

“O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ
Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti

A.N.Mannapov, A.A.Buzrukxonov

SXEMOTEXNIKA

“Sxemotexnika” fanidan 5350100-“Telekommunikatsiya
texnologiyalari (Telekommunikatsiyalar, Teleradioeshittirish,
Mobil tizimlar)” ta’lim yo‘nalishi 2-bosqich bakalavriat talabalari
va professor-o‘qituvchilar uchun
o‘quv qo‘llanma

Toshkent - 2018

UDK 621.3.01 (075.8)

Sxemotexnika. O'quv qo'llanma. **A.N.Mannapov, A.A.Buzrukxonov**
ToshTYMI, T.: 2018, 136 bet.

O'quv qo'llanma 5350100 – “Telekommunikatsiya texnologiyalari (Telekommunikatsiyalar, Teleradioeshittirish, Mobil tizimlar) ta'lim yo'nalishida tahsil olayotgan bakalavriat talabalari uchun “Sxemotexnika” fanidan tahsil olayotgan talabalar va professor-o'qituvchilar uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada xozirgi zamon telekommunikatsiya tizimlarida mantiqiy qurilmalarning tuzilish, ularda yuz beradigan fizik jarayonlar va ularni tahlil etish qoidalari o'z ifodasini topgan.

O'quv qo'llanma institutning Ilmiy-uslubiy kengashi tomonidan nashrga tavsiya etildi.

Taqrizchilar: A.A.Abdukayumov – t.f.d., prof. (TDTU);
A.A.Xalikov – t.f.d., prof.

Kirish

Hozirgi vaqtda elektr aloqa, telekommunikatsiya va axborot texnologiyalarining rivojlanish darajasi, mikroelektronika va nanoelektronika mahsulotlarining qo'llanilish darajasiga bog'liq.

Mikroelektronikaning yarim asrlik rivojlanish davri mobaynida integral mikrosxemalarning ko'plab turlari ishlab chiqildi, elektr aloqasi tizimi va loyihalovchi hamda ekspluatatsiya qiluvchi mutaxassislar uchun zamonaviy mikroelektronika elementlar bazasining imkoniyatlariga oid bilimga ega bo'lish muhim ahamiyat kasb etdi. Masalan, temir yo'l tizimida qo'llanadigan elektr aloqa qurilmalari diskrent qurilmalar qatoriga kiradi.

Temir yo'l tizimida turli-tuman elektr aloqa qurilmalaridan foydalaniladi. Bu qurilmalar poyezdlarning harakati bilan bog'liq murakkab sharoitlarda ishlaydi va ushbu qurilmalar yordamida poyezdlar harakat xavfsizligi ta'minlanadi. Shu sababli temir yo'l elektr aloqa qurilmalariga harakat xavfsizligi, ishonchligi va barqaror ishlashni ta'minlash talablari qo'yiladi. Masalan, hozirgi zamon temir yo'l elektr aloqasi va uni loyihalashda asosan mikroelektronika va nanoelektronika yutuqlari asosida bajarilgan qurilmalardan keng foydalaniladi. Shu sababli temir yo'l tizimida qo'llanadigan qurilma mikrosxemalari bilan tanishish, ularning vazifasi va ishlash prinsipini o'rganish muhim ahamiyatga ega.

Ushbu o'quv qo'llanmada talabalarga temir yo'l aloqa qurilmalarining sxemotexnika qurilmalari hamda ularning asosini tashkil qiluvchi elementlarini ishlash prinsipi, asosiy ish rejimlari va tavsiflari, ulardan foydalangan xolda to'g'ri ishlatishga o'rgatishdan iborat.

Ushbu o'quv qo'llanmada yuqorida keltirilgan mulohazalarni inobatga olgan holda temir yo'l telekommunikatsiya qurilmalariga oid sxemalar, ularning tuzilishi, vazifasi va ishlash prinsiplari ko'rib chiqilgan va tahlil qilingan.

I BOB.

RAQAMLI TEXNIKA ASOSLARI

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 **bir signal ko'rinishida**, ikkinchi usulda esa har biri berilgan kattalikning bitta raqamiga mos **bir necha 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 shakllantirish va uzatish mumkin qadar aniqlik va tezkorlik bilan amalga oshiriladi. AEQlar nisbatan sodda tuzilishga egaligiga qaramasdan, signalni ixtiyoriy funksional o'zgartirishga qodir.

AEQlar quyidagi kamchiliklarga ega:

- xalaqitbardoshlikning kichikligi. Bunda signalga turli shovqinlar qo'shilishi yoki harorat va boshqa omillar ta'sirida qurilma parametrlarining o'zgarishi natijasida signal boshlang'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 qiyniatlari bilan almashtirishga kvantlash deyiladi. Kvantlash vaqt yoki sathlar bo'yicha signalga 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 $I(t)$ qiymatlarining, 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 qiymatlarni oladi.

Uzluksiz kattalikdan farqli ravishda, diskret kattalikning qiymati cheklan-

gan bo'lib, unda axborotning ma'lum qismi yo'qolishi mumkin. Analog signallarni kvantlash natijasida hosil bo'lgan elektr signallarni qabul qilish, qayta ishlash va uzatishga 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 ular 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 keladigan vaqt qisqaligi sababli, DEQlarning xalaqitbardoshligi AEQLarga nisbatan yuqori bo'ladi.

Kvantlash turiga ko'ra DEQlar uch guruhga bo'linadi: **impulsli, relelyli 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 modulatsiyaning bu turi haqidagi ma'lumotlar 1.1-rasmda keltirilgan.

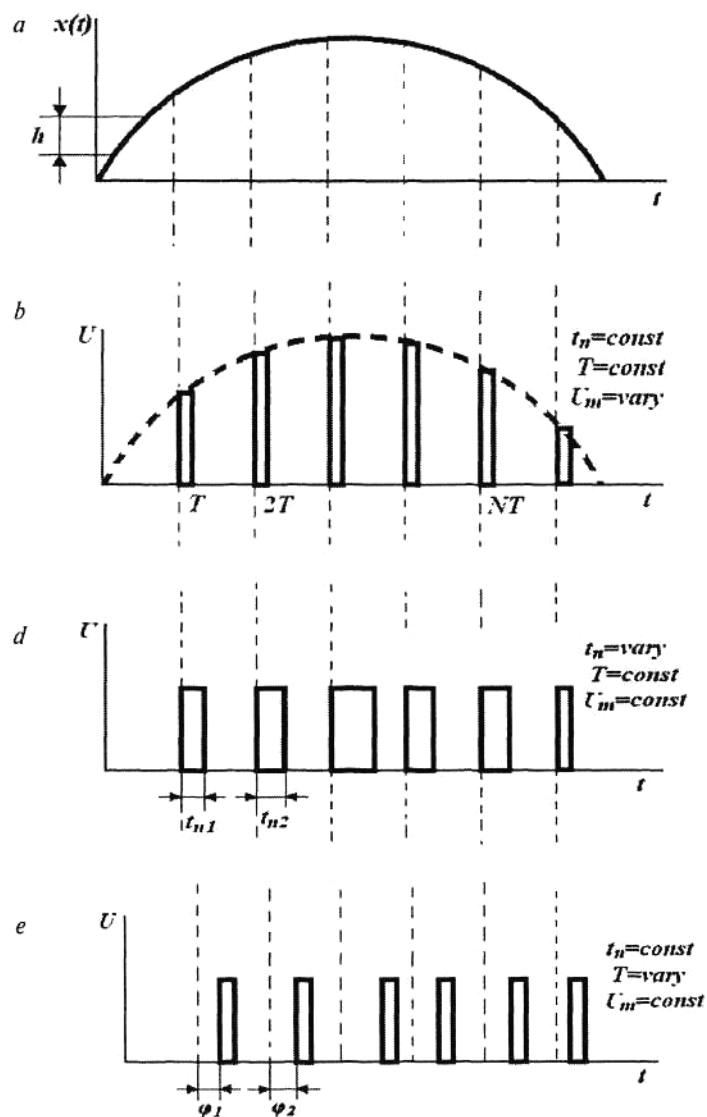
IEQlarning aniqligi va tezkorligi AEQLarga nisbatan kichik bo'lib, impulsli modulyatorlarni ishlab chiqish ancha qiyin.

Releli elektron qurilmalar (REQ) birlamchi analog signalni zinamon funksiyaga o'zgartiradi. Bunda har bir zinaning balandligi, oldindan berilgan ma'lum h kattalikka proporsional bo'ladi (3.1, a -rasm). REQlarda impulsli modulyatorlar bo'lmaganligi sababli bunday qurilmalar IEQLarga nisbatan soddaligi bilan ajralib turadi. REQlar yuqori tezkor bo'lib, asosan axborotni emas, balki quvvatni o'zgartirishda qo'llaniladi. Bunday REQlarda katta toklar kuchaytirilgani sababli ular 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 o'zaro farqli impulslar ketma-ketligi ko'rinishida ifodalanadi.

Demak, ixtiyoriy kvantlangan signal bir necha elementar signallardan 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'lumotlarni (harflar, tovushlar, ranglar, komandalar va boshqalar) ma'lum standart shaklda, masalan, ikkilik simvollari ko'rinishida ifodalash imkonini beradi.



1.1-rasm. Impulsli modulatsiya turlari:

birlamchi analog kattalik (a); amplituda-modulatsiyalangan (b); kenglik-modulatsiyalangan (d) va faza-modulatsiyalangan (e) impulslar ketma-ketligi

Real qiymatlarga mos keluvchi fizik kattaliklarni kodlarni shakllantirish, o'zgartirish va uzatish uchun raqamli qurilma xizmat qiladi. Bundan raqamli axborotni uzatish uchun analog axborotga 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 ega:

- xalaqitbardoshliknig yuqoriligi;
- axborotlarni yo'qotishlarsiz uzoq muddat saqlashning 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 elektroradio materiallar va komponentlardan iborat bo'lib, u ikkilik sanoq tizimida berilgan ma'lum x ko'phadni oldindan berilgan ikkilik sanoq tizimidagi ma'lum y ko'phadga o'zgartiradi.

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

RIS elektroradio komponenti deb RISning bir yoki bir nechta elektroradio elementlar funksiyasini amalga oshiradigan, lekin RIS tarkibidan alohida element sifatida olib tashlanishi mumkin va montajgacha mustaqil mahsulot hisoblanadigan qismiga aytiladi. Tranzistorlar, keramik kondensatorlar va gibril IMSlarning boshqa osma elementlari elektroradio komponentlarga 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 tizimida 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 funktsiyalarga mos keluvchi funksional elementlar AFTM yoki universal funktsiyalar amallarini bajaruvchi negiz mantiqiy elementlar asosida quriladi.

Adaptiv elementlar dasturlanuvchi elementlar bo'lib, hozirgi kunda mikroprotsessorlarning rivojlanish cho'qqisi deb hisoblash mumkin. Kelajakda tashqi muhit shartlari bilan aniqlanadigan funktsiyalarni 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; yakka vibratorlar; multivibratorlar; cheklagichlar va boshqalar kiradi.

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

1.2. Sanoq tizimlari

Sanoq tizimlari pozitsion va nopozitsion turlarga bo'linadi. Nopozitsion tizimlarda raqamning aniq qiymati o'zgaras bo'lib, sonni yozishda uning o'rnini ahamiyatga ega emas. Bunday sanoq tizimiga Rim sanoq tizimi misol bo'la oladi. Masalan, XXVII sonini yozishda X ning o'rnini ahamiyatga ega emas. Bu son qayerda turishidan qat'iy nazar 10 ga teng.

Pozitsion sanoq tizimida raqamning aniq qiymati sonni yozishdagi o'rniga bog'liq bo'ladi. Raqamli texnikada faqat pozitsion sanoq tizimlari qo'llaniladi.

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 bo'lishi mumkin. Raqamning pozitsiya tartibi x_i razryad deb ataladi. q ning musbat darajaga ega bo'lgan razryadi x_q sonning butun qismini, manfiy darajaga ega bo'lgan qismi esa kasr

qismini hosil qiladi. x_{n-1} va x_m raqamlar mos ravishda sonning katta va kichik razryadlari hisoblanadilar. Ikkilik sanog'ida $q=2$, o'nlik sanog'ida $m=10$. Sanoq asosi qancha katta bo'lsa, mazkur sonni ifodalashda shuncha kam miqdorda razryad talab qilinadi, demak, uni uzatish uchun kam vaqt sarflanadi.

Boshqa tomondan, q asosga ega bo'lgan sonni elektr signallar yordamida ifodalash uchun chiqishida turli q elektr signallar shakllantiruvchi elektr qurilma talab qilinadi. Demak, q qancha katta bo'lsa, elektron qurilma shuncha ko'p turg'un diskret holatlarga ega bo'lishi kerak. q ortishi bilan chiqish signauning diskret sathlari orasidagi farq kamayib boradi. Demak, tashqi ta'sirlar natijasida xatoliklar yuzaga kelish ehtimoli ortadi va qurilma murakkablashib ketadi.

Ma'lumki, uchlik tizim ($q=3$) eng samarali, ikkilik ($q=2$) va to'rtlik ($q=4$) tizimlar esa undan quyi hisoblanadi. Yetarli xalaqitbardoshlikni ta'minlashda q ni tanlash mezoni bo'lib apparat xarajatlarini minimallashtirish hisoblanadi. Bu munosabat bo'yicha ikkilik tizimi tanlangan, chunki elektron qurilmalar faqat ikkita turg'un holatga ega bo'lishi kerak. U holda bu tizimda signallarni ajratish uchun faqat «impuls bormi yoki yo'qmi», degan savolga javob berish kifoya bo'ladi. Masalan, o'nlik son $X = 29$ ikkilik tizimda quyidagi ko'rinishda

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

simvol ko'rinishda 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 texnikasi 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 (3.1) ifodadan foydalaniladi.

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

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

$$X_{10} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 13$$

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 boshlab 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 sonining kasr qismini yozish uchun ko‘paytirishning birinchi natijasidan boshlab yoziladi, ya‘ni $0,12_{10} = 0,00011_2$ ko‘rinishida bo‘ladi.

