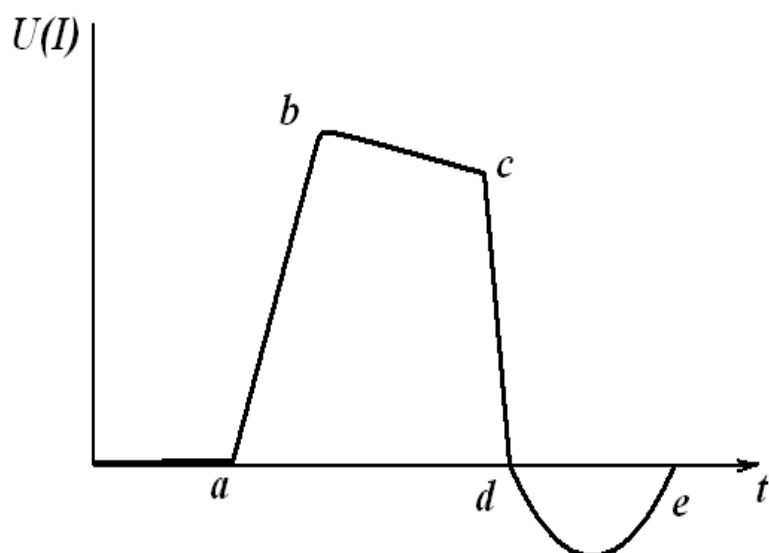
d)



e)



4.4-rasm. RS-triggrning prinsipl sxemasi (a), uning funksional sxemasi (b,c) va shartli belgisi (d, e).



4.5-rasm. Impuls parametrlarini aniqlash uchun.

Trigger invers ma'lumot kirishlariga ega bo'lgan ikkita YOKI-EMAS ME (4.4 – b rasm), yoki ham-EMAS ME (4.4 – c rasm) yordamida tuzilishi mumkin.

Trigger boshqaruv signallari beriladigan ikkita R va S ma'lumot kirishlariga, ikkita Q va \bar{Q} chiqishlarga ega. Triggerning boshqaruv va chiqish signallari – invers. Elektr impulsi deb kuchlanish yoki tokni ma'lum doimiy qiymatga ega energiyadan uzish holatiga aytilishini eslatib o'tamiz. Impulsning ba'zi ideallashtirilgan shakllari 4.5-rasmda keltirilgan. Bu yerda: ab – front; bc – cho'qqi; cd – kesish; de – impuls dumi deb ataladi.

RS-trigger ishini tahlil qilamiz. Shuni aytib o'tish joiz-ki, bu sxemaning ikkala kirishiga bir vaqtning o'zida ochilish impulsi (mantiqiy) kelishi mumkin emas.

Haqiqatdan ham, bu vaqtda ikkala VT1 va VT2 tranzistorlar berkiladi, kirish signallari tugagach, ularning ikkalasi ochiladi, ya'ni BYA vaqtincha simmetrik holatda bo'ladi. BYA bu holatdan teng ehtimollik bilan $Q=1, \bar{Q}=0$ yoki $Q=0, \bar{Q}=1$ holatlardan biriga o'tishi mumkin. Ya'ni ma'lumotni yozish imkoni bo'lmaydi. Shuning uchun RS-trigger alohida (mustaqil) statik kirishlar rejimida ishlaydi. Boshqaruv (ma'lumot) kirishlarining mazmuni quyidagicha: S (set-o'rnatish) - triggerni mustaqil ravishda 1 holatiga o'rnatish uchun ($Q=1, \bar{Q}=0$) va R (reset-olib tashlash) – triggerni mustaqil ravishda 0 holatiga o'rnatish uchun ($Q=0, \bar{Q}=1$).

Har bir kirishga past darajali (mantiqiy 0) signal berish mumkinligi tufayli, kirishlarda boshqaruv signallarining to'rtta kombinatsiyasi ishlaydi. Ular RS-triggingning holatlar jadvalining R va S ustunlarida keltirilgan (4.1-jadval).

4.1-jadval

RS-triggingning holatlar jadvali

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

Kirish signallarining mumkin bo'lgan to'rtta kombinatsiyasida trigger qanday holatlarda bo'lishini ko'rib chiqamiz.

1-kombinatsiya. R=0, S=0. VT3 va VT4 tranzistorlar ochilmaydi, va shuning uchun BYAlar ularning holatiga ta'sir ko'rsata olmaydi. Q va \bar{Q} chiqishdagi signallar o'zgarishsiz qoladi. Demak, triggerda avval yozilgan ma'lumot saqlanib qoladi.

2-kombinatsiya. R=0, S=1. VT4 tranzistor to'yinishgacha ochiladi, va chiqishdagi kuchlanish kichik bo'ladi (mantiqiy 0). $U_{K2} = U_{K1} = U_{B1}$ bog'liqlik tufayli VT1 tranzistor berkiladi va berk holatga o'tadi. Shuning uchun chiqishda yuqori kuchlanish (mantiqiy 1) hosil bo'ladi, ya'ni $Q=1$ $\bar{Q}=0$. VT1 va VT2 tranzistorlarning mazkur holatlari trigger tomonidan eslab qolinadi.

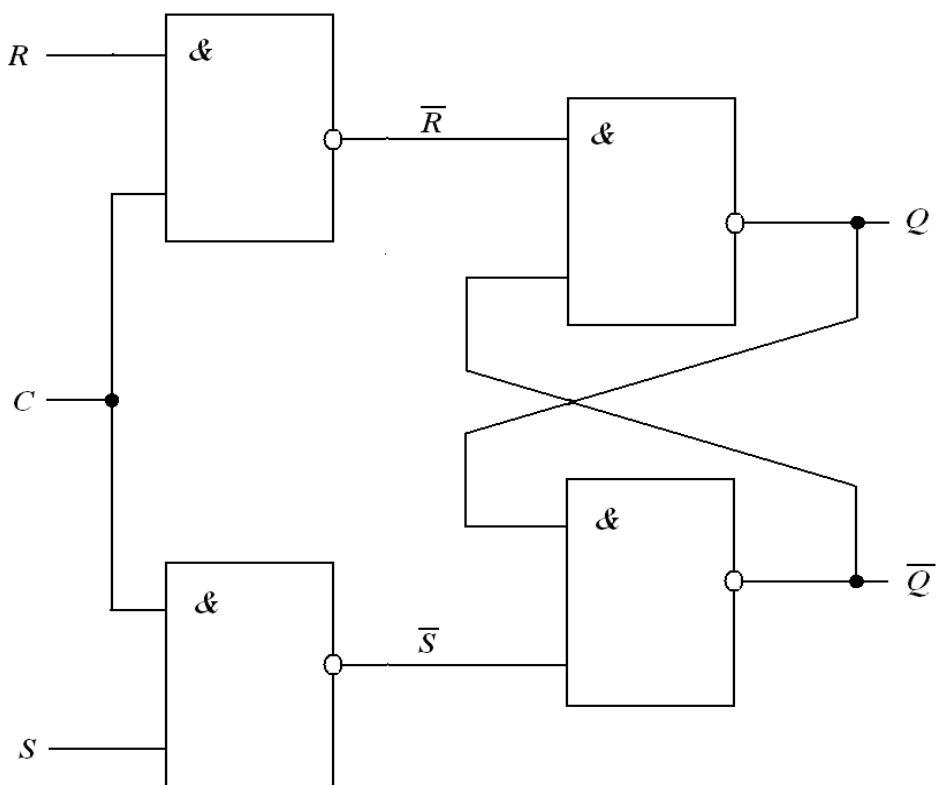
3-kombinatsiya. R=1, S=0. Bu vaqtda chiqishdagi kuchlanishlar o'zgaradi: $Q=0$, $\bar{Q}=1$ bo'lib, trigger yangi holatni saqlab qoladi.

4-kombinatsiya. R=1, S=1. Bunday kirish signalini RS-trigger qabul qila olmaydi, chunki u aniq emas holatda bo'ladi. Shuning uchun bu kombinatsiya man etilgan.

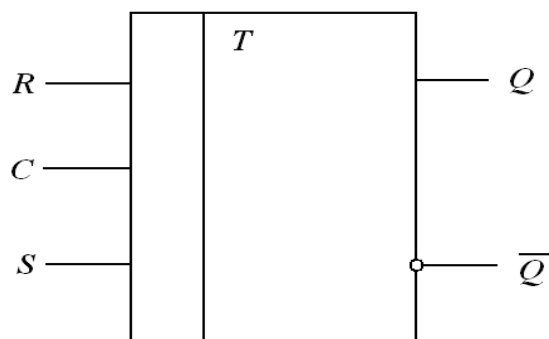
Amaliyotda RS-triggerlar invertorlarda emas, balki HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS MELaridan tuziladi. Bu vaqtda trigger yoki invers (HAM-EMAS negizida), yoki to'g'ri (YOKI-EMAS negizida) ma'lumot kirishlariga ega bo'ladi. Trigger ishini aks ettirish uchun holatlar jadvalidan foydalaniladi (4.2-jadval).

Kirish		Chiqish			
R	S	HAM-EMAS mantiqi		YOKI-EMAS mantiqi	
		Q	\bar{Q}	Q	\bar{Q}
0	0	aniq emas		o'zgarishsiz	
0	1	0	1	1	0
1	0	1	0	0	1
1	1	o'zgarishsiz		aniq emas	

a)



b)



4.6-rasm. Sinxron RS-trigger tuzilma sxemasi
(a) vashartli belgilanishi (b).

RS – triggerda ma'lumot yozish boshqaruv signali berilishi bilan ixtiyoriy vaqt momentlarida amalga oshiriladi. Bunday triggerlar *asinxron* deb ataladi.

RS – triggerning berilgan Q_n holatidan Q_{n+1} holatiga o'tish qoidasi mantiqiy funksiya (MAF) orqali ifodalanadi

$$Q_{n+1} = S + Q_n \bar{R} \quad ,$$

invers ma'lumot kirishlariga ega bo'lgan RS-trigger uchun ifoda quyidagicha bo'ladi

$$Q_{n+1} = \bar{S} + Q_n R \quad .$$

Mustaqil qurilma sifatidagi elementar asinxron RS-triggerlari juda kam ishlatiladi. Lekin ular ko'pincha murakkab triggerlarning asosiy tashkil etuvchi qismi tarkibiga kiradilar. Ko'p hollarda RS-trigger mustaqil IMS sifatida ishlab chiqariladi. Masalan, K555TP2 IS qobig'ida to'rtta RS-trigger mavjud bo'lib, ularning ikkalasi ikkitadan o'rnatish kirishlariga ega.

Sinxron RS-trigger. Elementar asinxron RS-triggerli yacheykalar - turli kombinatsion qurilmalarning asosi bo'lib hisoblanadi. Ular qatoriga hisoblagichlar, registrlar va chastota bo'luvchilari 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. Bunday rejimni amalga oshirish uchun RS-trigger qo'shimcha C (clock) takt kirishi bilan to'ldiriladi, va u *sinxron* trigger deb ataladi.

Sinxron trigger ham ma'lumot, ham takt kirishlarida signal mavjud bo'lgandagina o'z holatini o'zgartiradi. Bunda sinxron trigger takt impulsining cho'qqisi, fronti yoki kesishi bilan boshharilishi mumkin. Impuls fronti yoki kesishi bilan o'z holatini o'zgartiradigan trigger kirishlari *dinamik* kirishlar deb ataladi. Agar trigger cho'qqiga etgan, ya'ni katta uzanlikka ega bo'lgan signal bilan boshharilsa, bunday kirish *statik* deb ataladi.

Sinxron RS-trigger asinxron trigger va ikkita HAM-EMAS elementidan tashkil topgan bo'lib, shular tufayli mantiqiy bir signali bir vaqtni o'zida C takt kirishiga va S yoki R ma'lumot kirishlaridan biriga berilgandagina trigger o'z holatini o'zgartiradi. Sinxron RS-trigger tuzilma sxemasi va uning shartli belgisi mos ravishda 4.6-a va b rasmlarda keltirilgan.

C, S va R to'g'ri kirishlarga ega bo'lgan trigger uchun ishlash qoidalari o'tishlar (haqiqiylik) jadvali yordamida ifodalanadi (4.3-jadval). Ko'rinib turibdi-ki, kirishlar soni 3ta bo'lganda, C, S va R kirish signallarining kombinatsiyasi 8 ga teng.

4.3-jadvaldan kelib chiqib, takt kirishida "1" signali bo'lmaganda ma'lumot kirishlarining ixtiyoriy kirish signali kombinatsiyasida RCS-trigger avvalgi ma'lumotni eslab turish rejimida ishlaydi. Kirish signallarining $S=R=C=1$ kombinatsiyasi mumkin emas, chunki bu holda, asinxron triggerning S' va R' kirishlarida bizga ma'lum bo'lgan $S'=R'=0$ man etilgan kombinatsiya hosil bo'ladi.

4.3-jadval

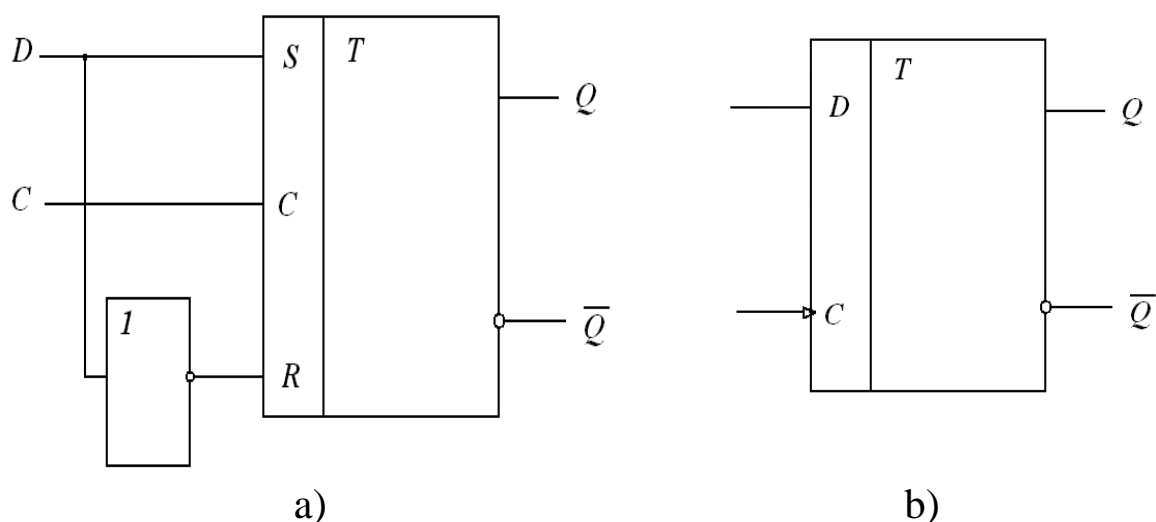
S	R	S	R'	S'
1	0	0	0	0
1	0	1	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	0

Bu yerda, $S' = CS$, $R' = CR$.

4.3-jadvalni qo'llagan holda, sinxron RCS-trigger ishini ifodalovchi minimizatsiyalangan MAF hosil bo'ladi

$$Q_{n+1} = \bar{C}Q_n + C(S + Q_n \bar{R}).$$

D-trigger. D-trigger yagona D (data) ma'lumot kirishiga ega. Uning kam miqdorda ishlab chiharilishiga sabab, narhi yuqori bo'lgan chiqishlarning kichik soni. D-trigger uchun to'rtta tashqi chiqish kifoya: D-ma'lumot kirishi, C-takt kirishi, ikkita Q va \bar{Q} chiqishlar (ularning biri mavjud bo'lmasligi ham mumkin). D-trigger sxemasi (4.7-a rasm) RCS-trigger sxemasidan invertor mavjudligi bilan farqlanadi.



4.7-rasm. D-trigger tuzilma sxemasi (a) va shartli belgisi (b).

4.4-jadval

S	Q_n	Q_{n+1}	D
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1
0	0	0	0
0	0	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1

D-triggernig ishlash prinsipi: D-kirishga berilayotgan ma'lumot trigger chiqishida faqat sinxrosignal berilgandagina paydo bo'ladi. Yuqoridagilardan kelib chiqqan holda D-trigger quyidagi o'tishlar jadvaliga ega (4.4-jadval).

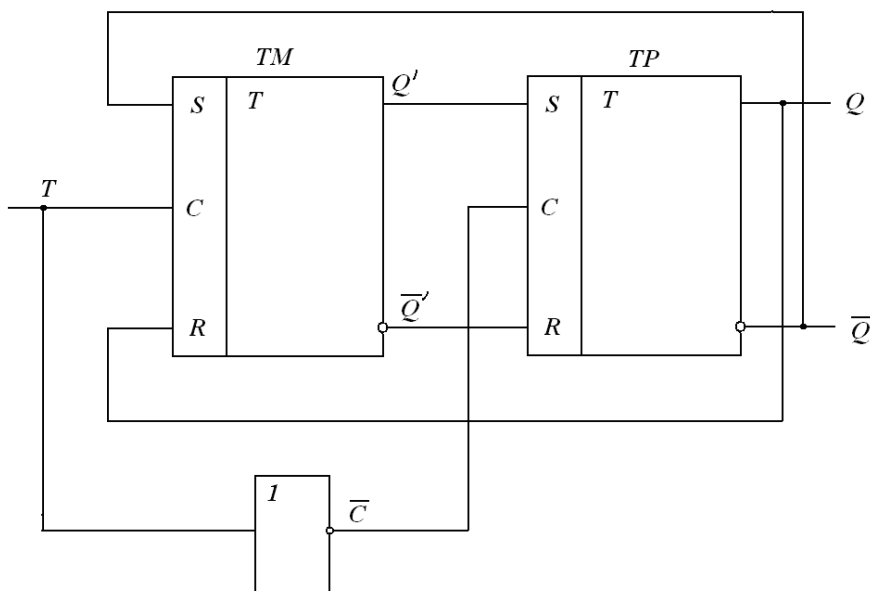
Ikki pog'onali triggerlar

T-trigger. Ikki pog'onali triggerlar registr va hisoblagich kabi ko'prazryadli qurilmalar ishi uchun mo'ljallangan bo'lib, ularda triggerli yacheykalarining ishonchli va aniq ishlashi talab etiladi. T-trigger **sanoq triggeri** deb ham ataladi, chunki kirishga aktiv mantiqiy signal berilganda u o'z holatini qarama-qarshi (teskari) holatga o'zgartiradi. Ikki pog'onali triggerlar MS-trigger deb ham ataladi (inglizcha master va slave - usta va yordamchi so'zlaridan olingan). Nomidan kelib

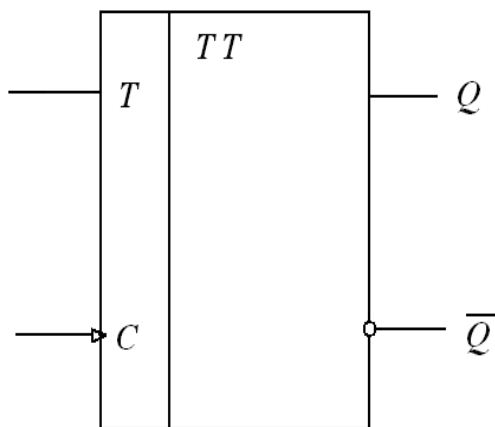
chiqqan holda bunday trigger ikkita RCS-triggerdan tashkil topgan (4.8-a rasm).

Ikkala TM (usta) va TP (yordamchi) triggerlarining kirishlari **ozaro** invertor orqali ulangan. TM-TP triggerini to‘liq takt impuls (fronti va kesimi) boshharadi. Haqiqatdan ham, agar har bir trigger impulsning fronti va kesimi bilan boshharilsa, kirishdagi RS-kombinatsiya C takt impulsining fronti kelishi bilan TMga yoziladi. Bu vaqtda TPga ma’lumot yozilishi mumkin emas. C kirish impulsi kesimi kelishi bilan invertor chiqishida u front sifatida hosil bo‘ladi. Demak, Q' va \bar{Q}' chiqishlardagi ma’lumot C takt impulsi tugagach (kesim kelganda), T (toggle-relaksator) ma’lumot kirishida mantiqiy 1 mavjud bo‘lganda TPga uzatiladi

a)



b)



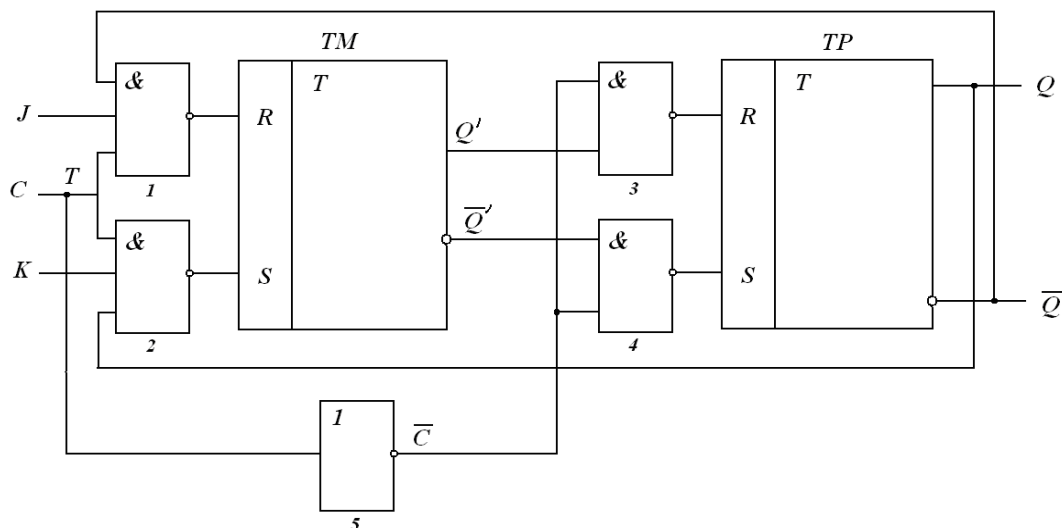
4.8-rasm. Ikki pog‘onali T-trigger (a) va uning shartli belgisi (b).

JK-trigger universal trigger hisoblanadi, chunki uning asosida sodda kommutatsion o‘zgartirishlarni bajarib, ixtiyoriy turdagi trigger hosil qilish mumkin.

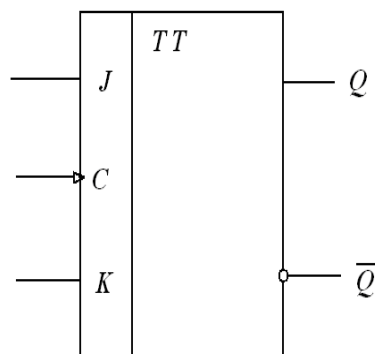
Integral ko‘rinishda JK-triggerlari sinxron va ikki pog‘onali qilib bajariladi. Ular, huddi ikki pog‘onali T-triggerlarida kabi o‘tuvchi ma‘lumot yoziladigan asosiy trigger (TM) va asosiy triggerdan ma‘lumot qayta yoziladigan yordamchi trigger (TP) ga ega. Bu triggerda ma‘lumot kirishlari uchun quyidagi belgilanishlar qabul qilingan J (jerk – kutilmagan ulanish) – triggerni mustaqil “1” holatga o‘rnatish; K (kill – kutilmagan uzilish) – triggerni mustaqil “0” holatga o‘rnatish.

Ikki pog‘onali JK-trigger, huddi ikki pog‘onali T-trigger kabi to‘liq takt impulsi bilan boshhariladi. Sinxron JK-trigger tuzilma sxemasi va uning shartli belgisi 4.9-rasmda keltirilgan.

a)



b)



4.9-rasm. Ikki pog‘onali JK-trigger (a) va uning shartli belgisi (b).

JK-trigger man etilgan kirish signallar kombinatsiyasiga ega emas. Agar mantiqiy 1 signali aktiv bo'lsa, u holda, JK-triggerning o'tishlar jadvali quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi (4.5-jadval).

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, kirishga mantiqiy 1 signali berilganda J trigger $Q=1$, bir vaqtning o'zida K-kirishda $Q=0$ bo'ladi.

4.5-jadval

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

Quyida mos ravishda asinxron va sinxron JK-trigger ishini ifodalovchi analitik ifodalar keltirilgan:

$$Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n,$$

$$Q_{n+1} = C(J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n) + \bar{C}Q_n.$$

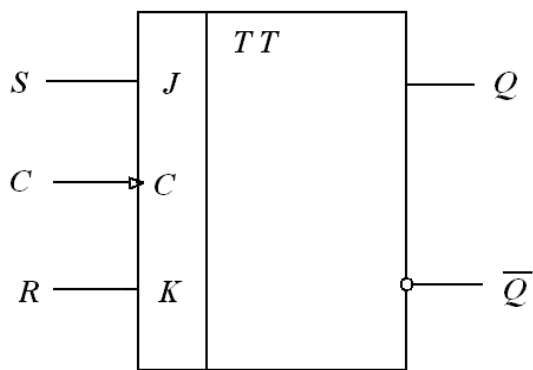
JK-triggerlarning universalligi ular asosida barcha turdagi triggerlar hosil qilish imkonini beradi. JK-trigger asosidagi qurilmalar 4.10-rasmda keltirilgan.

4.10-d rasmda JK-triggerga qo'shimcha R va S mustaqil o'rnatish kirishlari kiritilgan bo'lib, bu kirishlardagi signallar boshqa kirishlarga nisbatan ustuvorlikka ega. Bu vaqtlarda triggerlarga nom beriladi, masalan, S turli trigger ($S=R=1$ bo'lganda) bir holatiga o'rnatiladi, R turli trigger ($S=R=1$ bo'lganda) nol holatiga o'rnatiladi, Ye turli trigger ($S=R=1$ bo'lganda) o'z holatiga ega emas.

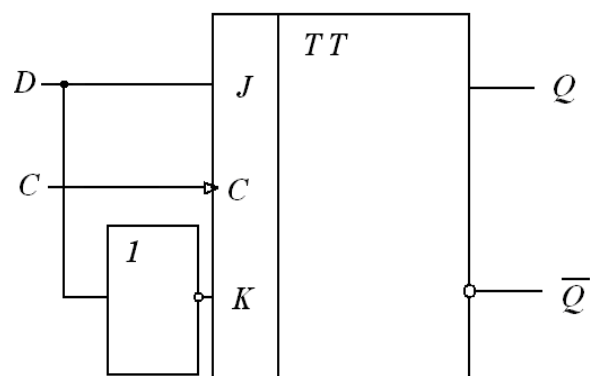
Triggerlarning o'zaro almashinuv sxemalari 4.11-rasmda keltirilgan.

Sanoatda turli funksional imkoniyatlarga ega bo'lgan JK-triggerlar ishlab chiqariladi. Masalan, K155TB1 mikrosxemasida J va K kirishlarda uchta kirishli ham ME ishlatilgan bo'lib, mustaqil O (R) va 1 (S) o'rnatiladigan kirishlar ham mavjud.

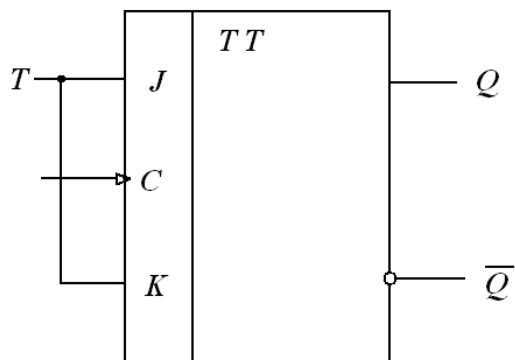
a)



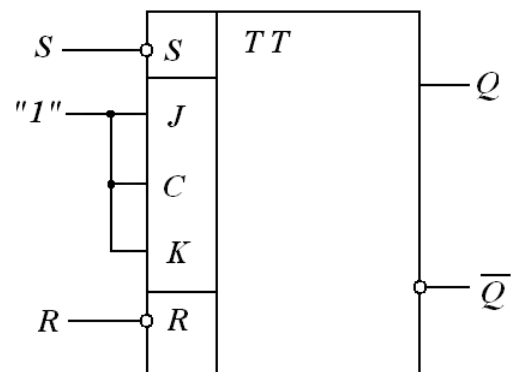
b)



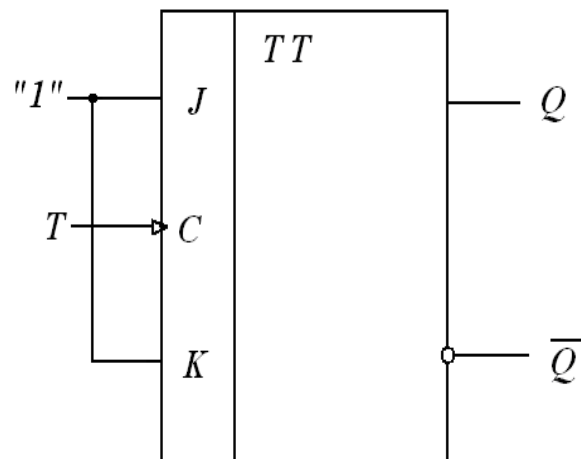
c)



d)

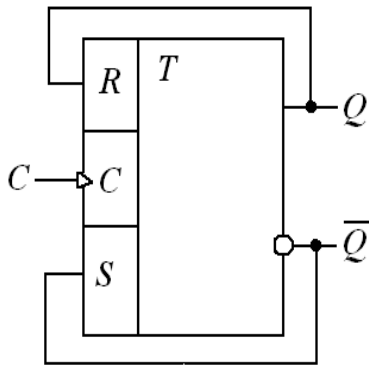


e)

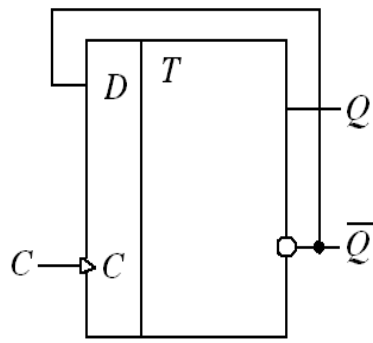


4.10-rasm. JK-trigger asosidagi triggerlar: a–sinxron RS-trigger; b–D-trigger; c–sinxron T-trigger; d–asinxron RS-trigger; e–asinxron T-trigger.

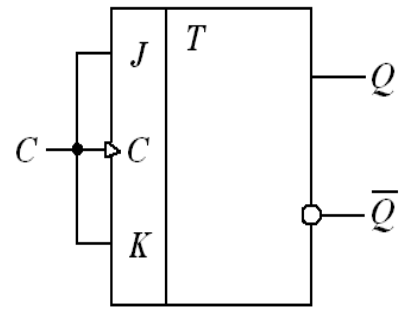
a)



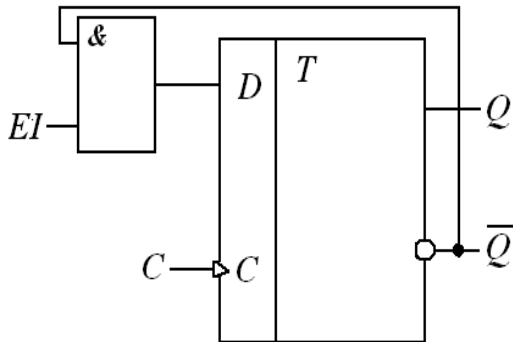
b)



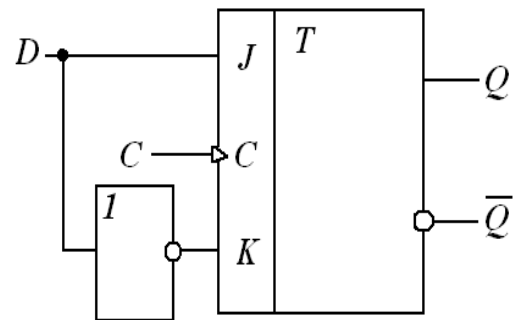
c)



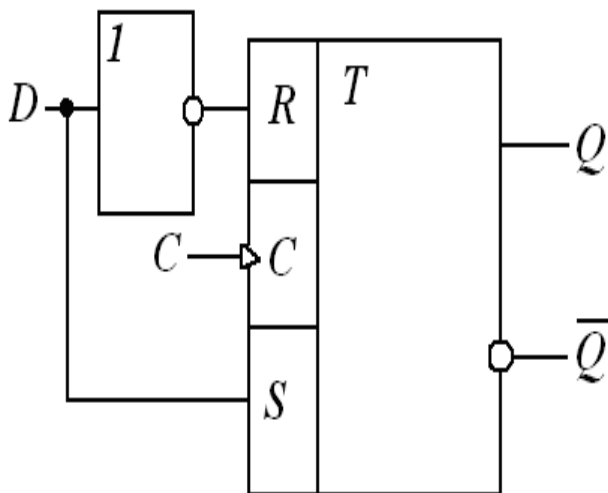
d)



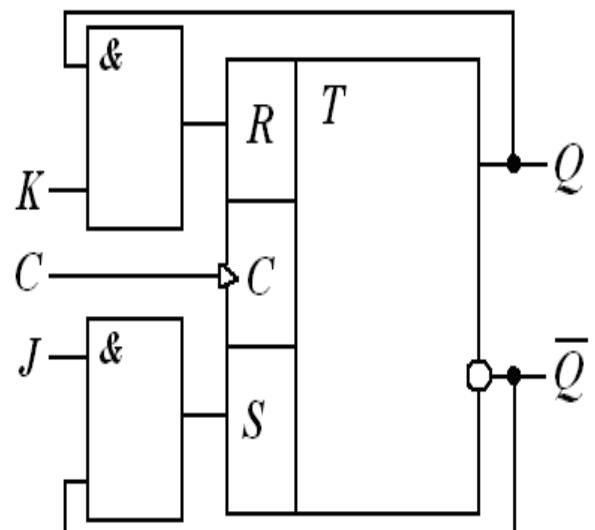
e)



f)



j)



4.11-rasm. Triggerlarning o‘zaro almashinuv sxemalari:

a–RS dan T ga; b–D dan T ga; c–JKdan T ga;

d–EI ruhsat kirishiga ega bo‘lgan T trigger;

e–JK dan D ga; f–RST dan D ga; j–RST dan JK ga.

4.4. Registrlar

Registr kombinatsion turdagi raqamli qurilma bo‘lib, ko‘p razryadli ikkilik sonlar ko‘rinishidagi ma’lumotlarni eslab qolish va vaqtincha xotirada saqlash uchun ishlatiladi. Registr ikkilik razryad sonlarga teng miqdordagi triggerlar majmuasidan tiborat. Trigger esa, xotira elementi bo‘lib, ularga qo‘shimcha ulanayotgan elementlarning vazifasidan kelib chiqqan holda, boshqa maxsus funksiyalarni amalga oshirish imkonini beradi. Masalan, agar registrda bir triggerdagi ma’lumot keyingisiga uzatilsa, u holda, registr siljitish funksiyasini bajaradi, demak, bunday registr *siljitish registri* deb ataladi. Chapga va o‘ngga siljituvchi registrlar mavjud. Siljitish registrlari ma’lumotni ketma-ket qabul qiladi. Agar bit ko‘rinishidagi ma’lumotlar guruhi ketma-ketligini takt impulslari komandasiga ko‘ra siljitish registrlari kirishlariga berilsa, u holda, registrni bir nechta siljitish amallari bilan yuklash mumkin. Huddi shunday usulda registrdagi ma’lumotlarni undan chiqarib yuborish mumkin.

Parallel yoki ketma-ket ravishda ma’lumot kiritish mumkin bo‘lgan siljitish registrlari mavjud. Demak, huddi shunday parallel yoki ketma-ket ravishda ma’lumotni chiqarish ham mumkin. Yuqorida aytib o‘tilganidek, universal registrlar ham mavjud bo‘lib, ular ma’lumotlarni chapga va o‘nga siljitadilar.

To‘g‘ri va teskari kod tartibida ma’lumot chiqaruvchi registrlar ham mavjud. To‘g‘ri kodda ma’lumot chiqaruvchi registrlar turli vaqt masshtabida ishlaydigan yozuv qurilmalarni muvofiqlashtirishda qo‘llaniladi. Masalan, diskka ma’lumot yozish qurilmasi bilan printerni muvofiqlashtirish uchun qo‘llash mumkin. Bu vaqtda registrga ma’lumotni ancha katta tezlikda kiritish, printyerdan esa ma’lumotni ancha past tezlikda olish mumkin. Teskari kodda ma’lumot chiqaruvchi registr – mikroprocessor XQlarida ishlatilishi mumkin.

Mustaqil tanlovga ega bo‘lgan triggerlar asosidagi registrlar alohida guruhni tashkil etadi. Bunday registrda har bir trigger turli manbalardan ma’lumot olib, mustaqil ravishda o‘z vazifasini bajarishi mumkin. Masalan, registrning bir necha bitlarida mos ravishda ma’lumotlar saqlanishi mumkin, boshqa bitlari esa boshqaruv maqsadlarida qo‘llanilishi mumkin.

Parallel registr

Parallel registr ma'lumotlar ustidan quyidagi mikroamallarni bajarishga mo'ljallangan: parallel shaklda kirishdagi ma'lumotlarni yozish, saqlash va uzatish. Bu amallarni bajarishdan avval registr dastlabki holatga (0) o'rnatiladi. Ma'lumot parallel ravishda qayta ishlangani tufayli, registrni tashkil etuvchi triggerlar ham razryadlar sonidan kelib chiqqan holda o'zaro bog'lanmagan. Parallel registrlar asinxron yoki sinxron ishlash prinsipida ixtiyoriy triggerlardan tuzilish mumkin.

Sodda ikki razryadli parallel registr funksional sxemasi 4.12-rasmda keltirilgan.

Registrlarni boshqa registrlar yoki raqamli tizim qurilmalari bilan boqlovchi elektr zanjirlar *shinalar* deb ataladi.

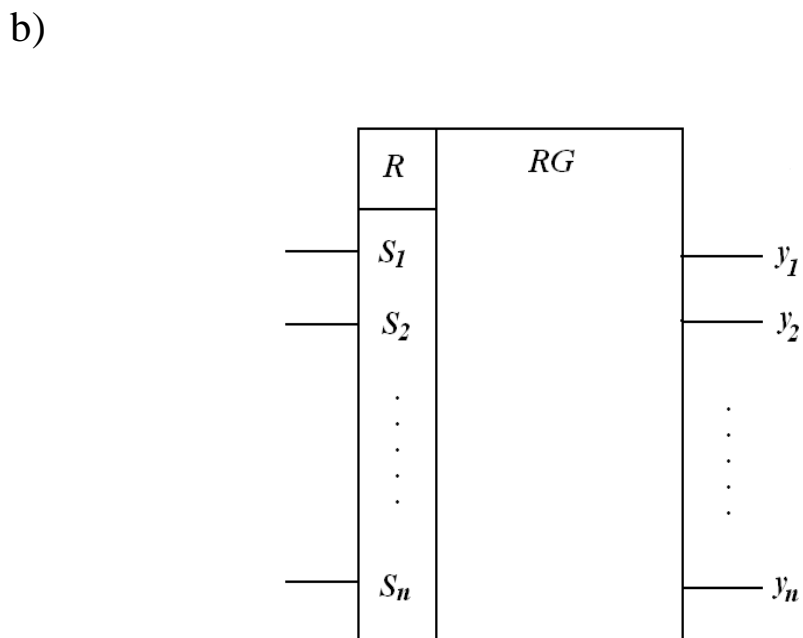
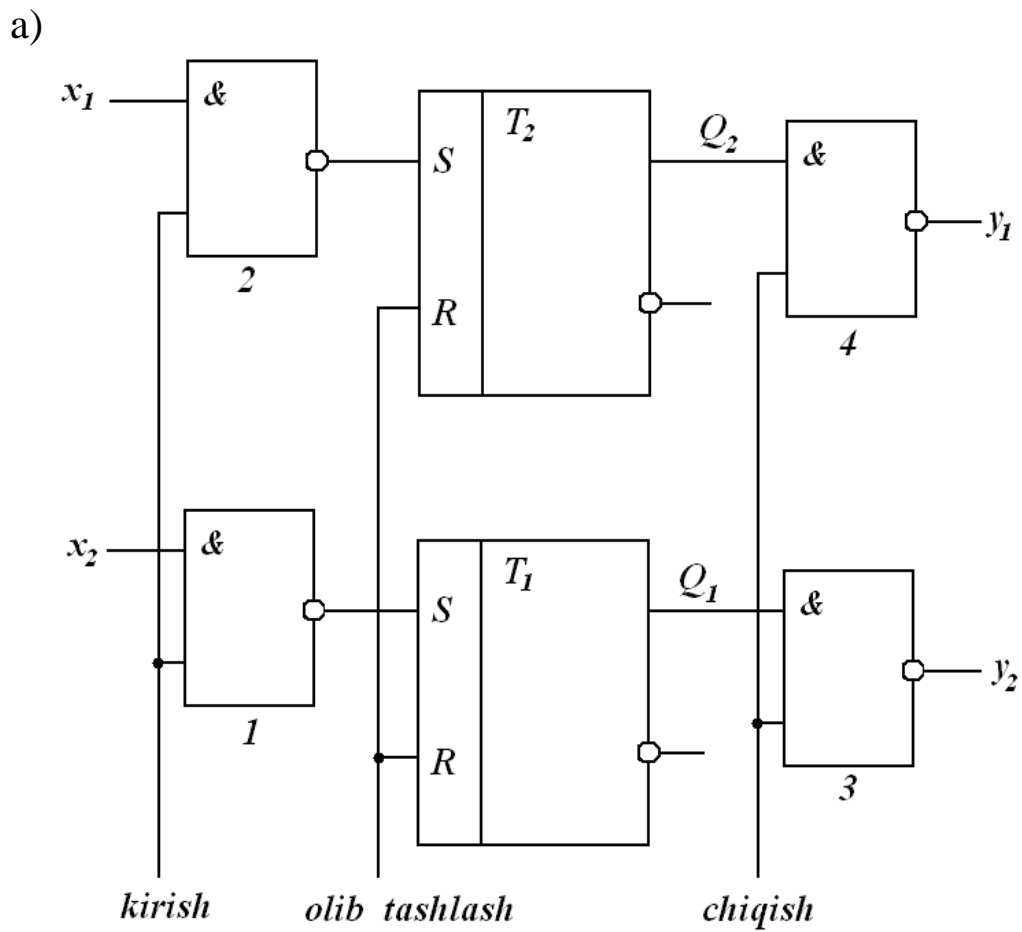
Registrning dastlabki holatida «kirish» shinasida «0» signalga egamiz. Bu vaqtda RS-trigger kirishlarida HAM-EMAS MENING x_1 va x_2 kirishlaridagi (nol va birlar) signallar kombinatsiyasidan qat'i nazar «1» o'rnatiladi. Masalan, ikkilik son registriga yoziladigan kod 01, ya'ni x_2 «0», x_1 esa «1» bo'lsin. U holda, «kirish» shinasiga «1» kelsa ME qayta ulanadi va T1 trigger chiqishida «0» o'rnatiladi. So'ngra T1 trigger $Q_1=1$ holatiga qayta ulanadi. T2 trigger chiqishida «1» o'rnatiladi va demak T2 trigger $Q_2=0$ bo'ladi.

Shunday qilib, triggerlarga registr kirishlariga uzatilayotgan qo'shimcha ma'lumot ham yoziladi. Saqlash rejimida ishlayotgan registr chiqishlarida «1» mavjud. «Chiqish» shinasiga «1» berilsa, ME3 qayta ulanadi va y_1 chiqishda «1», y_2 chiqishda esa «0» hosil bo'ladi. Demak, yozilgan ma'lumot o'qiladi.

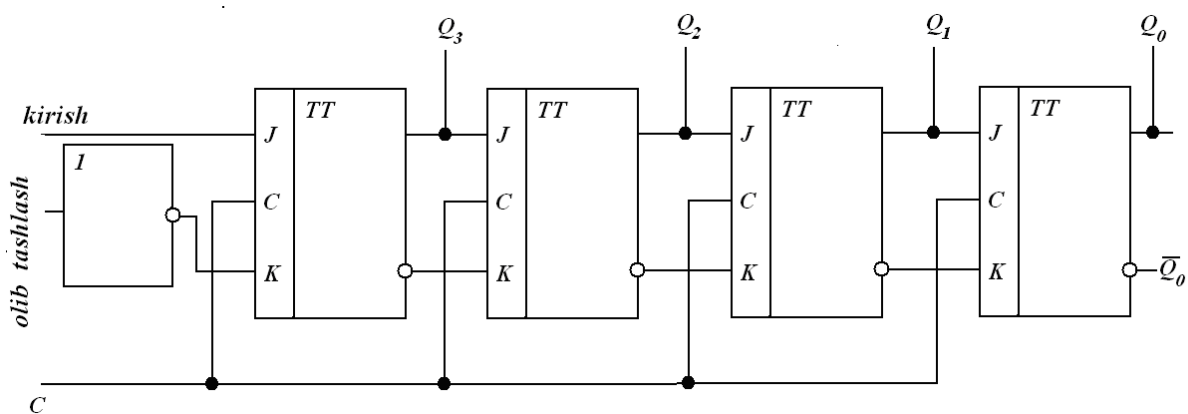
Ketma-ketli registr

Ketma-ketli registr kirishdagi ma'lumotlarni ketma-ket tartibda yozish, saqlash va uzatish uchun mo'ljallangan. Ma'lumot yozishdan avval registr dastlabki holatga (0) o'rnatiladi.

JK-triggerlar asosidagi to'rt razryadli ketma-ketli siljitish registri funksional sxemasi 4.13-rasmda keltirilgan. Registr tarkibiga kiruvchi razryadli triggerlar o'zaro ulanganligi sababli, bunday registr yuqorida aytib o'tilgan mikroamallardan tashhari saqlanayotgan ma'lumotni o'nga siljitish amalini ham bajaradi.



4.12-rasm. Parallel registr sxemasi (a) va uning shartli belgisi(b).



4.13-rasm. To‘rt razryadli ketma-ketli siljitish registrining funksional sxemasi.

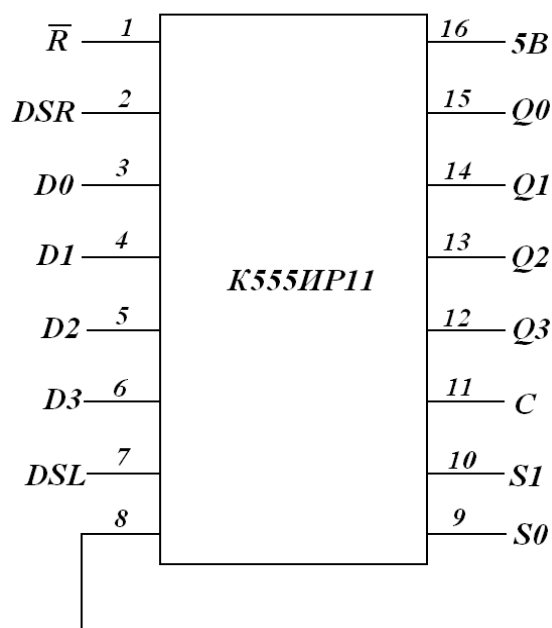
Bu turdagi triggerda ikkilik son razryadlari (masalan, 0101) kichik razryaddan boshlab vaqt bo‘yicha ketma-ket yoziladi va o‘qiladi. Kirishga 1 berilganda Q_3 chiqishda takt impulsi tugagach 1 hosil bo‘ladi. Bir vaqtning o‘zida keyingi takt impulsi bilan birga kirishga ikkinchi razryad soni – 0 beriladi. Takt impulsi tugagach Q_3 chiqishda 1 hosil bo‘ladi.

Shunday qilib, ikkinchi razryad qiymatini yozish bilan birga birinchi (chapdagi) triggerda yozilgan birinchi razryad soni keyingi triggerga uzatiladi (siljiydi). Uchinchi takt impulsidan so‘ng ma‘lumot o‘nga uzatiladi, to‘rtinchi 0 takt impulsidan so‘ng 1, 0 va 1 sonlari mos ravishda chapdan birinchi, ikkinchi, uchinchi va to‘rtinchi triggerlarga yozilgan bo‘ladi va $Q_0 - Q_3$ chiqishlardan ularni o‘qib olish mumkin.

Registrda ma‘lumotni saqlab turish uchun takt impulslari berish to‘htatiladi.

Siljituvchi registrlarda faqat ikki pog‘onali yoki dinamik boshqaruvli triggerlar qo‘llaniladi. Bu esa sinxrosignal berilishi bilan ma‘lumotni faqat bitta razryadga siljitishni kafolatlaydi. Ko‘p hollarda arifmetik qurilmalarni tuzishda ma‘lumotni chapga surish talab etiladi. Ma‘lumotlarni ikkala yo‘nalishda siljitish imkoniga ega bo‘lgan ketma-ketli registrarlar **reversiv registrarlar** deb ataladi.

Sijitish registri parallel kodni ketma-ketli kodga o‘zgartirishda ham qo‘llanilishi mumkin. Bu holda, triggerlar parallel kodga mos keluvchi dastlabki holatga o‘rnatiladi. Registrdan son ketma-ketli chiqishda ketma-ket kod ko‘rinishida olinadi. Teskari o‘zgartirishni amalga oshirish uchun registr kirishiga ketma-ket kod kiritib, triggerning parallel chiqishidan parallel kod olinadi.



4.14-rasm. IR11 registr sokolevkasi.

Sanoat barcha turdagi registrnlarni ishlab chiharadi. Shular jumlasiga universal registrlar ham kiradi, masalan, K555IR11 mikrosxemasini. U 70 taga yaqin MEga ega. Bu mikrosxema universal to‘rt razryadli siljitish registri bo‘lib, uning yordamida raqamli sonni aniq sinxronlikda chapga va o‘nga siljitish mumkin. K555 IR 11 sokolevkasi 6.14-rasmda keltirilgan. Registr bir qator amallarni bajarishi mumkin, chunki u bir necha S0, S1, DSR, DSL rejim tanlash kirishlariga ega. Agar S0 va S1 tanlov kirishlariga «0» ga mos kuchlanish berilgan bo‘lsa, ma’lumotlar D0- D3 parallel kirishlardan registrga uzatiladi va shuning uchun ma’lumotlar Q0 - Q3 chiqishlarda keyingi takt impulsi berilgandagina paydo bo‘ladi. S1 kirishga «0», S0 kirishga «1» berilsa, DSR ketma-ketli ma’lumotlar kirishiga berilayotgan kod, registr yordamida o‘nga siljiydi (Q0 dan Q3 ga). S1 va S0 kirishlarining teskari munosabatida esa kod ketma-ketli DSL kirish orqali qabul qilinadi va takt impulsining har fronti bilan chapga siljiydi, ya’ni Q3 dan Q0 ga.

4.5. Hisoblagichlar

Trigger o‘zini ikkiga bo‘luvchi kabi tutadi, chunki har takt impulsining sinxronizatsiya siklida ma’lumot faqat bir marta o‘zgaradi. Natijada, trigger chiqishidagi signal o‘zgarish chastotasi takt impulslari chastotasidan ikki marta kichik. Bir necha triggerli - chastotani ikkiga

bo'lish sxemalarini ketma-ket ulab, ikkilik ma'lumotlarni nafaqat saqlash, balki chastotani bo'lish va uning kirishiga kelayotgan impuls-larni sanash uchun ishlatish mumkin. Agar qurilma uning kirishlariga berilayotgan impuls-larni hisoblashni amalga oshirsa, bu qurilma **hisoblagich** deb, agar chastota bo'lishlarini hisoblasa - **chastota bo'luvchi** deb ataladi. Hisob natijalari hisoblagich chiqishida ikkilik son ko'rinishida berilgan kod va talab etilyotgan vaqt davomida saqlanishi mumkin.

Hisoblagichlar va chastota bo'luvchilari EHM va boshqa raqamli avtomat qurilmalari, hamda aloqa va nazorat-o'lchov apparaturasida hisob-kitob amallarini boshharishda keng qo'llaniladi.

Hisoblagichning asosiy **statik parametri** bo'lib - **K sanoq moduli** hisoblanadi. U hisobning bo'lish koeffitsiyenti va hisoblagich tomonidan o'qilishi mumkin bo'lgan maksimal impuls-lar soni bilan aniqlanadi. K ta impuls kelgach, hisoblagich dastlabki holatiga qaytadi. $K=2^n$ ga teng bo'lib, n- hisoblagichning ikkilik razryadlari sonini bildiradi. Sanoq moduli qiymatiga ko'ra hisoblagichlar **ikkilik** (sanoq moduli 2ning to'liq darajasiga teng bo'lgan) va **ikkilik-kodli** (sanoq moduli 2ning to'liq darajasiga teng bo'lmagan ixtiyoriy sonni qabul qilishi mumkin) turlarga bo'linadi.

Hisoblagichning asosiy **dinamik parametri** bo'lib - **t_K chiqish kodining o'rnatilish vaqti** hisoblanadi. Bu kattalik kirish signali berilgan vaqt momentidan chiqishda yangi kod hosil bo'lish vaqt momenti oralig'iga teng. t_K hisoblagich tezkorligini ifodalaydi.

Hozirgi kunda turli variantdagi hisoblash sxemalari ishlab chiqariladi va qo'llaniladi: asinxron (ketma-ketli) va sinxron (parallel); ikkilik va o'nlik; hisob ortishi yoki kamayishi mumkin bo'lgan bir yo'nalishli (jamlovchi va ayiruvchi) va ikki yo'nalishli (reversiv).

Bu sxemalarning asosi bo'lib bir necha triggerdan tashkil topgan elementlar ketma-ketligi hisoblanadi. Hisoblagich va chastota bo'luvchilaridagi triggerlar siljitish yoki sanoqning bir sikli davomida bitta komanda yordamida avval yozilgan ma'lumotni keyigisiga uzatish va oldindagi triggerlardan yangi ma'lumotni qabul qilishlari kerak. Shuning uchun ikki pog'onali yoki dinamik boshqaruvli triggerlar qo'llaniladi. Bundan tashhari triggerlar o'z holatlarini qarama-qarshi (teskari) holatga o'zgartirish talab etilganda sanoq rejimida ishlashlari kerak. Ya'ni Ye0 ma'lumot kirishida «1» berilishi bilan.

Hisoblagichlar T, D va JK-triggerlar asosida tuziladi. Talab etilgan hollarda razryadlararo va teskari mantiqiy bog'lanishlarda MELar qo'llash mumkin. Talab etilgan elementlar sonini minimallashtirish uchun to'rt-

razryadli hisoblagich sxemalari ikkilik va o'nlik variantlarda ishlab chiqariladi.

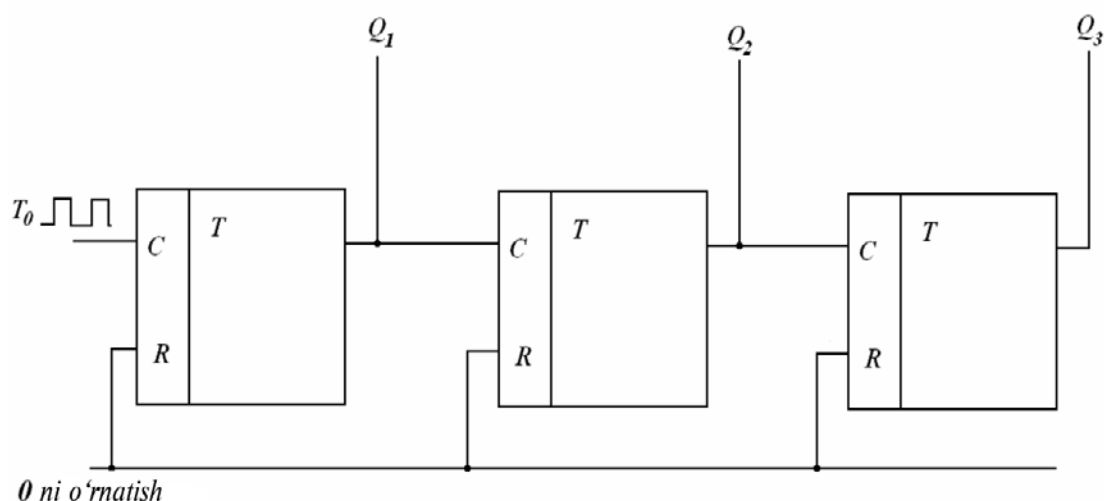
Ketma-ketli hisoblagichlar. Soddalik uchun statik boshqaruvli uchta triggerdan tashkil topgan jamlovchi hisoblagich ishini ko'rib chiqamiz. Bunday hisoblagichning o'tishlar jadvali 4.6-jadvalda, uning funksional sxemasi esa 4.15-rasmda keltirilgan. Odatda,, triggerlar, demak hisoblagichlar ham, qo'shimcha hisoblagich chiqishlarida oldindan belgilangan sonni o'rnatuvchi S-o'rnatish kirishiga yoki hisoblagichni dastlabki holatiga qaytaruvchi signal beruvchi R-olib tashlash kirishlariga ega.

4.6-jadval

Jamlovchi hisoblagichning holatlar jadvali

m	Q_3	Q_2	Q_1
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1
8	0	0	0

Sanoq boshlanishidan oldin barcha triggerlar chiqishlarida nol daraja ($Q_3 = Q_2 = Q_1 = 0$) bo'lgan dastlabki holatga keltiriladi. Buning uchun hisoblagich sxemasida R kirishlari o'rnatilgan bo'lib, ular «0» ni o'rnatish umumiy shinasiga ega. Bu shinaga olib tashlash impulsi beriladi. Ma'lumotlarni ketma-ket uzatuvchi hisoblagichlarda sanoq impulslari triggerning birinchi razryad kirishiga beriladi. Bu C-kirish. Keyingi keluvchi har bir razryad uchun qayta ulanish signallari avvalgi razryadning invers chiqishidan uzatiladi, ya'ni hisoblagich razryadlari ketma-ket qayta ulanadi. Triggerning invers chiqishlari ishlatilmaydi, S-o'rnatish kirishlarida esa mantiqiy 0 potentsiali mavjud bo'ladi.



4.15-rasm. Ketma-ket uzatiluvchi ikki pog‘onali T-triggerli uch razryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi.

4.7-jadval

Ayiruvchi hisoblagichning holatlar jadvali

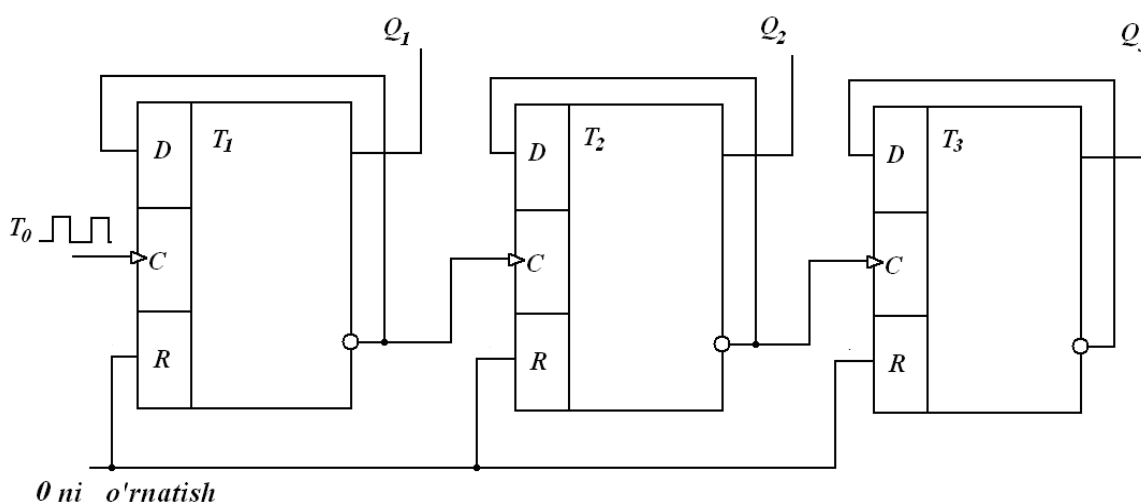
m	Q_3	Q_2	Q_1
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0
8	1	1	1

Bu yerda m – sanoq boshidan berilayotgan kirish impulsi raqami.

Hisoblagich ishini 6.6-jadvalga asosan tahlil qilamiz. Ko‘p razryadli ikkilik sonning kichik razryadiga mos keluvchi Q_1 o‘z holatini har sanoq impulsi kelishi bilan o‘zgartiradi; Q_2 – har ikkinchi impuls kelishi bilan, Q_3 – esa har to‘rtinchi impuls kelishi bilan. Uch razryadli hisoblagich impulslarining maksimal soni 7 ga teng. Sakkizinchi impuls kelganda hisoblagich 0 ga o‘tadi va hisobni yangidan boshlaydi. Agar hisoblagich chiqishlarida $Q_3 = 1, Q_2 = 0, Q_1 = 1$ kombinatsiya yoki 101 ikkilik uchrazryadli son mavjud bo‘lsa, bu hisoblagichga beshinchi impuls kelganini anglatadi.

Statik boshqaruvli triggerlarda C chiqishning T_0 aktiv mantiqiy darajasi bo‘lib mantiqiy bir signali hisoblanadi. Shuning uchun bu signal berilishi davomida trigger S kirishdagi halaqitlarni (shovqinlarni) bema'lol qabul qilishi mumkin. Yolg‘on ishga tushib ketishni bartaraf etish uchun C kirishda signal mavjud bo‘lgan vaqt mobaynida S-ma’lumot kirishida signal mantiqiy 0ga teng miqdorda o‘zgarishsiz qolishi kerak. Amalda bu talab raqamli qurilmaning murakkablashib ketishiga olib keladi.

Dinamik boshqaruvli triggerlar yuqorida aytib o‘tilgan kamchilikdan holi. Ketma-ket uzatishli dinamik D-triggerlarda bajarilgan uchrazryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi 4.16-rasmda keltirilgan.



4.16-rasm. Ketma-ket uzatishli dinamik D-triggerlarda bajarilgan uchrazryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi.

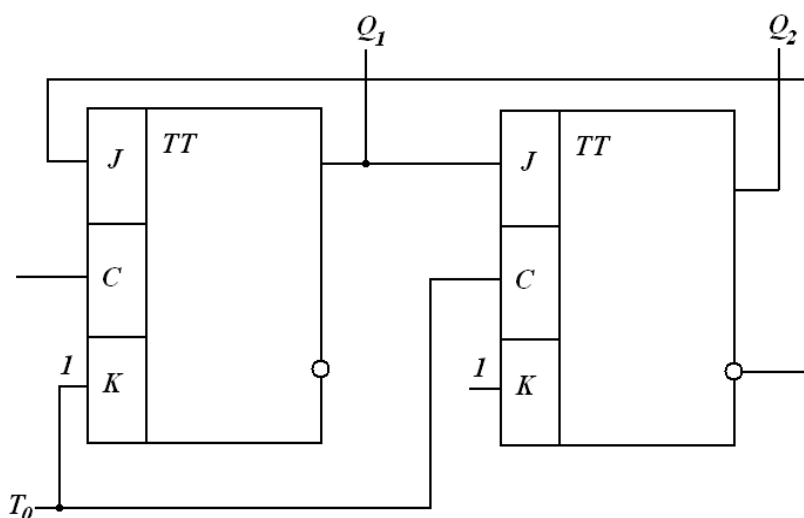
Ketma-ket keluvchi har razryad holatining o‘zgarishi avvalgi razryadni 1 dan 0 ga o‘zgarishi bilan amalga oshiriladi, ya’ni boshqaruv impulsining kesimi bilan. Bu esa trigger qisqa vaqt mobaynida qayta ulanishi mumkinligini anglatadi.

Ayiruvchi hisoblagichlar. Ketma-ketli ayiruvchi hisoblagichlarda navbatdagi sanoq impulsi kelishi bilan, hisoblagichdagi son bittaga kamayadi. Bu hisoblagichlarda birinchi impuls kelishi bilan maksimal ikkilik son (uchrazryadli hisoblagichda $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 0$) yoziladi, keyin har yangi impuls kelishi bilan 0 qiymatgacha kamayib boradi.

4.15-rasmda keltirilgan hisoblagich ayiruvchi bo‘lib ishlashi mumkin. Buning uchun keyingi triggerlarning C kirishi o‘zidan avvalgi triggerning invers chiqishlariga ulash, S asinxron kirishni esa biror boshlanqich sonni o‘rnatish uchun ishlatish kerak.

Agar trigger 4.16-rasmda keltirilganidek, kirish impulsining kesimi bilan boshqarilsa, ayiruvchi hisoblagich sxemasini tuzishda keyingi keluvchi trigger kirishi avvalgi triggerning to‘g‘ri (noinvers) chiqishi bilan ulanadi.

Ixtiyoriy sanoq moduliga ega bo‘lgan ketma-ketli hisoblagichlar. Umuman olganda, $K \neq 2^n$ bo‘lgan hisoblagichlar tuzishda, mos keluvchi ikkilik hisoblagich sxemasiga ortiqcha holatlarni bartaraf etuvchi teskari aloqa kiritiladi. Masalan, sanoq moduli 3 ga teng bo‘lgan hisoblagich tuzish uchun ikki razryadli ikkilik hisoblagich ($K=2^2=4$) qo‘llash kerak. Unda ikkilik soni 11 ga teng bo‘lgan bitta ortiqcha holatni ($K=2^2-1=3$) bartaraf etish mumkin, ya’ni triggerlar to‘rtinchi emas, uchinchi impuls kelishi bilan nolga o‘tishi kerak. Bunday sxemalarni tuzish uchun JK-triggerlar qulay hisoblanadi. Ikkita JK-triggerlarida bajarilgan, sanoq moduli 3 ga teng bo‘lgan hisoblagich sxemasi 4.17-rasmda keltirilgan. Ketma-ketli hisoblagichlarni JK-triggerlarini kiritib turlicha ulash yordamida ixtiyoriy K sonini hosil qilish mumkin.



4.17-rasm. Sanoq moduli $K=3$ bo‘lgan ketma-ketli hisoblagich sxemasi.

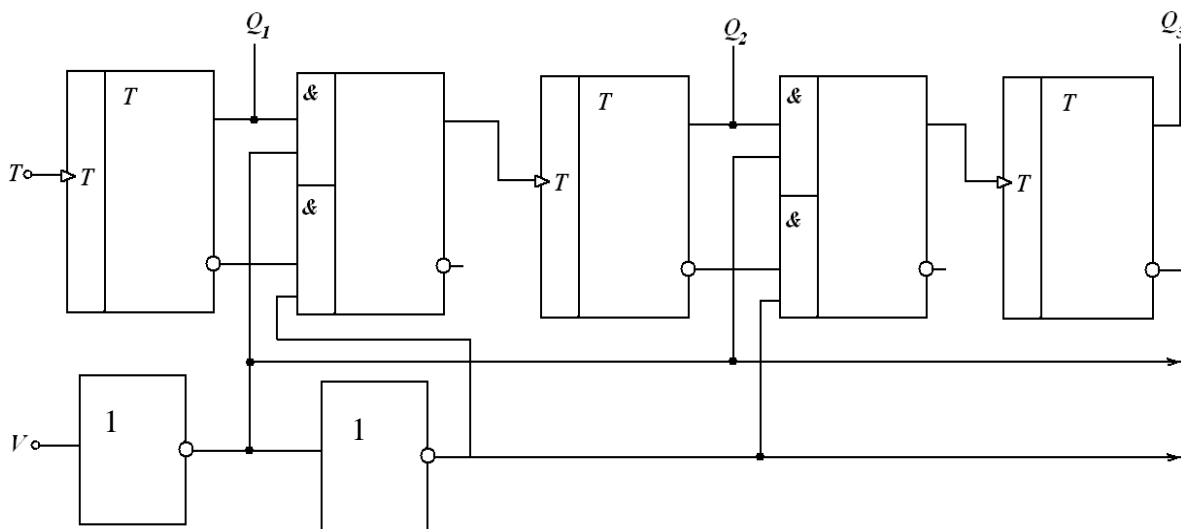
Reversiv hisoblagichlar. Hisoblagichlardagi sanoq yo‘nalishi (tartibi) razryadlararo aloqalar turini o‘zgartirib turlicha bo‘lishi mumkin. Masalan, har triggerning sanoq kirishlariga $T_0 = \overline{MQ_{K+1}} \overline{MQ}$ amalini bajaruvchi, ya’ni multipleksor bo‘lgan HAM-YOKI-EMAS MELarini kiritib reversiv hisoblagich hosil qilish mumkin. Dinamik T-triggerida bajarilgan bunday reversiv hisoblagich sxemasi 4.18-rasmda keltirilgan.

V kirish trigger ishini to‘htatadi va unga yozilgan ma’lumot ancha muddat ichida saqlanishi mumkin. Ketma-ket uzatishli hisoblagichlar

ichki tuzilmasining soddaligi bilan ajralib turadi, lekin kichik tezkorlikka ega, chunki triggerning har bir ulanishi, avvalgisi qayta ulangan-dan soʻng amalga oshadi. Shuning uchun chiqishda maʼlumot oʻrnatilishining minimal vaqti quyidagiga teng:

$$t_{KI.min} = Nt_K,$$

bu yerda, N – hisoblagich razryadlari soni, t_K – hisoblagich bir razryadining qayta ulanish vaqti.



4.18-rasm. Reversiv hisoblagich fragmenti.

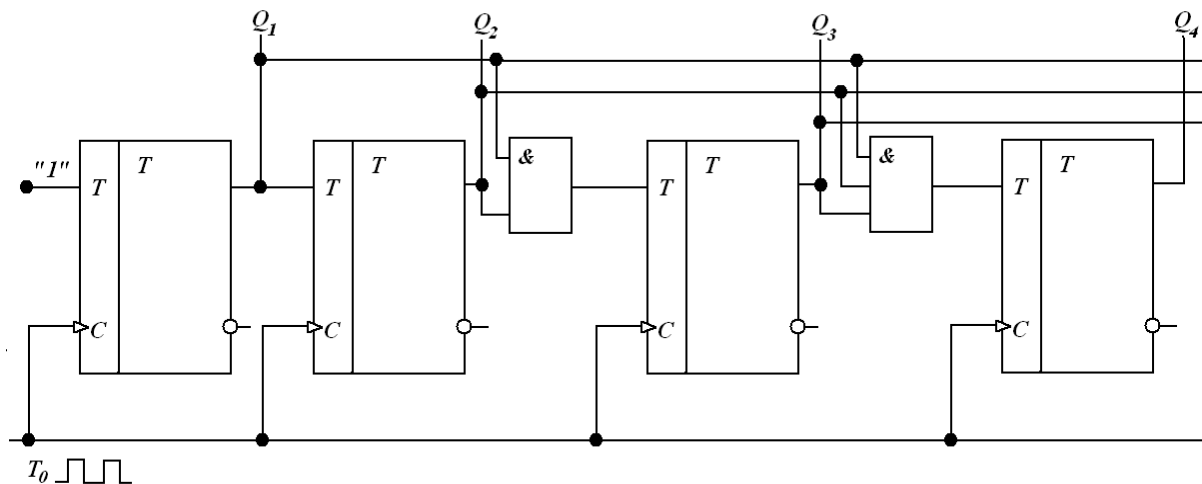
Parallel hisoblagichlar. Bu turdagi hisoblagichlarda T_0 sanoq impulslari barcha razryadlarda triggerlarning C sinxrokirishlariga bir vaqtda (parallel) uzatiladi. Parallel hisoblagichlar yoki parallel oʻtuvchi hisoblagichlar odatda, front yordamida sinxronlashadigan RS-, JK-, D-triggerlari asosida tuziladi. Hisoblagich ish algoritmini 4.6-jadvalni tahlil qilib tushunish mumkin. Undan koʻrinib turibdi-ki, mazkur algoritm matematik usulda MAF yordamida quyidagicha ifodalanadi:

$$Q_{i,n+1} = \overline{Q_{i,np_i}} + Q_{i,np_i} = Q_i \oplus p_i, \quad (4.1)$$

bu yerda, $Q_{i,n+1}$ – $(n+1)$ -vaqt momentida hisoblagich chiqish kodidagi i -razryad qiymati; $Q_{i,n}$ – n -vaqt momentida hisoblagich chiqish kodidagi i -

razryad qiymati; $r_i = Q_1, nQ_2, nQ_{i-1}$, n – o‘tkazish signali. (4.1) ifoda asosida parallel hisoblagichning so‘z yordamida ifodalangan ish algoritmi quyidagicha bo‘ladi: navbatdagi sinxronizatsiya signali kelishi bilan keyingi triggerlarning qayta ulanishi faqat barcha avvalgi triggerlar o‘rnatilganda sodir bo‘ladi, ya’ni ularning chiqishlarida mantiqiy birga teng signal mavjud bo‘lganda.

Mazkur qayta ulanishni amalga oshiruvchi (4.1 ifodaga asosan) elektr sxema 6.19-rasmda keltirilgan.



4.19-rasm. Parallel o‘tishli hisoblagich sxemasi fragmenti.

Shunday qilib, parallel hisoblagichda barcha triggerlar bir vaqtda (sinxron ravishda) takt impulsi oladilar, chunki ularning takt kirishlari parallel ulangan. Shuning uchun triggerlar deyarli bir varakayiga qayta ulanadilar. Bu vaqtda chiqishda ma’lumot o‘rnatilish vaqti bir triggerning qayta ulanish vaqtiga teng:

$$t_{KI.min} = t_K.$$

Lekin tezkorlikni oshirish sxemani murakkablashishi hisobiga amalga oshiriladi. Parallel hisoblagichga maxsus shifrador kiritiladi, ular tezkor o‘tish sxemasi (TO‘S) deb ataladi. U Q_i chiqishlarga ulanadi.

Parallel hisoblagichlarda sanoq tartibi (jamlash yoki ayirish) triggerning dinamik kirishiga (to‘g‘ri yoki invers) bog‘liq emas, balki triggerning qaysi chiqishi o‘tishni shakllantirish uchun ishlatilayotganiga bog‘liq. Agar triggerning to‘g‘ri chiqishi ishlatilayotgan bo‘lsa, bunday

hisoblagich - jamlovchi, agar invers kirishi ishlatilayotgan bo'lsa ayiruvchi hisoblanadi. Yuqorida ko'rib o'tilgan hisoblagich jamlovchidir.

Reversiv hisoblagichlarda ikkita $T_{(+)}$ va $T_{(-)}$ sanoq kirishlari mavjud. Sanoqni boshharish kirishiga berilayotgan «ko'proq/kamroq» komandaga mos ravishda navbatdagi takt impulsi kelishi bilan hisoblagich natijasini bir qiymatiga oshirish yoki kamaytirish mumkin. Reversiv hisoblagich razryad sxemalariga 2x2 HAM-YOKI elementlarida bajarilgan multipleksorlar kiritiladi.

Hulosa qilib shuni aytish mumkin-ki, IMS ko'rinishida asinxron va sinxron to'rtrazryadli hisoblagichlar ikki variantda ishlab chiqariladi: ikkilik va o'nlik.

Nazorat savollari

1. *Ketma-ketli mantiqiy qurilmalarning hossalari va ulardagi triggerlar vazifasini aytib bering.*
2. *Bistabil yacheykaning ishlash prinsipi va regenerativ jarayonning ma'nosini tushun-tiring.*
3. *Triggerli qurilmalarning sinflanishini keltiring.*
4. *Bir va ikki pog'onali turli triggerlar o'zaro nimasi bilan farqlanadi.*
5. *Universal JK-trigger asosida bosXQa turdagi triggerlarni qanday yasash mumkin-ligini ko'rsating.*
6. *Qanday belgilarga ko'ra registrlarni sinflash mumkin.*
7. *Parallel, siljituvchi va reversiv registrlarni tuzilma sxemalari va shartli belgilanish-larini keltiring.*
8. *Registrlar orasida ma'lumot almashish qanday tashkil etilgan.*
9. *Universal registr ish prinsipini tushuntiring.*
10. *Hisoblagichlarning asosiy ishi va sinflanish belgilarini aytib bering.*
11. *Hisoblagichlarning razryad sxemalari orasidagi aloqa turlarini sanab bering.*
12. *Hisoblagichlarning tezkorligi qanday usullar bilan oshiriladi.*

V BOB

DASTURLANUVCHI MANTIQUIY QURILMALAR

5.1. Umumiy ma'lumotlar

Avvalgi paragraflarda kichik va o'rta integratsiya darajasidagi mantiqiy ISlar asosida tuzilgan raqamli qurilmalar algoritmi korilgan edi. KIS va O'KISlarni qo'llash ularning maxsus hossalardan kelib chiqqan holda quyidagilarga imkon beradi:

- ishonchlilik va tezkorlikni oshirish;
- iste'mol quvvati va o'lchovlarini kamaytirish;
- yoki iste'mol quvvati va o'lchamlari o'zgarishsiz qolgan holda, apparaturaning funksional imkoniyatlarini kengaytirish.

Demak, turli vazifalar uchun mo'ljallangan KIS va O'KISlar yasali-lishidagi universallik va kichik tannarx kabi afzalliklarga ega. Bu uncha katta bo'lmagan hajmdagi apparaturalarni ishlab chiqarishda juda muhim sanaladi. Buning uchun IS ishlab chiqaruvchi kompaniyalar yagona, ya'ni universal fotoshablonlar majmuidan foydalanadilar. Talab etilgan algoritmi esa bevosita ishlab chiqaruvchining o'zi ichki apparaturani o'zgartirib (dasturlash yordamida) hosil qiladi. Shuni aytib o'tish kerakki, mikroprotsessorlarni va ISlarni dasturlash – bu boshqa-boshqa tushunchalardir.

Ishonchlilikni va tezkorlikni oshirish katta IS ichki tuzilmasini doimiyli- gi, tashqi bog'lanishlarni minimallashtirish, elementlar soni va ichki bog'lanishlarni ko'paytirish hisobiga amalga oshiriladi.

5.2. Negiz matritsali kristallar

Elektronika rivojining asosida elektron apparatura bajaradigan funksiyalarni murakkablashtirib borish yotadi. Yangi masalalarni (muammolarni) ishdan chiqish ehtimolligi, tannarhi, o'lchamlari, iste'mol quvvati va boshqa ko'rsatkichlari kichik bo'lgan element bazani qo'llagan holdagina ijobiy hal qilish mumkin. ISlar aynan shunday element baza hisoblanadi.

Avvaliga har bir qobig'da alohida integral MElar (ventillar) joylashar edi. Keyinchalik, chiqish sonlarini oshirib, bir qobiqqa bir nechta

ventillar joylashtiriladigan bo‘ldi. Bu faqat apparaturadagi qobig‘lar sonini kamayishiga olib keldi. Bir kristallda joylashgan oddiy ISlarni metall tutashtirgichlar yordamida murakkab funksional majmualarga birlashtirilgandan so‘ng sifat ko‘rsatgichlarining o‘zgarishlariga erishildi. O‘rta (O‘IS), so‘ngra katta (KIS) va o‘ta katta (O‘KIS)lar paydo bo‘ldi.

Bunday ISlarga TTM, EBM va boshqa mantiqiy ventillar misol bo‘la oladi. 8 – 10 ta ventildan tashkil topgan JK-triggerlar sodda va katta ISlar o‘rtasidagi bog‘lovchi zveno hisoblanadi. KISlarga jamlagichlar, hisoblagichlar, hajmi 256 – 1 024 bit bo‘lgan OXQ va DXQlar kiradi. KISlarga misol qilib EHMning arifmetik-mantiqiy va boshqaruv qurilmalari, raqamli filtrlarni kelitirish mumkin. **Birjinsli** tuzilmaga ega bo‘lgan xotira qurilmalari katta integratsiya darajasiga ega. Ular O‘KISlarga kiradi.

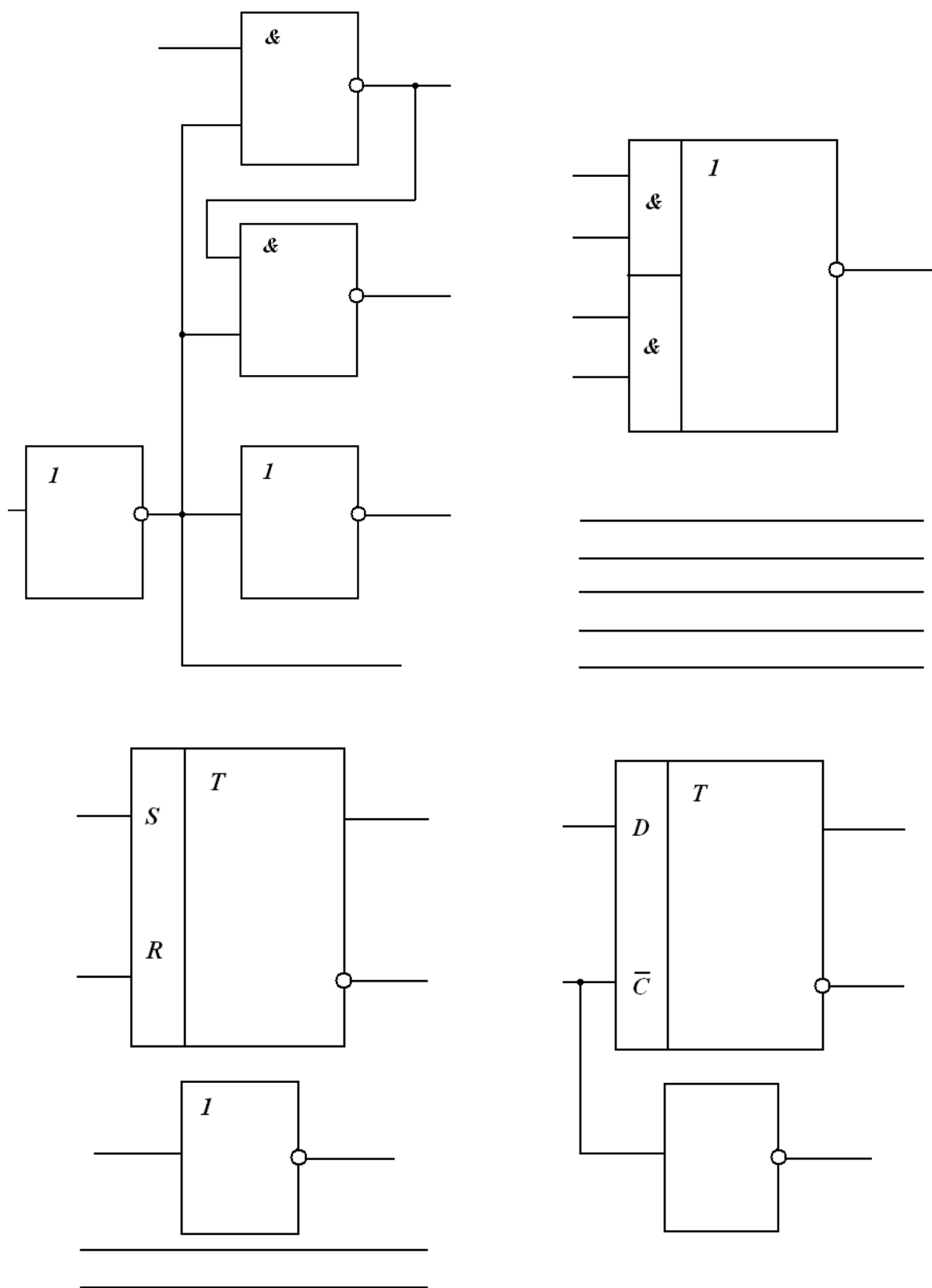
Integratsiya darajasini ikki usul yordamida oshirish mumkin: **elementlar joylashish zichligini oshirib** (ya‘ni, tranzistor va metall tutashtirgichlar egallayotgan sirtni kichraytirib) va **kristall o‘lchamlarini katalashtirib**. Birinchi usulda ikki muammo yuzaga keladi va ularni mikroelektronikaning rivojlanish jarayonida hal qilish kerak: **issiqlik uzatilish muammosi** va **o‘zaroulanishlar muammosi**. Issiqlik uzatilish muammosi tranzistorlarni mikrorejimini qo‘llash va mikrorejim hos bo‘lgan sxemalarni qo‘llash orqali bartaraf etiladi. Bunday sxemalarga I²M yoki KMDYA turli MElar kiradi. O‘zaroulanishlar (kommutatsiya) muammosi esa ikki yoki uch tekislikda joylashgan, **ko‘pqatlamli tutashtirgichlarni** qo‘llash orqali bartaraf etiladi.

Ammo ishlab chihariyotgan standart KISlar, ishlab chiqaruv+chilarni maxsus talablarini har doim ham qoniqtiravermaydi. Ko‘rinib turibdi-ki, maxsus «buyurtma» KISlar yuqori narhga va kam songa ega bo‘ladi.

Negiz matritsali kristallarni qo‘llash nomenklaturasi cheklangan va optimal narhi ma‘lumotlarni raqamli sifatli qayta ishlash bo‘yicha turli masalalarni hal qiluvchi kam sonli KIS va O‘KISlarni loyihalashtirish va ishlab chihariyotishga imkon beradi.

Negiz matritsali kristall (NMK) – kristallda bir tekis joylashtirilgan yarimo‘tkazgichli asboblar majmui bo‘lib, ularning oralig‘ida o‘zaroulanishlarni hosil qilish uchun maxsus (bo‘sh) zonalar qoldirilgan.

Bitta NMK asosida yuzlab funksional jihatdan turlicha bo‘lgan KISlarni hosil qilish mumkin. Bunda ular bir-biridan kommutatsiya qatlamlari bilan farqlanadi. NMKlar universal kristallar bo‘lib, buyurtmachining talablariga mos qilib bajariladi. Bu kristallar tegishli bog‘la-



5.1-rasm. NMK makroelementlari.

nishlarni hosil qilish mumkin bo'lgan yarim tayyor maqsulot hisoblanadi. NMK negiz kristall deb ataladi, chunki ularni tayyorlash jarayonida fotoshablonlarning ko'p qismi o'zgarishsiz qoladi va faqat kommu-

tatsiya qatlamlarini 2 – 3 fotoshabloni IS bajaradigan funksiyaga mos ravishda o‘zgartiriladi. Sodda elementlar kristallda to‘g‘ri burchakli kattak tugunlarida joylashadi, shuning uchun ular matritsali deb ataladi.

NMKlar maxsus analog, raqamli yoki aralash IS variantlari hosil qilish uchun ishlab chiqariladi. Raqamli NMKlar, o‘z navbatida ventilli matritsalar va kommutatsiyalanmagan mantiqiy matritsalar turlariga bo‘linadi.

Raqamli sxemalrning murakkab funksional bloklari asosida tuziladigan NMKlar uch qismdan ibolat bo‘ladi:

kristallda to‘g‘ri burchakli matritsa ko‘rinishida joylashadigan negiz (topologik) BYAlar majmuasi;

BYAlarni funksional tugallangan KISlarga birlashtiruvchi, metall o‘tkazgichlar joylashtiriladigan, maxsus (trassirovkali) zonalar;

KIS ishini ta‘minlovchi va tashqi simlarni ulash uchun kontakt yuzalar joylashtiriladigan periferiya sohasi.

NMKlarda BYA matritsalarini ikki usulda tashkil etish mumkin. Birinchi usulda yacheyka elementlari asosida sodda funksiya bajaruvchi bitta negiz ME shakllantirish mumkin. Yacheyka elementlari tarkibiga 4 tadan 30 tagacha bir-biriga yaqin joylashgan tranzistorlar yoki ularning to‘plami, rezistorlar yoki ularning to‘plamidan tashkil topgan majmua kiradi. Murakkabroq funksiyalarni amalga oshirish uchun bir nechta yacheyka ishlatiladi.

Ikkinchi usulda yacheyka elementlari asosida ixtiyoriy funksional element (makroelement) shakllantirish mumkin. Makroelementlarning turi va ularning soni eng murakkab funksional elektr sxemasi yordamida aniqlanadi.

Sodda makroelementlarni hosil qilishning bir necha usullari 5.1-rasmda keltirilgan.

Trassirovka zonasi manbaga ulanish, signallarni uzatish va boshqa maqsadlar uchun o‘tkazilgan metall simlar ortogonal joylashtirilgan tizim hisoblanadi. Biri ikkinchisining ustida joylashtirilgan ikki-uch sath o‘tkazgichlar dielektrik qatlam (SiO_2) bilan ajratiladi.

NMKning periferiya qismida kichik qarshilikli aloqa liniyalari, ichki kichik signalli MELarni KMDYA, TTM va EBM turli IMSlar darajalarini o‘zaro muvofiqlashtiruvchi translyatorlar ishini ta‘minlovchi sxemalar joylashadi. NMKlarda EBM elementlarida periferiyada tayanch kuchlanish manbai va siljitish sxemalar hosil qilinadi. KISlarning tashqi chiqishlari ulanadigan metall kontakt yuzalar yana metallizatsiyaning yuqori darajasida kristall periferiyasiga joylashtiriladi.

5.3. Dasturlanuvchi mantiqiy qurilmalar

Dasturlanuvchi doimiy xotira qurilmalari (DDXQ) va dasturlanuvchi mantiqiy matritsalar (DMM) ISlarning birinchi dasturiy foydalanuvchilari bo‘lib hisoblanadilar. Bu yerda DMM DDXQning bir turi hisoblanadi.

Tanlangan ish algoritmi uchun sozlashga (dasturlashga) tayyor mantiqiy KIS *sodda mantiqiy integral sxema* (SMIS) deb atashadi

Ma’lumki, MAFni algebraik ifodalashda yoki dizyunktiv, yoki konjunktiv normal shakl qo‘llaniladi. DNSHda MAF sodda mantiqiy ko‘paytmalarning mantiqiy yig‘indisini tashkil etadi. Demak, DNSHda kelitirilgan MAFni tehnik tashkil etish uchun konyunksiya va dizyunksiya bloklari talab etiladi. Konyunksiya bloki HAM mantiqiy elementlar matritsasidan (ko‘paytiruv matritsasi), dizyunksiya bloki esa, YOKI mantiqiy elementlari matritsasidan (yiqindi matritsasi) iborat bo‘lishi kerak. Ularni ketma-ket ulab va sozlab ihtiyoriy turdasi MAFni tashkil etish mumkin. Sozlash uchun tayyor bo‘lgan SMIS ko‘paytma va yig‘indi matritsalaridan tashqari kirish buferi – invertorlar matritsasiga ham ega bo‘ladi.