3. So‘nggi natija $25,12_{10} \approx 11001,00011_2$ 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. 3.1-jadvalga 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. 3.1-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.

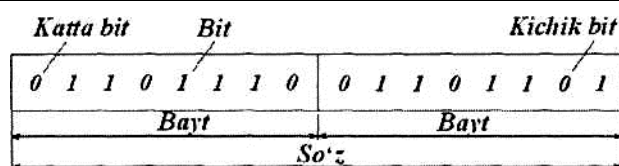
Ikkilik razryad, odatda, **bit** deb ataladi. Shunday qilib, 1001 soni 4 bitli ikkilik soni, 101110011 soni esa 9 bitli ikkilik soni hisoblanadi. Sonning chap chekkasidagi bit katta razryad (u katta vaznga ega), o‘ng chekkasidagi bit kichik razryad (u kichik vaznga ega) hisoblanadi. 16 bitdan iborat

boʻlgan ikkilik soni 1.2-rasmda keltirilgan.

1.1-jadval

Turli sanoq tizimlaridagi sonlarning natural qatori

Oʻnlik	Oʻn 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	B	13	1011
12	C	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



1.2-rasm. Bit, bayt, soʻz

Hisoblash va axborot texnikasi evolutsiyasi qurilmalar orasida axborot almashinish uchun 8 bitli kattalikni yaratdi. Bunday 8 bitli kattalik bayt deb ataladi. Zamonaviy kompyuterlar va boshqaruv diskret tizimlarining yangi turlari axborotlarni 8,16 yoki 32 bitlar yordamida (1, 2 va 4 bayt) soʻzlar bilan boʻlaklab qayta ishlashga ixtisoslashgan.

1.3. Mantiqiy konstantalar va oʻzgaruvchilar. Bul algebrasi operatsiyalari

Raqamli texnikada ikkita holatga ega boʻlgan, nol va bir yoki «rost» va «yolgʻon» soʻzlari bilan ifodalanadigan sxemalar qoʻllaniladi. Biror sonlarni qayta ishlash yoki eslab qolish talab qilinsa, ular bir va nollarning maʼlum kombinatsiyasi koʻrinishida ifodalanadi. Bu holda raqamli qurilmalar ishini taʼriflash uchun maxsus matematik apparat lozim boʻladi. 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 holati 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 majmuyi uchun y 0 yoki 1 qiymat olishi mumkin. Shuning uchun n ta o'zgaruvchini 2^n ta turli mantiqiy funksiyalarga, masalan, $n=2$ bo'lsa 16, $n=3$ bo'lsa 256, $n=4$ bo'lsa 65536 funksiyaga o'zgartirish mumkin.

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

- **mantiqiy inkor** (inversiya, EMAS amali), mos o'zgaruvchi ustiga «-» belgisini qo'yish bilan amalga oshiriladi;
- **mantiqiy qo'shish** (dizyunksiya, YOKI amali), «+» belgisini qo'yish bilan amalga oshiriladi;
- **mantiqiy ko'paytirish** (konyunksiya, HAM amali), « $\cdot$ » belgisini 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 majmuyidan talab qilinayotgan mantiqiy flinksiya qiymati-ni berish yetarli. Funksiya qiymatlarini ifodalovchi jadval **haqiqiylik jadvali** deb ataladi.

1.2, 1.3 va 1.4-jadvallarda ikkita o'zgaruvchi x_1, x_2 uchun mantiqiy amallarning algebraik va jadval ifodasi keltirilgan.

1.2-jadval

Inversiya amali haqiqiylik jadvali	
X	$y = \bar{x}$
0	1
1	0

1.3-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

1.4-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 1.5-jadvalda keltirilgan aksioma va qonunlar qatoridan foydalanamiz.

1.5-jadval

Mantiq algebrasining asosiy aksioma va qonunlari

Aksiomalar	$0+x = x$ $0 \cdot x = 0$	(3.2)
	$1+x = x$ $1 \cdot x = x$	(3.3)
	$x+x = x$ $x \cdot x = x$	(3.4)
	$x + \bar{x} = 1$ $x \cdot \bar{x} = 0$	(1.5)
	$\bar{\bar{x}} = x$	(1.6)
Kommutativlik qonunlari	$a_1 + x_2 = x_2 + a_1$ $x_1 \cdot x_2 = x_2 \cdot x_1$	(1.7)
Assotsiativlik qonunlari	$x_1 + x_2 + x_3 = x_1 + (x_2 + x_3)$ $x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 = x_1 \cdot (x_2 \cdot x_3)$	(1.8)
Distributlik qonunlari	$x_1 \cdot (x_2 + x_3) = (x_1 \cdot x_2) + (x_1 \cdot x_3)$ $x_1 + (x_2 \cdot x_3) = (x_1 + x_2) \cdot (x_1 + x_3)$	(1.8)
Duallik qonunlari (de-Morgan teoremasi)	$\overline{x_1 + x_2} = \bar{x}_1 \cdot \bar{x}_2$ $\overline{x_1 \cdot x_2} = \bar{x}_1 + \bar{x}_2$	(1.10)
Yutilish qonunlari	$x_1 + x_1 \cdot x_2 = x_1$ $x_1 \cdot (x_1 + x_2) = x_1$	(1.11)

Assotsiativlik qonunlaridan foydalanib, ko'p o'zgaruvchi ($n > 2$) ixtiyoriy mantiqiy funksiyasini ikkita o'zgaruvchi funksiyalar kombinatsiyasi ko'rinishida ifodalash mumkin. $2^{2^2} = 16$ ikkita o'zgaruvchi funksiyalarining to'liq majmuyi 1.6-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. 1.6-jadvalning so'nggi ustunida taqiq,

implikasiya (ingl. chiqarib olish) kabi murakkab funksiyalarni bajarish uchun u yoki bu amalni bajaruvchi mantiqiy elementlar nomlari keltirilgan.

1.6-jadval

Ikki o'zgaruvchi uchun to'liq mantiqiy funksiyalar majmuyi

x_1, x_2 qiymatlari va $y_0 \dots y_{15}$ funksiyalar	Konyunksiya, dizyunksiya, inkor amallari orqali ifodalanishi	Amallarning asosiy belgisi	Funksiya nomi	Mantiqiy element nomi
x_1 0 0 1 1				
x_2 0 1 0 1				
y_0 0 0 0 0				
y_1 0 0 0 1	$y_1 = x_1 \cdot x_2$	$\wedge, \cap,$	konyunksiya, mantiqiy ko'paytirish	konyunktor, «YOKI» sxemasi
y_2 0 0 1 0	$y_2 = x_1 \cdot \overline{x_2}$	$x_1 = x_2$	x_2 bo'yicha taqiq	x_2 bo'yicha «EMAS» sxemasi
y_3 0 0 1 1	$y_3 = x_1$		x_1 bo'yicha tautologiya	x_1 bo'yicha takrorlagich
y_4 0 1 0 0	$y_4 = \overline{x_1} \cdot x_2$	$x_2 = x_1$	x_1 bo'yicha taqiq	x_1 bo'yicha «EMAS» sxemasi
y_5 0 1 0 1	$y_5 = x_2$		x_2 bo'yicha tautologiya	x_2 bo'yicha takrorlagich
y_6 0 1 1 0	$y_6 = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2}$	$x_1 \oplus x_2$	istisnoli «YOKI», mantiqiy tengma'nolilik emas	istisnoli «YOKI» sxemasi
y_7 0 1 1 1	$y_7 = x_1 + x_2$	$\vee, \cup, +$	dizyunksiya, mantiqiy qo'shish	dizyunktor, «HAM» sxemasi
$x_1 x_2$ qiymatlari va $y_0 \dots y_{15}$ funksiyalar	Konyunksiya, dizyunksiya, inkor amallari orqali ifodalanishi	Amallarning asosiy belgisi	Funksiya nomi	Mantiqiy element nomi
x_1 0 0 1 1				
x_2 0 1 0 1				
y_8 1 0 0 0	$y_8 = \overline{x_1 + x_2}$		dizyunksiya inkori, Pirs strelkasi, Vebb funksiyasi, EMAS-YOKI amali	Pirs elementi, «EMAS-YOKI» sxemasi («YOKI-EMAS»)
y_9 1 0 0 1	$y_9 = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2}$	$x_1 \sim x_2$	ekvivalentlik, tengma'nolilik	solishtirish sxemasi
y_{10} 1 0 1 0	$y_{10} = \overline{x_2}$	$\overline{x_2}$	$\overline{x_2}$ inversiyasi	x_2 invertori
y_{11} 1 0 1 1	$y_{11} = x_1 + \overline{x_2}$		x_2 dan x_1 ga implikasiya	x_2 dan implikator
y_{12} 1 1 0 0	$y_{12} = \overline{x_1}$	$\overline{x_1}$	x_1 inversiyasi	x_1 invertori
y_{13} 1 1 0 1	$y_{13} = \overline{x_1} + x_2$		x_1 dan x_2 ga implikasiya	x_1 dan implikator
y_{14} 1 1 1 0	$y_{14} = \overline{x_1 \cdot x_2}$	x_1/x_2	Sheffer shtrixi, «HAM-EMAS» amali	Sheffer elementi, «HAM-EMAS» sxemasi
y_{15} 1 1 1 1	$y_{15} = 1$		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'zga'iruvchi 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 majmuyi 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 implikatsiya hamda ikkita yakka funksiya – Pirs va Sheffer elementlarini hosil qiladi. Konyunksiya, dizyunksiya va inversiya funksiyalari majmuyi asosiy funksional to'liq majmua (AFTM) nomini olgan.

1.4. 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 sinflanishi mumkin. Ishlash prinsipiga ko'ra barcha MELar ikki sinfga bo'linadi: 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 bob 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, schyotchiklar misol bo'la oladi.

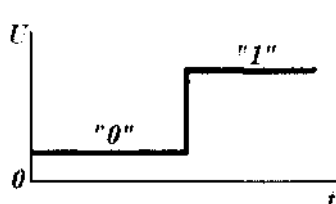
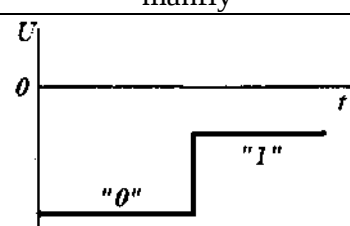
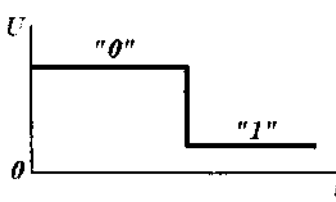
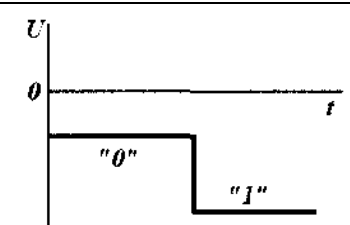
Ikkilik axborotni ifodalash usuliga ko'ra, qurilmalar potensial va impuls raqamli qurilmalarga bo'linadi. Potensial raqamli qurilmalarda mantiqiy 0 va mantiqiy 1 qiymatlariga elektr potentsiallarning umuman bir-biridan farqlanuvchi yuqori va past sathlari belgilanadi. Impuls raqamli quril-

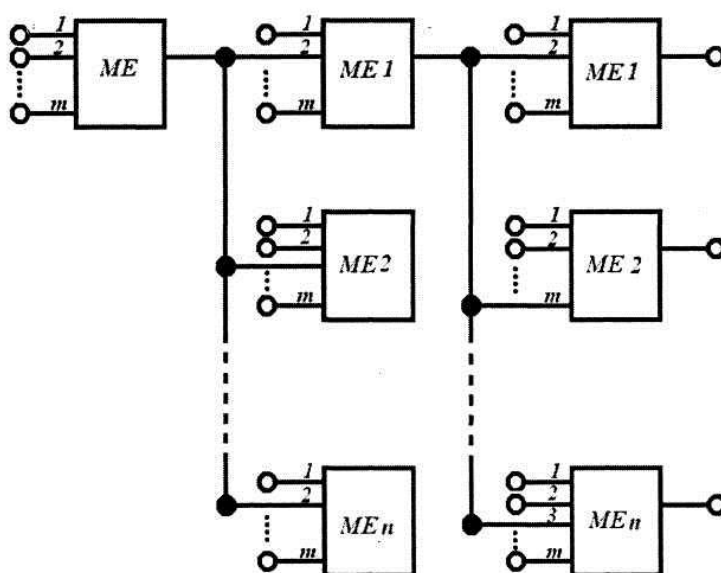
malarda mantiqiy signal qiymatlariga (0 yoki 1) impulslar sxemasi chiqishida ma'lum davomiylik va amplitudaga ega bo'lgan impulsning mavjudligi, ikkinchi holatiga esa impulsning yo'qligi to'g'ri keladi.

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'rsatkichi bilan farqlanuvchi to'rtta kodlash variantidan biri uchrashi mumkin. Mantiqiy 0 va 1 larni har bir variantda kodlash usullari 3.7-jadvalda keltirilgan.

1.7-jadval

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



1.3-rasm. Mantiqiy zanjir ko'rinishi

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

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

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 (3.3-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'zgartirish-larni buzilishlarsiz ta'minlashi kerak. RISlar va raqamli qurilmalarni tay-yorlash, sozlash va ishlatish jarayonlarida MElarni har birini alohida mos-lashtirish va sozlash taqiqlangani sababli, MElarning o'zi quyidagi fundamental xossalarga ega bo'lishi lozim.