SMISlarni uch hil usul bilan sozlash (dasturlash mumkin):

- HAM matritsasini o‘zgartirmasdan turib, YOKI matritsasini tuzilmasini dasturlash;
- YOKI matritsasini o‘zgartirmasdan turib, HAM matritsasini tuzilmasini dasturlash;
- ikkala matritsa tuzilmasini dasturlash.

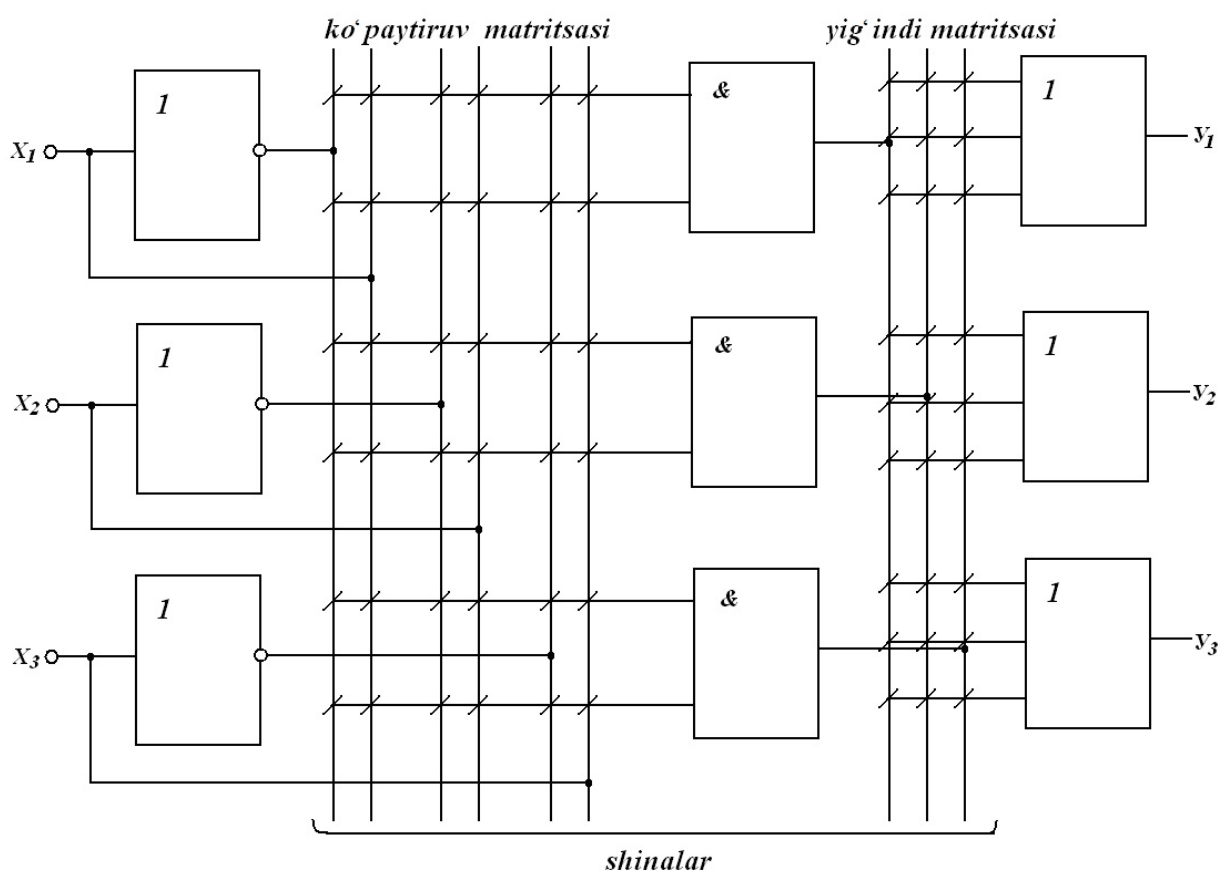
Dasturlashning birinchi usuli DDXQlarni, ikkinchi usul - DMM ISlarini, uchinchi usul esa, DMMlarni tuzishda qo‘llaniladi. Uchta mantiqiy o‘zgaruvchili DMMni amalga oshiruvchi SMIS tuzilma sxemasi 5.2-rasmda keltirilgan. X_i kirish o‘zgaruvchilarining inversiyasi kirish buferining invertor matritsalarida amalga oshiriladi. Dasturlashdan oldin barcha shinalar o‘zaro shartli ravishda (/) belgi bilan ifodalangan simlar bilan bog‘langan.

Misol tariqasida, ortiqcha bog‘lanishlar olib tashlangach bu shema qanday ko‘rinishga ega bo‘lishini ko‘rib chiqamiz:

$$\begin{aligned}y_1 &= \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_2} + x_1 x_3, \\y_2 &= \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_3}, \\y_3 &= \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_3}\end{aligned}\tag{5.1}$$

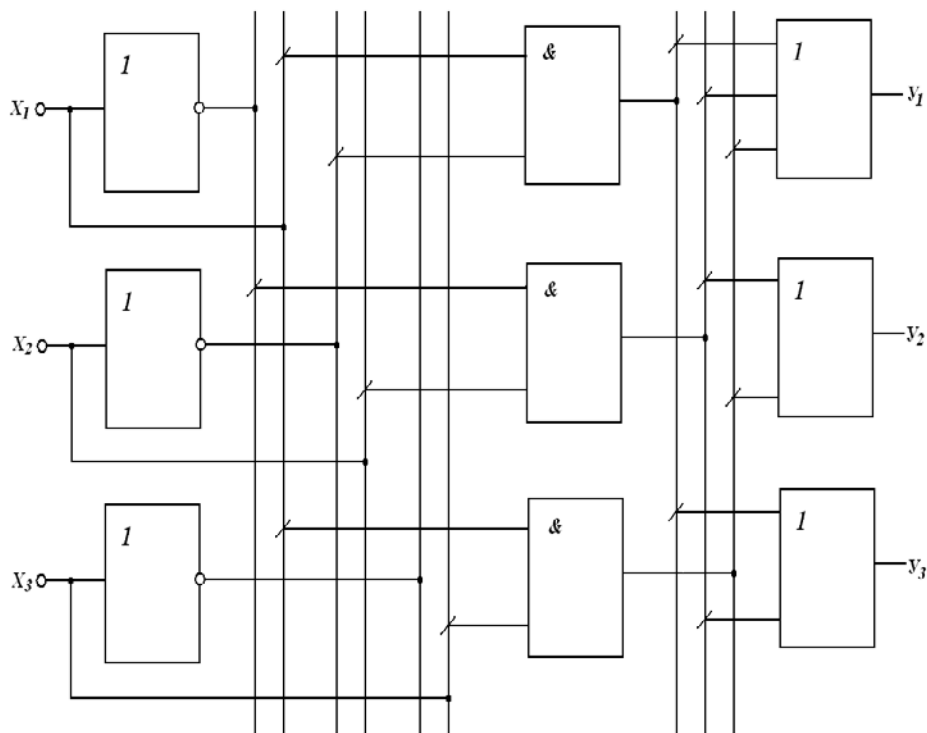
Ma'lumot uchun: Birinchi bo'lib, eruvchan simlar yordamida dasturlangan bipolyar tranzistorli texnologiyada bajarilgan DMMLar yaratilgan (masalan, TTMSH-texnologiyada bajarilgan bir marotaba dasturlanuvchi KP556RT1 va KP556RT2 DMMLar). DMMLar yana maxsus programmatorlarda ham dasturlanadi.

Keyinchalik, KMOYA-texnologiyada bajarilgan eruvchan simli, yana keyin yozilgan ma'lumotlarni ultrabinafsha va elektr o'chirishli ISlarlar yaratilgan. Hozirgi kunda DMM va boshqa dasturlanuvchi KISlar barcha mavjud texnologiyalarni qo'llagan holda ishlab chiqarilmoqda.



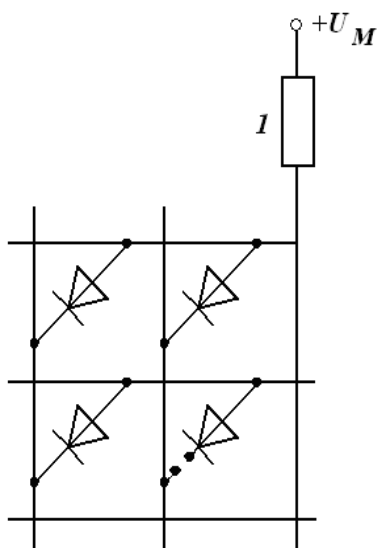
5.2-rasm. SMISning dasturlashdan avvalgi tuzilma sxemasi.

DMMLarda faqat kombinatsion sxemalar emas, balki xotira sxemalarini ham tuzish mumkin. Bunday sxemalarni shakllantirish uchun DMMning ba'zi kirishlarini chiqishlari bilan birlashtirish kerak, ya'ni teskari aloqalar kiritish kerak. Bunday sxemalarga triggerlar, hisoblagichlar, sanoq qurilmalari va boshqa avtomatlar misol bo'la oladi.

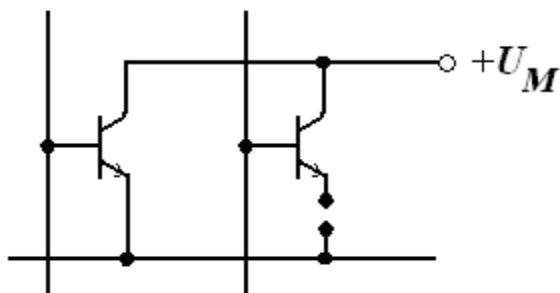


5.3-rasm. (5.1) MAF tizimini DMM asosida tashkil etish.

a)



b)



5.3-rasm. Diodlar (a) va bipolyar tranzistorlar (b) yordamida shinalarni ulash.

Diodlar (a) va bipolyar tranzistorlar (b) yordamida shinalarni ulash 5.3-rasmda keltirilgan.

Dasturlovchi elementlar bo‘lib 1 eruvchan qayta ulagichlar hisoblanadi. Dastlabki holatda barcha simlar butun bo‘ladi. DMMga ma‘lumot yozish ba‘zi diolar (tranzistorlar)dan tok impulslari o‘tkazish

natijasida eruvchan simlarni kuydirish orqali amalga oshiriladi. Natijada, shinalar orasidagi ba'zi bog'lanishlar uziladi. Bu jarayon dasturlash deb ataladi va mahsus tashqi qurilma - programmatorlar yordamida amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

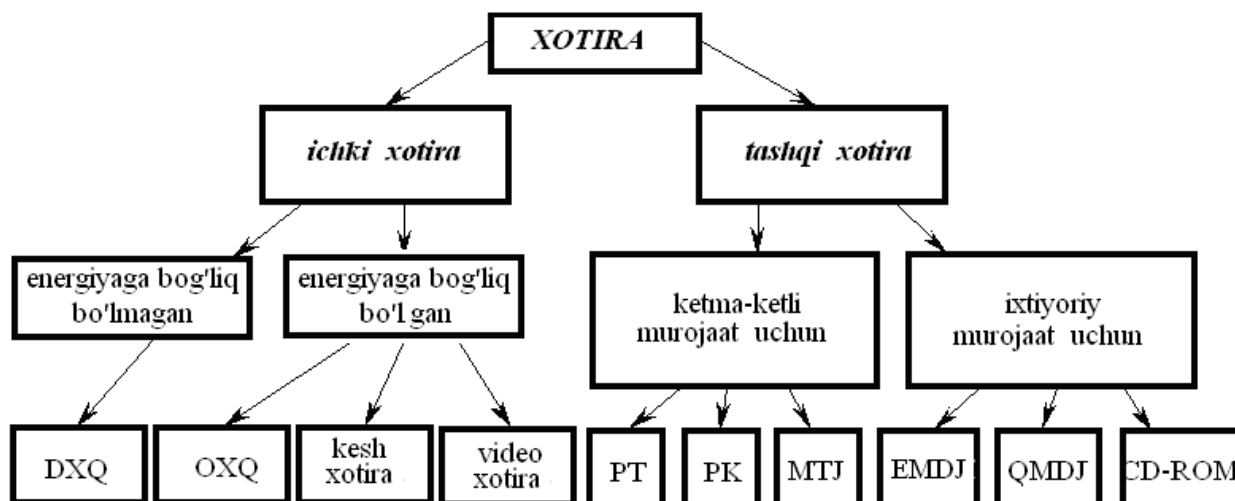
- 1. Negiz matritsali kristall (NMK) ta'rifini keltiring.*
- 2. Negiz matritsali kristall asosida sodda elementlar qanday hosil qilinadi?*
- 3. Dasturlanuvchi mantiqiy matritsa (DMM) ta'rifini keltiring.*
- 4. DMMni qanday loyihalashtirish uslublari mavjud. ?*

VI BOB

YARIMO‘TKAZGICHLI XOTIRA MIKROSXEMALARI

6.1. Sinflanishi va asosiy parametrlari

Qurilma *xotirasi* deb dasturlar, kiritilayotgan ma’lumotlar, oraliq natijalar va olinayotgan ma’lumotlarni saqlash uchun mo’ljallangan qurilmalar majmuiga aytiladi. Xotiraning sinflanishi 6.1-rasmda keltirilgan.



6.1-rasm. Xotiraning sinflanishi.

Ichki xotira mikroprotsessor tomonidan qayta ishlanayotgan unchalik katta bo’lmagan hajmdagi ma’lumotlarni saqlashga mo’ljallangan.

TasXQi xotira qurilma o’chirilgan yoki yoqilganidan qat’i nazar katta hajmdagi ma’lumotlarni uzoq muddatga saqlash uchun mo’ljallangan.

Qurilma tarmoqdan o’chirilganda yo’qolib ketadigan xotira, *energiyaga boqliq bo’lgan xotira* deb ataladi, ma’lumotlar yo’qolib ketmasa, *energiyaga boqliq bo’lmagan xotira* deb ataladi.

Energiyaga boqliq bo’lmagan ichki xotiraga *doimiy xotira qurilmasi* (DXQ) - ROM (Read Only Memory - faqat o’qish uchun xotira) kiradi. DXQga ma’lumotlar ishlab chiqaruvchi tomonidan o’rnatiladi va keyinchalik o’zgartirilmaydi. Bunday xotira kichik hajmdagi mikrosxemalardan tuziladi. Odatda,, DXQga qurilmalarning

minimal boshqaruv funksiyalarini ta'minlovchi dasturlar kiritiladi. Qurilma tarmoqdan o'chirilganda, boshqaruv dastlab DXQdan qurilma komponentalarini testlaydigan dasturga, so'ngra operatsion tizimni ishga tuziradigan dasturga uzatiladi.

Ma'lumotlarni kiritish usuliga ko'ra DXQlar uch sinfga bo'linadi: **niqobli, dasturlanuvchi va qayta dastrulanuvchi**.

Energiyaga boqliq bo'lgan ichki xotiraga **operativ xotira qurilmasi** (OXQ), **videoxotira** va **kesh-xotiralar** kiradi.

OXQda qayta ishlanayotgan ma'lumotlar, uni amalga oshirayotgan dastur, oraliq va yakuniy natijalar ikkilik sanoq tizimida saqlanadi. OXQlarda ixtiyoriy vaqtda ixtiyoriy tanlangan xotira yacheykasiga ma'lumot kiritish, o'qish va saqlab qo'yish mumkin. OXQlarning bu hususiyati ularning ingliz tilidagi nomida aniq aks etgan - RAM (Random Access Memory - ixtiyoriy murojaat uchun xotira). DXQlarda ixtiyoriy ma'lumotga tez murojaat amalga oshiriladi. Bunday xotira murakkab elektron sxemalardan tashkil topgan bo'lib, qurilma qobig'ining ichiga joylashtiriladi.

Operativ xotiraning ma'lum qismi monitor ekranida hosil qilinadigan tasvirlarni saqlashga mo'ljallangan bo'lib, **videoxotira** deb ataladi. Videoxotira qancha katta bo'lsa, qurilma shunchalik murakkab va sifatli tasvirlarni hosil qilishi mumkin.

Katta tezlikdagi **kesh-xotira** qurilma tomonidan amallarni tez bajarish imkonini beradi va mikroprotessor va OXQ o'rtasidagi ma'lumotlar almashinuvida qo'llaniladi. Kesh-xotira oraliq xotira qurilmasi (bufer) hisoblanib, uning ikki turi mavjud: protessor ichiga o'rnatiladigan ichki hamda bosmaga o'rnatiladigan - tasXQi.

TasXQi xotira **ixtiyoriy murojaat** va **ketma-ketli murojaat** uchun bo'lishi mumkin.

Ixtiyoriy murojaat uchun xotira qurilmalari bir vaqtning o'zida ixtiyoriy ma'lumotlar blokiga murojaat qilish imkonini beradi. Ularning quyidagi asosiy turlari mavjud:

1. Qattiq magnit disklaridagi jamlagichlar (vinchesterlar) – yechilmaydigan qattiq magnit diskleri. Zamonaviy vinchesterlarning hajmi yuzlab megabaytlardan bir necha yuz gigabaytlargacha bo'lgan hajmni tashkil etadi. Birinchi qattiq disklar 30 Mbaytli ikkita diskdan iborat bo'lar edi va shu sababli 30/30 deb belgilash kiritilgan edi.

2. Yumshoq (egiluvchan) magnit diskardagi jamlagichlar (floppi-disk kirituvchilar) – uncha katta bo'lmagan magnit diskarga ma'lumot yozish va o'qish uchun mo'ljallangan bo'lib, plastik

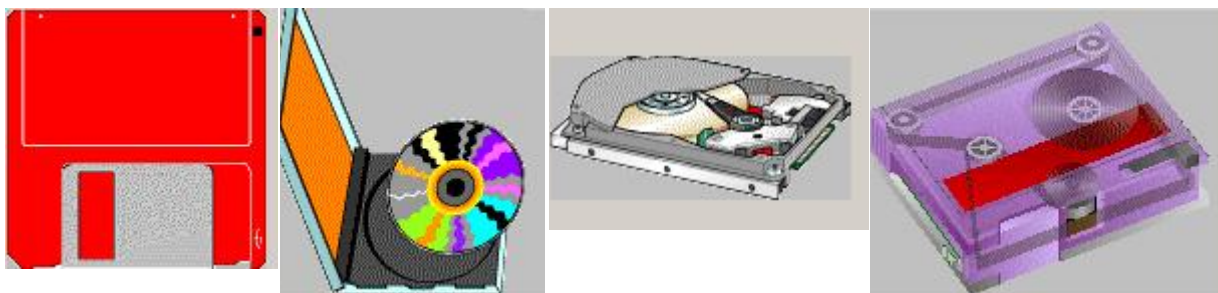
konvertlarga joylashtiriladi. Bunday disketalarning maksimal hajmi 1,2Mbayt - 1,44Mbaytni tashkil etadi. Hozirgi kunga kelib bunday disklar ma'naviy eskirgan bo'lib, qo'llanilmaydi.

3. Optik disklar (CD-ROM - Compact Disk Read Only Memory) - kompakt disklardan ma'lumotlarni o'qish uchun mo'ljallangan qurilmalar. CD-ROM diskleri audio-kompakt diskleridan keyin keng tarqalgan. Nur qaytaruvchi yupqa material purkalgan bu plastik disklerga lazer nuri yordamida ma'lumot yozilgan. Hozirgi kunda lazer diskler keng tarqalgan tasXQi ma'lumot jamlagichlar hisoblanadi. Diametri 12 sm bo'lgan optik disklerga 700 Mb ma'lumot kiritish mumkin. Hozirgi kunda DVD-ROM formatidagi kompakt diskler keng tarqalgan bo'lib, 4,3 Gb hajmdagi ma'lumot kiritish imkonini beradi. Bundan tasXHari, bunday kompakt-disklerga ma'lumot kirituvchi qurilmalar ham ommaga keng tarqalgan. Bunday texnologiya mos ravishda CD-RW va DVD-RW nomlarini olgan.

Ketma-ketli murojaat uchun xotira qurilmalari kerakli ma'lumotlarga ketma-ket murojaat qilish imkonini beradi. Bu usulda talab etilayotgan xotira blokidan ma'lumot olish uchun, undan oldingi barcha blokdagi ma'lumotlarni o'qib chiqish kerak bo'ladi. Ularning quyidagi asosiy turlari mavjud:

1. Magnit tasmalaridagi jamlagichlar – magnit tasmalaridan ma'lumot o'qiydigan qurilma. Bunday jamlagichlar katta hajmda bo'lgani bilan ancha sekin ishlaydi. Zamonaviy magnit tasmalaridan ma'lumotlarni o'qiydigan qurilmalar - strimerlar - sekundiga 5 Mbayt ma'lumot kiritish tezligiga ega. Shu bilan birga, videokassetalarga raqamli ma'lumotlarni kiritadigan va bir kassetada 2 Gbaytgacha ma'lumot saqlash imkonini beruvchi qurilmalar ham mavjud. Magnit tasmalari asosan uzoq muddatga saqlanadigan arxiv ma'lumotlarini tuzishda qo'llaniladi.

2. Perfokartalar – jipslangan qattiq qog'ozdan yasalgan kartochkalar (**perfotasmalar**) – qog'oz tasmali g'altaklar bo'lib, ularga ma'lumotlar perforatsiyalanib, ya'ni teshiklar hosil qilib kiritilgan. Bunday ma'lumotlarni o'qish uchun ketma-ketli murojaat uchun qurilmalar qo'llaniladi. Hozirgi kunga kelib bunday diskler ma'naviy eskirgan bo'lib, qo'llanilmaydi.



**Egiluvchan
disklar**

**Optik
disklar**

Qattiq disklar

Magnit tasmalari

Xotira qurilmalarining barcha turlari o'zining afzalligi va kamchiliklariga ega. Ichki xotira katta tezlikka ega, lekin hajmi cheklangan. TasXQi xotira esa aksincha, kichik tezkorlikka ega, lekin hajmi cheklanmagan. Shu sababli qurilmalarni ishlab chiqaruvchilar doimiy izlanishda bo'lib, ular orasida mutanosiblik bo'lishi harakat qilishadi, chunki operativ xotira hajmi EHMlarining asosiy karakteristikasi va mahsuldorligini belgilaydi.

Barcha XQlari yasalishi va bajaradigan vazifasidan qat'i nazar qator asosiy parametrlar bilan harakterlanadi.

XQ hajmi unda saqlanishi mumkin bo'lgan ma'lumotning maksimal hajmini belgilaydi.

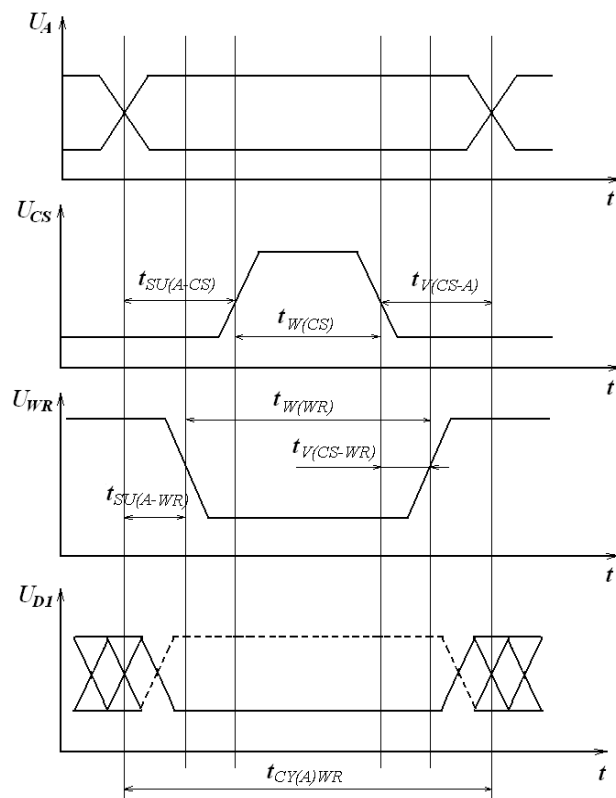
Ma'lumot hajmining birligi bo'lib bir **bit** hioblanadi. Bu ikkilik sanoq tizimidagi bir razryad ma'lumotga yoki bitta mantiqiy konstantaga mos keladi. Bit son jihatidan mantiqiy nol yoki mantiqiy bir qiymatlarini qabul qilishi mumkin. Odatda, bir bitga teng bo'lgan ma'lumot, bitta elementar xotira elementida (EXE) saqlanadi. Shuning uchun XQ hajmi bitlarda yoki razryadi ko'rsatilgan kod so'zlar soni bilan aniqlanadi. Shunga ko'ra 8-razryadli kod so'zi bayt deb ataladi. Katta hajmdagi ma'lumotlarni aniqlash uchun mos ravishda kilo va mega qo'shimchalari kiritilgan bo'lib, $2^{10}=1024 \text{ bit}=1 \text{ Kbit}$ va $2^{20}=1\ 048\ 576 \text{ bit}=1 \text{ Mbit}$ ni anglatadi.

Yanada aniq tasavvurga ega bo'lish uchun «xotirani tashkil etish» (N x L) tushunchasi kiritilgan bo'lib, u uzunligi (razryadi) (L) bo'lgan saqlanayotgan kod so'zlar soni (N)ni bildiradi. XQ xajmi uning tashkil etuvchilarning parametrlari bilan quyidagicha munosabat bilan bog'liq:

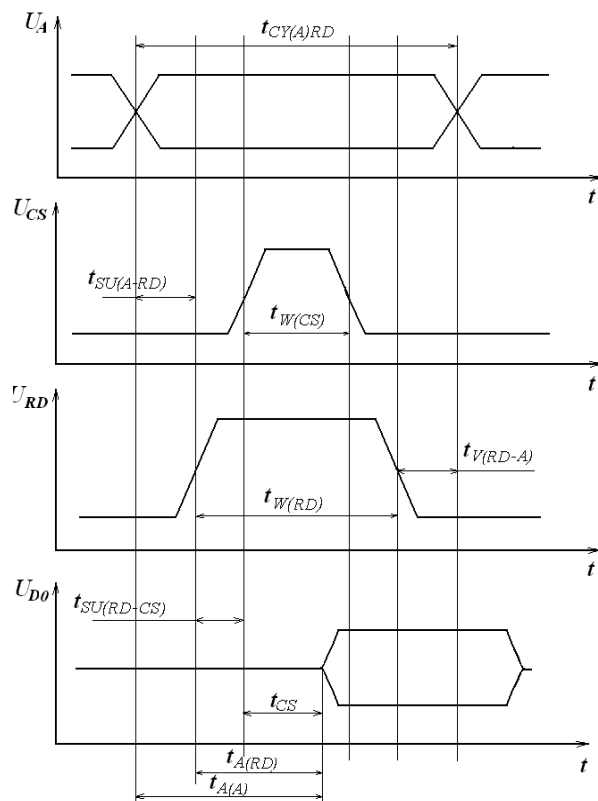
$$M = NL.$$

Bunga ko'ra, bir hil hajmga ega bo'lgan ma'lumotlar uchun xotira turlicha tashkil etilishi mumkin. Masalan, ikkita 32x8 va bitta 256x1 tashkil etilgan xotira hajmlari bir hil, ya'ni 256 bit xotira hajmiga ega.

a)



b)



6.2-rasm. Yozish (a) va o'qish (b) rejimlarida XQ ishining vaqt diagrammalari.

XQlarining dinamik xarakteristikalarini, umumiy holda turli vaqt parametrlari bilan harakterlanadi. Ulardan asosiylari bo'lib, tanlash (murojaat) vaqti hamda o'qish va yozish rejimlarida adres sikllari hisoblanadi.

Tanlash (murojaat) vaqti t_A deb xotira kirishiga signal berilgan vaqt bilan uning chiqishida ma'lumot olingan vaqt oralig'i tushuniladi. Bunda qolgan barcha signallar berilgan bo'lishi shart. Demak, tanlash vaqtini ixtiyoriy xotira signallari uchun aniqlash mumkin.

Yozish rejimida adres sikl vaqti ($t_{CY(A)WR}$) deganda ma'lumotlarni ishonchli yozish uchun talab etiladigan xotiraning boshqaruv kirishlaridagi signallar mosligining minimal vaqti tushuniladi. Huddi shunday, o'qish rejimi uchun ($t_{SY(A)RD}$) aniqlanadi.

XQ ishonchli ishlashi uchun turli boshqaruv signallari o'rtasida vaqt mutanosibliqi saqlanishi talab etiladi. Bu mutanosibliklar signallarning sikl vaqti (t_{SY}), o'rnatilish vaqti (t_{SU}), harakat davri (t_W) va saqlanish muddat (t_V) lari bilan belgilanadi. Aytib o'tilgan parametrlar: t_{SY} – ISning ixtiyoriy boshqaruv kirishidagi signallarni boshlanish (tugallanish) orasidagi intervallarni; t_{SU} , t_V – turli ikki boshqaruv signallarining mos ravishda boshlanish va tugallanish orasidagi intervalni; t_W – berilgan boshqaruv signalining harakat davrini ko'rsatadi. Qayd etilgan parametrlar XQ IS ixtiyoriy boshqaruv signallari uchun taa'lluqlidir.

Turli ish rejimlarida XQ dinamik parametrlarini aniqlash 6.2-rasmda keltirilgan vaqt diagrammalari bilan tushuntiriladi.

Xotiraning tezkorligi haqida gapirganda, shuni yodda tutish kerakki, ma'lumotni o'qish uchun avval uning XQda joylashgan manzilini aniqlash kerak. Yarimo'tkazgichli XQlarini shakllantirishda ko'proq ixtiyoriy murojaatli usulni qo'llash tanlanadi, chunki bu usulda murojaat vaqti o'zgaras va ma'lumot joylashgan massiv manziliga bog'liq bo'lmaydi.

6.2. Statik operativ xotira qurilmalari

Statik OXQlarda yozilgan ma'lumot doim unga ajratilgan aniq joyda saqlanadi va ma'lumot o'qilganda yo'qolib ketmaydi. Ma'lumot faqat majburiy o'chirilganda yoki ta'minot manbasidan qurilma o'chirilganda yo'qolishi mumkin.

Statik yarim o'tkazgichli XQlar bipolyar va MDYA-tranzistorlarda bajarilgan xotira elementlari (triggerlardan) tashkil topadi. Bu turlarning

har biri uning qo'llanish soqasini belgilab beradigan afzallik va kamchiliklariga ega.

Operativ xotiraning ishlash prinsipi. Eng kichik xotira elementi-bit yoki razryad eng kichik hajmga ega bo'lgan ma'lumot – bitta ikkilik sanoq tizimidagi raqamni saqlashga qodir. Bit – bu juda kichik ma'lumot birligi, shuning uchun xotirada bitlar baytlarga – sakkizta bitlarga birlashadi va xotira yacheykalari deb ataladi. Barcha xotira yacheykalari raqamlangan bo'lib, xotira adresi (manzili) deb ataladi. Yacheyka adresini bilgan holda asosiy ikkita amalni bajarish mumkin:

- 1) ma'lum adresdagi yacheykadan ma'lumotni o'qish;
- 2) ma'lum adresga ma'lumotlarni baytlar ko'rinishida yozish.

Ko'rsatilgan amallardan birini bajarish uchun, protsessordan xotiraga yacheyka adresi ko'rsatilishi kerak va baytlar ko'rinishidagi ma'lumotlar yozish uchun protsessordan xotiraga, yoki o'qish uchun xotiradan protsessorga uzatilishi kerak. Barcha signallar shinalarga birikkan simlar orqali uzatilishi kerak.

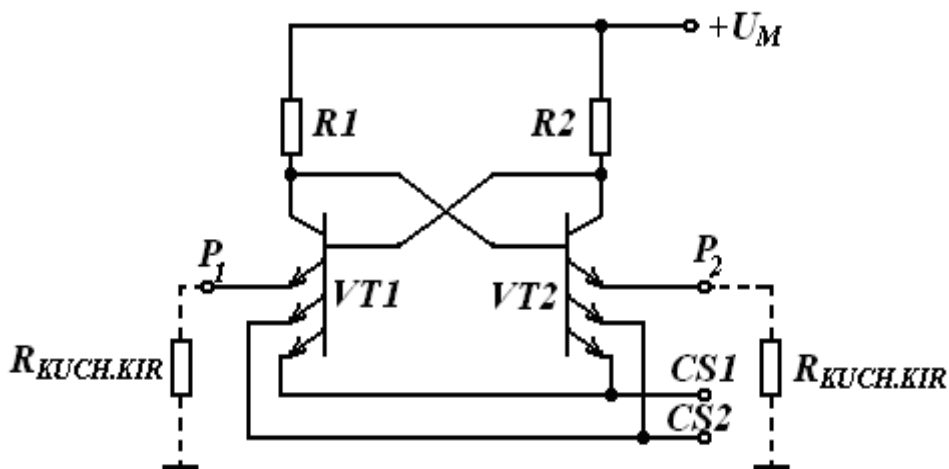
Manzil shinasidan xotira yacheyka adresi, ma'lumotlar shinasidan esa- uzatilayotgan ma'lumotlar uzatiladi. Odatda,, bu jarayonlar bir vaqtda amalga oshiriladi.

OXQlar ishlashi uchun 3 ta signal va mos ravishda 3 ta sim qo'llaniladi. Birinchi signal o'qishga ruhsat deb ataladi, agar bu signal qabul qilinsa xotiradan bayt ko'rinishidagi ma'lumot o'qiladi. Ikkinchi signal yozishga ruhsat deb ataladi va bu signal olingach bayt xotiraga yoziladi. Bir vaqtning o'zida ikkala signal uzatilishi mumkin emas. Uchinchi signal – tayyorgarlik signali deb ataladi va xotira protsessorga murojaat qilib, buyruqlarni bajarishga tayyor yoki tayyor emasligini bildirish uchun ishlatiladi.

Bipolyar tranzistorlarda bajarilgan statik EXE – turli triggerli elementlarda bajarilgan, narhi ancha qimmat bo'lgan qurilmalardir. Bu sinfga mansub sxemalar hozirgi kunda eng tezkor hisoblanadilar.

Bipolyar tranzistorlarda bajarilgan EXE prinsipial elektr sxemasi 6.3-rasmda keltirilgan. Mazkur element TTM texnologiyasida bajarilgan bo'lib ikki o'lchamli XQlarni qo'llash uchun mo'ljallangan. U uch emitterli VT1 va VT2 tranzistorlarda bajarilgan ikkita invertordan iborat. Invertorlar ketma-ket ulangan bo'lib, chuqur musbat teskari aloqa o'rnatilgan. Ikkita juft bo'lib ulangan tranzistorning emitterlari CS1 va CS2 tanlov elementining chiqishini hosil qiladilar. Uchinchi tranzistorning emitterlari esa elementning to'g'ri R1 va invers R2

chiqishini hosil qiladilar va umumiy shinaga o'qish kuchaytirgichining kirish qarshiliklari orqali ulangan.



6.3-rasm. Bipolyar tranzistorlar asosida bajarilgan EXE prinsiplial elektr sxemasi.

Saqlash rejimida EXEning bitta yoki ikkala (CS1, CS2) tanlov kirishiga past darajadagi kuchlanish qiymati beriladi. Bu vaqtda invertorlar yordamida hosil qilingan trigger turg'un g'olatlardan birida bo'ladi. Deylik, VT1 to'yingan, VT2 berk bo'lsin. To'yingan VT1ning to'liq toki elementning tanlov kirishlaridan biri orqali umumiy shinaga birikadi. Shuning uchun P₁ chiqish zanjirida tok mavjud bo'lmaydi va EXEdan ma'lumot o'qish kuchaytirgichi kirishiga kelib tushmaydi ($U_{R_{KUCH.KIR}} = 0$).

Ma'lumotni o'qish uchun elementning ikkala tanlov kirishiga yuqori darajali kuchlanish berish kerak. Bunda to'yingan tranzistorning yagona toki oqib o'tish yo'li bo'lib EXEning P₁ chiqishi hisoblanadi. Bu tok o'qish kuchaytirgichining kirish qarshiligida kuchlanish hosil qiladi va uning ishorasi elementga yozilgan ma'lumot ishorasiga mos keladi. Shuni ta'kidlash kerak-ki, elementdan ma'lumot o'qish jarayonida u yo'qolmaydi. EXEning bitta yoki ikkala (CS1, CS2) tanlov kirishiga past darajadagi kuchlanish qiymati berilsa trigger o'z holatini saqlab qoladi.

Elementga yangi ma'lumot kiritish zarurati tug'ilsa, yana uning kirishlariga dastlab tanlov signallari beriladi. So'ngra tasqi shinalarda yangi ma'lumotga mos keluvchi kuchlanish ishorasi o'rnatiladi. Ko'rilayotgan holat uchun P₁ chiqishga yuqori darajali kuchlanish, P₂ ga esa, past darajadagi kuchlanish beriladi. Bunda VT1 tranzistori emitter

toki zanjiri uzilgan bo'lganligi sababli, uning kollektorida yuqori darajali kuchlanish shakllanadi. Bu kuchlanish VT2 ni to'yintiradi, u esa o'z navbatida kollektorda past darajali kuchlanish shakllantirib VT1 tranzistorning berk holatini tasdiqlaydi. EXEda yangi ma'lumot yoziladi. Elementdan tanlov signallari olib tashlansa, yangi ma'lumot triggerda navbatdagi ma'lumot yozilguncha saqlanadi.

Shunday qilib, ko'rib chiqilayotgan EXEga yangi ma'lumot kiritish kirish kuchlanishining yuqori qiymatlarida amalga oshiriladi.

Elementning ko'rib o'tilgan tuzilishi, birinchidan, ixtiyoriy sondagi element chiqishlarini parallel ulash, ikkinchidan, chiqishlarni ham yozish, ham o'qish uchun ishlatish imkonini beradi. Shuni alohida ta'kidlab o'tish kerak-ki, mazkur holda ikkinchi tanlov kirishining shakllanishi eng kam harajat asosida bajarilgan va xotira elementini murakkablashib ketishiga olib kelmaydi.

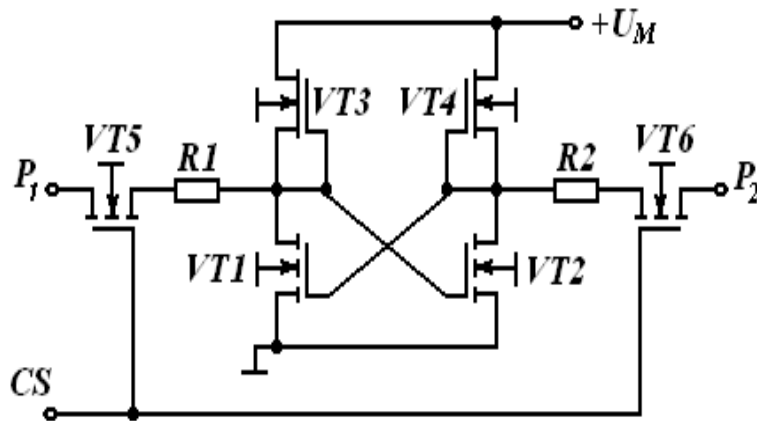
OXQlar statik EXElarida *maydoniy tranzistorlarning* qo'lanilishi yuqori elementlar integratsiyasiga erishishga, tannarh va iste'mol quvvatini kamaytirishga olib keladi. Lekin bu vaqtda OXQ tezkorligi pasayadi.

Maydoniy tranzistorlar asosidagi EXE prinsipial elektr sxemasi 6.4-rasmda keltirilgan. U yuklamasi MDYA-tranzistorlarda bajarilgan kalit sxemasi asosidagi ikkita invertordan tashkil topgan. Musbat teskari aloqa zanjiri kiritilishi natijasida invertorlar trigger tuzilmasini hosil qiladi. Trigger chiqishlari juft bo'lib ketma-ket ulangan R1 va R2 cheklovchi rezistorlar hamda VT5 va VT6 tranzistorlar orqali EXEning P_1 va P_2 chiqishlari bilan ulangan. VT5 va VT6 tranzistorlarning umumlashgan zatvorlari CS tanlov elementi chiqishini hosil qiladilar.

Deylik, ma'lum vaqt momentida VT1 tranzistor ulangan, VT2 esa berk bo'lsin. Agar tanlov kirishiga VT5 va VT6 tranzistorlarni berkitish uchun etarli bo'lmagan kuchlanish berilsa, trigger EXEning P_1 va P_2 chiqishlaridan uzilgan bo'ladi. Bu vaqtda shu kirishlarda ma'lumot mavjud bo'lmaydi. EXE saqlash rejimida bo'ladi va bu holat keragicha davom etishi mumkin.

Agar tanlov kirishiga VT5 va VT6 tranzistorlarni berkitish uchun etarli bo'lgan kuchlanish berilsa, triggerning chiqishlarida unga avval yozilgan ma'lumot hosil bo'ladi. Bizning misolda EXEning P_1 chiqishida past darajali, P_2 chiqishida esa yuqori darajali kuchlanish hosil bo'ladi. Bu kuchlanishlar ISning o'qish kuchaytirgichilarining ichki shinalariga ulangan deb hisoblanadi.

Yangi ma'lumot yozish uchun kerak element tanlash sharti qo'yilganda P_1 va P_2 chiqishlarda kuchaytirgich tomonidan yangi kuchlanish qiymatlari shakllanadi. Ko'rilayotgan misolda avval yozilgan ma'lumotni o'zgartirish uchun P_1 chiqishiga yuqori darajali, P_2 chiqishiga esa past darajali kuchlanish berish kerak. Past kuchlanish darajasi VT2 tranzistorini shuntlab, VT1ning zatvoridan uni ulangan holatda ushlab turuvchi kuchlanish qiymatini oladi, bu vaqtda VT1 berkiladi. Uning stokidagi kuchlanish VT2ning ochilish kuchlanish qiymatigacha ortadi. Natijada, VT2 ochiladi va bu bilan VT1ning berk holatini tasdiqlaydi. Triggerga yangi ma'lumot yoziladi va u navbatdagi qayta yozish momentigacha saqlanadi.



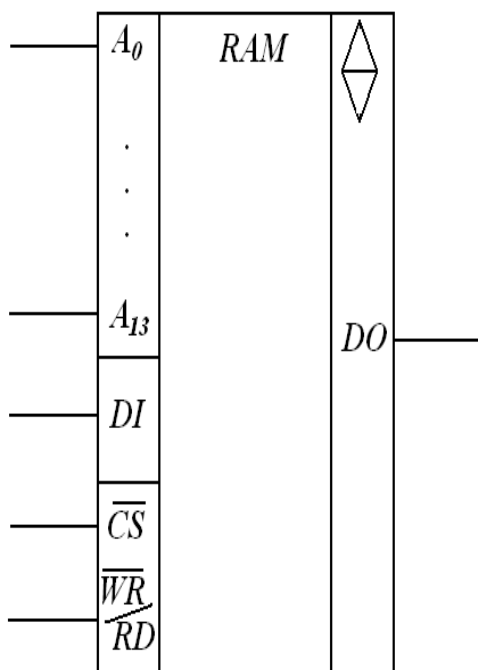
6.4-rasm. Maydoniy tranzistorlar asosidagi EXE prinsipial elektr sxemasi.

Ko'rib chiqilgan EXE, bipolyar tranzistorlardagi element kabi, ko'p marotaba ma'lumot yozish imkonini beradi. Bu vaqtda o'qilayotgan ma'lumot yo'qolib ketmaydi. Element kirishiga past darajali kuchlanish berilgan vaqtda ma'lumotning qayta yozilishi bu sxemaning o'ziga hos xususiyatidir. Bu juda qulay, chunki uzilish element kirishida aktiv kuchlanish darajasini hosil qilmaydi, Natijada, ishlash ishonchliligi ortadi.

Mazkur element, bipolyar tranzistorlardagi EXElar kabi, bir shinalardan ham ma'lumot kritish, ham o'qish imkonini beradi. Bu esa o'z navbatida ISni soddalashtirishiga olib keladi. OXQlarda qo'llaniladigan EXE IS turidan qat'i nazar, uning kirish va chiqish zanjirlari TTM elementi mantiqiy darajalari bilan muvofiq qilib

bajariladi. Bu esa ularni birgalikda qoʻllagan holda, xotira ISlarini standartlashtirishga imkon yaratadi.

n - MDYA tranzistorlarida bajarilgan 132RU6 turdagi OXQning shartli grafik belgisi 6.5-rasmda keltirilgan. Mazkur IS 16Kx1 koʻrinishda tashkil etilgan boʻlib, u 14 ta adres kirishlariga ($A_{13} \dots A_0$), D_1 maʼlumot kiritish kirishiga, D_0 maʼlumot chiqarish kirishiga, \overline{CS} ishga ruhsat berish kirishiga va \overline{WR}/RD oʻqish-yozish rejimlarini boshqaruv kirishlariga ega. Boshqaruv kirishiga past darajali kuchlanish qiymati berilsa, yaʼni $\overline{WR}/RD=0$ boʻlsa maʼlumot yoziladi, yuqori darajali qiymati berilsa, yaʼni $\overline{WR}/RD=1$ boʻlsa maʼlumot oʻqiladi. ISning yuqoridagi oʻng qismida koʻrsatilgan belgi, IS uchta chiqish holatiga ega boʻlishini anglatadi.



6.5-rasm. 132RU6 turdagi OXQning shartli grafik belgisi.

IS chiqish zanjirlarining ixtiyoriy sxemotexnik holatida ular umumiy maʼlumot shinasiga parallel ulanish imkoniga ega boʻlishlari kerak.

Umuman olganda, MDYA-tranzistorlarida bajarilgan EXElar bipolyar tranzistorlarda bajarilgan EXElarga nisbatan tejamli va ihcham, lekin tezkorligi past. Shuning uchun MDYA-tranzistorlarida bajarilgan

OXQlar bipolyar tranzistorlarda bajarilgan OXQlarga nisbatan keng qoʻllaniladi.

Integral OXQ parametrlari nomenklaturasiga quyidagi asosiy kattaliklar kiradi.

OXQlarning bitlarda ifodalanadigan *maʼlumot hajmi*, u kristalldagi elementlarning integratsiya darajasini ifodalaydi.

OXQning solishtirma quvvati, saqlash rejimidagi isteʼmol quvvati (1 bitga nisbatan).

Xotiraga murojaatning minimal vaqti ($T_{\text{muroj.min.}}$) – oʻqishning birinchi va ikkinchi sikllari boshlari orasidagi interval. $T_{\text{muroj.min}}$ ga teskari boʻlgan kattalik *murojaatning maksimal chastotasi* deb ataladi. Yozish vaqtida bu parametrlar bir muncha boshqacha boʻlishi mumkin.

MDYA-tranzistorli OXQlar umuman olganda bipolyar tranzistorlarga nisbatan maʼlumot hajmi, solishtirma quvvati va solishtirma narhi kabi kattaliklari boʻyicha ustun turadi, lekin tezkorligi past. Bipolyar tranzistorli OXQlar ichida I²M bazisi asosidagi sxemalar alohida oʻrin tutadi, chunki ular hajmi va solishtirma quvvati boʻyicha MDYA-tranzistorli OXQlarga yaqin. Hozirgi kunga kelib KMDYA-sxemalar asosidagi OXQlar minimal solishtirma quvvatga ega, dinamik OXQlar esa, minimal narhga. Bipolyar tranzistorli OXQlar ichida EBM bazisi asosidagilari maksimal tezkorligi bilan ajralib turadi.

6.3. Dinamik operativ hotira qurilmalari.

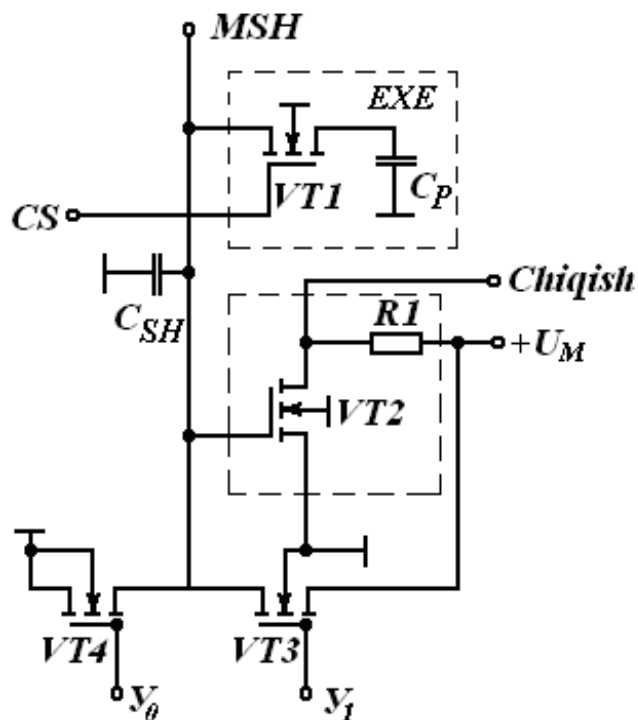
Dinamik OXQlarda maʼlumot doimiy ravishda unga ajratilgan massivda aylanib yuradi. Bunda maʼlumot oʻqilsa, u yoʻqoladi. Uni saqlab qolish uchun maʼlumotni qayta yozish talab etiladi.

Buning uchun EXEdagi maʼlumot davriy ravishda oʻqib turiladi va talab etilgan kuchlanish darajasida qayta tiklanadi. Hozirgi kunda ishlab chiharilayotgan OXQlarda EXE kondensatorlarining regeneratsiya zaryadi har 1...2 ms vaqt oraligʻida bajariladi, bu esa 0,1...1 kGz regeneratsiya chastotasiga mos keladi.

Statik OXQlarga nisbatan dinamik OXQlar kichik tezkorlikka ega, lekin ular nisbatan sodda, arzon va yuqori integratsiya darajasini taʼminlaydilar, yaʼni yuqori saqlanish hajmiga ega boʻlgan ISlarni ishlab chiharishga imkon beradi.

Dinamik XQ tuzilmasining fragmenti 6.6-rasmda keltirilgan. Bu yerda EXElardan tashqari maʼlumotlarni yozish-oʻqish prinsiplarini

tushunish uchun kerak bo'lgan zanjirlar sodda ko'rinishda keltirilgan. EXE C_P kondensator va VT1 tranzistorli kalitdan iborat bo'lib, u kondensatorni ma'lumotlar shinasini (MSH) ga ulaydi. VT1 tranzistor zatvori deshifраторning CS adres chiqishiga ulangan. Shuning uchun deshifраторning mazkur chiqishida yuqori kuchlanish darajasiga ega bo'lgan signal hosil bo'lsa VT1 ochiladi va C_P kondensatorni ulaydi. MSHga kerakli kondensator ulangan, kuchaytirgich chiqishidan C_P ning dastlabki kuchlanish qiymatiga proporsional kuchlanish hosil bo'ladi. Bu vaqtda ish rejimidan kelib chiqqan holda ma'jumot o'qish yoki yangisini yozish mumkin.



6.6-rasm. Dinamik XQ tuzilmasining fragmenti.

Katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash uchun dinamik OXQ ISlari katta miqdordagi EXElar ga ega bo'lishi kerak. Bu barcha EXElar o'z tranzistorlari orqali MSHga ulanadilar. Shuning uchun MSHlar juda katta uzunlikka ega va demak, katta C_{SH} hususiy sig'imga ega. Odatda,, $C_{SH} \gg C_P$ shart bajariladi. MSHga kichik hajmdagi kondensator ulanishi hisobiga C_{SH} va C_P sig'im zaryadlarining qayta taqsimlanishi hisobiga uning potentsiali sezilarsiz o'zgaradi. Buni aniqlash uchun shinning dastlabki kuchlanish qiymatini bilish zarur, u esa ish jarayonida ixtiyoriy qiymat olish mumkin. Shuning uchun ma'lumot o'qish jarayoni quyidagi ketma-ketlikni talab etadi:

- ma'lumotni bevosita o'qishdan avval MSH darajasi belgilab olinadi, buning uchun VT3 kalit yordamida C_{SH} ni kuchlanish manbai qiymatigacha zaryadlaydilar;

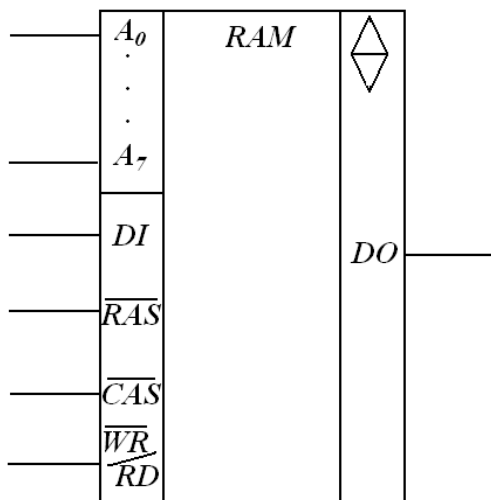
- kerakli EXEga CS tanlov kirishiga signal beriladi; C_P C_{SH} ga ulanadi va Natijada, zaryad qayta taqsimlanib, MSHda mos o'zgarishlar sodir bo'ladi;

- kuchaytirgich chiqishidan tanlangan EXE kondensator zaryadiga proporsional signal o'qiladi.

Bayon qilingan algoritmgaga ko'ra, EXEdan ma'lumot o'qish doim uning yo'qolishi bilan amalga oshadi. Shuning uchun ma'lumotni keyinchalik ham saqlab qolish uchun u yana qayta yozilishi kerak.

EXEga ma'lumotni yozish VT3 va VT4 larni qo'llagan holda amalga oshiriladi, ular esa boshqaruv signaliga ko'ra MSHni yoki kuchlanish manbaiga, yoki umumiy shinaga ulaydi. Kerakli EXEni tanlashda uning kondensatori MSH kuchlanishi qiymatigacha zaryadlanadi.

565RU5 turdagi dinamik OXQ IS shartli grafik belgilanishi 6.7-rasmda keltirilgan.



6.7-rasm. 565RU5 turdagi dinamik OXQ IS shartli grafik belgilanishi.

Mazkur IS 16Kx1 ko'rinishda tashkil etilgan bo'lib, u 8 ta adres kirishlariga ($A_7...A_0$), D1 ma'lumot kiritish kirishiga, D0 ma'lumot chiqarish kirishiga, ish rejimini boshqarish kirishlariga (\overline{WR}/RD o'qish-yozish) va \overline{RAS} qamda \overline{CAS} ikkita strobirlash signallarini berish adresi kirishlariga ega. Ohirgi ikkita signal IS adres kirishlarini qishartirishga imkon beradi. Haqiqatdan ham, 64K so'zdan iborat ma'lumotga murojaat qilish uchun 16-razryadli adres so'z talab etiladi. Bu razryadlarning yarmi kerak qatorni tanlashga, qolgan yarmi esa,

kerakli ustunni tanlashga javob beradi. Shuning uchun adres soʻzining kichik va katta razryadlari ISning aynan bir kirishlariga navbatma-navbat beriladi. Kirishiga past darajali signal berilgach, adres kirishlariga sakkizta kichik razryadli adres soʻzlari beriladi, ular oʻz navbatida EXE matritsasi kerakli qatorni tanlaydi. Bundan soʻng past darajali kuchlanish qiymati kirishiga uzatiladi, adres chiqishlarida esa sakkizta katta razryadli adres soʻzlari shakllanib, ular oʻz navbatida EXE matritsasi kerakli ustunni tanlaydi. Bunday tuzilmali dinamik OXQ IS statik OXQ ISga nisbatan kichik tezkorlikka ega.

6.4. Doimiy xotira qurilma mikrosxemalari

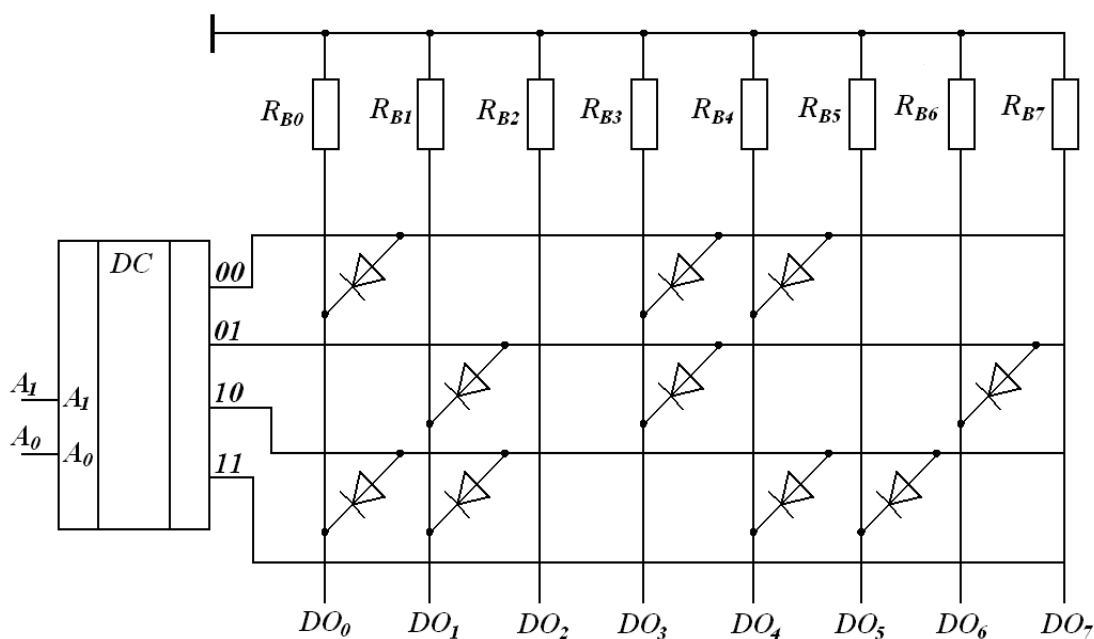
Doimiy XQ (DXQ)lar qurilmaning ish faoliyati davomida oʻzgarishsiz qoladigan maʼlumotlarni saqlash uchun moʻljallangan. Bu maʼlumot qurilma manbadan oʻchirilgandan soʻng ham yoʻqolmaydi. Shuning uchun DXQlar faqat oʻqish rejimida ishlaydi va oʻqilgach maʼlumot yoʻqolmaydi.

DXQ sinfi bir turli emas va bir necha mustaqil sinflarga boʻlinishi mumkin. Lekin bu sinflarning barchasida maʼlumot bir hil prinsipda ifodalanadi. DXQlarda maʼlumot adres shinasini (ASH) va maʼlumot shinasini (MSH) orasidagi bogʻlanish mavjud yoki mavjud emasligi koʻrinishida ifodalanadi. Bu jihatdan DXQ EXEsi dinamik OXQ EXEsi kabidir. Chunki dinamik OXQ EXEsida C_p kondensator yoki qisqa tutashtirilgan yoki sxemadan olib tashlangan.

4x8 li tashkil etilgan sodda DXQ sxemasi 6.8-rasmda keltirilgan. U ikkita adres shinaga ega boʻlgan deshifrador, chiqish shinalari va diodlarning DXQda yozilgan maʼlumot soʻzi soni «1»ga teng boʻlgan sakkizta $R_{B0} - R_{B7}$ ballast rezistorlaridan iborat.

Deshifrador chiqishida yuqori darajadagi kuchlanish hosil boʻlsa, ASH va MSHlar orasida bogʻlanish mavjudligi tufayli, bu kuchlanish mos ballast rezistorga uzatiladi va bu toʻqri mantiqda shinada «1» signali qabul qilinganini anglatadi. Tegishli bogʻlanishlar mavjud boʻlmasa mos rezistorlardan tok oqib oʻtmaydi, demak «0» signali qabul qilinganini anglatadi.

ASH va MSHlari orasidagi aloqa turi va tashkil etilishidan kelib chiqqan holda barcha DXQlar uch guruhga boʻlinadi: *niqobli*, *eritiluvchi* (*dasturlanuvchi*) va *qayta dasturlanuvchi*.



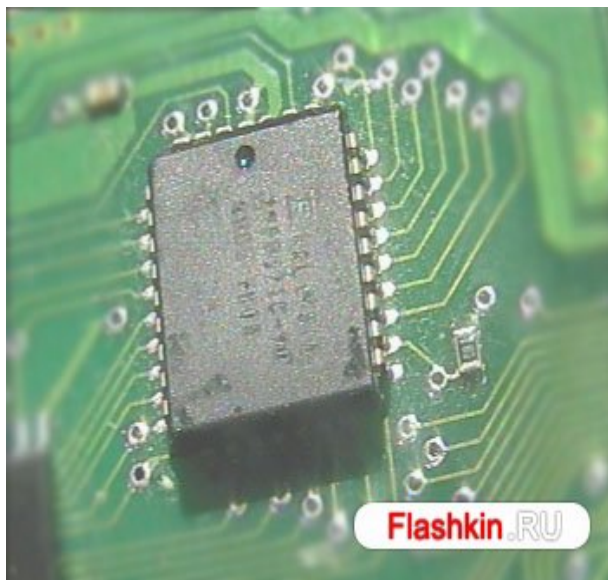
6.8-rasm. 4x8 li tashkil etilgan sodda DXQ sxemasi.

Niqobli DXQlarda xotira adreslanuvchi yacheyka massivi (matritsasi) ko‘rinishida hosil qilingan bo‘lib, har bir yacheyka birlik ma‘lumotni kodlashi mumkin. DXQlardagi ma‘lumotlar ishlab chiqarish jarayonida litografik usulda niqob bo‘yicha alyuminli bog‘lovchi yo‘lkalar hosil qilinadi. Mos joyda bunday bog‘lanishni mavjudligi yoki mavjud emasligi «0» va «1»ni beradi. Niqobli DXQlar ma‘lumotlarning takomillashganligi, hamda ishlab chiqarish sikliga ketadigan vaqt (4 – 8 hafta) bilan farqlanadi. Shuning uchun, zamonaviy dasturiy ta‘minotlar mukammal emas va doimiy ravishda yangilanishni talab etganligi tufayli xotiraning bu turi keng qo‘llanilmaydi.

Eritiluvchi yoki bir marotaba dasturlanuvchi DXQlarda xotira yacheykasi sifatida eruvchan simlar qo‘llaniladi. Niqobli DXQlardan farqli ravishda eritiluvchi DXQlarda yacheykalarni maxsus yozish qurilma (programmator) yordamida kodlash («eritish») mumkin. Eritiluvchi DXQlarda yacheykalarni dasturlash eruvchan simlarga katta kuchlanishli tok berish natijasida uni uzib yuborish orqali amalga oishiriladi. Ulardagi ma‘lumotlarni mustaqil kiritish imkoniyati eritiluvchi DXQlarni donalab va kam nushada ishlab chiqarishga olib keldi.

Qayta dasturlanuvchi DXQlarda xotira yacheykasiga ma‘lumot kiritishdan avval uni o‘chirib tashlash kerak, ya‘ni ma‘lumotlarni qayta yozish mumkin. Qayta dasturlanuvchi DXQlarda yacheykalardagi ma‘lumotlarni o‘chirish chiplarni ultrabinafsha va rentgen nurlari bilan

bir necha minut nurlantirish yo‘li bilan butun mikrosxema uchun bir varakayiga amalga oshiriladi. Ular kvarts darchalarga ega bo‘lib, o‘chirish jarayoni tugagach elimlab tashlanadi. Qayta dasturlanuvchi DXQLarda o‘chirishda barcha sohalarni bir holatga olib keladi (odatda,, barcha bitlarga 1 yoziladi, kamdan-kam hollarda 0). Hozirgi kunda qayta dasturlanuvchi DXQLar fleshlar tomonidan siqib chiharilgan (6.9-rasm).



6.9-rasm. Flesh-xotira.

Ularda mikroprotessor qurilmasining standart tizim shinasiga ulash orqali qayta dasturlash mumkin. Fleshlarda elektr toki yordamida alohida yacheykadagi ma‘lumotni o‘chirish imkoni yuzaga keldi. Fleshlarda yacheykaga yangi ma‘lumot yozilganda, avvalgisi avtomat tarzda o‘chib ketadi, bu vaqtda boshqa yacheykalarga ziyon etmaydi. O‘chirish jarayoni odatda,, yozish jarayonidan uzoqroq davom etadi.

Nazorat savollari

- 1. Xotira qurilmalarining (XQ) asosiy belgilarini keltiring.*
- 2. XQLarning asosiy parametrlarini keltiring.*
- 3. Bir o‘lchovli va ikki o‘lchovli adresatsiyali XQ tuzilish prinsipini tushuntiring.*
- 4. XQ xotira hajmini oshirish bo‘yicha texnik yechim variantlarini keltiring.*
- 5. Bipolyar tranzistorlar asosida qanday turdagi XQLar bajariladi?*

6. *Maydoniy tranzistorlarda bajarilgan OXQlarining afzallik va kamchiliklarini sanab bering.*
7. *Dinamik EXElarining asosiy hususiyatlari nimada? Ular tranzistorlarning qaysi turlarida bajariladi va nima uchun?*
8. *DXQlar sxemalari qanday tashkil etilgan va qanday EXElarda bajariladi?*
9. *Niqobli DXQlarining yasaliş texnologiyasi qanday?*
10. *Elektr jihatdan dasturlanuvchi XQ EXElarining ish prinsipini tushuntiring.*
11. *Qayta dasturlanuvchi DXQlari qanday elementlarda bajariladi?*

VII BOB

ARIFMETIK-MANTIQIY QURILMALAR

7.1. Umumiy ma'lumotlar

Raqamli mikrosxemalar fan va texnikaning ixtiyoriy masalasini echa oladilar. Buning uchun raqamli mikrosxema asosidagi qurilmada, yechiladigan masalaning dastlab berilganlari haqidagi ma'lumotlar, yechish algoritmi va hisoblash natijalari faqat ikkita qiymat: 0 va 1 signallari ko'rinishida ifodalanadi. Ikkilik raqamlari ketma-ketligi yordamida raqamli qurilmalarda ixtiyoriy ma'lumolarni (raqamlar, matnlar, komandalar va h.k.) kodlash, saqlash va qayta ishlash mumkin. Shunday qilib, raqamli tizimlarda o'zgaruvchan va o'zgarmas (doimiy) kattaliklar raqamlar ko'rinishida ifodalanadi. Shuning uchun ularda masalalar yechishning sonli usullari qo'llaniladi.

Masala yechishning sonli usuli – bu sonlar ustida bajariladigan arifmetik amallar (operatsiyalar) ketma-ketligidir. Yechilishi talab etilayotgan masala, odatda,, oddiy matematik tilda (tenglama, funksiya, differensial operandlar va shu kabilar) shakllanadi. Shuning uchun ixtiyoriy matematik masalani yechish uchun sonli usullar yordamida nisbatan sodda arifmetik amallarga olib kelish kerak. Masalan, shart bo'yicha funksiyani hisoblash uchun uni qatorga yoyish mumkin,

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots,$$

ya'ni sinusni hisoblash uchun arifmetik amallar ketma-ketligini bajarish kifoya.

Bu vaqtda raqamli qurilma faqat arifmetik amallarni emas, balki hisoblash jarayonlarini avtomatlashtirishga yordam beruvchi amallarni ham yechish imkoniga ega bo'lishi kerak. Mantiqiy amallar, boshqaruv amallari va bir qator boshqa amallar bularga misol bo'la oladi.

7.2. Arifmetik-mantiqiy qurilmalar

Arifmetik va mantiqiy amallar bajariladigan qurilma *arifmetik-mantiqiy qurilma* (AMQ) deb ataladi.

Sodda amallar ketma-ketligi ko‘rinishida ifodalangan masalalarni avtomatik ravishda yechish uchun, berilganlarni, oraliq va olingan hisoblash natijalarini saqlashga, hamda oddiy amallarni bajarish tartibi haqidagi ma’lumotlarni saqlashga imkon beruvchi qurilma talab etiladi. Bunday qurilma *xotira* deb ataladi.

Barcha turdagi AMQlar uchun ayiruv, mantiqiy ko‘paytiruv, mantiqiy qo‘shuv, istisnoli YOKI, inversiya, o‘ngga siljish, chapga siljish, musbat orttirma (inkrement), manfiy orttirma (dekrement) arifmetik amallarini bajarish *majburiy* hisoblanadi. Majburiy amallar *apparat vositalari* yordamida amalga oshiriladi, ya’ni talab etilgan ishni bajarish uchun ma’lumotlar ma’lum mikrosxemalardan o‘tishi kerak. Majburiy amallar sodda amallar deb ataladi. AMQlar arifmetik ko‘paytiruv va bo‘luv kabi nisbatan murakkab amallarni bajarmaydi. Shuning uchun bu amallar sodda amallarning dasturiy kombinatsiyasi yordamida bajariladi. Bu usul amallarni bajarishning *mikrodasturiy* usuli deb ataladi. AMQlar EHMning asosiy tugunlaridan hisoblanadi.

AMQlar 2-,4-,8-,16-razryadli amallarni bajaruvchi alohida mikrosxemalar yoki KISlar tarkibida ishlab chiqariladi.

Sanoatda ishlab chiqarilayotgan AMQ mikrosxemalari ikkita o‘zgaruvchi ustidan 16 ta mantiqiy va ularga mos keluvchi 16 ta arifmetik amallarni bajaruvchi to‘liq majmuadan tashkil topgan. Ularning ro‘yhati 7.1-jadvalda keltirilgan. AMQ ko‘p turli amallarni bajarishga mo‘ljallangani bilan, ko‘proq arifmetik qo‘shuv va ayiruv (45% gacha) va arifmetik ko‘paytiruv (50% gacha) amallarini bajaradi.

Eng ko‘p qo‘llaniladigan 8 yoki 4 ta mantiqiy amallar: konyunksiya, dizyunksiya, inversiya, istisnoli YOKI va h.k., va ularga mos keluvchi arifmetik amallarni bajaruvchi AMQlar qam ishlab chiqariladi.

F_M mantiqiy amallari asosida F_a arifmetik amallarni bajaruvchi eng sodda AMQ tuzilmasi quyidagicha ifodalanadi

$$F_{ai} = \overline{F_{mi}} \circ C_i = F_{mi} \oplus C_i \quad (7.1)$$

bu yerda, $F_{ai} = f(x_i, y_i, C_i)$, $F_{mi} = f(x_i, y_i)$ – i - razryadlar ustidan bajariladigan arifmetik va mantiqiy funksiyalar, S_i – oldingi razryaddan arifmetik o‘tkazish. Eng ko‘p qo‘llaniladigan arifmetik amallar qo‘shuv va ayiruv bo‘lganligi sababli, AMQ tuzilmasi kam mantiqiy elementlar miqdorida katta tezlik bilan ko‘rsatilgan amallarni bajarishga mos ravishda loyiqalashtiriladi.

4-razryadli AMQ tomonidan bajariladigan mantiqiy va ularga mos arifmetik amallar majmuasi

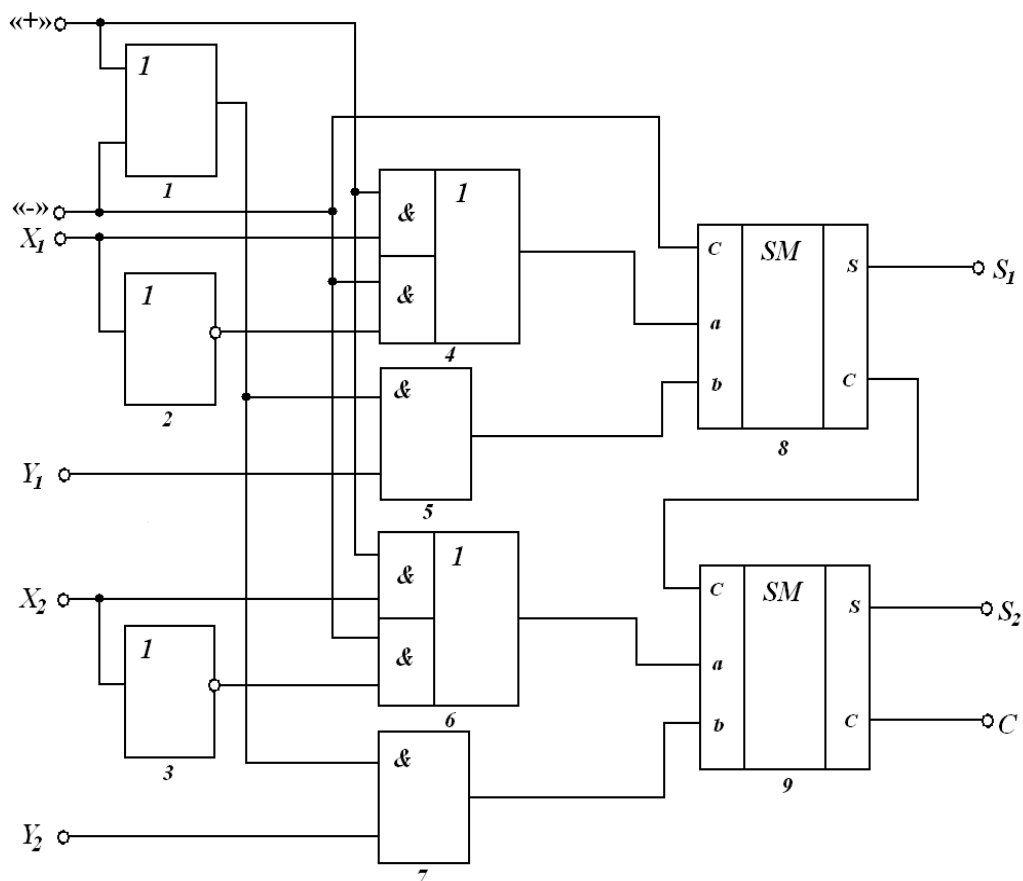
Amalni tanlash				Mantiqiy amallar (M=1 uchun)	Arifmetik amallar (M=0 uchun)	
S3	S2	S1	S0		$\bar{C}_n=1$ (o'tkazishsiz)	$\bar{C}_n=0$ (o'tkazishli)
0	0	0	0	\bar{A}	A	$A+1$
0	0	0	1	$\overline{A \vee B}$	$A+B$	$(A+B)+1$
0	0	1	0	$\bar{A} \wedge B$	$A+\bar{B}$	$(A+\bar{B})+1$
0	0	1	1	0	-1	0
0	1	0	0	\overline{AB}	$A+\overline{AB}$	$A+\overline{AB}+1$
0	1	0	1	\bar{B}	$(A+B)+\overline{AB}$	$(A+B)+\overline{AB}+1$
0	1	1	0	$A \oplus B$	$A+B-1$	$A-B$
0	1	1	1	\overline{AB}	$\overline{AB}-1$	\overline{AB}
1	0	0	0	$\bar{A} \vee B$	$A+AB$	$A+AB+1$
1	0	0	1	$A \approx B$	$A+B$	$A+B+1$
1	0	1	0	B	$(A+\bar{B})+AB$	$(A+\bar{B})+AB+1$
1	0	1	1	$A \wedge B$	$AB-1$	AB
1	1	0	0	1	$A+A$	$A+A+1$
1	1	0	1	$A \vee \bar{B}$	$(A+B)+A$	$(A+B)+A+1$
1	1	1	0	$A \vee B$	$(A+\bar{B})+A$	$(A+\bar{B})+A+1$
1	1	1	1	A	$A-1$	A

Arifmetik qo'shuv-ayiruv amalini bajarilishi.

Arifmetik qo'shuv-ayiruv amalini bajarishga mo'ljallangan kirishlarga ega bo'lgan AMQ tuzilma sxemasi 7.1-rasmda keltirilgan. Soddalik uchun ikki razryadli sonlar bilan ishlaydigan qurilma sxemasi keltirilgan. Ayirish kamayib boruvchi X larni qo'shib borish va qo'shimcha Y ayiriluvchi kodi yordamida amalga oishiriladi.

Bunday usul yordamida avval ko'rib o'tilgan jamlagichlar asosida ayiruv amalini bajarish ham mumkin. Manfiy ikkilik sonning qo'shimcha kodini hosil qilish uchun quyidagi qoidalar qo'llaniladi:

- ishorasidan tashqari barcha razryadli raqamlar inverslanadi (0 ni 1 ga va 1 ni 0 ga o'zgartirish yordamida);
 - invreslangandan so'ng kichik razryadga bir uzatiladi.
- Bu vaqtda natija ishorasi hosil bo'lgan kodning katta razryadi bilan aniqlanadi.



7.1-rasam. Ikki razryadli ikkilik sonlarni arifmetik qo'shish va ayirish amallarini bajaruvchi AMQ sxemasini fragmenti.

Sxema ikkita bir hil qo'shuv-ayiruv bloki (ikki razryadli qo'shiluchilar uchun)dan tashkil topgan. Har bir blok EMAS invertori 2(3), ikkita kirishli HAM elementi 5(7), murakkab 2YOKI-2HAM elementi 4(6) va bir razryadli jamlagich SM 8(9)dan iborat. Qovuslar ichida ikkinchi blok elementlarining raqami ko'rsatilgan. Ikkala blok ikkita kirishli 2YOKI-EMAS mantiqiy elementida bajarilgan bitta tugundan boshqariladi.

Dastlabki holatda, «+», «-» boshqaruv kirishlariga mantiqiy 0 signali uzatilganda, bir razryadli jamlagichning barcha kirishlarida x_i, y_i kirish signallari qiymatlari qanday bo'lishidan qat'i nazar nolga teng signallar mavjud bo'ladi. Mos ravishda S_i chiqish signallari ham nolga teng bo'ladi.

Qo‘shuv amalini bajarish uchun «+» kirishga mantiqiy bir signali berilishi kerak. Qurilma chiqishidan qo‘shiluv natijasiga teng signallar va o‘tkazish signali olinadi.

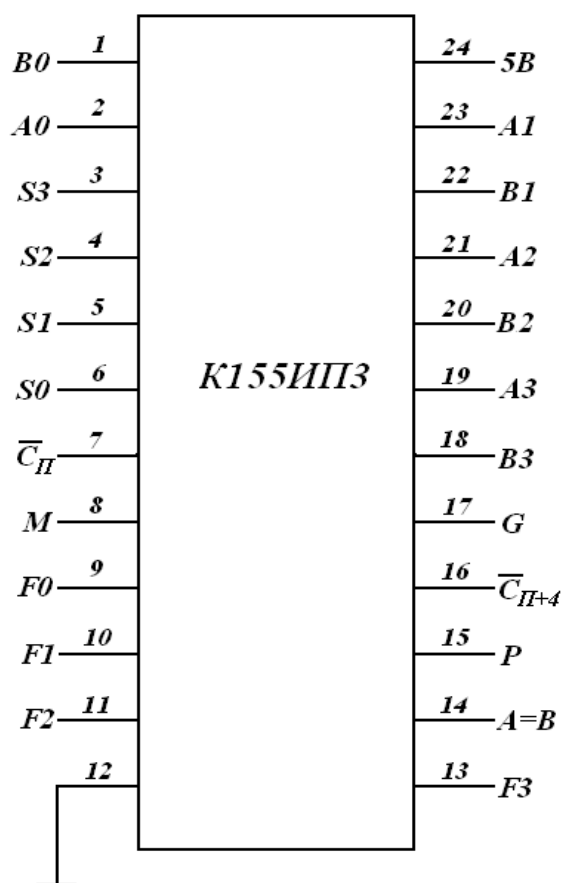
Ayiruv amalini bajarish uchun «-» kirishga mantiqiy bir signali berilishi kerak. Bu vaqtda jamlagichning «b» kirishiga kamayuvchining to‘g‘ri kodi beriladi. Yuqoridagi elementning 4 va 6 birinchi kirishlariga aktiv, quyidagi elementning huddi shunday 5 va 7 kirishlariga passiv mantiqiy signallar keladi. Natijada, ayiriluvchi kodi invertor orqali jamlagichning «a» kirishiga tushadi, ya’ni inveratlanadi. Bir vaqtning o‘zida jamlagichning 8 C kirishida bir signali hosil bo‘ladi. Demak, jamlagichning «a» kirishiga ayiriluvchining qo‘shimcha kodi beriladi. Shuning uchun jamlagichning chiqishida ikkita qo‘shiluvchining U-X ayirmasi hosil bo‘ladi.

Shunday qilib, sxemaning chiqishida ikki sonning yig‘indisini yoki ayirmasini olish mumkin. Amal turi boshqaruv signalining qiymatiga bog‘liq bo‘ladi.

AMQlar sanoatda turli integral mikrosxemalar ko‘rinishida yoki 2-, 4-, 8-, 16-razryadli operandlar ustida amallar bajaruvchi KISlar tarkibida ishlab chiqariladi.

AMQ tarkibida har bir razryad uchun mantiqiy va qo‘shimcha amallar shakllantiruvchi, arifmetik amallarni bajarishda AMQning barcha razryadlari uchun tezkor TO‘S shakllanuvchi sxemalar mavjud. Shuni aytib o‘tish kerak-ki to‘rt razryadli AMQ hosil qilish uchun 70 ta HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS elementlari talab etiladi.

K155ИП3 IS misolida to‘rt razryadli AMQning funksional imkoniyatlari bilan tanishib chiqamiz. Uning shartli belgilanishi 5.28 - rasmda keltirilgan. Mazkur sxema yoki mantiqiy, yoki arifmetik amallarni bajaruvchi ikkita rejimda ishlashi mumkin. Qurilma ikkita 4-razryadli operandlardan foydalanib 16 ta mantiqiy va 16 ta arifmetik amallarni bajarishi mumkin. Bajariladigan amal turi M (mode control) kirishga beriladigan boshqaruv signali darajasi bilan belgilanadi. Agar M kirishga katta kuchlanish darajasi ($M=1$) berilgan bo‘lsa, barcha ichki o‘tkazishlar berkiladi (blokirovka qilinadi) va qurilma ketma-ket u yoki bu mantiqiy amalni bajaradi. Agar M kirishga kichik kuchlanish darajasi M ($M=0$) berilgan bo‘lsa, barcha ichki o‘tishlarga ruhsat beriladi va ikkita to‘rt razryadli operandlar ustidan arifmetik amallar bajariladi. Rejimni boshqaruvchi M kirishdan tashqari mikrosxema S0-S3 parallel kirishlar bilan ham boshqariladi. Bu kirishlardagi signallar kombinatsiyasi bajarilishi kerak bo‘lgan aniq amalni tanlaydi.



7.2-rasm. AMQ kirishi va chiqishlari.

A0-A3 kirishlarga to‘rt razryadli A operandi, B0-B3 kirishlarga esa, B operand beriladi. S_G kirishda o‘tkazish signali qabul qilinadi. AMQ tomonidan 32 amallar ichidan tanlangan funksiya natijasi F0-F3 chiqishlarga uzatiladi. Chiqishda (to‘rt razryaddan keyin) o‘tkazish signali ajralib chiqadi. Bu signal keyingi AMQning S_G kirishiga uzatiladi. F0-F3 chiqishlardan tashqari IP3 mikrosxemasi uchta qo‘shimcha chiqishga ega bo‘lib, ular: A=B – operandlar tengligini aks ettiruvchi, o‘rnatilgan komparator chiqishi; G – o‘tkazishni shakllantiruvchi chiqish; P – o‘tkazishni taqsimlash chiqishi. G va P chiqishlar, ko‘p razryadli sxemalarni bog‘lovchi, AMQ qobig‘lari o‘rtasida o‘tkazishni tashkil etish uchun qo‘llaniladi.

Agar ko‘p qobig‘li AMQlarda maksimal tezkorlik talab etilmasa, oddiy pulsatsiyali o‘tkazish rejimini qo‘llash mumkin. Buning uchun o‘tkazishning S_{G+4} chiqishi keyingi AMQning S_P o‘tkazish kirishi bilan birlashtiriladi. Tezkor amallarni bajarish uchun K155ИИП3 vositalari o‘rtasiga maxsus tezkor o‘tkazish K155ИП4 mikrosxemasi o‘rnatiladi. Bitta MP4 qobig‘i to‘rtta IP3 AMQsiga hihmat ko‘rsatishi mumkin.

Ko'paytirgichlar.

EHMda bajarladigan amallarning 50% arifmetik ko'paytiruv bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun EHM sifat ko'rsatgichi bo'lib mazkur amalni bajarishga ketgan vaqt hisoblanadi. Agar ko'paytiruv ko'shish va siljitish amallari bilan ketma-ket bajarilsa, u holda, ko'paytirish vaqti sezilarli katta bo'ladi. Shuning uchun alohida mikrosxema ko'rinishida yoki KIS tarkibidagi operatsion tugunlar sifatida tezkor bir taktli ko'paytirgichlar ishlab chiqariladi. Ularda ko'paytirish algoritmi ***modifikatsiyalangan But algoritmi yoki hususiy ko'paytmalar algoritmi*** deb ataladi. U ishora belgilari va ko'payuvchilar modullari ustidan alohida amallarni ko'zda tutmaydi, balki ko'paytirish amalining o'zi ko'payuvchilar razryadlarining hususiy ko'paytmalarini ko'shishga olib kelinadi.

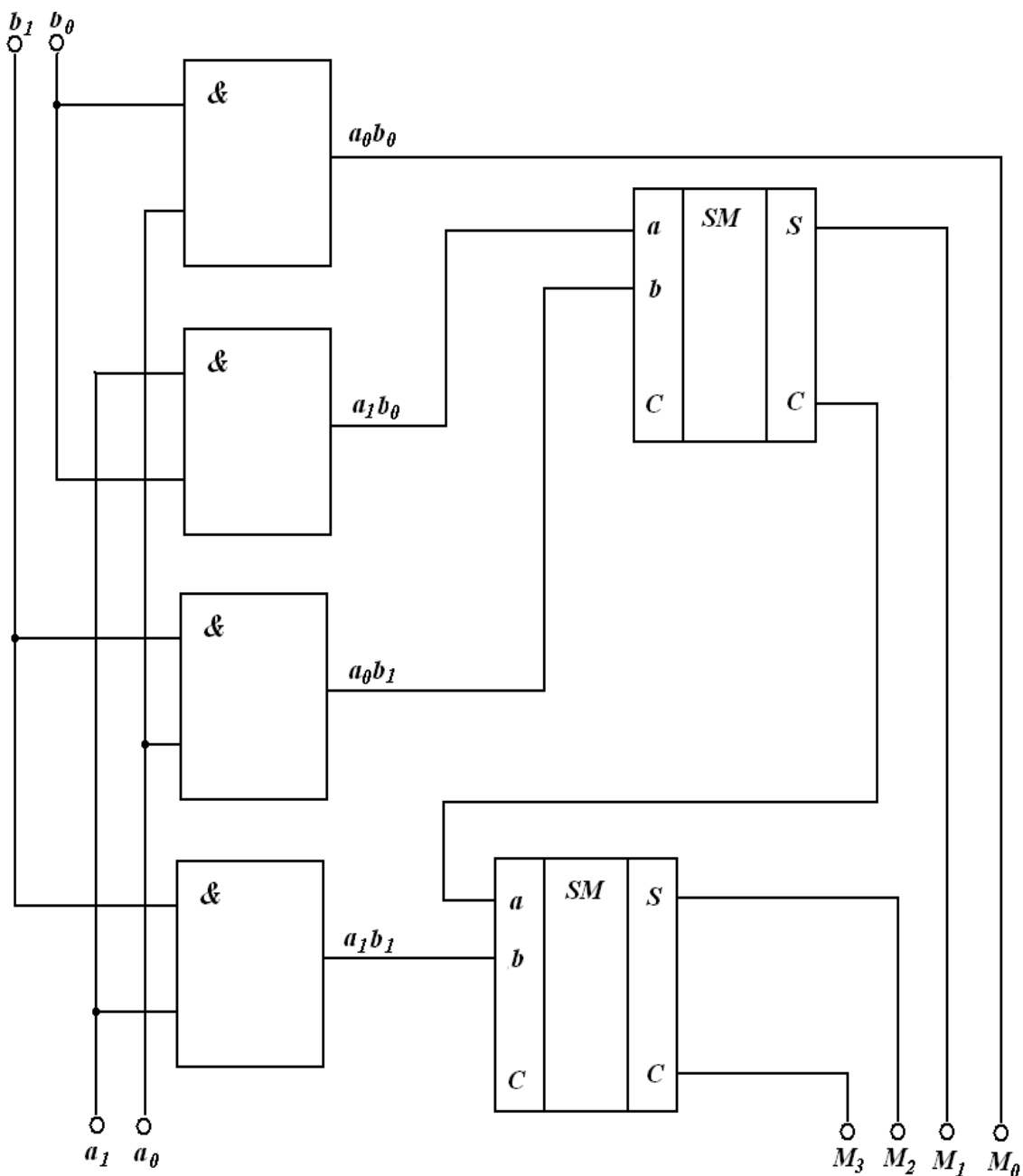
Birjinsli tuzilmaga ega bo'lgan matrisali ko'paytirgichlar keng tarqalgan. Bunday ko'paytirgichlarning asosi bo'lib $A(a_1a_0) \times V(b_1b_0)$ 2-razryadli ikkilik ko'payuvchilarni ko'paytirish amalini bajaruvchi matrisali ko'paytiruvchi blok hisoblanib, unda hususiy ko'payuvchilar qo'shiladi.

$$\begin{array}{r} \begin{array}{cc} a_1 & a_0 \\ \times & \\ b_1 & b_0 \end{array} \\ \hline \begin{array}{cc} b_1a_1 & b_1a_0 \\ + & \\ & b_0a_1 & b_0a_0 \end{array} \\ \hline \begin{array}{cccc} M_1 & M_2 & M_1 & M_0 \end{array} \end{array}$$

Misoldan ko'rinib turibdi-ki, ko'paytirish amalini bajarish jarayonida hususiy ko'payuvchilar shakllanadi, ular bir-biriga nisbatan tegishli siljitishlardan so'ng qo'shiladi.

2-razryadli matrisali ko'paytiruvchi blok tuzilma sxemasi 7.3-rasmda keltirilgan.

Mazkur blokda 4ta 2HAM elementidan tashkil topgan matrisa bir vaqtning o'zida barcha hususiy ko'paytmalari razryadlarini shakllantiradi, olingan natijalar ikkita bir razryadli jamlagich matrisalari yordamida qo'shiladi. Ikkita $A(a_3a_2a_1a_0) \times V(b_3b_2b_1b_0)$ -razryadli ko'payuvchlarning ko'paytirish algoritmini ko'rib chiqamiz.



7.3-rasm. Matrisali ko‘paytiruvchi blok tuzilma sxemasi.

Bu algoritmni to‘rtta bir turdagi bloklar kombinatsiyasi ko‘rinishida tasvirlash mumkin (shtrih chiziqi bilan ajratilgan). Har bir blok 7.3-rasmda keltirilgan qurilma bo‘lib, qo‘shuv amalini bajaruvchi ikkita qo‘shimcha jamlagich kiritilgan. Shunday qilib, b_1a_1 hususiy ko‘paytmaning M_2 razryadi qiymatini hosil qilish uchun, b_1a_0 va b_0a_1 hususiy ko‘paytmalarni qo‘shish natijasida olingan o‘tkazish signalidan tashqari, blokning o‘zida qo‘shni bloklarda hosil qilingan b_2a_0 va b_0a_2 hususiy ko‘paytmalarni qo‘shish kerak.

Bu algoritmini amalga oshirish ko‘paytirish vaqtini sezilarli kamaytiradi.

	a_3	a_2	a_1	a_0					
x	b_3	b_2	b_1	b_0					
<hr/>									
	b_3a_3	b_3a_2	b_3a_1	b_3a_0					Blok 2
Blok 4	b_2a_3	b_2a_2	b_2a_1	b_2a_0					
		b_1a_3	b_1a_2	b_1a_1	b_1a_0				Blok 1
		Blok 3	b_0a_3	b_0a_2	b_0a_1	b_0a_0			
<hr/>									
	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	M_0	

Nazorat savollari

1. Arifmetik-mantiqiy qurilma deb nimaga aytiladi?
2. Mikroasturiy usul qanday usul?
3. Arifmetik-mantiqiy qurilmaning vasifasi?
4. Arifmetik-mantiqiy qurilma tomonidan bajariladigan mantiqiy amallarni misollar bilan tushuntiring.
5. Arifmetik-mantiqiy qurilma tomonidan bajariladigan mantiqiy va ularga mos arifmetik amallarni misollar bilan tushuntiring.
6. Arifmetik qo‘shuv-ayiruv amalini bajarilishni tushuntiring.

VIII BOB MIKROKONTROLLERLAR

8.1. Umumiy ma'lumotlar

Mikrokontroller (MK) – bu uncha katta bo'lmagan hisoblash resurslariga ega bo'lgan va hisoblashlar amalga oshirish uchun emas, balki maxsus interfeys sxemalar yordamida aniq tashqi qurilmani samarali mantiqiy boshqarish uchun mo'ljallangan, soddalashtirilgan komandalar tizidan tashkil topgan ixtisoslashgan mikroEHMdir.

Eslatib o'tamiz, mikroEHM – bu universal hisoblash tizimi bo'lib, u mikroprosessor, xotira, yagona bosma platada o'rnatilgan bitta KISda joylashtirilgan (bir kristalli mikroEHM) yoki bir nechta KIS (bitta platali mikroEHM)larda o'rnatilgan kirish-chiqish qurilmalari bilan moslashtiruvchi sxema va takt generatoridan tashkil topgan.

Birinchi mikrokontroller (i8048) 1976 - yil Intel firmasi tomonidan tayyorlangan. 1978 - yil Motorola firmasi o'zining birinchi MC6800 mikrokontrollerini ishlab chiqardi. 4 yildan so'ng, 1980 - yil esa Intel o'zining keyingi mikrokontrolleri i8048ni taklif etdi. Hozirgi kunga kelib i8051 bilan moslashgan 200 dan ortiq mikrokontroller modifikatsiyalari mavjud. Ular yigirmadan ortiq kompaniyalar tomonidan ishlab chiqariladi. Mikrokontrollerni sotish hajmi bo'yicha Renesas Electronics firmasi birinchi o'rinni, Freescale firmasi ikkinchi o'rinni, Samsung firmasi uchinchi o'rinni egallaydi. Ulardan keyingi o'rinlarda Microchip, TI, Atmel va boshqa firmalar turibdi.

Ishlab chiqarilayotgan mikrokontrollerlarni shartli ravishda uch guruhga ajratish mumkin:

1. O'rnatiladigan ilovalar uchun 8 razryadli MKlar. Ishlab chiqaruvchilar tomonidan Microchip firmasining PIC rusumli hamda Atmel firmasining AVR rusumli mikrokontrollerlari alohida sazovorga ega.

2. 16- va 32-razryadli mikrokontrollerlar. 32-razryadli mikrokontrollerlar ko'p hollarda rangli grafik displeylarni boshqarishga mo'ljallangan qurilmalar uchun mo'ljallangan bo'lib turli axborot tashuvchilarda qo'llasa bo'ladi (USB- yoki SD- kartalar).

3. Raqamli signalli kontrollerlar (ingl.-Digital Signal Controller) - audio/video texnika va robotlashtirilgan majmualarni boshqarish tizimlari uchun mo'ljallangan bo'lib, yuqori tezkorlik, xotiraga ko'p oqimli xizmat ko'rsatish tizimi va apparat matematik komandalarning (masalan, Fure qatorlarini tez o'zgartirish uchun) mavjudligi bilan ajralib turadi. Birinchi iiki turdagi MKlar bu xossalarga ega emas.

MK oilasi ichida keng tarqalgani 8 razryadli qurilmalar hisoblanadi. Ular real obyektlarni real vaqt masshtabida boshqarishga mo'ljallangan bo'lib asosan mantiqiy operatsiyalar algoritmi qo'llanilgan, chunki ularni qayta ishlash tezligi protsessor razryadligiga deyarli bog'liq emas.

8 razryadli MKlarning ommabopligi quyidagi belgilari bilan asoslanadi:

- bir oilaga mansub barcha MKlarning modulli tuzilish tamoyili. Modulli tuzilishda bitta markaziy protsessor negizida turli MKlar ldoyihalashtiriladi. Ular bir biridan dastur hajmi va utri, ma'lumotlar xotirasi hajmi, periferiya qurilmalari, sinxronizatsiya chastotasi kabi kattaliklari bilan farqanadi;

- yopiq MK arxitekturasining qo'llanilgani. Bunda MK korpusi chiqishlarida adres va ma'lumotlar uchun liniyalar mavjud emas;

- tipik periferiya modullarining qo'llanilishi (taymerlar, ketma-ketli interfeyslar kontrollerlari, analog-raqamli o'zgartirgich va boshqalar). Turli firmalarning MKlarining ishlash algoritmi deyarli bir xil.

Zamonaviy 8 - razryadli MKlarni ishlab chiqaruvchilari garvard arxitekturasini qo'llaydilar. Bu esa avtonom boshqaruv tizimlari ishlab chiqaruvchilarga ko'p afzalliklar beradi.

Zamonaviy mikrokontrollerlar o'ta kichik o'lchamlarga, katta hisoblash va mantiqiy imkoniyatlarga, arzonlikka va yuqori ishonchlilikka egadirlar. Shuning uchun ular asosida asboblari, maishiy texnikalar, mashinalar, texnologik uskunalari bevosita o'rnatiladigan nazorat qiluvchi va qayta ishlovchi raqamli qurilmalar hamda avtomatika tizimlari yaratilmoqda. Mikrokontrollerlarning qo'llanish sohalari kengdir. Bajariladigan funktsiyalarining turli-tumanligi mikrokontroller tuzilmalarining ko'p variantlilikiga olib keldi. Ammo barcha turdagi mikrokontroller ***axborotni qabul qilish, saqlash, qayta ishlash va uzatish***ni amalga oshiradilar. Tabiiyki, namunaviy mikrokontroller tuzilmasi tarkibiga yuqorida qayd etilgan funktsiyalarni bajaradigan qurilmalar kiradi.

Zamonaviy mikrokontrollerning namunaviy tuzilmasi 8.1-rasmda keltirilgan. U quyidagilarni o'z ichiga oladi:

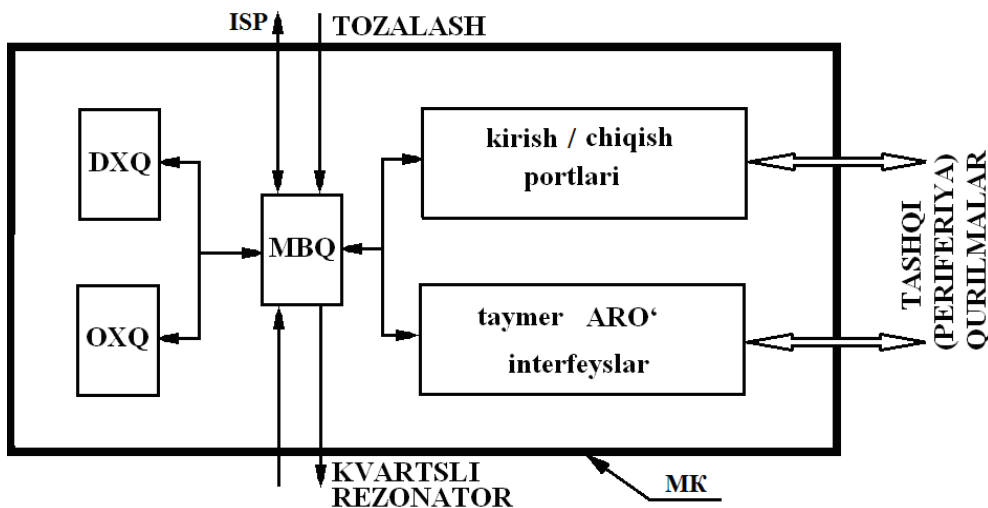
1. Markaziy protsessorli qurilma (MPQ).
2. Tezkor (operativ) xotira qurilmasi (OXQ).
3. Doimiy xotira qurilmasi (DXQ).
4. Kiritish-chiqarish portlari.

Yuqorida keltirilgan elementlardan tashqari, mikrokontrollerlar albatta, periferiya qurilmalari deb ataluvchi majmuaga ham ega bo'ladi. Ular mikrokontroller MPQ ga nisbatan periferiya hisoblanadi, lekin mikrosxema tarkibida joylashganlari ham mavjud. Periferiya qurilmalari axborotni tashqi qayta ishlashini amalga oshiradilar (markaziy protsessor tomonidan bajarilayotgan ma'lumot o'zgartirishlardan tashqari). Bunday qurilmalarni uch guruhga ajratish mumkin:

- inson va mikroEHM o'rtasidagi aloqa qurilmalar (turli klaviaturalar, indikatorlar), simvolli va grafik displeylar va x.k.);
- boshqaruv obyektlari bilan aloqa qiluvchi qurilmalar (turli datchiklar va ijro organlari, hamda datchiklardan kelayotgan uzluksiz signallarni raqamli signallarga va ma'lumotni ijro organlariga uzatishda teskari o'zgartirishni amalga oshirish uchun);
- katta hajmdagi tashqi xotira qurilmalari.

Mikrokontroller unga kiritilgan dastur asosida ishlaydi, dastur esa dasturchi tomonidan tuziladi. Periferiya modullarining soni MK imkoniyatlarini hamda uning narhini belgilaydi. Boshqaruv dasturi ichki DXQda saqlanadi. Dasturni o'chirish va modifikatsiyalash qulay, chunki zamonaviy MKlar ko'p marta qayta yoziluvchi flash-xotiraga ega. Dasturlash uchun odatda, ISP (In-System Programming) interfeysi ishlatiladi. Bu interfeys MKni bosma plata panelidan sug'urib olishni talab etmaydi. MPQ registrlarni dastlabki o'rnatish RESET signali orqali amalga oshiriladi.

Markaziy protsessorli qurilma (MPQ) – bu boshqaruv, arifmetik-mantiqiy qurilma (AMQ) va ular bilan bog'langan registrlar majmuasidir. MPQsi MK xotirasida joylashgan dasturlarni bajaruvchi komandalarni tanlash va bajarilish ketma-keligi haqidagi ma'lumotlarni qayta ishlash jarayonini tashkil etadi. AMQ MPQ xotirasi yoki registrlaridan jo'natilayotgan bir yoki ikkita operand ustidan bir qator arifmetik yoki mantiqiy operatsiyalarni bajaradi. Operatsiya natijasi MPQ registrlaridan biriga uzatiladi.



8.1-rasm. Mikrokontrollerning tuzilma sxemasi.

Boshqaruv qurilmasi MPQ registrlaridan foydalanib xotira, kirish-chiqish qurilmasi va AMQlar o'rtasida axborot almashishini boshqaradi. Shu bilan bir qatorda AMQda operatsiyalar bajarilishini ham boshqaradi.

MPQ registrlari oraliq hisoblash natijalarini va turli boshqaruv axborotlarini saqlash uchun xizmat qiladi. AMQ ikkilik sanoq tizimidagi ma'lumotlar ustidan barcha arifmetik va mantiqiy amallarni bajaradi. So'ngra operatsiya natijasini son (raqam) ko'rinishida qaytaradi. Mazkur sonlar umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlarga o'ziga xos vaqtincha xotiraga joylashtiriladi.

Xotira turlari

MK axborotlarni saqlash uchun ikki turdagi xotiraga ega – OXQ (ma'lumotlar) va DXQ (dasturlar). Xotiraning ikki turi yacheykalar majmuidan tashkil topgan bo'lib, har yacheykadan faqat bitta ikkilik son saqlanishi mumkin («0» yoki «1»). OXQsiga yozilgan axborot manbadan ta'minot kuchlanishi berilgan muddatda saqlanib turadi. Bugungi kunga kelib keng tarqalgan OXQsining bunday tuzilish texnologiyasi – dinamik xotira deb ataladi. Dinamki xotiraga ega bo'lgan mikrosxemalarda axborot saqlash dinamik zaryadlanadigan miniatyur kondensatorlar yordamida amalga oshiriladi. Ular kremniy kristallida integral ko'rinishda bajariladi.

AMQ bajaradigan komandalar, aniqrog'i komandalar ketma-ketligi doimiy xotira qurilmasi (DXQ)da saqlanadi. Zamonaviy mikrokontrollerning to'liq dasturiy xotirasi Flash texnologiyasida bajariladi va kristallga joylashtiriladi. U 16-razryadli yacheykalar ketma-ketligi bo'lib, kristall turiga bog'liq ravishda 512 so'zdan 64 K so'zgacha hajmga ega. Flash-xotirada, dasturlardan tashqari, zarur o'zgarmas

ma'lumotlar – turli konstantalar, jadvallar va x.k. ham yozilishi mumkin. FLASH texnologiyasining afzalligi bo'lib yuqori zichlik darajasi, kamchiligi bo'lib esa, alohida yachekalarni o'chira olmaslik xossasi hisoblanadi. Shu sababli dasturdagi xotira doim to'liq o'chiriladi.

Ma'lumotlarni uzoq muddatga saqlash uchun MKlar energiyaga bog'liq bo'lmagan iski xotira EEPROM ga ega (0 dan 4 K baytgacha). Bu xotira ham Flash texnologiyasida bajariladi va FLASH ga nisbatan kichik hajmga ega. Lekin bunda yachekalarni baytlar bo'yicha qayta yozish imkoni mavjud. MKning energiyaga bog'liq bo'lmagan xotira bloklarini (Flash va EEPROM) dasturlash SPI (Serial Peripheral Interface) interfeysi orqali ham parallel, ham ketma-ket amalga oshirilishi mumkin. EEPROM – ajoyib xotira. Shuning uchun MPQning bu xotirasiga mikrokontroller boshqa xotira qurilmalariga kabi murojaat qilmaydi, balki har bir periferiya tugunida mavjud bo'lgan kirish-chiqish registrlari yordamida murojaat qiladi. EEPROM xotirasi 256 baytdan kichik bo'lgan mikrokontrollerlarda bunday registrlar atigi uchta.

Kiritish-chiqarish portlari

Protsessor tashqi ta'sirlarni (boshqaruv signallari) kiritish portlari orqali qabul qiladi. Mikroprotsessorli tizimga periferiya qurimlaridan birini ulashga xizmat qiladigan interfeys qurilma – port deb ataladi. Sodda holatda, port protsessorni mikrosxema tarkibidagi periferiya qurilmalari (taymer, komparatorlar, axborotni ketma-ket uzatuvchi kanallar, uzilish tizimi, ARO' va x.k.) bilan bog'lovchi registrdir. Shuning uchun ular kiritish-chiqarish registrlari deb ataladi. Tashqi qurilmalar bilan axborot almashinish uchun yyetarlicha murakkab bo'lgan elektron sxemalar qo'llanildi. Ular turlicha ish rejimlariga ega bshlib, dasturchi dasturiy yo'l bilan ma'lumotlarni uzatish yo'nalishini tanlash imkoniyatiga ega. Aynan shular kiritish-chiqarish portlari deb ataladi. Portlarning soni turli mikrokontrollerlarda turlicha bo'ladi. Ko'p sonli mikrokontrollerlarda barcha portlar sakkiz razryadli qilib bajarilgan. Berilgan dasturga asosan boshqaruv signallari qayta ishlab bo'lingach protsessor chiqarish portlari yordamida tashqi qurilmalarni (rele, motorlar, yoritiluvchi indikatorlar, displeylar va boshqalar) boshqaradi.

Protsessor va raqamli shinalar

MPQ xotira, kiritish-chiqarish portlari va periferiya qurilmalarini boshqaradi. Buning uchun u MKning barcha elementlari bilan uchta raqamli shinalar: adres, ma'lumotlar va boshqaruv shinalari orqali bog'langan. Eslatib o'tamiz, *shina* – raqamli signal uzatiladigan parallel

o‘tkazgich simlar majmui. Bu o‘tkazgichlar *shinalar liniyasi* deb ataladi. Har vaqt momentida shina orqali bitta ikkilik son, har bir liniyadan esa, shu sonning bitta razryadi uzatiladi.

Ma'lumotlar shinasi ma'lumotlarni mikroprotsessordan periferiya qurimalalriga, hamda teskari yo‘nalishda uzatish uchun mo‘ljallangan. Sodda mikroprotsessordlarda ma'lumotlar shinasi 8 razryadga ega. Ma'lumotlar shinasi orqali protsessor axborotni xotiraning alohida bitta yacheykasiga, yoki alohida kiriti-chiqarish portiga yozishi ish hamda bu axborotni bitta yacheyka yoki bitta portdan o‘qishi mumkin.

Adreslar (manzillar) shinasi har bir xotira yacheykasiga va kiritish-chiqarish portiga xususiy adresga belgilash imkonini beradi. Adreslar shinasi, ma'lumotlar shinasi kabi, ikkilik sonlar uzatiladigan o‘tkazgich simlar majmuidan tashkil topgan. Ammo ma'lumotlar shinasidan farqli ravishda, ular boshqa ma'no va vazifaga ega. Bu sonlar yacheyka adresi yoki kiritish-chiqarish porti raqami bo‘lib, ularga mazkur vaqt momentida protsessor murojaat qiladi. Mikroprotsessor kami bilan 16 razryadli adresga ega bo‘lishi lozim. Zamonaviy protsessorlar 32 razryadgacha bo‘lishi mumkin. Adreslar shinasining razryadlari soni protsessor murojaat qiladigan xotira cheykalari sonlariga bog‘liq. 16 razryadli ma'lumotlar shinasiga ega bo‘lgan protsessor, 2^{16} (ya'ni 65536) ta xotira yacheykasiga murojaat qilishi mumkin. Bu son *adreslanadigan xotira hajmi* deb ataladi. Xotira hajmi baytlarda aniqlanadi. Xotira yacheykasi qancha bo‘lsa, bayt ham shuncha bo‘ladi. Kiritish-chiqarish portlarini adreslash uchun ham shu adreslar shinasi ishlatiladi.

Boshqaruv shinasi MKda axborot almashinuv jarayonini boshqarish uchun hixmat qiladi. U liniyalar majmuidan tashkil topgan bo‘lib, ular ma'xsus boshqaruv signallarini uzatadi. Har bir liniya o‘z vazifasi va nomiga ega. Quyidagi boshqaruv shinalari liniyalari majmuiga misollar va ularning inglizcha nomlarini keltiramiz:

RD (Read) – o‘qish signali;

WR (Write) – yozish signali;

MREQ – xotira qurilmasi (OXQ yoki DXQ) ni initsializatsiyalash (nomlash) signali;

IORQ – kiritish-chiqarish portlarini initsializatsiyalash (nomlash) signali.

Bundan tashqri boshqaruv signallariga:

READY – tayyorlik signali;

RESET – olib tashlash signali ham kiradi.

Initsializatsiya jarayoni bajarilayotgan operatsiyadan kelib chiqqan holda ma'lumotni uzatish tezligini, kadr formatini o'rnatish va uzatgich yoki qabul qilgichni ulash tezliklarini o'rnatishdan iborat. Mikrokontroller, boshqaruv tizimining boshqa turlari kabi, axborotlarni 8 bit bo'yicha portsiyalab (so'zlar) qayta ishlaydi va kadrlar ko'rinishida esa uzatadi. **Kadr** – bu bitta ma'lumotlar va unga qo'shilgan sinxronizatsiya bitlari (start biti, stop biti)ga mos keluvchi so'zdir. Masalan, USART ma'lumotlarni ketma-ket uzatuvchi periferiya qurilmasi 30 ta turli variantdagi kadr formatlariga xizmat qo'rsatishi mumkin.

8.2. Mikrokontrollerning ishlash prinsipi

Mikrokontroller periferiya qurilmalari (PQ)ga xizmat ko'rsatish uchun mo'ljallangan. Ixtiyoriy PQsiga nisbatan vaqtning har momentida protsessor to'rtta asosiy operatsiyadan birini bajarishi mumkin. Ularga xotira yacheykasidan o'qish; xotira yacheykasiga yozish; portdan o'qish va portga yozish kiradi.

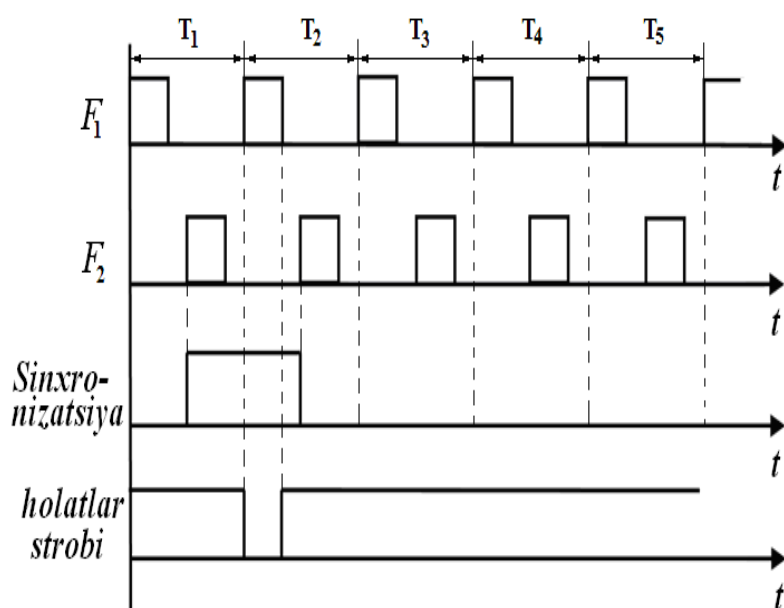
Xotira bilan ishlaganda protsessor chiqishda MREQ signalini faollashtiradi. ORQ chiqishidagi signal esa faollashmaganicha qoladi. Kiritish-chiqarish portlari bilan ishlaganda esa aksincha: IORQ signali faol, MREQ signali esa faol emas bo'ladi. Faol daraja sifatida odatda, mantiqiy 0 hisoblanadi.

Xotiradan o'qish va unga yozish qanday amalga oshirilishini ko'rib chiqamiz. Xotira yacheykasidan baytni o'qish uchun protsessor avval adreslar shinasiga kerakli yacheyka adresini beradi. So'ngra protsessor RD signalini faol holatga o'tkazadi. Bu signal xotira qurilmasiga ham, kiritish-chiqarish portlariga ham uzatiladi. Ammo portlar unga e'tibor qaratmaydilar, chunki faollashmagan bo'ladi (IORQ signali yuqori darajada bo'ladi). Xotira qurilmasi esa aksincha, RD va MREQ signalni qabul qilib, ma'lumotlar shinasiga xotira yacheyksidan axborot baytni uzatadi (masalan, DXQsidan). Uning adresi adreslar shinasida berilgan bo'ladi. Ko'rsatilgan adres bo'yicha o'qilgan axborot MPQ tomonidan qabul qilinadi va shu yerda bajariladi. MPQdagi komandalar hisoblagichida keyingi (navbatdagi) komanda adresi shakllanadi. Mazkur komanda bajarib bo'lingach adreslar shinasiga keyingi komanda kelib tushadi va x.k.

Portdan o'qish va portga yozish operatsiyalari OXQdan o'qish/yo'zish operatsiyalari kabi sodir bo'ladi. Farqi shundan iboratki, MREQ signali o'rniga portlar shig'ia ruxsat beruvchi IORQ signali

faollashadi. Sekin ishlaydigan tashqi qurimlalar bilan ishlaganda READY signali ham ishlatiladi.

MK qurimallari orasida axborot uzatish jarayonlarini sinxronlash uchun taktimpulslari generatori tomonidan ishlab chiqariladigan **takt impulslari** ishlatiladi. **Takt impulslari generatori** ikkita F1 va F2 impulslar ketma-ketligini shakllantiradi. Bu impulslar mikroprotssessor ishini taktlash uchun talab etiladi (8.2-rasm). F1 sinxrosignali vaqtni hisoblash uchun xizmat qiladi. bu sinxrosignalning musbat impulsiinng davomiyligi sinxronizatsiya davrining taxminan 40%i tashkil etadi. Ikkita ketma-ketlik impulslari vaqt bo‘yicha bir-birini berkitmasligi va berilgan amplitudaga ega bo‘lishlari lozim. Mikroprotsessorga xizmat ko‘rsatuvchi sinxronizatsiya signali F1 va F2 sinxroimpulslardan hosiol bo‘ladi. «Holatni stroblash» signali haqida bir muncha to‘xtalib o‘tamiz. Axborotni uzatish usuliga ko‘ra interfeyslar parallel va ketma-ketli, sinxron va asinxron turlarga bo‘linadi. Signallarni parallel liniyalar orqali uzatganda axborot «yanglishuv»i yuzaga kelishi mumkin, ya’ni signallar qabtsul qiligichga bir vaqtda kelib tushmaydi. Bunga uzatish liniyasi va signallarni shakllantiruvchi sxemalar parametrlaridagi farq sabab bo‘ladi. Perekoslar ta’siridan qutilish uchun qabul qilgichga qo‘shimcha liniya orqali axborot signallariga nisbatan bir muncha kechikish bilan stroblash signali uzatiladi. Qabul qilgichga bir vaqtda kelmayotgan axborot signallari qabul qilgich qurilmasiga faqat yanglishuv sohasidan tashqarida bo‘lgan stroblash signali mavjud bo‘lgandagina uzatildi.



8.2-rasm. Impulslarning taktli ketma-ketligi.

Komandalarni bajarish jarayonida mikroprotsessorga qo‘shimcha komanda baytlari yoki operandalari chaqirish hamda xotiraga mikroprotsessordan berilayotgan sonlarni yozish uchun xotiraga qo‘shimcha murojaat qilish talab qilinishi mumkin (ikki, uch baytli komandalar uchun).

Komanda bajarilish jarayonini ko‘rib chiqamiz. Bu jarayon M1, M2, M3, M4, M5 deb belgilangan tsikllarga ajratiladi. Har tsiklda mikroprotsessordagi xotiraga yoki kiritish-chiqarish qurimlasiga bitta murojaat qiladi.

Turiga ko‘ra komanda bitta tsikl (M1), yoki ikkita tsikl (M1, M2), yoki uchta tsikl (M1, M2, M3) va x.k. davomida bajarilish mumkin. Vaqt bo‘yicha eng uzun komandalar beshta tsiklda (M1,...M5) bajariladi.

Har tsikl bir nechta taktni o‘z ichiga oladi. Ular T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ deb belgilanadi. Sikllar uchta, to‘rtta yoki beshta taktdan birat bo‘lishi mumkin.

Ma‘lumotlarni protsessordagi xotirasiga yozish uchun, undan o‘qish kabi, adres shinasiga talab etiladigan xotira yacheyksi adresini berish lozim. So‘ngra ma‘lumotlar shinasiga mazkur yacheykaga yozishga mo‘ljallangan bayt beriladi. Shundan so‘ng protsessordagi WR signalini 0 holatga o‘tkazadi. Yuqoridagi ko‘rsatilgan barcha signallarni qabul qilib OXQ baytni tanlangan yacheykaga yozadi.

Xotiralar tizimi bilan ishlaganda tayyorgarlik signali READY ko‘p ishlatiladi. Bu signal xotira modullari tezkorligi kichik bo‘lganda talab etiladi. Chunki sekin ishlaydigan xotira protsessordagi tezligida kerakli axborotni berishga yoki uni tezkor yozishga ulgurmasligi mumkin. Bunday hollarda, protsessordagi o‘qish yoki yozish signalini faol holatga o‘tkazish bilan, xotira qurilmasi «tayyor emas» degan signal uzatadi. Ya‘ni READY liniyasini passiv 0 holatiga o‘tkazadi. Protseptor o‘z ishini to‘xtatadi va kutish rejimiga o‘tadi. Xotira qurilmasi o‘qish/yozi sh jarayonini tugatsa, u READY signalini 1 holatga («tayyor» holatiga) o‘tkazadi. Mazkur signalni qabul qilgach mikroprotseptor o‘z ishini tiklaydi.

Portdan o‘qish yoki portga yozish jarayonlari OXQdan o‘qish/yozi sh jarayonlari kabi amalga oshiriladi. Farq shundaki, portlar ishiga ruxsat berish uchun MREQ signali o‘rniga IORQ signali faol holatga o‘tadi. Sekin ishlaydigan tashqi qurilmalar bilan ishlaganda READY signali ham qo‘llaniladi.

8.3. Mikrokontrollerning ishlash algoritmi

Periferiya qurilmalaridan axborot o‘qish va yozishdan tashqari protsessor qabul qilingan axborotlar tegishli qayta ishlash amallarini ham bajaradi. Mikrokontroller bajarishi lozim bo‘lgan vazifalar odatda, oddiy matematik tilda (tenglama, funktsiya va x.k.) shakllanadi. Masalalar yechish bo‘yicha universal usul bo‘lib **sanoq usuli – sonlar ustidan ma’lum operatsiyalar bajarish ketma-ketligi** hisoblanadi. Sanoq usulida dastlabki ko‘rinishdagi masala unga yaqin bo‘lgan sonlar va arifmetik operatsiyalar ko‘rinishidagi iboralarga o‘zgartiriladi. Shu sababli mikroprotsessorli tizimlar ketma-ketli (tadrijiy) rejimda ishlaydilar. Ketma-ketli (tadrijiy) mantiqda alohida maxsus operatsiyalar boshqaruv qurilmasi (konroller) tomonidan nazorat qilinadi va birin-ketin bajariladi. Bu maqsadlarda ko‘pfunksional qurilmalar ishlatiladi. Ular konroller bilan bog‘liq bo‘lgan holda funktsiyalarni tanlash signali ostida bir qator maxsus funktsiyalarni tanlashni amalga oshirishi mumkin. Bunday ko‘pfunksional qurilma bo‘lib arifmetik-mantiqiy qurilma (AMQ) hisoblanadi.

Qabul qilingan axborotni qayta ishlash jarayoni ma’lum operatsiyalarni ketma-ket bajarishdan iborat. Bu operatsiyalar dastur komandalaridan aniqlanadi. Komandalar majmuiga nisbatan sodda komandalar ham, xuddi shunday murakkab komandalar ham kiradi. Masalan, ko‘paytirish va bo‘lish, ularni bajarish uchun biri necha sodda operatsiyalar – **mikrooperatsiyalar** ma’lum ketma-ketlikda bajariladi. Ularga arifmetik qo‘shish, konjunktsiya, dizjunktsiya, inversiya, ikkilik sonlarni razryad bo‘ylab o‘ngga va chapga siljitish va boshqalar kiradi. Murakkab operatsiyalarni amalga oshirish uchun foydalanuvchi yoki dasturchiga ruxsat bo‘lmagan tizim ichidagi **dasturostilar** qo‘llaniladi. Bu dasturostilar murakkab mantiqiy operatsiyalarni elementar operatsiyalarni ketma-ket bajarish yo‘li bilan protsessor ishini boshqarishni ta’minlaydilar. Bunday dasturostilar – **mikrodasturlar** yoki dasturiy-apparat vositalari deb ataladi. Masalan, ikkita ko‘pazryadli o‘nlik sonni o‘zaro ko‘paytirish uchun ularni avval ikkilik tizimga o‘tkazish va ularni bir nechta xotira yacheykalari yozish lozim. So‘ngra bu sonlarni baytlab ko‘paytirish uchun uncha katta bo‘lmagan dastur (dasturosti) tuzish, natijalarni esa razryadini hisobga olgan holda qo‘shish lozim. Bunda eng muhimi – algoritmi to‘g‘ri tuzish hisoblanadi. Mikrooperatsiyalar bajarilishini aniqlovchi komandalar – **mikrokomandalar** deyiladi. Har bir komanda uchun uning amalga

oshishini ta'minlaydigan mikrokomandalar ketma-ketligidan tashkil topgan mikrodestur tuzish mumkin.

Terminologiyaga asosan asosiy tizimli destur – dasturiy vosita (Software), mikrodestur – dasturiy-apparat vosita (Firmware), protsessor, kontroller, OXQ, DXQ va boshqa turdagi mikrosxemalar esa oddiy apparat vosita (Hardware) deb ataladi.

Axborotni qayta ishlash jarayoni berilgan destur asosida bir qator operatsiyalarni ketma-ket bajarishdan iboratdir. Har bir operatsiya destur komandalari tomonidan aniqlanadi. Raqamli tizim ikki turdagi axborot ustidan operatsiyalarni amalga oshiradi: qayta ishlanadigan ma'lumotlar va komandalar. Qayta ishlash desturini tashkil etuvchi ma'lumotlar va komandalar xotira qurilmasida (XQ) saqlanadi. XQ har biri ma'lum adresga ega bo'lgan alohida xotira yacheykalaridan iborat. Xotira yacheykasi bitta ikkilik sonni saqlaydi. Bu son yoki ma'lumot, yoki komanda bo'lishi mumkin. Aniq mikroprotsessor bajarishga qodir bo'lgan har bir operatsiya ba'zi sonlar bilan kodlanadi. Bu son **operatsiya kodi** deb ataladi. Operatsiya kodlari mikroprotsessorli tizim xotirasiga (OXQ yoki DXQga) ma'lum ketma-ketlikda yoziladi.

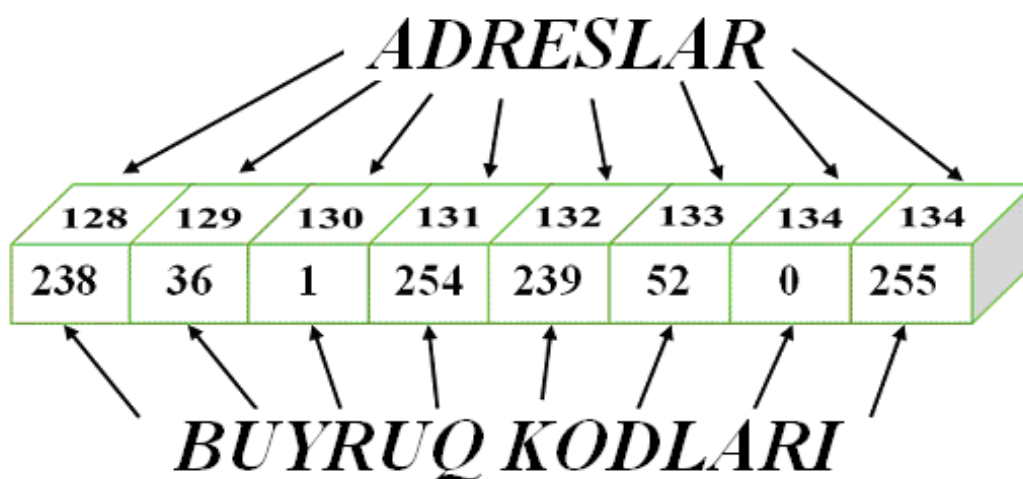
Protsessor ketma-ket, bayt ketidan bayt ko'rinishida operatsiya kodlarini o'qiydi va kelib tushish tartibiga asosan ularni bajaradi.

Komandalarni kodlash uchun esa operatsiya turini belgilovchi kodni ko'rsatish kifoya emas. Chunki dasturchi ishlatayotgan komanda odatda, elementar funktsiyalar ketma-ketligidan iborat bo'lib, protsessor bloki ketma-ket bajariladi. Misol tariqasida ikkita sonni qo'shish komandasini ko'rib chiqamiz. Bu komandani bajarish uchun protsessorga quyidagilarni berish lozim:

- ★ birinchi son saqlanayotgan yacheyka adresi;
- ★ ikkinchi son saqlanayotgan yacheyka adresi;
- ★ natija joylashtirishi talab etilayotgan adres.

Shu sababli operatsiya kodidan tashqari, har bir komanda yana bir yoki bir nechta parametrga ega bo'lishi mumkin. Bu misolda keltirilgandek faqat operandlar adresi bo'lishi shart emas. Parametrlar bo'lib konstantalar, yordamchi registrlar raqami va boshqa maxsus kodlar bo'lishi mumkin.

Misol tariqasida 9.3-rasmda mikrokontroller dasturi xotirasida ketma-ket joylashgan 8 ta yacheykalar keltirilgan. Ularga foydalanuvchi dasturi bo'lgai kiritilgan bo'lib, real destur fragmenti deb hisoblash mumkin.



8.3-rasm. Dastur fragmenti.

238 kodi mikrokontrollerga R6 registrdagi sonni akkumulyator deb ataluvchi MKning bosh registriga ko‘chirish («o‘qish»)ni anglatadi. 36 kodi – kontrollerga akkumulyatoridagi songa bevosita dastur xotirasida aynan shu kod ostida joylashgan sonni qo‘shishni anglatadi (ya’ni mazkur holatda - birni). 254 kodi qo‘shish natijasini akkumulyator registridan R6 registrga qaytarishni anglatadi. Keyingi kod (239) MKni R7 registrdagi joylashgan sonni akkumulyatorga ko‘chirishga majbur qiladi. 52 kodi – akkumulyatoridagi songa, dastur xotirasida mazkur kod ostida joylashgan sonni (ya’ni 0ni) va shu bilan birga o‘tkazish biti deb ataluvchi sonni qo‘shishga majbur qiladi (agar avvalgi qo‘shish natijasi 256 ga teng yoki undan katta natija bersa o‘tkazish biti - 1 ga teng, agar kichik bo‘lsa – 0 ga).

So‘nggi kod – 255 – akkumulyatoridagi sonni R7 registrga qaytarishni anglatadi. Foydalanuvchi tomonidan tuziladigan dasturlar assembler tilidan o‘giruvchi translyator, yoki sodda – assembler deb ataluvchi dastur yordamida kodlarga aylantiriladi. Shundan so‘ng hosil bo‘lgan kodlar mikrokontroller dasturi xotirasiga kiritiladi. Bu maqsadda bir qator firmalar tomonidan programmator deb ataluvchi qurilmalar ishlab chiqariladi. Mikrokontroller sizning kontrolleringizni dasturlashga mo‘ljallangan programmator paneliga o‘rnatiladi va mos dastur ishga tushiriladi. Unda uontroller turi, sizning dasturingiz kodlari joylashgan fayl nomi ko‘rsatiladi va programmator ularni MKga ko‘chiradi. Yana shuni aytib o‘tish lozimki, dizassemblerlar deb ataluvchi dasturlar ham mavjud bo‘lib, ular teskari operatsiyani amalga oshirishga mo‘ljallangan, ya’ni dastur kodlarini inson uchun tushunarli bo‘lgan kodlarga aylantiradi.

8.4. Dasturning bajarilish jarayoni

Har doim dasturni bajarish jarayoni mikroprotssessorning barcha registrlarini dastlabki holatga keltirish, ya'ni **boshlig'ich o'chirib tashlash jarayonidan** boshlanadi. Shuni ta'kidlab o'tish joizki, protsessorlarning ko'pida faqat ikkita registr xotira bilan bog'langan: **adres registri** (ular orqali xotiraga komanda maydonlari chegarasi, operandar va natijalar adresi uzatildi) va **ma'lumotlar registri** (ular xotira va protsessorning qolgan barcha reistrlari o'rntasida ma'lumot almashishni amalga oshiruvchi bufer hisoblanadi). Adres registri nomi uncha aniq bo'lmay, **komandalar hisoblagichi** nomi bilan hammaga mashhur. Komandalar hisoblagichining o'lchamlari turli mikroprotsessorlarda turli bo'lib, 9 dan 12 tagacha razryadni tashkil etadi. Adres registriga olib tashlashdan so'ng dastur boshining adresi yoziladi. Dastur boshining adresi mikroprotsessori rusumiga bog'liq bo'ladi va uning tuzuvchi tomonidan belgilanadi. Ko'p hollarda bu adres 0 ga teng.

Dastlabki oldib tashlash jarayonidan so'ng darhol dastur bajarilishi boshlanadi. Avvaliga protsessor dastur xotirasidan, ya'ni adresi adres registriga yozilgan yacheykadan sonni o'qiydi. O'qilgan sonni u birinchi komanda kodi deb hisoblaydi. Protsessor kodni tahlil qiladi va mos komandani bajaradi. Birinchi komandani bajarib bo'lgan protsessor komandar hisoblagichi qiymatini birga oshiradi va keyingi komandani o'qish hamda bajarishga kirishadi. Bu jarayon manbadan ta'minot kuchlanishi berilgan vaqt mobaynida cheksiz takrorlanaveradi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, AMQ sonlar ustidan operatsiyalarni amalga oshiradi va natijani son ko'rinishda qaytaradi. Mazkur sonlar umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlar (vaqtinchalik xotira)ga joylashtiriladi. bu registrning nomi shuni anglatadiki, ularda ham ma'lumotlarni, ham adreslarni saqlash mumkin. Ma'lumotlarni saqlash uchun ichki registrlarning ma'lumotlar xotirasidan afzalligi – ruxsatning tezkorligidadir. Bu registrlarga kirishda, xotira yacheykalariga ruxsatidagi kabi adresni ko'rsatish shart emas. Har bir mikrokontrolliyerda registrlar soni utrrlicha. Masalan, AVR mikrokontrolleri 32 ta sakkiz razryadli usmumits maqsadlarga mo'ljallangan registrlarg ega. Ularning barcha AMQ bilan bog'langan bo'lib, tizim generatorining bir takti mobaynida ikkita turli registr uchun komandalar bajarish imkonini beradi. Bunday arxitektura CISC- texnologiya asosida tuzilgan mikrokontrollerga nisbatan samaradorlikning o'n marta oshirishga imkon berdi. Mikrokontrollerlarda 32-tadan ortiq registrlarni qo'llash

katta apparat harajatlariga olib keldi. Shuning uchun katta massivdagi axborotlarni saqlash uchun OXQ ishlatiladi. Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlar AMQ mazkur vaqt momentida ega bo'lgan ma'lumotlarga, OXQ esa, qolgan ma'lumotlarni o'zida saqlaydi.

8.5. Mikroprotsessori komandalari

Turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan taklif etilayotgan mikroprotsessori ajoyib, faqat mazkur mikroprotsessorga xos bo'lgan komandalar tizimi – komandalar majmuiga (yo'riqnoma) ega bo'lib, u bajarishi mumkin bo'lgan barcha operatsiyalar ro'yxatidan tashkil topgan. Mikroprotsessori uchun har bir yo'riqnoma ikkilik kodda ifodalangan bo'lib, operatsiya kodi deb ataladi. Ishlatilgan operatsiyalar kodi soniga bog'liq ravishda mikroprotsessori komandalar tizimi ikki turga bo'lanadi: CISC va RISC. CISC iborasi inglizcha Instruction Set Computer ta'rifining qisqartmasi hisoblanadi va murakkab (to'liq) komandalar tizimini anglatadi. Xuddi shunday, RISC iborasi inglizcha Reduced Instruction Set Computer so'zidan kelib chiqqan bo'lib komandalar tizimining qisqartmasi hisoblanadi. RISC larning asosiy g'oyasi dastur xotirasi bilan almashinuvchi operatsiyalar sonini qisqartirish hisobiga tezkorlikni oshirish hisoblanadi. Buning uchun har bir komandani dasturning bitta xotira yacheykasiga joylashtirishga harakat qilinayapti. Xotira yacheykalari razryadlari cheklanganligi sababli bu o'z navbatida mikroprotsessori komandalar majmuining qisqarishiga olib keladi. Ma'lumot uchun shuni atstib o'tmoqchisizki, INTEL 8051 mikrokontrollerining komandalar tizimini CISC turga kiritish mumkin. Tizim 111 ta bazaviy komandadan tashkil topgan (umumiy osni 255 bo'lganda).

Ixtiyoriy mikroprotsessori tomonidan bajariladigan komandalar majmuini bir nechta guruhga ajratish mumkin.

Birinchi guruh – bu **ma'lumotlarni siljitish komandalari**. Bu komandalar asosida protsessori bir xotira yacheykasidagi ma'lumotni ikkichisiga nusxa oladi.

Ikkichi guruh – **ma'lumotlarni o'zgartirish komandalari**. Bu guruhga razryadlarni qo'shish, ayirish, mantiqiy o'zgartirish Yu siljitish va boshqa komandalar kiradi.

Uchinchi guruh – **boshqaruvni uzatish komandalari**. Bu komandalar dasturga biror sharoitga ko'ra o'z algoritmini o'zgartirish imkonini beradi. Bu komandalar qatoriga shartli o'tish, so'zsiz o'tish,

dasturostiga o'tish va tsiklni tashkil etish komandalari kiradi. Bitta ketma-ket komandalar zanjiridan tashkil topgan dasturni tasavvur qilish qiyin. Asosan algoritmlar dasturlarni tarmoqlanishini talab etadi. Bu degani, dastur ba'zi shartlardan kelib chiqqan holda turli harakat ketma-ketligini bajara olishi kerak. Dasturdagi tarsoqlanishlar o'tish komandalari yordamida amalga oshiriladi. Bu komandalar akkumulyator va o'tish registri holatini o'zgartirmaydi. Ular faqat komandalar hisoblagichi ichidagi ma'lumotlarni o'zgartirishi mumkin. Buning uchun komandaning adres qismi tomonidan aniqlanadigan adres u yerga joylashtiriladi.

Siklni tashkil etish komandalari bir xil harakatlar bir necha marta takrorlanishi kuzatilgan hoollarda qo'llaniladi. Bu vaqtda faqat ma'lumotlar tarkibi o'zgarishi mumkin.

Mikroprotessorli qurilmaning ishlash jaaryonida natijani periferiya qurimalalriga uzatish (obyektlarni boshqarish uchun) yoki periferiya qurilmalaridan ma'lumot olish (masalan, datchikdan ma'lumotlar olish) talab etilishi mumkin. Bunday turdagi ma'lumotlar almashinuvi quyidagi amalga oshirilishi mumkin.

Periferiya qurilmalari (PQ) guruhi ma'lumotlar almashish jarayonini boshqaruvchi MK ma'lumotlar shinasiga **almashinish kontrolleri (moslashtirish qurilmasi)** ga ulanadi. PQ ma'lumotlarni vaqtincha saqlashga bo'lganlangan bir nechta registrdan tashkil topgan. Har ibr registr o'z adresiga ega bo'lib, ular kiritish-chiqarish portlari deyiladi. Sodda kontroller ma'lumotlar registri, adres deshifratori (professorga ulangan barcha kiritish-chiqarish qurimalalri ichidan mazkur PQga murojaatga i mokr beradi), buyruqlar deshifratori (protsessordan kelayotgan u yoki bu operatsiyalarni bajarish yuzasidan berilayotgan bo'yruqlarni dekodlaydi) va holatlar registri (PQ protsessor bilan ma'lumotlar almashishga tayyorligi haqidagi ma'lumot saqlanadi) ga ega. PQ bilan bevosita ma'lumotlar almashishni boshlashdan avval mikroprotsessor ma'lumotlar shinasi orqali kontrollerga uzatishda qo'llaniladigan rejimlar, keyinchalik har bir kontrollerga ulangan PQ bilan ma'lumotlar almashishda kerak bo'ladigan ma'lumotlarni uzatish yo'nalishlari (mikroprotsessordan PQga, yoki aksincha, PQdan mikroprotsessorga) haqida axborot berishi lozim. So'ngra, maslan, PQdan kelayotgan ma'lumotlarni OXQga uzatish talab etilgan momentda, kiritish komandasini bera turib kontrollerga mos keluvchi boshqaruv signallarini uzatadi. Ma'lumotlar PQ tomonidan kontroller registriga qabul qilinadi va kontroller

tomonidan ma'lumotlar shinasiga uzatildi. So'ngra bu ma'lumotlar ma'lumotlar shinasidan mikroprotsessorga qabul vilinadi, keyinchalik bajarilish jarayonida ular mos komanda yordamida OXQga uzatitiladi.

OXQdan PQga ma'lumot almashinish jarayoni yuqorida ko'rib o'tilganlarga teskari tartibda amalga oshiriladi. Dasturning mos komandasi asosida OXQdan mikroprotsessorga ma'lumotlar qabul qilinadi, so'ngra keyingi komandalar asosida bu ma'lumotlar ma'lumotlar shinasiga uzatiladi va almashinish kontrolleri orqali PQga uzatildi.

MKning ko'rib o'tilgan ish rejimi uzatiladigan ma'lumotlar avvaldan ma'lumot va ular dasturlash jarayonida kiritilgan, dasturda ularni tegishli almashinuvchini amalsha oshiruvchi dasturlar nazarda tutilgan holatni ko'zda tutadi. Barcha aytib o'tilganlar MKning **asosiy ish rejimiga** ta'luqlidir. Ammo MK o'z-o'zidan ishlashi mumkin emas. Shuningu chun protsessorlarning ko'p qismi yana ikkita ish rejimiga ega bo'ladi. Ular ma'lumotlar almashishi momenti kiritish-chiqarish qurilmalari orqali PQ tomonidan belgilanganda muhim ish rejimlari hisoblanadi. bu uzilishlar va xotiraga bevosita murojaat rejimlaridir.

8.6. Uzilishlar rejimi

Uzilishlar momenti PQ dan ham belgilanishi mumkin. U holda, bu momentlar dasturchiga noma'lum bo'lib dasturchi ularni avvaldan almashtirish imkoniyatiga ega bo'lmaydi. Bunday hollarda PQ mikroprotsessorga ma'lum signallar berib, uni **uzilish** (to'xtash) holatiga o'tkazadi. Bu vaqtda mikroprotsessor asosiy dasturni bajarishdan to'xtaydi va PQ talab etayotgan ma'lumotlar almashinuvini ta'minlovchi dasturning operativ xotirasi saqlanayotgan boshqa komandalarini (uzuvchi dasturni) bajarishga o'tadi. Uzilish dasturi bajarib bo'lingach mikroprotsessor o'zining asosiy dasturini bajarishga qaytadi.

Misol tariqasida velotrenajerga xizmat ko'rsatuvchi mikrokontrollerning protsessori ishini ko'rib chiqamiz. Mikrokontroller kirishiga elektron spidometr tizimidagi pedallarni aylanish sonini aniqlovchi datchikdan impulslar uzatiladi. Elektron spidometr velotrenajerning «probeg» qiymatini olish uchun protsessor uzluksiz (to'xtovsiz) hisoblashi zarur. Bir vaqtni o'zida protsessor pedallarning aylanig tezligini, trenirovka qilayotgan insonning yurak urish tezligi aniqlovchi datchikdan ma'lumotlar olib, axborotni indikatorga chiqarishi va boshqa yordamchi operatsiyalarni bajarishi lozim. Umumiy boshqaruvchi

dasturga mazkur impulslar kelib tushayotgan portni tekshirish komandasi ham qo‘shilsa, u holda, dastchikdan impulslar kelish momentida protsessor boshqa operatsiyani bajarish bilan mashg‘ul bo‘lish mumkin. Natijada, ba’zi impulslar o‘tkazib yuboriladi. Aynan shunday vziyatlar uchun uzilishlar mexanizmi o‘ylab topilgan.

Shu sababli har bir protsessor uzilishlar uchun kamida bitta maxsus so‘rov kirishiga ega. Aynan shu kirishga hisoblash uchun mo‘ljallangan impulslarni berish lozim. Navbatdagi impuls uzilishlarni so‘rash kirishiga yetib kelganda mikroprotsessorga avvaldan o‘rnatilgan uzilishlarni qayta ishlovchi ichki algoritm ishga tushadi.

Asosiy dasturning bajarilishi uziladi, boshqaruv esa uzilishlarni qayta ishlovchi maxsus jarayonga uzatiladi. Bu jarayon asosiy boshqaruvchi davturning tashkil etuvchi qismi bo‘lib, uni dasturchi mikroprotsessor tizimni yaratayotgan vaqtda ishlab chiqadi. Uzilishlarni qayta ishlovchi dasturosti o‘z ishini maxsus komanda asosida tugatadi, so‘ngra mikroprotsessor asosiy dasturning uzilish sodir bo‘lgan joyiga qaytadi. Uzilishlar natijasida mikroprotsessorning mashina vaqti shunday taqsimlanadiki, ikkita jarayon bir-biridan mustaqil ravishda bajariladi. Uzilishlar mexanizmi mikroprotsessor texnikalari va katta kompyuterlarda keng qo‘llaniladi. Uzilishlar yordamida hal bo‘ladigan masalag personal kompyuter “sichqonchasi”dagi manipulyator ishi misol bo‘la oladi. Klaviatura, qattiq disk, ichki tizim soatlari, printer porti va ko‘pgina boshqa qurilmalar uzilishlar usulida ishlaydi.

Uzilishlar tizimi har qanday zamonaviy mikrokontrollerlarda mavjud. U bir necha uzilishlar manbaiga xizmat ko‘rsatadi. Turli mikrokontroller uchun uzilishlar manbai soni turlichadir.

Keng tarqalgan uzilishlar tizimi ATmega 1281 mikrokontrolleridadir. Bu mikrokontroller 48 ta ichki va 17 ta tashqi manbaga xizmat ko‘rsatishim umkin. Umuman olganda, barcha ichki o‘rnatilgan taymerlar, komparatorlar, analog-raqamli o‘zgartirgichlar, ixtiyoriy ktma-ketli kanal, EEPROM boshqaruv tizimi uzilishlar manbai bo‘lib xizmat ko‘rsatishi mumkin.

Uzilishlar tizimni boshqarish ma’sus kiritish-chiqarish registrlar yordamida amalga oshiriladi. Dasturni uzilish orqali ma’lumotlar uzatish kichik tezlikda ishlovchi tashqi qurimallar bilan ma’lumot almashinishda qo‘llaniladi. Xuddi shunday, mikrokontrollerga ma’lumotlar uzatish momenti aniq bo‘lmaganda ham, masalan, aloqa kanallari bilan ishlaganda uzilishlar tizimi qo‘llaniladi.

8.7. Xotiraga to‘g‘ridan-to‘g‘ri murojaat qilish rejimi

Bu rejim xotiradan katta hajmdagi axborotni o‘qish yoki yozish talab etilgan holatlarda ishlash jarayonini tezlatish uchun qo‘llaniladi.

Masalan, matnning tezkor printyerdan chiqarish. Agar matn oddiy rejimda chiqarilsa, u holda, barcha mikroprotessorli tizimni asosiy ish tamoyiliga ko‘ra avval ma‘lum dasturosti yozilishi va u xotiradagi ma‘lumotlarni printer portiga baytma-bayt o‘qishi talab etiladi. har bir baytni o‘qish uchun protessor 3 – 4 ta komandani bajarishi lozim. Agar printer tezkor bo‘lsa, u holda, printer talab etilayotgshan pechat tezligini ta‘minlamasligi mumkin. Mazkur holatlarda xotirga to‘g‘ridan-to‘g‘ri murojaat qilish qo‘llaniladi.

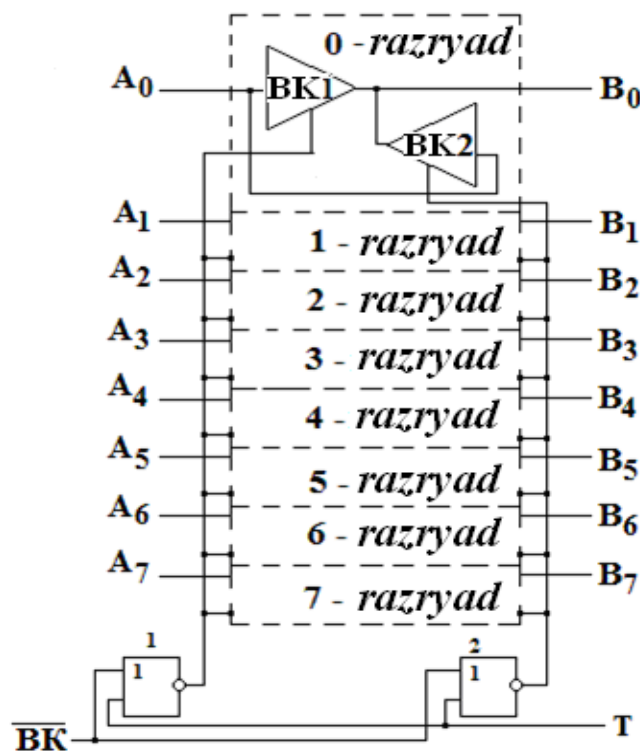
Mazkur rejimni amalga oshirish uchun mikroprotessorli tizim o‘z tarkibida maxsus qurilma – **xotiraga to‘g‘ridan-to‘g‘ri murojaat kontrolleriga** (XTTMK) ega bo‘lishi lozim. Bu rejimda mikroprotessor adres va ma‘lumotlar shinasidan uziladi va ularni operativ xotira bilan bevosita ma‘lumotlar almashish uchun (mikroprotessor ishtirokisiz) PQ ixtiyoriga beradi. Bu vaqtda almashish XTTMK kontrollerit tomonidan tashkil etiladi. Bu rejimda PQ operativ xotira bilan yagona ma‘lumotlar bilan emas, balki katta ma‘lumotlar bloki bilan almashadilar. XTTMK kontrollerida avvaldan almashinish bilan boshqarish uchun talab etiladigan axborotlar (birinchi bo‘lib almashinishi talab etilayotgan so‘z joylashgan OXQ yacheykasi adresi, blokda so‘zlar soni va boshqalar) kiritiladi. Almashish jarayonida XTTMK kontrolleri adreslar shinasiga OXQ yacheykasi adresini uzatadi, OXQ va PQ o‘rtasida so‘zlar uzatish tugagach ma‘lumotlar shinasini orqali adres shinasiga uzatiladigan keyingi XTTMK adres qiymatini bittaga oshiradi. Belgilangan miqdordagi so‘zlar uzatib bo‘lingach XTTMK kontrolleri almashinuvni to‘xtatadi va mikroprotessorni bundan xabardor qiladi. mikroprotessor esa adres va ma‘lumotlar shinasini bilan aloqani tiklaydi va dastur bajarilishini davom ettiradi.

8.8. Buferli sxemalar

Mikroprotessor tomonidan adres va ma‘lumotlar shinasiga uzatiladigan axborot bu shinalarga ulangan ko‘p sonli turli qurilmalarga mo‘ljallangan (OXQ, DXQ, kiritish-chiqarish portlari, boshqa periferiya qurilmalari). Bu qurilmalar mikroprotessor tranzistorlari orqali oqib

turgan VT1 tranzistor orqali uzatiladi (VT2 tranzistor berk bo‘ladi), agar $A=1$ bo‘lsa, u holda, A kirishga berilayotgan potentsial chiqishga ochiq turgan VT2 tranzistor orqali uzatiladi (VT1 tranzistor berk bo‘ladi). $B=0$ bo‘lsa ikkala tranzistor berk bo‘ladi, ya’ni chiqish uzilgan bo‘ladi. Shunday qilib, mazkur sxema uchta holat (0,1 va uzilgan)ga ega bo‘lgan funktsiyani amalga oshiradi. Kalit VT3 va VT4 tranzistorlarda bajarilgan KMDYA-invertor orqali boshqariladi. Agar boshqaruvchi kirishga yuqori daraja kuchlanishi (mantiqiy 1) berilsa, ikkitomonli kalit berkiladi va pastki tranzistorlar juftligi (ventillar) ikkitomonlama yo‘nalgan uncha katta bo‘lmagan rezistorga (yuzlab Om) aylanadi. Bu ventil yuqori darajadagi chiziqlikda ham analog, ham raqamli signallarni uzitilish mumkin. Kirishga past boshqaruv kuchlanishi berilsa (mantiqiy 0) pastdagi ikkita tranzistor berk bo‘ladi va sxemaning chiqishi bilan kirishi orasidagi qarshilik 50-100 MOm ga yetadi.

8.5-rasmda umumiy maqsadlarga mo‘ljallangan 8-razryadli ma’lumotlarni parallel uzatishni amalga oshiruvchi shinali shakllantirgich tuzilma sxemasi keltirilgan. Adabiyotlarda shinali shakllantirgich shinali drayver yoki adapterlar deb ham keltiriladi.



8.5-rasm. Ikki tomonga yo‘nalgan 8-razryadli shinali shakllantirgich (adapter) tuzilma sxemasi.

Rasmda faqat nolinchi razryad sxemasi to'liq aks ettirilgan, qolgan razryadlar sxemasi xuddi shunday bo'ladi. Uzatish zanjirida ikkita buferli kuchaytirgich ulangan bo'lib, ular uchta holatga ega. Bunda agar kuchaytirgichlardan biri ulangan holatda bo'lsa, boshqasi uzilgan (uchinchi) holatda bo'ladi. Demak, agar 1 kuchaytirgich ulangan holatda o'rnatilgan bo'lsa, 2 kuchaytirgich uzilgan holatda bo'ladi va uzatishlar 1 kuchaytirgich orqali 1 chiqishdan 19 chiqishga yo'nalgan holda uzatiladi (A0 dan B0 ga). Agar kuchaytirgichlarni teskari tartibda qayta ulasak, ya'ni 2 kuchaytirgich ulangan holatda o'rnatilgan, 1 kuchaytirgich uzilgan holatda bo'ladi va uzatishlar 2 kuchaytirgich orqali 19 chiqishdan 1 chiqishga yo'nalgan holda uzatiladi (B0 dan A0 ga).

Kuchaytirgich holatlarini boshqarish 1 va 2 YOKI-EMAS mantiqiy elementlari orqali BK va T boshqaruv signallari yordamida amalga oshiriladi. Agar BK kirishda mantiqiy 1 darada o'rnatilgan bo'lsa, u holda, T signali qiymatidan qat'i nazar YOKI-EMAS elementlar kirishida mantiqiy 0 darajasi o'rnatiladi va barcha razryadlarda ikkala kuchaytirgich uzilgan holatda bo'ladilar. Demak, ma'lumotlar uzatish na to'g'ri, na teskari yo'nalishda amalga oshirilmaydi. BK=0 va T=1 signallar kombinatsiyasida 1YOKI-EMAS elementi kirishida mantiqiy 1 daraja o'rnatiladi va kuchaytirgichlar barcha razryadlarda ulangan holatda bo'ladilar; 2YOKI-EMAS elementi chiqishida mantiqiy 0 darajasi o'rnatiladi va 2 kuchaytirgich uzilgan holatga o'tadi. 8 razryadli ma'lumotlar A dan V ga uzatiladi. BK=0 va T=0 signallar kombinatsiyasida aksincha, 2YOKI-EMAS elementi kirishida mantiqiy 1 daraja o'rnatiladi va 2 kuchaytirgichlar ochiladi kuchaytirgichlar barcha razryadlarda ulangan holatda bo'ladilar; 1YOKI-EMAS elementi chiqishida mantiqiy 0 darajasi o'rnatiladi va 1 kuchaytirgich uzilgan holatga o'tadi. 8 razryadli ma'lumotlar B dan A ga uzatiladi. Shunday qilib, shinali shakllantirgich boshqariluvchi 8 razryadli ma'lumotlarni ikki tomonlama uzatilishini ta'minlaydi.

8.9. Interfeys qurilmalar va kiritish-chiqarishni tashkil etish

Mikroprotsessorning o'zi ko'p narsaga qodir emas. Masalan, ma'lumotlarni registrlar, DXQ va OXQ lar o'rtasida uzatish, ular uchtidan ma'lum arifmetik va mantiqiy amallar bajarish. Mikroprotsessor jarayonni boshqarishi lozim. Markaziy PQ siga ko'p

sonli periferiya qurilmalari ulanadi. Masalan, terli datchiklar, axborot qabul qilgichlar, tashqi xotira qurimallari, biror obyekt yoki asbobning boshqaruv tizimining ijro organlari, texnologik uskunarlar, analog-raqamli va raqamli-analog o'zgartirgichlar va x.k.

Mikroprotessorli tizim qurimallari, shu qatori mikrokontroller ham bir-birlari bilan interfeyslar deb ataluvchi moslashtirgich yordamida bog'lanadilar

MK ga imokn qadar ko'p sonli turli kiritish-chiqarish qurimallari yoki boshqacha aytganda, tashqi yoki periferiya qurilmalarini ulash lozim. Mikroprotessorga nisbatan tashqi hisoblangan qurimallar bilan axborot almashinish uchun kiritish-chiqarish tizimi lozim. Qurilma biror foydali funktsiyani bajarishi uchun kiritish-chiqarish qurimallari muhim hisoblanadi. Axborotni qabul qilish yoki uzatishga qodir bo'lmagan mikroprotessor amalda keraksiz. MK ishlash jarayonida turli kiritish qurimallaridan axborot oladi. Qabul qilingan ma'lumotlar qayta ishlanadi. Qayta ishlash natijasida olingan ma'lumotlar MKdan chiqariladi va turli chiqarish qurimallariga uzatildi. Bunday qurilmalarga ARO', RAO', aloqa liniyalari va boshqalar kiradi. Demak, bunda almashinuvni ta'minlash uchun ma'lum vositalar – komandalar, signallar tizimi va moslashtiruv qurilmalar talab etiladi. Bunday vositalar **kiritish-chiqarish interfeyslari** deb ataladi.

Interfeys (ingl. interface) – unifikatsiyalangan signallar va apparaturalardan tashkil topgan aloqa tizimi bo'lib hisoblash texnikasi tizimi o'rtasida (masalan, ma'lumotlarni kiritish qurimallari va xotira qurimallari o'rtasida) axborot almashinishga mo'ljallangan.

O'z navbatida interfeys **fizik interfeys** – elektr aloqalar va signallar xarakteristikasi majmui va **mantiqiy interfeys** – ikkita qurilma yoki ikkita dastur o'zaro almashinayotgan axborotlar majmui hamda almashinish mantiqini belgilovchi qoidalar majmuiga bo'linadi.

Mikroprotessorli tizimlarda interfeys operatsiyalari apparat va dasturiy vositalar birligida amalga oshiriladi: **kontroller** (apparat vosita) va mazkur kontrollerni boshqaruvchi maxsus dastur, uni ko'p hollarda mos periferiya qurimallari **drayveri** deb atashadi.

Periferiya qurilmasida interfeys to'liq ravishda apparat vosita-kontroller tomonidan, yoki ancha murakkab mantiqqa ega bo'lgan PQLar uchun dasturiy-boshqariluvchi kontroller tomonidan amalga oshiriladi.

Protsessorni xotira va PQ kontrollerlari bilan bog'lovchi zanjirlar majmui, bu zanjirlardan signallarni uzatish algoritmi, ularning elektr parametrlari va bog'lovchi elementlar turi **tizimli interfeys** deb ataladi.

Interfeysni yaratishda ishlab chiqaruvchilar tizimga birlashtirilayotgan qurilmalarning fizik ishlash tamoyillari, bajaradigan ishchi operatsiyalari, qo'llanilgan komandalar, boshqaruv signallari (kodlar), ma'lumotlar formati va axborot uzatish tezliklari turlicha bo'lishini inobatga olishgan. Bundan tashqari, MAli tizim tarkibiga kiruvchi PQLari bir-biriga nisbatan asinxron ishlaydilar, ular tomonidan aloqa o'rnatish uchun so'rov va axborot almashinuv ixtiyoriy vaqt momentida sodir bo'lish mumkinligini ham inobatga olish lozim. MKli tizim interfeyslarini samarali va egiluvchan tashkil etish quyidagi arxitektura yechimlari evaziga amalga oshdi:

MK-tizimni magistral-modulli tashkil etish. MK-tizim shundan iboratki, vaqt bo'yicha ajratilgan qurilmalar (buferlar) bilan ajratilgan, KIS ko'rinishida alohida bajarilgan mikroprotsessorli vositalar tizimga umumiy shinalar (magistrallar) yordamida birlashtiriladi.

Unifikatsiyalangan (periferiya qurilmasi turiga bog'liq bo'lmagan) **kiritish-chiqarish komandalar formati va ma'lumotlar formati.** Ular axborotlarni interfeys orqali uzatish operatsiyalarida qo'llaniladi. Unifikatsiyalangan ma'lumotlar formati va komandalar formatini turli PQLarga mos keluvchi maxsus formatlar va boshqaruvchi kodlar hamda signallarga o'zgartirish maxsus elektron boshqaruv bloklarida (kontroller yoki adapterlar) amalga oshiriladi. Ular orqali PQLar umumiy shinalarga ulanadi.

Unifikatsiyalangan interfeys, ya'ni tarkibi va vazifasiga ko'ra jamlangan liniyalar va shinalar, unifikatsiyalangan ulanish sxemalari, interfeys orqali axborot uzatish signallari va boshqaruv algoritmlari majmui.

MKda axborot almashinishni tashkil etishni o'ziga xos tomoni shundaki, unda ixtisoslashgan, dasturlanuvchi interfeysli KISlar (to'ridan-to'g'ri murojaat kontrolleri, uzilishlar kontrolleri, dasturlanuvchi periferiya adapteri, dasturlanuvchi bog'lovchi adapter, dasturlanuvchi taymer) qo'llaniladi. interfeysli KISlarni dasturiy sozlanishi samarali va egiluvchan mikrokontrollerli boshqaruv va ma'lumotlarni qayta ishlash tizimlari yaratishga keng imkoniyatlar beradi. Interfeys, kontroller va adapter iboralarining aniq ta'rifi mavjud bo'lmay, adabiyotlar ko'p hollarda ular sinonimlar hisoblanadi. Zamonaviy mikrokontrollerlar interfeys qurilmalar deb nomlanuvchi kiritish-

chiqarish qurilmalari majmuiga ega. Aytib o‘tilganidek, periferiya qurilmalari markaziy protsessorga nisbatan tashqi bo‘lib, u bilan yagona kristalda bajarildi. Bu esa o‘z navbatida tashqi aloqalar sonini qisqarishi va ma’lumotlar shinasi razryadini oshirish imoknini berdi. Mikrokontrollerlar tarkibiga qator periferiya qurimallari kiradi. PQLarining soni mikrokontroller imkoniyati va uning narhini belgilaydi. Quyida zamonaviy mikrokontrollerlar tarkibiga kirishi mumkin bo‘lgan asosiy periferiya qurilmalari sanab o‘tilg

O‘rnatilagn taymerlar/hisoblagichlar. Taymerlar deb turli vaqt intervallarini shakllantirish uchun mo‘ljallangan sxemalarga aytiladi. Taymerlar chastota bo‘lgichlar, hisoblagichlar sifatida bir xil elementlar triggerlar ishlatiladi. Triggerlarni maxsus ulanishi evaziga ular turli funksialarni bajaradilar. Mikrokontrollerlar 1 – 4 taymer/hisoblagichni o‘z ichiga olish mumkin.

Keng-impulsi modulyatsiyali (KIM) signallar generatori. Inglizcha Pulse Width Modulation (PWM). KIM signallar generatsiyasi taymer/hisoblagichlarning ish rejimlaridan biridir. Generator berilgan vaqt oraliqlarini shakllantirishga imokn beradi (real vaqt rejimida ishlash uchun), hamda davriy signallar generatori sifatida xizmat qilishi ham mumkin.

Analog komparator. Barcha zamonaviy mikrokontrollerlar tarkibiga kiradi. Komparator uning to‘g‘ri va invers kirishlaridagi kuchlanishlarni solishtiradi. Komparator chiqishidagi signal taymer /hisoblagichning boshqarish signali, yoki maxsus uzilishlar – analog komparator ishga tushishi bilan bogshlanadigan uzilishlarni chaqirish uchun qo‘llanilishi mumkin.

Analog-raqamli o‘zgartirgich (ARO‘) analog signalni (masalan, elektr kuchlanishni) son kodiga o‘zgartirish uchun xizmat qiladi. uning kirishida qayta ulanish tizimi (analog multipleksor) turadi. Shuning uchun ARO‘ bir nechta turli analog signal manbalariga ulanishi mumkin.

Raqamli-analog o‘zgartirgich (RAO‘) sonni unga proportsioanl bo‘lgan elektr kuchlanish, tok yoki boshqalar ko‘rinishidagi analog kattalikka aylantirishga mo‘ljallangan. Raqamli axborot ko‘p hollarda o‘zgartirilayotgan sonning parallel kodi, analog axborot esa, axborot tashuvchi kattalikning bitta signali ko‘rinishida ifodalanadi.

Ketma-ketli interfeys. Ixtiyoriy ketma-ketli interfeys axborotni ketma-ket usulda uzatishga mo‘ljallangagn. Har bir bayt ketma-ket, bir bit ketidan bit ko‘rinishida uzatiladi. Mikrokontrollerlarning mirko-sxemalari turli ketma-ketli interfeyslarga xizmat ko‘rsatishi mumkin.

Bunday har interfeys mashhur axborot uzatish standartlari (UART, USART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet.) dan birini yoki bir nechtasini amalga oshirishi mumkin.

Ketma-ketli UART va USART interfeyslari qisqartmasi mos ravishda universal ketma-ketli asinxron qabulqilgich-uzatgich va universal ketma-ketli sinxron/asinxron qabulqilgich-uzatgich ma'nosini anglatadi. Bu qabulqilgich-uzatgichlar MK va ixtiyoriy tashqi qurilma o'rtasida axborot almashinish uchun kanallar tashkil etadi. UART (USART) protokoli – ketma-ketli axborot uzatish protokolidir. Bunday protokolni, jumladan, kompyuter porti (COM-port) ishlatadi. Axborot almashinish uchun bu kanallar ikkita liniyadan foydalanadilar. Birinchisi – qabul qilish uchun, ikkinchisi – axborot uzatish uchun. Standart axborot uzatish tezliklari 2400 dan 28800 bit/sek. tashkil etadi. Talab etilayotgan tezlikni hosil qilish uchun maxsus ichki dasturlanuvchi MK takt generatori chastota bo'lgichi qo'llaniladi.

Ketma-ketli periferiya interfeysi (SPI). SPI ikkita funksiya bajarishi mumkin: ikkita MK o'rtasida, hamda MK va SPI – interfeysga ega bo'lgan biror PQ o'rtasida ketma-ketli axborot almashinuvi. SPI – interfeysga raqamli potentsiometrlar, ARO'/RAO', tashqi Flash-DXQ va boshqalar kiradi.

Mikrokontrollerni dasturlash. Aynan shu kanal orqali dastur xotirasi va ichki EEPROMlar ularni qurilmadan chiqarib olmasdan turib ketma-ketli dasturlanadi. Odatda,, bu qurilma bosma platasida maxsus raz'em mavjud bo'lib unga programmator ulanadi.



8.6-rasm. AVR mikrokontroller tuzilmasi.

Ketma-keli ikki portli I²C interfeysi. Bu interfeys maishiy va sanoat texniklarini turli boshqaruv tizimlarida qo'llanildi. Interfeys birgalikda 128 ta qurilmani bir dona ikkita simli shinaga ulab birlashtirish imkonini beradi. Bitta liniya takt signali uchun, ikkinchisi – ma'ulmotlarni uzatish uchun.

Ketma-ketli Ethernet interfeysi tezligi 10 Mbit/s bo'lgan tizimli standartda ma'ulmotlar deytagrammli yarimdupleksli rejimda uzatishni amalga oshiradi.

Sanab o'tilgan periferiyalardan tashqari mikrokontrollerlarning turli ilovalarida kollektorsiz dvigatellar, displey va klaviatura kontrollerlari, radiochastota qabul qilgichlari va uzatgichlari, hamda o'rnatilgan flesh-xotira massivlari uchrashi mumkin.

Bugungi kunga kelib 200 modifikatsiyadan ortiq mikrokontroller turlari mavjud. 8.6-rasmda ishlab chiqaruvchilar tomonidan keng qo'llaniladigan ATMEL firmasining 8 bitli AVR mikrokontrolleri keltirilgan.

8.10. Kiritish-chiqarish interfeyslari

MK interfeysi markaziy protsessorni biror PQ bilan bog'lashga xizmat ko'rsatadigan bufer yoki registrdir. MK dan ma'lumot chiqarish jarayonida PQ ma'lumotni qabul qilish uchun tayyor bo'lmaguncha interfeys registri ularni o'zida saqlab turadi. Buni kutish vaqtida markaziy protsessor boshqa turdagi ishlarni bajarib turishi mumkin. Xuddi shunday, markaziy protsessorga mo'ljallangan ma'lumotni kiritishda, interfeys registr bu ma'lumotlarni protsessor so'raguncha o'zida saqlab turishi mumkin. Demak, *interneysning asosiy vazifasi bo'lib, markaziy protsessor va PQ o'rtasida harakatlar vaqtida doimiy aloqa o'rnatib turishdir.*

MK qurilmalarini o'zaro moslashtirish uchun interfeys adapterlar deb ataluvchi interfeyslar ishlab chiqilgan. Axborotlarni tezkor uzatish uchun mo'ljallangan parallel adapter va ma'lumotlarni uzoq masofalarga uzatish uchun mo'ljallangan ketma-ketli adapter ular ichida eng keng tarqalgani hisoblanadi.

Standart interfeys adapterlari markaziy protsessorga kiritish-chiqarish operatsiyalarini, xuddi xotiraga murojaat operatsiyalari kabi badjarilishini tashkil etishga imokn beradi. Bundan tashqari, adapter MKning alohida qurilmalari ishini sinxronlashni ta'minlaydi, Natijada,

yuqori tezkorlikda ishlaydigan markaziy protsessor kichik tezlikda ishlaydigan PQ bilan moslashish muammosi yechiladi.

Markaziy protsessor va kiritish-chiqarish qurilmalari o'rtasidagi ma'lumot quyidagilarni o'z ichiga oladi:

- 1) tizim holati haqidagi boshqaruv signallari va axborot;
- 2) markaziy protsessor tomonidan qayta ishlanayotgan ma'lumotlar.

Xotira va PQ o'rtasida ma'lumotlar uzatish ikki usulda amalga oshirilishi mumkin:

1) markaziy protsessor orqali ma'lumotlar shinasi bo'yicha dastur boshqaruvi asosida;

2) markaziy protsessor ishtirokisiz, ma'lumotlar tashqi (yordamchi) xotirada joylashgan bo'lsa.

Kiritish-chiqarishlarni tashkil etishning umumiy maqsadid shundaki, talab etilayotgan boshqaruv signallari va tizim holati haqidagi signallarni, hamda ma'lumotlarni uzatishni ta'minlovchi komandalar ketma-ketligini avvaldan dasturlashdir. Markaziy protsessor qurilmasi mikrokontroller ishini boshqaruvchi qurilma bo'lib, u shunday dasturlangan bo'lishi kerakki, keyingi hodisalarni avvaldan bashorat qilgan holda interfeys adapterlari ishi to'g'ri tashkil etilsin:

1). *Kiritish-chiqarish komandalarini bajarishdan oldin uzilishlarni to'xtatish va ular bajarib bo'lingach yana uzilishlarga ruxsat berish.* Dasturchi e'tiborsizligi natijasida bu shart oson buzilishi mumkin. Bunda interfeys adapterlari dastlabki kutish holatiga qaytmasligi va Natijada, tizim ishida fojialarga olib kelishi mumkin.

2). *Markaziy protsessordan har interfeys adapteriga mos operatsiyalarni bajarish uchun komandalarning uzatilishi.* Markaziy protsessor qurilmasi xotiradan interfeys adapterir registriga ma'lumotlar uzatadi. Adapter bu ma'lumotlarni komandalar kabi dekodlaydi va qanday operatsiyalarni qanday rejimda bajarish lozimligini aniqlaydi. So'ngra adapterga boshqaruv liniyasi orqali markaziy protsessor "start" komandasini uzatadi.

3). *Interfeys adapteri tomonidan markaziy protsessor qurilmasiga operatsiya tugatilganligi haqida «bayroqcha» uzatish.*

Muhim xulosa – barcha turdagi interfeys adapterlarining ish tamoyili va dasturlanishi o'xshash. Quyidagi keltirilgan keng qo'llaniladigan interfeyslarga misollar o'quvchiga bu qurilmalar haqida yaxshi ta'ssurotlar beradi degan umiddamiz.

Kiritish-chiqarish portlari

PQ qurilmasi kontrolleri negizini bir necha registrlar tashkil etadi. Ular axborotni vaqtincha saqlab turish uchun xizmat qiladilar. Har bir registr o'z adresiga ega bo'lib **kiritish-chiqarish portlari** deb ataladi. Ma'lumotlarni kiritish va chiqarish registrlari mos ravishda o'qish va yozish rejimlarida ishlaydilar. Holatlar registri faqat o'qish rejimida ishga tushadi va PQning joriy holati haqidagi ma'ulmotni o'zida saqlaydi (ulangan/uzilgan, ma'lumotlar almashishga tayyor/tayyor emas va x.k.). boshqaruv registri faqat yozish rejimida ishlaydi va markaziy protsessordan PQ uchun buyruqlar qabul qilish uchun xizmat qiladi.

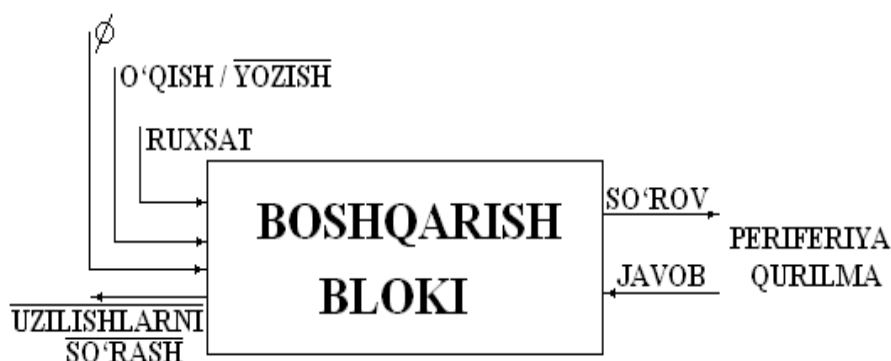
PQ kontrollerining boshqaruv mantiqi kontroller adres registrlari selektsiyasi, qabul qilish, qayta ishlash va tizim interfeysi uchun boshqaruv siganllarini shakllantirish funktsiyalarini bajaradi va bu bilan kontrller registrlari bilan MK tizimli interfeysi ma'lumotlar shinasini o'rtasida axborot almashinuvini ta'minlaydi.

Adreslar va ma'lumotlar shinalari qabulqilgich-uzatgichlari (buferlar) kontrollerning elektron sxemalarinitizimli interfeysning mos shinalariga fizik ulash uchun xizmat qiladilar. 8.7-rasmda MK kiritish-chiqarish portining blok-sxemasi keltirilgan. Bunday port ma'lumotlar shinasiga keyinchalik ularni uzatish uchun va adreslar shinasiga uni identifikatsiya qilish uchun ulangan bo'lishi lozim. Sodda holda markaziy protsessor qurilmasi chiqarish qurilmasiga boshqaruvchi shina orqali uchta signal uzatadi. Sinxrosignal F qurilmani mikroprotsessorli tizimning boshqa bloklari blina sinxronlash uchun xizmat qiladi. O'QISH/YOZISH signali ma'lumotlarni uzatilish yo'nalishlarini belgilash uchun xizmat qiladi. RUXSAT signali axborotlar ma'lumotlar shinasiga kelib tushishini boshqaradi. Kiritish-chiqarish porti mikroprotsessordan uzilishlar uchun ruxsat signali yordamida ma'lumotlarni uzatish bo'yicha harakatlarni boshlashga ruxsat so'raydi.

8.8-rasmda sodda kiritish-chiqarish porti boshqaruv vurilmasining blok-sxemasi keltirilgan. Uning markaziy protsessor qurilmasi bilan sinxron ishlashi UZILISHLARNI SO'RASH va RUXSAT signallari almashinuvi bilan amalga oshiriladi. Bu vaqtda, ya'ni kiritish-chiqarish moduli va PQ ishi vaqtida ular SO'ROV va JAVOB signallari yordamida sinxronlanadi.

Ma'lumotlar qabul qilishni so'rash (RUXSAT) markaziy protsessor qurilmadan PQga SO'ROV liniyasi orqali uzatiladi. Agar PQ mazkur vazifalarni bajarishga tayyor bo'lsa u JAVOB signalini liniya

orqali uzatadi. Bu signal MPQga uzilishlarni so‘rash lliniyasi orqali uzatiladi.



8.8-rasm. Kiritish-chiqarish uchun boshqaruv signallari.

Haqiqatda esa, mikroprotessorli tizimning barcha komponentlari, shu bilan birga kiritish-chiqarish modullari ham yuqori keltirilgandan ko‘ra murakkab tuzilmaga ega. Mikroprotessorli tizimning real komponentlari funksional tugallangan sxemalar bo‘lib, har bir ishlab chiqaruvchi firma uchun o‘ziga xosdir. Misol tariqasida 8.9-rasmda AVR seriyasiga mansub kiritish-chiqarish porti sxemasi keltirilgan.

Kiritish-chiqarish portlari tashqi qurilmalar bilan axborot almashinish uchun xizmat qiladi. Portlar to‘liq va to‘liq emas shaklda bajarilishi mumkin. Agar to‘liq port 8 ta razryadga ega bo‘lsa, to‘liq bo‘lmagan portda bu razryadlarning hammasi ham ishtirok etmasligi mumkin. Har bir port o‘z nomiga ega. Mikrokontroller yettitagacha kiritish-chiqarish portiga ega bo‘lishi mumkin va ularning barchasi A dan G gacha bo‘lgan logincha harflari bilan nomlanadi.

Har bir kiritish-chiqarish portini boshqarish uchun uchta maxsus registr qo‘llaniladi. AVR seriyasiga mansub mikrokontrollerlarda bu registrlar PORTx, DDRx va PINx deb belgilanadi. Bu yerda x-aniq harf-port nomi tushuniladi. Masalan A porti uchun boshqaruv registrleri quyidagicha nomlanadi: PORTA, DDRA va PINA.

PORTx – ma’lumotlar registri (mikrokontrolliyerdan axborotni chiqarish uchun ishlatiladi).

DDRx – axborot uzatish yo‘nalishini ko‘rsatuvchi registr.

PINx – tashqi qurilmadan axborot kiritish registri.

Ko‘rsatilgan registrlarning alohida razryadlari ham o‘z nomiga ega. PORTx registr razryadlari Px_n deb nomlanadi. Bu yerda n - razryad raqami. Masalan, PORTA registr razryadlari quyidagicha nomlanadi: PA0, PA1, PA2 – PA7.

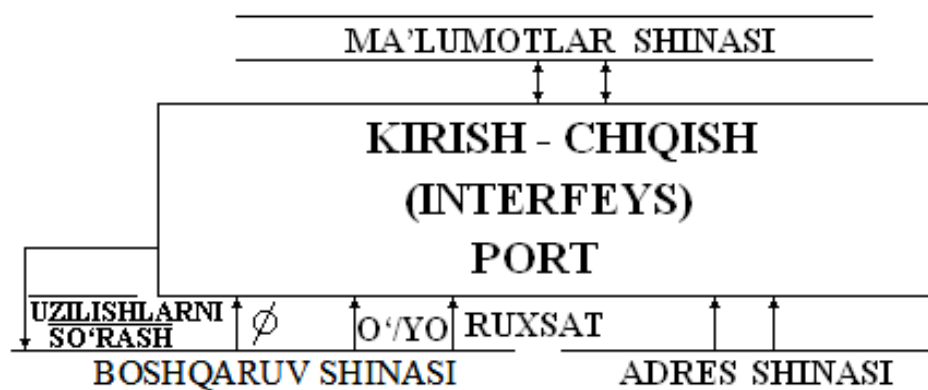
DDR_x port razryadlari DD_{xn} deb nomlanadi (A porti uchun DDA0, DDA1 – DDA7)

PIN_x port razryadlari PIN_{xn} deb nomlanadi (A porti uchun PINA0, PINA1 – PINA7).

Boshqa portlar uchun A harfi mos ravishda B, C, D, E, F, G harflarga almashtiriladi.

8.9-rasmda kiritish-chiqarish portining bitta razryadining universal qismining funktsionla sxemasi keltirilgan. Sxema ishini batafsil ko‘rib o‘tmaymiz. U port ishi haqida axborot beradi.