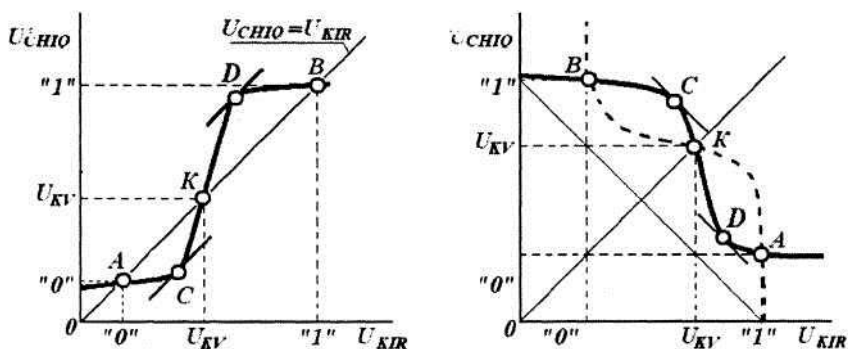
1. **Kirish va chiqish bo'yicha 0 va 1 signal sathlarining mosligi.** Faqat bu shart bajarilganda zanjirning ishga layoqatligi sathlarni moslashtirish uchun maxsus elementlar qo'llamasdan amalga oshirilishi mumkin.
2. **Kirish va chiqish bo'yicha yetarli yuklama qobiliyati.** Bu shart ME signallarni 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 MEning bexato ishini kafolatlashi kerak.
3. **Signalni shakllantirish (kvantlash) qobiliyati.** RIS ishlashi uchun signal har bir ME dan o'tganda standart (asimptotik) amplituda va davomiylikka ega bo'lishi lozim.
4. **Xalaqitbardoshlik.** Xalaqitbardoshlik deganda, MEning xalaqitlarga ta'sirchan emasligi tushuniladi. Bu vaqtda xalaqitlar ma'lum belgilan-gan darajadan ortmasligi kerak. Aks holda, ME bir holatdan ikkin-chisiga yolg'on asosda o'tishi mumkin.

MEning parametrlari va shakllantirish hossalari ularning statik va dinamik xarakteristikalaridan aniqlanadi.

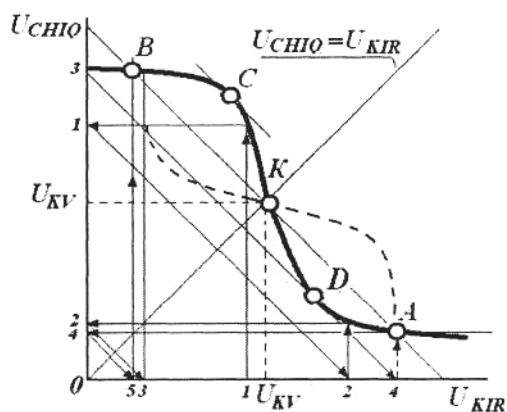
MEning asosiy statik xarakteristikasi bo'lib, chiqish kuchlanishining

kirish kuchlanishiga bog'liqligi hisoblanadi. Bu xarakteristika amplituda uzatish xarakteristikasi (AUX) deb ataladi. AUX ko'rinishi ME da qo'llanilgan elektron kalit turiga bog'liq bo'ladi. Kichik kirish signallariga yuqori chiqish signallari mos keladigan element inverslaydigan, kichik kirish signallariga kichik chiqish signallari mos keladigan element inverslamaydigan deb ataladi. Xarakteristikaning ikkila turi 3.4-rasmda keltirilgan.

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 (1.5-rasm).



1.4-rasm. MENing amplituda uzatish xarakteristikalari



1.5-rasm. Inverslaydigan elementlar zanjirida 0 va 1 signallarni kvantlas

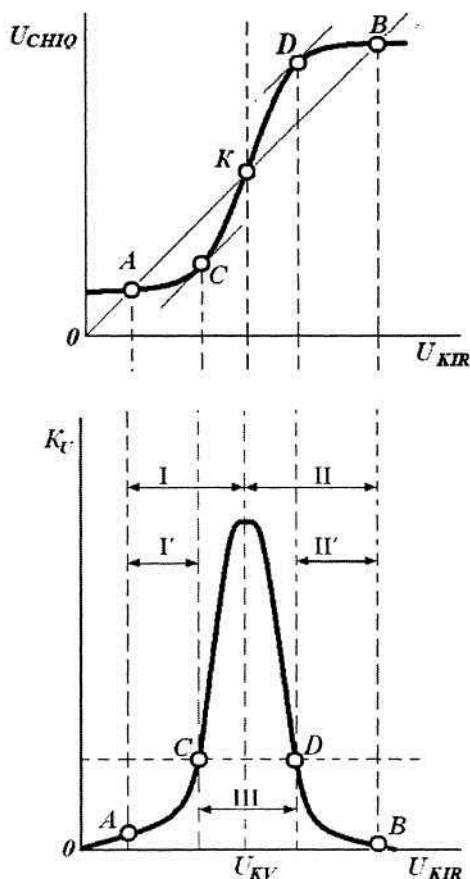
Uzatish xarakteristikasida 5 ta muhim nuqtalar – K, A, B, C, D ni belgilash mumkin. K nuqtaga ME xarakteristikasining birlik kuchaytirish chizig'i ($K_U=1$) $U_{CHIQ}=U_{KIR}$ bilan kesishgan nuqta mos keladi. Bu nuqta kvantlash nuqtasi deb ataladi. Bu nuqta holati kvantlash kuchlanishi deb ataluvchi 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 $U_1 < U_{KV}$ shartni bajaradi. Mantiqiy zanjir orqali bu signal tarqalganda uning amplitudasi o'zgarishini kuzatamiz. Ko'rinib turibdiki, ikkinchi elementdagi kirish kuchlanishi U_2 , uchinchi U_3 va h.k. bo'ladi (1.5-rasm).

Kirish kuchlanishlarining $U_1, U_2, U_3, \dots$ (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 1.6-rasmga murojaat qilamiz.



1.6-rasm. ME xalaqitbardoshlik sohalari

Chiqish mantiqiy 1 ga mos kelgan $U_{CHIQ}^1 = U^1$ asimptotik sathga A nuqta, chiqish mantiqiy 0 ga mos kelgan $U_{CHIQ}^0 = U^0$ sathga esa B nuqta mos keladi. Kirish mantiqiy 0 ga mos kelgan $U_{KIR}^0 = U^0$ asimptotik sathga A nuqta, kirish mantiqiy 1 ga mos kelgan $U_{KIR}^1 = U^1$ sathga esa B nuqta mos keladi. $U_{MO} = U_{CHIQ}^1 - U_{KIR}^0 = U^1 - U^0$ ayirma esa **chiqish sathlarining mantiqiy**

o'zgarishi deb ataladi. C nuqtaga mos keluvchi kirish kuchlanishi **bo'sag'aviy kuchlanish** $U_{BO'S}^0$ D nuqtaga mos keluvchi kirish kuchlanishi esa bo'sag'aviy kuchlanish $U_{BO'S}^1$ deb ataladi.

Kombinatsion qurilmalar uchun kirishda ruxsat etilgan xalaqitlar darajasi kvantlash kuchlanishi bilan mos keladigan mantiqiy 0 va mantiqiy 1 larning 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:

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

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 ($U_{BO'S}^0, U_{BO'S}^1$);
- mantiqiy 0 va mantiqiy 1 chiqish va kirish toklari ($I_{KIR}^0, I_{KIR}^1, I_{CHIQ}^0, I_{CHIQ}^1$);
- mantiqiy 0 va mantiqiy 1 holatlardagi iste'mol toklari (I_{IST}^0, I_{IST}^1);
- iste'mol quvvati (R_{IST});
- mantiqiy 0 ga o'zgarish soha bo'sag'asi ($U_{BO'S}^0$);
- mantiqiy 1 ga o'zgarish soha bo'sag'asi ($U_{BO'S}^1$);
- 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 impulsleri ossilogrammalaridan 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;

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

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

$t_{tarq,kech}^{1,0}$ – ulanganda signal tarqalishining kechikish vaqti – kirish va

chiqish impulslarining 0,5 sathlari bilan aniqlangan vaqt intervali;

$t_{tarq.kech}^{0,1}$ – uzilganda signal tarqalishining 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 kechikishidan foydalaniladi (ma'lumotnomalarda keltiriladi):

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

MElarning integral parametrlari texnologiya va sxemotexnikaning rivojlanish darajasini aks ettiradi. Asosiy integral parametrlar bo'lib ulanish ishi A_{QU} va integratsiya darajasi N hisoblanadi.

Qayta ulanish ishi o'rtacha iste'mol quvvatining 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 $A_{QU}=const$ da element yoki yuqori iste'mol quvvatida IS yuqori tezkorlikka, aksincha, yetarlicha kichik tezkorlikda juda kichik iste'mol quvvatiga ega bo'ladi.

1.5. Bipolyar 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 yetarlicha farqlanadigan ikkita diskret qiymatga ega bo'ladi. Bu xossa uni Bul algebrasi funksiyalarini amalga oshiruvchi asosiy ME sifatida qo'llash imkonini beradi.

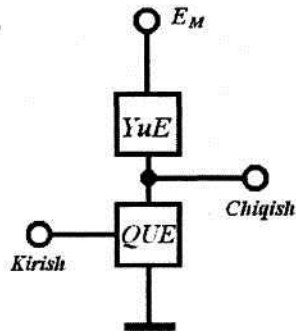
Kalit ikki elementdan tashkil topgan: qayta ulanuvchi (QUE) va yuklama (YuE) elementlar. Kalit (invertor) tuzilishining umumlashgan sxemasi 3.7-rasmda keltirilgan.

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

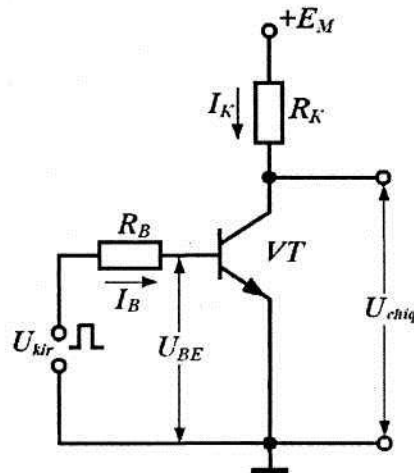
Kalit turini tanlashda IMSlarda asosiy mezon bo'lib, texnologik muvofiqlik hisoblanadi. Texnologik muvofiqlik deganda, turli sxema elementlarini yagona texnologik jarayonda tayyorlash imkoni tushuniladi. Bir xil elementlardan tashkil topgan sxemalar afzal sanaladi. Yuklama va qayta ulanish elementi MDYA-tranzistorlardan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

BTli sodda kalit sxemasi 3.8-rasmda keltirilgan. U UE sxemada ulangan BTda yasalgan kuchaytirgich kaskadidan iborat. Kuchlanish manbayi

E_M va R_K ko‘rinishdagi yuklama qarshiligidan tashkil topgan zanjir boshqariluvchi zanjir hisoblanadi. Boshqaruvchi (baza) zanjir boshqaruv signali manbayi U_{KIR} va unga ketma-ket ulangan qarshilik R_B dan tarkib topgan.



1.7-rasm. Elektron kalit (invertor) tuzilma sxemasi



1.8-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

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

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 yetarlicha 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 qiymatidan 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 FIKi pasayadi. Kremniyli tranzistorlar uchun to‘yinish rejimida $U_{QOL} \approx 0,25$ V ga teng, ya'ni nolga yaqin.

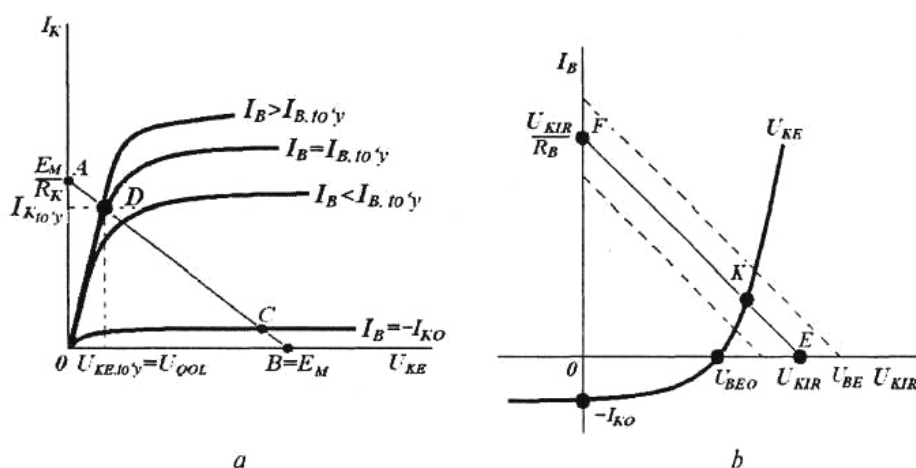
Ko‘rilayotgan kalit invertor ekanligi yaqqol ko‘rinib turibdi, ya'ni kirish signauning manfiy qiymatlardan musbat qiymatlarga ortishi, chiqish

kuchlanishli 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 impulslarining o‘zgarishi bilan ta‘minlanadi (katta signal rejimi). Shu sababli, kalitning statik parametrlari 3.6-bandda keltirilgan grafo-analitik usulni qo‘llash yordamida aniqlanadi. Buning uchun kalitda qo‘llanilayotgan tranzistorning chiqish (3.9, a-rasm) va kirish (3.9, b-rasm) xarakteristikalarini kerak bo‘ladi.

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, C nuqta esa $U_{KB} = 0$ bo‘lganda boshlanadigan berk rejim chegarasini beradi.



1.9-rasm. Tranzistorning statik xarakteristikalarida kalit ishchi nuqtalarining joylashishi

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 baryer sig‘imning qayta zaryadlanish jarayonlari bilan aniqlanadi.

Statik rejimda R_B qarshilikning berilgan qiymatlarida baza tokining U_{KIR} kuchlanishiga bog‘liqligini kirish xarakteristikasi (1.9, b-rasm) yor-

damida 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 chiziqning 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 **qoldiq kuchlanish** $U_{KE.TO'Y} = U_{QOL} = E_M - I_{K.TO'Y}$ 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

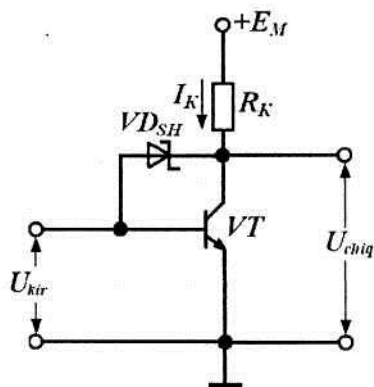
$$I_{K.TO'Y} \approx E_M/\beta R_K.$$

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} ning kamayishiga olib keladi, ya'ni BT chiqish zanjirida sochilayotgan quvvat kamayadi. Ammo $S_{TO'Y}$ ning keragidan ortiq ortishi BT kirish zanjirida sochilayotgan quvvatning sezilarli ortishiga olib keladi. Hisoblar $S_{TO'Y} = 1,5...2,0$ 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 jarayondir.



1.10-rasm. Shottki diodi bilan shuntlangan BTli kalit sxemasi

Berilgan $I_{B.TO'Y}$ qiymatida noasosiy zaryad tashuvchilarni bazadan chiqarib yuborish vaqtini kamaytirish maqsadida nochiziqli TAl kalit qo'llaniladi. Unda tranzistor aktiv rejim bilan to'yinish rejimi chegarasida ishlaydi (1.10-rasm).

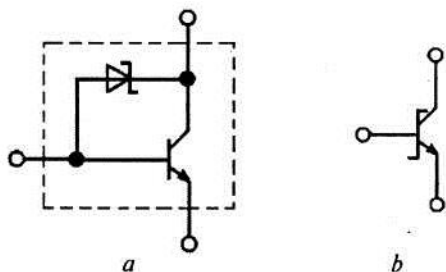
BT ning to'g'ri siljigan KO'ni shuntlovchi Shottki diodi yordamida nochiziqli TA amalga oshiriladi. Tranzistor berk bo'lganda, kollektorning potentsiali bazaga nisbatan musbat bo'ladi, demak, diod teskari ulangan bo'ladi va kalit ishiga ta'sir ko'rsatmaydi. Kalit ulanganda kollektor potentsiali bazaga nisbatan kamayadi, diod ochi-

ladi 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 TAni hosil qilish uchun Shottki diodi qo'llaniladi. Shottki diodining ochiq holatdagi kuchlanish pasayishi $U_{DSH} = 0,3 \text{ V}$ ga teng bo'lib, ochiq kremniyli o'tishdagi kuchlanish pasayishi $U_{KB} = 0,7 \text{ V}$ 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 baryerli tranzistori nomini olgan (1.11, a-rasm) tranzistor qo'llanilgan bo'lib, uning shartli belgilanishi 1.11, b-rasmda keltirilgan.



1.11-rasm. Shottki baryerli tranzistori (a) va uning shartli belgilanishi (b)

1.6. 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 nochiqli, 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 1.12-rasmda keltirilgan.

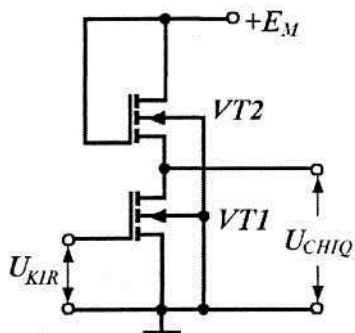
Zatvori stok bilan ulangan VT2 tranzistor YuE hisoblanadi. Bunday

tranzistor dinamik yuklama deb ataladi. VT2 tranzistorning VAXi quyidagi mulohazalardan kelib chiqadi. Zatvor stok bilan ulanganligi sababli, $U_{S1} < (U_{Z12} - U_{02})$ tengsizlik bajariladi. Bu yerda U_{02} - VT2 tranzistorning bo'sag'aviy kuchlanishi bo'lib, zatvordagi kuchlanish U_{02} dan ortib ketsagina unda kanal induksiyalanadi va tranzistor ochiladi. Demak, tranzistor to'yinish rejimida bo'ladi.

Bu rejimda VT2 tranzistorning VAXi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$I_{S2} = \frac{B_2}{2} (U_{Z12} - U_{02})^2. \quad (1.12)$$

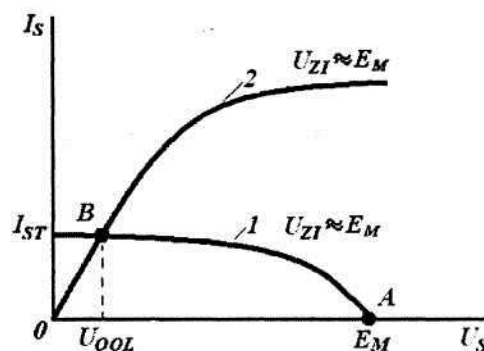
BTdagi kabi, MDYA-tranzistorlarda bajarilgan kalitlar ham statik rejimda qoldiq tok (berk holatda) va qoldiq kuchlanish (ochiq holatda) bilan ifodalanadi.



1.12-rasm. Dinamik yuklamali MDYA-tranzistorli kalit

Kalit quyidagicha ishlaydi. Agar VT1 ning zatvoriga $U_{KIR} = U_{Z11} < U_{01}$ kuchlanish berilsa (U_{01} 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: $U_{CHIQ} = E_M$ (3.13-rasmdagi A nuqta). Qoldiq kuchlanish U_{QOL} ni esa grafo-analitik va analitik usulda aniqlaymiz. Buning uchun VT1 tranzistorning $U_{Z11} = E_M$ (2-egri chiziq) bo'lganda o'lgan stok xarakteristikasining bo'lishi va unda VT2 tranzistorning (1.12) 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 to'ki $I_{S.TO'Y}$ ning ishchi qiymatlarini belgilaydi.

Buning uchun VT1 tranzistorning $U_{Z11} = E_M$ (2-egri chiziq) bo'lganda o'lgan stok xarakteristikasining bo'lishi va unda VT2 tranzistorning (1.12) 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 to'ki $I_{S.TO'Y}$ ning ishchi qiymatlarini belgilaydi.



1.13-rasm. Stok xarakteristikasida ishchi nuqtalarning joylashishi

Kalit to'yinish tokini $U_{S12} = E_M$ deb faraz qilib, analitik usulda (3.12) formuladan aniqlash mumkin:

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

I_{ST} tokni VT1 ning kanal qarshiligi $R = 1/[B_1 (U_{Z1} - U_{01})]$ ga ko'paytirib va $U_{Z11} = E_M$ deb faraz qilib, qoldiq kuchlanishni aniqlash mumkin:

$$U_{QOL} = \frac{B_2}{2B_1} \frac{(E_M - U_{02})^2}{E_M - U_{01}}. \quad (1.13)$$

(1.13) formuladan ko‘rinib turibdiki, 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 $B_1/B_2 = 50 \div 100$ qiymat 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 manbayi optimal hisoblanadi. Mazkur shartlarda qoldiq kuchlanish $50 \div 100$ mV oralig‘ida yotadi.

Komplementar MDYA-tranzistorli elektron kalit. Bir turdagi MDYA-tranzistorlarda hosil qilingan kalitlarining kamchiligi shundaki, tranzistor ochiq bo‘lgan statik rejimda kalitdan doim tok oqib o‘tadi. Komplementar, ya‘ni o‘tkazuvchanlik kanallari turi qarama-qarshi bo‘lgan MDYA-tranzistorlar asosida tayyorlangan elektron kalit bu kamchilikdan holi (3.14-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 manbayining 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 $U_{Z11} = 0$ bo‘ladi, demak, n -MDYA-tranzistorda kanal induksiyalanmaydi, ya‘ni tranzistor berk holatda bo‘ladi. Bu vaqtda $VT2$ ning zatvorida $U_{Z12} = U_{KIR} - E_M = -E_M < 0$ bo‘ladi.

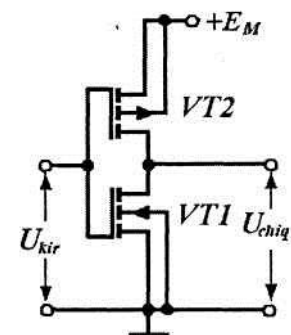
Bu vaqtda chiqish kuchlanishi manba kuchlanishiga deyarli teng bo‘ladi:

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

$U_{KIR} = E_M$ bo‘lsin. U holda $U_{Z11} > U_{01}$, $U_{Z12} = 0$ bo‘ladi. Demak, n -MDYA-tranzistorda kanal induksiyalanadi, ya‘ni $VT1$ ochiq, n -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 (1.13) ifodadan, indekslar o‘rni almashtirib aniqlanadi:

$$U_{QOL1} = \frac{I_{QOL2}}{B_1(E_M - U_{01})} \approx (2 \div 3) mV.$$



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

Qoldiq kuchlanishining kichikligi komplementar kalitlarning afzalligi hisoblanadi. Sxemaning ikkala holatda ham quvvat iste‘mol qilmasligi bu kalitlarning yana bir afzalligi hisoblanadi.

Nazorat savollari

1. Pozitsion sanoq tizimi nopozitsion sanoq tizimdan nimasi bilan farqlanadi?
2. Raqamlarni bir sanoq tizimidan ikkinchisiga o'tkazish qanday amalgam oshiriladi?
3. Mantiq algebrasidagi Bul konstantasi va o'zgaruvchisi deb nimaga aytiladi?
4. Bul algebrasining asosiy amallarini sanab bering. Ular haqiqiylik jadvallari va algebraik ifodalar orqali qanday ifodalanadi?
5. Mantiq algebrasi funksiyalari ishiga so'z bilan; haqiqiylik jadvali yordamida; algebraik ifodalar yordamida misollar keltiring.
6. Qanday amal funksiya superpozitsiyasi deb ataladi?
7. Funksional to'liq majmua deb nimaga aytiladi?
8. Funksional to'liq majmua ikkita o'zgaruvchidan qanday funksiyalar hosil qiladi?
9. Qanday funksiyalar majmuasi asosiy funksional to'liq majmua deb ataladi?
10. Raqamli tizimlarda qanday fizik kattalik mantiqiy o'zgaruvchilarning mumkin bo'lgan qiymatlari bilan namoyon qilinadi?
11. Diskret kuchlanishni kodlashning ikki usulini aytib bering.
12. Potensial kodlash usulida mantiqiy signalni kodlashning to'rtta usulini aytib bering.
13. MENing uzatish xarakteristikasi deb nimaga aytiladi?
14. Uzatish xarakteristikalarining qanday turlarini bilasiz?
15. Raqamli sxemalarning uzatish xarakteristikalariga qanday talablar qo'yiladi?
16. Mantiqiy o'zgaruvchilarning statik parametrlarini aytib bering.
17. Mantiqiy o'zgaruvchilarning dinamik parametrlarini aytib bering.
18. Tranzistorli elektron kalitlar qanday parametrlar bilan xarakterlanadi?
19. Elektron kalit qanday elementlardan tashkil topgan?
20. Elektron kalit yasashda qanday qurilmalardan foydalaniladi?
21. RISlarda qo'llaniladigan kalit turlarini aytib bering.
22. Shottki baryerli tranzistorlarida hosil qilingan kalitlar oddiy BTlarda bajarilgan kalitlarga nisbatan qanday afzalliklarga ega?

II BOB.

MANTIQUIY INTEGRAL SXEMALARNING NEGIZ ELEMENTLARI

2.1. Umumiy ma'lumotlar

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

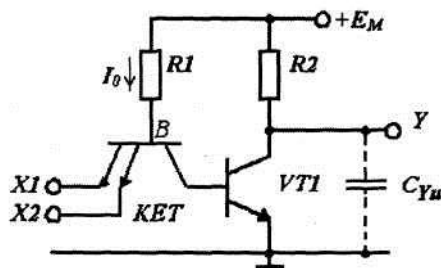
MElar sanoatda murakkablik darajasiga ko'ra turli seriyalar ko'rinishida ishlab chiqariladi. Seriya deganda, turli funksiyalar bajara oladigan, yagona konstruktiv-texnologik usulda bajarilgan va birgalikda ishlashga mo'ljallangan IMS majmuyiga aytiladi. Bunga qaramasdan, har bir seriyada ushbu seriyadagi boshqa sxemalarga asos hisoblanadigan negiz MElar (invertorlar, HAM-EMAS ME, YOKI-EMAS ME, triggerlar, schyotchiklar, 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.

2.2. Tranzistor-tranzistorli mantiq elementlari

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



2.1-rasm. Sodda invertorli TTM ME sxemasi

Sodda invertorli TTM sxemasi 2.1-rasmida 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 (inverter)dan tuzilgan. KET TTM turdagi MElarning o'ziga xos komponenti 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 rejimida ishlashi mumkin. KET tuzilmasi va yasaliş texnologiyasi shundayki, tok bo'yicha kuchaytirishning invers koeffitsiyenti α_1 juda kichik bo'lib, $0,01 \div 0,05$ oraliq'ida yotadi.