Bunday tuzilmaga ega bo‘lgan ixtiyoriy kiritish-chiqarish porti shunday tuzilganki, uning har bir razryadi ham kiritish uchun, hami chiqarish uchun ishlashi mumkin. DDR_x registri bu sh rejimlarini o‘zgartirish uchun xizmat qiladi. DDR_x registrining har bir razryadi o‘z portidagi razryadlarini boshqaradi. Agar DDR_x registrining biror razryadida 0 yozilgan bo‘lsa, demak portning shu razryadi kirish sifatida ishlaydi. BOSHQARUV SHINASI



8.9-rasm. AVR seriyasiga mansub mikrokontrollerning raqamli axborotlarni kiritish-chiqarish portining funktsional sxemasi.

Agar bu razryadda 1 yozilgan bo‘lsa, bu port chiqish sifatida ishlaydi. Axborotni mikrosxemaning tashqi chiqishlariga uzatish uchun DDR_x registrning mos razryadiga mantiqiy 1 ni yozish, so‘ngra ma‘lumotlar baytini PORT_x registrga yozish zarur. Mazkur baytning mos bitidagi ma‘lumot darhol mikrosxemaning tashqi chiqishida paydo bo‘ladi va keyingi boshqasi bilan almashtirilmaguncha, yoki mazkur port liniyasi kirish uchun qayta ulanmaguncha doimiy turaveradi.

Mikrokontrollerning tashqi chiqishidan axborotni o'qish uchun portning tegishli razryadini kiritish rejimiga o'tkazish lozim. Buning uchun DDRx registrining tegishli razryadiga mantiqiy 0 ni yozish lozim. Shundan so'ng mikrokontrollerning mazkur chiqishi tashqi qurilmadan raqamli signal uzuta boshlaydi. So'ngra mikrokontroller PINx registridan baytni o'qiydi. O'qilgan baytning mos bitidagi ma'lumot portning tashqi chiqishidagi signalga mos keladi.

Bunday sozlashlar portning har bir chiqishi uchun alohida bajariladi. Portning har bir chiqishidagi buferlar yuqori yuklama qobiliyatiga ega bo'lgan simmetrik chiqish bosqichiga ega. Ixtiyoriy portning har bir chiqishining yuklama qobiliyati yorug'lik diodili displeyni bevosita boshqarish uchun yetarli hisoblanadi.

Ixtiyoriy portning barcha chiqishlari individual ulanuvchi yuklama rezistorli Ryu ga ega bo'lib, zarurat tug'ilganda mazkur chiqish ham kuchlanish manbai orasiga ulanishi mumkin. Ichki rezistorlarning ulanishi yoki uzilishi PORTx registri tomonidan boshqariladi (agar port kiritish rejimida bo'lsa).

Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan ma'lumotlarni parallel uzatish adapteri

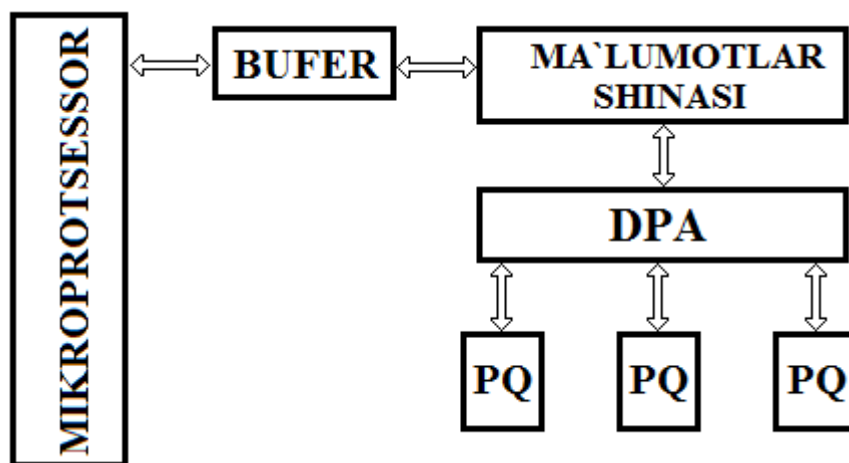
Adabiyotlarda bunday adapter *dasturlanuvchi parallel interfeys* yoki *dasturlanuvchi periferiya adapteri* deb ataladi. Dasturlanuvchi periferiya adapterlari (DPA)ning paydo bo'lishi shunga olib keldiki, PQLarini interfeysga ulovchi vositalarni loyihalashtirish apparaturani ishlab chiqish sohasidan dasturiy ta'minotni ishlab chiqish sohasiga ko'chdi. Natijada, interfeysli KISlarda uzatishlarni tartiblashtirish jarayoni dastur yordamida amalga oshiriladigan bo'ldi. DPA esa qo'shimcha mantiqiy sxemalarsiz turli PQLar uchun interfeysli KIS sifatida qo'llanilishi mumkin.

Adapter quyidagi funktsiyalarni bajaradi:

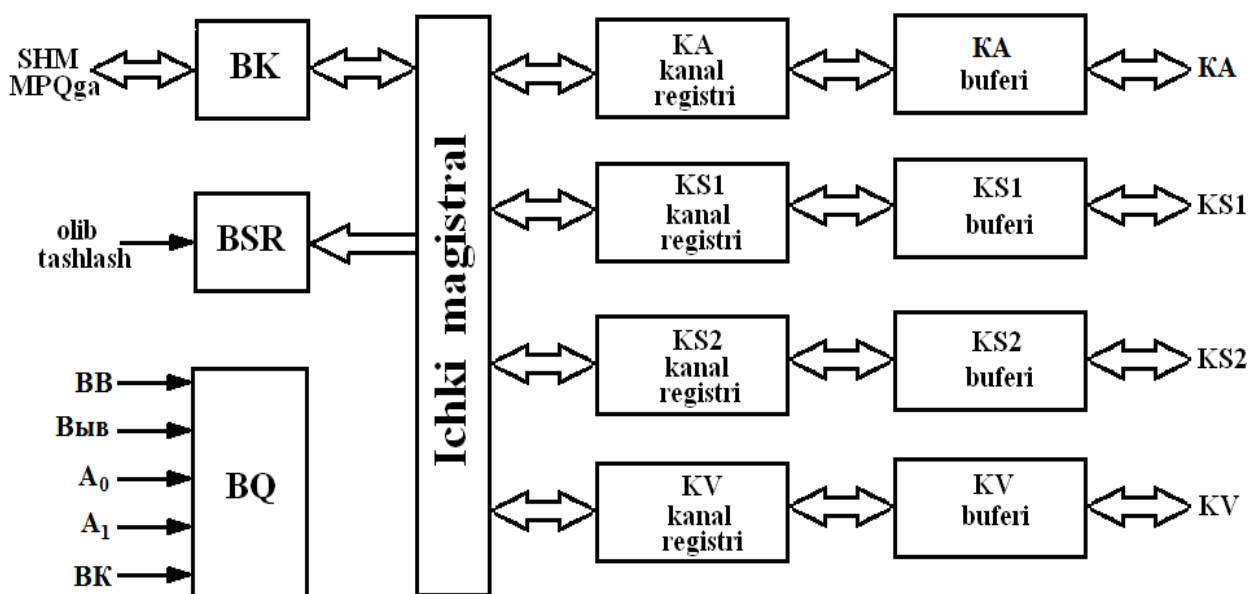
1) ma'lumotlar shinasidan kiritish-chiqarish portlariga uzatilayotgan ma'lumotlarni buferlash;

2) MPQning ko'p turli (5 yoki 6) boshqaruv signallarini interfeysni boshqaruvchi 2 ta signalga («so'rov» va «javob») o'zgartirish.

8.10-rasmda DPA yordamida mikroprotessor (MMQ) va uchta turli PQ o'rtasida ma'lumot almashinish jarayoni ko'rsatilgan. DPA tarkibiga turli xarakteristikalariga ega bo'lgan uchta port iradi. Ularning funktsional vazifalari protsessorga yuklanayotgan boshqaruv so'zining kodi bilan aniqlanadi.



8.10-rasm. DPQ orqali PQ lari va ma'lumotlar shinasiga o'rtasida ma'lumotlar almashinish sxemasi.



8.11-rasm. DPAning soddalashtirilgan tuzilma sxemasi.

8.11-rasmda DPAning soddalashtirilgan tuzilma sxemasi keltirilgan.

DPA yordamida mikroprotsektor va turli PQlar o'rtasida ma'lumotlar almashadi. Mikroprotsektorlarning ma'lumotlar shinasiga DPAda 8 razryadli bufer kanali (BK) ko'zda tutilgan. PQlari 8 razryadli KA, KV, KS DPA kanallariga ulanishlari mumkin. KS kanali ikkita 4 razryadli KS1 va KS2 kanallardan tashkil topgan. KA, KV, KS kanallari registrilar bilan jihozlangan. KA kanalida ikkita registr ko'zda tutilgan bo'lib, biri MPning ma'lumotlar shinasidan ma'lumotlarni qabul qilish va ularni PQga uzatish uchun, ikkinchisi esa ma'lumotlarni PQdan qabul qilish va ularni MPning ma'lumotlar shinasiga uzatishu chun

xizmat qiladi. KV, KS1 KS2 kanallarida bittadan registr mavjud bo'lib, ular MP va PQ o'rtasida talab etilayotgan yo'nalishlarda ma'lumotlar uzatishni ta'minlaydilar. Barcha kanallar buferli qurilmalar (uchta holatga ega bo'lgan kirish va chiqishda shina shakllantirgichlar) bilan jihozlangan bo'lib, ular DPAni tashqi shinalar bilan aloqasini ta'minlaydilar.

Shunday qilib, MP va PQ orasida almashinuv ikkita almashish fazasiga ajraladi: DPA tomonidan tanlangan registrlar (KA, KV va KS kanallar) va MPning ma'lumotlar shinasini o'rtasidagi almashinuv hamda DPA va PQ kanallari registrlari o'rtasidagi almashinuv. Bu almashinish fazalari qanday tashkil etilishini ko'rib chiqamiz.

MP ma'lumotlar shinasini o'rtasidagi almashinuv DPA boshqaruv bloki (BB) kirishiga uzatilayotgan boshqaruv signallari tomonidan tashkil etiladi. Bu yerda A_0, A_1 –MP adreslar shinasining ikkita kichik razryadlari qiymati, VM – mikrosexmani tanlash signali, Vv va V_{IV} – MP boshqaruv zanjirida shakllanayotgan signallar.

MPning IN (ma'lumotlarni kiritish) va OUT (ma'lumotlarni chiqarish) komandalari ta'sirida KD kanali buferlari MP ma'lumotlar shinasini bilan DPAning tashqi ma'lumotlar shinasini o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini ta'minlaydilar. MPning ma'lumotlar shinasidan DPAning ichki ma'lumotlar shinasiga qabul qilingan axborot quyidagi ma'lumotlarni o'zida olib keladi: yoki ichki shina orqali kanallardan biriing registriga qabul qilinib, so'ngra shu kanalga ulangan PQga uzatiladi, yoki *boshqaruvchi so'zni* tashkil etadi. Boshqaruvchi so'z «Olib tashlash» chiqishi orqali RU registri tomonidan qabul qilinadi va DPA kanallari registrlari va PQ o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini tashkil etadi.

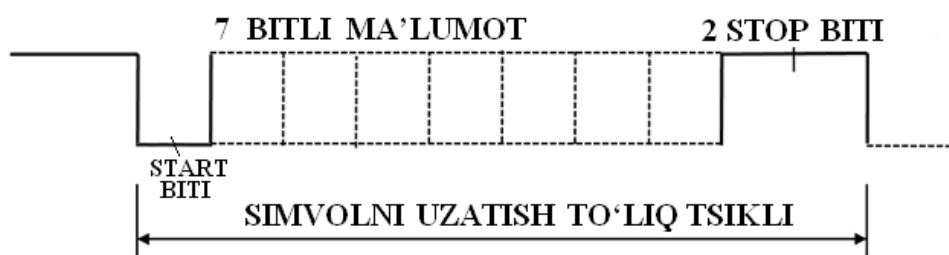
MKni uzoqlashgan obyektlar bilan aloqa qilish vositalari

Hammaga ma'lum iqtisodiy mulohazalardan kelib chiqqan holda shuni aytish mumkinki, ma'lumotlarni uzoq masofalarga bitta liniya orqali ketma-ketli kod yordamida uzatish bir nechta liniyadan parallel uzatishdan afzalroqdir. Shuning uchun bog'lovchi interfeys funksiyalaridan biri bo'lib bir nechta liniyadan kelayotgan signallarni bitta liniyadan uzatish maqsadida multiplekslash hisoblanadi. Bundan tashqari PQ bilan ma'lumotlarni ketma-ketli aloqa liniyalari orqali uzatish PQ kontrollerlari zimmasiga qo'shimcha funksiyalar yuklaydi (parallel uzatish kontrollerlariga nisbatan). Birinchidan, ma'lumotlar formatini o'zgartirish ehtiyoji tug'iladi: MKning tizimli interfeysi PQ kontrolleriga parallel formatidan PQga uzatish uchun ketma-ketli

formatga va aksincha. Ikkinchidan, PQga mos ma'lumotlar almashish rejimini tashkil etish lozim: sinxron yoki asinxron. Ma'lumotlarni sinxron uzatishda signallar takt impulslari kelishi bilan sinxron amalga oshiriladi. Ma'lumotlarni asinxron uzatishda signallar ma'lum uzatish formatlari bilan maxsus vaqt bo'yicha sinxronlash qo'llaniladi.

Misol ta'rifida *K* harfini ASCII kodi (ma'lumotlar almashinish uchun Amerika standart kodi) yordamida asinxron liniyadan uzatishni ko'rib chiqamiz. Asinxron liniya orqali aloqa signalining keng qo'llaniladigan formati 8.12-rasmda keltirilgan.

Mazkur format asinxron uzatish uchun mo'ljallangan bo'lgani uchun, uzatilayotgan signal boshi va oxirini belgilash uchun ikkita start va ikkita stop biti ishlatiladi. Ko'p hollarda start bitlari qabulqilgichning takt generatorini ishga tushirish uchun, stop bitlari esa uni to'xtatish uchun qo'llaniladi.



8.12-rasm. Ma'lumotlarni asinxron uzatishda qo'llaniladigan simvol formati.

Yuqori egiluvchan ishlashi uchun zamonaviy aloqa interfeyslarida quyidagi dasturiy-boshqaruv vositalari ko'zda tutilgan:

- 1) mustaqil qabuli qilish va uzatish registratorlari;
- 2) sinxron va asinxron ish rejimi;
- 3) uzatish tezligiga karrali bo'lgan takt signallar chastotasini tanlash;
- 4) uzunligi 5-9 bit va 1 yoki 2-stop bitli kadrlarni uzatish;
- 5) ichki va tashqi sinxronizatsiya;
- 6) kadrlashda xatoliklarni aniqlash va ma'ulmotlar to'lib ketishi va x.k.

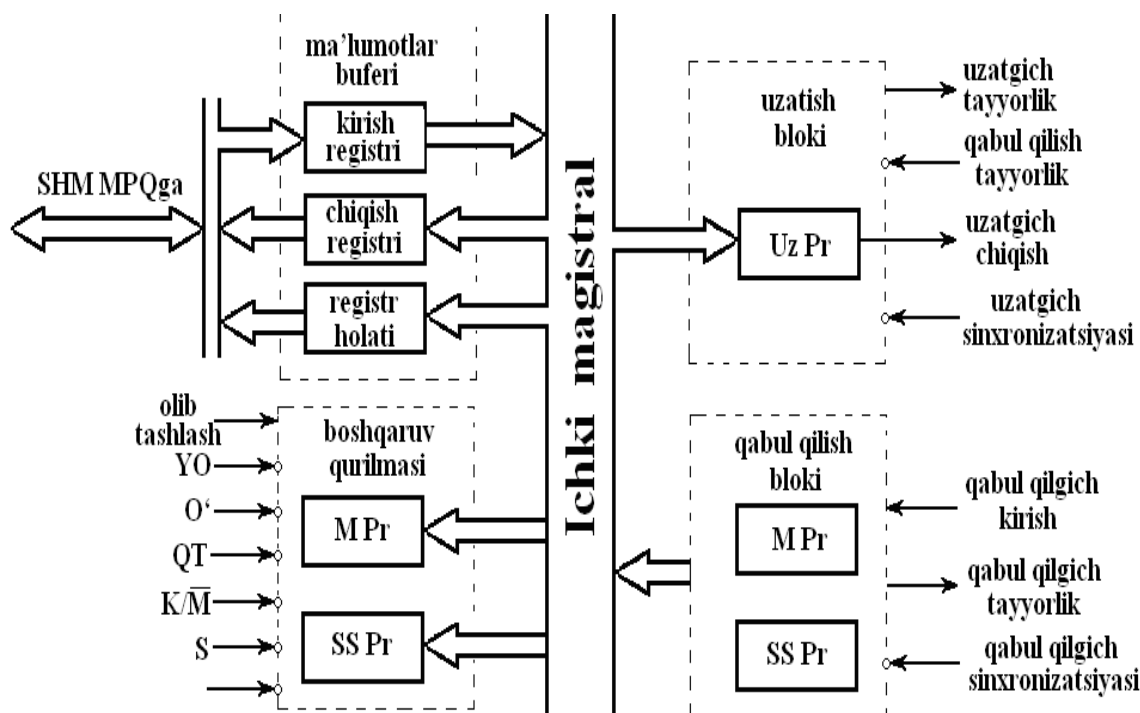
Quyida ketma-ketli interfeys USART ning ishlash tamoyili ko'rib chiqilgan:

Universal sinxron-asinxron ketma - ketli USART qabul-qilgich-uzatgichi USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) – interfeys qurilma bo'lib, dasturlash yo'li bilan

murakkab almashinish jarayonlarini amalga oshiradi. Bu turdagi maxsus interfeysli KISlar yana adapterlar deb ham ataladi va deyarli barcha zamonaviy mikrokontrollerlarga o'rnatiladi. Yagona kristallda bajarilgan adapter (ketma-ketli almashinish uchun mo'ljallangan dasturlanuvchi interfeys) ning namunaviy tuzilmasi 8.13-rasmda keltirilgan.

Qurilmaning asosiy tugunlari nomi va vazifasini ko'rib chiqamiz.

Adapter ma'lumotlarni uzatish bloki (MUB) va ma'lumotlarni qabul qilish bloki (MQQB) ga ega. Bu bloklar parallel qabul qilish va ketma-ket uzatish (RgPd) hamda ketma-ketli qabul qilish va parallel uzatish (RgD) registrlarini namoyish etadi.



8.13-rasm. USART ketma-ketli interfeys KIS tuzilmasi.

MPning ma'lumotlar shinasidan qabul qilinayotgan ma'lumotlar bayti kirishdagi RgVx registri tomonidan qabult qilinadi. U yerdan interfeysning ichki shinasini orqali uzatgich registri RgPd ga uzatiladi. Qator siljitish seriyalari natijasida registrdagi ma'lumotlar ketma-ketli kodda uzatgich chiqishiga (VPD) uzatiladi.

VPR qabul qilgich kirishiga ketma-ketli kod ko'rinishida kelib tushayotgan ma'lumotlar RgD siljitish registrida qayd etiladi va shu yerdan ichki shina orqali chiqish registri RgVyx ga uzatiladi. Bu yerdan ma'lumotlar parallel kodda MPning ma'lumotlar shinasiga uzatiladi.

Sinxron rejimda adapter va PQ o'rtasidagi ma'lumotlar sinxroimpulslar bilan birga amalga oshiriladi. Bu impulslar uzatishni sinxronlash kirishlari (SPD) va qabul qilishni sinxronlash kirishlari (SPM) ga uzatiladi. Sinxronlovchi so'zlarning kodli kombinatsiyasini saqlash uchun qabul qilgich blokida RgSS registri ko'zda tutilgan. Bu registrda shakllanayotgan qurilma holati so'z ko'rinishida ifodalaniladi va MP tomonidan so'ralishi mumkin.

Boshqaruv qurilmasi RgR rejim registriga ega bo'lib, u MPdan ma'lumotlar almashinish rejimi haqidagi axborotni saqlash uchun xizmat qiladi. Yana RgK komandalar registri ham mavjud bo'lib, u MPdan qabul qilinayotgan ma'lumotlar almashinish komandalarini saqlash uchun mo'ljallangan.

Adapter va MP o'rtasida ma'lumotlar almashinish ZP.VU, ChT.VU signallari bilan aniqlanadi va SS kirishga berilayotgan signallar yordamida sinxronlanadi. Mikrosxemaning VM tanlov kirishiga PQ deshifradoridan tanlov signali kelib tushadi. n-razryadli adreslardan biri «Boshqaru/Ma'lumotlar» U/D signali sifatida itshlatiladi va u adresatni tanlaydi: U/D=0 bo'lganda BPD yoki BPR registrlari (ma'lumotlar almashinuvi), U/D=1 bo'lganda boshqaruv bloki registrlari (boshqaruv axboroti almashinuvi). Adapter yunktsiyalari mazkur signallar yordamida beriladi.

Nazorat savollari

- 1. Mikrokontroller deb nimaga aytiladi ?*
- 2. Mikrokontroller mikroEHMdan nimasi bilan ajralib turadi ?*
- 3. Mikrokontrollerning asosiy qismlarini aytib bering.*
- 4. Periferiya qurilmalari qanday amallarni bajaradi ?*
- 5. Periferiya qurilmalarining asosiy uchta guruhini aytib bering.*
- 6. Mikrokontroller ishi nimaga asoslangan ?*
- 7. Boshqaruvchi dastur qanday qurilmada joylashgan ?*
- 8. Mikrokontrollerni dasturlash uchun qanday interfeys ishlatiladi ?*
- 9. MKda qanday xotira turlari qo'llaniladi ?*
- 10. Kiritish-chiqarish portlarining vazifasi nimada ?*
- 11. Markaziy protsessor qurilmasi qanday shinalar yordamida MKning boshqa elementlarini boshqaradi ?*
- 12. Xotira qurilmalari va kiritish-chiqarish portlarini initsializatsiyalash jarayoni nimadan iborat ?*
- 13. Takt impulslari nima uchun mo'ljallangan ?*

14. *MKning ish rejimlarini aytib bering.*
15. *Bufarli sxemalar nima uchun mo'ljallangan ?*
16. *Shinali shakllantirgichning tuzilma sxemasini keltiring.*
17. *Interfeys deb nimaga aytiladi ?*
18. *Tuzilma interfeysi deb nimaga aytiladi ?*
19. *Zamonaviy MK periferiya qurilmalari tarkibini keltiring.*
20. *Interfeysning asosiy vazifalari nimada ?*
21. *Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan adapterlarda axborot uzatish tamoyilini aytib bering.*

IX BOB

MIKROPROTSESSORLAR

9.1. Mikroprotsektorlarning tuzilmalari

Integral sxemalar mikroprotsektor majmualarining sinflanishi.

Raqamli tizimlarning zamonaviy element bazasi bo'lib turli mikroprotsektorli majmualar (MPM) tarkibiga kiruvchi katta integral sxemalar (KIS) hisoblanadi. IMSlarning MPMLari ikkita masalani yechishga imkon yaratdilar: birinchidan, ma'lumotlarni qayta ishlash tezligi va xotira hajmi keskin oshdi, ikkinchidan, ISlarning o'lchamlari, narhi va quvvat iste'moli shunchaga kamaydi.

Hisoblash matematikasi va mikrosxemalar ishlab chiqarish sohasining birgalikdagi yutug'lari MPMLarni turli ma'lumotlarni (ma'lumotnomalar, tajriba natijalari, maqola loyihalari va shu kabilar) jamlash, qayta ishlash va saqlash uchun keng qo'llash imkonini yaratdi. Shu bilan birga, uy texnikasi, asboblari, stanoklar, robotlar va avtomobillar ishini avtomatlashtirish imkonini yaratdi.

Va niqoyat, arzon mikroprotsektorli tizimlar telefoniya va radioaloqa, o'lchov texnikasi kabi sohalarda keng qo'llanilmoqda.

Har bir KIS MPM asosini *mikroprotsektor* tashkil etadi.

Mikroprotsektor (MP) deb berilganlar ustidan arifmetik va mantiqiy amallar bajaradigan dasturiy-boshqariladigan qurilmaga aytiladi. MP bitta yoki bir nechta KIS ko'rinishida bajariladi. Lekin turli MPli texnika yaratishda bitta MP etarli emas. Ixtiyoriy MP tizim dasturlari, berilganlar va berilganlarni qayta ishlash natijalari, ma'lumotlarni kiritish-chiqarish vositalari, boshqaruv obyektlari va qayta ishlash natijalarini aks ettiruvchi vositalar o'rtasida aloqa bog'lash kabi vositalardan tashkil topgan bo'lishi kerak.

Hozirgi kunga kelib KIS MPMLarining o'nlab turlari ishlab chiqariladi. Ular KIS jamlamasi va funksional to'liqligi, konstruksiyasi va yasash texnologiyasi bilan ajralib turadi. KIS MPMLarining birinchi belgisi bo'lib ularning qo'llash samaradorligi hisoblanadi. Bu belgisiga ko'ra barcha KIS MPMLari ikki guruhga bo'linadi: KISlarning universal va maxsus MPMLari.

KISlarning universal MPMga shunday majmualar kiradi-ki, ular asosida mikrokontrolliyerdan tortib universal mikroEHM gacha turli hisoblash vositalarini tuzish mumkin bo'lsin.

MikroEHM, yoki **mikrokompyuter** deb, bitta yoki bir nechta MPdan tashkil topgan berilganlarni qayta ishlash qurilmasi, operativ va doimiy xotira KISi, ma'lumotni kiritish-chiharishni boshharish KISi va ba'zi boshqa sxemalardan tashkil topgan qurilmaga aytiladi. Bunday tarkibga ega mikrokompyuterni «yalang'och» deb ham atashadi, chunki unda periferiya qurilmalari (tashqi XQ va ma'lumot kiritish-chiharish qurilmasi) mavjud emas. Bunday konfiguratsiyaga ega bo'lgan mikrokompyuterlar turli stanoklar, mashinalar, boshqaruv qurilmalarining texnologik jarayonlarini boshqaruv qurilmalari (kontrllerlar) sifatida keng qo'llaniladi.

Mikrokontroller – bu mikrokompyuter bo'lib, u uncha katta bo'lmagan hisoblash resurslari va hisoblashlarni bajarish emas, balki turli qurilmalarni mantiqiy boshharish kabi jarayonlarni bajarishga mo'ljallangan soddalashtirilgan komandalar tizimiga ega. «Kontroller» so'zi, mazkur qurilma turli murakkablik va muhimlik (prioritet)ga ega bo'lgan nazorat va boshqaruv amalini bajarishga mo'ljallanganligini aks ettiradi

KISlarning maxsus MPMlari faqat bir turdagi mikroEHM tuzish uchun mo'ljallangan.

KIS MPMlarining navbatdagi belgisi bo'lib majmuadagi KIS MPlari soni hizmat qiladi. Bu belgisiga ko'ra MPlar bir-, ko'pkristalli va razryadli-modulli tashkil etilgan (seksiyali protsessorlar) turlarga bo'linadi.

Bir kristalli MP belgilangan komandalar tizimidagi belgilangan razryadga ega bo'lgan ma'lumotlarni qayta ishlash qurilmasi hisoblanadi. Uning asosida turli texnologik jarayonlarni boshharish bilan bog'liq bo'lgan masalalarni yechadigan qurilmalar bajariladi.

Ko'p kristallai MPlarda alohidagi KISlar jiddiy aniqlikdagi amallar majmuini bajarishga mo'ljallangan bo'lib, avtonom ishlashlari ham mumkin.

Razryadli-modulli tashkil etilganMPlar bir nechta ma'lumot razryadlarini qayta ishlashga yoki ma'lum boshqaruv amallarini bajarishga mo'ljallangan KISlardan tashkil topgan. Bunday MPlar qayta ishlanayotgan ma'lumotlarni orttirib borish imkoniyatiga ega.

Yuqorida keltirib o'tilgan sinflanish KISlar MPMlari bilan dastlabki tanishuv uchun etarli hisoblanadi.

MP KISlarini tashkil etish shakllarining turlichaligi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, integratsiya darajasi, tezkorlik, qobig'dagi chiqishlar soni ularning asosiylari bo'lib hisoblanadi.

MPni ham IMS, ham hisoblash qurilmasi deb harash mumkin. Mikrosxema sifatida MP yangi sifat ko'rsatkilarga ega emas. Hisoblash qurilmasi sifatida MP quyidagilar bilan xarakterlanadi: razryadligi, mikrodesturi boshqaruv komandalari soni, komandalarni bajarilish vaqti, uzilish darajalarining soni va shu kabilar.

Qayta ishlanayotgan so'zlar uzunligini belgilovchi razryadlik, ham hisoblash qurilmasi, ham KIS sifatida MPning asosiy xarakteristikalaridan biri hisoblanadi. Chunki razryadlik asosan KISdagi komponentlar sonini belgilaydi. MPni KIS sifatida xarakterlovchi asosiy parametri bo'lib - integratsiya darajasi, sochilish quvvati, kobig'dagi chiqishlar soni va boshqalar hisoblanadi. Bundan tashhari, MPlar tayyorlanish texnologiyasi (BTLi, MDYAli) va sxemotexnik tashkil etilishi kabi belgilari bo'yicha ham sinflanadi. Bir kristalli MParni tuzishda bevosita bog'lanishli MDYA-tranzistorlar (ayniqsa KMDYA elementlari) va BT (I^2M elementlari) sxemotexnikasi keng qo'llaniladi.

Mikroprotsessori tuzilmasi.

MP tuzilmasi deganda apparat vositalar va ular orasidagi aloqa tushiniladi. Apparat vositalari – MP qurilmalari va boshqa KISlar tuziladigan elektron sxemalardir.

Har bir MP tuzilmasida ikkita asosiy qismni ajratib ko'rsatish mumkin: qayta ishlanayotgan va boshqaruvchi. MPning qayta ishlanuvchi qismi bo'lib arifmetik-mantiqiy qurilma (AMQ) hisoblanadi. Zamonaviy AMQLarda bajariladigan asosiy amallar bo'lib arifmetik qo'shish va ko'paytirish amallari hisoblanadi. Tuzilishi ko'ra AMQlar kombinatsion qurilma hisoblanadi va hususiy xotira elementlariga ega bo'lmaydi. U yoki bu amallarni bajarish vaqtida oraliq natijalarni saqlash uchun o'zgaruvchilarni kiritish uchun AMQlar registrlar bilan to'ldiriladi.

Protsessor tuzilmalari turlicha bo'lishi mumkin. Lekin ularning ko'pchiligini shartli ravishda uchta turga kiritish mumkin: akkumulyatorli, umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlil, stekli xotira blokili.

Sodda protsessorlar komandalar hisoblagichi, komandalar registri, adres (manzil) registri, holatlar registri, akkumulyator va buferli registrlardan tashkil topgan bo'ladi. Bunday protsessorlar odatda, *akkumulyatorli protsessorlar* deb ataladi, chunki barcha arifmetik va

mantiqiy amallar, hamda ma'lumot uzatish bo'yicha amallar akkumulyator yordamida bajariladi.

Registrlarning ko'pchiligi universal bo'lgan protsessorlar ham mavjud, ya'ni ular akkumulyatorlar, indeks registrlari, stek ko'rsatgichi va shu kabi amallarni bajarishi mumkin. Ular *umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlar* (UMR) deb ataladi.

Stekli tashkil etilgan protsessorlarda akkumulyator ham, UMRlar ham mavjud emas. Oddiy hollarda ularning dasturiy-murojaat registrlari stek cho'qqisi adresini (stek ko'rsatgichi) va dasturning keyingi komandasi (komandalar hisoblagichi)ni ko'rsatish, hamda protsessorning alohida qurilmalari holatlarini saqlash (holatlar registri) uchun xizmat qiladi.

AMQlar registrlar bilan birgalikda MPning operatsion qurilma (OQ) deb ataluvchi qayta ishlovchi qismini tashkil etadilar.

OQ tugunlari ishini boshharish bilan boshqaruvchi qurilma (BQ) shug'ullanadi. U ma'lum vaqt ketma-ketligida boshqaruv signallari ishlab chiqaradi, bu signallar ta'sirida OQ tugunlarida berilgan qayta ishlash dasturi amalga oshiriladi. Boshqaruv qurilmasi (kontroller) hisoblagich va takt signallar generatori (taymer)ga ega. BQ OQ bilan birgalikda protsessorni tashkil etadi. Mikrosxemalarda bajarilgan protsessor, *mikroprotsessor* deb ataladi.

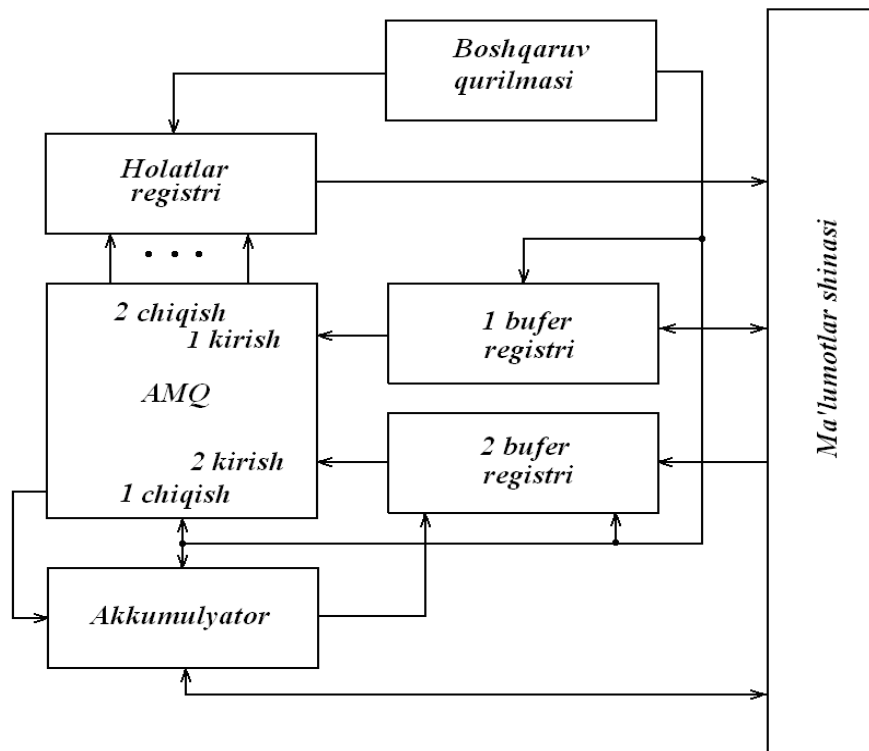
Sodda akkumulyatorli protsessor tuzilmasi 9.1-rasmda keltirilgan.

Odatiy AMQlar ikkita kirish (1 kirish va 2 kirish) va bitta chiqish (1 chiqish)ga ega bo'lib, chiqishga m-razryadli shinalar ulangan ($m=4,8,16,32$). Bundan tashhari AMQ yana bir guruh chiqishiga (2 chiqish) ega bo'lib, ular qo'shimcha ma'lumotlarni olish uchun mo'ljallangan. Kirishlarning ikkala guruhi (kirish potrlari) ma'lumotlarni vaqtincha saqlash uchun mo'ljallangan bufer registrlari bilan ta'minlangan. Har bir bufer registri bir so'z ma'lumotni saqlashga qodir. Bu so'zning razryadligi MPning aniq turi bilan belgilanadi. 1 kirish ma'lumotlarni bevosita ma'lumotlar shinasidan, 2 kirish esa, yoki ma'lumotlar shinasini, yoki akkumulyatordan oladi.

AMQ ishi haqidagi qo'shimcha ma'lumot holatlar registrida joylashadi. Unda so'nggi amal natijalari haqidagi xizmat ma'lumoti saqlanadi (akkumulyator olib tashlangan, so'nggi amal bajarilishi natijasida salbiy natija olingan va h.k.).

Kirishlarga kelib tushayotgan ma'lumotlar AMQda mos boshqaruv signallari yordamida qayta ishlanadi. AMQ amallarini tashkil etish uchun misollar 8.1-jadvalda keltirilgan. Boshqaruv signallari vaqt

bo'yicha aniq taktlangan bo'lib, so'zlar ustidan ma'lum arifmetik yoki mantiqiy amallarni bajarish boshqaruv signallarining ma'lum ketma-ketligi asosida bajariladi. 9.1-rasmda keltirilgan MPning qayta ishlovchi qismi tuzilmasi ko'plab modifikatsiyaga ega.



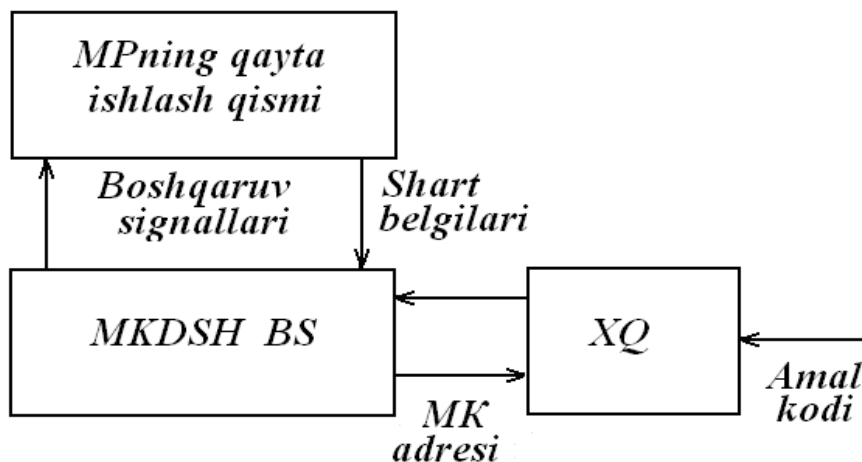
9.1-rasm. Akkumulyatorli protsessor tuzilmasi.

MP boshqaruv qurilmasi (BQ)ning tashkil etilishini ko'rib chiqamiz. BQ quyidagi amallarni bajaradi: dastur komandasini kerakli ketma-ketlikda tanlash, ularni deshifratsiyalash, amallarni bajarishni boshqarish. BQlarni tashkil etishni ikki usuli mavjud: *mikrodasturiy* va *apparati*.

Mikrodasturiy boshqaruvda barcha boshqaruv kirishlari alohida shinaga birlashadilar. Mazkur shinaning razryadligi boshqaruv kirishlari soniga teng. Bu shinaga algoritmnining har qadamida mikrokomanda (MK) beriladi. Ya'ni MPning ish dasturi mikrodastur ko'rinishida (mikrokomandalar ketma-ketligi) berilgan. Bu turdagi MP 64-256 ta mikrokomandalarni bajaradi. Ma'lumki, komandalar majmuiga ham nisbatan sodda, ham yetarlicha murakkablikdagi, ko'paytiruv va bo'luv komandalari kiradi. Bunday komandalarni amalga oshirish uchun *mikroamallar* deb ataluvchi bir nechta sodda komandalar ketma-ketligini bajarish zarur. Sodda komandalarga arifmetik qo'shuv,

konyunksiya, dizyunksiya, inversiya, chapga yoki o‘ngga siljish, xotira yacheykalari va raqamli tizimning boshqa qurilmalari operandlar o‘rtasida qayta taqsimlash kiradi. Mikroamallarni boshqaruvni amalga oshiruvchi komandalar ***mikrokomandalar*** deb ataladi. Har bir komanda uchun mikrokomandalar ketma-ketligidan iborat bo‘lgan mikrodestur tuziladi. Mikrodesturlarni tuzish va sozlash ko‘p vaqt talab etadi. Shuning uchun bu turdagi MP boshhariladigan maxsus KISlar ishlab chiqariladi. Dastur XQdan BQga navbatma-navbat kelib tushadigan komandalarning kodlangan ketma-ketligini tashkil etadi.

Mikrodesturiy BQli MP tuzilma sxemasi 9.2-rasmda keltirilgan bo‘lib, unga mikrodesturlar XQsi, mikrokomandalar deshifratori (MKDSH) va ularning bajarilishini boshqaruvchi sxema (BS) kiradi. XQda har bir amal uchun mikrokomandalar majmui (mikrodesturlar) saqlanadi. Mikrokomandalarni tanlash va ularni bajarish ketma-ketli, ya’ni mos boshqaruv kirishlariga signallarni uzatish, MPning qayta ishlash qismida amal kodiga mos keluvchi arifmetik va mantiqiy amallarni bajarilishini ta’minlaydi.



9.2-rasm. Mikrodesturiy BQli MP tuzilma sxemasi.

BQ quyidagicha ishlaydi. Amal kodi bo‘yicha mikrodesturlar XQsidan mikrodesturning mazkur amalni bajaruvchi birinchi MKsi tanlanadi va u so‘ngra MKDSHga uzatiladi. MKDSH MK kodini deshifratsiyalaydi va mos boshqaruv signallari ishlab chiqaradi. Bu signallar MPning qayta ishlash qismiga kelib tushadi. BQsi MKning adres kodi bo‘yicha navbatdagi MK adresini shakllantiradi va u XQsiga uzatiladi. Bu jarayon mazkur mikrodesturning barcha MKlari tanlanib va bajarib bo‘linmaguncha davom etadi.

BQning bunday tashkil etilishining afzalligi bo‘lib MP komandalariga nisbatan universalligi hisoblanadi. Yangi amalni kiritish uchun XQdagi dasturni almashtirish kerak. Dasturlar ma’lumotlar saqlanadigan shu XQda yoki dasturning alohida XQsida joylashishi mumkin. Agar tizim universal bo‘lsa, u holda, navbatdagi dastur yoki uning bir qismi tashqi qurilmalardan qo‘shimcha qurilmalar orqali operativ XQ (OXQ)ga kiritiladi. Bu amal bajarilgach OXQga yangi dastur yuklanadi. Demak, MPning mikrodasturiy tashkil etilishining kamchiligi bo‘lib, kichik tezkorlik hisoblanadi. Chunki har bir taktda tizim MP XQsiga murojaat qiladi.

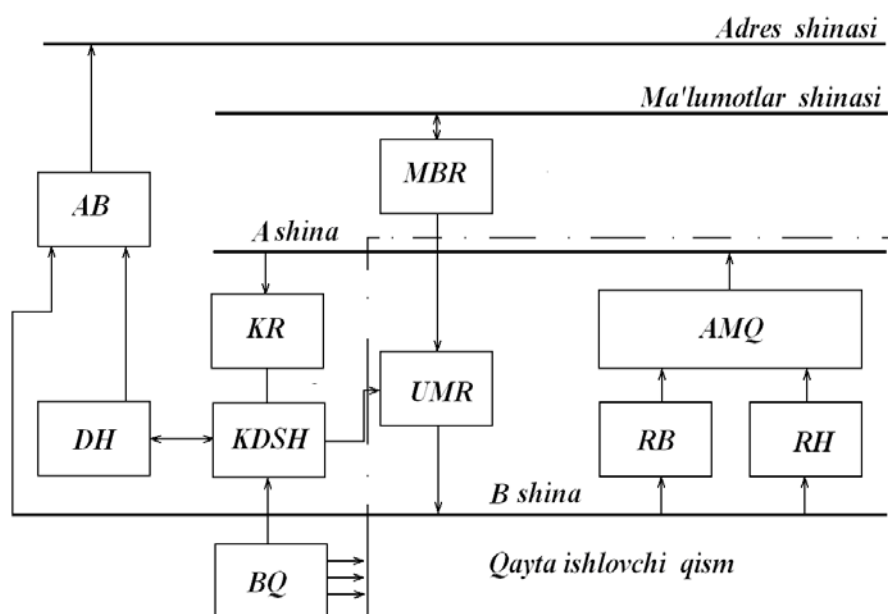
BQning tashkil etilishining *apparat* prinsipi yoki aniq mantiq yordamida tashkil etilishi cheklangan aniq algoritm bo‘yicha ishlashi uchun qo‘llanadi. Barcha boshqaruv kirishlari maxsus mantiqiy sxemalarda bajarilgan alohida blokka keltiriladi. BQ elektr sxemasi shunday loyihalashtiriladi-ki, faqat berilgan algoritmlarni bajarilishini ta’minlay-digan boshqaruv signallari ketma-ketligi shakllanadi. Aniq mantiqli tizim maksimal tezkorlik va kam quvvat iste’moli bilan xarakterlanadi. Lekin bunday qurilmalarni operativ qayta qurish mumkin emas bo‘lib, bu turdagi BQlarning kamchiligi hisoblanadi.

MPlarda adres bo‘yicha murojaat qiluvchi XQlar (UMR)dan tashqari xotira bloklari bilan ishlash imkoniyati ham ko‘rib chiqilgan. Bu vaqtda xotira blokiga murojaat qilishda adres ko‘rsatish talab etilmaydi va u *stek* deb ataladi. Stek ishining prinsipi quyidagicha: «ohirgi bo‘lib yozilgan - birinchi bo‘lib o‘qiladi». Stek yordamida kam vaqt sarflab ichki registr holatlarini eslab qolish va tiklash amallari bajariladi.

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan asosiy bloklardan tashkil topgan MP tuzilma sxemasi 9.3-rasmda keltirilgan.

Turli MPlarda turlicha shinalar ishlatiladi.

MP quyidagicha ishlaydi. Odatga ko‘ra, amallarni bajarilish tartibini belgilovchi komanda kodlari (dastur) tashqi XQsida joylashadi. Shuning uchun komandani deshifratsiyalanish ketma-ketligidan kelib chiqqan holda komandalarni tanlash va amal kodini BQga uzatish kerak. MPda bu amallarni bajarish dastur hisoblagichi (DH), komanda registri (KR), adres shinasiga operandlar va DQdagi ma’lumotlarni uzatish sxemalari, tashqi ma’lumotlar shinasidan KRga ma’lumotlar va komandalarni qabul qilish sxemalari yordamida amalga oshiriladi.



9.3-rasm. UMRlardan tashkil topgan MP tuzilma sxemasi.

DH registri bajarilib bo‘lgan komanda ketidan keladigan komanda adresini saqlash uchun mo‘ljallangan. KR adresi komanda hisoblagichi tomonidan o‘rnatilgan komanda kodini saqlash uchun mo‘ljallangan. AR tashqi XQ yacheyka adresini eslab qoladi. qqdan ma‘lum vaqt momentida operandni tanlab olish yoki saqlab qo‘yish mumkin. Bajarilishi kerak bo‘lgan va XQ registrida saqlanayotgan komanda adresi adres shinasi orqali tashqi XQning komandalar saqlanadigan adres kirishlariga uzatiladi. qqdan tanlangan amal kodi ma‘lumotlarning bufer registri (MBR)dan KRga uzatiladi. Komanda kodi kod deshiratorida (KDSH) deshifratsiyalanadi va BQga uzatiladi. BQlar esa amal kodiga mos boshqaruv signallari ishlab chiharadi va ular MPning qayta ishlash qismiga uzatiladi. Agar amalni bajarish uchun tashqi XQga murojaat talab qilinsa, u holda, mos keluvchi adres AB orqali adres shinasiga kelib tushadi. DHda saqlanayotgan ma‘lumot o‘zgaradi va keyingi amalni bajarishga tayyorlanadi.

9.2. Mikroprotsessori registrlari

Ma‘lumotlar qayta ishlanadigan joylarda, doim ma‘lumotlar uzoq yoki qisqa vaqt saqlanadi. Bu maqsadlarda registrlarni xotira elementlari sifatida qo‘llash mumkin. MP tarkibida o‘nlab turli maqsadlarga mo‘ljallangan registrlar ishlatiladi. Ularning soni ma‘lum darajada MPning hisoblash quvvatini belgilaydi. Lekin doim yodda tutish kerak-

ki, aniq masalani yechish uchun nazariy jihatdan minimal registrlar soniga ega bo'lgan MPLi ixtiyoriy EHMni qo'llash mumkin. Bu holda, oddiy komandalarni soni ko'pligi tufayli mashina uzoq vaqt hisoblaydi.

Funksional belgisiga ko'ra registrlarni uch guruhga bo'lish mumkin:

1. Saqlash registrlari;
2. Operatsion registrlar;
3. Yordamchi registrlar.

Saqlash registrlari ma'lumotlar, komandalar, adreslar va oraliq natijalarni bevosita protsessorida saqlash uchun xizmat qiladi.

Protsessor va AMQLarning saqlash registrlarini ko'rib chiqamiz.

Ma'lumotlar registri (MR). U ma'lumotlarni xotira va protsessor orasida almashinishida 16-razryadli so'zlarni vaqtincha saqlash uchun qo'llaniladi. Komanda, son yoki simvolni xotiradan protsessorga o'qish jarayonida bu so'z avval ma'lumotlar registriga kelib tushadi, so'ngra yoki komanda registriga, yoki protsessorning boshqa registrlariga uzatiladi. Ma'lumotlar protsessoridan xotiraga qayta uzatilayotganda ular avval MRga joylashtiriladi va so'ngra xotiraning tegishli yacheykalariga yoziladi.

Ma'lumot so'zi MRda joylashgan vaqtda, u arifmetik va mantiqiy amallar bajarish uchun qo'llanilishi mumkin.

Akkumulyator (A). A registri protsessorning asosiy elementlaridan biri hisoblanadi. Mashina bir vaqtning o'zida faqat ikki operandlar ustidan arifmetik va mantiqiy amallar bajarishi mumkin. Odatda,, birinchi operand xotiradan MRga uzatiladi, bu vaqtda ikkinchi operand Ada joylashadi. Komanda yordamida berilayotgan amal MR va A ichidagi operandlar ustida bajariladi, va natija Aga joylashtiriladi, ya'ni to'planib (akkumulyatsiyalanib) boradi.

Uzatish registri (S). Bu bir razryadli registr bo'lib, akkumulyator to'lib qolgan holda ma'lumotlarni saqlash uchun xizmat qiladi. U yana siklik ravishda siljishlarni tashkil qilishda ham qo'llaniladi.

Komandalar registri (KR). Bu registr mashina tomonidan bevosita amal bajarilish jarayonida amal kodini saqlab turadi. Komandaning amal kodi KRdan boshqaruv qurilmasiga uzatiladi va deshifratsiyalanadi. So'ngra komandani amalga oshirish yuzasidan vazifalar bajariladi: operandni o'qish yoki komanda tomonidan belgilangan amalni bajarish. Komanda so'zining adres qismi adres registrida saqlanadi.

Adres registri (AR). U xotira yacheykasining bajarilish adresi qiymatlarini saqlaydi. Agar mashina komandalar tanlovini amalga

oshirayotgan bo'lsa, u holda, komanda saqlanayotgan yacheyka adresini ko'rsatish uchun komanda hisoblagichi (Kq)dagi ma'lumot ARga uzatiladi.

Bayroq registri (BR). Uni yana *to'lib ketish triggeri* deb ham atashadi. U biror amal bajarib bo'lingach natijaning razryadligi operandlar razryadligidan katta bo'lgan hollarda signal beradi.

Holatlar registri (HR). Dastur bajarilishining har momentida MP holatini va BQga komandaga o'tish signalini belgilab boradi. Komandaning adresi bu vaqtda komanda hisoblagichi deb ataluvchi maxsus registrda saqlanadi.

Saqlash registrlari taktlanuvchi RS-, JK- yoki D-triggerlari asosida bajariladi. RS-triggerlar asosidagi registrlar (4.12-rasm) apparat harajatlari jiqatidan iqtisodiy jiqatdan yahshi hisoblanadi: bitta razryad uchun atigi to'rtta ikki kirishli HAM-EMAS sxemasi talab etiladi. Ulardan biri albatta TTM kabi uchta holatga ega bo'lgan sxema bo'lishi kerak. Uchta holatga ega bo'lgan sxemalarning qo'llanilishi saqlash registrlarining ko'pchilik kirishlari va chiqishlari ulanadigan ichki ma'lumotlar shinasini tashkil etishga imkon beradi. Yozish (kirish) va o'qish (chiqish)ga ruhsat berish shinalarini boshqarib registrlar o'rtasida ma'lumotlar almashinuvini ta'minlash mumkin.

Registrning bunday tashkil etilishining kamchiligi bo'lib har bir sonni yozishdan avval nolga keltirish zarurligi hisoblanadi. Bu esa registrga murojaat qilish vatqini uzaytiradi. Bu kamchilik saqlash registrlarida D-triggerlarni qo'llaganda bartaraf etiladi. D-trigger nol holatiga olib kelinishni talab etmaydi, demak, tezkorlik ortadi. Lekin bunda apparat vositalari soni ortadi (5 ta mantiqiy sxema).

Operatsion registrlar. Operatsion registrlar saqlashdan tashqari o'z holatini ma'lum tarzda o'zgartirish hossasiga ega. Masalan, komanda hisoblagichi, stek ko'rsatgichi va boshqalar kabi operatsion registrlar xotiraga murojaat qilgandan keyin o'z holatini bittaga o'zgartiradi.

Komanda hisoblagichi (KH). Bu registr dastur saqlanayotgan xotira yacheykalariga murojaatni tashkil qilish uchun hizmat qiladi. Har komanda bajarish siklining so'nggida hisoblagich dasturning keyingi komandasi saqlanayotgan xotira yacheykasi adresini ko'rsatadi. Odatda,, xotiradagi komandalar ketma-ket yacheykalarga yoziladi, bu holda, joriy komanda bajarib bo'lingan hisoblagich holati bittaga ortadi va avtomatik ravishda keyingi komanda adresi ko'rsatiladi.

Stek ko'rsatigichi (SK). Bunday registr xotira magazinli yoki stekli tashkil etilgan MP modellarida mavjud bo'ladi. Stek xotiraga

murojaat qilmasdan turli arifmetik harakatlarni ketma-ket tartibda bajarilishini ta'minlaydi. Bu holat ko'p masalalarni yechishda qulay hisoblanadi.

Protsessor tuzilmalari yetarlicha turlicha. Lekin ularning ko'p qismini uch turga kiritish mumkin:

- akkumulyatorli;
- umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrli;
- xotiraning stek tashkil etilishili.

Akkumulyatorli protsessorlar kam sonli registrlardan tashkil topadi: komandalar hisoblagichi, komandalar registri, adreslar registri, holatlar registri, akkumulyator va ikki buferli registr, ulardan biri ma'lumotlar registri deb ataladi. Barcha arifmetik va mantiqiy amallar, hamda ma'lumotlar uzatish bo'yicha amallar akkumulyatorni qo'llagan holda bajariladi, ularning nomi ham shundan kelib chiqadi.

Protsessor samaradorligini oshirish maqsadida undagi registrlar soni oshiriladi: indeks registrleri, stek ko'rsatgichlari, qo'shimcha akkumulyatorlar kiritiladi. Lekin bu registrarning hammasi faqat bitta amal bajarishga mo'ljallangan bo'lib, har bir amal uchun ikkitadan ortiq bo'lmagan akkumulyatorlar ishlatiladi. Bunday protsessor akkumulyatorli protsessorga kiradi.

Umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrli protsessorlarda ko'pchilik registrlar universal bo'lib, akkumulyatorlar, indeks registrleri, stek ko'rsatgichlari va shu kabi amallarni bajarishi mumkin. Bunday registrlar umumiy maqsadlarga mo'ljallangan registrlar (UMR) deb ataladi.

Stekli tashkil etilgan protsessorlar akkumulyator va UMRlarga ega emas. Eng sodda bunday protsessor dasturiy-murojaat registrlarga ega bo'lib, ular stek cho'qqisi (stek ko'rsatgichi) va navbatdagi dastur komandasini (komanda hisoblagichi) adreslarini, hamda protsessorning alohida qurilmalarining holatlari haqidagi ma'lumotlarni ko'rsatadi.

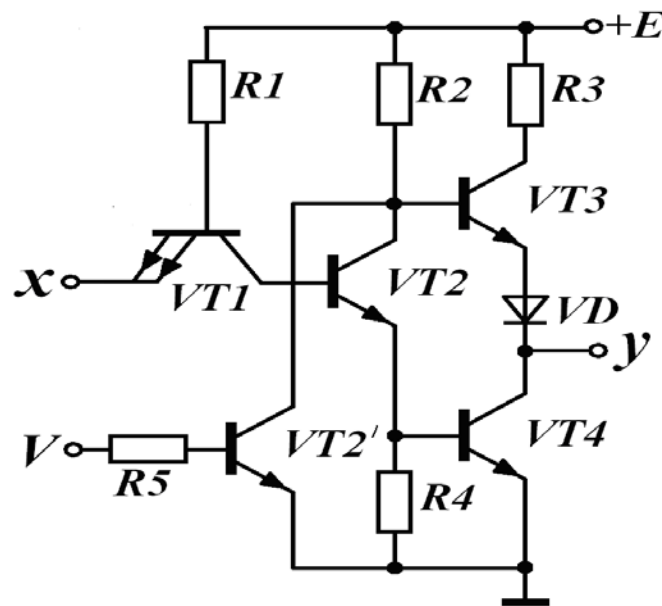
Yordamchi registrlar. Ular buferlash, qisqa muddatga saqlash va shu kabi yordamchi amallarni bajarishga mo'ljallangan.

Bufer registri. Bufer registri ma'lumot va komandalar, ma'lumotlarni tashqi shinasi va magistral tashkil etilgan MP-tizim komandalarini protsessor ichida mantiqan va elektr jiqatdan ajratish uchun mo'ljallangan.

Buferli sxemalarning tuzilish prinsipi buferli TTM kuchaytirgi misolida 9.4-rasmda keltirilgan. Murakkab invertorli TTMLarda bir

nechta sxemalar chiqishlarini birlashtirish mumkin emasligini eslatib o‘tamiz.

Agar bunday birlashtirish amalga oshirilsa, u holda, elementlardan birining U chiqishi past potensial U^0 ga, keyingisi esa yuqori potensial U^1 ga ega bo‘lsa, ketma-ket ulangan bir sxemaning $VT4$ tranzistori va boshqa sxemaning $VT3$ tranzistori orqali katta sizilish toki oqib o‘tadi. Bu tok qiymati $R3=100$ Omli rezistor bilan cheklangan. Bu vaqtda iste’mol qilinayotgan quvvat ortadi va sxema ishdan chiqishi mumkin. Chunki IMSdagi tranzistorlar uzoq vaqt katta toklar oqib o‘tishiga mo‘ljallanmagan.



9.4-rasm. Chiqishdagi signal uchta holatga ega bo‘lishi mumkin bo‘lgan magistral TTM kuchaytirgichi prinsipial sxemasi.

Lekin bir nechta tugunlari va bloklari umumiy magistralga ishlaydigan raqamli qurilmalarda, chiqishlarning bunday ulanishi zarur hisoblanadi. Bu holda, sxema V kirishga ega bo‘lgan $VT2'$ tranzistor bilan to‘ldiriladi. Bunday sxema uchta holatli sxema deb ataladi. Agar V kirishga nol signal berilsa, kuchaytirgich X kirish o‘zgaruvchisini Y chiqishga inverslab uzatadi. $V=1$ bo‘lganda $VT2$ tranzistorga parallel ulangan $VT2'$ tranzistor K nuqtada nolga yaqin potensial shakllantiradi. Natijada, chiqishdagi $VT3$ va $VT4$ tranzistorlar berk rejimda bo‘ladi. Y chiqishga «0 ham emas, 1 ham emas» holati uzatiladi.

V boshqaruv signali berilganda sxemaning yuklamadan uzilish hossasi chiqishlarga umumiy liniya orqali ko‘p signal manbalarini magistral bog‘lashda qo‘llaniladi.

9.3. Mikroprotessorli tizimlar, ularning arxitekturasi, asosiy tugunlari va bloklari

Mikroprotessorli tizim (MP-tizim) deb odatda, mikroprotessorli vositalar asosida tuzilgan ma'lumotli yoki boshqaruv tizimiga aytiladi.

Mikroprotessorli vositalar – boshqaruv signallariga bog'liq ravishda turli amallarni bajaruvchi, cheklangan nomenklaturaga ega bo'lgan KISlar majmuasi. Mikroprotessorli vositalar turkumiga kiruvchi barcha KISlarni, bu esa MP, operativ va doimiy xotira, kirish-chiqishni boshqarish mikrosxemalari, takt signallari generatori va boshqalarni, kuchlanish manbai qiymati, signallar va ma'lumotni ifodalash turlari bo'yicha muvofiqlashtirish mumkin. Mikroprotessorli vositalar majmuiga ega bo'lib, turli murakkablikdagi raqamli apparaturlarni tuzish mumkin.

Ularni apparaturaga o'rnatish, hizmat ko'rsatish va dasturlash hozirgi kunda malakaga ega bo'lmagan, ya'ni mazkur darslikni o'rganayotganlar zimmasiga yuklatiladi. Shuning uchun, ular hozirgi yoki kelajdakdagi faoliyatdan kelib chiqqan holda shunday texnik qurilmalarni yaratish bilan shug'ullanishi mumkin.

Mikroprotessorli vositalarni *mantiqiy tashkil etilishi* yoki *arxitekturasi* a) universal qo'llanishga; b) yuqori samaradorlikga; c) texnologiklikka erishishga yo'naltirilgan bo'lishi kerak.

Mikroprotessorli vositalarning *universalligi* ularni turlicha qo'llanilishi imkoni bilan va MPni dasturiy boshqarish, tuzilishining magistral-modulli prinsipi hamda maxsus apparatli-mantiqiy vositalar:

- o'ta operativ registrli xotira;
- ko'p bosqichli uzilish tizimi;
- xotiraga to'g'ridan-to'g'ri murojaat;
- kirish-chiqish boshqaruvini dasturiy-sozlash sxemalari va boshqalar bilan aniqlanadi.

MPning nisbatan yuqori samaradorligiga ularni tuzishda tezkorligi yuqori bo'lgan KIS va O'KISlarni qo'llash ya'ni:

- stekli xotira;
- adreslashning turlicha usullari;
- komandalarning egiluvchan tizimi va ularning formatlari;
- adreslanuvchi xotiraning razryadligi va hajmi;
- registrlar tuzilmasi va ularning funksiyasi va boshqa maxsus arxitektura yechimlari hisobiga erishiladi.

Mikroprotessorli vositalarning *texnologikligiga* raqamli tizimlarni *modul prinsipida konstruksiyalash* hisobiga erishiladi. Bunda, birinchidan, ixtiyoriy amalni bajarishga mo'ljallangan raqamli tizim mos KISlar majmuasi bo'lib, unda barcha qurilmalar umumiy magistral (umumiy shina) orqali ma'lumot almashadilar.

Ikkinchidan, tizimning magistral tuzilish prinsipi alohida qurilmalarni yanada yangisiga almashtirish yo'li bilan modernizatsiyalashga imkon beradi.

Uchinchidan, tizimning magistral tuzilish prinsipida uning «intellektual» imkoniyatlarini oshirish mumkin. Buning uchun tizimga qo'shimcha qurilmalar ulanadi. Shuning uchun tizim qurilmalari bir turli konstruksiya va magistralga ulanish uchun standart vositalar (interfeyslar)ga ega bo'lgan alohida modullar ko'rinishida ishlab chiqariladi.

MP-tizimlarning texnologik rivojlanishi quyidagi yo'nalishlarda ro'y beradi:

1. Integratsiya darajasini oshirish yoki kristalldagi sxema elementlari sonini oshirish. Mutaxassislarning bashoratiga ko'ra 2012 yilda chipda (kristallda) 2700 MGz chastotada ishlaydigan 1,4 mlrd. tranzistor joylashtirish mumkin bo'ladi.

2. Qayta ishlanayotgan ma'lumotlarni razryadligini oshirish: birinchi MPlarda - 4, Itaniumda - 64.

3. BT va MDYA-tranzistorlarni birgalikda qo'llaydigan IMSlarni tuzish texnologiyasidan foydalanish. KMDYA-tuzilmalar BTga nisbatan kichik quvvat iste'moliga va o'lchamlarga ega. Natijada, yuqori qayta ishlash tezligini saqlab qolgan holda, joylashtirish zichligini oshirish mumkin.

Mikroprotessorlar arxitekturasi. MP-tizimni uchta ketma-ket murakkablashib boradigan detallash darajalari ko'rinishida ifodalash mumkin:

- 1) apparat vositalari – elektron sxemalar bo'lib, ular yordamida alohida qurilmalar tuziladi (avvalgi boblarda o'rganib chiqildi);

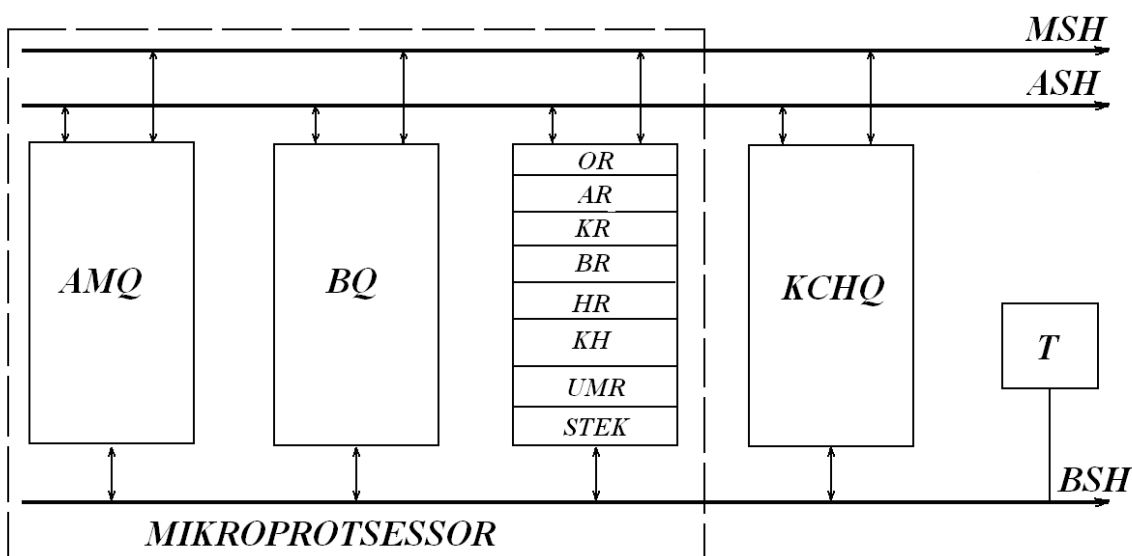
- 2) arxitektura – tarkib, xarakteristikalar, qurilmalarning bog'lanishi, komandalar ro'yhati va ularning formatlari, adreslash usullari, adreslanuvchi xotira razryadligi va hajmi; registrlar tuzilmasi va ularning funksiyalari va boshqalar.

- 3) MPning dasturiy ta'minoti.

MP arxitekturasi ko'rib chiqishga o'tamiz. Yuqorida aytib o'tilganidek, MPlar shartli ravishda uch guruhga bo'linadi: akkumulyatorli, UMRli, stekli tashkil etilgan. Real mikroEHM

protessorlari tuzilmasini aytib o‘tilgan turlarning biriga aniq kiritish mumkin emas. Masalan, sanoatda ishlab chiqariladigan KR1810VM86 MP, biror amallarni bajarishda (ko‘paytirish va bo‘lish) akkumulyatorli protessorlarga tegishli bo‘lishi mumkin, boshqa amallarni bajarishda esa UMRlarga. Lekin sinflanish turli protessorlar arxitekturasini, demak, ularning ish samaradorligini baholashni tushunishga yordam beradi.

Kombinatsion turli MPli MP-tizim arxitekturasini 9.5-rasmda keltirilgan.



9.5-rasm. MP-tizim tuzilmasi.

MP quyidagi tugun va bloklardan tashkil topgan:

1. **Arifmetik-mantiqiy qurilma** (AMQ). Bu qurilma bevosita ikkilik kodida ifodalangan sonlar va adreslar ustidan arifmetik va mantiqiy amallarni bajaradi. Odatda,, siljituvchili registrli AMQlar qo‘llaniladi.

2. **Boshqaruv qurilmasi** (BQ). BQ AMQ va MP-tizimning boshqa bloklari ishini boshqaradi. U ketma-ketli qurilma bo‘lib, mantiqiy elementlar (apparat tashkil qilinish) yoki DXQ, DMMLarda (mikrodasturiy tashkil qilinish) bajariladi. BQsi xotira blokidan kelayotgan komandalar asosida ishlaydi. Bu yerda komandalar mazkur komandani bajarilishini boshqarish uchun ikkilik signallariga aylantiriladi. BQ va butun MP-tizim ishi sinxronizatsiya va dastlabki o‘rnatilish (taymer) sxemalari signallari ta’sirida sodir bo‘ladi. Taymer

(T) ko‘p hollarda alohida kristall ko‘rinishida bajariladi. U komandalarni bajarilish jarayonini vaqt bo‘yicha taqsimlaydi.

Biror amalni bajarishga mo‘ljallangan komandalar - buyruqlar 8,16,24 razryadli va undan yuqori (64 tagacha) bo‘lgan ikkilik so‘zlardan iborat bo‘ladi. Ularning bir qismi amal kodi bo‘lib, qolganlari - xotirada ma’lumotlar adreslari o‘rtasida taqsimlanadi.

3. **Registrlar bloki (R)**. Joriy ma’lumotni o‘ta operativ saqlash uchun hizmat qiladi. Bajaradigan amaliga ko‘ra bloklar quyidagi registrlarga ega:

a) **OR va AR registrlari** amal bajarish jarayonida AMQda ikkita ikkilik son (operand)larni saqlaydi. Amal bajarib bo‘lingach akkumulyator registri ARda son natija bilan almashtiriladi. So‘ngra operand registri OR holati, keyingi amal bajariladigan boshqa operand bilan almashtiriladi. Agar akkumulyator holatini saqlab qolish talab etilsa, u holda, maxsus komanda beriladi.

b) **Komandalar registri (KR)** mashina tomonidan bevosita bajarilayotgan komandani saqlash uchun ishlatiladi. Komanda kodi KRdan BQsiga uzatiladi va deshifratsiyalanadi. So‘ngra komandani ishlatish bo‘yicha amallar bajariladi.

c) **Bayroq registri (BR)** yoki o‘tkazish registri akkumulyatorning davomi bo‘lib, u to‘lib qolgan hollarda ishlatiladi.

d) **Holatlar registri (HR)**. Keyingi takt davomida BQ tomonidan beriladigan komandani tanlash MPning masalani yechish jarayonida yuzaga keladigan sharoitlarni alternativ hal qilish qobiliyatiga bog‘liq. Bunday shartlarni aniqlash uchun qurilmaning ikkirazryadli joriy holat (HR) registri hizmat qiladi. Bu registr dasturni bajarilish davomida har vaqt momentida MP holatini qayd etadi va BQga signal uzatadi. Bu signalda komanda hisoblagichi deb ataluvchi maxsus registrda joylashgan keyingi komanda adresi ko‘rsatiladi.

e) **Komanda hisoblagichi (KH)**. U dasturlar joylashgan xotira yacheykalariga murojaatni tashkil qilish uchun hizmat qiladi. Ba’zi hollarda KH tarkibi dastur yordamida o‘zgartirilishi mumkin. Shunday qilib, dasturning boshqa qismini boshqarish amalga oshiriladi.

f) **Umumiy maqsadlarga mo‘ljallangan registrlar (UMR)**. UMRlar sxemotexnikasi ularni oraliq natijalar, adres va komandalarni saqlashda qo‘llashga imkon beradi. UMRlarni o‘zi esa umumiy shina orqali boshqa ishchi registrlar bilan bog‘lanishi mumkin. UMRli MP arxitekturasida odatda, 8 tadan 16 tagacha registrlar qo‘llaniladi. Ularning har biri akkumulyator funksiyasini bajarishi mumkin. UMRlar

sonini ortishi hisoblash tizimining samaradorligini oshiradi, lekin agar dastur uzilib qolsa, vaqt yo'qotilishiga olib keladi.

j) **Stekli tashkil etilgan registrlar** (steklar). Ularda sinxrosignal berilganda yozilgan sonlarni chap yoki o'ngga siljituvchi reversiv registrlar qo'llaniladi. Yuklash rejimida registrlar birinchi razryadga kirishga berilgan sonni qabul qiladi, so'ngra uni ketma-ket bir razryadga o'ngga siljitadi. Stek chiqarib yuborish rejimida kiritilgan son chapga siljiriladi va ketma-ket stekdan chiqarib yuboriladi. Natijada, stekka ohirgi bo'lib qabul qilingan son, undan birinchi bo'lib chiqarib yuboriladi. Shuning uchun stek xotiraga murojaat qilmasdan to'g'ri ketma-ketlikda arifmetik amallarni tashkil etish imkonini beradi. Bu holat, turli masalalarni yechishni soddalashtiradi. Lekin stekni apparat tashkil etishni doim ham imkoni mavjud emas, va shuning uchun mikroEHMLarda stek modellashtiriladi. Bu vaqtda stek sifatida adres xotirasining bir qismi ishlatiladi, Natijada, apparatura iqtisodlanadi.

AMQ, BQ va R bloklari markaziy MPni hosil qiladi (9.5-rasmda shtrix chiziqlari bilan ajratilgan). AMQ ko'p razryadli so'zlar ustidan ko'p sonli arifmetik va mantiqiy amallarni bajaradi. Natija UMRga kiritiladi. Bundan tashqari, bir UMRdan keyigisiga ma'lumotlar uzatiladi, UMR holati siljiriladi, registrdan AMQ registriga uzatiladi va h.k. Ko'rinib turibdi-ki, bu va boshqa amallarni bajarish uchun vaqt bo'yicha aniq taklangan signallar berilishi kerak.

Amalni bajarish MP-tizim ishining bir yoki bir nechta siklini egallaydi. **Mashina sikli** deganda MPning XQ (OXQ va DXQ) yoki tashqi qurilmalarga ikki marotaba murojaat etish orasidagi vaqt tushuniladi. Har mashina sikli odatda, $n_\tau = 3 \dots 5$ taktlarni tashkil etadi. Siklning davomiyligi $t_s = n_\tau T_s$ ga teng. Bu yerda $T_s = 1/f_s$ - davr, f_s - sinxronizatsiya chastotasi. **Takt** deb ataluvchi **sinxronizatsiya chastotasi** KIS elementlarining maksimal va cheklangan qayta ulanishdagi kechikishi bilan belgilanadi. Yuqorida aytib o'tilganidek 2012 yilga kelib $f_s = 2700$ MGz ga etadi.

MP tarkibida kirish-chiqishni boshqaruvchi sxemalar (KCHB) bo'lishi mumkin. Ular MP va periferiya qurilmalari o'rtasida ma'lumot almashishni amalga oshiradilar.

Ular asosida tuzilgan MP va mikroEHMLar inson faoliyatining barcha sohalarida qo'llaniladi. Buning uchun mikroEHM tashqi muhit bilan periferiya qurilmalari orqali bog'langan bo'lishi kerak. Bunday qurilmalarni uch guruhga bo'lish mumkin:

- *inson-mikroEHM o'rtasida aloqa uchun qurilmalar* (klaviatura, indikatorlar, displeylar, grafoquruvchilar, o'quvchi avtomatlar va h.k.);

- *boshqaruv obyektlari o'rtasida aloqa uchun qurilmalar* (turli datchiklar va ijro organlari, hamda datchiklardan olinadigan uzluksiz signallarni raqamli signallarga aylantiruvchi va aksincha amalni bajaruvchi qurilmalar);

- katta hajmga ega bo'lgan *tashqi xotira qurilmalari*.

MPning alohida bloklari ma'lum chiqishlarga ega bo'lgan qobig'larga joylashtirilgan bitta yoki bir neta KIS yoki O'KISlar ko'rinishida bajariladi. MP ishlashi uchun uch turdagi signallar - ma'lumot, adres va boshqaruv signallari ishlatiladi. Ular bitta, ikkita va uchta shinalar orqali uzatilishi mumkin. Shina registr bitini uzatish uchun mo'ljallangan parallel simlardan tashkil topgan. Ikkita 8-bitli registrlar o'zaro sakkizta simdan tashkil topgan shina orqali ulanadi. Bunday shinani, kengligi 8 ga teng bo'lgan deb ataladi. Haqiqatda esa shina bir nechta qo'shimcha simlarga ham ega bo'lib, ular sinxronizatsiya va boshqaruv signallarini uzatishda qo'llaniladi.

Signallarni uzatish KIS chiqishlari yoki bosma plata kontakt chiqishlari orqali amalga oshiriladi. KIS ko'rinishidagi protsessorga 75 dan ortiq chiqish talab etiladi, uni bosma platasini tayyorlashda esa, ikkita 40 tali yoki 48 tali chiqishlar talab etiladi. KIS yoki bosma plataning buncha sonli chiqishlari ularning geometrik o'lchamlari, og'irligi va narhini ortishiga olib keladi. KIS chiqishlari sonini kamaytirish uchun ikki yo'nalishli shinalar qo'llaniladi. Buning uchun maxsus sxemalar bir vaqt momentida ma'lumotni shinadan bir yo'nalishda, boshqa vaqt momentida esa- teskari yo'nalishda uzatadilar.

MPlar uchun uch shinali tuzilma hos bo'lib, u adres shinasi, ikki yo'nalishli ma'lumotlar shinasi va boshqaruv shinasidan tashkil topgan. MP KISlar chiqishlarining yanada qishartirish uchun adres va ma'lumotlar shinasini birlashtirish mumkin. Bunda multipleksiyalovchi shina hosil bo'ladi. Undan bir vaqt momentlarida adres, boshqa vaqt momentlarida esa ma'lumotlar uzatiladi.

9.4. Interfeys qurilmalar

Turli amallarni bajaradigan zamonaviy raqamli apparatura MPM tarkibiga kiruvchi KISlar yordamida tuziladi. RFda ishlab chiqariladigan MPMLarning asosiy parametrlari 9.1-jadvalda keltirilgan.

9.1-jadval

MPK belgisi	Negiz texnologiya	Seriyadagi ISlar soni	Razryadligi, bit	Tezkorligi, mks
K536	p-MDYA	12	6	10...30
K580, KR580	n-MDYA	17	8	0,5; 0,4
K581, KR581	n-MDYA	5,8	8	0,4
KR 582	I ² M	5	4	1,75
K 583	I ² M	12	8	1,0
K 584, KR 584	I ² M	4	4	2,0
K 586	n-MDYA	4	16	0,5...1,2
K 587, KR 587	KMDYA	4	4	2,0
K 588, KR 588	KMDYA	19	16	1,2
K 589	TTMSH	10	2	0,1
1604	KMDYA/KNS	6	4	0,6
K 1800	EBM	9	4	0,03
K 1801	n-MDYA	5	16	0,2
KR 1802	TTMSH	13	8	0,15
KR 1803	p-MDYA	4	4	33
K 1804	TTMSH	18	4	0,1
KB 1805	KMDYA/KNS	9	4	0,6
KR 1808	I ² M	9	8	30
1809	EBM	7	16	0,03
K 1810	n-MDYA	3	16	0,4
KR 1811	p-MDYA	5	8	0,2
1814	p-MDYA	4	4	3,0
1815	I ² M	7	16	0,12
U-83-K183	n-MDYA	4	8	1,4

U yoki bu MPM turini qoʻllab maxsus hisoblash tizimlari, avtomatikaning raqamli qurilmalari, raqamli aloqa tizimlari, raqamli-oʻlchov majmualari tuziladi.

Hisoblash tizimlari (mikro-, miniEHM) yuqori samaradorlikka ega universal va maxsus EHMlar) katta massivdagi maʼlumotlarni katta tezlikda qayta ishlaydi.

Avtomatikaning raqamli qurilmalari turli qurilmalar, mashinalar, mexanizmlar, texnologik jarayonlarni boshharadi.

Raqamli aloqa tizimlari hizmat koʻrsatishning turli rejimlarida maʼlumot almashinuvini taʼminlaydi.

Ma'lumot-o'lchov komplekslarining raqamli tizimlari turli ma'lumotlarni (ma'lumotnoma, tajriba tadqiqod natijalari, loyiha hujjatlari, o'quv dasturlari, xizmat xatlari, maqolalar va h.k.) to'plash, o'zgartirish va saqlashni amalga oshiradi.

U yoki bu MPMdan foydalangan holda tuzilgan maxsus ma'lumot yoki boshqaruv tizimi **mikroprotessorli tizim** (MP-tizim) deb ataladi.

MP-tizimning vazifasiga bog'liq bo'lmagan holda uni tizimning markaziy qismi – yadro va tashqi muhit bilan aloqa qilish uchun kerak bo'ladigan qurilmalar majmui deb qarash mumkin. Tizim yadrosi MP (ma'lumotlarni qayta ishlash qurilmasi) va OXQsini o'z ichiga oladi. Tizim yadrosining tashqi muhit bilan bevosita aloqasi periferiya qurilmalari (PQ) orqali amalga oshiriladi. MP-tizim yadrosi va PQlar o'rtasida ma'lumot almashinishini tashkil etish ma'lumot **kirish-chiqish tizimiga** (KCHT) yuklatiladi.

Ma'lumotlarni turli shakllarda tasvirlash turli PQlarni ishlab chiqarishga olib keldi. Bunda juda kam hollarda PQni loyihalashtirishda ma'lum MPMga ulanish mo'ljalgina olinadi. Bu PQ nomenklaturasi va ular bajaradigan amallarning sifatiga bog'liq. Lekin MPM turlari tez yangilanib bormoqda. Ikki tashkil etuvchilarning rivojlanishi bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda amalga oshmoqda, chunki PQlarning MP-tizim bilan bog'lanishi uchun maxsus boshqaruvchi qurilmalar – kontroller qo'llaniladi. U holda, yangi PQlarni ulash uchun faqat yangi kontroller ishlab chiqish va tayyorlash talab etiladi. Ko'rinib turibdiki, har bir PQ uchun maxsus kontrollerlar ishlab chiqish MPM va PQ loyihachilarini ham, foydalanuvchilarni ham qoniqtirmas edi. Shuning uchun kontroller va PQlar o'rtasida almashinuvchi **ma'lumot va boshqaruv signalari majmuini standartlashtirish** istiqbolli yechim hisoblanadi. Natijada, hozirgi kunda to'rt turdagi kontrollerlar ishlab chiqariladi:

- standart parallel ma'lumot uzatish kanali orqali MPning PQ bilan aloqasi;

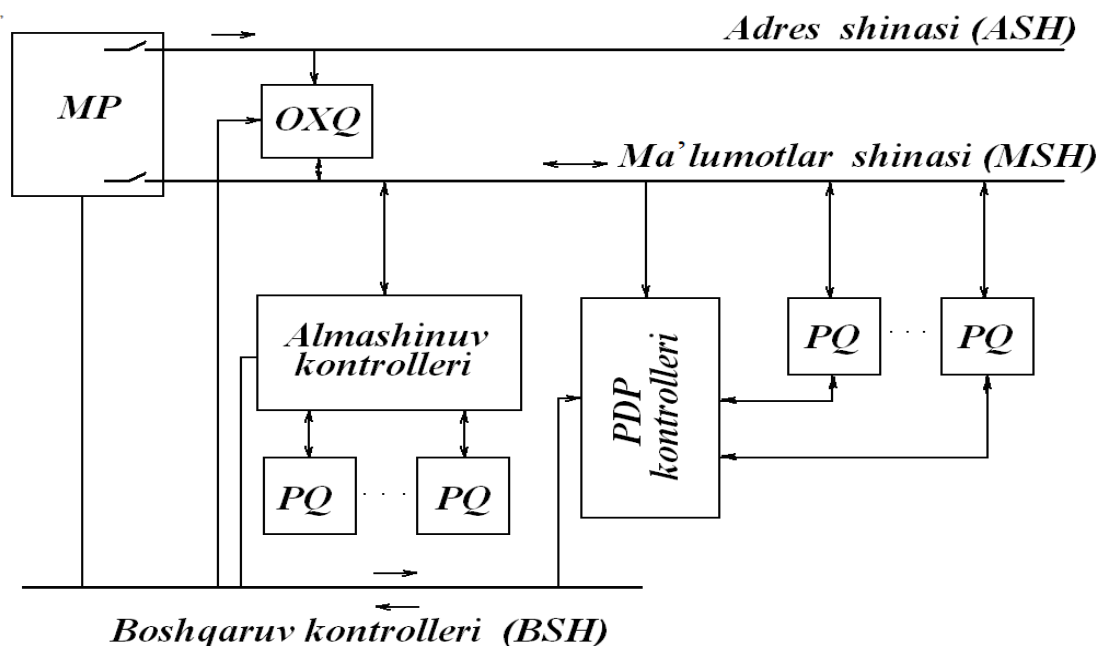
- standart ketma-ketli ma'lumot uzatish kanali orqali MPning PQ bilan aloqasi;

- berilgan aniqlikda analog shakldagi ma'lumotni raqamligina o'zgartirish;

- analog kattaliklarning berilgan o'zgarish diapazonida diskret shakldagi ma'lumotlarni analog ko'rinishga o'zgartirish.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda MP-tizimning boshqaruvchi tuzilmasi 9.6-rasmda keltirilgan. Biror obyektning real vaqt masshtabida

boshqarishga mo'ljallangan mikroEHMLar huddi shunday tuzilmaga ega.



9.6-rasm. Mikroprotessorli tizim.

9.6-rasmda keltirilgan tuzilma *magistral-modulli tuzilmaga* ega bo'lgan ko'pgina mikroelektron raqamli tizimlar tuzilmasiga mos keladi. Bunday tuzilmada tizim tarkibiga kiruvchi alohida qurilmalar umumiy magistral (kollektiv shina) orqali ma'lumot almashinadi. Magistral odatda,, bir necha o'nta aloqa liniyalari (o'tkazgichlar)dan tashkil topgan bo'lib, ular orqali qayta ishlanayotgan berilganlar va natijalar, komandalar, tashqi qurilma adreslari, maxsus boshqaruv signallari va shu kabilar uzatiladi.

Odatda,, umumiy magistral tarkibidan maxsus turdagi ma'lumotlarni uzatish uchun alohida aloqa liniyalari - shinalar (magistrallar) ajratiladi. Ko'pincha ma'lumotlar, dasturiy-boshqaruv tizimlarida esa komandalar uzatiladigan *ma'lumotlar shinasi* (MSH), xotira yoki tashqi qurilmaning yacheyka adresi tanlanadigan *adres shinasi* (ASH) va protsessor, XQ va tashqi qurilmalar ish rejimlarini ta'minlovchi signallar almashinuvini amalga oshiruvchi *boshqaruv shinalari* (BSH) ajratiladi.

Har vaqt momentida faqat bitta qurilma ma'lumot olish va uzatish uchun magistralni egallashi mumkin. Qolgan qurilmalar bu vaqtda magistraldan uziladi, yoki magistralni egallagan qurilmaga hizmat ko'rsatadi. Odatda,, protsessor magistralni boshqaradi. Lekin ko'p

hollarda ma'lum tashqi qurilmalar ham talab etilgan vaqt momentida magistralni egallashi mumkin. Bunda ular va raqamli tizim o'rtasida ma'lumot almashinadi.

MP-tizimning magistral-modulli tuzilish prinsipi ma'lum qurilmalarni almashtirib yoki qo'shimcha qurilmalar kiritib tizimni modernizatsiya qilish imkonini beradi. Masalan, qo'shimcha XQ modullarini kiritish xotira hajmini kengaytiradi, maxsus modullarni kiritish esa qo'shimcha amallarni bajarish imkonini beradi yoki ularni bajarilish tezligini oshiradi. Buning uchun tizim qurilmalari ***bir turdagi konstruktsiya*** va magistralga ***ulanish uchun standart vositalarga*** ega bo'lgan modullar ko'rinishida ishlab chiqariladi.

Modullarni muvofiqlashtirish ***fizik interfeyslar*** yordamida amalga oshiriladi. Fizik interfeyslar aloqalar, signallar va ma'lumot almashinish algoritmi tizimidir. Modullarning funktsional, elektr va konstruktiv muvofiqlashtirish ***interfeyslarni unifikatsiyalash*** yordamida amalga oshiriladi. Bu maqsadda ma'lumot aloqalarini tashkil etishda qo'llaniladigan universal KISlar ishlab chiqariladi. Bu KISlar ***interfeys elementlari*** deyiladi.

Interfeys (inglizcha Interface – umumiy chegara) – hisoblash tizimlari qurilmalari o'rtasida aloqa almashinuvi uchun mo'ljallangan ***unifikatsiyalangan signallar*** va ***apparaturalar*** aloqa tizimidir.

Protssessorni xotira va PQ kontrollerlari bilan bog'lovchi zanjirlar majmui, signallarni bu zanjirlar orqali uzatish algoritmi, ularning parametrlari va bog'lovchi elementlar ***tizim interfeysi*** deyiladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, MP-tizim protssessoriga odatda, turli tizimlar ulanadi. Bu PQLarning ko'pi MPMLardan avval yaratilgan (masalan, teletayp). Bundan tashqari, PQLarga turli tezkorlik, turli boshqaruv signallari, turli elektr parametrlar hos. Ya'ni PQ interfeysi tizim interfeysi bilan muvofiq kelmaydi. Shuning uchun tizim interfeysini PQ interfeysi bilan muvofiqlashtirish uchun ***PQ kontrollerlari*** qo'llaniladi.

Muvofiqlashtiruvchi apparaturalarning soddalashuvi va unifikatsiyasi ma'lumotlarni parallel va ketma-ketli uzatuvchi oraliq standart interfeyslar kiritish orqali amalga oshiriladi. Bu holda, MP-tizimga bunday standart interfeysli turli PQLarni ulash uchun bir hil parallel va ketma-ketli interfeys kontrollerlari qo'llaniladi. Bunday kontrollerlar (ba'zida ularni ***interfeys*** yoki ***adapter*** deb atashadi) dasturlanuvchi KISlar ko'rinishida seriyali ishlab chiqariladi.