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 oraliq'ida yotsa, bu diapazon normal tok rejimi deb ataladi. Toklarning bu oraliq'ida kremniyli o'tishda kuchlanish U atigi $0,70 \div 0,68$ V ga 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 deh qarash mumkin. Uning uchun maxsus U^* belgilash kiritiladi. Xona haroratsida 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 oraliq'idagi kuchlanish $U_{KE.TOY}^* = 0,3 \div 0,4$ 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 manbayi potentsialiga teng bo'lgan maksimal qiymatga ega bo'lsin. Bunda mantiqiy

1 sath shakllanadi, ya'ni $U^1 = E_M$ 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, 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

$$I_0 = (E_M - 2U^*)/R1. \quad (2.1)$$

$R1$ shunday tanlanadiki, KET toki, demak, VT1 baza toki tranzistorning to'yinish shartiga mos kelsin. Bunda VT1 tranzistor ochiladi va chiqish kuchlanishi $U_{KE.TOY}^*$ ga teng bo'lib qoladi. Bu esa mantiqiy nol sathga teng, ya'ni $U^0 = U_{KE.TOY}^* \leq 0,4$ 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'lardan, ham KETning ochiq KO'idan 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 marta 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 sathi $U^1 = E_M$ ni beradi. Bu vaqtda I_0 quyidagicha aniqlanadi:

$$I_0 = (E_M - U^*)/R1.$$

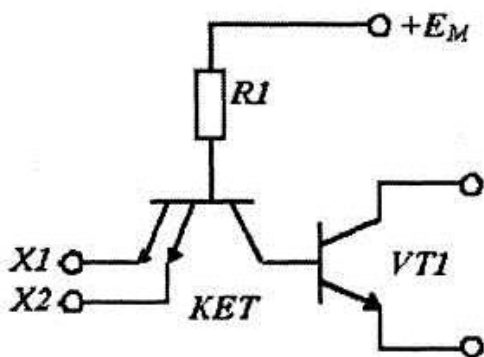
Agar faqat bitta kirishga mantiqiy 0, qolganlariga mantiqiy 1 berilsa, VT1 berk bo'ladi. Shunday qilib, biror kirishga mantiqiy 0 berilsa, chiqishda mantiqiy 1 olinar ekan. Faqat barcha kirishlarga mantiqiy 1 berilsagina, chiqishda mantiqiy 0 ga ega bo'lamiz. Shunday qilib, mazkur sxema 2HAM-EMAS mantiqiy 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 $R2$ qarshilik qiymati katta (bir necha kOm) bo'lishi kerak. U holda tranzistorning berk holatdagi mantiqiy 1 sathi yuklama

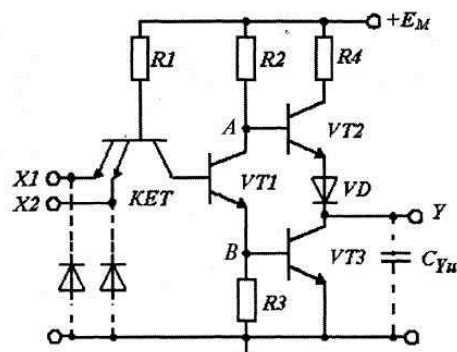
qarshiligi Z_{Yu} ga kuchli ravishda bog'liq bo'lib qoladi. Z_{Yu} deganda mazkur ME chiqishiga ulangan n ta xuddi shunday ME larning kompleks qarshiligi tushuniladi. Mantiqiy 0 holatida ($VT1$ tranzistor ochiq) KET- $VT1$ tizimning tok uzatish koeffitsiyenti qiymati kichik bo'lganligi sababli, chiqish 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 qarajak, u holda undagi kuchlanish tikligining o'zgarishi asosan sig'im C_{Yu} ning zaryadlanish va razryadlanish vaqti davomiyligi bilan aniqlanadi. Yuklama sig'imi C_{Yu} $p-n$ o'tishlar, elektrbog'lanishlar, chiqishlar va h.k.lar sig'imlarining umumiy yig'indisidir. Demak, tezkorlikni tahlil qilganda ME chiqishiga ulangan boshqa elementni RC-yuklama deb qarashimiz kerak. Sxemada (2.1-rasm) ME kirishi mantiqiy 0 holatdan mantiqiy 1 holatga olayotganda $VT1$ tranzistor berkiladi. Shuning uchun yuklama sig'imi $R2$ rezistor orqali zaryadlanadi. $R2$ ning qiymati katta bo'lganligi sababli, zaryadlanish vaqti doimiysi $\tau_z = R2 \cdot C$ sezilarli bo'ladi. ME chiqish sathi U^0 bo'lganda yuklama sig'imi to'yinagan $VT1$ tranzistor orqali razryadlanadi. 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, 2.1-rasmda keltirilgan sxema keng qo'llanilmaydi. Bu sxema asosan tashqi indikatsiya elementlarini ulash uchun ochiq kollektorli mikrosxemalarda (2.2- rasm) qo'llaniladi.



2.2-rasm. TTM seriyadagi YOKI bo'yicha kengaytirish sxemasi.



2.3-rasm. Murakkab invertorli TTM ME sxemasi.

Murakkab invertorli TTM sxemasi (2.3-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 C_{Yu} esa 2.1-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 impuls paydo bo'lishi oldini oladi. Element qayta ulanish vaqtida yuklama sig'imi C_{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. $B_{VT2} = U_{BEVT3} + U_{KE.TO'Y.VT1} = 1V$; $B_{VT2} = U_{KE.TO'Y.VT3} = 0,3V$. U holda $U_{BEVT2} = U_{BEVT3} + U_{KE.TO'Y.VT1} - U_{KE.TO'Y.VT3} = 0,7V$;

Bu vaqtda $VT2$ tranzistor ochiq bo'ladi. Shunday qilib, VD diod bo'lmaganda $VT2$ tranzistor ochiq, U_{CHIQ}^0 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 $1,4V > 0,7V$ 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.

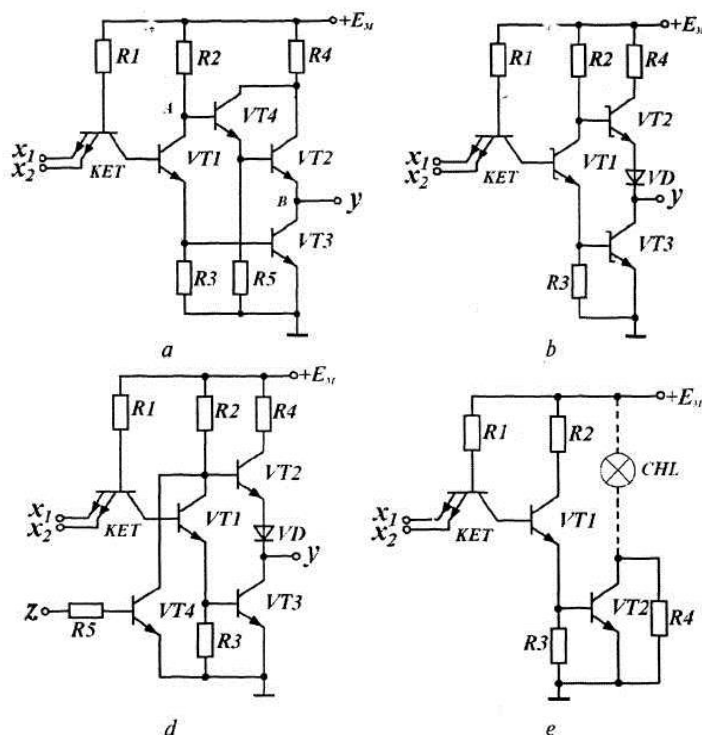
Yuklama qobiliyati yoki K_{TARM} ko'effitsiyenti $VT3$ tranzistorning maksimal kollektor tokidan kelib chiqqan holda aniqlanadi. Bu vaqtda

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

deb yozish mumkin. Bu yerda I_{kir}^0 - IMS ma'lumotnomasidan olinadigan parametr. $I_{Kmax} = E_M / R4 = 30 \text{ mA}$ bo'lgani sababli, $I_{kir}^0 = 1,35 \text{ mA}$ bo'lganda $K_{TARM} = 22$.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, 2.3-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.



2.4-rasm. TTM MENing turli sxemalarining variantlari.

Masalan, chiqish kaskadida tok bo'yicha katta kuchaytirish ko'effitsiyentiga ega bo'lgan tarkibiy tranzistorlar qo'llanishi yuklama qobiliyatini oshiradi (2.4, a-rasm). Sxemaning ishlash prinsipi o'zgarmaydi. Tarkibiy tranzistor (VT4 va VT2 tranzistorlar) VT3 invertorning dinamik yuklamasini hosil qiladi. Masalaning bunday yechilishi barcha rezistorlar nominallarini ikki barobar kichraytirishga va bu bilan tezkorlik va yuklama qobiliyatini oshirishga imkon beradi. A va B nuqtalar oralig'ida ikkita ketma-ket ulangan tranzistorlarning $p-n$ o'tishlarining mavjudligi esa VD diod bo'lishini talab qilmaydi.

Shottki diodi va tranzistorlarini qo'llash yordamida (2.4, 6-rasm) TTM elementining tezkorligi oshirilgan (TTMSH). Ular tranzistor bazasida ortiqcha zaryadlarni chiqarib yuborish vaqtini sezilarli kamaytirish yoki umuman yo'qotishga imkon beradi. Natijada impuls kamayib borish vaqtidagi kechikish kamayadi. Lekin tezkorlik ortishi bilan TTMSH statik parametrlari

lari yomonlashadi. Xususan, bo'sag'aviy kuchlanish qiymati kamayadi va U_{CHIQ}^0 ortadi, bu esa, o'z navbatida, oddiy sxemalarga nisbatan xalaqitbardoshlikni pasaytiradi. TTMSH KISlarning negiz elementi hisoblanadi.

Ikki yo'nalishli axborot shinalari yoki magistral qurilmalar yaratishda bir necha sxema chiqishlarini birlashtirish talab qilinadi. Agar elementlar ulanayotganda, ulardan birining chiqishida past U_{CHIQ}^0 sath, ikkinchisida esa yuqori U_{CHIQ}^1 sath bo'lsa, u holda ketma-ket ulangan VT2 va VT3 tranzistorlarning biridan sizilish toki $I_{siz} \approx (EM - U^*)/R_y$ oqib o'tadi. Bu tok statik rejimdagi manba tokidan ancha katta. Bu vaqtda iste'mol qilinayotgan quvvat keskin ortadi va sxema ishdan chiqishi mumkin, chunki VT2, VT3 tranzistorlar va VD diod uzoq muddat katta tok oqib o'tishiga mo'ljallanmagan. Bu holat yuzaga kelmasligi uchun chiqishi uchta holatga ega bo'lgan: ikki holat - bu oddiy $U_{CHIQ}=U^0$ va $U_{CHIQ}=U^1$; sathlar, uchinchi esa element yuklamadan butkul uziladigan «cheksiz katta» chiqish qarshiligi holatini ta'minlaydi, ya'ni tok iste'mol qilmaydigan va uzatmaydigan TTM elementlar yaratilgan.

Buning uchun murakkab invertorli sxemaga qo'shimcha VT4 tranzistor va R5 rezistor ulanadi (4.4, d-rasm). Boshqaruvchi kirish Zga (U_{KIR}^0 kuchlanish berilsa, VT4 tranzistor berk bo'lib, sxema oddiy element kabi ishlaydi. Boshqaruvchi kirish Z ga U_{KIR}^1 kuchlanish berilsa, VT4 tranzistor to'yinish rejimiga o'tadi, VT1, VT2 va VT3 tranzistorlar esa berkiladi (uchinchi holat). Bu uchinchi holat mantiqiy kirishlardagi axborot signallari kombinatsiyasiga bog'liq emas. Bunday elementlar chiqishlarini umumiy yuklamaga ulash mumkin, chunki ixtiyoriy vaqt momentida yuklamaga faqat bitta element «xizmat ko'rsatadi», qolgan elementlar esa uchinchi holatda bo'ladi.

TTMning boshqa seriyalari tarkibida maxsus elementlar bo'lishi mumkin. Ular bu seriya imkoniyatlarini oshirish uchun mo'ljallangan. Ulardan birini ko'rib chiqamiz.

Ochiq kollektorli HAM-EMAS elementi. Bu sxema mantiqiy sxemalarni tashqi va indikatorli qurimlar, masalan, nurlanuvchi diodli indikator, cho'g'lanuvchi lampalar, rele o'ramlari va h.k. bilan muvofiqlashtirishga mo'ljallangan.

Bu sxemaning yuqorida ko'rib o'tilgan elementdan (2.3-rasm) farqi shundaki, chiqish kaskadi yuklama rezistorisiz bir taktli sxemada bajarilgan.

2.4, e-rasmda ochiq kollektorli HAM-EMAS ME da indikatsiya elementi sifatida cho'g'lanuvchi lampa (CHL) qo'llanilgan sxema ko'rsatilgan. CHL VT2 tranzistorning kollektor zanjiridagi yuklama hisoblanadi va mantiqiy holatlarning vizual indikator sifatida xizmat qiladi. Agar barcha kirishlarga U^1 sath berilsa, indikator nurlanadi, agar bir yoki bir nechta kirishga U^0 sath berilsa, indikator nurlanmaydi. Shuntlovchi R4 rezistor

VT2 tranzistorni himoyalaydi, aks holda cho'lg'am simining qarshiligi sovuq holatda kichik bo'ladi va kollektor tokining ortishi kuzatiladi.

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 diodli 530, K531; Shottki diodli mikroquvvatli K555). Bu elementlarning asosiy parametrlari 2.1-jadvalda keltirilgan.

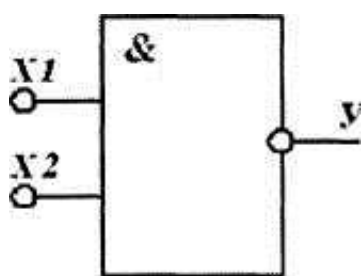
TTM elementlari potensial elementlar qatoriga kiradi: ular asosida kompyuter sxemalarini tuzishda ular o'zaro galvanik, ya'ni kondensator va transformatorlarsiz bog'lanadi. Mantiqiy 1 va mantiqiy 0 asimptotik qiymatlari $U^1 \geq 2,4V$; $U^0 \leq 0,4V$, $U_{QU} = U^1 - U^0 = 2V$ kuchlanishlar bilan ifodalanadi. 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.

Asosiy TTM turi bo'lib mantiqiy ko'paytirish inkori bilan, ya'ni HAM-EMAS amalini bajaradigan Sheffer elementi hisoblanadi. Sheffer elementining shartli belgilanishi 2.5-rasmda ko'rsatilgan. Bu yerda X_1 , X_2 – kirishlar, Y – chiqish. Minimal kirishlar soni nolga teng. Ikki kirishli Sheffer elementining ishlashi uning haqiqiylik jadvalida keltirilgan (2.2-jadval).

2.1-jadval

TTM elementlari seriyalari turi

TTMRIS parametri	Seriya				
	standart	tezkorligi yuqori	mikro-quvvatli	Shottki diodli	
	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} , MGs	10	30	3	50	10



2.5-rasm. Ikki kirishli Sheffer elementining shartli belgilanishi.

2.2-jadval

Ikki kirishli Sheffer elementining haqiqiylik jadvali

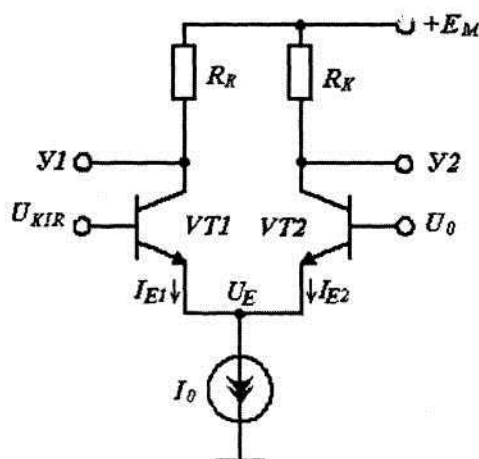
x_1	x_2	$y = x_1 \cdot x_2$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

2.3. Emitterlari bog'langan mantiq elementlari

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 jaryon 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'implarni 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 (2.6-rasm). U DK kabi ikkita simmetrik yelkadan tashkil topgan bo'lib, ularning har biri tranzistor va rezistordan iborat. Umumiy emitter zanjirida BTG I_0 lishlaydi.



2.6-rasm. Tok qayta ulagichi.

DKdan farqli ravishda kirishlardan biri (VT2) tayanch deb ataluvchi doimiy kuchlanish manbayi 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

$$I_{E1} + I_{E2} = I_0 \quad (2-2)$$

shart o'rnatiladi.

Aktiv rejimda emitter tokining baza-emitter kuchlanishiga bog'liqligi kirishdagi VT1 tranzistor uchun quyidagi ifoda bilan approksi-matsiyalanadi:

$$I_{E1} = I_{E01} e^{(U_{KIR} - U_E) / \varphi r}, \quad (4.3)$$

VT2 tranzistor uchun esa

$$I_{E2} = I_{E02} e^{(U_0 - U_E) / \varphi r} . \quad (2.4)$$

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 haroratsida 0,025 V.

(4.2), (4.3) va (4.4)lardan foydalanib,

$$I_{E1} = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{U_0 \left(1 - \frac{U_{KIR}}{U_0}\right)}{\varphi r}}}, \quad I_{E2} = \frac{I_0}{1 + e^{\frac{-U_0 \left(1 - \frac{U_{KIR}}{U_0}\right)}{\varphi r}}} \quad (2.5)$$

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 $U_0 = 1,2V$ bo'lsin. Agar U_{KIR} qiymati $\Delta < 0,1 V$ ga kamaysa, u holda (4.5) 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 (4.5) 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 signallarini tayanch kuchlanish U_0 dan $U_{QU} = U_{KIR}^+ - U_{KIR}^- = 2\Delta \leq 0,3 V$ qiymatga o'zgarishi bilan aniqlanadi. Demak, xalaqitlarga bardoshlik ham kichik bo'ladi. Lekin mantiqiy o'tish vaqtining kichikligi hamda to'yinish rejimining yo'qligi hisobiga tok qayta ulagichining qayta ulanish vaqti juda kichik bo'lib, 3 ns dan 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

$$U_K = E_M - \alpha I_0 R_K \quad (4.6)$$

ifoda yordamida aniqlanadi.

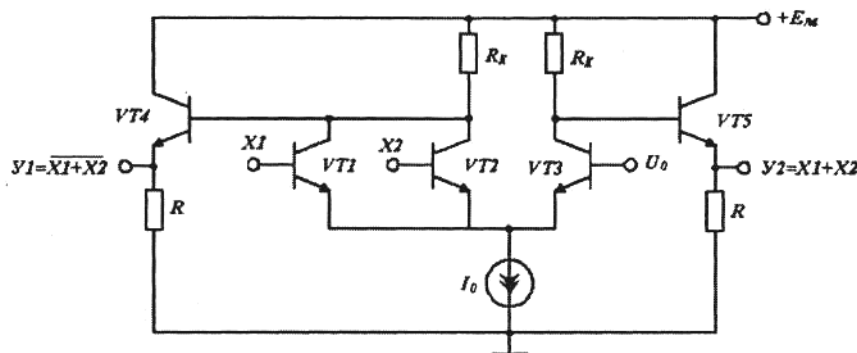
U holda tranzistor aktiv rejim chegarasida ($U_K = U_B$) qoladigan U_{KIR}^+ qiymati quyidagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$U_{KIR}^+ = E_M - \alpha I_0 R_K = U_0 + \Delta. \quad (2.7)$$

(4.7) shart bajarilishi, berilgan E_M , U_0 va U_{KIR}^+ qiymatlarida transistorning 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-ketligining 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) potentsiauning sathi tayanch potensial sathidan U^* kattalikka past bo'ladi.

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 2.7-rasmda keltirilgan.



2.7-rasm. Ikkita kirishli EBM ME sxemasi.

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

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

Deylik, ikkala kirishga mantiqiy 0 potentsial berilgan bo'lsin. U holda $VT1$ va $VT2$ tranzistorlar berk, $VT3$ tranzistor ochiq bo'ladi. Demak, $Y1$ chiqishda mantiqiy 1 sathi o'rnatiladi. $VT1$ va $VT2$ tranzistorlar berk bo'lganligi sababli ularning kollektor potentsiallari $Y_{K1,2} = Y_{EM}$. $VT4$ EO'dan U^* kuchlanishni olib tashlasak, mantiqiy 1 sath

$$U^1 = E_M - U^* \quad (2.8)$$

ekanligi kelib chiqadi.

$VT3$ tranzistor bilan $VT5$ qaytargich ham mantiqiy funksiya bajaradi. $X1 = X2 = Y_0$ bo'lganda $VT3$ tranzistor ochiq, demak, $Y2$ 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 (4.8) ifodaga qo'ysak, mantiqiy 0 sathiga ega bo'lamiz:

$$U^0 = E_M - 2U^* \quad (2.9)$$

(4.8) va (4.9) 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 $Y1$ chiqishda mantiqiy 0 kuchlanishi, $Y2$ chiqishda esa mantiqiy 1 kuchlanishi o'rnatiladi. Ikkala kirishga mantiqiy 1 berilganda ham vaziyat o'zgar-maydi. Hosil bo'lgan haqiqiylik jadvali 4.4-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan, sxema $Y1$ chiqish bo'yicha $Y1 = \overline{X1} + X2$ mantiqiy amalini, $Y2$ chiqish bo'yicha esa $Y1 = X1 + X2$ mantiqiy amalini bajarishi ma'lum bo'lib turibdi.

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

Manbaning manfiy qutbi umumiy deb olingan EBM sxemaning kam-chiligi bo'lib, chiqish signali mantiqiy sathlarining kuchlanish manbayi qiymatiga bog'liqligi hisoblanadi. Bu (4.8) va (4.9) ifodalardan kelib chi-qadi. Bundan tashqari, chiqish umumiy nuqta bilan qisqa tutashganda emitter qaytargich tranzistori ishdan chiqadi.

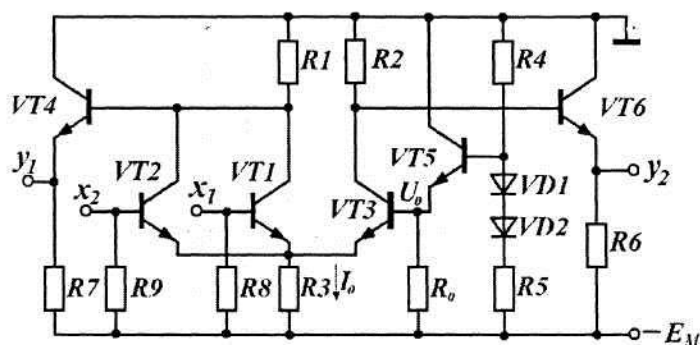
Kuchlanish manbayi E_M ning musbat qutbini umumiy nuqtaga ulab, aytib o'tilgan kamchiliklarni bartaraf etish mumkin. U holda

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

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

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

500 seriyaga mansub EBM elementning prinsipial elektr sxemasi 2.8-rasmda keltirilgan.



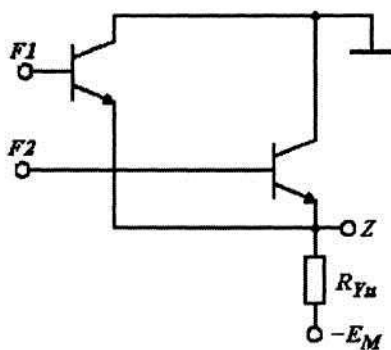
2.8-rasm. 500 seriyaga mansub ikkita kirishga ega EBM element sxemasi

O'zgar-mas tok generatori (manbayi) I_0 ni turli usullar bilan amalga

oshirish mumkin. Mazkur sxemada tok manbai sifatida tokni barqarorlashtiruvchi rezistor $R3$ qo'llangan. Uning qarshiligi $R1$ ($R2$) rezistorlarning 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 harorat va boshqa omillar ta'sirida o'zgaradi. EBM sxemalarda xalaqitbardoshlik yuqori bo'lmagani sababli, sxemalarning ishga layoqatligini saqlab qolish maqsadida keng ishchi sharoitlar diapazonida haroratga 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 harorat 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 joylashgan 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.



2.9-rasm. Ikkita EBM ME chiqishlarining birgalikda ulanishi

Aytaylik, montaj usuli bilan ikkita EBMning inverslamaydigan chiqishlari birlashgan bo'lsin (2.9-rasm).

Agar elementlardan biri $F1$ funksiyani, ikkinchisi esa $F2$ ni bajaryotgan 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

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

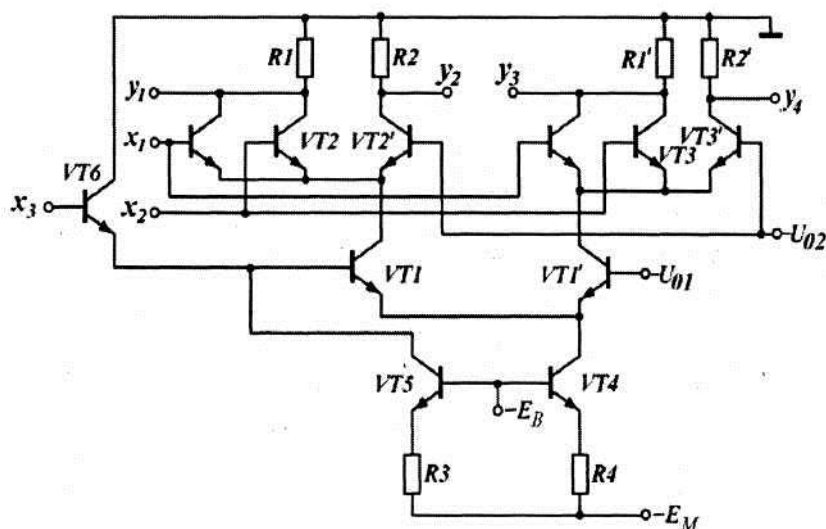
amalni bajaruvchi, ya'ni kirishlar soni ortishiga ekvivalent element hosil bo'lishi ko'rinib turibdi. Sxemada $X1$ va $X2$ kirishlar birinchi MEga, $X3$ va $X4$ kirishlar esa ikkinchi MEga tegishli. Inverslaydigan kirishlarini

birlashtirsak, HAM-Y0KI-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 yamsli, daraxtsimon) ulani-shini keltirishimiz mumkin. Bunda sochilish quvvati kamayadi va KIS kristallida sxema egallaydigan sirt yuzasi kichrayadi. Ikki zinali EBM sxemasi 2.10-rasmda keltirilgan (chiqishida emitter qaytargichlar ko‘rsatilmagan).

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.



2.10-rasm. Ikki zinali EBM sxemasi.

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 X3 kirishga mantiqiy 0 berilsa, EBMning yuqorida ko‘rib o‘tilgan xossalariidan kelib chiqqan holda, X1 va X2 kirishlarning ixtiyoriy kombinationsiyalarida Y1 va Y2 chiqishlarda mantiqiy 1 hosil bo‘ladi. Agar X3 kirishga mantiqiy 1 berilsa va $X1 = X2 = 0$ bo‘lsa, u holda Y1 chiqishda mantiqiy 1 saqlanib qoladi. Boshqa holatlarda Y1 chiqish mantiqiy 0 ga mos keladi. Y2 chiqishda esa aksincha, faqat $X1 = X2 = 0$ bo‘lgandagina mantiqiy 0 hosil bo‘ladi. X3 ning berilgan qiymatlarida uchinchi va to‘rtinchi chiqishlar, $\overline{X3}$ X3 ga mos keluvchi birinchi va ikkinchi chiqishlar qiymatlarini takrorlaydi. Bu to‘rttala funksiya haqiqiylik jadvalini tuzib, ular ekani-

ga ishonch hosil qilamiz.

4.3-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

$$Y1 = \overline{(X1 + X2)} + \overline{X3}; \quad Y2 = \overline{(X1 + X2)} + \overline{X3};$$

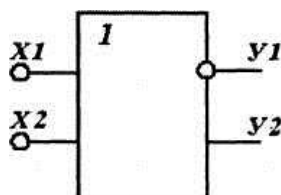
$$Y3 = \overline{(X1 + X2)} + X3; \quad Y4 = X1 + X2 + X3$$

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.

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 funksiyalarning bajarilishini ta'minlaydi. EBM elementlar parametrlari 4.3-jadvalda keltirilgan.

EBM negiz elementining shartli garfik belgilarini 2.11-rasmda ko'rsatilgan bo'lib, bunda $X1$, $X2$ – kirishlar, $Y1$ – invers chiqish;



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

4.4-jadval

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

$Y2$ – to'g'ri chiqish. Element musbat mantiq uchun bir vaqtning o'zida ikkita funksiya: $Y1$ chiqish bo'yicha 2YOKI-EMAS (Pirs elementi) va $Y2$

chiqish bo'yicha 2YOKI (dizyunksiya)ni amalga oshiradi. Ikki kirishli MEning haqiqiylik jadvali 4.4-jadvalda keltirilgan.