KISlarni ishlab chiqarishda quyidagilar inobatga olinadi:

- talab etilgan MP-tizim tezkorligini ta'minlash;
- aloqa liniyalarining uzunligi;
- narhni minimallashtirish;
- sxema va konstruktiv yechimlarning soddaligi;
- qurilmaning ish tezkorligidan qat'i nazar ma'lumot almashinuv jarayonining soddaligi;
- tizimni kengaytirish va uni diagnostika qilish soddaligi.

Quyida interfeyslarning sinflanishini ko'rib chiqamiz.

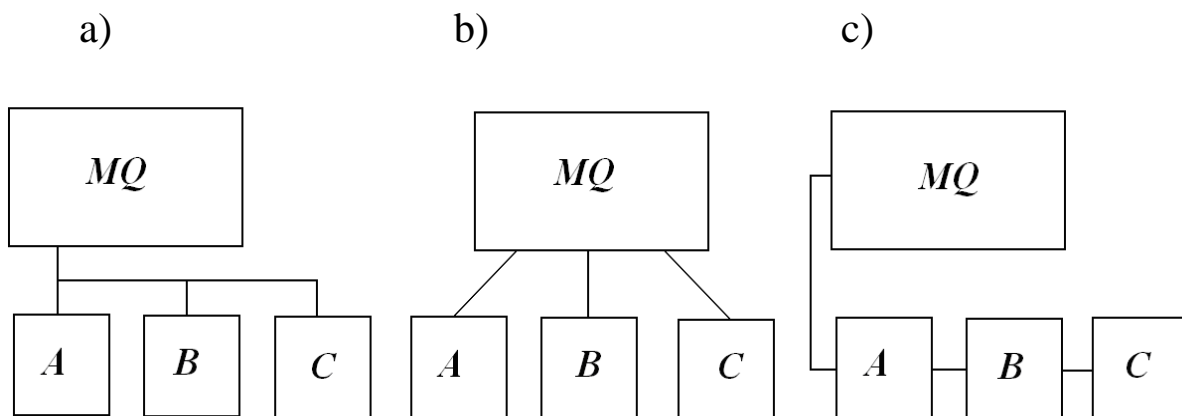
Funksional vazifasiga ko'ra interfeyslarni quyidagi guruhlariga bo'lish mumkin: magistral interfeyslar; PQning tashqi interfeyslari; tizim interfeyslari (mahalliy tarmoq interfeyslari).

Ma'lumot almashinuvini yuqori tezlikda amalga oshirish uchun magistral interfeys sifatida MP-tizimlarda ma'lumotlarni parallel usulda uzatuvchi Microbus, Z-bus va boshqa interfeyslar kabi, asinxron multipleksli interfeyslar qo'llaniladi. Ma'lumotlarni parallel usulda uzatuvchi ba'zi asinxron multipleksli interfeyslarning asosiy texnologik xarakteristikalarini 9.2-jadvalda keltirilgan.

9.2-jadval

Interfeys nomi	Texnik xarakteristikalar							
	Liniyalar soni				Ma'lumot uzatish tezligi, Kbod	Liniya uzunligi, m	Ulanuvchi abonentlar soni	Razryadligi
	Umumiy	Ma'lumot	Adres	Boshqaruvchi				
Microbus	37	8	16	13	10^3	Montaj platasi doirasida	10	8
Z-bus		8 birlashgan		9				8
Unibus	56	16	18	22	$(1 \div 2) \cdot 10^3$	15	30	16
Q-bus	43	16 birlashgan			800	15	15	32
Multibus	86	16	20	11	$(5 \div 10) \cdot 10^3$			16
Versabus	260	8,16,32	35		$20 \cdot 10^4$ gacha			32

Qurilmalarni bir-biriga ulanish turiga ko‘ra: magistral (9.7 – a rasm), radial (9.7 – b rasm), zanjirli (9.7 – v rasm) va kombinatsiyali interfeyslar.



9.7-rasm. PQLarni ulanish turlari.

Magistral interfeyslarda barcha PQLar uchun kollektiv liniyalar ishlatiladi (vaqt bo‘yicha ajratilgan).

Radial interfeyslarda har PQ uchun alohida individual liniyalar qo‘laniladi. Ular orqali faqat shu PQ va markaziy qurilma (MQ) ulanadi. Boshqaruv va kommutatsiya yuzasidan barcha amallar MQ zimmasiga yuklanadi. Shuning uchun MQ tarkibiga har bir PQ uchun maxsus interfeys bloklari kiradi. Bunday interfeys bloki ma’lumotlarni bufer registri, adres registri va PQLarni tayyorligini ko‘rsatuvchi registrlardan tashkil topadi.

Zanjirli interfeyslarda ma’lumotlarni va adresni uzatish barcha PQLar orqali ketma-ket amalga oshiriladi. Bu esa adresatsiya jarayonini sekinlatadi.

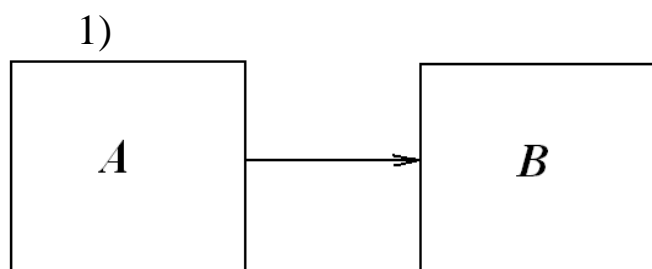
Kombinatsiyali interfeyslar odatda, barcha liniyalar uchun magistral tuzilmaga ega. Barcha PQLardan ketma-ket o‘tuvchi so‘rov liniyasidan tashqari.

Ma’lumotni uzatish turiga ko‘ra interfeyslar parallel va ketma-ketli, asinxron va sinxron turlarga bo‘linadi.

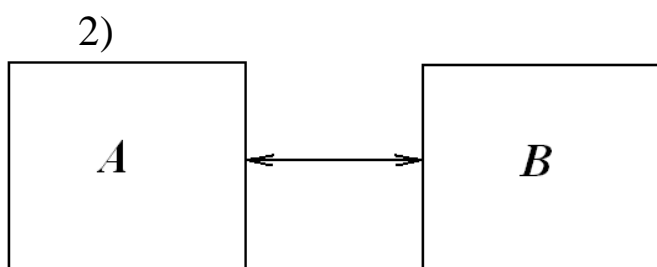
Parallel interfeyslarda ma’lumot ko‘p simli liniya orqali uzatiladi. Bunday interfeysning tezkorligi apparaturani murakkablashtirish hisobiga erishiladi.

Ketma-ketli interfeysda ma’lumot ikki yo‘nalishli liniyadan ketma-ket uzatiladi. Odatda, ketma-ketli interfeys uzoqda joylashgan PQLarini ulashda qo‘llaniladi.

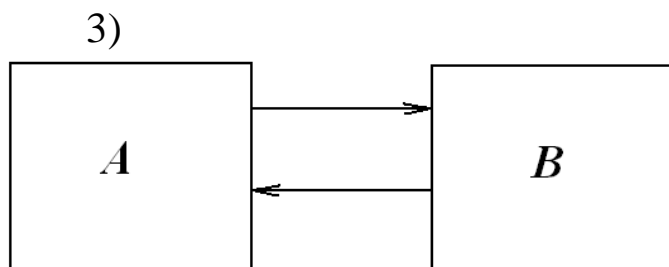
Interfeyslar o‘zaro *ma’lumotlarni almashish rejimi* bo‘yicha ham ajratiladi. Ma’lumot almashishning to‘rtta rejimi mavjud.



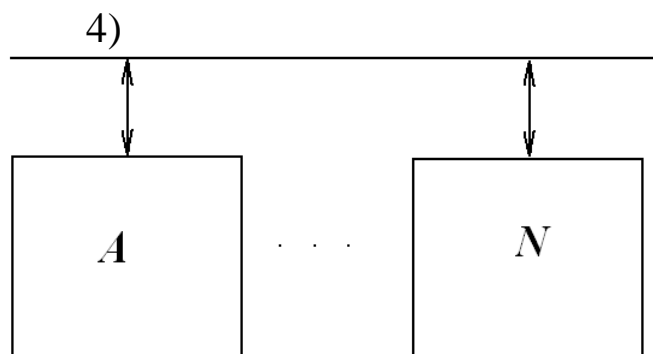
Simpleks rejim: A yoki B abonentlardan biri ixtiyoriy vaqt momentida ma’lumotni ikkinchisiga uzatishni boshlashi mumkin.



Yarimdupleks rejim: ixtiyoriy abonent ma’lumotni ikkinchisiga uzatishni boshlashi mumkin, agar interfeysning aloqa liniyasi bo‘sh bo‘lsa.



Dupleks rejim: har bir abonent ixtiyoriy vaqt momentida ma’lumot uzatishni boshlashi mumkin.



Multipleks rejim: ixtiyoriy vaqt momentida ixtiyoriy juft abonentlar o‘rtasida aloqa o‘rnatilishi mumkin, faqat bitta yagona yo‘nalish bo‘yicha.

Interfeys nomi	Ma'lumotni uzatish tezligi, Kbod	Magistral uzunligi, m	Interfeys liniyalari soni	Ma'lumot almashish usuli	Almashish rejimi	Ulanadigan PQLar soni
IEEE 488-75	$8 \cdot 10^3$	20	16	parallel-ketma-ketli	yarimdupleksli	15
RS-232	20	15	1	ketma-ketli	simpleksli	1
RS-423	300	600	1	ketma-ketli	simpleksli	1
RS-422	10^4	1200	2	ketma-ketli	yarimdupleksli, simpleksli	1 (10)
Multipleksli ma'lumot kanali	125	100	2	ketma-ketli	yarimdupleksli, simpleksli multipleksli	31

Ma'lumot datchiklari o'rtasida aloqa o'rnatish uchun ijro organlari, uzoq masofada joylashgan protsessordan periferiya qurilmalari interfeyslari qo'llaniladi.

Keng tarqalgan periferiya qurilmalari interfeyslarining texnik xarakteristikalari 9.3-jadvalda keltirilgan.

Tashqi ketma-ketli interfeysni amalga oshirish uchun apparatura tarkibiga ma'lumot uzatish liniyasi (bir tomonlama o'tkazgich), o'ralgan juftlik, radiochastota kabeli, optik-tolali kabel kiradi.

Hamda quyidagi asosiy funksiyalarni amalga oshirishga mo'ljallangan qurilma kontrollerlari kiradi: ma'lumot almashishni boshqarish; ma'lumot uzatish liniyasi bilan muvofiqlashtirishni amalga oshirish; ma'lumot uzatishni hamda aloqada ishtirok etuvchi qurilmalar holatini nazorat qilishni amalga oshirish, ya'ni o'z-o'zini nazorat qilish.

Nazorat savollari

1. Mikroprotsessor deb nimaga aytiladi?
2. Arifmetik-mantiqiy qurilma (AMQ) tomonidan mantiqiy va arifmetik amallar qanday usullar bilan amalga oshirilishi mumkin?
3. Nima uchun AMQga qo‘shimcha registrlar kiritiladi?
4. Mikroprotsessor tuzilmasini keltiring va har bir blok vazifasini tushuntiring.
5. Mikroprotsessor tomonidan bajariladigan qaysi amallar asosiy hisoblanadi?
6. Qanday raqamli qurilmalar mikroprotsessorli tizimlar deb ataladi?
7. Magistral-modulli MP-tizim tuzilmasini keltiring.
8. Aloqa liniyalarining alohida guruhleri (shinalari)dan ma’lumotlarning qanday turlari uzatiladi?
9. Oddiy MP-tizim protsessori va AMQdagi barcha registrlarning vazifasini tushuntiring.
10. MP-tizim arxitekturasi va tashkiliy tuzilmasi, uning asosiy tugunlari va bloklarini keltiring.
11. MP-tizim interfeysi deganda nima tushuniladi?
12. Abonentlar orasida ma’lumot almashish rejimi bo‘yicha interfeyslar qanday sinflanadi?
13. Periferiya qurilmalari interfeyslari nima uchun qo‘llaniladi?
14. Magistral interfeyslarning asosiy texnik xarakteristikalarini keltiring.

X BOB

RAQAMLI-ANALOG VA ANALOG-RAQAMLI O‘ZGARTIRGICHLAR

10.1. Umumiy ma’lumotlar

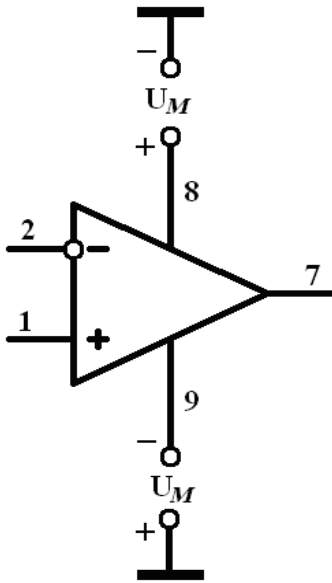
Operatsion kuchaytirgich (OK) deb, analog signallar ustidan turli amallarni bajarishga mo‘ljallangan, differensial kuchaytirish prinsipiga asoslangan, kuchlanish bo‘yicha katta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo‘lgan ($K_U=10^4\div 10^6$) integral o‘zgarimas tok kuchaytirgichiga aytiladi. Bunday amallarga qo‘shish, ayirish, ko‘paytirish, bo‘lish, integrallash, differensiallash, masshtablash kabi matematik amallar kiradi. Hozirgi kunda OKlar analog va raqamli qurilmalarda kuchaytirish, cheklash, ko‘paytirish, chastotani filtrlash, generatsiyalash, signallarni barqarorlashda qo‘llanilib kelmoqda. Buning uchun OKlarga musbat va manfiy teskari aloqa (TA) zanjirlari kiritiladi. TA zanjirlari yordamida OKlar yuqorida qayd etilgan *amallarni (operatsiyalarni)* bajaradilar. Qurilmalarning nomi ham shundan kelib chiqadi.

OKning elektr sxemalarda keltiriladigan shartli belgisi 10.1-a rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, uning tarkibidagi ulanish elektrodleri, umumiy shina va tashqi tahrirlovchi elementlar ko‘rsatilmaydi. OKlarning standart grafik belgilanishi 10.1 – b rasmda ko‘rsatilgan. Sxemada kuchlanish manbaiga ulanish elektrodleridan tashqari, kuchaytirgichning talab etilgan logarifmik ACHX ko‘rinishini shakllantiruvchi chastotani korreksiyalovchi elektrodler ham ko‘rsatilgan.

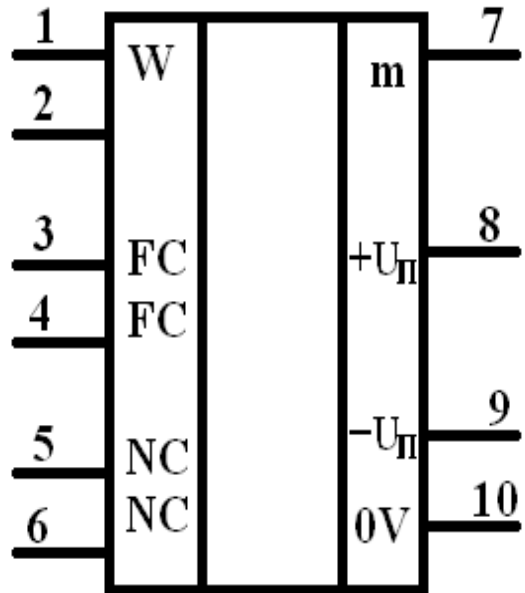
OK ikkita kirishga ega: *inverslaydigan* (aylana yoki “-” ishora bilan belgilangan) va *inverslamaydigan*. Agar signal OKning inverslaydigan kirishiga berilsa, u holda, chiqishdagi signal 180° ga siljigan, ya’ni inverslangan bo‘ladi. Agar signal OKning inverslamaydigan kirishiga berilsa, u holda, chiqishdagi signal kirish signali bilan bir xil fazada bo‘ladi.

OKda ikki qutbli (yo 3 V... yo 20 V) kuchlanish manbai qo‘llaniladi. Bu manbalarning ikkinchi qutblari, odatda,, kirish va chiqish signallari uchun umumiy shina bo‘lib hisoblanadi va ko‘p hollarda OKga ulanmaydi.

a)



b)



10.1-rasm. OKning shartli (a) va standart grafik (b) belgilanishi.

OKlar o‘z xususiyatlariga ko‘ra ideal kuchaytirgichlarga yaqin. **Ideal kuchaytirgich:** cheksiz katta kuchaytirish koeffitsiyentiga; 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 OKlari $n-p-n$ turli tranzistorlar asosida uch kaskadli tuzilma sxemasi bo‘yicha qurilgan bo‘lib, ularda yuklama sifatida rezistorlar qo‘llanilgan. Bunday OKlarga K140UD1 va K140UD5 turdagi kuchaytirgichlar kiradi. Bu OKlarning asosiy kamchiligi uncha katta bo‘lmagan kuchaytirish koeffitsiyenti ($K_U = 300 \div 4000$) va kichik kirish qarshiligi ($R_{KIR} \approx 4 \text{ kOm}$) edi.

Ikkinchi bosqich OKlarida bu kamchiliklar yo‘qotilgan, chunki ular ikki kaskadli sxemalardan tuzilgan. Tok bo‘yicha katta kuchaytirish koeffitsiyentiga 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

OKlarida kirish kaskadi $p - n$ o'tish bilan boshqariladigan $n -$ kanalli MTlar asosida differensial sxema bo'yicha bajarilgan. Bu holat OK kirish qarshiligini oshirishga imkon berdi. Ikkinchi avlod integral OKlariga $K_U = 45000$ bo'lgan K140UD7 turdagi kuchaytirgich kiradi. Uning kamchiligi – tezkorligining chegaralanganligi.

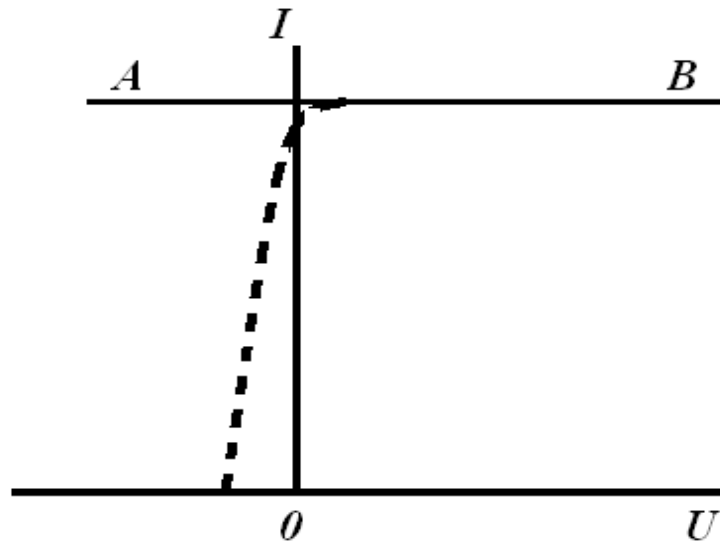
Uchinchi bosqich OKlari bir vaqtning o'zida yuqori kirish qarshiligi, katta kuchaytirish koeffitsiyenti va yuqori tezkorlikka ega. Bunday OKlarning o'ziga xosligi shundaki, ularda tok bo'yicha juda katta kuchaytirish koeffitsiyenti ($\beta = 10^3 \div 10^4$) ga ega bo'lgan tranzistorlar qo'llanilgan. Uchinchi avlod integral OKlariga K140UD6 turdagi kuchaytirgichlar kiradi. To'rtinchi avlod (maxsus) OKlarining ba'zi parametrlari rekord qiymatlarga ega. Ularga, masalan, kuchlanish bo'yicha juda katta kuchaytirish koeffitsiyenti ($K_U = 10^6$) 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 OKlar kiradi.

10.2. Analog integral mikrosxemalarning negiz elementlari

Barqaror tok generatori. Ixtiyoriy zanjirdan avvaldan belgilangan qiymatli tok oqishini ta'minlovchi elektron qurilma **barqaror tok generatori (BTG)** deb ataladi. Yuklamadan oqayotgan tokning qiymati kuchlanish manbai, zanjir parametrlari va temperatura o'zgarishlariga bog'liq bo'lmaydi.

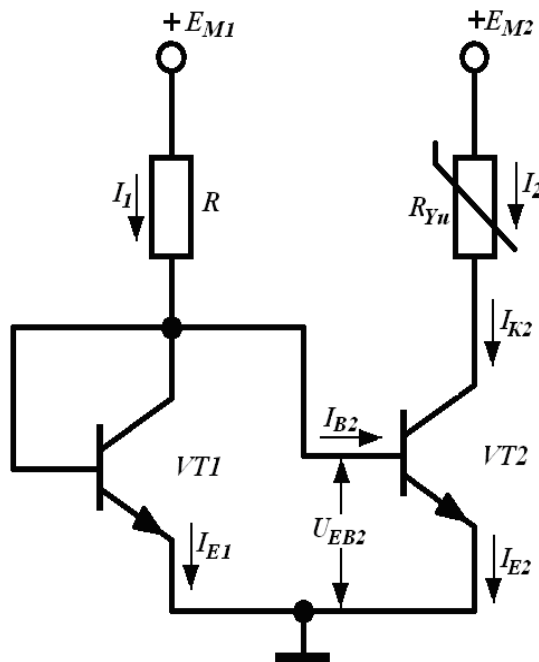
BTGning vazifasi kirish kuchlanishi va yuklama qiymati o'zgarganda chiqish toki qiymatini o'zgarmas saqlashdan iborat bo'lib, ular turli funksional vazifalarni bajaruvchi analog va raqamli mikrosxemalarda ishlatiladilar.

O'zgarmas tok qiymatini faqat cheksiz katta dinamik qarshilikka ega bo'lgan ideal tok manbai ta'minlashi mumkin. Ideal tok manbai VAXi gorizont AB to'g'ri chiziqdan iborat (10.2 – rasm). UB sxemada ulangan BTning chiqish xarakteristikasi ideal tok generatori VAXiga yaqin bo'ladi. Demak, UB sxemada ulangan tranzistor amalda tok generatori vazifasini bajarishi mumkin. Lekin temperaturaviy barqarorlikni va keng dinamik diapazonni ta'minlash uchun amalda ikkita yoki undan ko'p tranzistor ishlatiladi.



10.2-rasm. Ideal BTG VAXi.

Eng sodda BTG sxemasi 10.3-rasmda ko'rsatilgan. Sxemada I_1 tok zanjiriga to'g'ri siljirilgan diod ulanishli, tayanch tranzistor deb ataluvchi VT1 tranzistor ulangan. U juda kichik qarshilikka ega. Shuning uchun VT1 kuchlanish generatori vazifasini o'taydi. U R_{Yu} boshqariluvchi zanjir bilan ketma-ket ulangan VT2 tranzistorning emitter-baza o'tishini kuchlanish bilan ta'minlaydi.



10.3-rasm. Sodda BTG sxemasi.

VT2 tranzistor emitter-baza kuchlanishi bilan boshqarilgani munosabati bilan uning xususiyatlari UB sxemaning xususiyatlariga mos keladi. Ma'lumki, UB ulangan sxemada aktiv rejimda kollektor toki kollektordagi kuchlanishga deyarli bog'liq bo'lmaydi (10.3-rasm). Shuning uchun ixtiyoriy R_{Yu} dan o'tayotgan tok I_2 tayanch kuchlanish U_{EB2} bilan aniqlanadi. $I_2=I_1$ ekanligini amalda ko'rsatamiz.

I_{E1} va I_{E2} toklar yuqori aniqlikda

$$I_E = I_0 \exp(U_{BE} / \varphi_T) \quad (10.1)$$

ifoda bilan approksimatsiyalanadi, bu yerda I_0 —teskari siljirilgan EO'ning to'yinish toki. Tranzistorlarning I_{E0} va φ_T parametrlari aynan bir xil bo'lgani uchun $U_{BE1}=U_{BE2}$ shartdan

$$I_{E1} = I_{E2}. \quad (10.2)$$

10.3 - rasmdan

$$I_1 = I_{E1} + I_{B2}, \quad I_2 = I_{K2} = I_{E2} - I_{B2}.$$

(10.2) ni e'tiborga olgan holda

$$I_2 = I_1 - 2I_{B2} \quad (10.3)$$

yo'zish mumkin. Baza toki kollektor tokidan $50 \div 100$ marta kichik bo'ladi. Shuning uchun, hisoblashlarda $I_2=I_1$ deb olish mumkin. Bundagi xatolik $1 \div 2\%$ dan oshmaydi. Demak, R_{Yu} yuklama zanjiridagi chiqish toki I_2 , zanjir qanday bo'lishidan qat'i nazar, kirish tokini ham qiymat, ham yo'nalish bo'yicha takrorlaydi. Kirish toki qiymatiga kelsak, u yetarli aniqlik bilan $I_1 = (E_{M1} - 0.6) / R$ ga teng.

I_1 tokning o'zgarmasligi barqarorlashgan kuchlanish manbai E_{M1} dan foydalanish hisobiga erishiladi. Natijada, I_2 tokning zanjir parametrlari E_{M2} va R_{Yu} ga bog'liqligi yo'qotiladi.

Lekin bunday BTGda I_2 tokning temperatura bo'yicha barqarorligi ta'minlanmaydi, chunki baza toki I_{B2} temperatura o'zgarishlariga juda bog'liq. I_2 tokning temperatura bo'yicha barqarorligini ta'minlash uchun murakkabroq sxemalardan foydalaniladi.

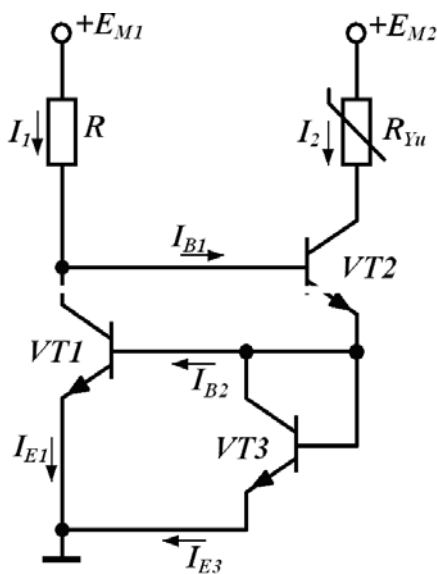
Masalan, 10.4-rasmda BTGning uchta tranzistorli sxemasi (Uilson tok ko‘zgusi) keltirilgan. Unda boshqaruvchi VT1 va VT2 tranzistorlarning baza toklari qarama-qarshi yo‘nalgan.

Sxemadan

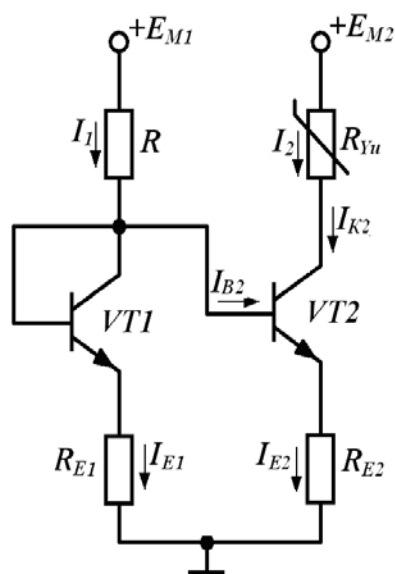
$$I_1 - I_{B2} + I_{B1} = I_{E1}, \quad I_2 + I_{B2} - I_{B1} = I_{E3}$$

ko‘rinib turibdi.

VT1 va VT2 tranzistorlar egizak. Ularning ishlash rejimlari bir-biridan kollektor-baza kuchlanish bo‘yicha farq qiladi. VT1 tranzistorning kollektor-baza kuchlanishi VT2 tranzistorning emitter-baza kuchlanishiga teng, ya’ni qiymati kichik. VT2 tranzistorning kollektor-baza kuchlanishi esa R rezistordagi va R_{Yu} zanjirdagi kuchlanish pasayishlari bilan aniqlanadi va sezilarli darajada katta bo‘lishi mumkin.



10.4-rasm. Uilson tok ko‘zgusi sxemasi.



10.5-rasm. Aktiv tok transformatori.

Lekin baza toki kollektor-baza kuchlanishi qiymatiga sust bog‘langan, shuning uchun $I_{B1} = I_{B2}$. Emitter toklari ham 10.3-rasmdagi holat sabablariga ko‘ra bir-biriga teng $I_{E1} = I_{E3}$. Natijada,

$$I_2 = I_1 - 2(I_{B2} - I_{B1}) = I_1.$$

Bu ifodadan 10.3-rasmda keltirilgan sxemada kirish va chiqish toklarining qaytarilishi 10.4-sxemadagiga qaraganda yuqoriroqligi ko‘rinib turibdi.

Qator integral sxemalarda tayanch toki I_1 ($I_2 \ll I_1$) qiymati katta bo‘lgan kichik tokli BTGlar talab etiladi. Ushbu hollarda sodda BTGning takomillashgan sxemasidan foydalaniladi (10.5-rasm).

Bu sxema tok transformatori sxemasi deb ataladi. Uning uchun

$$I_{E2} R_E = U_{BE1} - U_{BE2}; \quad U_{BE1} = E_M - I_1 R \quad (10.4)$$

ifoda o‘rinli.

Ideallashtirilgan o‘tish VAX (9.1) dan foydalanib,

$$U_{BE1} = \varphi_T \ln(I_1 / I_0); \quad U_{BE2} = \varphi_T \ln(I_2 / I_0) \quad (10.5)$$

yo‘zish mumkin.

(2.4) va (2.5) ifodalardan

$$I_2 = \frac{\varphi_T}{R_E} \ln \frac{E_M - U_{BE1}}{I_2 R} \quad (10.6)$$

hosil qilamiz.

I_2 tokning berilgan qiymati asosida (2.6) dan foydalangan holda R_E rezistorning qarshiligini topish mumkin

$$R_E I_2 = \frac{\varphi_T}{I_2} \ln \frac{E_M - U_{BE1}}{I_2 R}. \quad (10.7)$$

Ushbu sxema soddaligiga qaramasdan, temperatura bo‘yicha barqarorlikni yaxshi ta‘minlaydi, chunki R_E rezistor orqali manfiy TA ga ega. Hisoblashlardan temperatura bir gradusga o‘zgarganda tokning nobarqarorligi $\Delta I_2 = 2,5$ mA ni tashkil etishi ma‘lum. Bundan tashqari, $R_E = 1$ kOm (statik qarshilik) bo‘lganda BTGning dinamik qarshiligi 1 MOmga yaqin bo‘ladi.

O‘zgarmas kuchlanish sathini siljitivchi sxema, ko‘p kaskadli o‘zgarmas tok kuchaytirgichlarda kaskadlarni kuchlanish bo‘yicha o‘zaro muvofiqlashtirishda keng qo‘llaniladi. Bunday sxemalar **sath translyatorlari** deb ham ataladi. Ular navbatdagi kaskad kirishidagi

signalning o'zgarish tashkil etuvchisini siljitishi va o'zgaruvchan tashkil etuvchisini buzmasdan uzatishi kerak.

Eng sodda sath siljituvchi sxema bo'lib emitter qaytargich xizmat qiladi. Uning chiqish (emitter) potentsiali sathi baza potentsiali sathidan U^* kattalikka past bo'lib, signal $K_U \approx 1$ koeffitsiyent bilan uzatiladi.

U^* kattalik ochiq o'tish kuchlanishi deb ataladi. Gap shundaki, normal tok rejimida (to'g'ri toklar $I=10^{-3}\div 10^{-4}$ A oralig'ida bo'lganda), kremniyli $p-n$ o'tishdagi kuchlanish $0,65\div 0,7$ V bo'ladi. Mikrorejimda esa (toklar $I=10^{-5}\div 10^{-6}$ A bo'lganda), kuchlanishning mos o'zgarishlari $0,52\div 0,57$ V bo'ladi.

Shunday qilib, toklar diapazoniga bog'liq holda to'g'ri kuchlanishlar biroz farq qiladi, lekin diapazon oralig'ida ularni o'zgarish deb hisoblash va parametr sifatida olish mumkin. Xona temperaturasi uchun normal rejimda $U^*=0,7$ V, mikrorejimda esa $U^*=0,5$ V deb qabul qilingan.

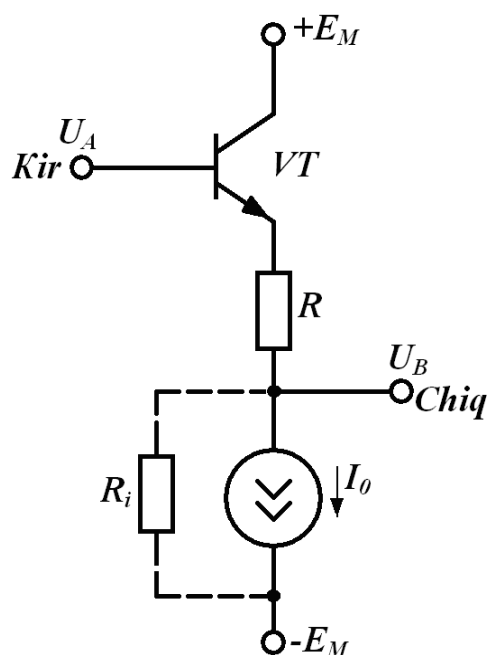
Agar kuchlanish sathini $2U^*$ martaga pasaytirish kerak bo'lsa, u holda, kuchlanish qaytargichning emitter zanjiriga to'g'ri siljirilgan diod ulanadi.

Kuchlanish sathi U^* ga marta bo'lmagan miqdorda siljirilishi zarur bo'lsa, BTGdan foydalanishga asoslangan sath siljituvchi universal sxemadan foydalaniladi. Bu sxema 10.6-rasmda keltirilgan.

Sxemada BTG VT tranzistor emitter zanjiriga ulangan bo'lib, uning bazasi avvalgi kaskad chiqishi bilan bevosita ulangan. VT tranzistorning emitter potentsiali $I_0 \cdot R$ qiymatga pasayadi. Natijada, A nuqtaning potentsiali qanday bo'lishidan qat'i nazar, B nuqtaning potentsiali

$$U_B = U_A - U_{BE} - RI_0. \quad (10.8)$$

Berilgan U_A da U_{BE} ning qiymati I_0 tok qiymatiga mos bo'ladi va Natijada, R ning shunday qiymatini tanlash mumkinki, U_B ning qiymati avvaldan belgilangan qiymatga mos bo'lsin.



10.6-rasm. Kuchlanish sathini siljituvchi universal sxema.

Sxemaning chiqishidagi signal (B nuqta) kirishdagi (A nuqta) signalni qaytarishiga ishonch hosil qilish qiyin emas. (2.8) ifoda asosida $I_0 = \text{const}$ bo'lgani uchun

$$\Delta U_A = \Delta U_B - \Delta U_{BE}$$

bo'ladi. Baza potensialining o'zgarishi U_{BE} qiymatini o'zgartira olmaydi, chunki tranzistor emitteri potentsiali amalda shu ondayoq baza potentsiali o'zgarishiga mos keladi. Natijada, $\Delta U_{BE} = 0$ va $\Delta U_A = \Delta U_B$ bo'ladi. BTGning dinamik qarshiligi $R_i = \infty$ bo'lsagina, yuqoridagi ifoda o'rinli bo'ladi. R_i ning qiymati odatda, $100 \text{ kOm} \div 1 \text{ MOm}$, R esa $1 \div 2 \text{ kOm}$ bo'ladi. Shuning uchun signal uzatish koeffitsiyenti birga yaqin bo'ladi.

Differensial kuchaytirigichlar. 1-bobda ko'rib chiqilgan manfiy TAlI kuchaytirgich kaskadlar kuchlanish bo'yicha kichik kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan holda yuqori barqarorlikka, nolining dreyfi kichik bo'lishiga qaramasdan, turli xalaqitlar ta'siridan himoyalangan. Natijada, kirishga signal berilmaganda chiqishda yolg'on signallar paydo bo'lishi mumkin. Xalaqitlar manbai bo'lib:

1. Yuqori chastotali tebranishlarni generatsiyalovchi turli qurilmalar, masalan, radiouzatgich, yuqori chastotali apparaturalar.

2. Ishlaganida elektr zaryad hosil qiluvchi qurilmalar, masalan, elektr dvigatellar va generatorlar, avtomobillar dvigatellarini o't olidirish tizimlari va shunga o'xshashlar xizmat qiladi.

Xalaqitlar signal sifatida elektron asbobga ta'minot manbalari liniyalaridan yoki signal kiritish va chiqarish zanjirlaridan kirishi mumkin. Hozirgi kunda xalaqitlar bilan kurashish uchun ko'p samarali choralar ko'rilgan. Ularning hammasi xalaqit signalini so'ndirishga yo'naltirilgan bo'lib, chuqur manfiy TA kiritish shular jumlasidandir. TA foydali signal kuchaytirish koeffitsiyentini keskin kamayishiga olib keladi, chunki xalaqit signali ham, foydali signal ham, bitta kirishga beriladi. Shuning uchun, ham signal kuchaytirish koeffitsiyentini, ham xalaqitlarni so'ndirish koeffitsiyentini oshirish uchun kuchaytirgich:

- xalaqit uchun chuqur manfiy TAni ta'minlashi;
- bir vaqtda foydali signal uchun manfiy TAni yo'qotishi kerak.

Bu talablarga *differensial kuchaytirgich (DK)* javob beradi. DKda chiqish kuchlanishi har bir kaskad chiqish kuchlanishlarining ayirmasi sifatida shakllanib, ko'prik sxema ko'rinishida bo'ladi. Ko'prik sxemalar o'lchashlarning turli xatoliklarini kompensatsiyalash uchun qo'llaniladi. Bu xatoliklar barqarorlikni buzuvchi omillar hisobiga hosil bo'ladi.

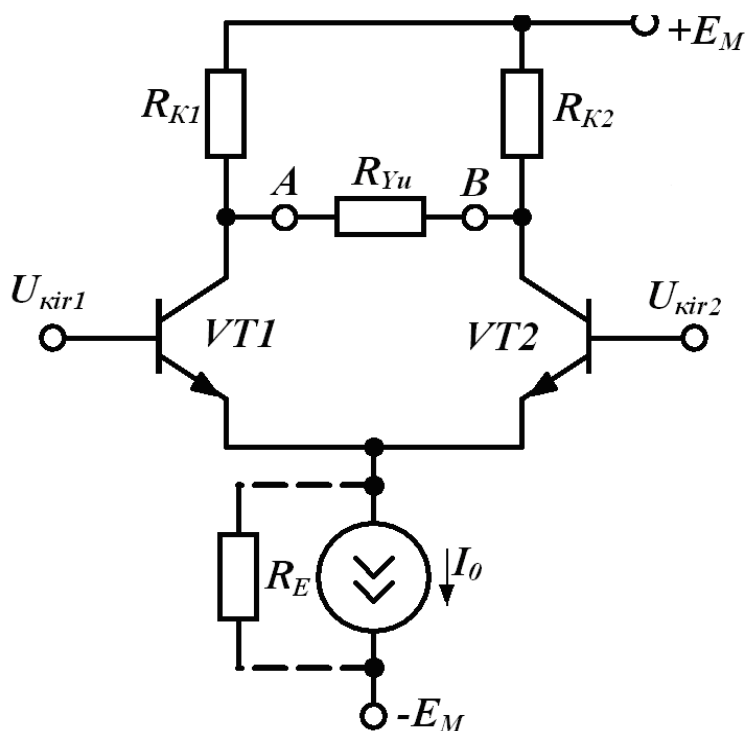
DKning ananaviy sxemasi 10.7-a rasmda keltirilgan. Kuchaytirgich ikkita simmetrik yelkadan tashkil topgan bo'lib, birinchisi VT1 tranzistor va R_{K1} rezistordan, ikkinchisi esa VT2 tranzistor va R_{K2} rezistordan tashkil topgan. R_E rezistor ikkala yelka uchun umumiy. Har bir yelka manfiy TAli UE ulangan kaskadni tashkil etadi. Sxemaning boshlig'ich ish rejimi I_0 tok bilan aniqlanuvchi BTG yoki uni o'rni bosuvchi katta nominalli R_E rezistor bilan ta'minlanadi.

DK elementlari ko'prik sxema hosil qiladi (10.7-b rasm). Sxema diagonallaridan biriga ikki qutbli kuchlanish manbai yo E_M , ikkinchisiga esa, yuklama qarshiligi R_{Yu} ulangan. Sxemadan foydalanilgan holda, ko'prik balansi sharti, ya'ni uning chiqish kuchlanishi $U_{CHIQ} = U_A - U_B$ nolga teng bo'ladi:

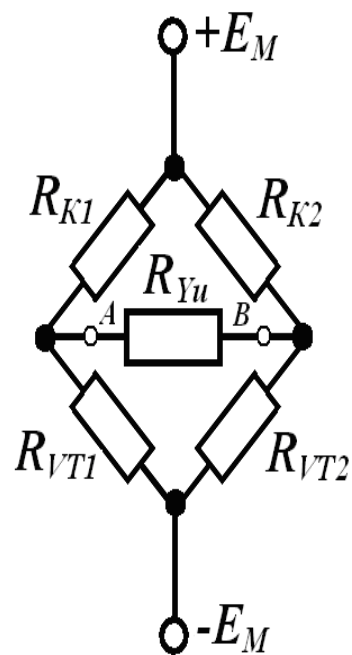
$$R_{VT1} \cdot R_{K2} = R_{VT2} \cdot R_{K1}. \quad (10.9)$$

Shart bajarilganda, ya'ni E_M kuchlanishlar va ko'prik yelkalari qarshiliklari o'zgarsa ham, balans buzilmaydi.

a)



b)



10.7-rasm. Differensial kuchaytirgich (a) va uning ekvivalent sxemasi (b).

VT1 va VT2 tranzistorlar parametrlari bir xil ($R_{VT1} = R_{VT2}$), $R_{K1} = R_{K2}$ bo'lgan ideal DK xususiyatlarini ko'rib chiqamiz. $U_{KIR1} = U_{KIR2}$ bo'lganda kollektorlar potentsiallari U_{K1} va U_{K2} bir xil, Natijada, yuklamadagi chiqish kuchlanishi $U_{CHIQ} = U_{K1} - U_{K2} = 0$ bo'ladi. Sxema simmetrik bo'lgani uchun, kuchlanish manbai va temperatura bir vaqtda o'zgarganda, chiqish kuchlanishi $U_{CHIQ} = 0$ qiymati saqlanib qoladi, ya'ni ideal DKda nolning dreyfi bo'lmaydi.

DK ikkita kuchlanish manбайдan ta'minlanadi. Bu manbalarning kuchlanishlari modul bo'yicha bir-biriga teng. Ikkinchi manba ($-E_M$) ning ishlatilishi VT1 va VT2 tranzistorlarning emitterlari potentsiallarini (E nuqta) umumiy shina potentsialigacha kamaytirish imkonini beradi. Bu, birinchidan, DK kirishlariga signallar sathini siljitmasdan uzatish (kiritish), ikkinchidan, ham musbat, ham manfiy kirish signallari bilan ishlash imkonini beradi.

DK kirishlariga amplitudalari teng va fazalari bir xil signallar beraylik. Bunday signallar *sinfaz* signallar deb ataladi. Sinfaz signallar manbai bo'lib xalaqitlar xizmat qiladi. Agar sinfaz signallar musbat

bo'lsa, VT1 va VT2 tranzistorlarlarning emitter toklari qiymatlari ortadi. Natijada, emitter toki orttirmasi ΔI_E hosil bo'ladi va u DK yelkalari orasida teng taqsimlanadi, kollektorlar potentsiallari bir xil qiymatga o'zgaradi. Natijada, bu holda, ham $U_{CHIQ}=0$ bo'ladi.

Real DKlarda $R_{K1} \neq R_{K2}$ bo'lgani uchun chiqishda kuchlanish hosil bo'ladi. Sinfaz signallar uchun kuchaytirish koeffitsiyenti K_{USF} ni hisoblaymiz. DK da R_E rezistor tok bo'yicha ketma-ket manfiy TA hosil qiladi, tok orttirmasi esa, unda manfiy TA signalini hosil qiladi. Demak, K_{USF} manfiy TAli kuchaytirgich kaskad uchun yozilgan oddiy formula bilan hisoblanishi mumkin. DKda R_E rezistor emitter zanjirlar uchun umumiy bo'lgani uchun R_E o'rniga $2R_E$ ishlatish kerak, ya'ni

$$K_{USF} = \frac{R_{K1}}{2R_E} - \frac{R_{K2}}{2R_E} = \frac{\Delta R_K}{2R_E} . \quad (10.10)$$

Amalda sinfaz signal ishchi signaldan minglarcha marta katta bo'lgani sababli, $K_{USF} \ll 1$ bo'lishiga intiliniladi. Buning uchun R_E qiymati oshirilishi kerak. Lekin IMSlarda katta nominalli rezistorlarni hosil qilish maqsadga muvofiq emas. Shuning uchun R_E rezistor o'rniga katta nominalli rezistorning elektron ekvivalentidan foydalaniladi. Bunday ekvivalent bo'lib o'zgaruvchan tokka qarshiligi bir necha MOmni tashkil etuvchi BTG xizmat qiladi.

Monolit IMSda kollektor qarshiliklari tarqoqligi ΔR_K yo 3 % dan ortmaydi. Baholash uchun, R_K larning qiymat bo'yicha katta va kichik tomonga og'ishi bir xil, lekin ishoralari bilan farq qiladi (eng noxush holat) deb hisoblaylik. Unda $R_K = 5$ kOm, $R_E = 1$ MOm bo'lganda, $K_{USF} \approx 0,3 \cdot 10^{-3}$ tashkil etadi. Shunday qilib, masalan, agar sinfaz signal amplitudasi 1 V bo'lsa, berilgan K_{USF} da DK chiqishida 0,3 mV ga teng yolg'on signal paydo bo'ladi. Demak, bu holda, kuchaytirish haqida emas, balki sinfaz signalni so'ndirish haqida gapirish o'rinli bo'ladi.

DK simmetrik bo'lgani sababli kirish signali U_{KIR} EO'lar orasida teng taqsimlanadi: ularning birida kuchlanish $0,5 \cdot U_{KIR}$ qiymatga ortadi, ikkinchisida esa shu qiymatga kamayadi. U_{KIR1} kuchlanishi orsin, U_{KIR2} esa, kamaysin. Bunda VT1 tranzistorning emitter va kollektor toklari musbat orttirma, VT2 tranzistorning mos toklari esa – manfiy orttirma oladi. Natijada, chiqish kuchlanishi hosil bo'ladi

$$U_{CHIQ} = \Delta I_{K1} \cdot R_{K1} - (-\Delta I_{K2} \cdot R_{K2}) .$$

Emitter toklarining o'zgarishi zanjirlar uchun umumiy R_E rezistorda manfiy TA signalini tashkil etuvchi

$$\Delta U_E = R_E (\Delta I_{E1} - \Delta I_{E2})$$

orttirma hosil qiladi.

Agar DK ideal simmetrik bo'lsa, $|\Delta I_{E1}| = |\Delta I_{E2}|$ va $\Delta U_E = 0$.

Natijada, emitterlar potentsiali o'zgarmas qoladi va DK uchun manfiy TA signali mavjud bo'lmaydi. Shu sababli DKning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti T_{Asiz} UE ulangan kaskad uchun ilgari yozilgan ifoda bilan aniqlanadi

$$K_U = \frac{\alpha R_K I_E}{\varphi_T} = - \frac{h_{21} R_K}{h_{11}} . \quad (10.11)$$

$\alpha \approx 1$, $R_K = 5 \text{ kOm}$, $I_E = 1 \text{ mA}$, $\varphi_T = 0,025 \text{ V}^{-1}$ bo'lganda, $K_U = - 200$ bo'ladi.

Amalda DKning to'rt xil ulanishidan foydalaniladi: simmetrik kirish va chiqish; simmetrik kirish va nosimmetrik chiqish; nosimmetrik kirish va simmetrik chiqish; nosimmetrik kirish va chiqish.

Simmetrik kirishda signal manbai DK kirishlari orasiga (tranzistorlar bazalari orasiga) ulanadi. Simmetrik chiqishda yuklama qarshiligi DK chiqishlari orasiga (tranzistorlar kollektorlar orasiga) ulanadi.

Nosimmetrik kirishda signal manbai DKning bitta kirishi va umumiy shinasini orasiga ulanadi. Nosimmetrik chiqishda yuklama qarshiligi tranzistorlardan birining kollektori va umumiy shina oralig'iga ulanadi.

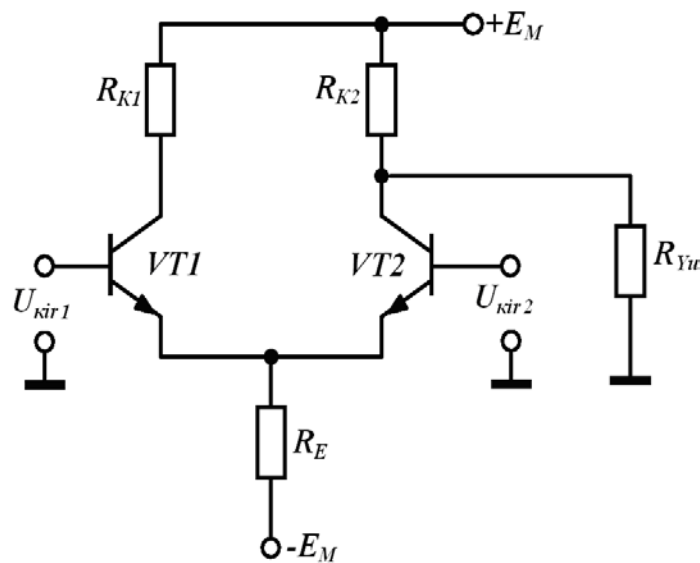
DKning kuchaytirish koeffitsiyenti kirish signal berish usuliga, ya'ni kirish simmetrik yoki nosimmetrikligiga bog'liq emas.

Nosimmetrik chiqishda yuklama bir elektrodi bilan tranzistorlardan birining kollektoriga, boshqa elektrodi bilan esa, umumiy shinaga ulanadi. Bu holda, K_U simmetrik chiqishdagiga nisbatan 2 marta kichik bo'ladi.

Nosimmetrik kirish va chiqishda, agar kirish signali DK chiqish signali olinadigan yelka kirishiga berilgan bo'lsa, bu holda, kuchaytirishga DKning faqat bir yelkasi ishlaydi. Agar kirish signali DKning bir yelkasiga berilgan bo'lsa-yu, chiqish signali boshqa yelka

chiqishidan olinsa, birinchi holdagidek K_U ga ega bo'lgan, inverlanmagan signal olinadi. Agar chiqish signali har doim berilgan bitta chiqishdan olinsa, DK kirishlariga «inverslaydigan» va «inverlamaydigan» degan nom beriladi.

Nosimmetrik kirish va chiqishli kaskad namunasi 10.8 - rasmda keltirilgan. Bunda foydalanilmaydigan kirish kuchlanishi o'zgarmas sathli qilib olinadi, masalan, umumiy shinaga ulanadi. Agar kirish signali U_{KIR1} ga berilsa, chiqishda inverlanmagan signal olinadi. Demak, U_{KIR1} inverlamaydigan kirish, U_{KIR2} esa – inverlaydigan kirish bo'ladi.



10.8-rasm. Nosimmetrik kirish va chiqishli DK.

DKning asosiy parametrlaridan biri bo'lib sinfaz signallarni so'ndirish koeffitsiyenti (SSSK) hisoblanadi. SSSK deb $K_{U.DF}$ ni $K_{U.SF}$ ga nisbatining detsibellarda ifodalangan qiymati tushuniladi, ya'ni

$$SSSK = 20 \lg(K_{U.DF} / K_{U.SF}).$$

Zamonaviy DKlarda SSSKning qiymati odatda, 60÷100 dB orasida bo'ladi.

DKning keyingi asosiy parametri uning dinamik diapazonidir. Dinamik diapazon deganda kuchaytirgich kirishidagi maksimal va minimal signallar amplitudalari nisbati tushuniladi

$$D(\text{dB}) = 20 \lg(K_{KIR.max} / K_{KIR.min}).$$

Minimal signal DKning xususiy xalaqitlari bilan, maksimal signal esa, signal shaklining buzilishlari bilan chegaralanadi. Nochiziqli buzilishlar signal ta'sirida tranzistor to'yinish yoki berk rejimga o'tganda hosil bo'ladi.

Hisoblar ko'rsatishicha, ruxsat etilgan maksimal kirish signali $\varphi_T = r_E \cdot I_E$ dan katta bo'lishi mumkin emas. Bu yerda r_E – EO'ning differensial qarshiligi; I_E – sokinlik rejimidagi emitter toki. $r_E=50$ Om va $I_E=12$ mA bo'lganda $\varphi_T =50$ mV. Amalda signal buzilishlari katta bo'lmasligi uchun kirish signali amplitudalari $0,5 \cdot \varphi_T$ atrofida bo'lmog'i kerak. Gap shundaki, φ_T ga yaqinlashgan sari, emitter toki, u bilan birgalikda, r_E qarshilik qiymati va kuchaytirish koeffitsiyenti juda sezilarli darajada o'zgaradi.

Turli modifikatsiyali DKlar o'zlarining *aniqlik parametrlari* bilan xarakterlanadilar.

Shunday parametrlardan biri bo'lib nolning siljish kuchlanishi U_{SIL} xizmat qiladi. DK chiqishida nolga teng kuchlanish olish uchun kirishga beriladigan kuchlanish qiymati siljituvchi kuchlanish deb ataladi. Gap shundaki, yelkalar assimetriyasi hisobiga kirishda signal bo'lmagan holda, chiqishda qandaydir kuchlanish paydo bo'ladi. Bu kuchlanish signal sifatida qabul qilinishi mumkin. Turli DKlarda U_{SIL} qiymati $30 \div 50$ mV bo'lishi mumkin. U_{SIL} ning temperaturaga bog'liqligini e'tiborga olish zarur. Bu bog'liqlik *temperatura sezgirlik* $\varepsilon_U=0,05-70$ mV/°C bilan ifodalanadi.

DKning yana bir aniqlik parametri – siljitish toki ΔI_{SIL} dir. U *kirish toklari ayirmasidan* iborat. Parametrning an'anaviy qiymatlari mikroamperlardan nanoamper ulushlarigacha bo'ladi. Siljish toki signal manbai qarshiligi R_G orqali o'tib, unda yolg'on signal hosil qiladi. Masalan, agar $\Delta I_{SIL}= 20$ nA va $R_G= 100$ kOm bo'lsa, $\Delta I_{SIL} R_G =2$ mV ni tashkil etadi.

O'rtacha kirish toki $I_{KIR.O'RT}$ – ham DKning aniqlik parametrlaridan hisoblanadi. O'rtacha kirish toki siljish tokidan ancha katta qiymatga ega va turli DK larda $1 \div 7 \cdot 10^3$ nA bo'ladi. O'rtacha kirish toki signal manbai qarshiligi R_G orqali o'tib, unda kuchlanish pasayishi hosil qiladi. Bu kuchlanish o'zini kiruvchi sinfaz signaldek tutadi. $K_{U,SF}$ marta so'ndirilgan ushbu kuchlanish DK chiqishida yolg'on signal sifatida hosil bo'ladi.

DK kuchaytirish koeffitsiyenti kollektor zanjiridagi R_K yuklama qarshiligiga bog'liq bo'ladi. Integral texnologiyada R_K qiymatining

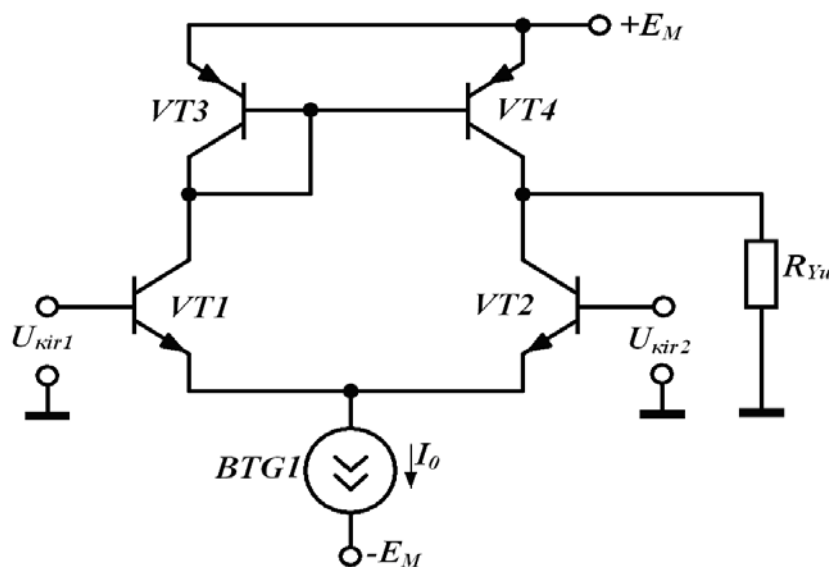
ortishi bilan, kristalda u egallagan yuza ortadi va tranzistorlar ish rejimlari saqlangan holda, kuchlanish manbai qiymati ham ortadi. Shuning uchun DKlarda kuchaytirish koeffitsiyentini oshirish uchun, R_K rezistorlar o'rniga, dinamik (aktiv) yuklamadan foydalaniladi. Dinamik yuklama bipolyar yoki maydoniy tranzistorlar asosida hosil qilinadi. Yuklama sifatida ikkinchi BTG ishlatilgan DK sxemasi 10.9-rasmda keltirilgan. Ikkinchi BTG $p-n-p$ turli VT3 va VT4 tranzistorlar asosida yaratilgan. Birinchi BTG ilgarigidek DK sokinlik rejimini belgilaydi va emitter qarshiligi sifatida ishlatiladi.

BTGlarning statik qarshiligi differensial qarshiligiga nisbatan ko'p marta kichik. Bu holda, BTGdan sokinlik toki oqib o'tishi hisobiga kuchlanish pasayishi, uning statik qarshiligi bilan aniqlanadi. Signal berilganda kollektor toklarining o'zgarishi hisobiga chiqish kuchlanishining o'zgarishi uning differensial qarshiligi bilan bog'liq bo'ladi. Shuning uchun (10.11) formulada R_K o'rniga R_{DIF} qo'yilishi kerak. Bunda kuchaytirish koeffitsiyentining kaskadda ruxsat etilgan maksimal qiymati topiladi. Tashqi yuklama ulanganda kuchaytirish koeffitsiyentining absolut qiymati faqat uning qarshiligi R_{Yu} bilan aniqlanadi, ya'ni (10.11) formulada R_K o'rniga R_{Yu} qo'yilishi kerak.

DKning asosiy parametrlariga differensial va sinfaz signallarni kuchaytirish koeffitsiyentidan, sinfaz tashkil etuvchini so'ndirish koeffitsiyentidan tashqari kirish va chiqish qarshiliklari ham kiradi.

Simmetrik chiqishda yuklama qarshiligi R_{Yu} e'tiborga olinmaganda DKning chiqish qarshiligi

$$R_{CHI} \cong R_{K1} + R_{K2}.$$



10.9-rasm. Dinamik yuklamali DK sxemasi.

Simmetrik kirishda DKning kirish qarshiligi chap va o'ng tomonlar kirish qarshiliklari yig'indisiga teng bo'ladi va signal manbaiga nisbatan ketma - ket ulangan bo'ladi. $R_E=0$ bo'lganda:

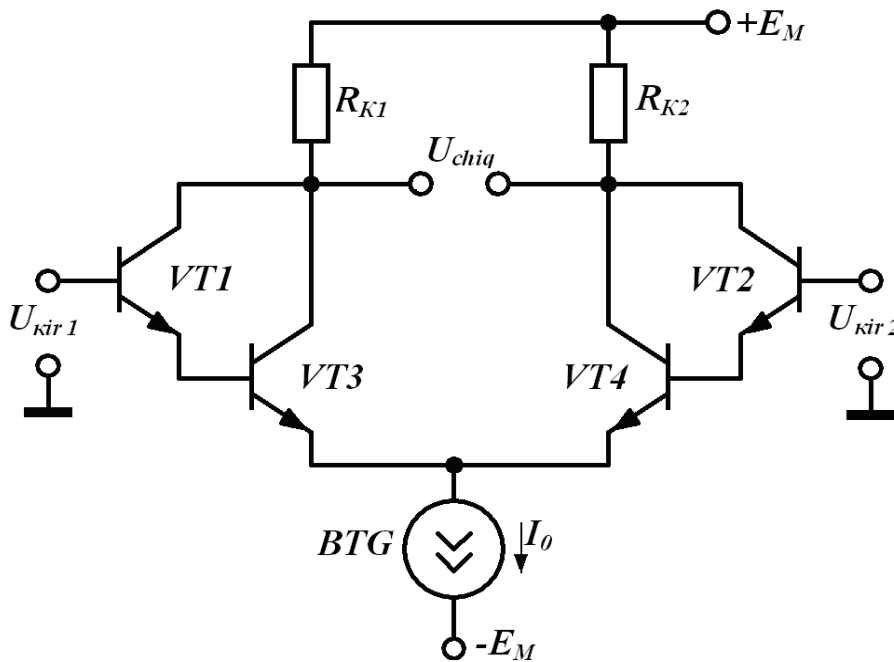
$$R_{KIR} = 2[(\beta + 1)r_E + r_B].$$

$\beta=100$, $r_E=250$ Om va $r_B=150$ Om bo'lsin, bunda $R_{KIR}=5,35$ kOm bo'ladi.

β ning qiymati tranzistor sokinlik tokiga I_{B0} bog'liq. Shuning uchun kirish qarshiligini oshirish uchun DKni kichik signal rejimida ishlatish kerak. Kaskad kuchaytirish koeffitsiyenti va DK kirish qarshiligini sezilarli oshirish maqsadida tarkibiy tranzistorlardan foydalaniladi. Ko'proq Darlington sxemasi ishlatiladi (10.10-rasm).

Bunday DKning tok bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_I \approx h_{21E}^2 = \beta^2 .$$



10.10-rasm. Tarkibiy tranzistorlar asosidagi DK sxemasi.

Tarkibiy tranzistorning kirish qarshiligi

$$R = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{U_{BE1} + U_{BE2}}{I_{B1}} = R_{KIR1} + \frac{U_{BE2}}{I_{B1}} .$$

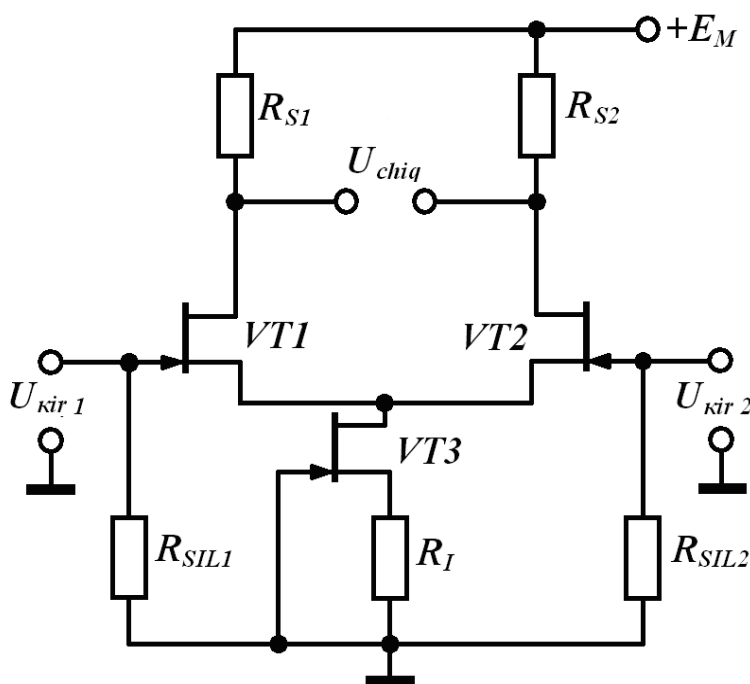
bo‘ladi. O‘zgartirishlarni kiritib:

$$R_{KIR} = R_{KIR1} + (\beta + 1)R_{KIR2} \approx \beta R_{KIR2}.$$

Demak, tarkibiy tranzistorlar qo‘llanilganda DK kirish qarshiligi β marta ortar ekan.

DK kirish qarshiligini kichik kirish tokiga ega MTLarni qo‘llab ham oshirish mumkin. Bunday sxemalarni yaratishda $p - n$ o‘tish bilan boshqariluvchi MTLar afzal hisoblanadi, chunki ular xarakteristikalarining barqarorligi yuqoriroq.

Kanali $p-n$ o‘tish bilan boshqariladigan n -kanalli MTLar asosidagi DKning ananaviy sxemasi 10.11-rasmda keltirilgan. Tok belgilovchi BTG VT3 tranzistor bilan R_I rezistor asosida hosil qilingan.



10.11-rasm. MTLar asosidagi DK sxemasi.

R_{SIL1} va R_{SIL2} rezistorlar VT1 va VT2 tranzistorlar zatvoriga boshlig‘ich siljitish berish uchun xizmat qiladi. DKning kirish qarshiligi teskari siljitilgan $p - n$ o‘tishning differensial qarshiligidan iborat bo‘ladi va $10^8 \div 10^{10}$ Om ni tashkil etadi.

Ba‘zan DK kirish qarshiligini oshirish uchun n -kanalli $p-n$ o‘tish bilan boshqariladigan MT va $n-p-n$ tuzilmali BTLardan tashkil topgan tarkibiy tranzistorlardan foydalaniladi.

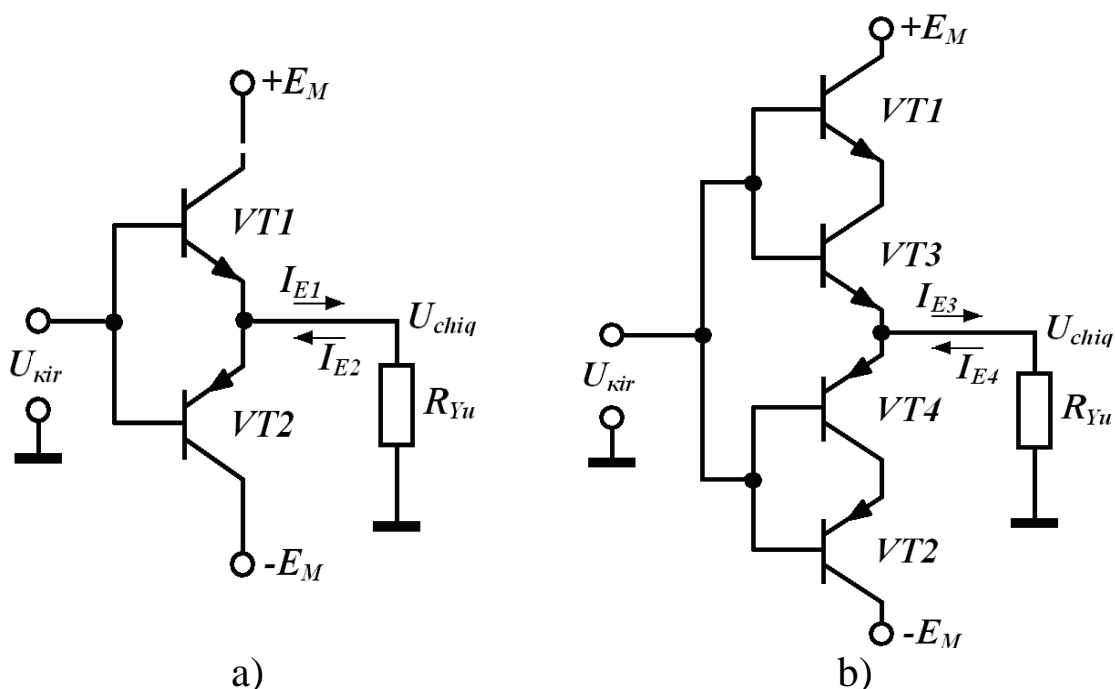
DKlarning barcha ko‘rilgan turlari har xil OKlarning kirish kaskadlari sifatida ishlatiladi.

Kuchaytirgichlarning chiqish kaskadlari. Kuchaytirgichlarning chiqish kaskadlari (CHK) yuklamada $0,01 \div 10^2$ Vt bo‘lgan yyetarlicha katta quvvatni ta‘minlashi zarur. Buning uchun CHKlari tranzistorlari tok va kuchlanishlarning katta qiymatlarida ishlashi kerak. Demak, kuchlanish manbaining asosiy quvvatini iste‘mol qilishi kerak. Shuning uchun, FIKni oshirish maqsadida sokinlik rejimida (ya‘ni signal bo‘lmagan holda) kaskadning toki nolga yaqin bo‘lishi maqbul.

Emitter qaytargich turdagi bir taktli CHKlar A sinf rejimida va FIKning kichikligi sababli chiqish quvvatining kichik qiymatlarida ishlaydi.

Chiqish quvvati katta CHKlarda faqat ikki taktli kuchaytirgich kaskadlar ishlatiladi. Bunday kuchaytirgichlar B va AB sinf rejimlarida tranzistorlarning ketma-ket ishlashi bilan ta‘minlanadi.

Komplementar BT va injeksiya – voltaik tranzistorlar asosidagi B sinfda ishlaydigan ikki taktli kuchaytirgich sxemasi 10.12-a va b rasmda ko‘rsatilgan: VT1 tranzistor $n-p-n$, VT2 tranzistor esa, $p-n-p$ tuzilishga ega. Tranzistorlar emitter zanjiriga yuklama R_{Yu} ulangan bo‘lib, ular kuchlanish qaytargich (emitter qaytargich) rejimida ishlaydi.

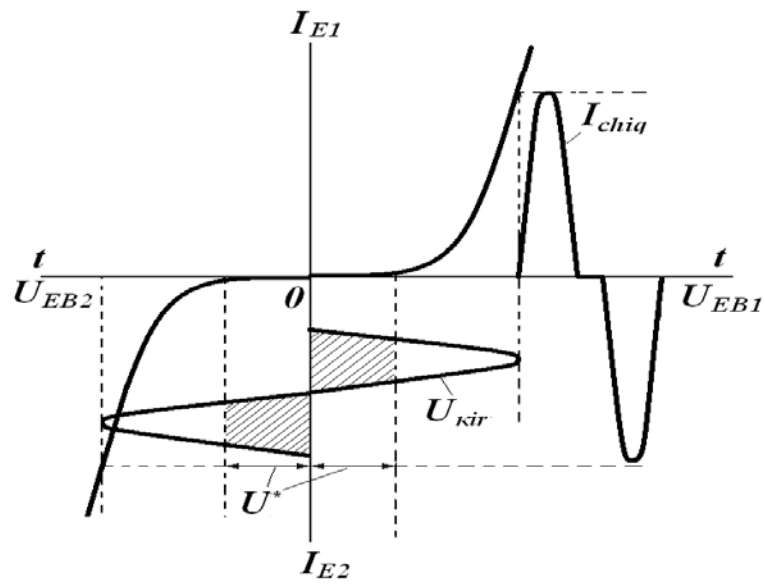


10.12-rasm. B sinfida ishlaydigan ikki taktli kuchaytirgich sxemalari: BT (a) va IVTli (b).

Sxemada absolyut qiymatlari teng $+E_M$ va $-E_M$ ikki qutbli kuchlanish manbalari ishlatilgan. Sokinlik rejimida EO'larda kuchlanish nolga teng bo'lgani uchun ikkala tranzistor berk bo'lib, kuchlanish manбайдan energiya sarflanmaydi.

Kirishga U_{KIR} ning musbat yarim davri berilganda VT1 tranzistor ochiladi va yuklama orqali I_{E1} tok oqib o'tadi. Manfiy yarim davrda VT2 tranzistor ochiladi va I_{E2} tok yuklamadan qarshi yo'nalishda oqib o'tadi. Quvvat kuchaytirilishi faqat tok kuchaytirilishi hisobiga amalga oshib, emitter va baza toklari nisbatiga teng, ya'ni $\beta+1$ bo'ladi. Kuchaytirgichning maksimal FIK $\eta=78,5\%$ ni tashkil etadi.

Afsuski, B sinf kuchaytirgichlar katta nochiziqli buzilishlarga ega. Buzilishlar hosil bo'lishiga tranzistor kirish VAX boshlig'ich sohasining nochiziqligi sababdir. Kuchaytirgich uzatish xarakteristikasidagi chiqish signali shaklini ko'rib chiqamiz (10.13-rasm). Ko'rinib turibdiki, signalning shtrixlangan sohalari kuchaytirilmaydi, ya'ni signal shakli buziladi. Bunday buzilishlar, ayniqsa, kirish signali amplitudasi U^* kuchlanishga yaqin ($U_{KIR} \leq 0,7V$), ya'ni tranzistorlar amalda berk bo'lganda sezilarli bo'ladi.

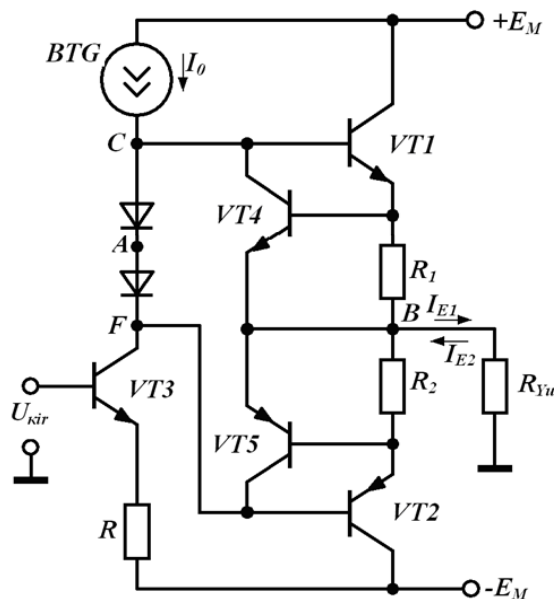


10.13-rasm. Uzatish xarakteristikasida kuchaytirgich chiqish signalining shakli.

Nochiziqli buzilishlarni oldini olish uchun tranzistorlar bazalariga sath siljitivchi sxema yordamida siljitivchi kuchlanish beriladi.

CHKning AB sinfida ishlashini ta'minlash uchun qo'llaniladigan ananaviy sxemalardan biri 10.14-rasmda keltirilgan. Tranzistorlar bazalari orasiga alohida siljitivchi kuchlanish beriladi. Bundan tashqari,

tranzistorlar o‘ta yuklanishdan, masalan, yuklama elektrodi tasodifan kuchlanish manbaining elektrodiga ulanishidan himoyalangan.



10.14-rasm. AB sinf rejimida ishlaydigan CHK sxemasi.

Keltirilgan sxema elementlari vazifasini ko‘rib chiqamiz.

VT1 va VT2 chiqish tranzistorlarini boshqaruvchi kuchlanishni hosil qilish uchun kuchaytirgichda VT3 asosidagi qo‘shimcha kaskad ishlatilgan. U UE sxemada ulangan. Rezistor R chiqish toki bo‘yicha ketma-ket manfiy TA zanjirini hosil qiladi. U kaskad ish rejimini barqarorlaydi. Bundan tashqari, VT3 tranzistor butun CHK kuchaytirish koeffitsiyentini oshiradi. R qarshilik qiymati shunday tanlanadiki, A nuqta potentsiali, sokinlik rejimida nolga teng bo‘lsin. VD1 va VD2 diodlar VT1 va VT2 tranzistorlar parametrlari bir xil bo‘lgani uchun B nuqta potentsiali (sokinlik rejimida kaskadning CHK kuchlanishi) ham nolga teng bo‘ladi.

VT1 va VT2 tranzistorlar ikki taktli tok kuchaytirgichning yelkalarini tashkil etadi. Kirish kuchlanishining har bir yarim davrida yuklama toki kuchaytirgichning o‘z yelkasi bilan hosil qilinadi. VT4 va VT5 tranzistorlar VT1 va VT2 tranzistorlarni o‘ta yuklanishdan saqlash uchun xizmat qiladi. VD1 va VD2 diodlar BTG bilan birgalikda AB sinf ish rejimini ta’minlash uchun siljitish zanjirlarini hosil qiladi. Siljitish zanjirlari VT1 va VT2 tranzistorlarga emitter – baza kuchlanishlarni berish uchun xizmat qiladi.

BTG toki I_0 signal mavjud bo‘lmaganda, diodlardagi kuchlanish pasayishi kichik bo‘ladigan qilib tanlanadi, VT1 va VT2 hamda VT4 va VT5 tranzistorlar deyarli berk holatda bo‘ladi.

Kuchaytirgich kaskadning ishlash prinsipini ko‘rib chiqamiz. VT3 tranzistor kirishiga signalning musbat yarim davri berilgan bo‘lsin. U emitter toki va, mos ravishda, ushbu tranzistor kollektor tokining ortishiga olib keladi. Bunda C nuqta potentsiali pasayadi, chunki bu nuqtaga keluvchi tok qiymati o‘zgarimas va BTG toki I_0 ga teng, undan ketuvchi tok (VT3 tranzistor kollektor toki) qiymati esa ortadi. VT1 tranzistor bazasi bilan ulangan C nuqta potentsialining pasayishi VT1 ni berkitadi va uning baza toki nolga teng bo‘lib qoladi. Lekin bunda VD1 va VD2 diodlardan o‘tuvchi tok I_0 ga teng bo‘ladi va F nuqta potentsiali, C nuqta holatidek sababga ko‘ra, pasayadi. F nuqta potentsiali pasayishi (VT2 tranzistor baza potentsiali) VT2 tranzistor baza tokining ortishiga, demak, ushbu tranzistor emitter tokining ham ortishiga olib keladi. BTG mavjud bo‘lgani sababli baza tokining o‘zgarishi VT3 tranzistor kollektor toki o‘zgarishiga teng, ya’ni

$$\Delta I_{K3} = \Delta I_{B2} . \quad (10.12)$$

VT2 tranzistor emitter toki ortishi yuklamada to‘g‘ri yo‘nalishda tok paydo bo‘lishiga olib keladi. VT1 tranzistor berk bo‘lgani uchun

$$I_{Yu} = \Delta I_{E2} . \quad (10.13)$$

Tranzistor toklari orasidagi munosabatlarni e‘tiborga olgan holda, (2.12) va (2.13) asosida:

$$I_{Yu} = \beta_3 (\beta_2 + 1) \Delta I_{B3}$$

teng bo‘ladi. Bu yerda β_3 , β_2 – mos tranzistorlar baza toklarini uzatish koeffitsiyentlari qiymatlari.

Shunday qilib, kaskadning tok bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_I = \beta_3 (\beta_2 + 1) .$$

Kirishga manfiy yarim davrli kuchlanish U_{KIR} berilganda VT1 tranzistor ochiladi, VT2 tranzistor esa berk bo‘ladi. Yuklamadagi kirish toki teskari yo‘nalishga ega bo‘ladi.

Kaskadning chiqish qarshiligi amalda VT2 yoki VT1 tranzistorlarning to‘g‘ri siljigan EO‘lari qarshiligiga teng, ya’ni juda kichik bo‘ladi.

VT4 va VT5 tranzistorlarning himoyalovchi funksiyalari quyidagicha amalga oshadi. Normal ish rejimida ular berk. Katta signalda yoki chiqish tasodifan kuchlanish manbaining elektrodlaridan biriga qisqa tutashganda VT4 va VT5 tranzistorlardan biri ochiladi va Natijada, himoyalovchi VT1 yoki VT2 tranzistorlar baza tokining bir qismi oqadi va shu bilan VT1 va VT2 tranzistorlarning emitter - baza o'tishi shuntlanadi. Bu ularni o'ta yuklanishdan saqlaydi.

Quvvat kuchaytirgichlarda chiqish tranzistorlari sifatida tarkibiy tranzistorlardan foydalaniladi. Ushbu prinsiplar MTlar asosidagi CHKlarni loyihalashda ham ishlatiladi. BTlar asosidagi qurilmalarga qaraganda bunday sxemalar nochiziqli buzilishlarning kichikligi va temperaturaga bardoshligi bilan farq qiladilar.

10.3. Operatsion kuchaytirgichlarning tuzilishi

Amalda signallarni kuchaytirish uchun OKlarni bevosita qo'llab bo'lmaydi. Buning birinchi sababi – dinamik diapazonning kichikligida; ikkinchi sababi esa, OKning kuchaytirish koeffitsiyenti har OK namunasidan keyingisiga o'tganda keng oraliqda o'zgaradi va shu bilan birga ishlash sharoitiga, ayniqsa temperaturaga kuchli ravishda bog'liq. OKlarga tashqi TA zanjirlari kiritish yo'li bilan bu sabablarning ta'siri yo'qotiladi. Inverslaydigan kirishning qo'llanilishi kirish va chiqish orasida manfiy TAni, inverslamaydigan kirishning qo'llanilishi esa, musbat TAni amalga oshirishga imkon beradi. TA turi va tuzilmasini o'zgartirib, OKga turli funksional qurilmalar xossalari berish mumkin: kuchlanish yoki tok bo'yicha barqarorligi yuqori kuchaytirgich, turli shakldagi tebranishlar generatori, integrator, differensiator, jamlash qurilmasi, solishtirish qurilmasi, trigger va boshqalar. Oddiy holda TA zanjiri rezistorda bajarilgan kuchlanish bo'lgichni hosil qiladi. Bu vaqtda OKli sxema chiziqli o'zgartgich sifatida ishlaydi. Agar TA zanjirida turli RC – zanjirlar qo'llanilsa, aktiv filtrlar yoki matematik o'zgartishlar bajaradigan qurilmalar hosil bo'ladi. Va nihoyat, OK TA zanjiriga diod va tranzistorlarning kiritilishi signallarni nochiziqli o'zgartish imkonini beradi. Hozirgi kunda OKlarning yuzlab sxema turlari mavjud. OKning bu funksional universalligi, analog integral sxemotexnikaning asosiy negiz qurilmasi bo'lishiga olib keldi.

OK sxemalari ish prinsipini tushunish va tahlilini aniqlashtirish maqsadida *ideal OK* tushunchasi kiritiladi. Ular quyidagi xossalarga ega:

a) cheksiz katta kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti $K_{U0=\infty}$ (real OKlarda 1 mingdan 100 mln. gacha);

b) siljitish kuchlanishi U_{SIL} nolga teng, ya'ni ikkala kirishlarda kuchlanishlar teng bo'lsa, chiqishdagi kuchlanish ham nolga teng bo'ladi (real OKlarda $U_{SIL} = 5 \text{ mkV} - 50 \text{ mV}$ gacha);

c) chiqish toklari nolga teng (real OKlarda nA ulushlaridan birlik mkA gacha);

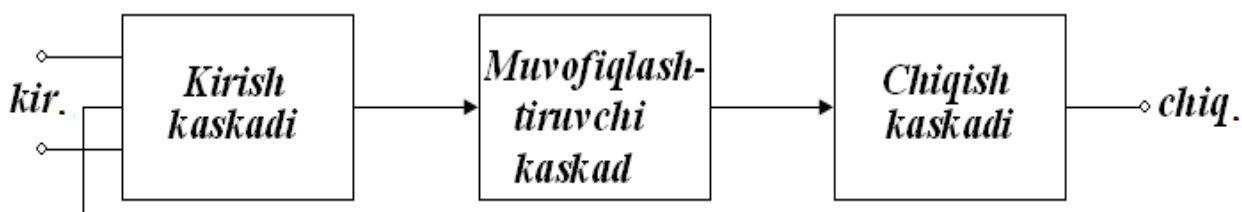
d) chiqish qarshiligi nolga teng (real kam quvvatli OKlarda o'nlab Omdan birlik kOmlargacha);

e) sinfaz signallarni kuchaytirish koeffitsiyenti nolga teng;

f) OK kirishlari potenciallari doim bir biriga teng. Uning bu xossasi a) kirishdagi signallar farqi $U_2 = U_1 \rightarrow 0$ bo'lgan, ya'ni OK kirishidagi signal $U' = U''$ qiymatlariga bog'liq emasligidan kelib chiqadi. U_2 kattalik virtual nol (*virtue* – ing. haqiqiy) deb ataladi.

OK ideal deb olingan farazlardan kelib chiqqan holda quyida keltiriladigan formulalar va ularning isbotlari amaliyotda tasdiqlangan.

Birinchi avlodga mansub uch kaskadli OK funksional sxemasi 10.15-rasmda keltirilgan. U kirish, muvofiqlashtiruvchi va chiqish kuchaytirish kaskadlaridan tashkil topgan.



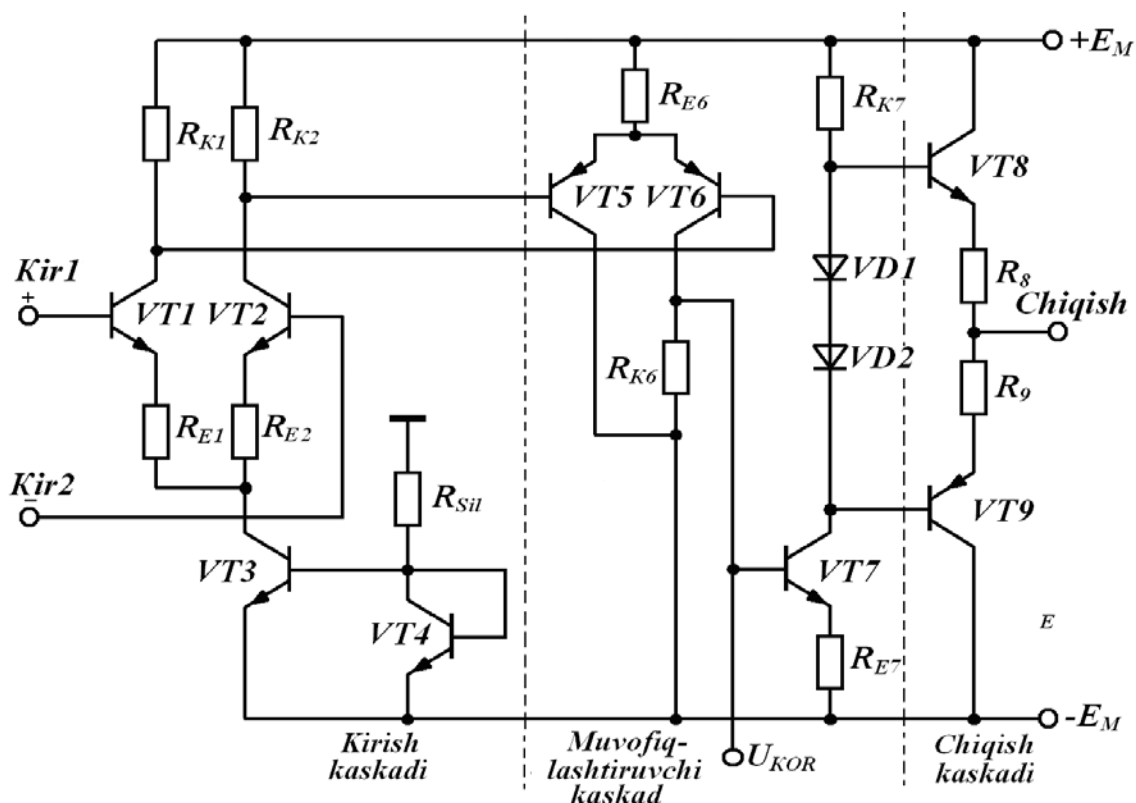
10.15-rasm. Uch kaskadli OK funksional sxemasi.

OKlarda kirish kaskadi sifatida differensial kuchaytirigich (DK) qo'llaniladi. Ma'lumki, DK chiqishdagi nol dreyfini maksimal kamaytirishga, yuqori kuchaytirish koeffitsiyentiga, maksimal yuqori kirish qarshiligiga va sinfaz tashkil etuvchilarni maksimal so'ndirishga imkon beradi. Muvofiqlashtiruvchi kaskad talab qilingan kuchaytirishni ta'minlaydi va DK chiqishidagi o'zgarmas kuchlanish sathi siljishini chiqish kaskadi uchun talab etilgan qiymatgacha kamaytiradi. Muvofiqlashtiruvchi kaskad differensial yoki bir taktli kuchaytirigich bo'lishi mumkin. Chiqish kaskadlari OKning kichik chiqish qarshiligini va lozim bo'lgan chiqish quvvatini ta'minlashi kerak. Chiqish bosqichlari sifatida, odatda, AD sinfga mansub komplementar

tranzistorlar asosida hosil qilingan ikki taktli kuchaytirgich sxemalari qo‘llaniladi

Uch kaskadli OKning soddalashtirilgan prinsipial sxemasi 10.16 – rasmda keltirilgan. Sxemada quyidagi elektrodlar ko‘rsatilgan: inverslamaydiga kirish $Kir1$, inverslaydigan kirish $Kir2$, chiqish, ikki qutbli kuchlanish manbaiga ulash uchun xizmat qiluvchi elektrodlar $-E_M$ va $+E_M$, sxemaga korreksiyalovchi kuchlanish manbai ulangan elektrod U_{KOR} .

Kirish kaskadi VT1 va VT2 tranzistorlarda tuzilgan klassik DK sxemasi bo‘lib, yuklama sifatida R_{K1} va R_{K2} rezistorlar qo‘llanilgan. Ularning emitter toklari o‘zgarmasligini VT3 va VT4 tranzistorlarda qurilgan BTG ta‘minlaydi. Kuchaytirgichda sochilayotgan quvvatni kamaytirish maqsadida, BTGning R_{SIL} siljitish rezistori OKning bitta kuchlanish manбайдan ($-E_M$) ta‘minlanadi. R_{E1} va R_{E2} rezistorlar yuklama toki bo‘yicha mahalliy ketma-ket manfiy TAni tashkil etadilar va DKning kirish qarshiligini oshiradilar.

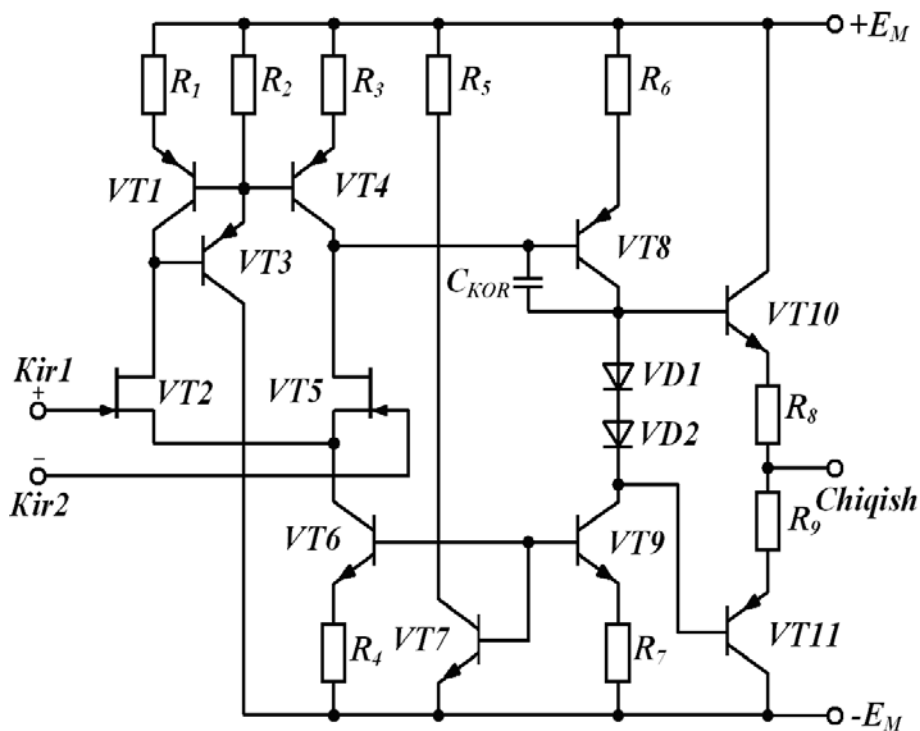


10.16-rasm. Uch kaskadli OK prinsipial sxemasi.

Muvofiqlashtiruvchi kaskad $p-n-p$ turdagi VT5 va VT6 tranzistorlar asosidagi DKda hosil qilingan. Qarama - qarshi o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lgan $p-n-p$ turdagi tranzistorlarning qo‘llanilishi chiqish kaskadi chiqishidagi kuchlanishni deyarli nolgacha siljitish

imkonini beradi. Birinchi kaskad chiqishida kirish signalining sinfaz tashkil etuvchisi deyarli mavjud bo'lmaganligi sababli, ikkinchi kaskadda uni so'ndirish talab qilinmaydi. Shuning uchun VT5 va VT6 tranzistorlarning emitter zanjirlarida BTG qo'llanilmaydi. Bu holat ikkinchi kaskad toklarini milliampere darajaga ko'tarish va kuchaytirish koeffitsiyentini yana 30 marta va undan yuqori qiymatga oshirish imkonini beradi. Ikkinchi kaskad nosimmetrik chiqishga ega. Buning natijasida VT5 tranzistor kollektor zanjirida rezistor qo'llanilmaydi.

Ikkinchi avlodga mansub K544UD1 turli ikki kaskadli OKning soddalashtirilgan sxemasi 10.17-rasmda keltirilgan bo'lib, unda muvofiqlashtiruvchi kaskad qo'llanilmagan. Shu sababli kuchaytirish koeffitsiyenti qiymatini yuqori olish uchun kirish DKida rezistorli yuklama differensial yuklamaga almashtirilgan. Bunday sxemotexnik yechimga, ISning umumiy asosda bir xil xarakteristikalariga ega bo'lgan egizak $n-p-n$ va $p-n-p$ Btlarni yasash texnologiyasi o'zlashtirilgandan so'ng erishildi. Bundan tashqari, DKlarda BT o'rniga n -kanalli VT2 va VT5 Mtlar ham qo'llanilgan. Ular kuchaytirish va chastota xususiyatlari Btlarga nisbatan past bo'lishiga qaramasdan, kirish toklarini keskin kamaytirish va kirish qarshiligi ortishini ta'minlaydilar. VT1, VT3 va VT4 tranzistorlarda hosil qilingan BTG dinamik yuklama hisoblanadi. DKning kirish toki VT6 va VT7 tranzistorlar asosidagi tok generatori yordamida barqarorlashtirilgan.



10.17-rasm. K544UD1 turli ikki kaskadli OK prinsipial sxemasi.

Chiqish kaskadi ikki bosqichdan iborat. Birinchi bosqich UE ulangan VT8 tranzistor asosida hosil qilingan bo‘lib, unga yuklama toki bo‘yicha ketma-ket manfiy TA zanjiri kiritilgan. Ikkinchi bosqich VT10 va VT11 komplementar tranzistorlarda hosil qilingan AB sinfiga mansub ikki taktli quvvat kuchaytirgichdan iborat. Yuqori chastotalarda har bir kaskad fazani siljitadi. Ma‘lum chastotalarda manfiy TAl OKlarda natijaviy faza siljishi 360° ga teng bo‘lib, kuchaytirgich turg‘unligini yo‘qotadi. Turg‘unlikni oshirish uchun VT8 tranzistor kollektor o‘tishini shuntlovchi ichki yoki tashqi S_{KOR} kondensator ulanadi.

Hozirgi kunda OKlarning turli seriyalari ikki va uch kaskadli sxemalar asosida ishlab chiqarilmoqda.

10.4. Operatsion kuchaytirgich asosiy parametrlari va xarakteristikalari

OKlarda DK kirish kaskadi hisoblanadi. Shuning uchun OKlar DKlar parametrlari bilan xarakterlanadi. Bu parametrlar 1- bobda to‘liq ko‘rib chiqilgan. Ularga: kuchaytirish koeffitsiyenti K_U , sinfaz xalaqitlarni so‘ndirish koeffitsiyenti $K_{SFSO'N}$, siljitish kuchlanishi U_{SIL} va uning temperaturaga sezgirliigi ε_U , o‘rtacha kirish toki $I_{KIR.O'RT}$, siljitish toklari ΔI_{KIR} kiradi. Bundan tashqari, manba kuchlanishi E_M , iste‘mol toki I_{IST} va quvvati R_{IST} , maksimal kirish va chiqish kuchlanishlari, maksimal chiqish toki va boshqalar ko‘rsatiladi.

Kirish va chiqish qarshiliklari har doim ham asosiy parametrlar tarkibiga kiritilmaydi, ularni kirish va chiqish toklari qiymatlaridan aniqlash mumkin.

OK tezkorligi chiqish kuchlanishining o‘shish tezligi $\mathcal{G}_{U_{CHQ}}$ yoki birlik kuchaytirish chastotasi f_l bilan xarakterlanadi. Bu yerda f_l kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birga teng bo‘ladigan chastota qiymati ($K_U(f_l) = 1$).

10.1-jadvalda turli avlodga mansub OK turlarining ba‘zi parametrlari keltirilgan.

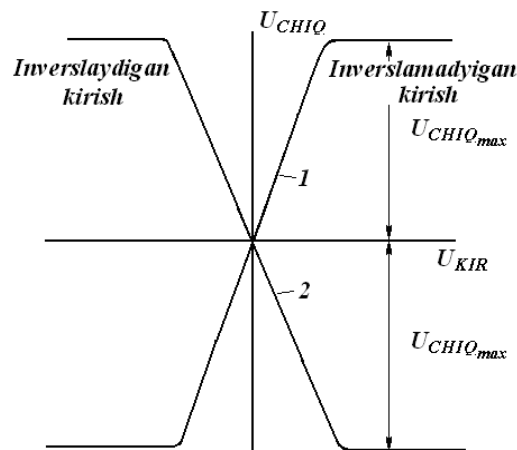
OKning asosiy xarakteristikalaridan biri bo‘lib uning amplituda xarakteristikasi (AX) hisoblanadi. U berilgan chastotada chiqish kuchlanishining kirish kuchlanishiga bog‘liqligi $U_{CHIQ}=f(U_{KIR})$ ni ifodalaydi (10.18-rasm). Inverslamaydigan kirishga signal berilsa, AX 1 - egri chiziq ko‘rinishiga, inverslaydigan kirishga berilsa 2 - egri chiziq

ko‘rinishiga ega bo‘ladi. $U_{KIR} = 0$ bo‘lganda ideal OK AXsi koordinata boshidan o‘tadi. Amaliyotda OK kirishlariga siljitish kuchlanishi U_{SIL} beriladi. AX qiya va gorizontal sohalarga ega. Xarakteristikaning qiya sohalari ishchi sohalari bo‘lib, uning og‘ish burchagi K_U qiymati bilan belgilanadi. $U_{KIR} \geq (U_{CHIQ,max} / K_U) + U_{SIL}$ bo‘lganda chiqish kuchlanishi o‘zgarishsiz qoladi. $U_{CHIQ,max}$ qiymati doim kuchlanish manbai E_M qiymatidan kichik bo‘ladi. AX chiziqli sohalari kengligi kirish kaskadi dinamik diapazoni bilan aniqlanadi va $yo\phi_T$ dan oshmaydi.

10.1-javdal

OK parametrlari

OK avlodlari	K_U , ming	I_{KIR} , nA	f_1 , MGz	$g_{U_{CHIQ}}$, V/mks	U_{SIL} , V	$\Delta U_{SIL}/\Delta T$, mkV/°C
1- (K140UD1)	8	7000	8	0,4	7	20
2- (K140UD7)	45	220	0,8	0,3	4,5	50
3- (K140UD6)	60	33	1	2,5	5	20
4- (K140UD5 va K154UD21)	125 1000	100 1,1	0,3 1,0	0,005 1,5	2 0,07	10 0,0005

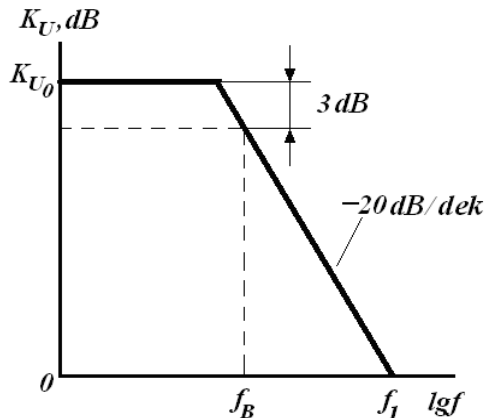


10.18-rasm. OKning amplituda xarakteristikasi.

OKning chastota xossalari uning amplituda-chastota xarakteristikasida aks ettiriladi. Bu xarakteristikani qurishda K_{U0} dB larda ifodalanadi, chastota esa logarifm masshtabida gorizontal o‘q bo‘ylab o‘rnatiladi (10.19-rasm).

Kuchaytirish koeffitsiyenti K_U kirish signali chastotasiga bog‘liq. Ma’lumotnomalarda keltiriladigan OK kuchaytirish koeffitsiyentlari kirishga $\Delta f = f_{Yu} - f_P$ oraliqda yotadigan o‘rtacha chastotadagi sinusoidal

tebranishlar berilganda haqiqiydir. Past f_P va yuqori f_B chegaraviy chastotalarda kuchaytirish ma'lum darajagacha kamayadi. Agar bu darajalar alohida aytib o'tilmagan bo'lsa, u holda, odatda, f_P va f_{Yu} qiymatlarida kuchaytirish $\sqrt{2}$ martaga (3 dB ga) kamayadi deb hisoblanadi.



10.19-rasm. Bitta kuchaytirish kaskadiga ega bo'lgan OK LACHXsi.

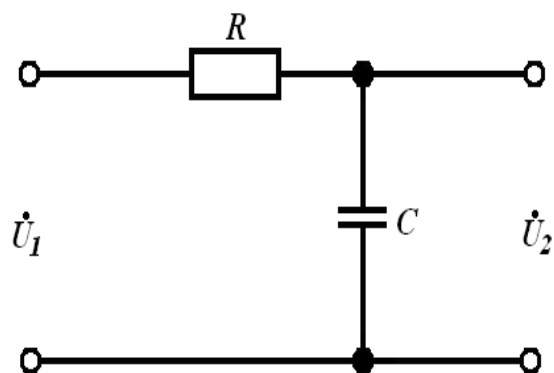
OK chastota xususiyatlarini aniqlash uchun uning kuchaytirish koeffitsiyenti kompleks kattalik ko'rinishida ifodalanadi

$$\dot{K}(j\omega) = K(\omega)e^{j\varphi(\omega)}.$$

Bu yerda modul $K(\omega)$ kuchaytirgich chiqish signali amplitudasini kirish signali amplitudasiga nisbatini, argument $\varphi(\omega)$ esa, kuchaytirgich chiqishidagi tebranishlar fazasini kirishdagi tebranishlar fazasiga nisbatan siljishini xarakterlaydi. $K(\omega)$ ning chastotaga bog'liqligi **amplituda-chastota xarakteristikasi** (ACHX), $\varphi(\omega)$ argumentning chastotaga bog'liqligi esa, **faza-chastota xarakteristikasi** (FCHX) deb ataladi. Tok va kuchlanish uchun kompleks kattalikni kiritilishi barcha hisoblarni juda soddalashtiradi.

Chastota xususiyatlarini tahlil qilishda OKning barcha kuchaytirish kaskadlari uning ekvivalent RC – zanjiri bilan almashtiriladi (10.20-rasm). Ekvivalent zanjirlar deb, kirishlariga bir xil EYUK ta'sir ettirilganda chiqishlarida bir xil kuchlanishlar hosil bo'ladigan zanjirlarga aytiladi.

Agar kirishga kompleks amplitudasi $\dot{U}_1 = U_1 e^{j\varphi_1}$ bo'lgan garmonik EYUK ta'sir ettirilsa, u holda, chiqishda kompleks amplitudasi $\dot{U}_2 = U_2 e^{j\varphi_2}$ bo'lgan kuchlanish yuzaga keladi. Umumiy holda $U_1 \neq U_2$ va $\varphi_1 \neq \varphi_2$ ($\varphi = \omega t$).



10.20-rasm. OKning ekvivalent sxemasi.

Kuchaytirishning kompleks koeffitsiyenti deb

$$\dot{K}(j\omega) = \dot{U}_2 / \dot{U}_1$$

kattalik aytiladi.

Amaliyotda zanjirning chastota xarakteristikasi

$$K(\omega) = U_2 / U_1$$

va uning faza xarakteristikasi

$$\psi(\omega) = \varphi_2 - \varphi_1$$

alohida ko‘riladi. Bu yerda $\psi(\omega)$ – zanjirdan o‘tayotgan signal chastotasi ω ning faza o‘zgarishi.

RC – zanjirdan oqib o‘tayotgan tokning kompleks amplitudasi, kuchlanishning kompleks amplitudasi bilan $\dot{I} = \dot{U}_1 / \dot{Z}$ munosabat yordamida bog‘langan. Bu yerda \dot{Z} kattaligi zanjir qarshiligi ma‘nosiga ega. RC – zanjir uchun $\dot{Z} = R - (1/j\omega C)$ bo‘lib, bu yerda $-(1/j\omega C)$ – kondensatorning kompleks qarshiligi. Bundan sig‘imdagi (zanjir chiqishida) kuchlanishning kompleks amplitudasi

$$\dot{U}_c = \dot{U}_2 = \frac{\dot{I}}{j\omega C} = \frac{\dot{U}_1}{1 + j\omega RC} .$$

Demak,
$$\dot{K}(\omega) = \frac{1}{1 + j\omega RC} .$$

Bundan zanjirning ACHXsi (moduli):

$$K(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} = \frac{1}{(1 + \omega RC)^2} \quad (10.14)$$

va faza xarakteristikasi tenglmasi:

$$\psi = -\arctg \omega RC \quad . \quad (10.15)$$

Oxirgi tenglik $\psi = \pi/2$ bo'lgandagina haqiqiydir. RC – zanjir kirishiga garmonik EYUK ulansa tok (kuchlanish) qiymati $\tau = RC$ vaqt doimiysi bilan eksponensial qonunga binoan kamayadi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti uning past chastotadagi qiymatiga nisbatan $\sqrt{2}$ marta (3 dB)ga kamayadigan vaqt doimiysini τ_B deb belgilaymiz. $\tau_B = 1/\omega_B = 2\pi f_B$ ekanligini inobatga olgan holda (10.14) ifodani

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{1 - (f/f_B)^2}}$$

ko'rinishda qayta yozamiz.

Chastota f_B **kuchaytirish koeffitsiyentining chegaraviy chastotasi** deb ataladi.

Natijada, $f > f_B$ chastotalar oralig'ida OKning kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti modulining chastotaga bog'liqligini:

$$K_U = \frac{K_{U0}}{\sqrt{1 - (f/f_B)^2}} \quad (10.16)$$

qo'rinishda yozamiz. Bu yerda, K_{U0} $f < f_B$ bo'lgandagi kuchaytirish koeffitsiyenti.

K_U va f qiymatlari katta bo'lgan hollarda, K_U – ning detsibellarda ifodalangan logarifmik birligidan foydalaniladi

$$D(\text{dB}) = 20 \lg(U_{\text{CHIQ}}/U_{\text{KIR}}) \quad .$$

Shu sababli OK ACHXsini qurishda K_U dB da, chastota esa logarifm masshtabda gorizontaal o'qda ifodalanadi. Bundan tashqari,

logarifm masshtab chastota xarakteristikalarini grafik ifodalashda qulay, chunki ularni *qo'shish* imkonini beradi. Bu xarakteristika logarifm ACHX (LACHX) deb ataladi.

Kuchaytirish koeffitsiyenti (10.16) ni logarifmlab, *bitta* kuchaytirish kaskadiga ega bo'lgan OK uchun LACHX ifodasini olamiz:

$$K_U (dB) = 20\lg K_{U_0} - 20\lg \sqrt{1 + (f / f_B)^2} \quad . \quad (10.17)$$

LACHX 2.21-rasmda keltirilgan.

$f < f_B$ chastota qiymatlarida LACHX chastota o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi. Chastota ortishi bilan kuchaytirish koeffitsiyenti (10.17) ning o'ng tomonidagi ikkinchi tashkil etuvchi hisobiga K_U kamaya boshlaydi. Ma'lum yaqinlashishlarda, $f > f_B$ chastotada K_U 20 dB/dekada tezlikda pasayishi amalga oshadi deb hisoblash mumkin. Bunda chastotaning 10 martaga ortishi, K_U ni 20 dB ga kamayishiga olib keladi. Haqiqatdan ham, $f \gg f_B$ shartida (10.17) ning ildiz osti ifodasini soddalashtirish mumkin. Bunda

$$K_U (dB) = 20\lg K_{U_0} - 20\lg(f / f_B)$$

hosil bo'ladi.

Shunday qilib, ($f > f_B$) yuqori chastotalar sohasida LACHX chastotalar o'qiga 20 dB/dekada og'ish to'g'ri chizig'i ko'rinishida ifodalanadi. LACHXning chastotalar bilan kesishish nuqtasi, kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti birga teng bo'lgan f_I chastotaga mos keladi ($K_U(f_I)=1$). K_U ning pasayishi dB/oktava larda ifodalanadi. Chastotaning 2 marta o'zgarishi oktava deyiladi. Xarakteristikaning bunday pasayishi sodda past chastota filtrlari va korreksiyalangan OKlar uchun xosdir.

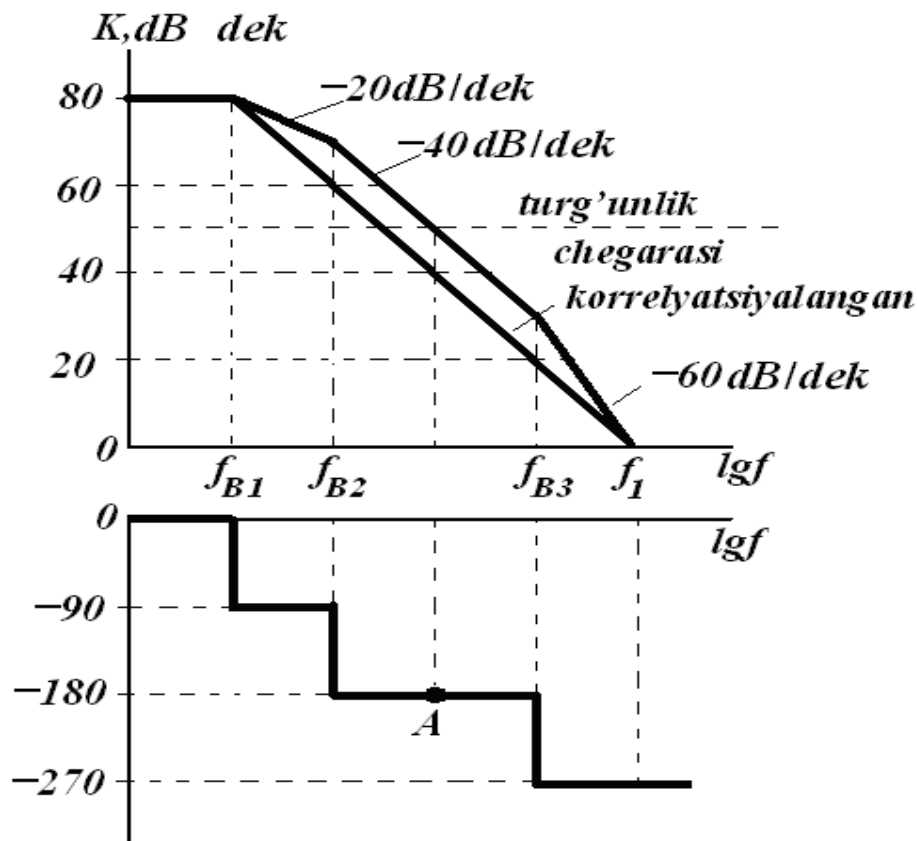
Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda bunday xarakteristikalar har bir kaskad xarakteristikalarini algebraik qo'shish yo'li bilan hosil qilinishi mumkin. Unda ko'p kaskadli kuchaytirgichning har bir LACHXsi $n \cdot 20$ dB/dekada og'ishga ega bo'lgan to'g'ri chiziqlar bilan ifodalanadi. Bu yerda birinchi kaskad uchun $n=1$, ikkinchi kaskad uchun $n=2$ va x.k. Turli kaskadlarda tranzistorlar xossalari va mahalliy manfiy TA chuqurigi turlicha bo'lganligi sababli, vaqt doimiy τ_{Bi} lari ham turlicha bo'ladi. f_{Ii} chastotalar ham turlicha bo'ladi.

Bu usul yordamida uch kaskadli OK uchun tuzilgan LACHX va FCHX 10.21-rasmda keltirilgan.

$f < f_{B1}$ chastotalar uchun kuchaytirish koeffitsiyenti o'zgaras. Keyinchalik u 20 dB/dek tezlik bilan kamayadi. $f_{B2}-f_{B3}$ oraliqda pasayish tezligi ikki martaba ortadi (40 dB/dek). Keyin esa 60 dB/dek ga yetadi.

$f > f_{Bi}$ chastotalarda har bir kaskad 90° ga yaqin faza siljishi kiritadi, va shu sababli kuchaytirgich FCHXsi f_{B1} , f_{B2} va f_{B3} chastotalarda fazaning keskin ortishiga ega bo'lgan zinasimon siniq chiziq bilan approksimatsiyalanadi.

Agar OKga manfiy TA kiritilgan bo'lsa, ba'zi chastotalarda natijaviy faza siljishi 360° ga teng bo'lishi mumkin. Agar kuchaytirish koeffitsiyentining TA koeffitsiyentiga ko'paytmasi birdan katta bo'lsa, sxema Turg'unligini yo'qotadi. Bu esa, manfiy TA musbat TAga aylanadi va kuchaytirgich kuchaytirish rejimidan generatsiya rejimiga o'tadi degani.



10.21-rasm. Uch kaskadli OK LACHX va FCHXsi.

10.21-rasmda FCHXning $\psi=-180^{\circ}$ ga mos keluvchi A nuqta, $K=50$ dB darajadagi turg'unlik chegarasini belgilaydi. A nuqtada manfiy TAli OK Turg'un bo'ladi va chastota korreksiyasi bajarilishi kerak. Faza

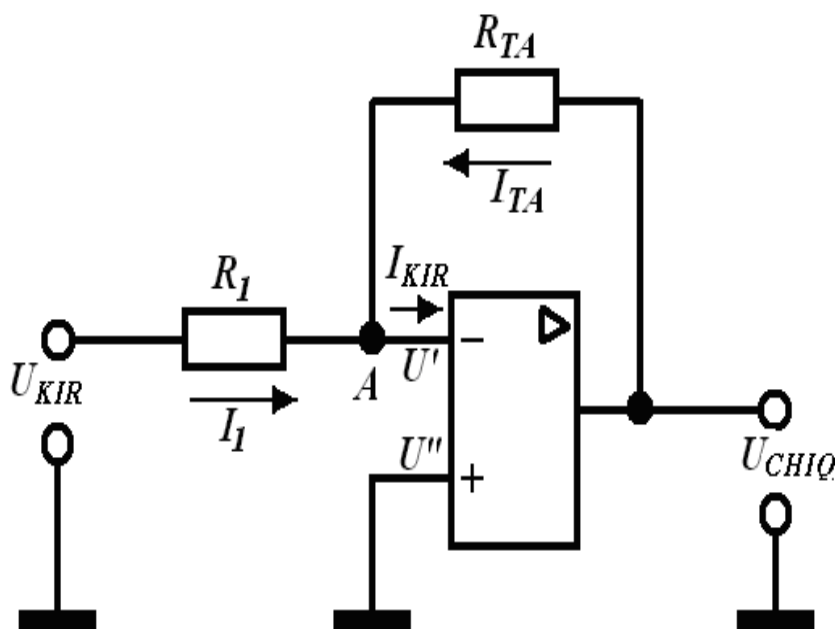
siljishi 180° dan kichik bo'lgandagina kuchaytirgich generatsiyalanishga turg'un bo'ladi.

Turg'un ish jarayonini ta'minlash maqsadida OKlarga qo'shimcha ichki yoki tashqi korreksiya zanjiri kiritiladi. U o'z navbatida $K(f) > 1$ bo'lgan barcha chastota diapazonida 20 dB/dek ga teng bo'lgan LACHX og'ishini shakllantiradi. Bunday korreksiya kuchaytirgich o'tkazish polosasini toraytiradi. Ikki kaskadli kuchaytirgich LACHXsini korreksiyalash uchun uning sxemasiga bitta korrelyasiyalovchi kondensator C_{KOR} kiritiladi (10.17 va 10.21-rasmlarga qarang). Uch kaskadli OK ni korreksiyalash uchun tashqi RC – zanjirlari qo'llaniladi. Buning uchun OK sxemalarida qo'shimcha elektrodlar ko'zda tutiladi.

10.5. Operatsion kuchaytirgich asosidagi funksional qurilmalar

Inverslaydigan kuchaytirgich. DK OKning kirish kaskadi bo'lganligi sababli, butun OK nol bo'yicha yuqori barqarorlikka ega, lekin uning kuchaytirish koeffitsiyenti temperaturaga bog'liq. Bu kamchilik manfiy TA qo'llash yordamida bartaraf qilinadi.

Yuqori barqarorlikka ega bo'lgan inverslaydigan kuchaytirgich prinsipial sxemasi 10.22-rasmda keltirilgan.



10.22-rasm. Yuqori barqarorlikka ega bo'lgan inverslaydigan kuchaytirgich.

Bu yerda, R_I va R_{TA} rezistorlar kuchlanish bo'yicha parallel manfiy TA zanjirini hosil qiladilar. OKning A inverslaydigan

kirishidagi kuchlanishning oniy qiymatini U_A orqali belgilaymiz. Ko‘rinib turibdiki, $U_A = -(1/K_{U0})U_{CHIQ}$, bu yerda K_{U0} – manfiy TASiz OKning kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koeffitsiyenti. Kirxgof qonunidan foydalanib, A tugun uchun $I_1 + I_2 - I_{KIR} = 0$ deb yozish mumkin.

$$I_1 = \frac{U_{KIR} - U_A}{R_1} = \frac{U_{KIR} - \frac{1}{K_{U0}}U_{CHIQ}}{R_1} ,$$

$$I_2 = \frac{U_{CHIQ} - U_A}{R_{TA}} = \frac{\left(1 + \frac{1}{K_{U0}}\right)U_{CHIQ}}{R_{TA}} ,$$

$$I_{KIR} = \frac{U_A}{R_{KIR}} = -\frac{1}{K_{U0}} \frac{U_{CHIQ}}{R_{KIR}} .$$

Bundan,

$$U_{CHIQ} = \frac{U_{KIR}}{R_1 \left[\frac{1}{K_{U0}R_1} + \frac{1}{R_{TA}} \left(1 + \frac{1}{K_{U0}}\right) - \frac{1}{K_{U0}R_{KIR}} \right]} . \quad (10.18)$$

Formuladagi manfiy ishora, chiqishdagi signal fazasi kirishdagiga nisbatan 180^0 ga farqlanishini (inverslanishini) bildiradi.

K140UD7 turdagi OK asosida yaratilgan bunday qurilmaning kuchaytirish koeffitsiyenti K_U ni hisoblaymiz ($K_{U0}=45000$, $I_{KIR} = 220$ nA). $R_{TA} = 100$ kOm, $R_I = 1$ kOm bo‘lsin. Bu OK kirish qarshiligi $R_{KIR} = U_A/I_{KIR}$. $E_M = 5V$ bo‘lganda chiqish kuchlanishi $U_{CHIQ} \leq 5V$. Bundan $U_A = U_{CHIQ}/K_{U0} = 0,11 \cdot 10^{-3} V$, $R_{KIR} = 0,5 \cdot 10^3$ Om ekanligi kelib chiqadi. Bu yerdan (10.18) ga asosan qurilmaning kuchaytirish koeffitsiyenti

$$K_U = \frac{U_{CHIQ}}{U_{KIR}} = -100,2 .$$

Endi ideal OK xossalaridan foydalanib qurilmaning kuchaytirish koefitsiyentini hisoblaymiz. Avvalgidek, Kirxgof qonunidan

$$I_1 + I_2 - I_{KIR} = 0.$$

c) ideal OK kirish toki $I_{KIR} = 0$ va f) umumiy shinaga ulangan inverslamaydigan kirish potentsiali nolga teng bo'lganligi sababli, A nuqta potentsiali nolga teng bo'lgan xossalariga asosan

$$I_1 = \frac{U_{KIR}}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U_{CHIQ}}{R_{TA}}.$$

Demak,

$$K_U = \frac{U_{CHIQ}}{U_{KIR}} = -\frac{R_{TA}}{R_1}. \quad (10/19)$$

R_1 va R_{TA} larning avvalgi qiymatlarida qurilmaning kuchaytirish koefitsiyenti $K_U = -100$.

Bundan juda muhim xulosa kelib chiqadi, ya'ni: OK ideal deb faraz qilingan aniq va taqribiy ifodalarda yuzaga keladigan xatoliklar juda kichik. Demak, OKning uncha katta bo'lmagan xususiy kuchaytirish koefitsiyentlarida ham taqribiy ifoda yetarli darajada aniq hisoblarni berar ekan.

Kuchaytirgichning kirish qarshiligi R_1 rezistor qarshiligiga teng, va odatda, katta emas. Sxemaning afzalligi – manfiy TASiz OKga nisbatan chiqish qarshiligining ancha kichikligidir.

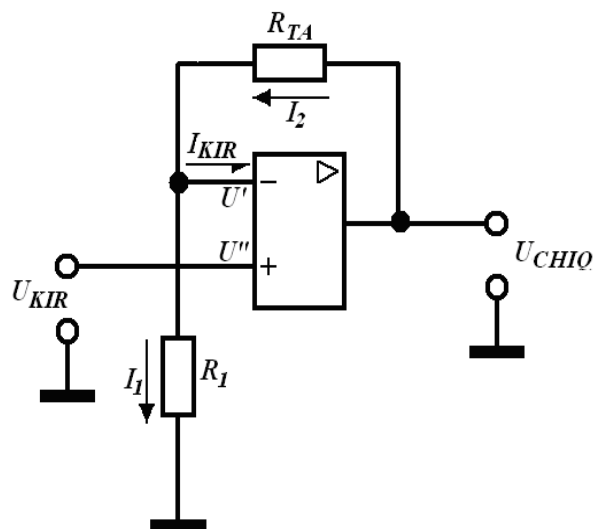
$F > 10$ bo'lgandagi inverslaydigan kuchaytirgich chiqish qarshiligi quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$R_{CHIQ} = \frac{R_{CHIQ.TA}}{F} = \frac{R_{CHIQ.TA} \cdot K_U}{K_{U0}}. \quad (10.20)$$

(10.20) ifodadan, qurilmaning kuchaytirish koefitsiyenti aniq barqaror va faqat TA qarshiligi R_{TA} qiymatini qo'shimcha qarshilik R_1 qiymatiga nisbati bilan aniqlanishi kelib chiqadi. Ammo bu natija OK kuchaytirish koefitsiyenti keskin kamayib ketishi evaziga sodir bo'ladi ($R_{TA}/R_1 \ll K_U$). Qarshiliklar nisbati kuchaytirish masshtabini beradi. Shu sababli bu kuchaytirgich *inverslaydigan masshtablovchi kuchaytirgich* nomini olgan.

Kuchaytirish ko'effitsiyentlarini barqarorlash bilan birga manfiy TA kuchaytirgich dinamik diapazonini ham bir necha ming martaga kengaytiradi. Masalan, K140UD7 turdagi OKda maksimal kirish signali mVlarning o'n ulushlaridan oshmaydi, berilgan manfiy TAda esa u o'nlab voltni tashkil etadi. Keyingi OK asosidagi qurilmalarni hisoblashlarda ideal OK xossalaridan kelib chiqqan taqribiy ifodalardan foydalanamiz.

Inverslamaydigan kuchaytirgich. Inverslamaydigan kuchaytirgich prinsipial sxemasi 10.23-rasmda keltirilgan. Kirish signali OKning inverslamaydigan kirishiga beriladi, inverslamaydigan kirishga esa TA signali beriladi. Bu TA kuchlanish bo'yicha ketma-ket manfiy TA ekanligi ko'rinib turibdi.



10.23-rasm. Inverslamaydigan kuchaytirgich sxemasi.

Inverslamaydigan OK uchun kirish toki $I_{KIR}=0$, shuning uchun inverslamaydigan kirish potentsiali $U^1 = U_{CHIQ} R_1 / (R_1 + R_{TA})$. Boshqa tomondan, ideal OK uchun kirishdagi potentsiallar bir biriga teng $U^1 = U''$. Demak, $U_{KIR} = U_{CHIQ} R_1 / (R_1 + R_{TA})$, bundan inverslamaydigan kuchaytirgich kuchaytirish ko'effitsiyenti

$$K_U = 1 + \frac{R_{TA}}{R_1} \quad (10.21)$$

Yetarli chuqur manfiy TA amalga oshirilganda ($F > 10$ bo'lganda) (10.21) ifoda 4 % xatolik bilan to'g'ri bo'ladi. Odatda, $R_{TA} + R_1 = 50 \text{ kOm} \div 1 \text{ MOm}$.

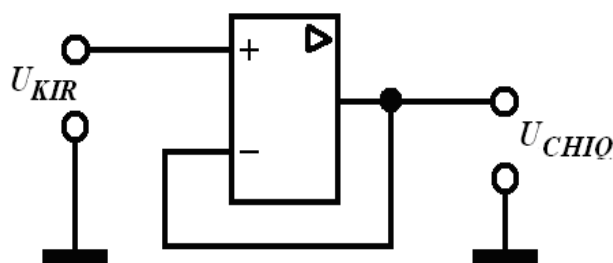
Inverslamaydigan kuchaytirgichning kirish qarshiligi qiymati OKning katta kirish qarshiligi ($1 \div 10 \text{ GOm}$) va chuqur manfiy TA bilan

belgilanadi. Inverslamaydigan kuchaytirgich chiqish qarshiligini hisoblash uchun (10.21) formuladan foydalanamiz.

OKning inverslamaydigan ulanishi, katta ichki qarshilikka ega signal manbaini kirish qarshiligi kichik bo'lgan signalni qayta ishlovchi qurilma bilan muvofiqlashtirish talab etilganda qo'llaniladi. Bunda signal fazasi saqlanadi.

Manfiy TA chuqurligi ortsa ($R_{TA} \rightarrow 0$, $R_I \rightarrow \infty$) kuchaytirish koeffitsiyenti K_U kamayadi va birga tenglashadi ($K_U = 1$).

Bunday kuchaytirgich **kuchlanish qaytargichi** deyiladi. Kuchlanish qaytargich sxemasi 10.24-rasmda keltirilgan. Qaytargichda maksimal kirish va minimal chiqish qarshiligi ta'minladi. OK asosidagi qaytargich, boshqa (emitter va istok) qaytargichlar, muvofiqlashtiruvchi kaskad sifatida qo'llaniladi.



10.24-rasm. Kuchlanish qaytargichi sxemasi.

Inverslaydigan jamlovchi qurilma. Jamlash qurilmasi bir nechta kuchaytirilgan kirish signallarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladigan kuchlanishni shakllantirish uchun xizmat qiladi, ya'ni matematik qo'shish amalini bajaradi. Bunda kirish signali inverslanadi. Misol tariqasida, 10.25-rasmda uchta kirishga ega bo'lgan inverslaydigan jamlash qurilmasi sxemasi keltirilgan.

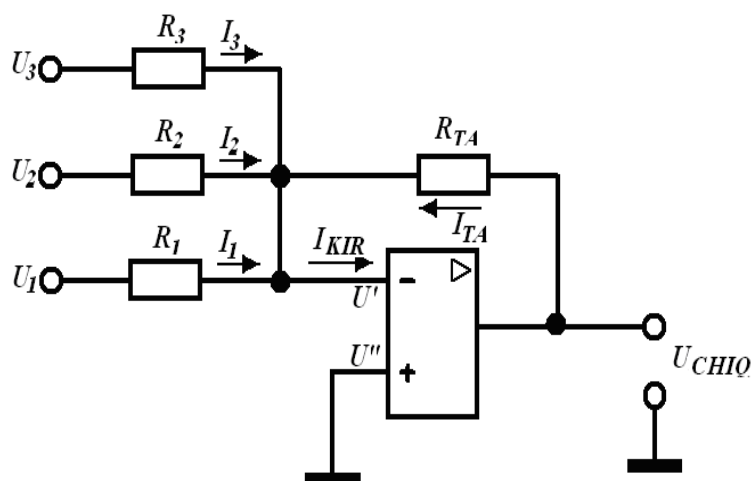
OK ideal deb hisoblab ($I_{KIR}=0$, $U' = U''$), inverslaydigan kirish uchun Kirxgofning birinchi qonuniga binoan

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_{TA} = 0 \quad , \quad \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \frac{U_3}{R_3} = -\frac{U_{CHIQ}}{R_{TA}}$$

yoziq mumkin. Bundan chiqish kuchlanishi

$$U_{CHIQ} = -\frac{R_{TA}}{R_1} U_1 - \frac{R_{TA}}{R_2} U_2 - \frac{R_{TA}}{R_3} U_3 \quad (10.22)$$

kelib chiqadi, ya'ni chiqishdagi signal o'zining masshtab koeffitsiyenti bilan olingan kirishdagi signallarning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi.



10.25-rasm. Uchta kirishli inverslaydigan jamlash qurilmasi sxemasi.

$R_1=R_2=R_3=R_{TA}=R$ bo'lgan xususiy xolda

$$U_{CHIQ} = -(U_1 + U_2 + U_3)$$

bo'ladi. (10.22) ifoda ixtiyoriy ko'rinishdagi istalgan sonli kirish signallari uchun haqiqiy.

Inverslamaydigan jamlovchi qurilma. Uchta kirishga ega bo'lgan mazkur qurilma sxemasi 10.26-rasmda keltirilgan. Kirish signallari inverslamaydigan kirishga, manfiy TA signali esa R_{TA} orqali inverslaydigan kirishga beriladi. Kirxgofning birinchi qonuniga binoan $I_1 + I_2 + I_3 = 0$, chunki ideal OK da $I_{KIR} = 0$.

Demak,

$$\frac{U_1 - U'}{R} + \frac{U_2 - U'}{R} + \frac{U_3 - U'}{R} = 0 .$$

OK kirishlari potentsiallari bir biriga teng degan shartdan kelib chiqqan holda U' kirish potentsialini aniqlaymiz, ya'ni

$$U' = U'' = \frac{U_{CHIQ} \cdot R_1}{R_{TA} + R_1} .$$

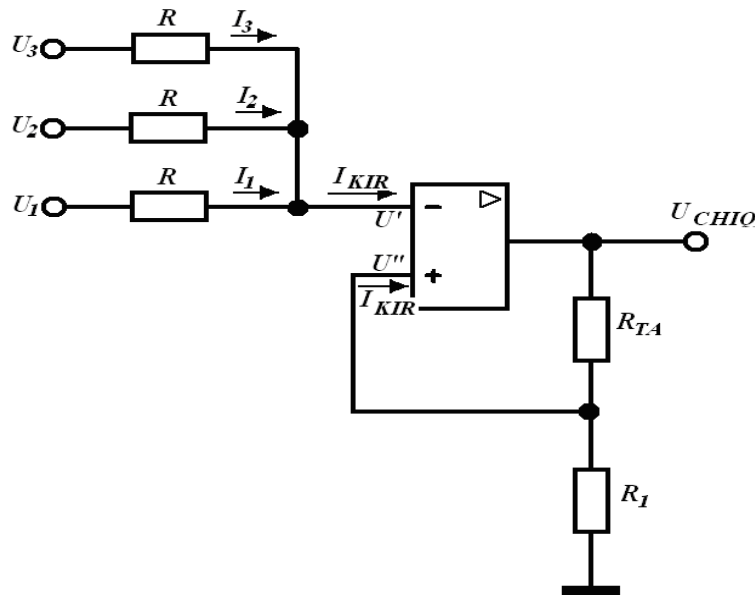
Bundan $U_{CHIQ} = K(U_1 + U_2 + U_3)$,

bu yerda uchta kirishli jamlovchi qurilma uchun $K = \frac{1 + R_{TA} / R_1}{3}$ va n ta kirishli jamlovchi qurilma uchun esa $K = \frac{1 + R_{TA} / R_1}{n}$.

Ayiruvchi – kuchaytirgich. Chiqishida ikkita kirishdagi signal-larning farqiga teng kuchlanish olish imkonini beruvchi qurilma sxemasi 10.27-rasmda keltirilgan.

Kirxgofning birinchi qonuniga binoan $I_1 + I_0 = 0$, chunki ideal OKda $I_{KIR} = 0$.

$$I_1 = \frac{U_1 - U'}{R} ; \quad I_0 = \frac{U_{CHIQ} - U'}{KR} .$$



10.26-rasm. Inverslamaydigan jamlovchi qurilma sxemasi.

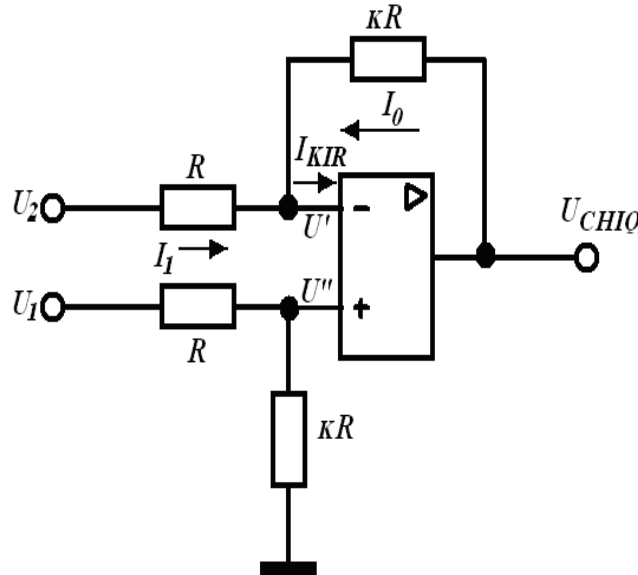
Ideal OKda kirish potentsiallari teng $U' = U''$. Inverslamaydigan kirish potentsiali

$$U'' = \frac{U_2 \cdot KR}{R + KR} .$$

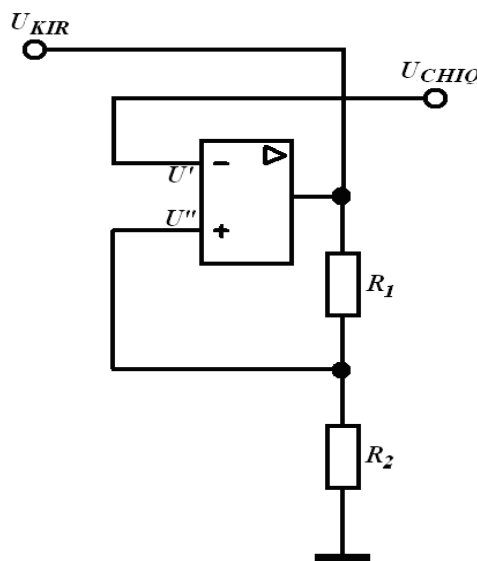
Bundan,
$$\frac{U_1 - U''}{R} = \frac{U'' - U_{CHIQ}}{KR}$$

yoki $KU_1 - U''(K + 1) = -U_{CHIQ}$.

Demak, natijaviy $U_{CHIQ} = K(U_2 - U_1)$.



10.27-rasm. Ayiruvchi-kuchaytirgich sxemasi.



10.28-rasm. Pretsizion attenyuator.

Pretsizion attenyuator. Attenyuator (soʻndirgich) kuchlanishni talab qilingan marta susaytirish uchun xizmat qiladi. Asosan yuqori chastota oʻlchov apparatlarida, masalan standart signallar generatorlari va komparatorlarda qoʻllaniladi. Pretsizion (oʻta aniq) attenyuator sxemasi 10.28-rasmda keltirilgan.

Ideal holda $U' = U''$. Shuning uchun

$$U_{KIR} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_{CHIQ} \quad \text{yoki} \quad U_{CHIQ} = U_{KIR} \frac{1}{1 + R_1 / R_2} .$$

Impuls qurilmalarda generator ma'lum davomiylik va amplitudaga ega to'g'ri to'rtburchak shakldagi impulslar ishlab chiqaradi. Bu impulslar raqamlarni aks ettirish va hisoblash qurilmalarida, axborotlarni qayta ishlash va boshqa qurilmalar elementlarini boshqarish uchun mo'ljallangan. Ammo elementlar to'g'ri ishlashi uchun umumiy holda to'g'ri burchak shakldan farq qiluvchi shakldagi, ma'lum davomiylik va amplitudaga ega bo'lgan impulslar talab qilinadi.

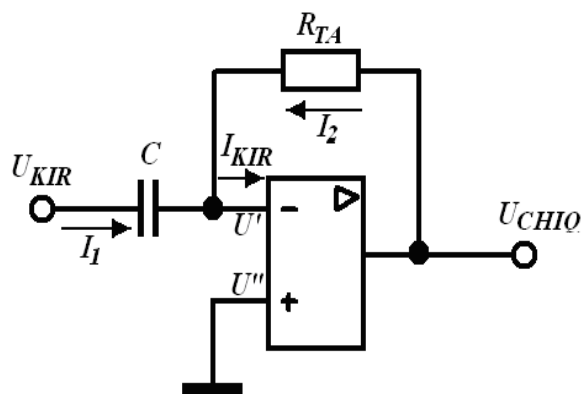
Generator ishlab chiqarayotgan impulsni passiv va aktiv bo'lishi mumkin bo'lgan to'rt qutbliliklar yordamida o'zgartirish mumkin. Turli to'rt qutbliliklardan foydalanib differensiallash, integrallash, impulsni qisqartirish, amplituda hamda ishorani o'zgartirish kabi va boshqa o'zgartirishlarni amalga oshirish mumkin. Differensiallash va integrallash amallari mos ravishda differensiallovchi va interallovchi zanjirlar yordamida bajariladi.

Passiv integrallovchi va differensiallovchi zanjirlar quyidagi kamchiliklarga ega: ikkala matematik amal ma'lum xatoliklar bilan amalga oshiriladi. Ularni korreksiyalash uchun chiqish signali amplitudasini kuchli ravishda pasaytiruvchi, korreksiyalovchi zanjirlar kiritish zarur.

OK asosidagi aktiv differensiallovchi va integrallovchi qurilmalar bu kamchiliklardan xoli. Ularni o'rganishga o'tamiz.

Differensiallovchi qurilma. OK asosida bajarilgan sodda differensiator sxemasi 10.29-rasmda keltirilgan. Sxema TA zanjiriga RC element kiritilgan inverslaydigan kuchaytirgich hisoblanadi. Kirxgofning birinchi qonuniga binoan $I_1 + I_2 = 0$. $U' = U'' = 0$ bo'lganligi sababli, kondensator zaryadining oniy qiymati $Q(t) = CU_{KIR}$, tok esa $I_1 = dQ/dt = C(dU_{KIR}/dt)$. O'z navbatida, tok $I_2 = U_{CHIQ}(t)/R_{TA}$.

$$\text{Bundan, } C \frac{dU_{KIR}}{dt} + \frac{U_{CHIQ}}{R_{TA}} = 0 \quad \text{yoki} \quad U_{CHIQ}(t) = -R_{TA} C \frac{dU_{KIR}}{dt} .$$

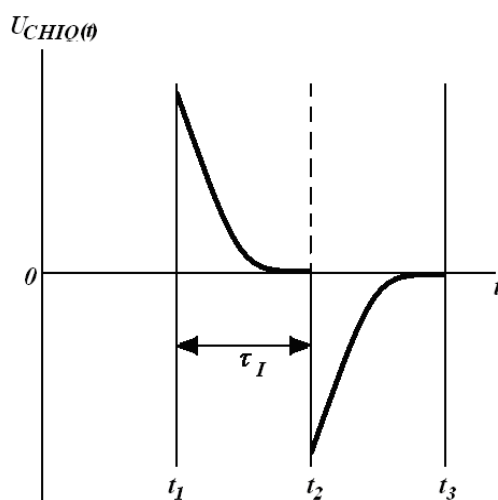


10.29-rasm. Differensiallovchi qurilma sxemasi.

Shunday qilib, mazkur qurilma kirish signalini differensiallash – uni vaqt doimiysi $\tau = R_{TA}C$ ga teng bo‘lgan proporsionallik koeffitsiyentiga ko‘paytirish amalini bajaradi. Kirishga to‘g‘ri burchak shakldagi impuls berilganda chiqishda hosil bo‘ladigan kuchlanish shakli 10.30 - rasmda keltirilgan.

Chiqishdagi impuls davomiyligi $\tau_I \approx (3 \div 4)\tau = (3 \div 4)R_{TA} \cdot C$ kabi aniqlanadi.

Umumiy holda chiqishdagi kuchlanish shakli τ_I va τ nisbatiga bog‘liq bo‘ladi. t_1 vaqt momentida R_{TA} rezistorga kirish kuchlanishi qo‘yilgan, chunki kondensatordagi kuchlanish keskin o‘zgara olmaydi. So‘ngra kondensatordagi kuchlanish eksponensial qonun bo‘yicha ortadi, rezistordagi kuchlanish esa, ya‘ni chiqish kuchlanishi eksponensial qonunga binoan pasayadi va kondensator zaryadlanishi tugaganda, t_2 vaqt momenti nolga teng bo‘ladi. Kirish kuchlanishi nolga teng bo‘lganda, kondensator rezistor orqali razryadlana boshlaydi. Shunday qilib, teskari ishorali impuls shakllanadi.



10.30-rasm. Differensiallovchi qurilma chiqishidagi kuchlanishning vaqt diagrammasi.

Integrallovchi qurilma. OK asosidagi sodda integrallovchi qurilma sxemasi 10.31-rasmda keltirilgan. Ushbu sxema inverslaydigan kuchaytirgich hisoblanadi, uning TA zanjiriga kondensator C ulangan.

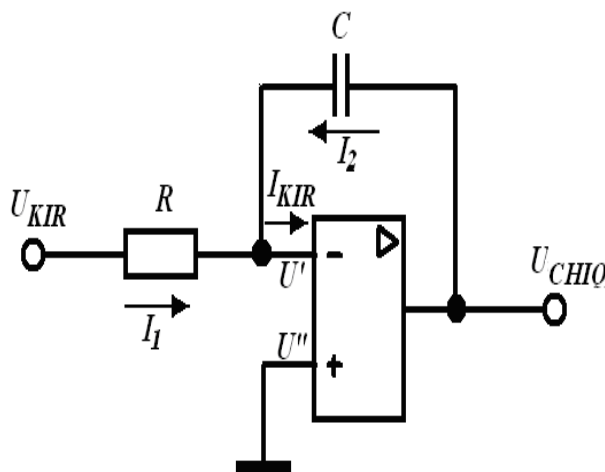
Avvalgidek $I_{KIR} = 0$, $U' = U'' = 0$. $I_1 + I_2 = 0$.

$$I_2 = dQ / dt = C(dU_{CHIQ} / dt); \quad I_1 = U_{KIR}(t) / R .$$

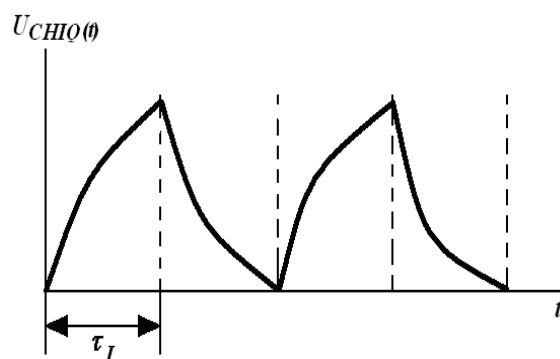
$$C \frac{dU_{CHIQ}}{dt} = -\frac{U_{KIR}}{R} . \quad \text{Bundan } U_{CHIQ} = -\frac{1}{RC} \int_0^t U_{KIR} dt .$$

Shunday qilib, OK kiruvchi signal fazasini chiqishda π burchakka o'zgartiradi, chiqish kuchlanishi esa kirish kuchlanishining vaqt bo'yicha integralini $1/\tau = 1/RC$ koeffitsiyentga ko'paytirilganiga teng.

Kirishga τ_I davomiylikdagi to'g'ri burchakli impulslar ketma - ketligi berilganda chiqish kuchlanishining diagrammasi 10.32-rasmda keltirilgan.



10.31-rasm. Integrallovchi qurilma sxemasi.



10.32-rasm. Integrallovchi qurilma chiqishidagi kuchlanishning vaqt diagrammasi.

Aktiv filtrlar. Elektronikada ko‘p hollarda qurilma kirishiga berilayotgan axborot va parazit signallar majmuidan berilgan chastotadagi signalni ajratib olish talab qilinadi. Bu maqsadda turli chastota – tanlov sxemalar ishlatiladi va ular **filtrlar** deb ataladi.

Filtrlar so‘ndirmasdan o‘tkazayotgan tebranishlar chastotasi, filtrlarning **o‘tkazish polosasi (shaffoflik polosasi)**ni hosil qiladi. O‘tkazish polosasi filtrning asosiy parametri hisoblanadi. Kuchaytighichlardagi kabi, ular $K(f)$ uzatish koeffitsiyentini $\sqrt{2}$ marta (3dB ga) pasayish darajasi bilan aniqlanadi. Filtr so‘ndirayotgan tebranishlar chastotasi **shaffofmaslik polosasini** tashkil etadi. O‘tkazish polosasini shaffof emaslik polosasidan ajratuvchi chastota, **chegaraviy chastota** yoki f_{KES} **kesish chastotasi** deb ataladi.

Chastotalar polosasida o‘tkazish polosasining joylashishiga qarab filtrlar quyigi turlarga ajratiladi:

- **past chastota filtrlari** – noldan f_{KES} gacha bo‘lgan oraliqdagi tebranishlarni o‘tkazadi va yuqori chastotali tebranishlarni so‘ndiradi;

- **yuqori chastota filtrlari** – f_{KES} dan yuqori bo‘lgan tebranishlar chastotasini o‘tkazadi va undan past tebranishlarni so‘ndiradi;

- **polosa filtrlari** - f_1 dan f_2 gacha bo‘lgan oraliqdagi tebranishlar chastotasini o‘tkazadi va bu polosadan tashqaridagi tebranishlarni so‘ndiradi;

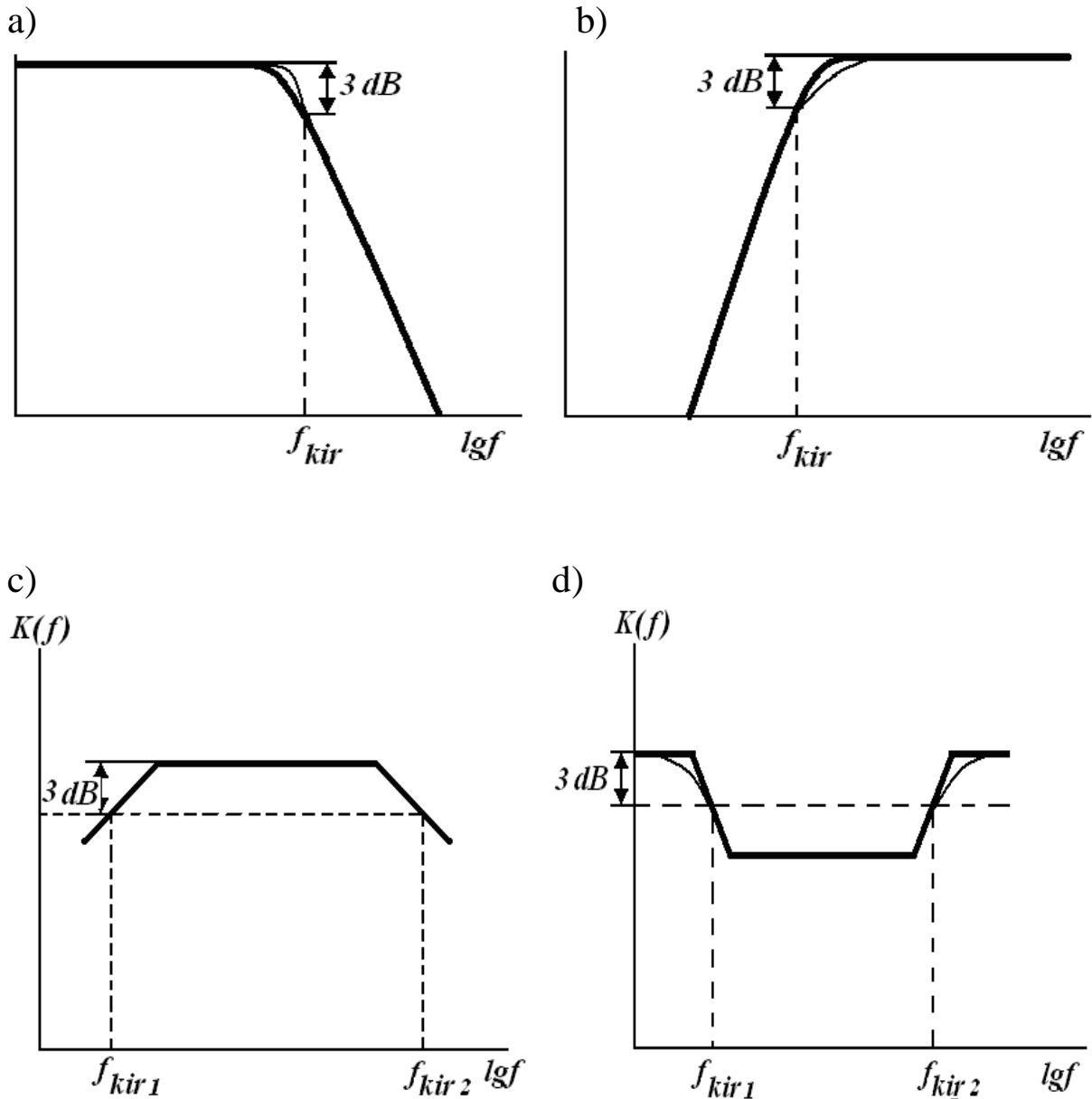
- **rejektorli (chegaralovchi) filtrlar** - f_1 dan f_2 gacha bo‘lgan tor oraliqdagi tebranishlar chastotasini o‘tkazmaydi.

Sanab o‘tilgan filtrlarning LACHXlari 10.33-rasmda keltirilgan.

Ixtiyoriy filtr asosini elektron qurilma passiv qismini tashkil etuvchi RC – yoki LC – zanjirlar, ya’ni passiv filrlar tashkil etadi. Aynan passiv filtr butun spektrdan berilgan chastotadagi signallarni ajratib oladi, elektron qurilmaning boshqa qismlari esa bu signalni kuchaytirish yoki generatsiyalash bo‘yicha analog amalni bajaradi.

Past chastotali sodda filtr (PCHF) bir bosqichli RC – zanjirdan tashkil topadi (10.34-rasm). Demak, filtr LACHXsi kuchaytirish koeffitsiyenti K_U ni uzatish koeffitsiyenti $K(f)$ ga almashtirilgan kuchaytirgich kaskadi LACHXsiga o‘xshaydi. Bir bosqichli RC – zanjiri birinchi darajali filtr deb atalad (10.35-rasm). i. U 20 dB/dek tezlikdagi LACHX pasayishi bilan ifodalanadi. Bundan yuqori pasayish tezligiga ega bo‘lgan filtr hosil qilish uchun bir necha RC – zanjirlar ketma – ket ulanadi. Ikki bosqichli filtrda (ikkinchi darajali filtr) LACHX pasayish tezligi 40 dB/dek, uch bosqichli filtrda (uchinchi darajali filtr) esa – 60 dB/dek. Har bir filtr darajasiga bitta kondensator to‘g‘ri keladi. Ammo,

ko‘p bosqichli passiv filtrlarda signallar yo‘qotilishi ko‘p bo‘lganligi tufayli ularning qo‘llanilishi cheklangan. Bundan tashqari, passiv filtrlar katta massa va o‘lchamlarga ega, ayniqsa past chastotali sohalarda ishlaganda.

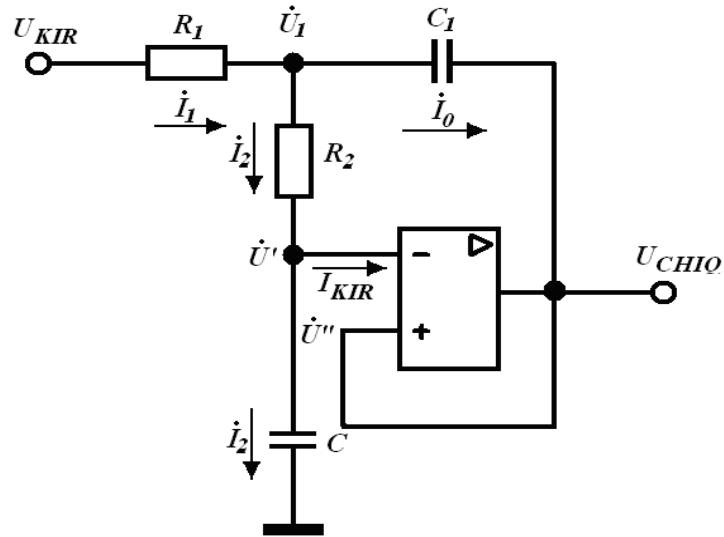


10.33-rasm. Past chastota (a), yuqori chastota (b), polosa (c) va rejektorli (d) filtrlar LACHXlari.

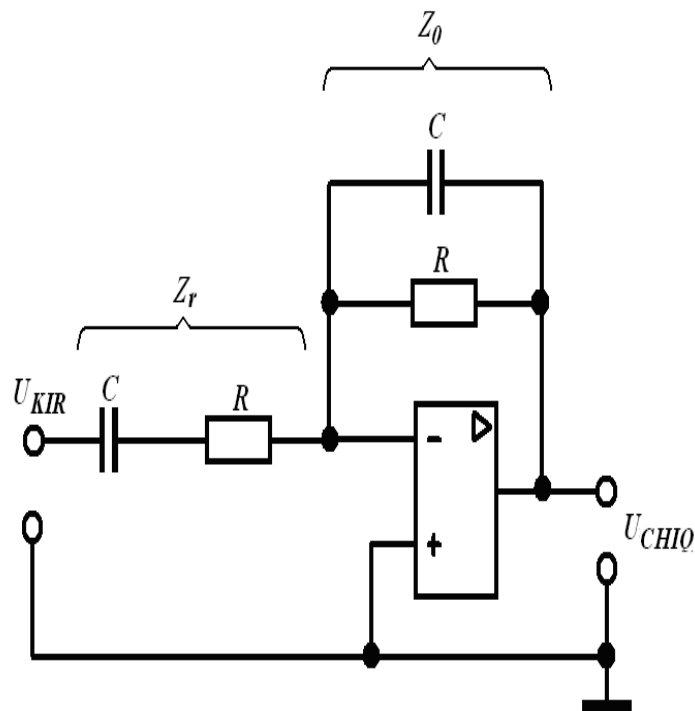
Aktiv filtrlar yoki *tanlovchi kuchaytirgichlar* ham passiv (asosan rezistorlar va kondensatorlar), ham aktiv (odatda, OKlar) elementlardan tashkil topadi. Aktiv filtrlar, passiv filtrlardan farqli ravishda, foydali signalni kuchaytiradilar, kichik massa va hajmga egadirlar, integral texnologiya usullari asosida yasaladi, kaskadlar ulanishlarida ham

sozlanishi qulay. Aktiv filtrlar kamchiliklarga ham ega: manbadan energiya iste'mol qiladi va o'nlab MGsdan yuqori chastotalarda (OKning f_l chegaraviy chastotasi bilan aniqlanadigan) ishlatib bo'lmaydi.

a)



b)



10.34-rasm. Aktiv RC (a) va polosa filtri (b) sxemasi.

Inverslaydigan OK asosidagi ikkinchi darajali aktiv RC – past chastota filtri prinsipial sxemasi 10.34-a rasmda tarsvirlangan. Kirishga sinusoidal signal berilganda filtrning uzatish koeffitsiyentini aniqlaymiz.

Sxemaning barcha elementlari chiziqli bo'lgani, tok va kuchlanishlar sinusoida bo'yicha o'zgargani sababli, barcha tok va kuchlanishlarni kompleks son ko'rinishida ifodalaymiz.

OKni ideal deb hisoblab ($I_{KIR}=0$, $\dot{U}' = \dot{U}''$), Kirxgofning birinchi qonuniga binoan inverslaydigan kirish uchun $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_0$ hosil qilamiz. Bu yerda,

$$\dot{I}_1 = \frac{U_{KIR} - \dot{U}_1}{R_1}, \quad \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_1 - \dot{U}'_1}{R_2}, \quad \dot{I}_0 = (\dot{U}_1 - \dot{U}_{CHIQ}) j\omega C_1.$$

$\frac{\dot{U}_1 - \dot{U}'_1}{R_2} = \dot{U}'_1 j\omega C_2$ ekanligini hisobga olgan holda, sxemaning uzatish koeffitsiyenti

$$\dot{K}(p) = \frac{\dot{U}_{CHIQ}}{U_{KIR}} = \frac{1}{p^2 + p \frac{C_2(R_1 + R_2)}{R_1 R_2 C_1 C_2} + \frac{1}{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (10.23)$$

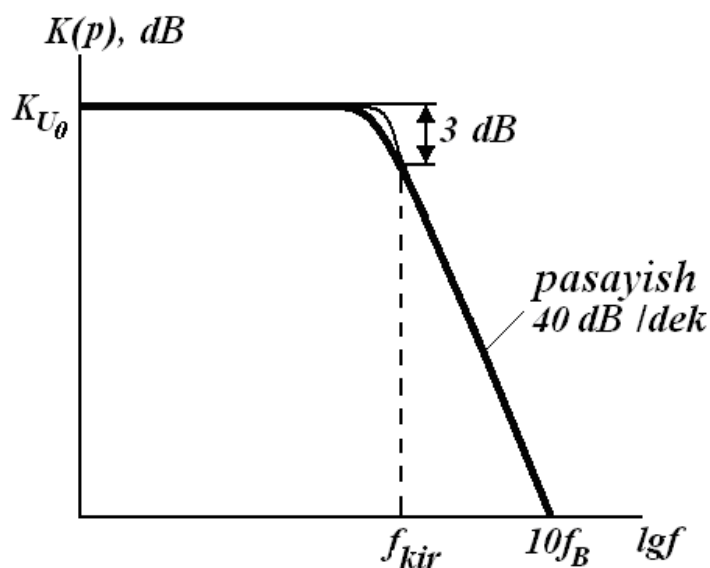
bo'ladi. Bu yerda, $p = j\omega$. Filtrning darajasi mazkur ifodadagi maksimal p darajasi bilan aniqlanadi. Bunday filtrlarni tuzishda odatda, $C_1=C_2=C$, $R_1=R_2=R$ tanlanadi. U holda, (10.23) ifoda quyidagicha yoziladi

$$K(p) = \frac{1}{(1 + p\tau)^2},$$

bu yerda, $\tau = RC$. Ushbu qurilmada τ qiymatini o'zgartirib, uning o'tkazish polosasi kengligini o'zgartirish mumkin. Bunda o'tkazish polosasida uzatish koeffitsiyenti o'zgarmas va K_{U0} ga teng bo'ladi (10.35-rasm), chunki sig'imlar qarshiligi katta va ular PCHF ishiga ta'sir ko'rsatmaydilar.

Filtrning o'tkazish polosasi $\Delta f = 0 \div f_B$ bo'lib, $f_B = 1/2\pi RC$. Chastota f_B kesish chastotasi f_{KES} deb ataladi. Chastota qiymati f_B dan katta bo'lganda kirish signalining bir qismi kichik sig'imli C_1 kondensator qarshiligi bilan shuntlanadi. Juda katta chastotalarda

($f \geq 10f_B$) signallar minimal sig‘imli C_2 kondensator qarshiligi bilan butkul shuntlanib OK chiqishiga o‘tmaydilar.



10.35-rasm. Ikkinchi darajali PCHF LACHXsi.

Aktiv polosa filtrining sodda sxemasi 10.33-b rasmda keltirilgan. Kirish zanjiri kompleks qarshiligi (impedansi)ni Z_G , TA zanjiri impedansini esa Z_0 orqali ifodalaymiz. Natijada, 10.22-rasmda keltirilgan inverslaydigan kuchaytirgichga o‘xshash polosa filtri sxemasiga ega bo‘lamiz. Ammo kirish zanjiri ham, ketma-ket manfiy TA zanjiri ham chastotaga bog‘liq. U holda,

$$\dot{K}_U = -\frac{Z_0}{Z_r} = -\frac{R}{(1 + j\omega\tau)R(1 + \frac{1}{j\omega\tau})}$$

ga teng bo‘ladi. Bundan uzatish koeffitsiyenti

$$K(p) = -\frac{p\tau}{(1 + p\tau)^2}$$

ekanligi kelib chiqadi, bu yerda, $\tau = RC$.

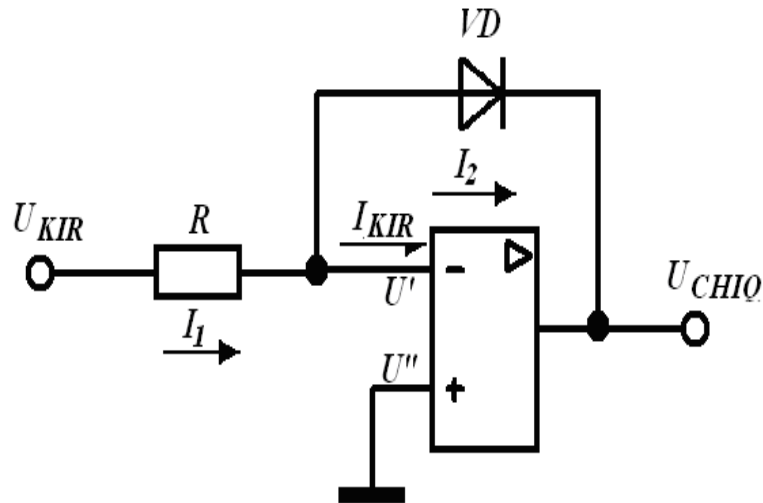
Polosa filtri LACHXsi 10.33-c rasmda keltirilgan. Kesish chastotasi $f_{KES} = 1/2\pi RC$ bo‘lganda TA koeffitsiyenti $\alpha = 0$, kesish chastotasidan farqli chastotalarda esa $\alpha \approx 1$. $K_{UTA} = K_U / (1 + \alpha K_U)$ nisbatdan kelib chiqadi-ki, $\alpha = 1$ bo‘lganda aktiv filtr uchun $K_U \approx 1$.

Kesish chastotasiga yaqinlashgan sari signal uzatish koeffitsiyenti kamayadi, bu esa manfiy TA ni susayishiga olib keladi, ya'ni α , Natijada, filtr K_U si ortadi. Kesish chastotasi f_{KES} da manfiy TA mavjud bo'lmaydi va $K(f)=K_{UO}$. Polosali o'tkazuvchi filtrda faqat manfiy TA qo'llaniladi, bu esa uning ishini barqarorlaydi. Katta kuchaytirish koeffitsiyenti hisobiga u *chastota-tanlovchi kuchaytirgich* deb ataladi.

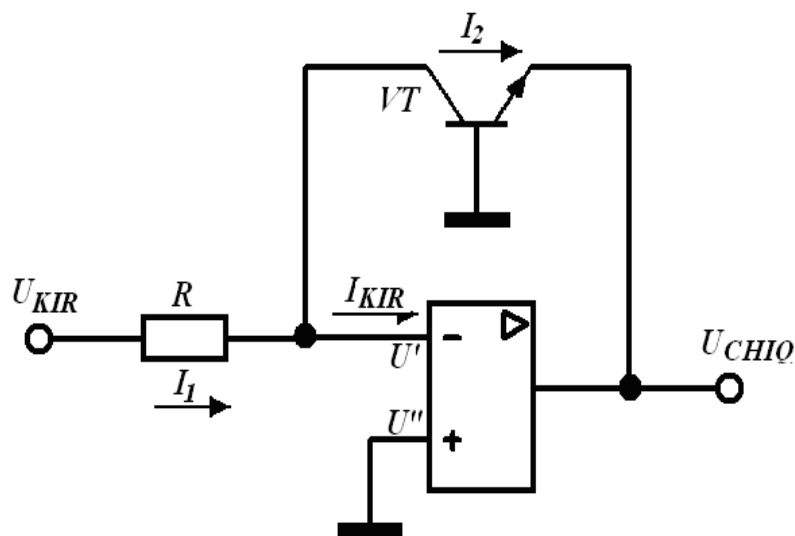
Logarifmik kuchaytirgich. Bunday kuchaytirgichda chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishi logarifmiga proporsional bo'ladi.

Logarifmik xarakteristika hosil qilish uchun OK manfiy TA zanjiriga diod yoki UB sxemadagi BT ulanadi. Diodli va BTli logarifmik kuchaytirgich sxemalari mos ravishda 10.36-a va b rasmlarda ko'rsatilgan.

a)



b)



10.36-rasm. Diodli (a) va BTli (b) logarifmik kuchaytirgich sxemasi.

Avvalgidek, OKning ideallik xossalaridan $I_{KIR} = 0$ va $U' = U'' = 0$ kelib chiqadi. Shu sababli $I_1 = I_2$. 10.36-a rasmdagi sxema uchun

$$I_1 = U_{KIR} / R, \quad I_2 = I_0 [\exp(U / \varphi_T) - 1] \approx I_0 [\exp(U / \varphi_T)],$$

bu yerda, $\varphi_T = kT / q$, U – dioddagi kuchlanish. Bu sxema uchun $U = U_{CHIQ}$ ekanligi ravshan. Bundan

$$U_{CHIQ} = -\varphi_T [\ln(U_{KIR} / R) - \ln I_0] = -\varphi_T \ln U_{KIR} / (RI_0) .$$

Yuqoridagi sxema kabi, 10.36-b rasmdagi sxema uchun ham

$$I_1 = U_{KIR} / R, \quad I_2 = I_K = I_{E0} [\exp(U_{BE} / \varphi_T) - 1] \approx I_{E0} \exp(U_{BE} / \varphi_T) .$$

$$\text{Bundan, } U_{CHIQ} = -\varphi_T \ln U_{KIR} / (RI_{E0})$$

Keltirilgan sxemalar uchun maksimal chiqish kuchlanishi 0,6 V dan oshmaydi. Logarifmik kuchaytirgichlar chiqishida faqat bir qutbli kuchlanish shakllanadi. Musbat kirish kuchlanishida chiqishda manfiy kuchlanish shakllanadi. Chiqishda musbat kuchlanish olish uchun 10.36-a rasmdagi sxemaga teskari yo‘nalishda diod ulash va kirish kuchlanishi qutbini o‘zgartirish kerak. 10.36-b rasmda $p-n-p$ - turli tranzistor qo‘llash usuli bilan shunday natijaga erishish mumkin.

10.36-a va b rasmlardagi sxemalar kabi, 10.37-a rasmdagi sxema uchun

$$U_{CHIQ} = -RI_0 \exp(U_{KIR} / \varphi_T) ,$$

va 10.37-b rasmdagi sxema uchun esa

$$U_{CHIQ} = -RI_{E0} \exp(U_{KIR} / \varphi_T)$$

deb yozish mumkin.

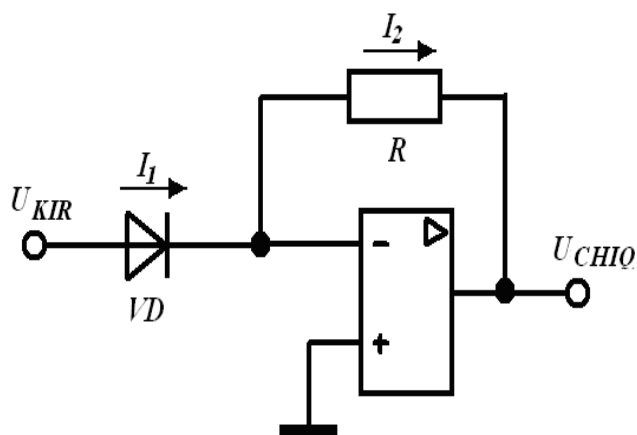
Antilogarifmik (eksponensial) kuchaytirgich. Antilogarifmik kuchaytirgich hosil qilish uchun yuqorida ko‘rib o‘tilgan sxemalarda diod (tranzistor) bilan rezistor o‘rnini almashtirish kerak (10.37-a va b rasmlar).

Logarifmik va antilogarifmik kuchaytirgichlar ko‘paytirish va bo‘lish matematik amallarini bajarish uchun qo‘llaniladilar.

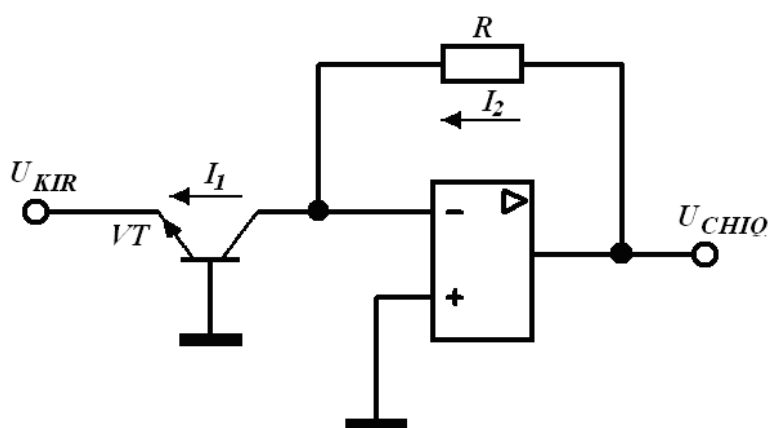
Haqiqatdan, sonlarni ko‘paytirish uchun ularning logarifmlarini qo‘shish yetarlidir. Uchta sonni ko‘paytirish uchun, ularning har birini avval o‘zining logarifmik kuchaytirgichi kirishiga berish, so‘ngra uchta kirishli jamlovchi qurilma kirishiga uzatish lozim.

Kuchlanish komparatori. Komparator ikki va undan ortiq signallarni o‘zaro, yoki bir kirish signalini biror berilgan etalon kuchlanish sathi bilan solishtirish amalini bajaradi.

a)



b)



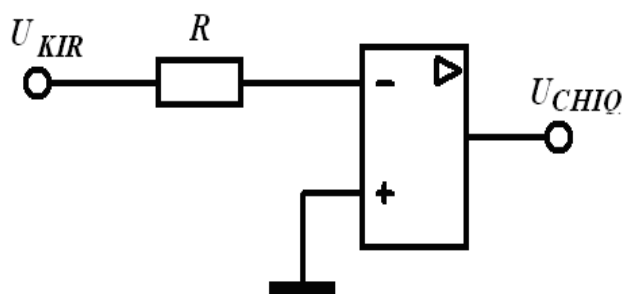
10.37-rasm. Antilogarifmik kuchaytichlar.

Berilgan kirish signallarini nolga teng boʻlgan etalon kuchlanish sathi bilan solishtiradigan komparator sxemasi 10.38-rasmida koʻrsatilgan. Buning uchun OK inverslaydigan kirishi potentsiali nolga teng boʻlgan umumiy shina bilan tutashtiriladi. Shu sababli bunday qurilma **nol - detektor** yoki **nol - indikator** deb ataladi.

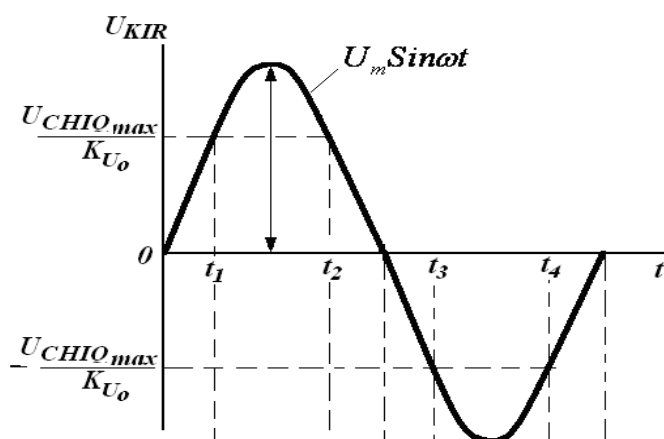
Kuchaytirgichning inverslaydigan kirishiga amplitudasi $|U_m| > |U_{CHIQ.max}| / K_{U0}$ boʻlgan $U_{KIR} = U_m \sin \omega t$ oʻzgaruvchan kuchlanish berilgan boʻlsin (katta signal rejimi).

Komparator ishini ifodalovchi vaqt diagrammalari 10.38-b va c rasmlarda koʻrsatilgan. Diagrammalardan koʻrinib turibdiki, kirish kuchlanishi $|U_m \sin \omega t| < |U_{CHIQ.max}| / K_{U0}$ shartga javob bersa, chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishiga proporsional boʻladi, yaʼni $|U_{CHIQ}| = K_{U0} |U_{KIR}|$. Kirish kuchlanishi $|U_{CHIQ.max}| / K_{U0}$ qiymatidan ohsa, komparator chiqish signali oʻzgarishsiz qoladi va $|U_{CHIQ}| = |U_{CHIQ.max}|$.

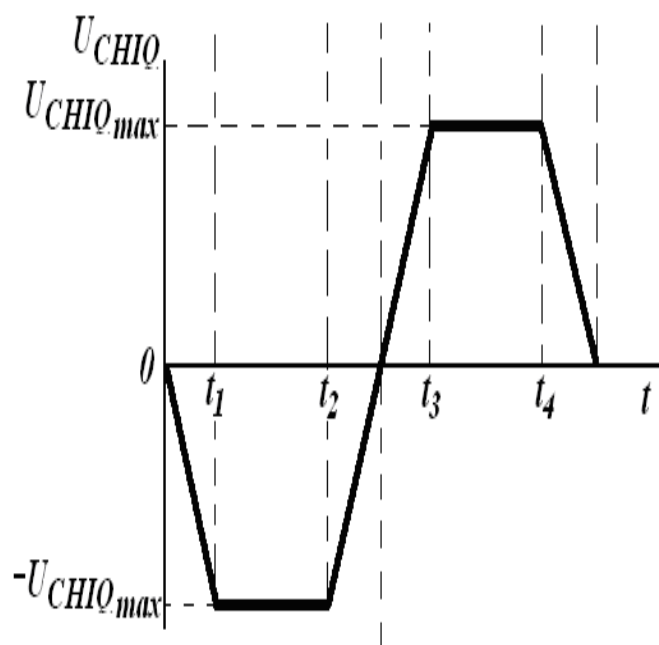
a)



b)



c)



10.38-rasm. Nol detektori sxemasi (a) va uning vaqt digarammalari (b, c).

Shunday qilib, musbat kirish kuchlanishida chiqish signali standart va $-U_{CHIQ.max}$ ga teng, manfiy kirish kuchlanishida esa, yana standart va $+U_{CHIQ.max}$ ga teng bo‘ladi degan xulosaga kelamiz.

Kirish signali analog, chiqish signali esa, raqamli bo‘lgani uchun ($-U_{CHIQ.max}$ – mantiqiy 0, $+U_{CHIQ.max}$ – mantiqiy 1), komparator analog va raqamli qurilmalar orasidagi aloqa elementi rolini bajaradi, ya’ni sodda **analog-raqamli o‘zgartirgich** hisoblanadi.

Kirish signali shakli ixtiyoriy bo‘lishi mumkin. Ammo $|U_{KIR}| < |U_{CHIQ.max} / K_{U0}|$ (kichik signal rejimi) bo‘lganda, ishlashning ixtiyoriy vaqt momentida chiqish signali kirish signaliga proporsional bo‘ladi, ya’ni $|U_{CHIQ}| = |K_{U0} U_{KIR}|$. Bu yerda, $U_{CHIQ.max}$ va K_{U0} aniq OKning pasport ma’lumotnomalarida keltirilgan parametrlari.

Kattasignalrejimida, kirish signali qiymati $|U_{CHIQ.max} / K_{U0}|$ bo‘lgan vaqt intervallarida komparator chiqish signali o‘zgarishsiz qoladi va $|U_{CHIQ}| = |U_{CHIQ.max}|$ bo‘ladi.

Chiqish kuchlanishi yo $U_{CHIQ.max}$ darajalarda qayd qilinadigan $U_{KIR} = |U_{CHIQ.max} / K_{U0}|$ kattaligi **komparator sezgirligi** Δ deb ataladi. Uni chiqish kuchlanishi $U_{CHIQ.max}$ ni kuchaytirish koeffitsiyenti K_{U0} ga bo‘lib, oson baholash mumkin

$$\Delta = U_{CHIQ.max} / K_{U0} \quad .$$

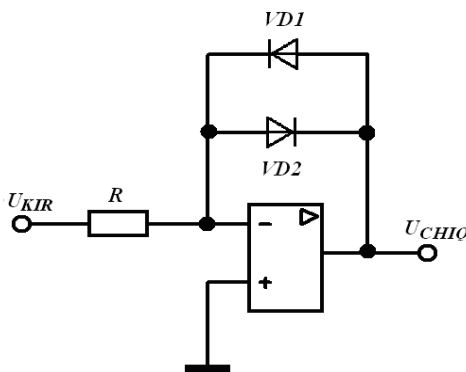
Masalan, $U_{CHIQ.max} = 10V$, $K_{U0} = 10^5$ bo‘lsa, u holda, $\Delta = 10^{-4} V$. Bu kirish kuchlanishi etalon kuchlanishidan atigi $10^{-4} V$ ga og‘ganda chiqish kuchlanishi yo $U_{CHIQ.max}$ sathlarda qayd qilinishini bildiradi (mazkur holatda noldan).

Chiqishda kichik standart kuchlanishlar $|U_{CHIQ.max}|$ olish talab qilingan holatlarda, 10.39-a rasmda ko‘rsatilgan komparator sxemasi ishlatiladi. Musbat kirish kuchlanishida chiqishda manfiy kuchlanish paydo bo‘ladi. Bunda VD2 diod ochiladi. Ma’lumki, ochiq dioddagi kuchlanish – U^* ga teng, deyarli o‘zgarmas kattalik. Demak, chiqishdagi kuchlanish U_{KIR} ga bog‘liq bo‘lmagan ravishda U^* ga teng. Kremniyli

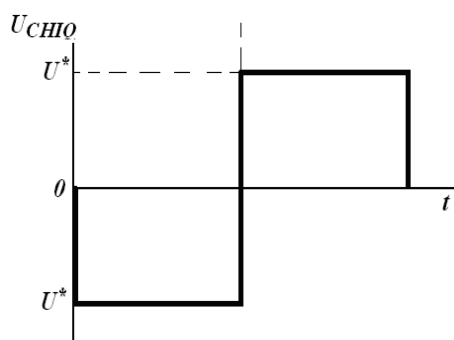
diodlar uchun $U^*=0,7$ V ekanini eslatib o'tamiz. Manfiy kirish kuchlanishida VD1 diod ochiladi, chiqish kuchlanishi esa $+U^*$ ga teng bo'ladi va u ham U_{KIR} ga bog'liq bo'lmaydi. Ushbu komparatorning vaqt diagrammalari 10.39-b rasmda ko'rsatilgan. Komparator sezgirlikiga kelsak, u ham $K_{U0}=10^5$ qiymatlarda keskin ortadi va $\Delta \approx 7$ mkV ni tashkil etadi.