2.4. Bir turdagi MDYA-tranzistorlar asosidagi mantiq elementlari

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 oksidli (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 cho'ntaklar hosil qilish talab etilmaydi. Shuning uchun, bir xil murakkablikka ega bo'lganda, MDYA-tranzistorli IMSlar BTlarga nisbatan kristallda kichik o'lchamlarga ega va yasash texnologiyasi sodda bo'ladi. Kremniy oksidli MDYA ISlarning asosiy kamchiligi – tezkorlikning kichikligidir. Yana bir kamchiligi – katta iste'mol kuchlanishi bo'lib, u MDYA ISlarni BT ISlar bilan muvofiqlashtirishni murakkablashtiradi. MDYA ISlar nsosan uncha katta bo'lmagan tezkorlikka ega bo'lgan va kichik tok iste'mol qiladigan mantiqiy sxemalar va KISlar yaratishda qo'llaniladi. MDYA ISlarda eng yuqori integratsiya darajasiga erishilgan bo'lib, bir kristallda yuz minglab va undan ko'p komponentlar joylashishi mumkin.

MDYA-tranzistorli mantiq (MDYATM) asosida yuklamasi MDYA-tranzistorlar (3.6-bandda ko'rib o'tilgan) 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. Ko'proq n – kanalli tranzistorlar qo'llaniladi, chunki elektronlarning harakatchanligi kovaklarnikiga nisbatan yuqori bo'lganligi sababli, mantiqiy IMSlarning yuqori tezkorligi ta'minlanadi. Bundan tashqari, n – MDYATM sxemalar kuchlanish nominali va mantiqiy 0 va 1 sathlari bo'yicha TTM sxemalar bilan to'liq muvofiqlikka ega.

2.12-rasmda sodda 2HAM-EMAS va 2YOKI-EMAS ME ning sxemalari keltirilgan.

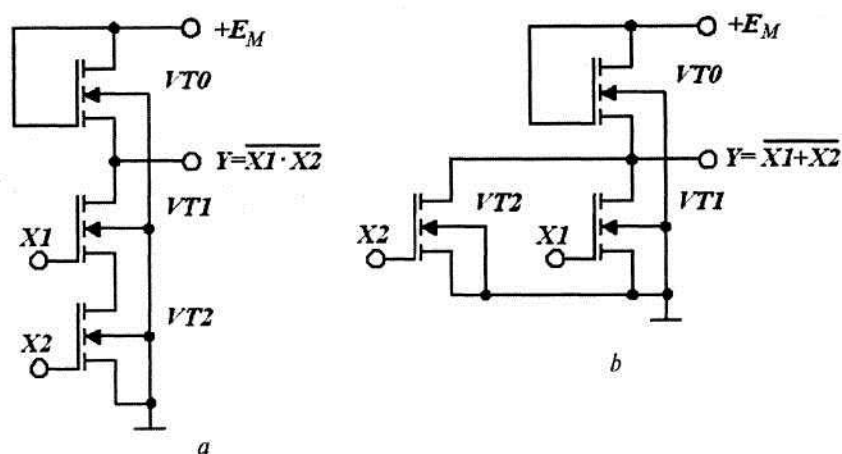
Bu sxemalarda yuklama sifatida ishlatilayotgan VTO tranzistorlar doim

ochiq holatda bo‘ladi, chunki ularning zatvorlari kuchlanish manbayining musbat qutbiga tutashgan. Ular tok cheklagichlar (dinamik qarshiliklar) vazifasini bajaradi.

2HAM-EMAS sxemada (4.12, *a*-rasm) pastki $VT1$ va $VT2$ tranzistorlar ketma-ket, 2YOKI-EMAS sxemada esa (4.12, *b*-rasm) parallel ulanadi.

2HAM-EMAS ME ishini ko‘rib chiqamiz. Agar qayta ulanuvchi tranzistorlar birining kirishidagi potensial bo‘lag‘aviy potensial U_0 dan kichik bo‘lsa, ya‘ni $U_{KIR} < U_0$ (mantiqiy 0) bo‘lsa, u holda bu tranzistor berk bo‘ladi. Bu vaqtda yuklamadagi VTO tranzistor stok toki ham nolga teng bo‘ladi. Shu sababli, sxemaning chiqishida manba kuchlanishi E_M qiymatiga yaqin bo‘lgan, ya‘ni mantiqiy 1 ga mos kuchlanish o‘rnatiladi.

Ikkala kirishga mantiqiy 1 sathga mos ($U_{KIR}^0 > U_0$) musbat potensial berilsa, ikkala tranzistor ochiladi va chiqishda mantiqiy 0 ($U_{CHI}^0 < U_0$) o‘rnatiladi.



2.12-rasm. *n* - MDYA tranzistorli mantiq elementlar sxemalari.

2YOKI-EMAS elementda (4.12, *b* – rasm) biror kirishga yuqori sath kuchlanishi ($U_{KIR}^1 > U_0$) berilsa, mos ravishda $VT1$ yoki $VT2$ tranzistor ochiladi va chiqishda mantiqiy 0 ($U_{CHI}^0 < U_0$) o‘rnatiladi.

Agar ikkala kirishga mantiqiy 0 darajasi berilsa, $VT1$ va $VT2$ berk bo‘ladi. Chiqishda esa yuqori sath kuchlanishi – mantiqiy 1 o‘rnatiladi.

$U_{CHI}^0 < U_0$ bo‘lishi uchun qayta ulanuvchi tranzistor (QUT) kanali kengligi yuklama vazifasini bajaruvchi tranzistor (YuT) kanali kengligidan katta, QUT kanal uzunligi esa YuTnikidan kichik bo‘lish kerak. Invertor statik rejimi va o‘tish jarayonlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, tezkorlik va iste‘mol quvvati nuqtayi nazaridan, $E_M = (2 \div 3) U_0$ kuchlanish qiymati optimal hisoblanadi. Demak, $U_0 = 1,5 \div 3$ V bo‘lganda $E_M = 4,5 \div 9$ V bo‘ladi.

MDYATM elementlarda real U_{CHI}^0 qiymati $U^0 = U_{QOL} \approx 0,2 \div 0,3$ V dan katta emas, U_{CHI}^1 qiymati esa $U_{CHI}^1 \approx E_M$.

Mos ravishda mantiqiy o‘tish

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

MDYATM elementning yana bir afzalligi xalaqitbardoshligining yuqoriligidadir. BTlardagi MELarda mantiqiy 0 ning xalaqitbardoshligi $(1 \div 2) U^*$, ya'ni $0,7 \div 1,4$ V bo'lganda, MDYATM da $U_{XAL}^0 = U_0 - U^0 \approx 1,5 \div 3$ V bo'ladi.

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, tezkorlikning ortishi yuklamadagi sig'implarni qayta zaryadlanish toki qiymatining ortishiga olib keladi. Lekin bu usul iste'mol quvvatini va chiqishdagi mantiqiy sathlar nobarqarorligining ortishiga olib keladi. Ko'rsatilgan qarama-qarshiliklar turli o'tkazuvchanlikka ega (komplementar) tranzistorli kalitlar yordamida sxemotexnik usulda bartaraf etilishi mumkin.

2.5. Komplementar MDYA-tranzistorlar asosidagi mantiq elementlari

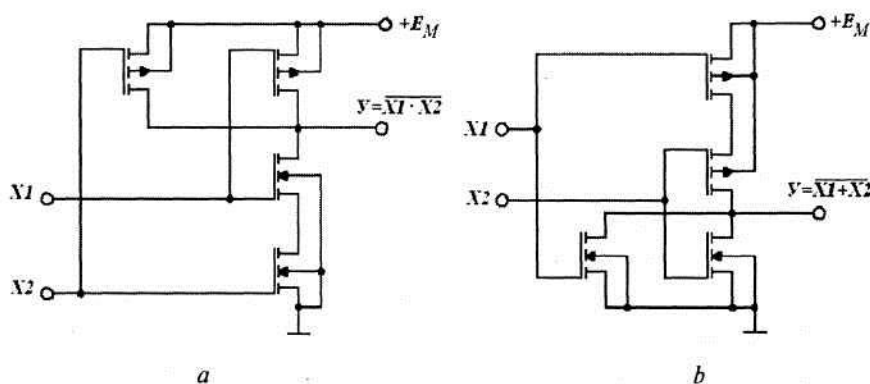
Komplementar MDYA-tranzistorli elektron kalitlarning afzalliklari 3.6-bandda ko'rib chiqilgan edi. Bu kalitlarning statik rejimdagi quvvat iste'moli o'nlarча nanovattni tashkil etib, tezkorligi esa 10 MGs va undan yuqori chastotalarda ishlashga imkon beradi. MDYA-tranzistorli RISlar ichida komplementar MDYA-tranzistorli MELar (KMDYATM) yuqori xalaqitbardoshlikka ega bo'lib, kuchlanish manbayi qiymatining $10 \div 45\%$ ini tashkil etadi. Yana bir afzalligi – kuchlanish manbayidan samarali foydalanish hisoblanadi, chunki mantiqiy o'tish deyarli kuchlanish manbayi qiymatiga teng. Demak, RISlar kuchlanish manbayi 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-tranzistorlarfa 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 paral-

lel 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 (4.13, *a*-rasm), 2YOKI-EMAS sxemada esa ketma-ket (4.13, *b*-rasm) ulanadi. Bunday prinsip yordamida faqat ikki kirishli elementlar emas, balki kirishlar soni katta bo‘lgan sxemalar ham tuziladi.

2HAM-EMAS sxema (4.13, *a*-rasm) quyidagicha ishlaydi. Sxema kirishlariga $U_{KIR}^0 < U_{BO'S}^n$ kuchlanish berilsa, barcha qayta ulanuvchi (n -kanalli tranzistorlar) ochiqbo‘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.



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

2YOKI-EMAS sxema (4.13, 6-rasm) quyidagicha ishlaydi. Sxema kirishlariga $U_{KIR}^0 < U_{BO'S}^n$ kuchlanish berilsa, qayta ulanuvchi n - kanalli tranzistorlar berk bo‘ladi, chunki ularda kanal induksiyanmaydi. p - kanalli tranzistorlarda esa kanal induksiyanadi, chunki ularning zatvorlari asosga nisbatan manfiy potensialga ega bo‘ladi. Bu potensial qiymati $U_{KIR}^0 - E_M \approx -E_M$ bo‘lib, bo‘lag‘aviy kuchlanish qiymatidan katta bo‘ladi. Lekin kanallardan berk tranzistorlarning 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 binning zatvoridagi kirish kuchlanishi bo‘lag‘aviy kuchlanish qiymatidan katta bo‘lsa $U_{KIR}^1 < U_{BO'S}^n$, bu tranzistorda kanal induksiyanadi. Unga mos keladigan yuklama tranzistorida esa kanal yo‘qoladi, ya‘ni tranzistor berkiladi. Sxema chiqishidagi kuchla-

nish 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'implarni qayta zaryadlash uchun sarflanayotgan quvvat bilan aniqlanadi.

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

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.

4.5-jadval

KMDYATM seriya elementlarining asosiy parametrlari

KMDYATM RIS parametrlari	Seriya			
	164	176	561	564
$t_{o'rt.keh}, nS$	200	250	50	50
$R_{O'RT}, mVt$	0,1	0,1	0,1	0,1
E_m, V	9	9	5	9
U_{CHI}^0, V	0,5	0,3	0	0
U_{CHI}^1, V	7,7	8,2	5	9
K_{TARM}	50	50	50	50

Turli seriyadagi KMDYATMlarning asosiy parametrlari 4.5-jadvalda keltirilgan.

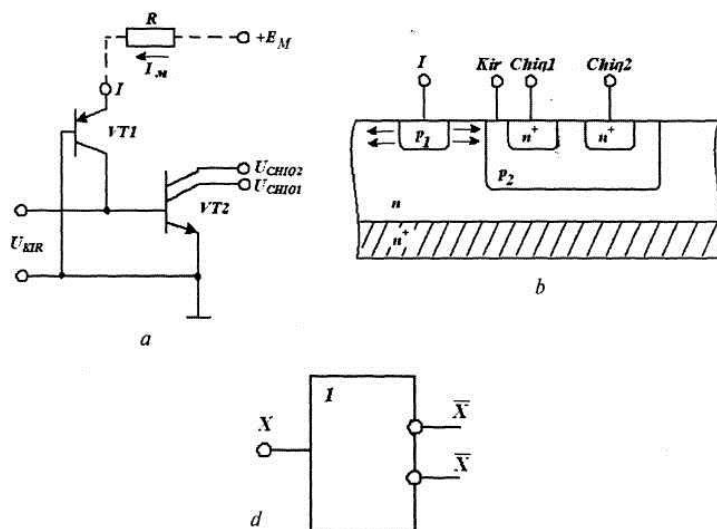
2.6. Integral-injeksion mantiq elementlari

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

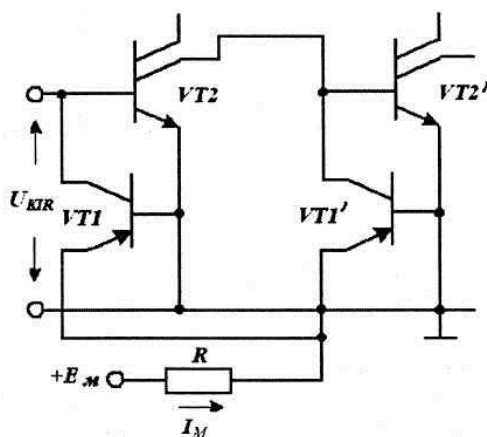
KIS MELari tezkorligining kichikligiga qaramasdan, MDYA-texnologiyada bajarilar edi. ME tezkorligini oshirish muammosi Philips va IBM firmalari tomonidan BT asosida integral-injeksion mantiq (PM) negiz elementi yaratilishiga sabab bo'ldi.