Agar yakka VD1 va VD2 diodlar o'rniga ketma-ket diodlar zanjiri ulansa, komparatorning chiqish kuchlanishlar mos ravishda katta bo'ladi. Ikki (va undan ortiq) kuchlanishlari solishtirilganda ular turli kirishlarga beriladi. Bunday komparator sxemasi va uning ishini izohlovchi vaqt diagrammalari 10.40-rasmda ko'rsatilgan.

a)



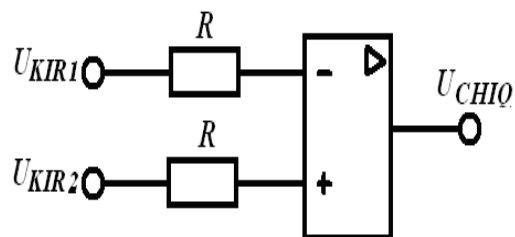
b)



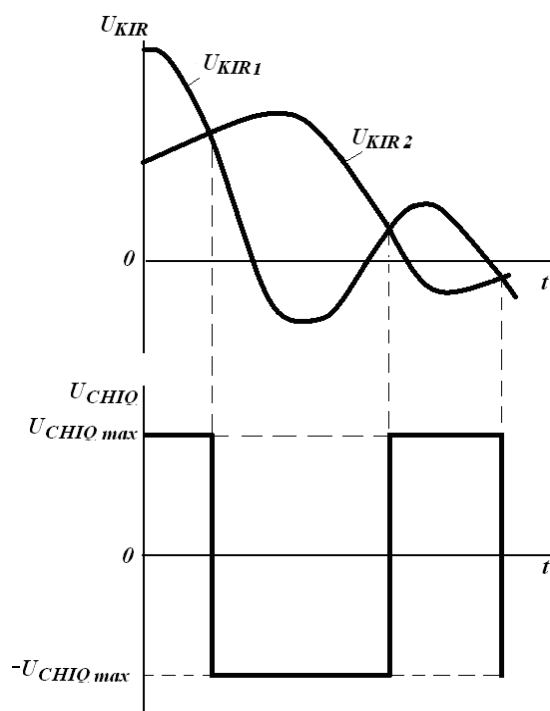
10.39-rasm. Komparator sxemasi (a) va uning vaqt diagrammasi (b).

Nolga teng bo'lgan momentlarda, ya'ni, kirishlar orasidagi kuchlanishlar $U_{KIR1}=U_{KIR2}$ bo'lganda chiqish kuchlanishi nolga teng bo'ladi. $U_{KIR1}>U_{KIR2}$ bo'lgan vaqt oraliqlarida, chiqish kuchlanishi ishorasi musbat va standart $+U_{CHIQ.max}$ qiymatiga teng bo'ladi. $U_{KIR1} < U_{KIR2}$ bo'lgan vaqt oraliqlarida OK qayta ulanadi va uning chiqishida $-U_{CHIQ.max}$ standart kuchlanish o'rnatiladi.

a)



b)



10.40-rasm. Bir bo‘lag‘ali ikki kuchlanishni solishtirish sxemasi (a) va uning vaqt diagrammalari (b).

Yuqorida ko‘rib o‘tilgan standart OK asosidagi komparatorlar kirish signallari sekin o‘zgaruvchi, **yuqori aniqlikdagi** solishtiruvchi sxemalarida ishlatiladi. Gap shundaki, katta amplitudali kuchlanishlarni solishtirish rejimida OK tranzistorlari to‘yinish rejimiga o‘tadilar. To‘yinish rejimi bazada noasosiy zaryad tashuvchilarning to‘planishiga olib keladi. Bu zaryadlarni bazadan chiqarib yuborish uchun ma‘lum vaqt talab qilinadi, bu esa komparatorlarning tezkorligini pasaytiradi.

Shuning uchun raqamli texnikada tezkorligi $15 \div 200$ ns gacha bo‘lgan 521SA1-521SA4 turdagi integral komparatorlar qo‘llaniladi. Ularni loyihalashda tranzistorlar to‘yinish rejimiga o‘tmaydigan maxsus sxemotexnik yechimlar qo‘llaniladi.

10.6. Raqamli-analog va analog-raqamli o'zgartirgichlar

MikroEHMLar stanoklar, turli avtomatlar, ilmiy tajribalarni olib borishni boshqaradi. Bu va boshqa qurilmalar, o'lchov asboblari va tizimlarida uzluksiz (analog) elektr signallari bilan ishlaydigan elektr datchiklar ishlatiladi. Datchik va ijro organlari (masalan, elektrodvigatellar) ni mikroEHM bilan bog'lash uchun analog signalni shu signal amplitudasiga proporsionl songa o'zgartirish va aksincha o'zgartirish talab qilinadi.

Analog shakldagi ma'lumotni raqamli shaklga o'zgartirish prinsipini richagli tarozilarda o'lchash jarayoni bilan solishtirish mumkin. Tarozida o'lchashni amalga oshirish uchun uning bir elkasiga noma'lum og'irlikdagi yuk qo'yiladi, ikkinchi elkasiga esa, toshlar. Toshlar (masalan 1 g og'irlikdagi) tarozi muvozanat qolga kelguncha qo'yilib boriladi. Toshlar soni yukning grammlardagi vazniga to'g'ri keladi. 1 g. Og'irlikdagi toshlar bilan o'lchanganda analog kattalik 0,5 g. xatolik, 10 g.li toshlar bilan o'lchanganda esa 5 g. xatolik bilan o'lchanadi. Bu xatolik *kvantlash* xatoligi deb ataladi.

O'lchash algoritmiga mos ravishda richagli tarozi rolini ikki kirishli solishtirish sxemasi (komparator) bajaradi. Tarozining bir elkasiga o'zgarimas kattalikdagi o'lchanayotgan kuchlanish o'rnatiladi, ikkinchi elkasiga raqamli datchik nazorati ostida pog'onasimon ortib borayotgan kuchlanish beriladi. Kuchlanishning har bir pog'onasi tarozi elkasiga qo'shimcha tosh qo'yish amaliga mos keladi. Olingan ma'lumot esa tarozilar muvozanatga kelgach qayd etiladi.

Solishtirish jarayoni maxsus signal yordamida startstop trigger sxemasining ishga tushirilishi bilan boshlanadi. Triggerli sxema pog'onasimon ortib boruvchi kuchlanish generatori va ikkilik hisoblagichni boshqaruvchi to'g'ri burchakli impulslar shakllantiradi. Bu generator pog'onpsimon kuchlanish ishlab chiharadi, hisoblagich esa hisobni noldan boshlaydi.

Pog'onasimon kulchanish kirish bilan tenglashsa, uni komparator qayd etadi, startstop trigger dastlabki holatiga qaytadi va to'g'ri burchakli signallarning kelishi qo'shimcha mantiqiy element yordamida blokirovka qilinadi.

Bunday sodda o'zgartirish sxemasi yordamida analog kattalik raqamli shaklga ancha uzoq vaqt davomida o'zgartiriladi, chunki pog'onasimon kuchlanish ketma-ket kiritiladi.

O'zgartirish vaqtini qisqartirish maqsadida pog'onasimon kuchlanish generatori raqamli-analog o'zgartirgich bilan almashtiriladi. Shuning uchun analog-raqamli o'zgartirgich (ARO') sxemasiga raqamli-analog o'zgartirgich (RAO') sxemasi bilan tanishib bo'lgach qaytamiz.

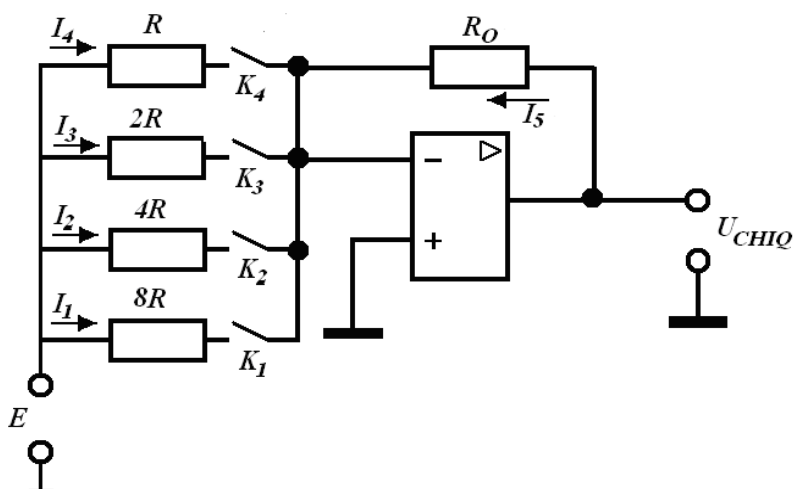
Raqamli-analog o'zgartirgich (ARO') va raqamli analog o'zgartirgichlar raqamli kattalikni unga proporsionan bo'lgan elektr tok yoki kuchlanish ko'rinishidagi analog kattalikka o'zgartirish uchun qo'llaniladi.

ARO'larni tuzishning turli usullari mavjud bo'lib, amaliyotda maxsus kuchaytirgich va rezistorlarda bajarilgan sxema keng qo'llaniladi. ARO' vazifasini OKda bajarilgan jamlovchi kuchaytirgich bajarishi mumkin (10.41-rasm). Kirishlar soni o'zgartirilayotgan ikkilik kodning razryadlari soni bilan aniqlanadi. K_1-K_4 kalitlardan har biri ochiq yoki berk holatda bo'lish mumkin. Soddalik uchun $K_4K_3K_2K_1$ ikkilik kirish so'ziga ega bo'lgan to'rt razryadli RAO'ni ko'rib chiqamiz.

Mos razryadlardagi qarshilik qiymatlari 2 martaga farq qiladi. Bu holda, mazkur RAO' sxemasi 0 dan 15 gacha bo'lgan natural qator sonlarini ikkilik sanoq tizimdan o'nlik sanoq tizimga o'zgartiradi. Bunday o'zgartirish mexanizmini ko'rib chiqamiz.

Jamlagich tomonidan bajarilayotgan amal, kirishdagi rezistorlarning berilgan qarshiliklari uchun quyidagi ifoda yordamida keltiriladi:

$$I_4 + I_3 + I_2 + I_1 + I_0 = 0 . \quad (10.24)$$



10.41-rasm. OKda bajarilgan jamlovchi modda RAO' sifatida.

Bundan,

$$\frac{E}{R} + \frac{E}{2R} + \frac{E}{4R} + \frac{E}{8R} = -\frac{U_{CHIQ}}{R_0}. \quad (10.25)$$

Jamlagich kirishiga $x_i=0001$ bo'lgan ikkilik signal berilgan bo'lsin. Bu holat K_1 kalit ulangan, K_4 , K_3 va K_2 kalitlar esa uzilgan bo'lsa sodir bo'ladi. 10.41-rasmdan ko'rinib turibdi-ki, bu holda, kirishdagi tok faqat I_1 tokdan iborat bo'ladi. U holda, (10.25) formulaga asosan chiqishdagi kuchlanish

$$U_{CHIQ} = -E \frac{R_0}{R} \frac{1}{8}$$

ga teng bo'ladi.

Agar K_1 va K_2 kalitlar ulansa, kolgan kalitlar esa uzilganicha qolsa, u holda, kirishlarga $x_i=0011$ bo'lgan ikkilik signal berilgan bo'ladi. Unga quyidagi chiqish signali mos keladi

$$U_{CHIQ} = -E \frac{R_0}{R} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} \right) = -E \frac{R_0}{R} \frac{3}{8}.$$

Va nihoyat, agar kirishga $x_i=1111$ signal berilgan bo'lsa (barcha kalitlar ulangan), u holda chiqishda quyidagiga teng bo'lgan signal hosil bo'ladi

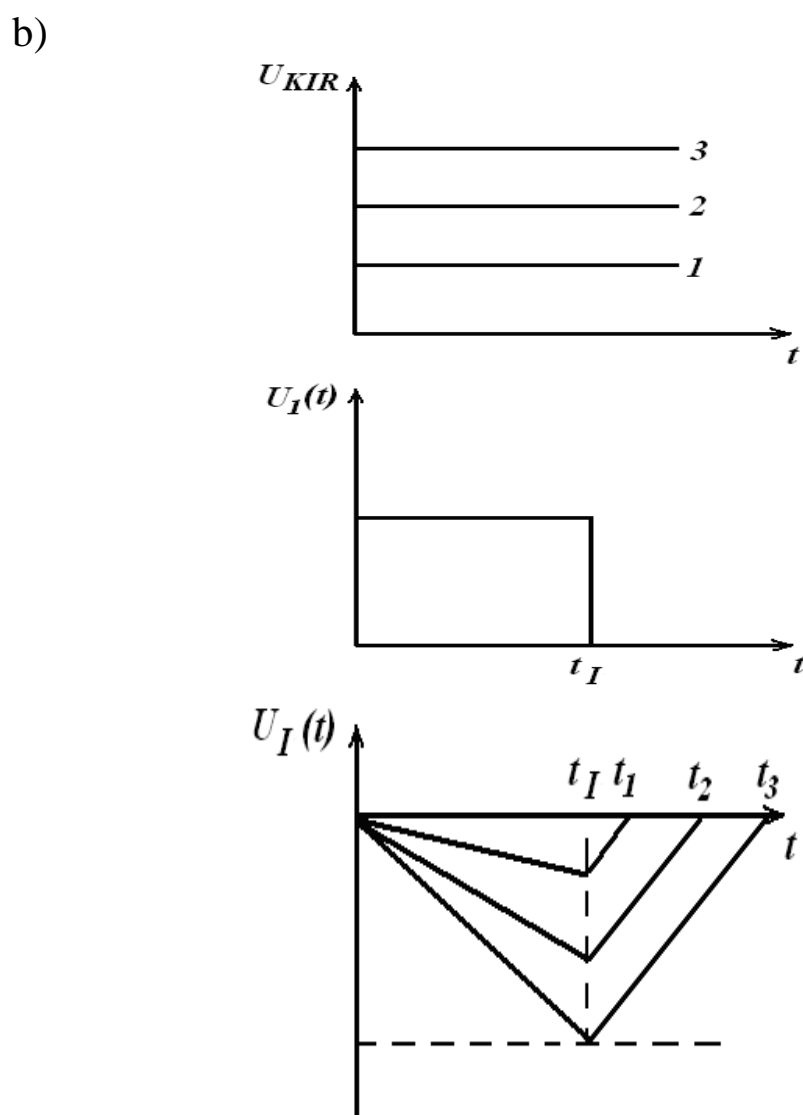
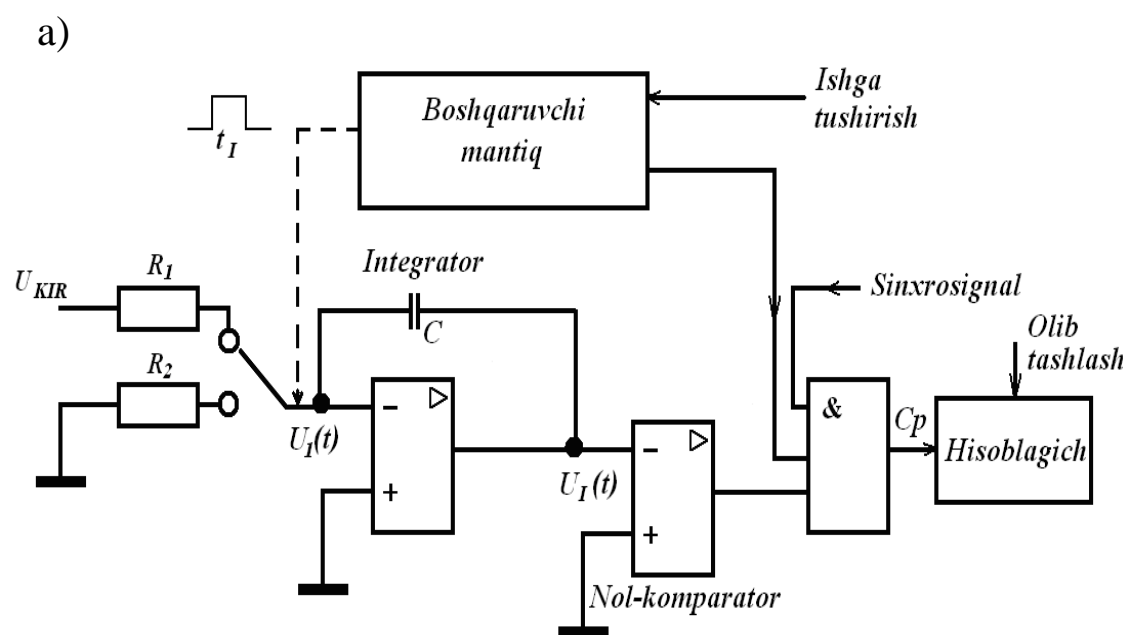
$$U_{CHIQ} = -E \frac{R_0}{R} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + 1 \right) = -E \frac{R_0}{R} \frac{15}{8}.$$

E, R_0 va R lar mos tanlansa, $E \frac{R_0}{R} \frac{1}{8} = 1$ tenglik hosil bo'ladi.

Demak, RAO' kirishidagi ikkilik sanog'idagi bir uning chiqishida o'nlik sanog'idagi birga, ikki - ikkiga, ..., 15 esa, 15 ga mos keladi.

RAO' registorlariga barharorlik va nominal aniqligi bo'yicha jiddiy talablar qo'yiladi. Ayniqsa ARO' keng temperatura intervalida ishlaganda. Bir hil va proporsional qarshilikli rezistorlarni texnologik jihatdan rezistorli matritsali mikrosxemalar ko'rinishida yasash qulay. Shuning uchun rezistorli matritsali modifikatsiyalangan ARO' keng tarqalgan variant bo'lib hisoblanadi. U ikki marotaba ko'p sonli rezistorlardan tuzilgan bo'lib, ular atigi ikki nominalga R va $2R$ teng bo'ladi. Raqamli kodni boshqa usullarda kuchlanish va tokka o'zgartiruvchi ARO'lar ham mavjud.

10.42-rasmda keltirilgan ARO' sxemasi, ikki marta integrallovchi yuqori aniqlikdagi ARO' deb ataladi.



10.42-rasm. Yuqori aniqlikdagi ARO.
 Sxema (a) va vaqt diagrammasi (b).

Sxema ingeratorni boshqaruvchi kalitga ega bo'lib, uning ketidan nol-komparator deb ataluvchi solishtirish sxemasi joylashgan. Solishtirish sxemasi uchta kirishli HAM ME yordamida hisoblagichni boshharadi.

Boshqaruv sxemasi (boshqaruv mantiqi) hisoblagichni boshharish uchun Mp takt signallari ishlab chiqaruvchi kvarsli avtogeneratorga ega. U bo'luvchi yordamida K kalitni boshqaruvchi $U_1(t)$ signalning t_1 vaqt intervalini shakllantiradi.

Ishlash prinsipini tushuntirish uchun 10.42-b rasmda keltirilgan vaqt diagrammalaridan foydalanamiz.

Boshqaruvchi mantiq K kalitni analog kirish signali o'tishi uchun integrator kirishiga ma'lum t_1 vaqtga ulaydi. Bunda C integrallovchi kondensator 0 dan t_1 gacha bo'lgan vaqt intervalida ixtiyoriy tanlangan kirish signali qiymati bo'yicha (1,2 yoki 3) deyarli to'g'ri chiziq qonuniga asosan zaryadlanadi. t_1 vaqt mobaynida kirish signali deyarli o'zgarmas bo'lganligi sababli, u vaqt diagrammasida vaqt bo'yicha o'zgarmas (1,2 yoki 3) qilib ifodalangan.

Vaqtning t_1 momentida mantiqiy boshqaruv kirishni K kalit yordamida R_2 etalon rezistori orqali yerga ulaydi. Bu momentdan boshlab kondensator razryadlana boshlaydi va chiziqli qonunga asosan $U_1(t)$ absolyut kattalik kamayib boradi. Razryadlanish potensial nolga teng bo'lguncha, ya'ni $U_1(t)=0$ gacha davom etadi. Bu vaqt momenti grafikda t_1 , t_2 va t_3 lar orqali ifodalangan. Bu vaqt momentida nol-komparator hisoblagichni to'htatadi.

O'zgartirish aniqligi hisob chastotasini, ya'ni Olib tashlash, Ishga tushirish, Cp signallarini sinxronlash yo'li bilan keskin oshiriladi. Bunda ARO'ning o'zgartirish aniqligi 16 tagacha ikkilik razryadiga, ya'ni $\frac{1}{2}^{16}=1,5 \cdot 10^{-5}$ ga teng bo'ladi. Bunday ARO' kuchlanish o'lchash raqamli qurilmalarida qo'llaniladi. Bir marta hisoblash vaqti 0,5 ... 2 s ni tashkil etadi.

Prarallel kodlovchi ARO'lar katta tezkorlikka ega. Ularda analog signalni n-razryadli ikkilik kodga o'zgartirish uchun 2^{n-1} ta komparator ishlatiladi. Har bir komparatorning ikkita kirishidan biriga rezistorli bo'lgich yordamida shakllanuvchi tayanch kulchanish beriladi. Ikkita yonma-yon joylashgan komparatorlar tayanch kuchlanishlari farqi $U/2$ ga teng. Bu yerda U- o'zgartirilayotgan analog signalning maksimal qiymatiga mos keluvchi tayanch kuchlanish. Komparatorlarning boshqa kirishlari ulangan bo'lib, ularga kirish signali beriladi. Ustuvorli

shifrator chiqishda, ishga tushuvchi eng katta komparatorga mos keluvchi raqamli signal shakllantiradi.

Parallel kodlash usuli juda katta tezkorlikka egaligi bilan ajralib turadi. O'zgartirishdagi kechikish vaqti bir necha o'n nanosekundni tashkil etadi.

10.1-jadvalda ko'rib o'tilgan ARO' ISlarinig parametrlari keltirilgan.

10.1-jadval

<i>Turi</i>	<i>Razryadlar soni</i>	<i>Kirishdagi signal chastotasi, Gz</i>
Ikki marotaba integrallash ARO'	16	50...500
Parallel ARO'	8	10 ⁸

Nazorat savollari

1. *OK deb nimaga aytiladi?*
2. *OKning asosiy funksional qismlari nimalardan iborat?*
3. *Real DK qanday parametrlar bilan xarakterlanadi? Kirish signalining sinfaz va parafaz tashkil etuvchilari nima?*
4. *Emitter qaytargichlar qanday maqsadlarda qo'llaniladi? Ularning kirish va chiqish qarshiliklari nisbatlari qanday?*
5. *Ko'p kaskadli kuchaytirgichlarda sathni siljitish qurilmalari qanday amalga oshiriladi?*
6. *Kuchaytirish CHK sxemalari, ularning ishlash prinsiplari, rejimlari va asosiy xarakteristikalarini haqida ma'lumot bering.*
7. *Ideal OKga ta'rif bering.*
8. *OK ulanish sxemalarini keltiring.*
9. *«Ideal» OK parametrlariga qanday talablar qo'yiladi?*
10. *OK asosiy parametrlari va xarakteristikalarini aytib bering.*
11. *Uchta kirishga ega bo'lgan jamlash qurilmasi chiqish kuchlanishi nimaga teng?*
12. *Ayiruvchining chiqish kuchlanishi nimaga teng?*
13. *OK asosidagi differensiallovchi qurilma qanday amalga oshiriladi?*
14. *OK asosidagi integrallovchi qurilma qanday amalga oshiriladi?*
15. *OK asosidagi logarifmik kuchaytirgich qanday xossalarga ega?*
16. *OK asosidagi antilogarifmik kuchaytirgich qanday xossalarga ega?*
17. *Kuchlanish komparatori qanday amalni bajaradi?*

XI BOB

LabVIEW: LABORATORIYA AMALIYOTI

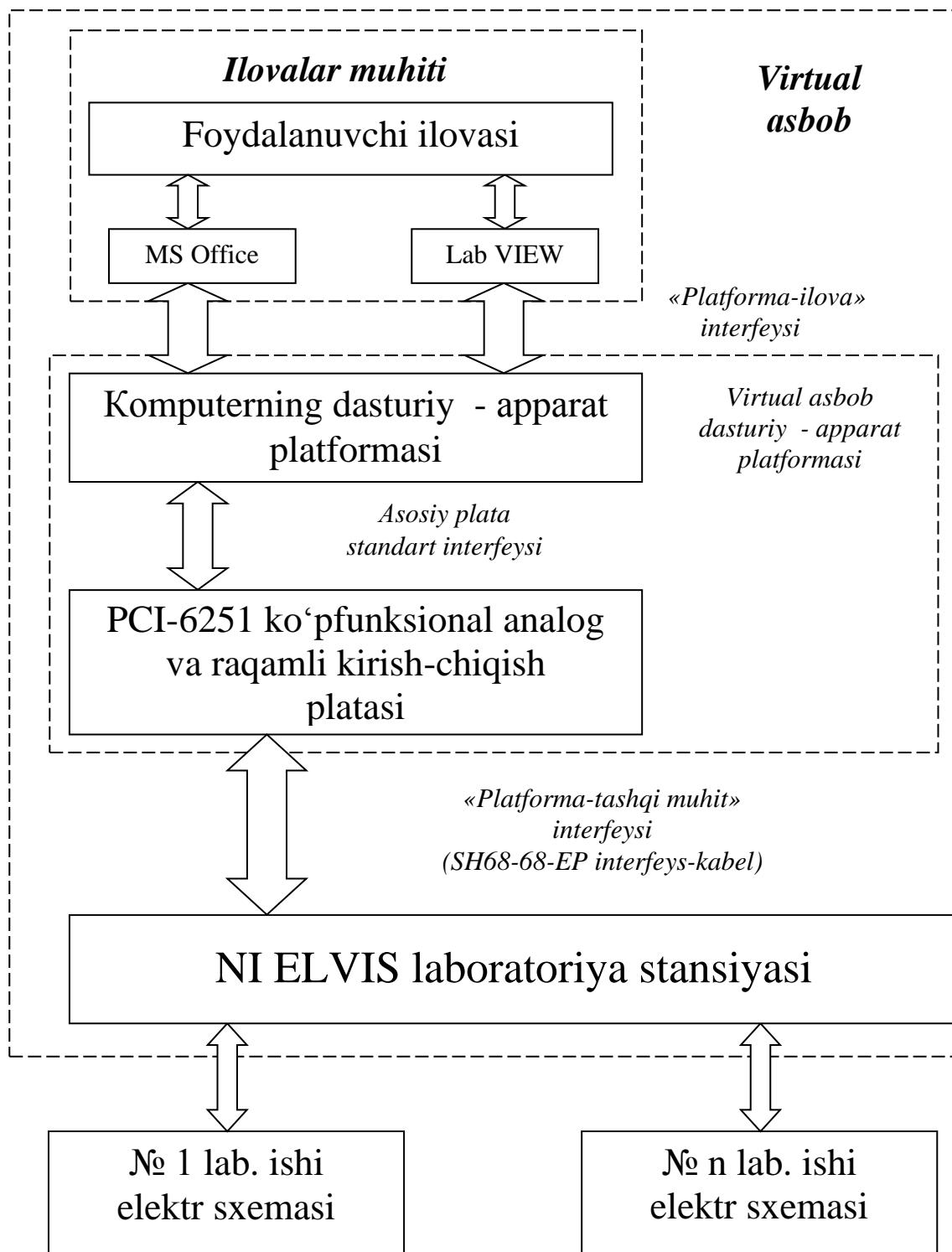
Umumiy ma'lumotlar

Zamonaviy axborot texnologiyalari ta'lim sohasida yangi vosita va usullarni yaratish imkonini beradi. Bu masalani hal qilishda kompyuterda laboratoriya amaliyotlarini yaratish eng muhim va murakkab hisoblanadi.

Ixtiyoriy fan bo'yicha laboratoriya amaliyoti asosini o'rganilayotgan hodisa va jarayonlarni imitatsiya qiladigan laboratoriya maketlari bilan ulangan o'lchov asboblari majmui tashkil etadi. Hozirgi kungacha o'quv laboratoriyalarida asosan an'anaviy o'lchov asboblari qo'llanib kelinar edi. Endi virtual o'lchov asboblari yordamida yaratilgan kompyuterdagi o'lchov asboblaridan foydalanish talab etilmoqda. O'quv laboratoriyasidagi **virtual asbob** (VA) – qo'shimcha maxsus dasturiy ta'minot va turli o'lchov modullari, masalan, ko'pfunksional kirish-chiqish platasi bilan ta'minlangan kompyuterdir. VA o'lchanayotgan axborotni yig'ish, qayta ishlash va aks ettirishni avtomatlashtirish imkonini beradi, foydalanuvchi uchun qulay interfeysga ega, uning dasturiy va apparat vositalari esa an'anaviy o'lchov vositalariga xos bo'lgan vazifalarni amalga oshirish imkonini beradi, natijalarni monitor ekranida foydalanuvchiga qulay shaklda aks ettiradi. Laboratoriya amaliyotida qo'llaniladigan VA sxemasi 11.1-rasmda keltirilgan.

VA dasturiy ta'minoti ham Visual C++, Visual Basic va boshqalar kabi standart vositalar yordamida, ham maxsus dasturlar yordamida tuzilishi mumkin. Hozirgi kunda maxsus dasturiy ta'minot sifatida National Instruments kompaniyasining LabVIEW amaliy dasturiy paketi eng mos va qulay hisoblanadi.

O'lchov jarayonlarini avtomatlashtirish bo'yicha yaratilayotgan zamonaviy apparat vositalarining deyarli barchasi LabVIEW drayverlari bilan mos keladi. Mazkur muhitda ilovalar yaratish vizual vositalar yordamida amalga oshiriladi va dasturlash bo'yicha maxsus bilimga ega bo'lish talab qilinmaydi.



11.1-rasm. Virtual asbob tuzilmasi.

Laboratoriya amaliyotini bajarish uchun Windows 9x yoki yanada yuqori versiya va maxsus apparat vositalari hamda original dasturiy ta'minotga ega bo'lgan zamonaviy komputer bilan jihozlangan asosiy laboratoriya stendi kerak bo'ladi.

Darslikda keltirilayotgan amaliy dasturiy ta'minot 8.2. versiyadagi LabVIEW muhitida loyihalashtirilgan. Laboratoriya amaliyoti

resurslariga masofadan ulanish rejimi National Instruments texnologiyasi yordamida amalga oshiriladi.

Laboratoriya amaliyotini installatsiyalash jarayonlari ketma-ketligi va ko'rsatmalar ilovada hamda kompakt diskda keltirilgan.


Darslikda keltirilgan barcha laboratoriya ishlarni bajarishda talaba faqat VA tashqi panelida ishlaydi, ya'ni VAni yaratish bo'yicha diagrammalarga murojat etish imkoni yo'q.



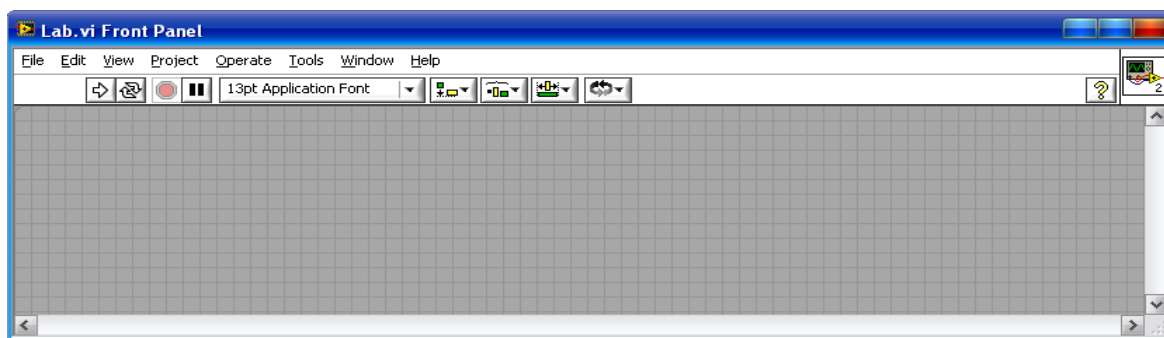
11.2-rasm. Laboratoriya stendining tashqi ko'rinishi.

Tashqi panel VA tashqi ko'rinishini va foydalanuvchi bilan o'zaro bog'lanish interfeysini belgilab beradi. Tashqi panelda: VAni boshqarish bo'yicha turli elementlar (qayta ulagichlar, kiritish maydoni va boshqalar) va o'lchanayotgan axborotni aks ettirish bo'yicha elementlar (raqamli indikatorlar, grafik ekranlari va boshqalar) joylashgan. Taqdim etilayotgan interfeys foydalanuvchi uchun juda qulay bo'lib, laboratoriya ishini bajarishda faqat kompyuterda ishlash malakasi bo'lishni va albatta, ishni bajarish yuzasidan maqsad va vazifalarni to'g'ri belgilab olishni talab qiladi.

Laboratoriya ishlarini bajarishga tayyorlanayotganda birinchi navbatda «**Ish bajarish yuzasidan ma'lumotlar**» bo'limida keltirilgan vazifalarga e'tibor qaratish kerak. Bunda talabalar asosiy va qo'shimcha adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlarni o'zlashtirgan bo'lishlari talab qilinadi.

Laboratoriya ishini bajarish uchun barcha holatlarda komputer ishga tushirilgandan so‘ng, amaliyotni ta‘minlaydigan dasturiy papkani ochish kerak va laboratoriya ishi dasturini ishga tushirish kerak (laboratoriya ishi tartib raqamiga mos ravishda fayl nomi aniqlanib ikki marta bosiladi). Monitor ekranida 11.3-rasmda ko‘rsatilgan darcha ochiladi. Dasturni ishga tushirish  ifodalangan RUN tugmasini bosish bilan amalga oshiriladi.

Laboratoriya ishini bajarish jarayonida «**Laboratoriya stendi tavsifi**» bo‘limidagi axborotlar bilan tanishib chiqish va «**Topshiriqlar**» bo‘limida keltirilgan ko‘rsatmalarni ketma-ket bajarish kerak. Ish bajarish jarayonida monitor ekranida ma‘lum qo‘shimcha tavsiyalar berilib borilishi ham mumkin. O‘lchov va kuzatuv natijalarini, darhol hisobotga kiritib borish mumkin. Buning uchun **MS Word** matn muharririni qo‘llash qulay.



11.3-rasm. LabVIEW dasturi darchasining tashqi ko‘rinishi.

Laboratoriya ishini bajarish jarayonida yarimo‘tkazgich asboblari va elektr sxemalarni ulash bo‘yicha elektr parametrlarning berilgan qiymatlariga rioya qilish tavsiya etiladi. Lekin tavsiya etilgan qiymatlardan uncha katta bo‘lmagan (10 % atrofida) chetlashishga ruxsat etiladi. Shuni aytib o‘tish kerakki, yig‘ilgan maketlarda maxsus dasturiy ta‘minotlardan foydalangan holda boshqa, qo‘shimcha tadqiqotlar ham o‘tkazish mumkin. Bu ishlarning bajarilish tartibi o‘qituvchi tomonidan belgilanib, PC1-6251 turdagi kirish-chiqish platasi imkoniyatlaridan kelib chiqqan bo‘lishi lozim.

Hisobotlarni tuzishda tavsiya etilgan jadvallardan va elektron ko‘rinishda saqlangan tajriba natijalaridan foydalanish mumkin. O‘qituvchining tavsiyasiga ko‘ra bu ma‘lumotlarga qo‘shimchalar va o‘zgartirishlar kiritilishi mumkin.

1 - laboratoriya ishi

BIPOLYAR TRANZISTOR XARAKTERISTIKALARINI TADQIQ ETISH

1. Ishning maqsadi

- tranzistorni o‘zgaras tok bo‘yicha uzatish koeffitsiyentini aniqlash;
- umumiy emitter sxemada ulangan tranzistor kirish xarakteristikasini o‘lchash;
- umumiy emitter sxemada ulangan tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasini o‘lchash;
- umumiy emitter sxemada ulangan tranzistorli kaskad ishchi nuqtacini o‘rnatish.

2. Ish bajarish yuzasidan ma’lumotlar

Ish bajarishdan avval quyidagilar bilan taniishib chiqish tavsiya etiladi:

- bipolyar tranzistor tuzilmasi va ishlash prinsipi;
- bipolyar tranzistor asosiy xarakteristikalari;
- bipolyar tranzistorning ulanish sxemalari va ishchi rejimlari;
- tranzistorning kichik signal rejimida ishlash xossalari.

3. Laboratoriya stendi tavsifi

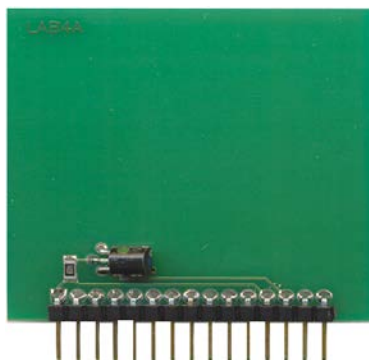
Laboratoriya stendi tarkibiga quyidagilar kiradi:

- asosiy laboratoriya stendi;
- KT3102D bipolyar tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etish uchun **Lab4A** laboratoriya moduli.

4. Topshiriqlar

MS Word tahririda hisobot shablonini tayyorlang.

NI ELVIS laboratoriya stansiyasining maket platasiga **Lab4A** laboratoriya modulini o‘rnatish. Modulning tashqi ko‘rinishi 11.4-rasmda keltirilgan.



11.4-rasm. Bipolyar tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etishda qo‘llaniladigan **Lab4A** modulining tashqi ko‘rinishi.

1-topshiriq. Tranzistorni o'zgarmas tok bo'yicha uzatish koeffitsiyentini aniqlash

4.1.1. VA tashqi panelidagi sozlagichlar yordamida E_B va E_K kuchlanish manbalari qiymatlarini 4.1-jadvaldagi qiymatlarga taxminan mos qilib o'rnatish va mos ravishda kollektor toki I_K , baza toki I_B va kollektor-emitter kuchlanishi U_{KE} qiymatlarini o'lchang. Olingan natijalarni 11.1-jadvalga kiriting.

11.1-jadval

E_B, V	E_K, V	I_K, mA	I_B	U_{KE}, V	β_{DC}
1,25	5				
2,5	5				
5	5				
1,25	10				
2,5	10				
5	10				

4.1.2. Tranzistor statik kuchaytirish koeffitsiyenti β_{DC} qiymatini hisoblang va 14.1-jadvalga kiriting. Kollektor-emitter kuchlanishi U_{KE} tranzistor kuchaytirish koeffitsiyentiga ta'sir ko'rsatishi haqida xulosa chiqaring.

4.1.3. VA tashqi panelidagi «2-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranida 2-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.7-rasm).

2 - topshiriq. Umumiy emitter sxemada ulangan bipolyar tranzistor kirish xarakteristikasini o'lchash

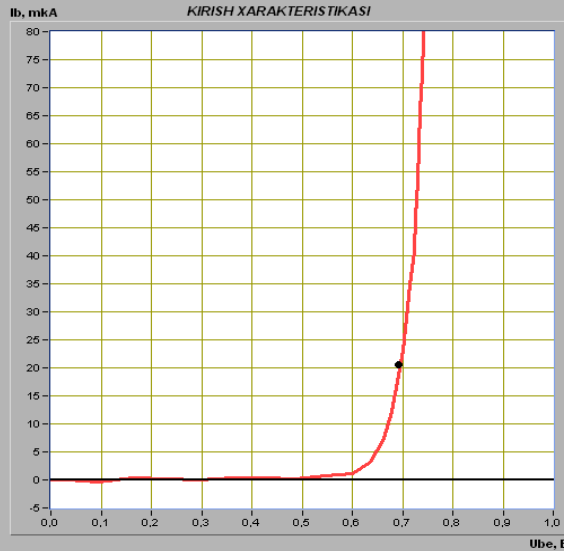
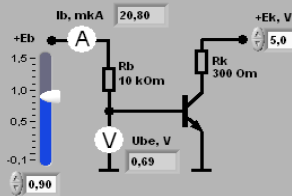
4.2.1. VA tashqi panelidagi raqamli boshqaruv elementidan foydalanib, kollektordagi kuchlanish manbai qiymati E_K ni 5V qilib o'rnatish. VA panelidagi «O'lchash» tugmasini bosing. VA ning grafik indikatorida tranzistor kirish toki I_B ning kirish kuchlanishi U_{BE} ga bog'liqlik grafigi hosil bo'ladi.

Grafik indikatorida hosil bo'lgan tasvirni hisobotga ko'chiring.

4.2.2. VA panelida joylashgan sozlagich yordamida bazadagi EYuK manba kuchlanishi E_B qiymatini o'zgartirib, baza toki qiymatini avvaliga 10 mA, keyin esa taxminan 40 mA ga teng qilib o'rnatish. Kirish xarakteristikasining bu nuqtalari uchun baza toki I_B hamda baza-emitter kuchlanishi U_{BE} qiymatlarini hisobotga yozib oling.

2-topshiriq: Umumiy emitter sxemasida ulangan bipolyar tranzistorni kirish xarakteristikasini o'lchash

- Kollektordagi kuchlanish manbaini 5 V deb o'rnatish.
- Tranzistor kirish xarakteristikasini olish uchun, "O'lchash" tugmasini bosish.
- Kirish xarakteristikasidan baza tokini 10 mA dan 40 mA gacha oraliqda o'zgartirib, kirishdagi differensial qarshilikni aniqlang.



O'lchash 3-topshiriqqa o'tish

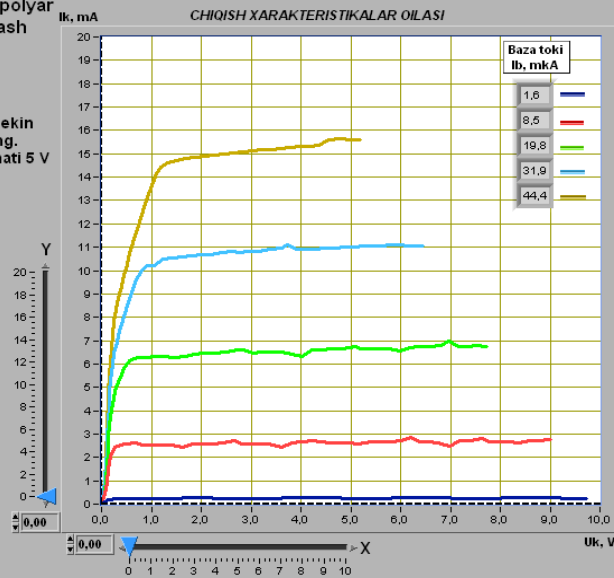
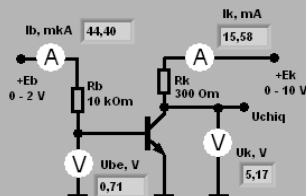
11.7-rasm. 2-topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.2.3. Baza toki qiymatini 10 mA dan 40 mA gacha o'zgarishi oralig'i uchun tranzistorning differensial qarshiligini $r_{KIR} = \Delta U_{BE} / \Delta I_B$ formula yordamida hisoblang. Olingan natijani hisobotga yozib oling.

4.2.4. VA tashqi panelidagi «3-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosish. Ekranda 3-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.8-rasm).

3-topshiriq: Umumiy emitter sxemasida ulangan bipolyar tranzistorni chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash

- Belgilangan baza toki I_B qiymatlarida kuchlanish E_k ni sekin o'zgartirib, tranzistor chiqish xarakteristikalarini o'lchash.
- Chiqish xarakteristikalaridan kollektor kuchlanishi qiymati 5 V bo'lgandagi tok uzatish koeffitsiyentini aniqlash.



O'lchash 4-topshiriqqa o'tish

11.8-rasm. 3- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

3-topshiriq. Umumiy emitter sxemada ulangan bipolyar tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash

4.3.1. VA grafik indikatorida tranzistor kollektoridagi kuchlanish 0V dan 10V gacha tekis o'zgarganda va baza EYuK manbai kuchlanishining $E_B = 0,6 \text{ V}; 0,74 \text{ V}; 0,88 \text{ V}; 1,02 \text{ V}; 1,16 \text{ V}$ belgilangan qiymatlarida I_K kollektor tokining U_{KE} kollektor-emitter kuchlanishga bog'liqlik grafiklari paydo bo'ladi.

4.3.2. Grafik indikatorda hosil bo'lgan tasvirni hisobotga ko'chiring. **MS Word** vositalari yordamida har bir egri chiziq uchun tranzistor mos baza toki qiymatini belgilab oling.

4.3.3. Kollektor kuchlanishining belgilangan $U_{KE}=5 \text{ V}$ qiymatida baza toklarining kirish xarakteristikalari o'lchangan qiymatlariga mos kollektor toki I_K qiymatlarini o'rning.

Buning uchun VA panelidagi «**X**» sozlagich yordamida vertikal vizir chiziqni chiqish xarakteristikasining gorizontal o'qidagi 5V qiymati ro'parasiga o'rning. So'ngra «**Y**» sozlagichidan o'zgartiriladigan gorizontal vizir chizig'i yordamida chiqish xarakteristikalari vertikal vizir chiziq bilan kesishadigan nuqtalarda kollektor toki qiymatini aniqlang. Olingan natijalarni hisobotga yozib oling.

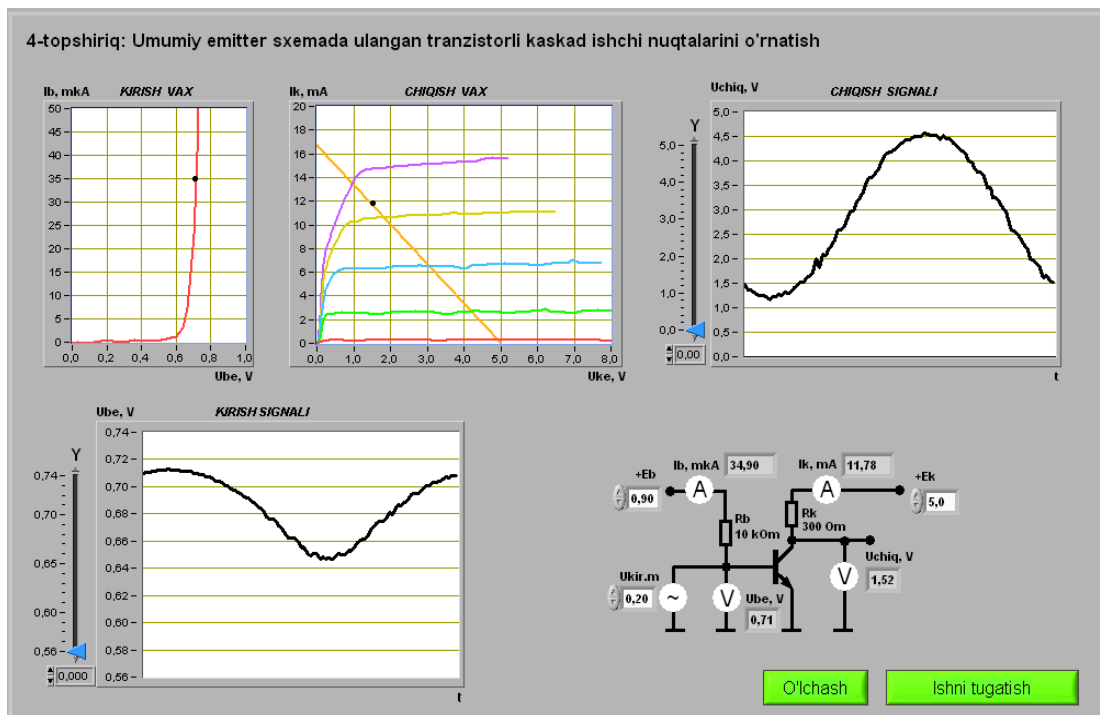
4.3.4. Baza tokining 10 mA dan 40 mA gacha o'zgarganda tok uzatish koeffitsiyentini $\beta_{AC}=\Delta I_K/\Delta I_B$ formula yordamida aniqlang. Olingan natijani hisobotga yozib oling.

4.3.5. Kollektor qarshiligini $R_K=300 \text{ Om}$, kollektordagi EYuK manbai qiymatini $E_K=5 \text{ V}$ deb tanlab oling va **MS Word** vositalari yordamida chiqish xarakteristikalarida abstsissa o'qida $E_K=5\text{V}$ va ordinata o'qida $I_K =E_K/R_K$ nuqtalarga mos keluvchi yuklama chizig'ini o'tkazing

4.3.6. Chiqish xarakteristikalari va yuklama chizig'idan foydalanib $U_K =E_K/2$ ishchi nuqta uchun kollektor toki I_K^* va baza toki I_B^* qiymatlarini aniqlang. Olingan natijalarni hisobotga yozib oling.

4.3.7. VA tashqi panelidagi «**4-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosing. Ekranda 4-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.9-rasm).

4 – topshiriq. Umumiy emitter sxemada ulangan tranzistorli kaskad ishchi nuqtalarini o'rnatish



11.9-rasm. 4- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.4.1. VA boshqaruv organlari yordamida kirish garmonik kuchlanishi manbai amplitudasini $U_{KIR.m}=0V$ va kollektordagi EYuK manbai qiymatini $E_K=5 V$ deb o'rning. «O'lchash» tugmasini bosing.

Tranzistor chiqish xarakteristikalarida yuklama chizig'i tasviri paydo bo'ladi. Olingan tasvirni 4.3.5 b.ni bajarishda olingan tasvir bilan solishtiring.

4.4.2. Bazadagi EYuK siljish manbai E_B qiymatini sozlab baza toki I_B^* qiymatini 4.3.6 b.da olingan qiymatga mos ravishda o'rning. Umumiy emitter sxemadagi tranzistorli kuchaytirgichni statik rejimi parametrlarini o'lchang va 11.2-jadvalga kiriting.

11.2-jadval

I_B , mkA	U_{BE} , V	I_K , mA	U_K , V

4.4.3. Kirish signali amplitudasi $U_{KIR.m}$ ni sekin o'zgartirib, VA grafik indikatorida maksimal buzilmagan chiqish signalini hosil qiling. Chiqish signali tasvirini hisobotga ko'chiring. Ostsilogrammalarni solishtiring va kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signallarni fazalari nisbati haqida xulosa chiqaring.

4.4.4. VA yordamida kirish U_{KIR} va chiqish U_{CHIQU} signallari amplitudalari qiymatlarini o'lchang. Buning uchun grafik indikatorlarining vizir chiziqlaridan foydalanib, kirish va chiqish signallari

ostsilogrammalarida ko'rsatilgan kuchlanish qiymatlari uchun maksimal va minimal oniy qiymatlarni aniqlang. Kuchlanish qiymatlarini hisoblashda VA sozlagichlari bilan moslashtirilgan raqamli indikatoridan foydalaning. Signal amplitudalarini aniqlashda $U_m=(U_{max}-U_{min})/2$ formuladan foydalaning. Olingan natijalarni hisobotga yozib oling.

4.4.5.Kirish va chiqish signallari amplitudalari qiymatlaridan foydalanib, kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlang. Natijani hisobotga kiriting.

4.4.6.Kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblab toping. Natijani hisobotga yozib oling. Bu kattalikning o'lgangan va hisoblab topilgan natijalarini solishtiring. Olingan natijani tushuntiring.

4.4.7.Ishchi nuqtaning kuchaytirgich ishiga ta'sirini tadqiq eting. Buning uchun bazadagi EYuK siljish manbai E_B qiymatini sozlab 4.3.6 b.da olingan baza toki I_B^* qiymatini taxminan 30% ga avval oshiring, so'ngra kamaytiring. Chiqish signali buzilishini kuzating. Ikkala holat uchun VA grafik indikatorini ko'rsatmalarini hisobotga ko'chiring. Chiqish signalidagi buzilishlar sabablarini tushuntiring.

4.4.8.VA ni o'chiring, buning uchun VA ning tashqi panelidagi «**Ishni tugatish**» tugmasini bosing.

5. Nazorat savollari

1. Bipolyar transistorning mavjud ulanish sxemalarini tasvirlang.
2. Bipolyar transistor kollektoridan oqib o'tadigan tok kuchini belgilovchi omilni ko'rsating.
3. β_{DC} koeffitsiyent kollektor tokiga bog'liqmi ? Agar bog'liq bo'lsa, qay darajada ? Javobni asoslang.
4. Chiqish xarakteriskalaridan kollektor tokini baza toki va kollektor-emitter kuchlanishiga bog'liqligi haqida nimalar deyish mumkin ?
5. Bipolyar transistorning kirish differensial qarshiligi emitter tokiga bog'liqmi?
6. Bipolyar tranzistor ishchi nuqtasining holati nima bilan belgilanadi ?
7. Qanday shartlarda bipolyar tranzistor berk rejimda bo'ladi ?
8. To'yinish rejimida kollektor va emitter orasidagi kuchlanish pasayishi qanday tushuntiriladi?
9. Umumiy emitter sxemada ulangan kuchaytirgich kaskadi kirish

- va chiqish garmonik signallari orasidagi fazalar farqi qanday ?
10. Umumiy emitter sxemada ulangan kuchaytirgich kaskadining kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti qanday aniqlanadi ?
 11. Laboratoriya ishi topshiriqlarini bajarishda VA qanday ishlashini tushuntiring.
 12. Bipolyar tranzistor parametrlari qanchalik aniq o'lchangan ? Olingan natijalarning sifati nimalarga bog'liq ?

2 - laboratoriya ishi

MAYDONIY TRANZISTOR XARAKTERISTIKALARINI TADQIQ ETISH

1. Ishning maqsadi

- umumiy istok sxemada ulangan maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasini o'lchash;
- maydoniy tranzistor qarshiligini zatvor-istok kuchlanishiga bog'liqligini o'lchash;
- umumiy istok sxemada ulangan maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash;
- umumiy istok sxemada ulangan tranzistorli kaskad ishini tadqiq etish.

2. Ish bajarish yuzasidan ma'lumotlar

Ish bajarishdan avval quyidagilar bilan taniishib chiqish tavsiya etiladi:

- maydoniy tranzistor tuzilmasi va ishlash prinsipi;
- maydoniy tranzistorning asosiy xarakteristikalari;
- maydoniy tranzistorning ulanish sxemalari va ishchi rejimlari.

3. Laboratoriya stendi tavsifi

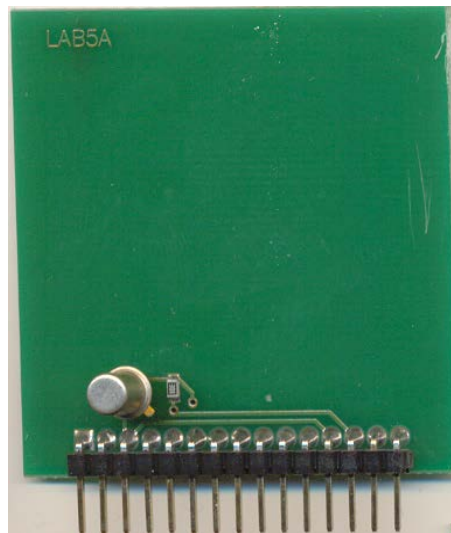
Laboratoriya stendi tarkibiga quyidagilar kiradi:

- asosiy laboratoriya stendi;
- KP303V maydoniy tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etish uchun **Lab5A** laboratoriya moduli.

4. Topshiriqlar

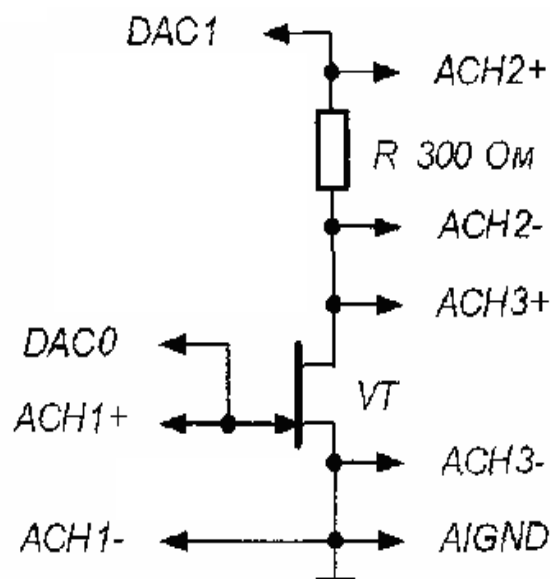
MS Word tahririda hisobot shablonini tayyorlang.

NI ELVIS laboratoriya stansiyasining maket platasiga **Lab5A** laboratoriya modulini o'rnatish. Modulning tashqi ko'rinishi 11.10 - rasmda keltirilgan.



11.10-rasm. Maydoniy tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etish uchun qoʻllaniladigan **Lab5A** modulning tashqi koʻrinishi.

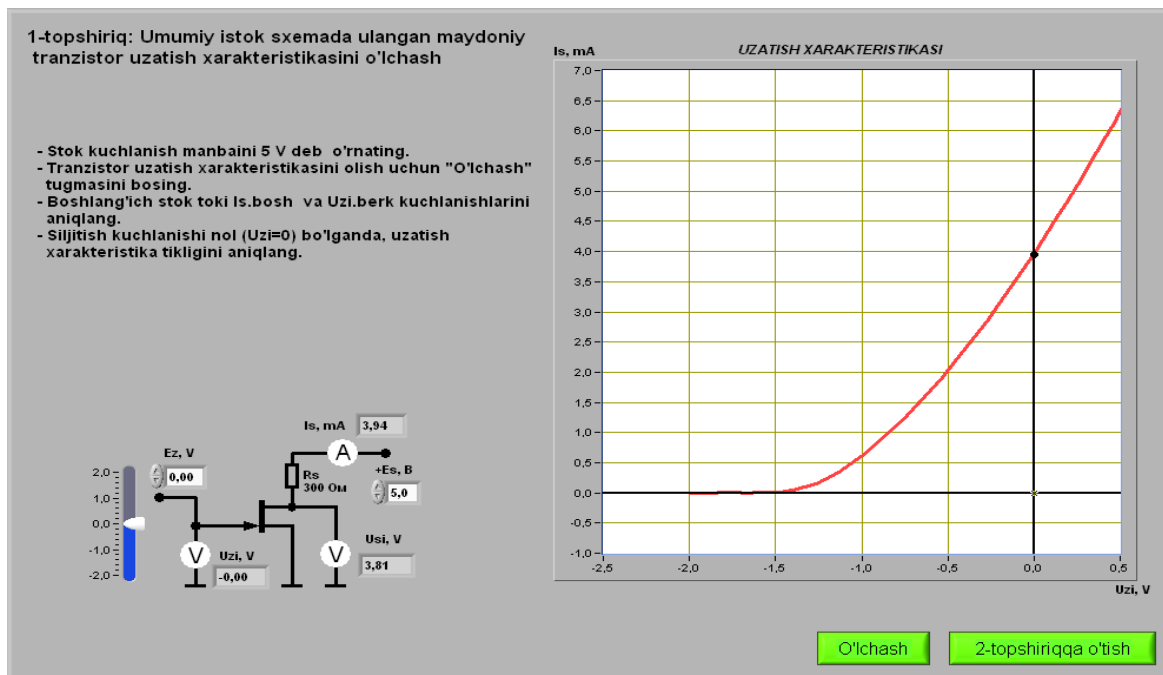
Maydoniy tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etish uchun 11.11-rasmda keltirilgan sxemadan foydalaniladi.



11.11-rasm. Maydoniy tranzistor xarakteristikalarini tadqiq etishda qoʻllaniladigan prinsipial elektr sxema.

Lab-5.vi dasturini ishga tushiring.

Ishning maqsadi bilan tanishib chiqqach «**Ishni boshlash**» tugmasini bosib. Ekranda 1 - topshiriqni bajarishda qoʻllaniladigan VA tasviri paydo boʻladi (11.12 - rasm).



11.12-rasm. 1- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

1 - topshiriq. Umumiy istok sxemada ulangan maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasini o'lchash

4.1.1. VA tashqi panelidagi raqamli boshqaruv elementidan foydalanib, stokdagi kuchlanish manbai qiymati E_s ni 5V qilib o'rning. VA panelidagi «O'lchash» tugmasini bosib. VA ning grafik indikatorida tranzistor chiqish toki I_s ning kirish kuchlanishi U_{zi} ga bog'liqlik grafigi hosil bo'ladi.

Grafik indikatorida hosil bo'lgan tasvirni hisobotga ko'chiring.

4.1.2. VA panelidagi sozlagich yordamida zatvordagi EYuK manbai kuchlanishi E_z qiymatini o'zgartirib, stok toki I_s qiymatini taxminan 0,01 mA deb o'rning. Zatvor-istokdagi berkilish kuchlanishi qiymati $U_{zi.berk}$ ni hisobotga yozib oling.

4.1.3. VA panelidagi sozlagich yordamida zatvordagi EYuK manbai kuchlanishi E_z qiymatini o'zgartirib, zatvor-istok kuchlanishini $U_{zi}=0V$ qilib o'rning. Stok tokining boshlig'ich qiymati $I_{s.bosh}$ ni hisobotga yozib oling.

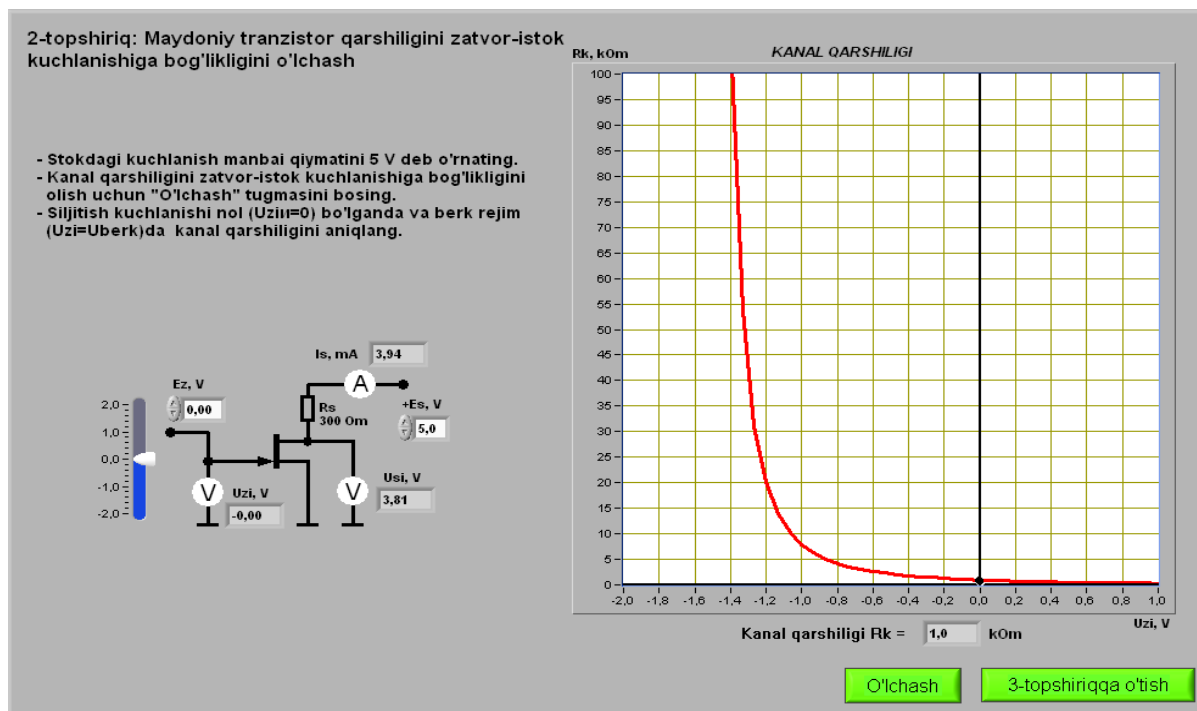
4.1.4. Tranzistorning konstruktiv va texnologik parametrlarini hisobga oluvchi koeffitsiyent k qiymatini $k=I_{s.bosh}/(U_{zi.berk})^2$ formuladan foydalanib hisoblang.

4.1.5. VA panelidagi sozlagich yordamida zatvordagi EYuK manbai E_z qiymatini o'zgartirib, avvaliga $U_{zi.1}=-0,1 V$, so'ngra $U_{zi.2}=+0,1 V$ qiymatni o'rning. Uzatish xarakteristikasining bu

qiymatlari uchun stok toklari $I_{s.1}$ va $I_{s.2}$ qiymatlarini hisobotga yozib oling.

4.1.5. Maydoniy tranzistor uzatish xarakteristikasidagi $U_{ZI} = 0V$ holat uchun xarakteristika tikligi kattaligini $S = (I_{s.2} - I_{s.1}) / (U_{ZI.2} - U_{ZI.1})$ formula yordamida hisoblab toping va natijani hisobotga yozib oling.

4.1.6. VA tashqi panelidagi «2-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosning. Ekranda 2-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.13-rasm).



11.13-rasm. 2 - topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

2 - topshiriq. Maydoniy tranzistor kanali qarshiligini zatvor-istok kuchlanishga bog'liqligini o'lchash

4.2.1. VA tashqi panelidagi raqamli boshqaruv elementidan foydalanib, stokdagi kuchlanish manbai qiymati E_s ni 5 V qilib o'rnatib. VA panelidagi «O'lchash» tugmasini bosning. VAning grafik indikatorida kanal qarshiligi R_K ni zatvor-istok kuchlanish U_{ZI} ga bog'liqlik grafigi hosil bo'ladi.

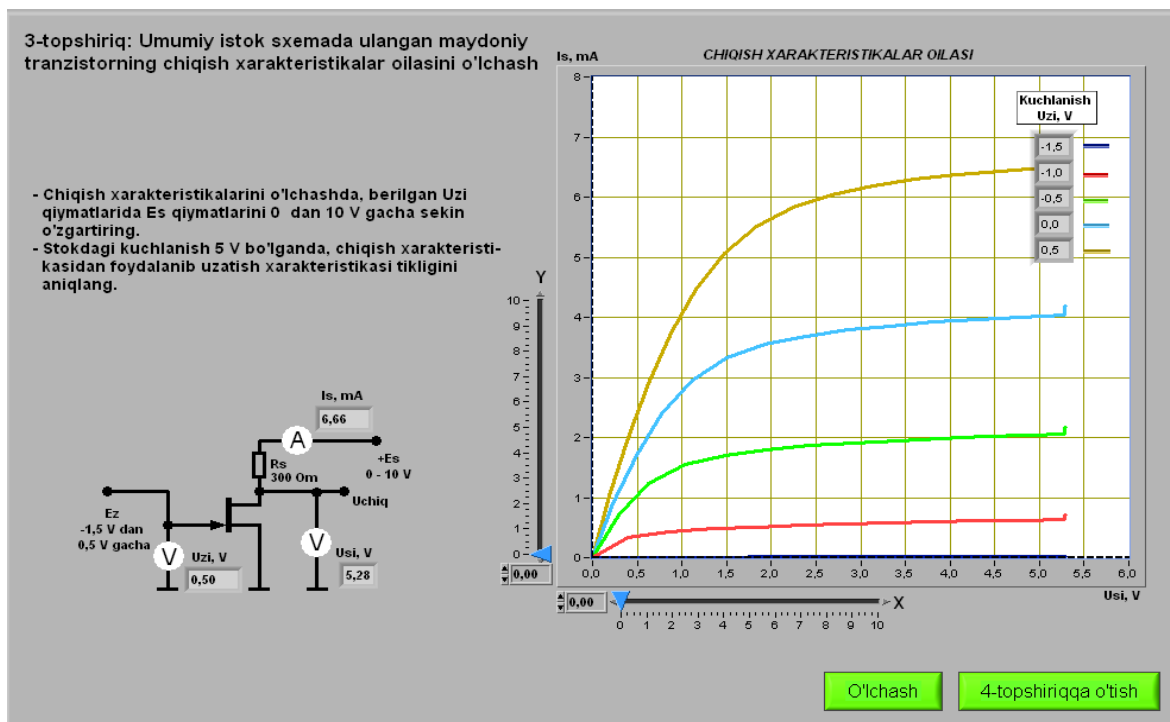
Grafik indikatorida hosil bo'lgan tasvirni hisobotga ko'chiring.

4.2.2. VA panelidagi sozlagich yordamida zatvordagi EYuK manbai E_z qiymatini o'zgartirib, I_s stok toki qiymatini taxminan 0,01 mA qilib o'rnatib. Zatvor-istokdagi berkilish kuchlanishi qiymati $U_{ZI.berk}$ ga mos keluvchi qarshilik $R_{K.maks}$ qiymatini hisobotga yozib

oling (tranzistorning berk holati).

4.2.3.VA panelidagi sozlagich yordamida zatvordagi EYuK manba kuchlanishi E_Z qiymatini o'zgartirib, zatvor-istok kuchlanishni $U_{ZI}=0V$ qilib o'rnating. Bu vaqtdagi qarshilik $R_{K.min}$ qiymatini hisobotga yozib oling (tranzistorning ochiq holati).

4.2.4.VA tashqi panelidagi "3-topshiriqqa o'tish" tugmasini bosing. Ekranda 3-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.14 – rasm).



11.14-rasm. 3- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

3 - topshiriq. Umumiy istok sxemada ulangan maydoniy tranzistor chiqish xarakteristikalar oilasini o'lchash

4.3.1.VA panelidagi «O'lchash» tugmasini bosing. Bunda VA grafik indikatorida tranzistorning stokidagi kuchlanish 0 V dan 10 V gacha tekis o'zgartirilib, zatvor kuchlanishining berilgan $U_{ZI}=-1,5 V$; $-1,0 V$; $-0,5 V$; $0 V$; $0,5 V$ qiymatlarida I_S stok tokining U_{ZI} kuchlanishga bog'liqlik grafiklari hosil bo'ladi. U_{ZI} kuchlanishining muvozanat qiymatlari grafik maydonida aks ettiriladi.

4.3.2.Grafik indikatorida hosil bo'lgan tasvirni hisobotga ko'chiring. MS Word vositalari yordamida har bir egri chiziq uchun mos ravishda tranzistor zatvor-istok kuchlanishi qiymatlarini belgilab oling.

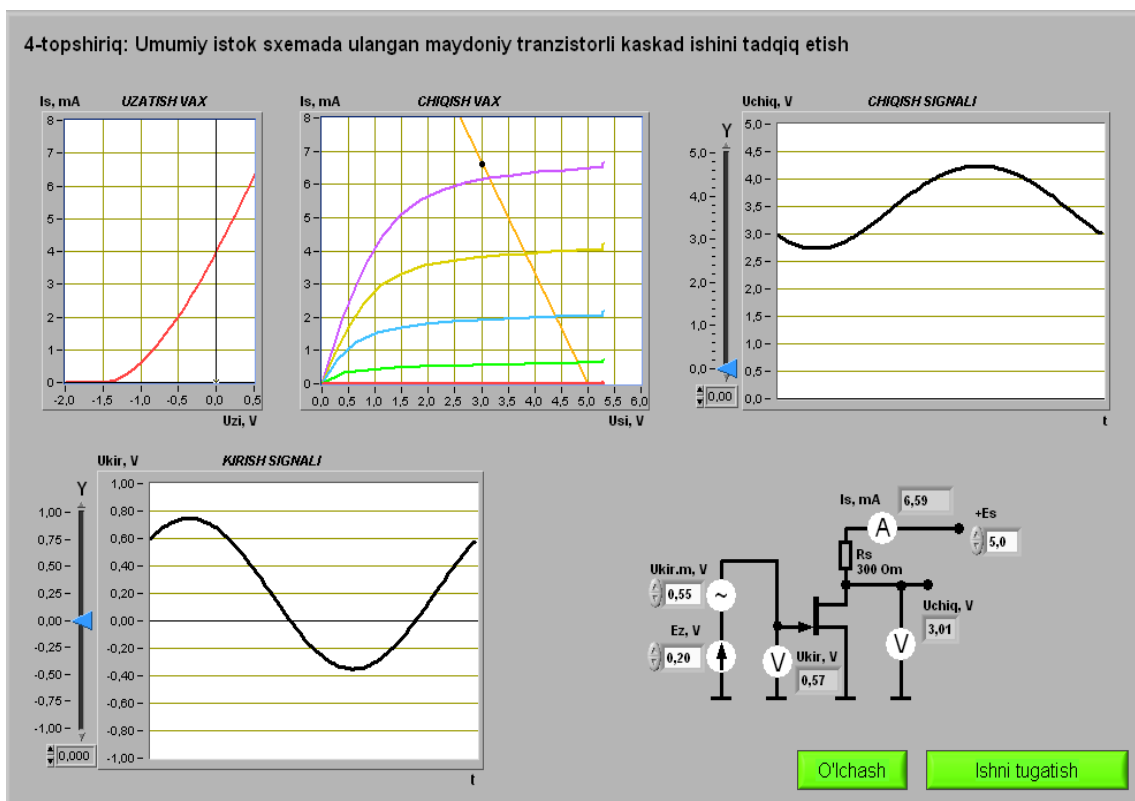
4.3.3. $U_{SI}=5$ V bo'lgan chiqish xarakteristikasidan o'lchangan zatvor kuchlanishi qiymatlariga mos keladigan stok toki I_S qiymatini aniqlang.

Buning uchun VA panelidagi «X» sozlagich yordamida vertikal vizir chiziqni chiqish xarakteristikasining gorizontal o'qidagi 5V qiymati ro'parasiga o'rnatib. So'ngra «Y» sozlagichidan o'zgartiriladigan gorizontal vizir chizig'i yordamida chiqish xarakteristikalari vertikal vizir chiziq bilan kesishadigan nuqtalarda stok toki qiymatini aniqlang. Olingan natijalarni hisobotga yozib oling.

4.3.4. Zatvor-istok kuchlanishining -1,0V dan 0V gacha o'zgarishi oralig'ida tranzistor xarakteristika tikligini $S=\Delta I_C/\Delta U_{ZI}$ formula yordamida aniqlang. Olingan natijani hisobotga yozib oling.

4.3.8. Stok qarshiligini $R_S=300$ Om, stokdagi EYuK manbai qiymatini $E_S=5$ V deb tanlab oling va MS Word vositalari yordamida chiqish xarakteristikalari abstsissa o'qida $E_S=5V$ va ordinata o'qida $I_S=E_S/R_S$ nuqtalarga mos keluvchi yuklama chizig'ini o'tkazing.

4.3.6. Tranzistorning zatvor-istok kuchlanishi -1,0V va +0,5V ga teng bo'lgan chiqish xarakteristikalari bilan yuklama chizig'i kesishadigan nuqtalar ($I_{C.maks}$, $U_{SI.maks}$ va $I_{C.min}$, $U_{SI.min}$.) koordinatalari bilan aniqlanuvchi tranzistor aktiv rejimi chegaralarini baholang. Olingan natijalarni hisobotga kiring.



11.15-rasm. 4- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.3.7. Aktiv rejimning o'rtta nuqtasi uchun stok tok qiymati $I_C^* = I_{C.maks} - I_{C.min}$ ni hisoblang va uzatish xarakteristikasidan unga mos keluvchi zatvor-istok kuchlanishi U_{ZI}^* qiymatini aniqlang.

4.3.5.VA tashqi panelidagi «4-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranda 4-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.15 - rasm).

4 - topshiriq. Umumiy istok sxemada ulangan tranzistorli kaskad ishini tadqiq etish

4.4.1. VA boshqaruv organlari yordamida kirish garmonik kuchlanish manbai amplitudasini $U_{KIR.m}=0V$ va stokdagi EYuK kuchlanish manbai qiymatini $E_S=5V$ qilib o'rning. «O'lchash» tugmasini bosing.

Tranzistor chiqish xarakteristikalarida yuklama chizig'i tasviri paydo bo'ladi. Olingan tasvirni 4.3.5 b.ni bajarishda olingan tasvir bilan solishtiring.

4.4.2.Zatvordagi EYuK siljish manbai E_Z qiymatini sozlab zatvor-istok kuchlanishi U_{ZI}^* qiymatini 4.3.7 b.da olingan qiymatga mos ravishda o'rning. Umumiy istok sxemadagi tranzistorli kuchaytirgichni statik rejimi parametrlarini o'lchang va 11.3-jadvalga kiriting.

11.3-jadval

U_{ZI}, V	I_C, mA	U_{SI}, V

4.4.3. Kirish signali amplitudasi $U_{KIR.m}$ ni sekin o'zgartirib, VA grafik indikatorida maksimal buzilmagan chiqish signalini hosil qiling. Chiqish signali tasvirini hisobotga ko'chiring. Ostsilogrammalarni solishtiring, kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signallar fazalari nisbati haqida xulosa chiqaring.

4.4.4. VA yordamida kirish U_{KIR} va chiqish U_{CHI} signallari amplitudalari qiymatlarini o'lchang. Buning uchun grafik indikatorlarining vizir chiziqlaridan foydalanib, kirish va chiqish signallari ostsilogrammalarida ko'rsatilgan kuchlanish qiymatlari uchun maksimal va minimal oniy qiymatlarni aniqlang. Kuchlanish qiymatlarini hisoblashda VA sozlagichlari bilan moslashtirilgan raqamli indikatoridan foydalaning. Signal amplitudalarini aniqlashda $U_m=(U_{max}-U_{min})/2$ formuladan foydalaning. Olingan natijalarni hisobotga yozib oling.

4.4.5.Kirish va chiqish signallari amplitudalari qiymatlaridan

foydalanib, kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini $K_U = U_{CHIQ.m}/U_{KIR.m}$ formula yordamida aniqlang. Natijani hisobotga kiriting.

4.4.6. Kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini $K_U = S \cdot R_c$ formula yordamida hisoblab toping. Bu yerda 4.3.4 b.da hisoblab topilgan S qiymatidan foydalaniladi. Natijani hisobotga yozib oling. Bu kattalikning o'lgangan va hisoblab topilgan natijalarini solishtiring. Olingan natijani tushuntiring.

4.4.7. Ishchi nuqtaning kuchaytirgich ishiga ta'sirini tadqiq eting. Buning uchun zatvordagi EYuK siljish manbai E_z qiymatini sozlab 4.3.7 b.da olingan U_{ZI}^* qiymatini taxminan 30% ga avval oshiring, so'ngra kamaytiring. Chiqish signali buzilishini kuzating. Ikkala holat uchun VA grafik indikatorini ko'rsatmalarini hisobotga ko'chiring. Chiqish signalidagi buzilishlar sabablarini tushuntiring.

4.4.8. VA ni o'chiring, buning uchun VA ning tashqi panelidagi «**Ishni tugatish**» tugmasini bosing.

5. Nazorat savollari

1. Qanday tranzistorlar maydoniy yoki unipolyar deb ataladi ? Bu nomlar kelib chiqish sabablarini tushuntiring.
2. Zatvori izolyatsiyalangan tranzistor qanday tuzilishga ega ? Nima sababdan ularni MDYA – tranzistorlar deb atashadi ?
3. $p-n$ - o'tish bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorlar qanday tuzilishga ega ?
4. $p-n$ - o'tish bilan boshqariladigan va zatvori izolyatsiyalangan maydoniy tranzistorlarning ishlash prinsipida qanday farq bor ?
5. Kanali qurilgan va induksiyalangan MDYA – tranzistorlar nimasi bilan farqlanadi ?
6. Sizga ma'lum bo'lgan maydoniy tranzistorlarning VAXlari bir-biridan nimasi bilan farqlanadi?
7. Turli maydoniy tranzistorlarning chiqish xarakteristikalarida farq bormi ?
8. Maydoniy tranzistorlarning VAXlarida qanday sohalarni ajratib ko'rsatish mumkin ?
9. Chiqish xarakteristikasidagi ishchi nuqta holatiga qarab maydoniy tranzistorlar qo'llanilish xususiyatlari qanday ?
10. Maydoniy tranzistorning qanday ulanish sxemalari ma'lum ?

Ularning asosiy xarakteristikalarini keltiring.

11. *Maydoniy tranzistorlar bipolyar tranzistorlarga nisbatan qanday afzalliklarga ega ?*
12. *Maydoniy tranzistor parametrlari qanchalik aniq o'lgangan ? Olingan natijalarning sifati nimalarga bog'liq ?*

3-laboratoriya ishi

OPYERATSION KUCHAYTIRGICH ASOSIDAGI SXEMALARNI TADQIQ ETISH

1. Ishning maqsadi

- operatsion kuchaytirgich xarakteristikalarini bilan tanishish;
- operatsion kuchaytirgich asosidagi analog signallarni o'zgartirish sxemalarining tuzilish prinsiplari bilan tanishish;
- operatsion kuchaytirgich asosidagi inverslaydigan va inverslamaydigan kuchaytirgichlarni tadqiq etish;
- analog signallarni integrallovchi va differensiallovchi sxemalarni tadqiq etish.

2. Ish bajarish yuzasidan ma'lumotlar

Ish bajarishdan avval quyidagilar bilan taniishib chiqish tavsiya etiladi:

- operatsion kuchaytirgich tuzilmasi va asosiy xarakteristikalarini;
- operatsion kuchaytirgich asosida kuchaytirgichlar qurish usullari;
- operatsion kuchaytirgich asosida analog signallarni o'zgartiruvchi qurilmalarini qurish usullari.

3. Laboratoriya stendi tavsifi

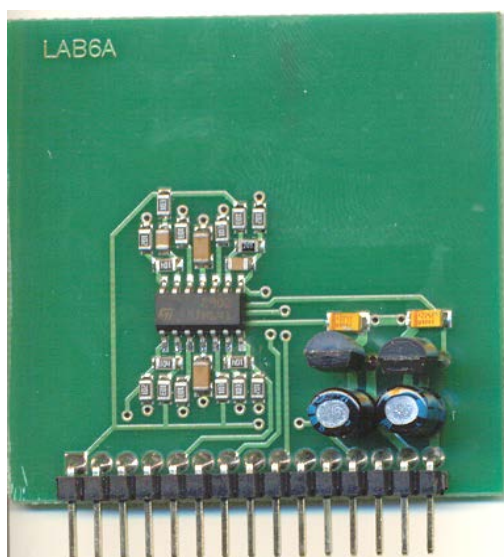
Laboratoriya stendi tarkibiga quyidagilar kiradi:

- asosiy laboratoriya stendi;
- operatsion kuchaytirgich asosidagi sxemalarni tadqiq etish uchun **Lab6A** laboratoriya moduli.

4. Topshiriqlar

MS Word tahririda hisobot shablonini tayyorlang.

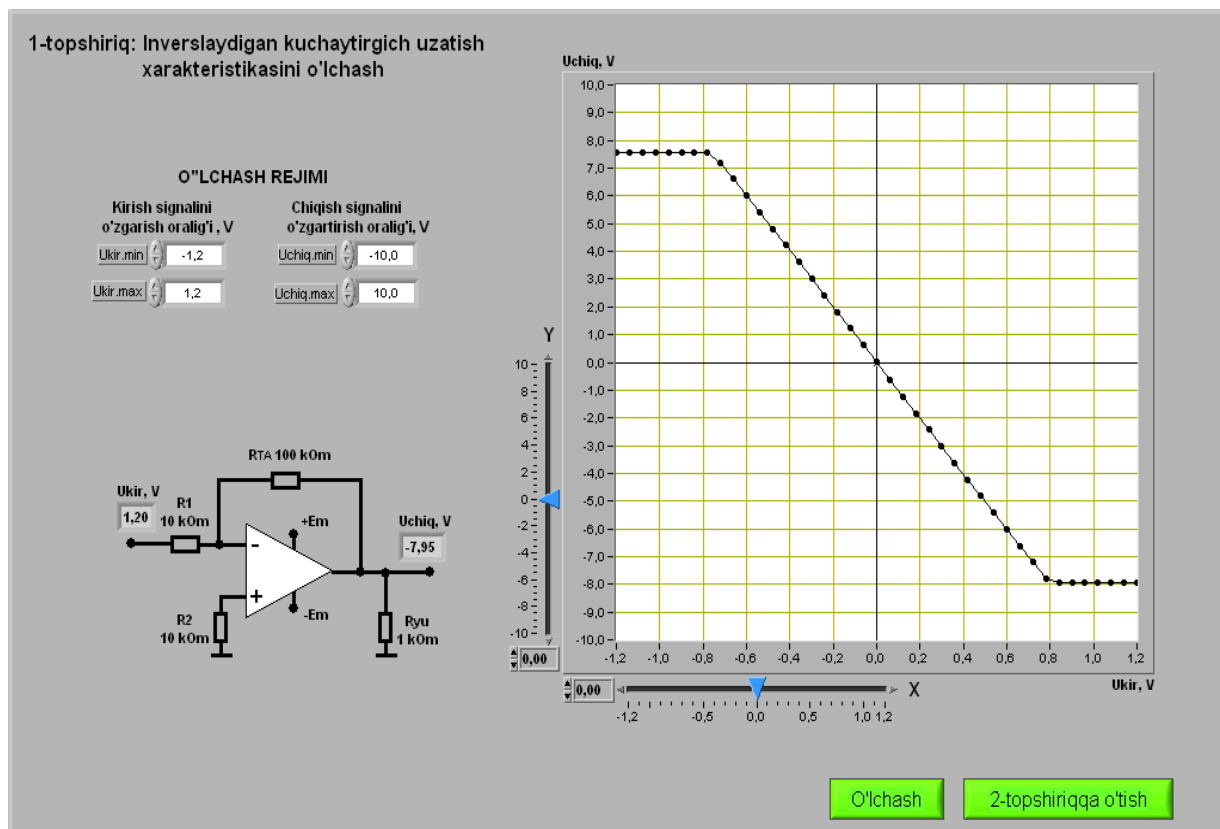
NI ELVIS laboratoriya stansiyasining maket platasiga **Lab6A** laboratoriya modulini o'rnatish. Modulning tashqi ko'rinishi 11.16-rasmda keltirilgan.



11.16-rasm. Operatsion kuchaytirigich asosidagi sxemalarni tadqiq etishda qoʻllaniladigan **Lab6A** modulining tashqi koʻrinishi.

Lab-6.vi dasturini ishga tushiring.

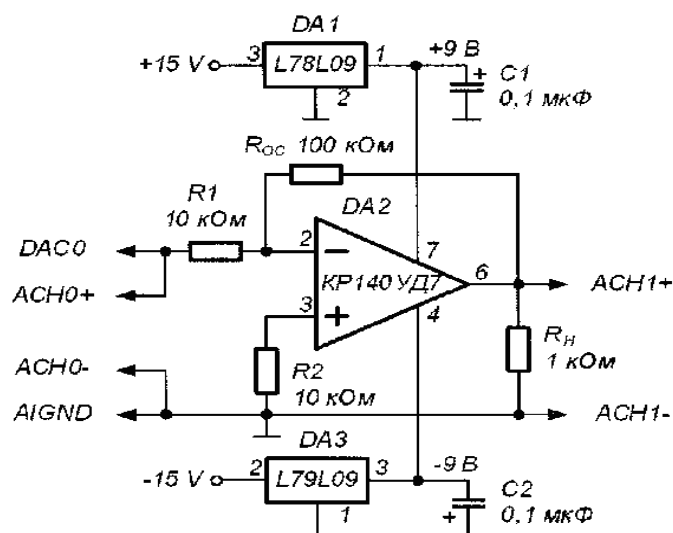
Ishning maqsadi bilan tanishib chiqqach «**Ishni boshlash**» tugmasini bosing. Ekranda 1-topshiriqni bajarishda qoʻllaniladigan VA tasviri paydo boʻladi (11.17-rasm).



11.1-rasm. 1-topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

1 - topshiriq. Inverslaydigan kuchaytirgich uzatish xarakteristikasini o'lash

Inverslaydigan kuchaytirgich xarakteristikalarini tadqiq etish uchun 11.18 - rasmda keltirilgan sxemadan foydalaniladi.



11.18-rasm. Inverslaydigan kuchaytirgich xarakteristikalarini tadqiq etishda qo'llaniladigan prinsipial elektr sxema.

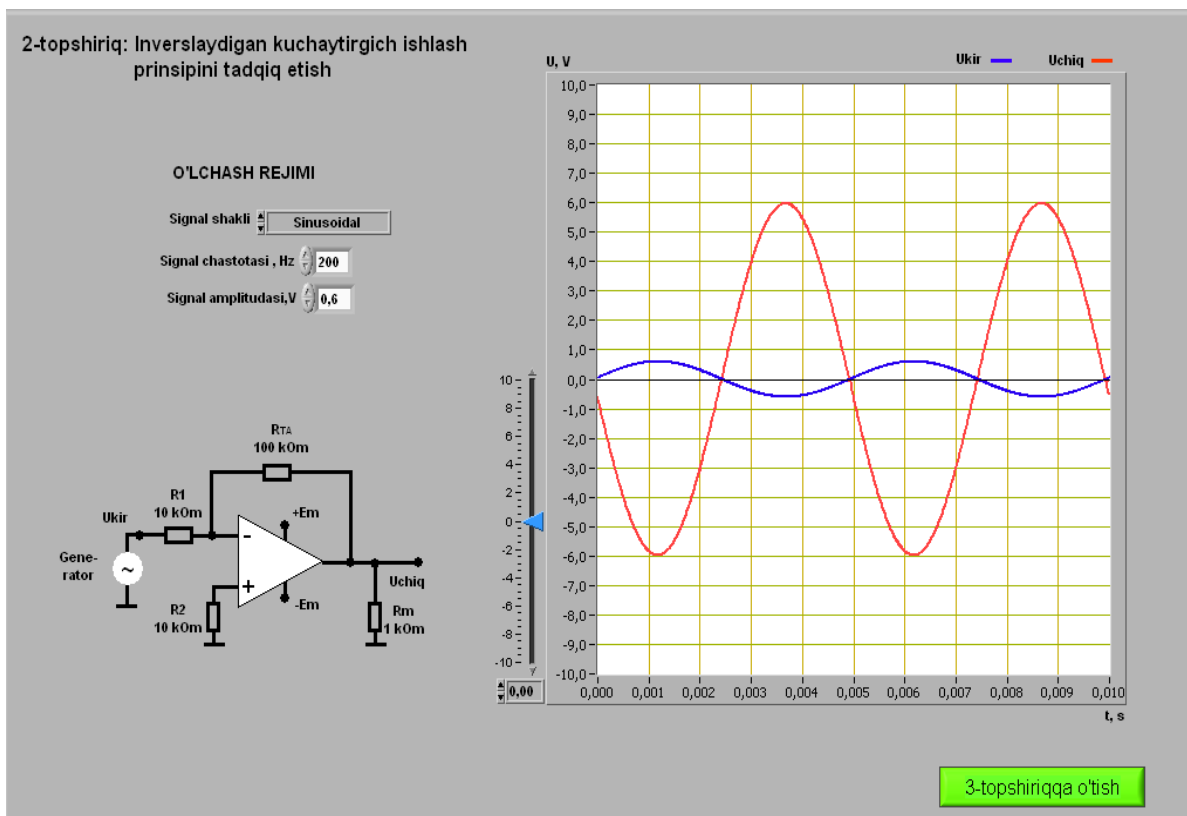
Izoh: Operatsion kuchaytirgich asosidagi barcha sxemalarda kuchlanish manbai qiymatini yo 15V dan yo 9V gacha pasaytirish maqsadida DAI L78L09 (chiqish kuchlanishi +9V) hamda DA3 L79L09 (chiqish kuchlanishi -9V) turdagi kuchlanish stabilizatorlari qo'llanilgan bo'lib, ular operatsion kuchaytirgich chiqishidagi signalning o'zgarish diapazonini DAQ-platadagi analog-raqamli o'zgartirgich kanali o'lchash oralig'i (yo 10V) bilan muvofiqlashtirish uchun zarur.

4.1.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida kirish signali o'zgarish diapazonini (tavsiya etilayotgan qiymatlar $U_{KIR.min} = -1,2$ V, $U_{KIR.max} = 2$ V) hamda chiqish signali o'zgarish diapazonini (tavsiya etilayotgan qiymatlar $U_{CHIQ.min} = -10$ V, $U_{CHIQ.max} = 10$ V) o'rnatish. VA panelidagi «O'lchash» tugmasini bosish. VA ning grafik indikatorida inverslaydigan kuchaytirgich uzatish xarakteristikasi tasviri hosil bo'ladi. Olingan grafikni hisobotga ko'chiring.

4.1.2. Uzatish xarakteristikasidan sxema chiqishidagi signalni chegaralovchi musbat U_{cheg+} va manfiy U_{cheg-} kuchlanish qiymatlarini aniqlang. Buning uchun VA sozlagichi yordamida o'zgartiriladigan gorizontaal vizir chiziqdan foydalaning. Natijani hisobotga kiriting.

4.1.3. Inverslaydigan kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini aniqlang. Buning uchun vizir chiziqlari yordamida uzatish xarakteristikasining tik sohasida ixtiyoriy ikki nuqta koordinatalarni belgilab oling va $K_U = (U_{CHIQ.2} - U_{CHIQ.1}) / (U_{KIR.2} - U_{KIR.1})$ formula yordamida hisoblashni amalga oshiring. Natijani hisobotga kiriting.

4.1.4. VA tashqi panelidagi «2-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranda 2– topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.19-rasm).



1.19-rasm. 2- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

2 - topshiriq. Inverslaydigan kuchaytirgich ishlash prinsipini tadqiq etish

4.2.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida quyidagi o'lchash rejimini o'rnatish: signal shakli – **sinusoidal**, signal chastotasi – **200 Gs**. Kirish signali amplitudasi kattaligi shunday tanlanadi-ki, VA grafik indikatorida kuzatilayotgan chiqish signali buzilishlardan holi va kuzatuv uchun qulay bo'lsin. Hosil bo'lgan chiqish signali tasvirini ma'lumotlar buferiga, so'ngra esa hisobot varag'iga ko'chiring.

4.2.2. VA grafik indikatorlaridagi kirish va chiqish signallari

tasviridan, VA gorizontal vizir chiziqlari yordamida kirish signali amplitudasi $U_{KIR.m}$ hamda chiqish signali amplitudasi $U_{CHIQ.m}$ ni aniqlang. Olingan natijalar yordamida inverslaydigan kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsiyentini $K = R_{TA}/R_1$ formula orqali hisoblang.

Izoh: Signal amplitudasini aniqlash uchun uni maksimal U_{max} va minimal U_{min} oniy qiymatlarini aniqlash va $U_m = (U_{max} - U_{min})/2$ formula yordamida hisoblashni amalga oshirish kerak.

VA grafik indikatoridagi tasvirlardan foydalanib, inverslaydigan kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signal fazalarini taqqoslang. Inverslaydigan kuchaytirgich signal fazalarini o'zgartirishi haqida xulosa chiqaring va uni hisobotga yozib oling.

4.2.3. Inverslaydigan kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsientini hisoblang. Buning uchun $K = R_{TA}/R_1$ formuladan foydalaning. Natijani hisobotga yozib oling.

Uzatish xarakteristikasidan (4.1.3 b.), o'lchash natijalari (4.2.2 b.) hamda hisoblab topilgan (4.2.3 b.) kuchaytirish koeffitsiyentlari qiymatlarini taqqoslang. Hulosa chiqaring va uni hisobotga kiriting.

4.2.5. VA tashqi panelidagi «**3-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosning. Ekranda 3-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.20-rasm).

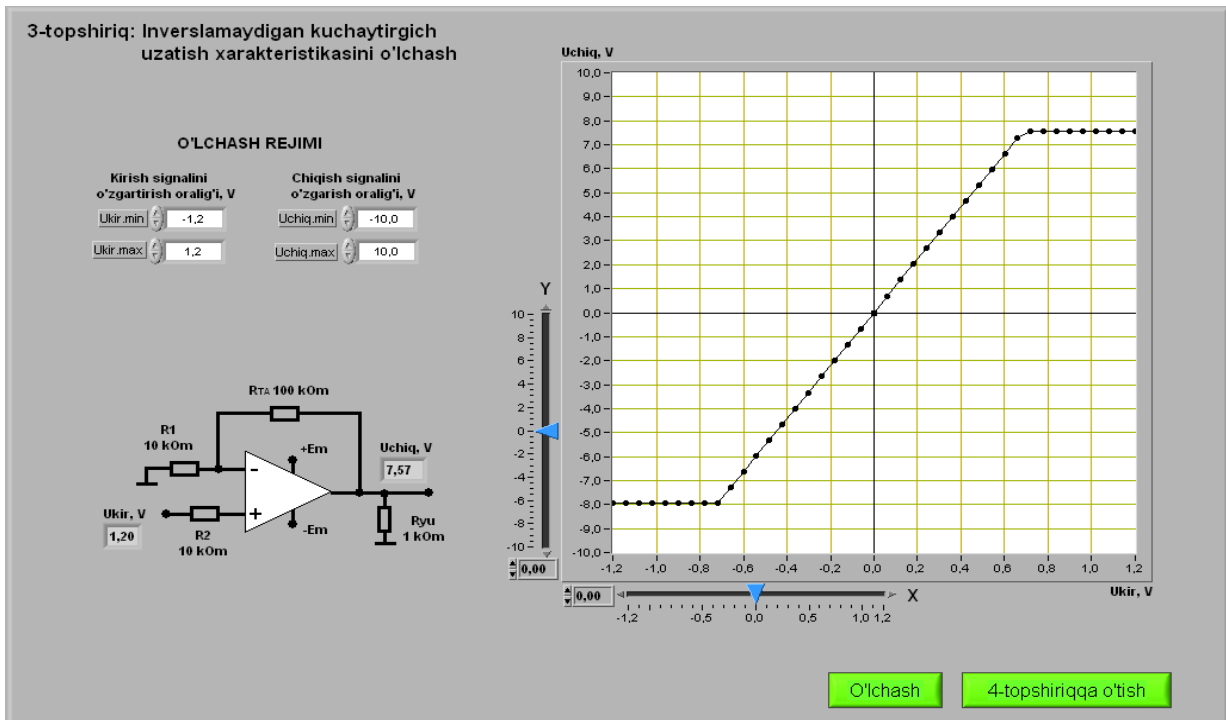
3-topshiriq. Inverslamaydigan kuchaytirgich uzatish xarakteristikasini o'lchash

Inverslamaydigan kuchaytirgich xarakteristikalarini tadqiq etish uchun 14.38-rasmda keltirilgan sxemadan foydalaniladi.

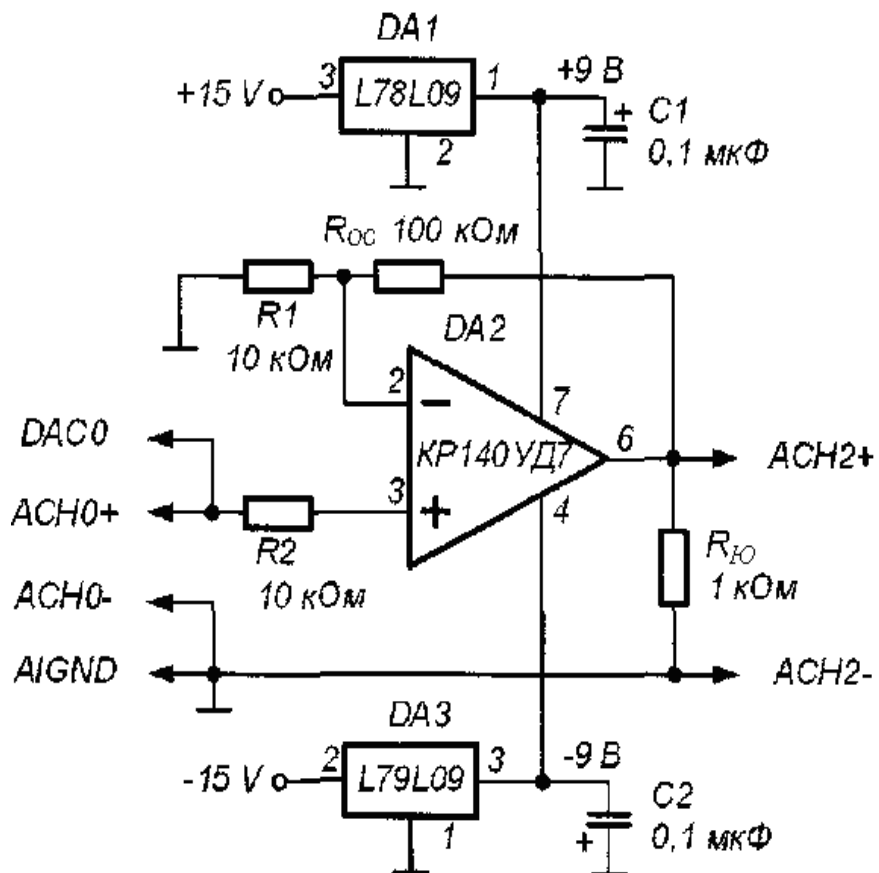
4.3.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida kirish signali o'zgarish diapazonini (tavsiya etilayotgan qiymatlar $U_{KIR.min} = -1,2$ V, $U_{KIR.max} = 2$ V) hamda chiqish signali o'zgarish diapazonini (tavsiya etilayotgan qiymatlar $U_{CHIQ.min} = -10$ V, $U_{CHIQ.max} = 10$ V) o'rnatish. VA panelidagi «**O'lchash**» tugmasini bosning. VA ning grafik indikatorida inverslamaydigan kuchaytirgich uzatish xarakteristikasi tasviri hosil bo'ladi.

Olingan grafikni hisobotga ko'chiring.

4.3.2. Uzatish xarakteristikasidan sxema chiqishidagi signalni chegaralovchi musbat U_{cheg+} va manfiy U_{cheg-} kuchlanish qiymatlarini aniqlang. Buning uchun VA sozlagichi yordamida o'zgartiriladigan gorizontal vizir chiziqdan foydalaning. Natijani hisobotga kiriting.



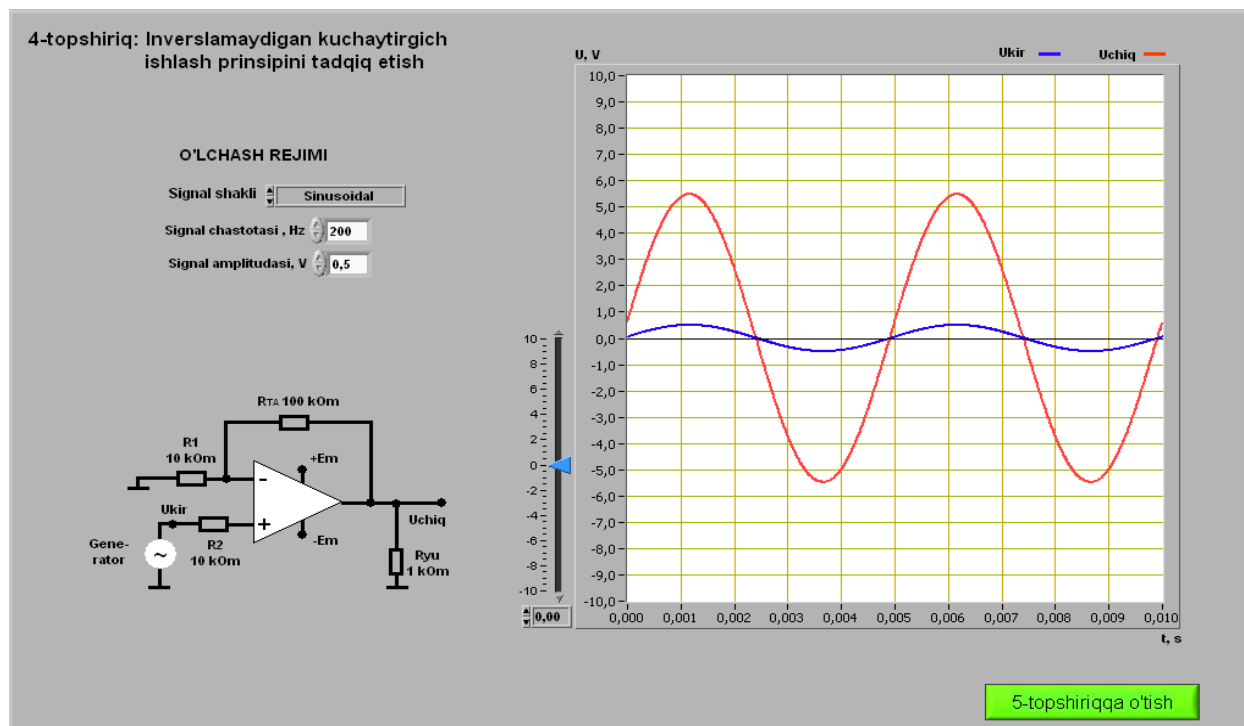
11.20-rasm. 3- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.



11.21-rasm. Inverslamaydigan kuchaytirgich xarakteristikalarini tadqiq etishda qo'llaniladigan prinsipial elektr sxema.

Sxemaning kuchaytirish koeffitsiyentini 4.1.3 b.da keltirilgan usul bilan aniqlang. Natijani hisobotga yozib oling.

4.3.3.VA tashqi panelidagi «4-topshiriqqa o'tish tugmasini bosning. Ekranda 4 – topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.22-rasm).



11.22-rasm. 4- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4 - topshiriq. Inverslamaydigan kuchaytirgich ishlash prinsipini tadqiq etish

4.4.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida quyidagi o'lchash rejimini o'rnatish: signal shakli – **sinusoidal**, signal chastotasi – **200 Gs**. Kirish signali amplitudasi kattaligi shunday tanlanadi-ki, VA grafik indikatorida kuzatilayotgan chiqish signali buzilishlardan holi va kuzatuv uchun qulay bo'lsin. Hosil bo'lgan chiqish signali tasvirini ma'lumotlar buferiga, so'ngra esa hisobot varag'iga ko'chiring.

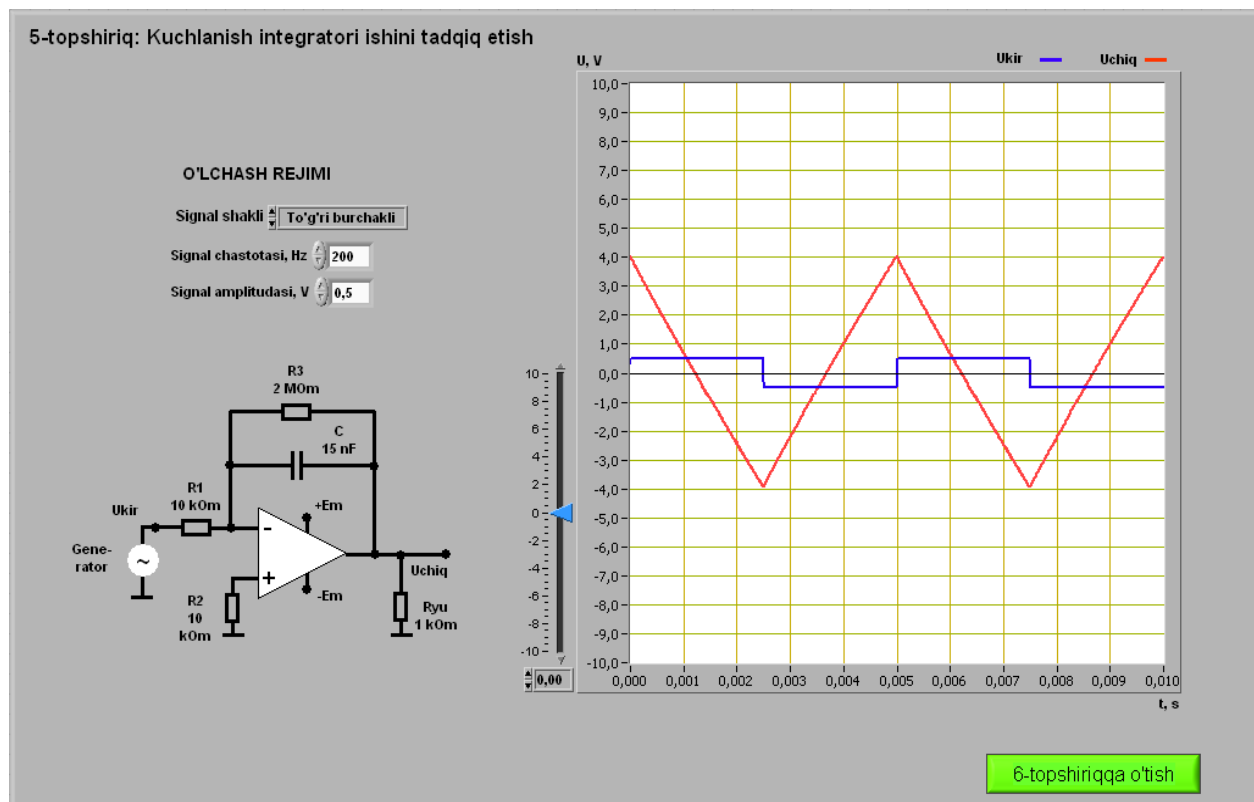
VA grafik indikatoridagi tasvirlardan foydalanib, inverslamaydigan kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signal fazalarini taqqoslang. Inverslamaydigan kuchaytirgichda signal fazasi o'zgarishi haqida xulosa chiqaring va uni hisobotga yozib oling.

4.4.2. Inverslamaydigan kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini hisoblang. Buning uchun $K=R_{TA}/R_1$ formuladan foydalaning. Natijani hisobotga yozib oling.

Ostsiogrammadan VA vizir chiziqlari yordamida kirish signali amplitudasi $U_{KIR.m}$ hamda chiqish signali amplitudasi $U_{CHIQ.m}$ ni aniqlang. Inverslamaydigan kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsiyentini $K=U_{CHIQ.m}/U_{KIR.m}$ formula yordamida hisoblang. Natijani hisobotga yozib oling.

Uzatish xarakteristikasidan (4.3.2 b.), o'lchash natijalari asosidagi (4.4.3 b.) hamda hisoblab topilgan (4.4.2 b.) kuchaytirish koeffitsiyentlari qiymatlarini taqqoslang. Hulosa chiqaring va uni hisobotga kiriting.

4.4.4. VA tashqi panelidagi «5-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranda 5 - topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.23-rasm).



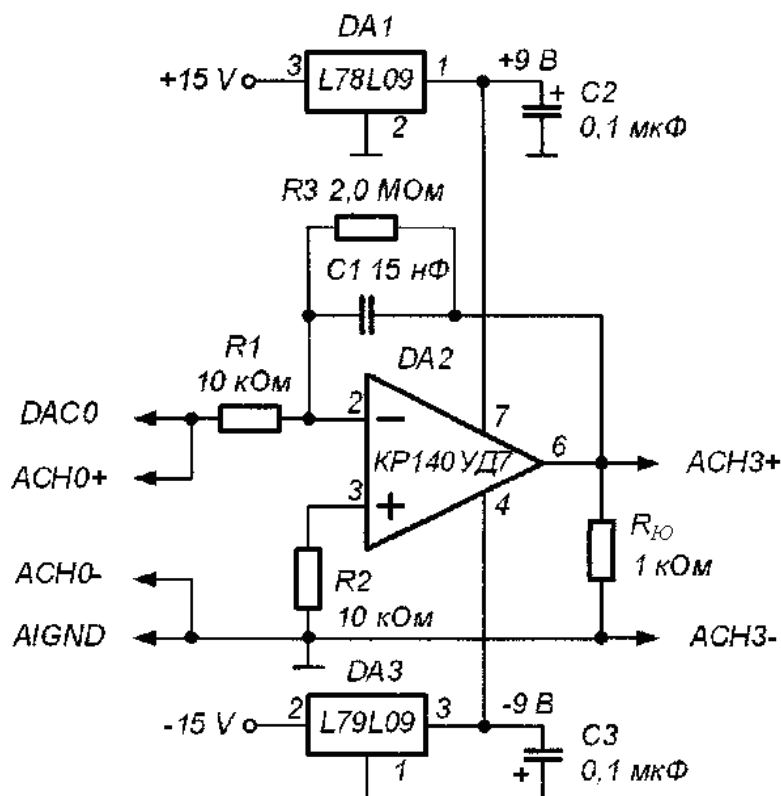
11.23-rasm. 5- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

5 - topshiriq. Kuchlanish integratori ishini tadqiq etish

Kuchlanish integratori ishini tadqiq etish uchun 11.24-rasmda keltirilgan elektr sxemani yig'ing.

4.5.1.VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida quyidagi o‘lchash rejimini o‘rning: signal shakli – **to‘g‘ri burchak**, signal chastotasi – **200 Gs**. Integrator kirishidagi signal amplitudasi kattaligi shunday tanlanadi-ki, VA grafik indikatorida kuzatilayotgan chiqish signali buzilishlardan holi va kuzatuv uchun qulay bo‘lsin.

VA grafik indikatorida uch burchak shakliga yaqin ko‘rinishdagi chiqish signali (integrallash natijasi) hosil bo‘ladi va uning tasvirini ma’lumotlar buferiga, so‘ngra esa hisobot varag‘iga ko‘chiring.



11.24-rasm. Kuchlanish integratori ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan prinsipial elektr sxema.

4.5.2. VA grafik indikatorida hosil bo‘lgan chiqish signali tasviridan foydalanib, uni o‘zgarish tezligini aniqlang va hisobotga kiriting. Buning uchun vizir chiziqlari yordamida signalning maksimal U_{max} va minimal U_{min} oniy qiymatlarini aniqlang va

$$\frac{\Delta U_{CHIQ}}{\Delta t} = \frac{2(U_{max} - U_{min})}{T}$$

kattalikni hisoblang.

Sxema elementlari parametrlari qiymatlaridan foydalanib, ideal integrator formulasi

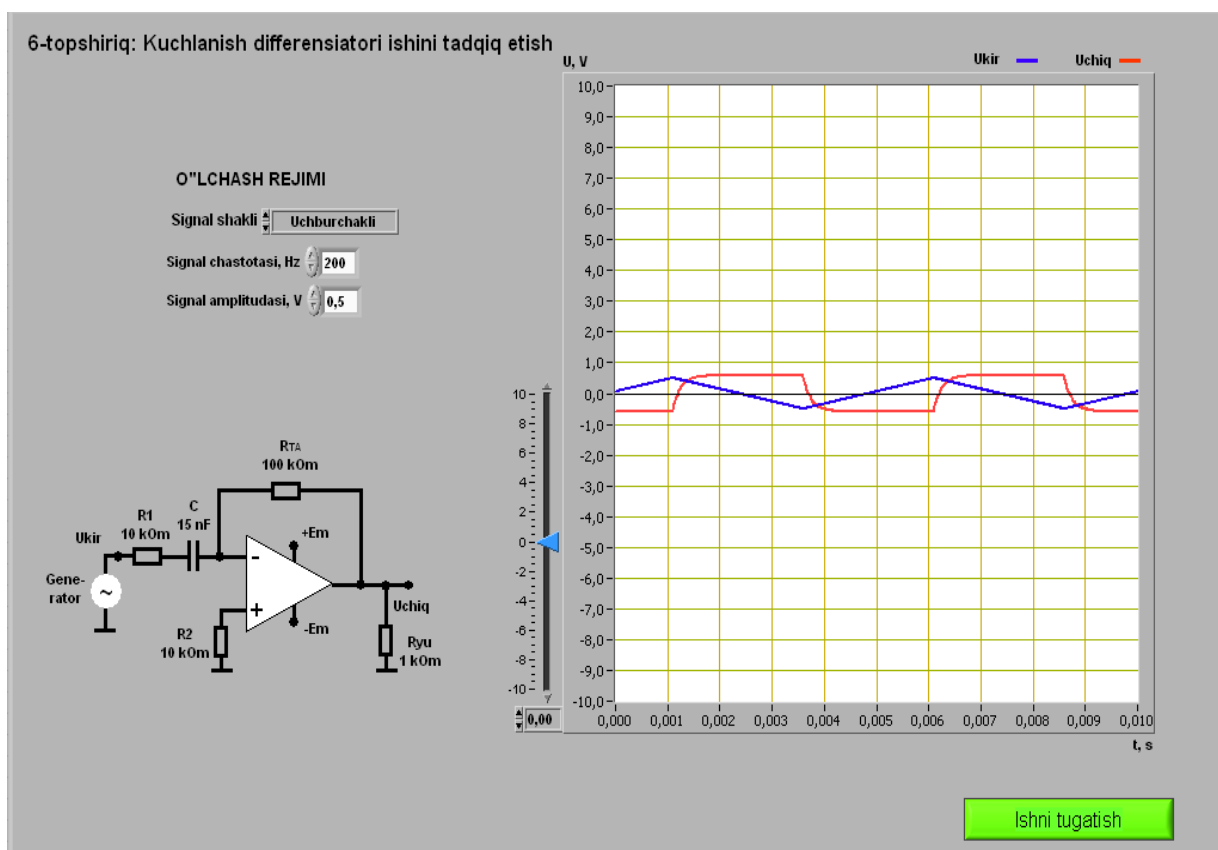
$$\frac{\Delta U_{CHIQ}}{\Delta t} = -\frac{U_{KIR}}{R_1 \cdot C}$$

dan chiqish signalining o'zgarish tezligini aniqlang va hisobotga yozib oling.

O'lchash hamda hisoblashlar natijalarida olingan integrator chiqishidagi signal qiymatini taqqoslang. Integratorning ideallik darajasi haqida xulosa chiqaring.

4.5.3. **Sinusoidal, uch burchak va arrasimon** shakldagi kirish sinallari uchun ham chiqish signali ostsilogrammalarini hosil qiling va hisobotga kiriting. Olingan natijalarni izohlang. Sinusoidal shakldagi kirish sinali uchun integrator kirishi va chiqishidagi signal fazalari farqini baholang. Olingan natijani izohlang.

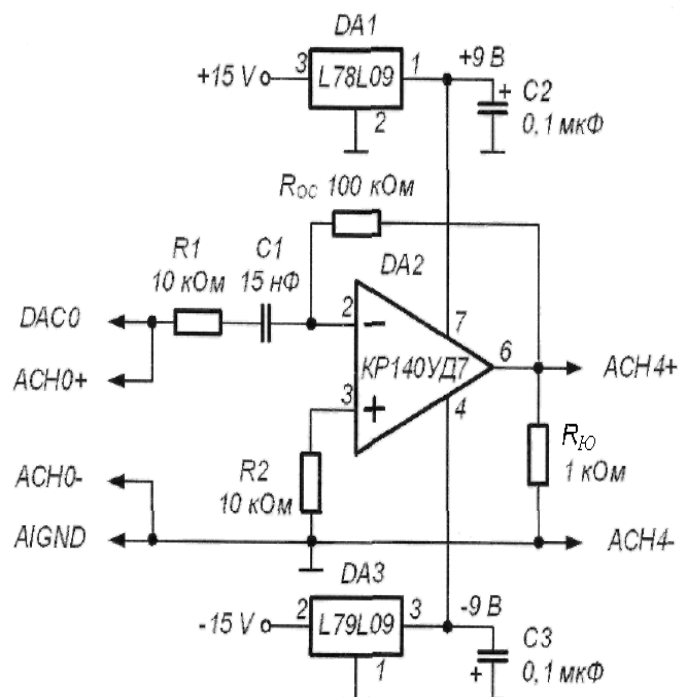
4.5.4. VA tashqi panelidagi «**6-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosning. Ekranda 6– topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.25-rasm).



11.25-rasm. 6 - topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

6 - topshiriq. Kuchlanish differensiatori ishini tadqiq etish

Kuchlanish differensiatori ishini tadqiq etish uchun 11.26-rasmda keltirilgan elektr sxemani yig'ing.



11.26-rasm. Kuchlanish differensiatori ishini tadqiq etishda qoʻllaniladigan prinsipial elektr sxema.

4.6.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv elementlari yordamida quyidagi oʻlchash rejimini oʻrnatish: signal shakli – **uch burchak**, signal chastotasi – **200 Gs**. Differensiator kirishidagi signal amplitudasi kattaligi shunday tanlanadi-ki, VA grafik indikatorida kuzatilayotgan chiqish signali buzilishlardan holi va kuzatuv uchun qulay boʻlsin.

VA grafik indikatorida shakli toʻgʻri burchakka yaqin koʻrinishdagi chiqish signali (differensiallash natijasi) hosil boʻladi. Hosil boʻlgan chiqish signali tasvirini maʼlumotlar buferiga, soʻngra esa hisobot varagʻiga koʻchiring.

4.6.2. VA grafik indikatorida hosil boʻlgan chiqish signali tasviridan foydalanib, VA vizir chiqizilari yordamida muvozanatlashgan qiymati sohasida chiqish signali amplitudasi $U_{CHIQ.m}$ ni aniqlang. Natijani hisobotga yozib oling.

4.6.3. VA grafik indikatoridagi kirish signali tasviridan foydalanib, uning oʻzgarish tezligini aniqlang va hisobotga kiriting. Buning uchun

$$\frac{\Delta U_{KIR}}{\Delta t} = \frac{4U_m}{T}$$

formuladan foydalaning.

4.6.4. Berilgan sxema elementlari parametrlari hamda 4.6.3 b.da aniqlangan kirish signalining oʻzgarish tezligi qiymatidan foydalanib, ideal differensiator formulasi

$$U_{CHIQ} = -R_{TA} \cdot C \cdot \frac{\Delta U_{KIR}}{\Delta t}$$

dan chiqish kuchlanishi amplituda qiymatini aniqlang.

4.6.5. O'lchash (4.6.2 b.) hamda hisoblashlar (4.6.4 b.) natijalarini taqqoslang. Differentiatorning ideallik darajasi haqida xulosa chiqaring.

4.6.6. **Sinusoidal, to'g'ri burchak va arrasimon** shakldagi kirish sinallari uchun ham chiqish signali ostsilogrammalarini hosil qiling va hisobotga kiriting. Olingan natijalarni izohlang.

4.6.7. Sinusoidal shakldagi kirish sinali uchun differensiator kirishi va chiqishidagi signal fazalari farqini baholang. Olingan natijani izohlang.

4.6.8. VA ni o'chiring, buning uchun VA ning tashqi panelidagi «**Ishni tugatish**» tugmasini bosing.

5. Nazorat savollari

1. *Operatsion kuchaytirgich nima ?*
2. *Operatsion kuchaytirgichning asosiy xarakteristikalarini va ularni o'lchash usullarini sanab bering.*
3. *OK asosidagi masshtabli o'zgartirgichlar sxemalari va uzatish koeffitsiyentini hisoblash ifodalarini keltiring.*
4. *OK asosidagi inverslaydigan kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signal fazalari farqi qanday ? Sababi ?*
5. *OK asosidagi inverslamaydigan kuchaytirgich kirishi va chiqishidagi signal fazalari farqi qanday ? Sababi ?*
6. *OK asosidagi kuchaytirgich chiqish kuchlanishining doimiy tashkil etuvchisi nima bilan aniqlanadi ?*
7. *Kuchlanish integratori sxemasini hamda uning kirishi va chiqishidagi signallarning vaqt diagrammalarini keltiring.*
8. *Integrator chiqishidagi signalning o'zgarish tezligi qanday hisoblanadi ?*
9. *Kuchlanish integratori sxemasini va chiqish signallarini hisoblash ifodasini keltiring.*
10. *Differensiator chiqishidagi signal uning kirishidagi signal o'zgarish tezligiga qanday bog'liq ?*
11. *Qanday xolda OK asosidagi elektr sxemalar ishlash prinsipini izohlashda ideal OK ishini ifodalovchi munosabatlardan foydalanish mumkin ?*

12. *OK asosidagi elektr sxemalar parametrlari qanchalik aniq o'lgangan ? Olingan natijalarning sifati nimalarga bog'liq ?*

4 - laboratoriya ishi

RAQAMLI SXEMALARNI TADQIQ ETISH

1. Ishning maqsadi

- raqamli mantiqiy elementlar ishini tadqiq etish;
- deshifратор ishini tadqiq etish;
- multipleksor ishini tadqiq etish;
- triggerlar ishini tadqiq etish;
- schetchiklar ishini tadqiq etish.

2. Ish bajarish yuzasidan ma'lumotlar

Ish bajarishdan avval quyidagilar bilan taniishib chiqish tavsiya etiladi:

- mantiqiy elementlarning sinflanishi, vazifasi va xossalari;
- deshifраторlar va multipleksorlarning qurilish prinsipi va ish rejimlari;
- triggerlarning sinflanishi, ishlash prinsipi va ulanish sxemalari;
- impuls schetchiklari turlari, ularning ishlash prinsipi va qo'llanish xossalari.

3. Laboratoriya stendi tavsifi

Laboratoriya stendi tarkibiga quyidagilar kiradi:

- asosiy laboratoriya stendi;
 - triggerlar va schetchiklar ishini tadqiq etish uchun **Lab8A** va **Lab9A** laboratoriya modullari.

4. Topshiriqlar

MS Word tahririda hisobot shablonini tayyorlang.

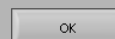
Lab-8.vi dasturini ishga tushiring.

Ishning maqsadi bilan tanishib chiqqach «**Ishni boshlash**» tugmasini bosning. Ekranda 1– topshiriqni bajarishda qo'llaniladigan VA tasviri paydo bo'ladi (11.27-rasm).

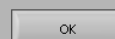
NI ELVIS laboratoriya stansiyasi manbasini ulang. Initsializatsiyalash amallarini ketma-ket bajaring. Initsializatsiyalash tugagach ekranda 1-topshiriqni bajarish uchun mo'ljallangan VA tashqi paneli hosil bo'ladi (11.28-rasm).

NI ELVIS laboratoriya stantsiyasining raqamli kanalini initsializatsiya qilish

1-qadam. NI ELVIS stantsiyasi oldi panelidagi "COMMUNICATION" qayta ulagichini "NORMAL" xolatga o'rnating va "OK" tugmasini bosing



2-qadam. NI ELVIS stantsiyasining oldi panelidagi "COMMUNICATION" qayta ulagichini "BYPASS" xolatga o'rnating va "OK" tugmasini bosing

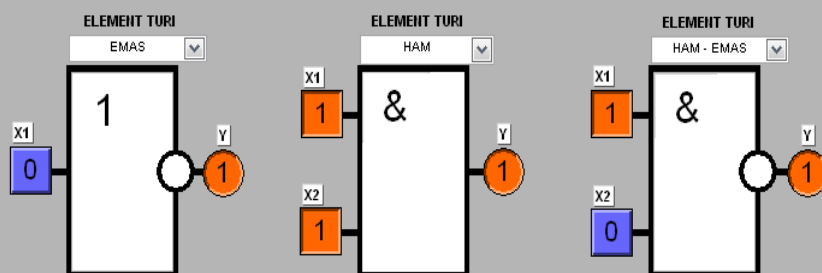


11.27-rasm. NI ELVIS laboratoriya stantsiyasining raqamli kanalini initsializatsiyalash uchun VA tashqi paneli.

1-topshiriq: Raqamli mantiqiy elementlar ishini tadqiq etish

- Quyidagi mantiqiy elementlar uchun xaqiqiylik jadvalini tuzing:
EMAS, HAM, HAM-EMAS, YOKI, YOKI-EMAS, Istisnoli YOKI, Istisnoli YOKI-EMAS;

- "Ro'yxat" dan mantiqiy elementlar turini tanlang.



2-topshiriqqa o'tish

11.28-rasm. 1– topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

1– topshiriq. Raqamli mantiqiy elementlar ishini tadqiq etish

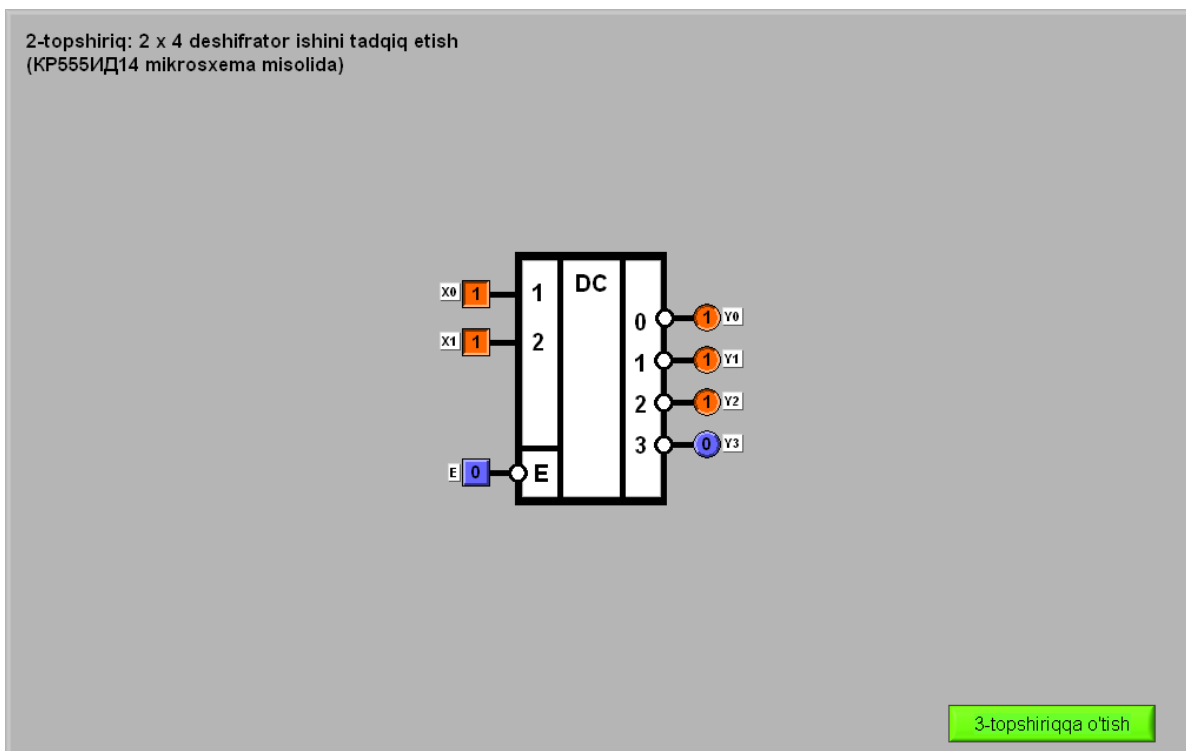
4.1.1. «Ro‘yxat» nomli VA boshqaruv elementlari yordamida talab etilayotgan raqamli mantiq element turini aktivlashtiring (11.28-rasm).

4.1.2. Tanlangan raqamli mantiq element kirishlariga 1.4-jadvalda keltirilgan mantiqiy sathlarga mos elektr signallar bering. Mantiqiy sathlar mos kirishlar oldida tasvirlangan kvadrat shakl ustiga «sichqoncha» yordamida bir marotaba bosish orqali amalga oshiriladi. Bu vaqtda tugmada kirishlar holati (“0” yoki “1”) aks etadi.

1.4-jadval

Kirish X_1	Kirish X_2	Mantiqiy funksiyalar uchun Y chiqish					
		EMAS	XAM	HAM-EMAS	YOKI	YOKI-EMAS	Istisnoli YOKI
0	0						
0	1						
1	0						
1	1						

1.4-jadvalga mantiqiy element chiqishlari holatini kiriting. Bu xolatlar VA tashqi panelidagi doira shakldagi indikator yordamida aks etadi.



11.29-rasm. 2– topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.1.3. Tadqiqotlarni 1.4 - jadvalda keltirilgan barcha mantiqiy elementlar uchun takrorlang. Olingan haqiqiylik jadvalini hisobotga kiriting.

4.1.4. VA tashqi panelidagi «**2-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosing. Ekranda 2 - topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.29 - rasm).

2 - topshiriq. 2x4 deshifrador ishini tadqiq etish

4.2.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida deshifradorning ruxsat etuvchi «**E**» kirishiga mantiqiy «0» holatni o'rnatish.

4.2.2. Deshifradorning «**X₀**» va «**X₁**» kirishlariga 11.5 – jadvalga mos ravishda mantiqiy signallar bering va «**Y₀**» va «**Y₃**» chiqishlar holatini nazorat qiling. Olingan natijalarni 11.5 - jadvalning mos yacheykalariga kiriting.

11.5-jadval

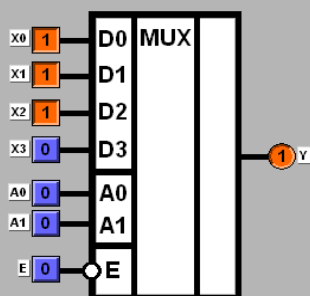
Kirish E	Kirish X₁	Kirish X₀	Chiqish Y₀	Chiqish Y₁	Chiqish Y₂	Chiqish Y₃
0	0	0				
	0	1				
	1	0				
	1	1				
1	0	0				
	0	1				
	1	0				
	1	1				

4.2.3. Tadqiqotlarni deshifradorning ruxsat etuvchi «**E**» kirishiga mantiqiy «1» berilgan holat uchun takrorlang. Tadqiqot natijalarini hisobotga kiriting. «**E**» kirishning qanday holati aktiv bo'lishini aniqlang.

4.2.4. VA tashqi panelidagi «**3-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosing. Ekranda 3-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.30-rasm).

3- topshiriq. 4x1 multipleksor ishini tadqiq etish

3-topshiriq: 4 x 1 multipleksor ishini tadqiq etish
(KP555KП2 mikrosxema misolida)



4-topshiriqqa o'tish

11.30-rasm. 3– topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.3.1.VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida multipleksorning ruxsat etuvchi «E» kirishiga mantiqiy «0» holatni oʻrnatish.

4.3.2.Multileksorning «A₀» va «A₁» adres kirishlarida 11.6-jadvalga mos mantiqiy holatlar kombinatsiyasini oʻrnatish.

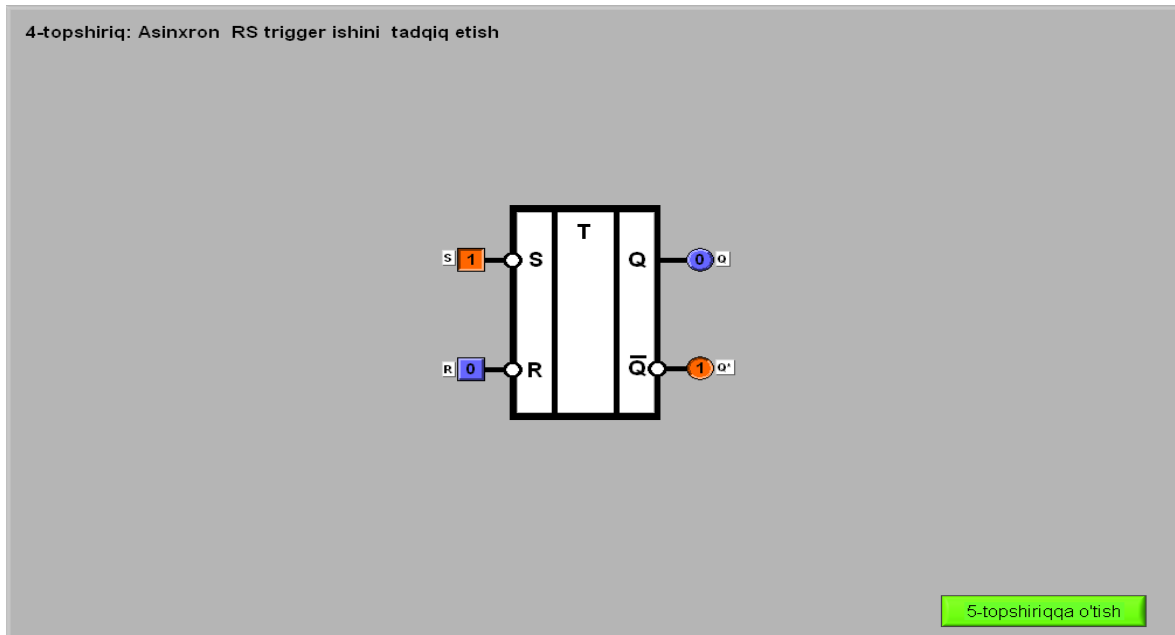
4.3.3.Oʻrnatilgan manzil qiymatlarida toʻrtta ($X_0 - X_3$) axborot kirishlardan qaysi biri chiqish Y ga ulanganligini aniqlang. Buning uchun VA tashqi panelidagi «X₀»–«X₃» tugmalar yordamida multipleksor kirishi holatini ketma-ket oʻzgartirib, «Y» chiqishdagi indikator holatini oʻzgartirayotgan kirish raqamini aniqlang. Bu kirishning belgilanishini 11.6-jadvalga kiriting. Agar ulangan kirishni aniqlab boʻlmasa, jadvalga «X» simvolini yozib qoʻying.

11.6-jadval

Kirish E	Kirish A ₁	Kirish A ₀	Chiqish U=X _i
0	0	0	
	0	1	
	1	0	
	1	1	
1	0	0	
	0	1	
	1	0	
	1	1	

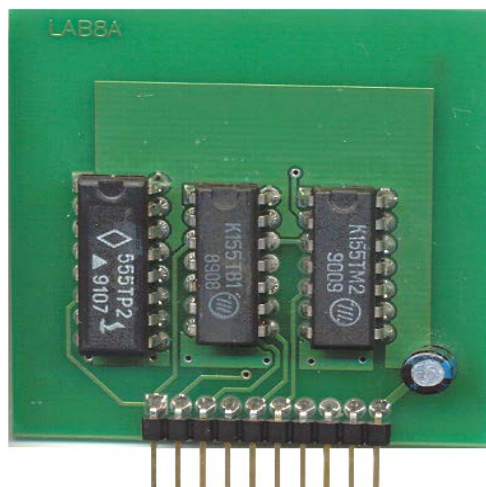
4.3.4. Tadqiqotlarni multipleksorning ruxsat etuvchi «E» kirishiga mantiqiy «1» berilgan holat uchun takrorlang. Tadqiqot natijalarini hisobotga kiriting. «E» kirishning qanday holati aktiv bo‘lishini aniqlang.

4.3.5. VA tashqi panelidagi «4- topshiriqqa o‘tish» tugmasini bosing. Ekranda 4-topshiriqni bajarishga mo‘ljallangan VA tashqi paneli paydo bo‘ladi (11.31-rasm).



11.31-rasm. 4- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

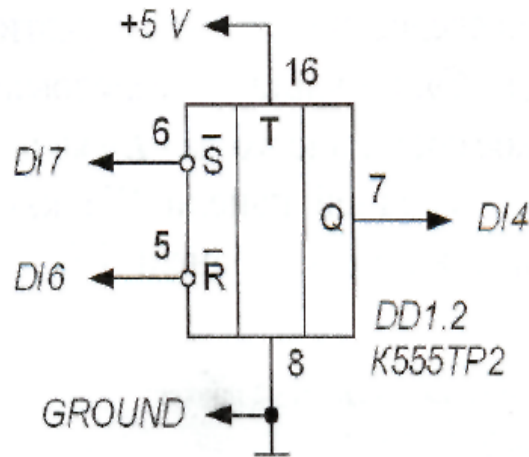
Triggerlar ishini tadqiq etish uchun NI ELVIS laboratoriya stansiyasiga **Lab8A** laboratoriya modulini o‘rning. Modulning tashqi ko‘rinishi 11.32-rasmda keltirilgan.



11.32-rasm. Triggerlar ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan **Lab8A** modulining tashqi ko‘rinishi.

4- topshiriq. Asinxron RS-trigger ishini tadqiq etish

RS-trigger ishini tadqiq etishda 11.33-rasmda keltirilgan prinsipial elektr sxemadan foydalaniladi.



11.33-rasm. RS-trigger ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan prinsipial elektr sxema.

4.4.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida, triggerning **R** va **S** kirishlariga 11.7-jadvalda ko‘rsatilgan mantiqiy holatlarni galma-gal o‘rnatib.

Q_n – triggerning boshqaruv signallari berilguncha bo‘lgan holati;

Q_{n+1} – triggerning boshqaruv signallari berilgandan keyingi holati;

X – kirishning ixtiyoriy holati.

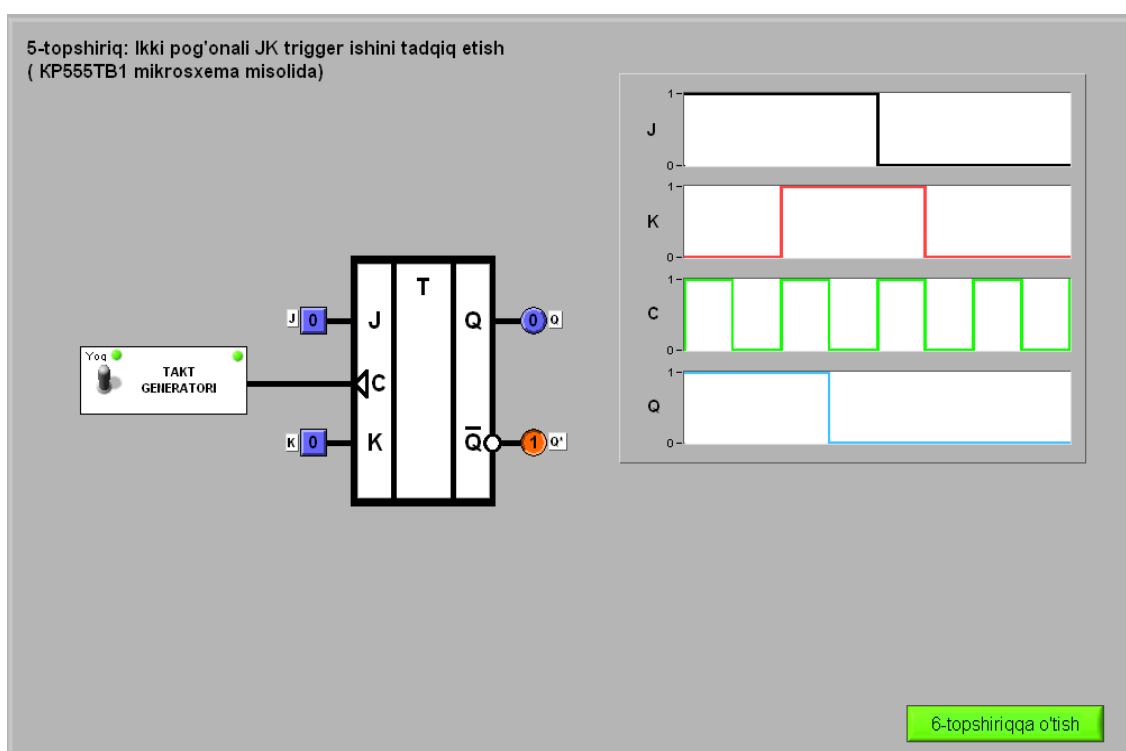
11.7-jadval

Kirish R	Kirish S	Chiqish Q_{n+1}
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.4.2. Kirish signallaridan kelib chiqqan holda, «**Q**» indikator yordamida trigger chiqishidagi holatni aniqlang va holatlar jadvaliga kiriting (11.7-jadval).

Chiqish Q_n	Kirish R	Kirish S	Chiqish Q_{n+1}
0	X	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	X	

4.4.3. RS-trigger kirishidagi holatlarni o'zgartirib borib o'tishlar jadvalini to'ldiring (11.8-jadval). Trigger holati qanday o'tishlarda o'zgarishi hamda o'zgarmasligini belgilang.



11.34-rasm. 5- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

4.4.4. VA tashqi panelidagi «**5-topshiriqqa o'tish**» tugmasini bosib. Ekranda 5- topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.41 - rasm).

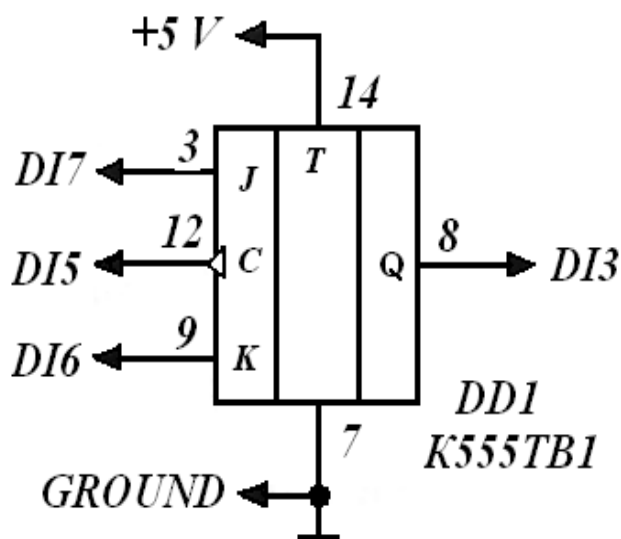
5 - topshiriq. Ikki pog'onali JK-trigger ishini tadqiq etish

JK-trigger ishini tadqiq etishda 11.35-rasmda keltirilgan prinsipial elektr sxemadan foydalaniladi.

4.5.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida JK-

triggenerning «S» sanoq kirishiga impulslar berish uchun takt generatorini yoqing. VA grafik indikatorida trigger kirish va chiqishlaridagi signallarning vaqt diagrammalari paydo bo‘ladi.

4.5.2. **J** va **K** - kirishlardagi mantiqiy holatlarni o‘zgartirib, vaqt diagrammalari hamda «**Q**» chiqishdagi indikator holatini kuzatib borib, holatlar (11.9-jadval) va JK-trigger o‘tishlar (11.10-jadval) jadvallarini to‘ldiring.



11.35-rasm. JK-trigger ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan prinsipial elektr sxema.

11.9-javdal

Kirish J	Kirish K	Kirish S	Chiqish Q_{n+1}
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

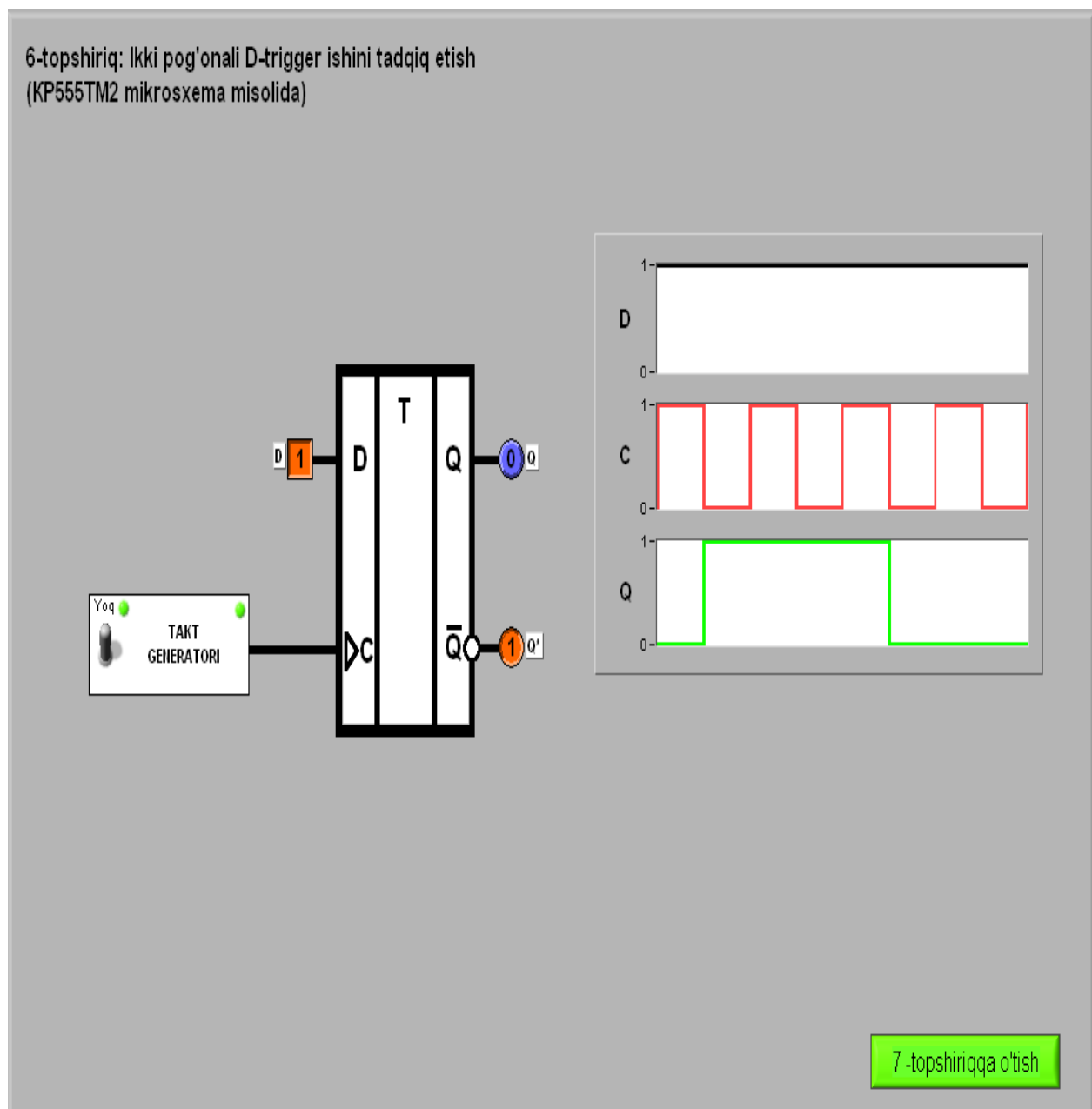
11.10-javdal

Chiqish Q₁	Kirish J	Kirish K	Chiqish Q_{n+1}
0	X	0	
0	0	1	
1	1	0	
1	0	X	

4.5.3. Vaqt diagrammalaridan, takt impulsining qaysi o‘tishlarida JK-trigger qayta ulanishini aniqlang. Vaqt diagrammalari tahlilini osonlashtirish uchun trigger ishini to‘xtatib turing, buning uchun takt generatorini o‘chiring.

VA grafik indikatorida olingan JK – trigger qayta ulanish fazalarini aks etuvchi tasvirni hisobot varag‘iga ko‘chiring.

4.5.4. VA tashqi panelidagi «6-topshiriqqa o‘tish» tugmasini bosing. Ekranda 6- topshiriqni bajarishga mo‘ljallangan VA tashqi paneli paydo bo‘ladi (11.36-rasm).

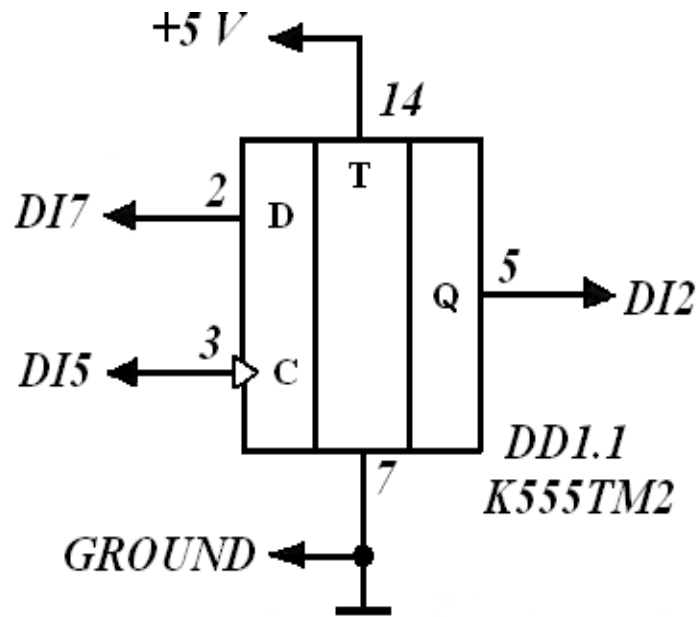


11.36-rasm. 6- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.

6 – topshiriq. Ikki pog‘onali D-trigger ishini tadqiq etish

D-trigger ishini tadqiq etishda 11.37-rasmda keltirilgan prinsipial elektr sxemadan foydalaniladi.

4.6.1.VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida JK-triggerning «D» sanoq kirishiga impulslar berish uchun takt generatorini yoqing. VA grafik indikatorida trigger kirishi va chiqishidagi signallarning vaqt diagrammalari paydo bo‘ladi.



11.37-rasm. D-trigger ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan prinsipial elektr sxema.

4.6.2. **D**-kirishdagi mantiqiy holatlarni o‘zgartirib, vaqt diagrammalari hamda «**Q**» chiqishdagi indikator holatini kuzatib borib, holatlar (1.11-jadval) va D-trigger o‘tishlar (11.12-jadval) jadvallarini to‘ldiring.

11.11-javdal

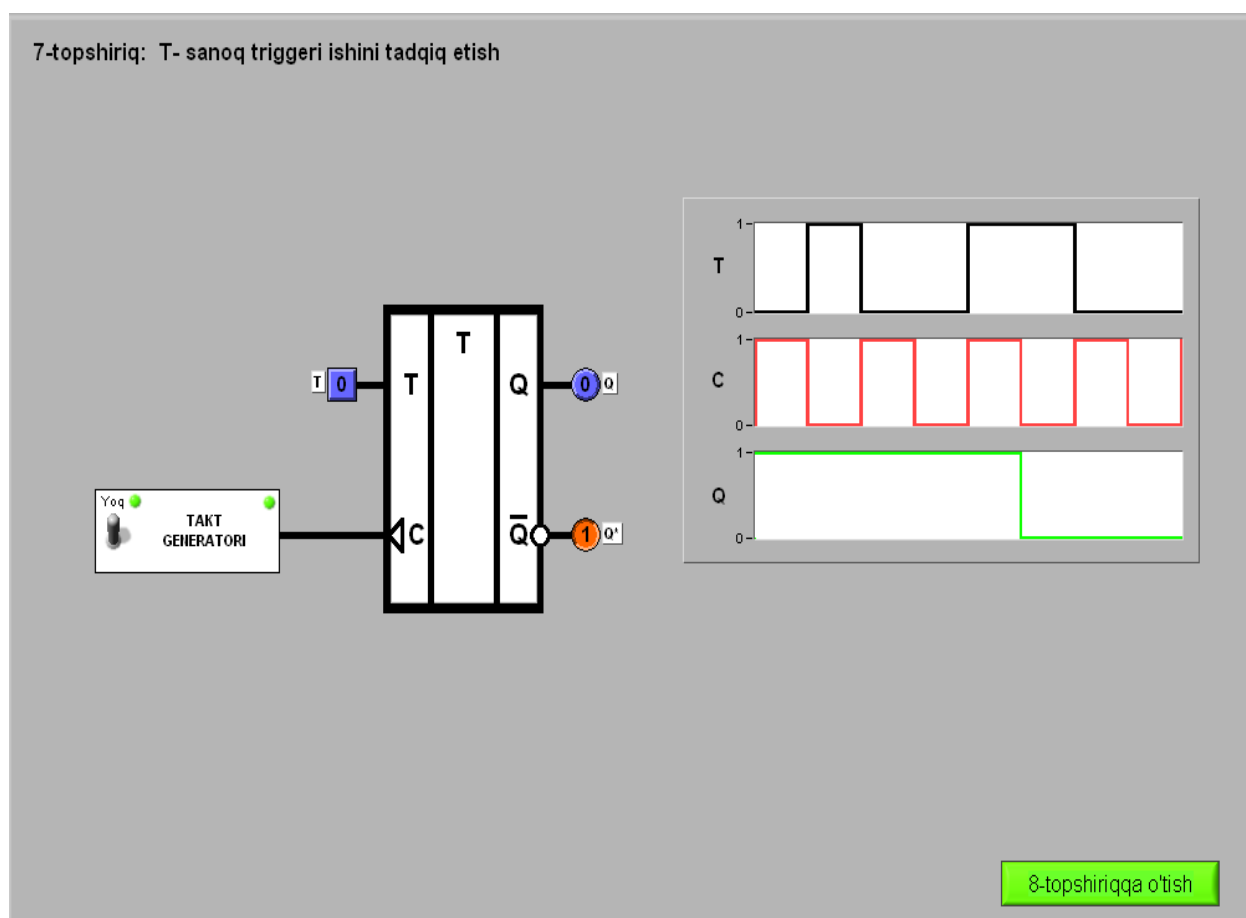
Kirish D	Kirish S	Chiqish Q_{n+1}
0		
1		

Chiqish Q_t	Kirish D	Chiqish Q_{n+1}
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

4.6.3. Vaqt diagrammalaridan, takt impulsining qaysi o'tishlarida D-trigger qayta ulanishini aniqlang.

4.6.4. VA grafik indikatorida olingan D – trigger qayta ulanish fazalarini aks etuvchi tasvirni hisobot varag'iga ko'chiring.

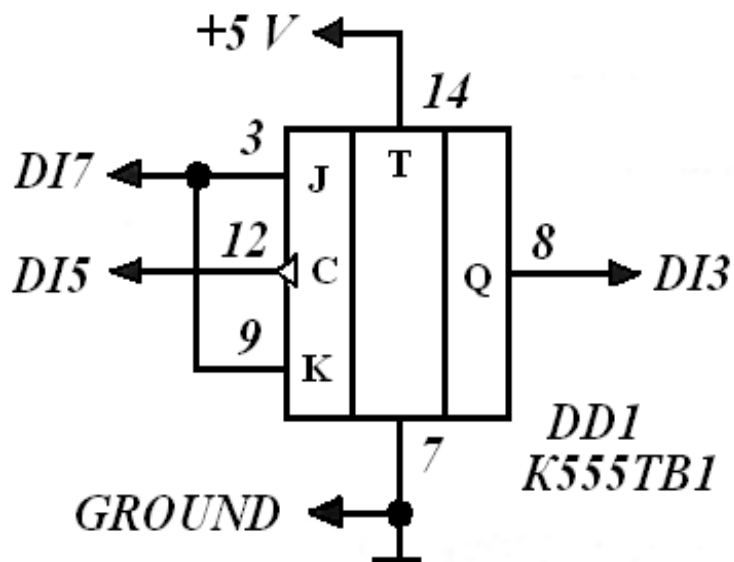
4.6.5. VA tashqi panelidagi «7-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranda 7- topshiriqni bajarishga mo'ljallangan va tashqi paneli paydo bo'ladi (11.38-rasm).



11.38-rasm. 7- topshiriqni bajarishdagi va tashqi paneli.

7 - topshiriq. T- sanoq triggeri ishini tadqiq etish

T-trigger ishini tadqiq etishda 11.39-rasmda keltirilgan prinsipial elektr sxemadan foydalaniladi.



11.39-rasm. T-trigger ishini tadqiq etishda qo‘llaniladigan prinsipial elektr sxema.

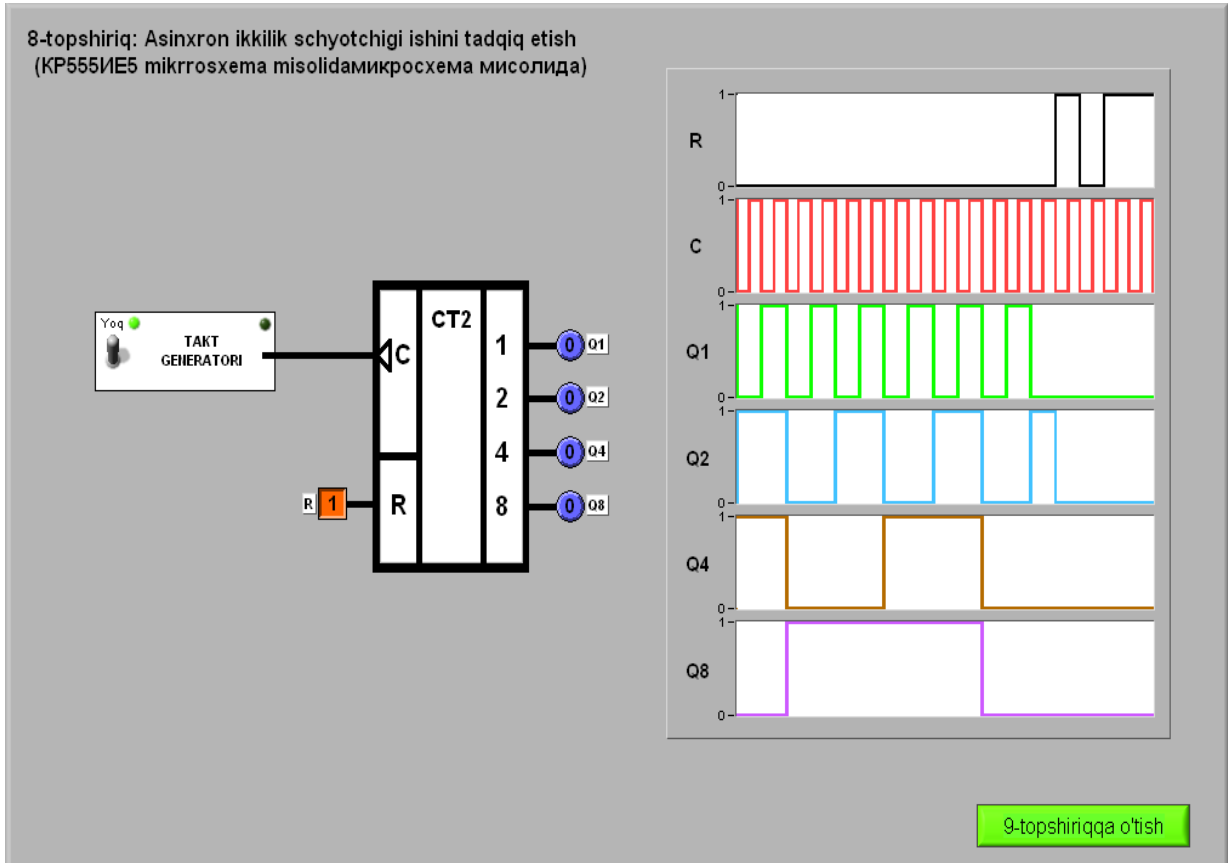
4.7.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida T-triggerning «S» sanoq kirishiga impulslar berish uchun takt generatorini yoqing. VA grafik indikatorida trigger kirishi va chiqishidagi signallarning vaqt diagrammalari paydo bo‘ladi.

4.7.2. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida, «T» kirishning qaysi mantiqiy holatida trigger sanoq rejimida ishlashini aniqlang. Bu rejimda S kirishga takt impulsi berilganda chiqishdagi holat o‘zgaradi.

4.7.3. VA grafik indikatorida olingan T-triggerning sanoq rejimidagi vaqt diagrammalarini hisobot varag‘iga ko‘chiring.

4.7.4. VA tashqi panelidagi «8-topshiriqqa o‘tish» tugmasini bosning. Ekranida 8 - topshiriqni bajarishga mo‘ljallangan va tashqi paneli paydo bo‘ladi (11.40 - rasm).

Schetchiklar ishini tadqiq etish uchun NI ELVIS laboratoriya stansiyasiga **Lab9A** laboratoriya modulini o‘rnatib. Modulning tashqi ko‘rinishi 11.41- rasmda keltirilgan.



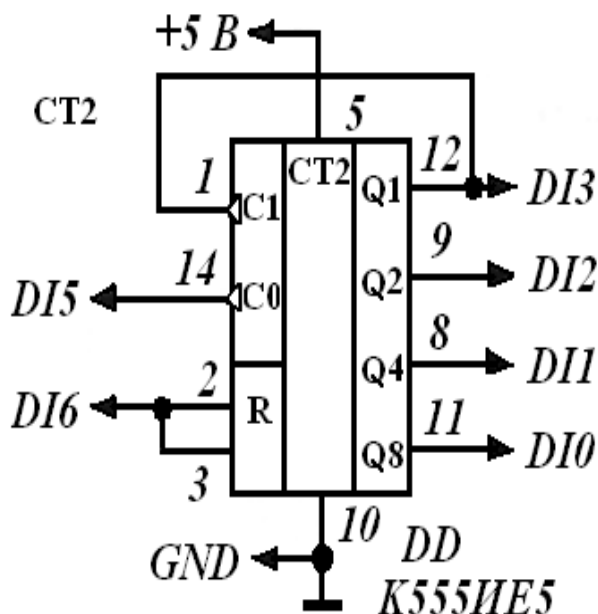
11.40-rasm. 8- topshiriqni bajarishdagi VA tashqi paneli.



11.41-rasm. Schetchiklar ishini tadqiq etishda qo'llaniladigan Lab9A modulining tashqi ko'rinishi.

8 - topshiriq. Asinxron ikkilik schetchigi ishini tadqiq etish

Asinxron ikkilik schetchigi ishini tadqiq etishda 11.42-rasmda keltirilgan printsiplial elektr sxemadan foydalaniladi.



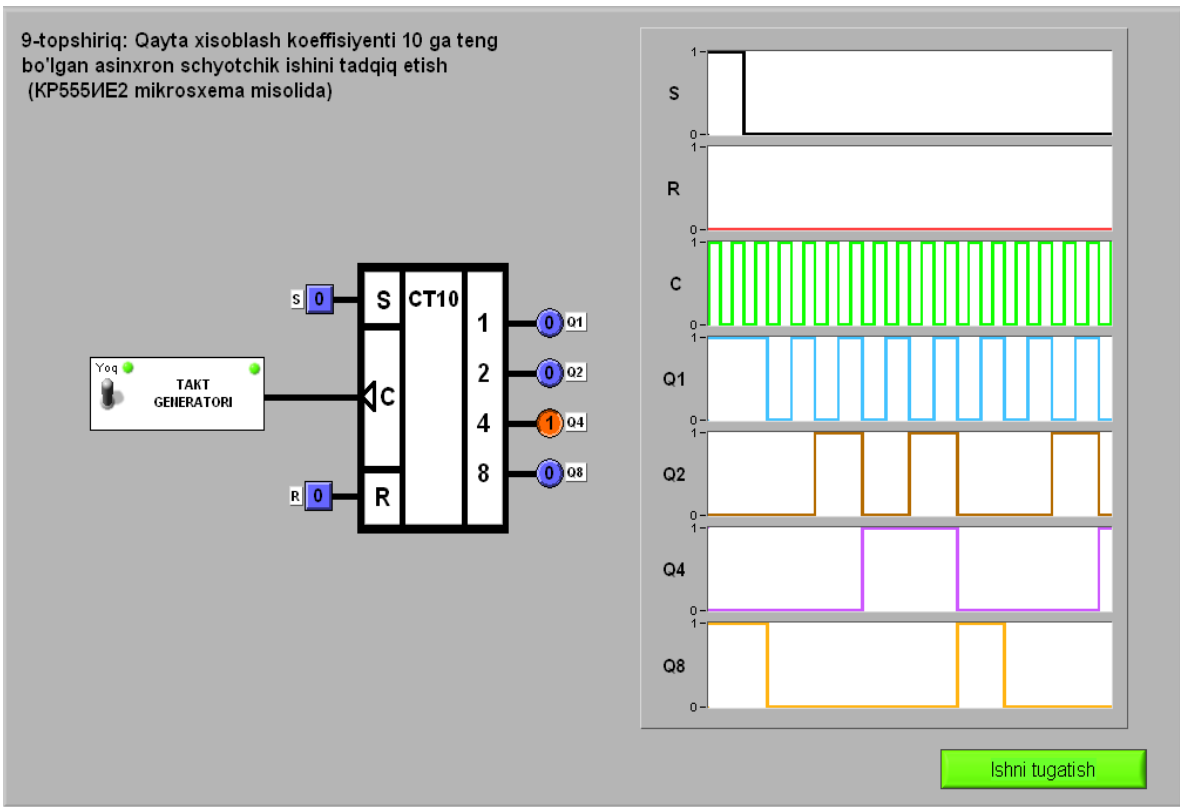
11.42-rasm. Asinxron ikkilik schetchigi ishini tadqiq etishda qo'llaniladigan prinsiplial elektr sxema.

4.8.1. VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida schetchikning «S» sanoq kirishiga impulslar berish uchun takt generatorini yoqing. VA grafik indikatorida uning kirishi va chiqishidagi signallarning vaqt diagrammalari paydo bo'ladi.

4.8.2. Vaqt diagrammalari va chiqish indikatorini kuzatib borib, «R» kirishining qaysi mantiqiy holatida schetchik nol xolatga asinxron o'tkazilishini aniqlang. VA grafik indikatorida kuzatilayotgan, ikkilik schetchigi ishining to'liq tsiklini aks ettirayotgan vaqt diagrammalarini hisobot varag'iga ko'chiring.

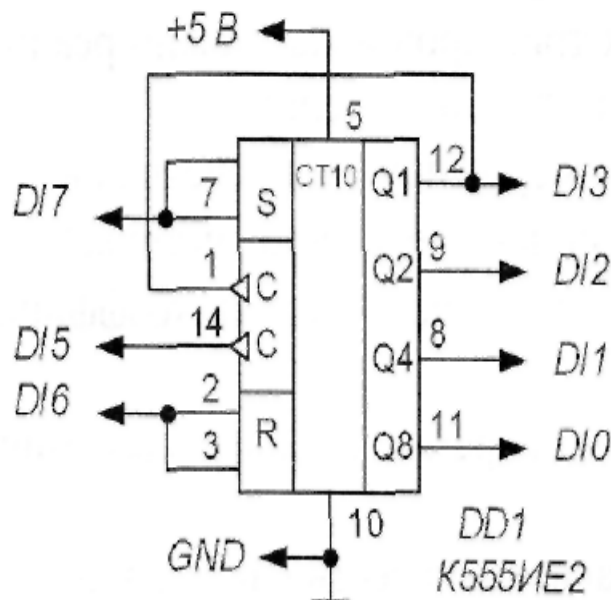
4.8.3. VA tashqi panelidagi «9-topshiriqqa o'tish» tugmasini bosing. Ekranida 9-topshiriqni bajarishga mo'ljallangan VA tashqi paneli paydo bo'ladi (11.43-rasm).

9 - topshiriq. Qayta hisoblash koeffitsiyenti 10 ga teng bo'lgan asinxron schetchik ishini tadqiq etish



11.43-rasm. 9- topshiriqni bajarishdagi VA ning tashqi paneli.

Qayta hisoblash koeffitsiyenti 10 ga teng bo'lgan asinxron schetchik ishini tadqiq etishda 11.44-rasmda keltirilgan elektr sxemadan foydalaniladi.



11.44-rasm. Qayta hisoblash koeffitsiyenti 10 ga teng bo'lgan asinxron schetchik ishini tadqiq etishda qo'llaniladigan prinsipial elektr sxema.

4.9.1.VA tashqi panelidagi boshqaruv organlari yordamida schetchikning «S» sanoq kirishiga impulslar berish uchun takt generatorini yoqing. VA grafik indikatorida uning kirish va chiqishdagi signallarning vaqt diagrammalari paydo bo'ladi.

4.9.2.Vaqt diagrammalari va chiqish indikatorini kuzatib borib, «R» va «S» kirishlarning qaysi mantiqiy holatlarida schetchik nol holatga hamda 10 holatga asinxron o'tkazilishini aniqlang.

4.9.3.VA grafik indikatorida kuzatilayotgan, qayta hisoblash koeffitsiyenti 10 ga teng bo'lgan ikkilik schetchigi ishini to'liq siklini aks ettirayotgan vaqt diagrammalarini hisobot varag'iga ko'chiring.

4.9.4.VA ni o'chiring, buning uchun VA ning tashqi panelidagi «Ishni tugatish» tugmasini bosing.

5. Nazorat savollari

1. Mantiqiy o'zgaruvchi va mantiqiy signal nima ? Ular qanday qiymatlarni olishi mumkin ?
2. Mantiqiy funksiya nima ?
3. Haqiqiylik jadvali nima ? Misollar keltiring.
4. Qanday mantiqiy elementlar negiz to'plamni tashkil etadi ?
5. Deshifратор qanday mantiqiy amallarni bajaradi ?
6. Deshifраторdagi boshqaruv kirishlarining vazifasi nimada ? Boshqaruv signallar deshifратор chiqish funksiyalariga qanday ta'sir ko'rsatadi ?
7. Mantiqiy signallar uchun multipleksor qanday elektr qurilma vazifasini bajaradi ?
8. Boshqaruv kirishlariga ega bo'lgan 2x1 multipleksor ishi qanday mantiqiy tenglama bilan ifodalanadi ?
9. RS-, JK-, D- i T- triggerlar ishlash prinsipini ifodalab bering.
10. Qanday qilib JK- va D- triggerlari yordamida sanoq triggerlari tuzish mumkin ?
11. Nima sababdan T-trigger sanoq triggeri deyiladi ?
12. Qanday triggerlar asosida va qanday qilib ikkilik schetchigi yasash mumkin ? Buning uchun nima qilish kerak ?
13. Yig'indi schetchigini ayiruv schetchikga qanday aylantiriladi ?
14. Schetchikning qayta hisoblash koeffitsiyenti nima ?
15. Schetchikning qayta hisoblash koeffitsiyentini qanday usullar bilan o'zgartirish mumkin ?
16. Olingan natijalarning sifati nimalarga bog'liq bo'ladi ?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Introductory Circuit Analysis. By Robert L Boylestad, Twelf th Edition Pearson New International Edition, 2014. p. 1096
2. Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design Third edition Stephen Brown and Zvonlo Vranesic 2014, p.864
3. Digital Principles and Logic Design, A.Saha, N, Manna., Infinity Science Press LLS.2007, p. 506
4. Digital Electronics: Principles, Devices and Applications Anil K.Maini. John Wiley&Sons Ltd, 2007
5. Grob`s Basic Electronics/ Schultz, Michel E. -11 th ed. 1233 p.
6. Baker, R. Jacob, CMOS: circuit design, layout, and simulation/ Jaker Baker. 3 rd ed 2010 1214p
7. Digital design principles and practices John F.Wakerly 3rd ed Prentice HALL 795 p.
8. Jona than W.Valvano Embedded Microcomputer System./ Real Time Interfacing CenGaga Learning ISBN13, Boston 2012.
9. Krzysztof Iniewski Embedded Systems, Hardware, Design, and Implementation. CMOS Emerging Technologies Research
10. Willey A JohN Wiley & Sona. Ins Publication 2013 369 p.
11. В.В. Амосов, Схемотехника и средства проектирования цифровых устройствах С-Петербург «БхБ-Петербург» 2014 541с.
12. Е.Д.Баран LabVIEW FPGA реконфигурируемые измерительные и управления систем, Издательство ДМД Москва 2014, 450с.

MUNDARIJA

Kirish	3
<i>I BOB. RAQAMLI MANTIQUIY QURILMALARNI LOYIHALASHTIRISH</i>	
1.1 Umumiy ma'lumotlar.....	5
1.2 Raqamli mantiqiy qurilmalarning negiz elementlari...	10
1.3 Yuzaga montaj qilish texnologiyasi uchun elementlar.....	28
1.4 Past temperaturali keramika texnologiyasi.....	30
1.5 Integral mikrosxemalar haqida umumiy tushunchalar.....	33
1.6 Raqamli mantiqiy qurilmalarning tasniflanishi.....	41
1.7 Sanoq tizimlari.....	45
Nazorat savollari.....	49
<i>II BOB. MANTIQUIY INTEGRAL SXEMALARNING NEGIZ ELEMENTLARI</i>	
2.1 Mantiqiy konstantalar va o'zgaruvchilar. Bul algebrasi operatsiyalari.....	51
2.2 Mantiqiy elementlar va ularning parametrlari.....	55
2.3 Bipolyar tranzistorli elektron kalit sxemalar.....	63
2.4 Maydoniy tranzistorli elektron kalit sxemalar.....	69
2.5 Mantiqiy integral sxemalarning negiz elementlari.....	73
Nazorat savollari	101
<i>III BOB. KOMBINACION TURDAGI RAQAMLI SXEMALAR</i>	
3.1 Umumiy ma'lumotlar.....	102
3.2 Kombinatsion sxemalarni sintez qilish uslubi.....	102
3.3 Shifраторlar va deshifраторlar.....	118
3.4 Multipleksorlar va demultipleksorlar.....	130
3.5 Jamlagich va komparator.....	138
Nazorat savollari	149

IV BOB. TADRIJIY (KETMA-KET) TURDAGI RAQAMLI SXEMALAR

4.1	Umumiy ma'lumotlar.....	150
4.2	Bistabil yacheykalar.....	152
4.3	Triggerlar.....	153
4.4	Registrlar.....	166
4.5	Hisoblagichlar.....	170
	Nazorat savollari.....	178

V BOB. DASTURLANUVCHI MANTIQIY QURILMALAR

5.1	Umumiy ma'lumotlar.....	179
5.2	Negiz matritsali kristallar.....	179
5.3	Dasturlanuvchi mantiqiy qurilmalar.....	183
	Nazorat savollari.....	186

VI BOB. YARIMO'TKAZGICHLI XOTIRA QURILMALARI

6.1	Sinflanishi va asosiy parametrlari.....	187
6.2	Statik operativ xotira qurilmalari.....	192
6.3	Dinamik operativ xotira qurilmalari.....	198
6.4	Doimiy xotira qurilma mikrosxemalari.....	201
	Nazorat savollari.....	203

VII BOB. ARIFMETIK MANTIQIY QURILMALAR

7.1	Umumiy ma'lumotlar.....	205
7.2	Arifmetik mantiqiy qurilmalar.....	205
	Nazorat savollari.....	213

VIII BOB. MIKROKONTROLLERLAR

8.1	Umumiy ma'lumotlar.....	214
8.2	Mikrokontrollerning ishlash printsipi (tamoyili).....	220
8.3	Mikrokontrollerning ishlash algoritmi.....	223
8.4	Dasturnig bajarilishi jarayoni.....	226
8.5	Mikroprotsessori komandalari.....	227
8.6	Uzilishlar rejimi.....	229
8.7	Xotiraga to'g'ridan-to'g'ri murojaat qilish rejimi.....	231
8.8	Buferli sxemalar.....	231
8.9	Interfeys qurilmalar va kiritish-chiqarishni tashkil etish.....	234

8.10	Kiritish-chiqarish interfeyslari.....	239
	Nazorat savollari.....	250

9 – BOB. MIKROPROSESSORLAR

9.1	Mikroprotsessorlarning tuzilmalari.....	252
9.2	Mikroprotsessor registrlari.....	259
9.3	Mikroprotsessorli tuzilmalar, ularning arxitekturasi, asosiy tugunlari va bloklari.....	264
9.4	Interfeys qurilmalar.....	269
	Nazorat savollari.....	278

10 – BOB. RAQAMLI-ANALOG VA ANALOG-RAQAMLI O‘ZGARTIRGICHLAR

10.1	Umumiy ma’lumotlar.....	279
10.2	Analog integral mikrosxemalarning negiz elementlari	281
10.3	Operatsion kuchaytirgichlarning tuzilishi.....	301
10.4	Operatsion kuchaytirgich asosiy parametrlari va xarakteristikalari.....	305
10.5	Operatsion kuchaytirgich asosidagi funktsional qurilmalar.....	312
10.6	Raqamli-analog va analog-raqamli o‘zgartirgichlar.....	335
	Nazorat savollari	340

XI BOB. LABVIEW: LABORATORIYA AMALIYOTI

	Umumiy ma’lumotlar.....	341
	<i>1-laboratoriya ishi.</i>	
	Bipolyar tranzistor (BT) xarakteristikalarini tadqiq etish.....	345
	<i>2-laboratoriya ishi.</i>	
	Maydoniy tranzistor (MT) xarakteristikalarini tadqiq etish..	352
	<i>3-laboratoriya ishi.</i>	
	Operatsion kuchaytirgich (OK) asosidagi sxemalarni tadqiq etish.....	360
	<i>4-laboratoriya ishi.</i>	
	Raqamli sxemalarni tadqiq etish.....	372
	Foydalanilgan adabiyotlar	389

XAYRULLA KABILOVICH ARIPOV,
AXMED MALLAYEVICH ABDULLAYEV,
NODIRA BATIRDJANOVNA ALIMOVA,
XABIBULLA XAMIDOVICH BUSTANOV,
SHUNQORJON TOSHPULATOVICH TOSHMATOV

RAQAMLI MANTIQIY QURILMALARNI LOYIHALASHTIRISH

«Aloqachi» – Toshkent – 2017

Muharrir	M. Mirkomilov
Tex. Muharrir:	A. Togayev
Musahhih	D. Vahidova
Sahifalovchi	F. Togayeva

«Aloqachi» nashiryoti.

Bosishga ruxsat etildildi: 02.03.2017.

Bichimi 60x84¹/₁₆. «Timez Uz» garniturasida. Ofset bosma
usulida bosildi.

Shartli bosma tabog‘i 25,0. Nashiriyot bosma tabog‘i 24,75

Tiraj 100. Buyurtma № 9

OK «NIHOL PRINT» bosmaxonasida chop etildi.

Toshkent sh. Muxtor Ashrafiy ko‘chasi 101/99