I^2M negiz elementi sxemasi 4.14, 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. PM 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.



2.14-rasm. PM negiz elementning prinsipial sxemasi (a), topologik qirqimi (b) va shartli belgilanishi (d).



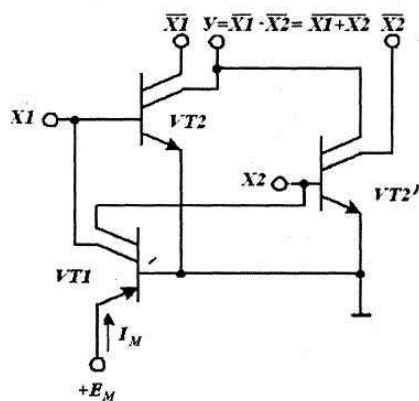
2.15-rasm. I^2M ME zanjiri.

I^2M IS kremniyli n^+ -asosda tayyorlanadi (4.14, 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 tranzistorning kollektori bo'lib hisoblanadi. Elementlar-

ning bunday tayyorlanishi funksional integratsiya deyiladi. Bu vaqtda turli elementlarga tegishli sohalarni izolatsiya qilishga (TTM va EBM elementlaridagi kabi) ehtiyoj qolmaydi. PM elementi rezistorlardan holi ekanligini inobatga olsak, yaxlit element kristallda TTMDagi standart KET egallagan hajmni egallaydi.

Elementning ishlash prinsipi. Ikkita ketma-ket ulangan PM elementlar zanjiri 2.15-rasmda tasvirlangan. Agar sxemaning kirishiga berilgan kuchlanish $U_{KIR}^0 < U^*$ 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 $U_{CHI}^1 = U^* \approx 0,7$ V. Agar sxemaning kirishidagi kuchlanishi $U_{KIR}^1 > U^*$ 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, PM negiz ME uchun quyidagi munosabatlar haqiqiydir: $U^0 = 0,1 \div 0,2$ V; $U^1 = 0,6 \div 0,7$ V. Bundan PM negiz ME uchun mantiqiy o'tish $U_{MO} = 0,4 \div 0,6$ V ekanligi kelib chiqadi.

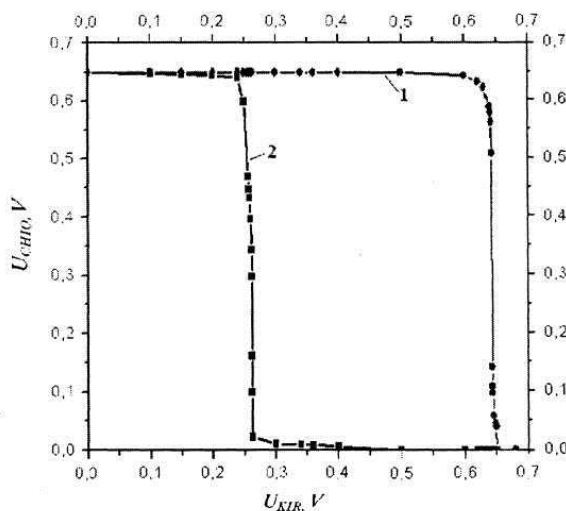
2.14-rasmdagi sxemadan foydalanib 2HAM-EMAS va 2YOKI-EMAS mantiqiy amallarini bajaruvchi MELarni tuzish mumkin. Masalan, 2.16-rasmda ikkita invertorni metall o'tkazgichlar bilan tutashtirish yo'li bilan 2YOKI-EMAS funksiyasini amalga oshirish mumkin. Bu vaqtda ikkala inverter VT1 tranzistorda hosil qilingan 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 amali bajariladi. Chiqish signallariga nisbatan esa HAM amali bajariladi. Shuni ta'kidlash kerakki, inverterlarning ikkinchi kollektorlari yordamida qo'shimcha kirish signallarini inkor etish mantiqiy amalini ($\overline{x_1}, \overline{x_2}$) bajarish mumkin, bu esa o'z navbatida MENing imkoniyatlarini kengaytiradi.



2.16-rasm. YOKI-EMAS amalini I^2M mantiqiy elementlar asosida tashkil etish sxemasi.

I^2M sxemalar tezkorligi injeksiya toki I_1 ga kuchli bog‘liq bo‘lib, tok ortgan sari ortadi. Bu vaqtda A_{QU} ozgina ortadi va $4 \div 0,2 pJ$ ni 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, I^2M 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.

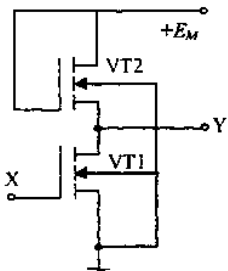
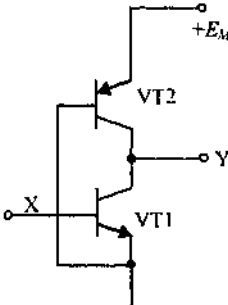
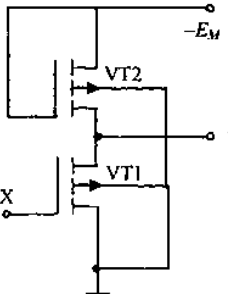
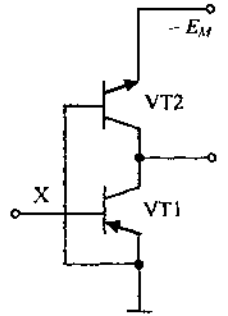
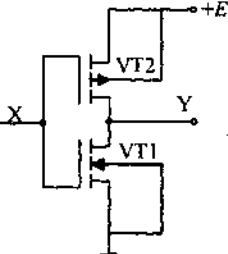
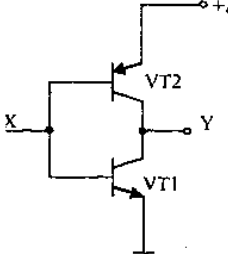
I^2M MEning X kirishiga statik rejimda mantiqiy 1 ga mos kuchlanish berilganda manba E_M dan energiya iste‘mol qilishi, uning kamchiligi hisoblanadi. Bu kamchilikni 4.6-jadvalda keltirilgan komplementar BT (KBT)larda tuzilgan invertor sxemalar yordamida bartaraf etish mumkin (2.17-rasm). KBTlarda injeksiya-voltaik rejimda ishlovchi ikki ($n-p-n$ va $p-n-p$) turli BTlar ketma-ket ulanadi.



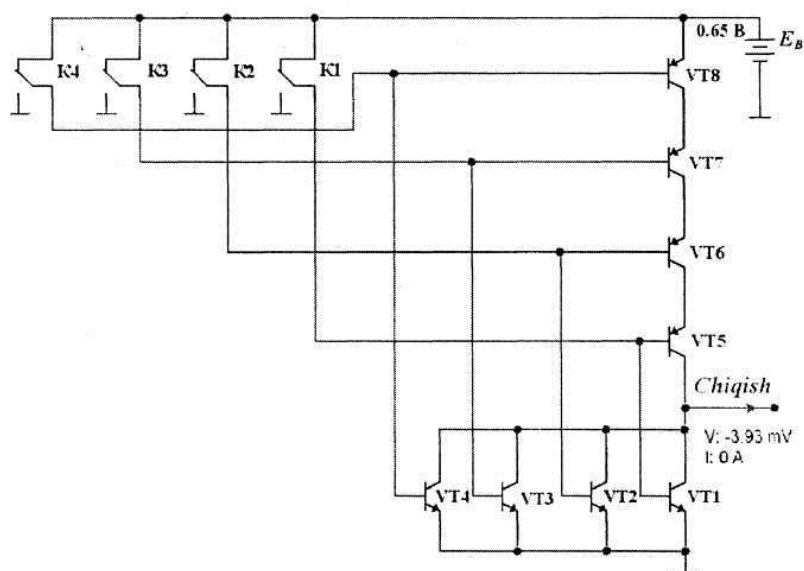
2.17-rasm. I^2M (1) va KBT (2) invertoriarning amplituda uzatish xarakteristikalari.

Jadvaldan I^2M invertori n - MDYA tranzistorli, $n-p-n$ dinamik yuklamali $p-n-p$ BTda bajarilgan invertor esa p - MDYA tranzistorli invertor analogi ekanligi ko‘rinib turibdi.

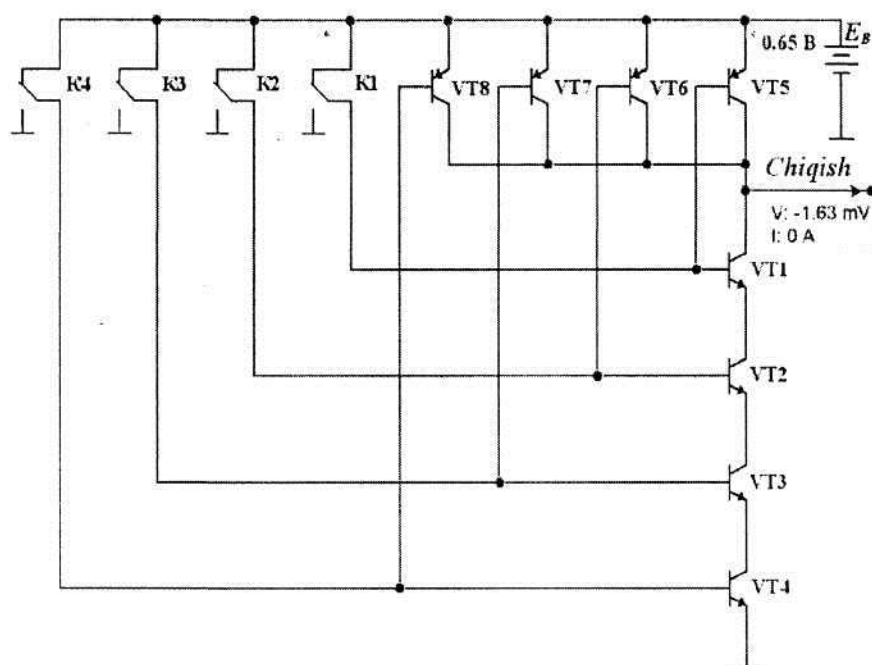
MDYA va BTlar asosidagi inverterlarni taqqoslash

№	MDYA-tranzistorlar asosidagi inverter sxemalari	BTlar asosidagi inverter sxemalari
1	n-MDYA 	
2	p-MDYA 	
3	KMDYA 	KBT 

KBTlarda bajarilgan «4HAM-EMAS» ME sxemasi 2.18-rasmda va «4YOKI-EMAS» ME sxemasi 2.19-rasmda ko'rsatilgan.



2.18-rasm. «4YOKI-EMAS» ME sxemasi.



2.19-rasm. «4HAM-EMAS» ME sxemasi.

Nazorat savollari

1. TTM MElarning keng tarqalganligini nima bilan tushuntirish mumkin?
2. Nima sababdan U^0 va U^1 sathlar TTM elementlar zanjiridan o'tganda standart sathlarga aylanadi?
3. TTM MElardagi KET tuzilmasi xossalari nima bilan tushuntiriladi?
4. TTM MElarning asosiy statik va dinamik parametrlari hamda xarakteristikalarini sanab bering.
5. TTM MElar modifikatsiyasi variantlarini sanab bering va qanday maqsadlarda ishlab chiqilganligini tushuntiring.
6. EBM MElarning tezkorligi nima bilan tushuntiriladi?
7. EBM negiz ME sxemasida asosiy tugunlarni ajratib ko'rsatish mumkinmi?
8. Nima sababdan ko'pchilik EBM MElarda emitter qaytargichlar qo'llaniladi?
9. Kirish bo'yicha birlashtirish va chiqish bo'yicha tarmoqlanish koeffitsiyentlari nimani anglatadi va ularning qiymatlari qanday bo'lishi mumkin?
10. Inversiyalovchi kuchaytirgich amplituda uzatish xarakteristikasini ifodalang.
11. ME xalaqitbardoshlik sohasi qanday aniqlanadi?
12. TTMDa bajarilgan 3HAM-EMAS negiz ME sxemasini keltiring va uning ishlashini tushuntiring.
13. TTMSH sxemadagi diodlar va Shottki tranzistorlari vazifasini tushuntiring.

14. TTM seriyadagi IS asosiy parametrlarini solishtiring. Ularning farqi nimadan kelib chiqadi?
15. Tok qayta ulagichi sxemasini keltiring.
16. Qanday usullar yordamida FBM IS funksional imkoniyatlarini kengaytirish mumkin?
17. Dinamik yuklamali MDYA-tranzistorli elektron kalit sxemasini keltiring.
18. Bir turdagi MDYA-tranzistorli 3HAM-EMAS va 3YOKI-EMAS amallarini bajaruvchi ME sxemasini keltiring va ularning ishlashini tushuntiring.
19. KMDYA-tranzistorli 3HAM-EMAS va 3YOKI-EMAS MEleri sxemasini tushuntiring.
20. I^2M ME texnologiya va sxemotexnik yechimi xossalari nimadan iborat?
21. Negiz I^2M ME sxemasi va uning topologiyasini keltiring.

III BOB.

KOMBINATSION TURDAGI RAQAMLI SXEMALAR

3.1. Kombinatsion sxemalarni sintez qilish uslubi

Qattiq jismli elektronika sohasining raqamli mikrosxemalarni yaratish yoʻlidagi erishgan yutuqlari fan va texnikaning ixtiyoriy murakkablikdagi qurilmalarini yigʻish imkonini beradi. Buning uchun qurilma axborotlarni qabul qilish, saqlash, kerakli oʻzgartirishlarni amalga oshirish va maʼlumotlarni uzatish kabi tugallangan jarayonlarni bajara olishi kerak. Bunday qurilmalar raqamli tizimlar deb ataladi va turli funksional bloklar va tugunlardan tashkil topadi. Ular esa oʻz navbatida kichik integratsiya darajasidagi yoki KIS va OʻKIS tarkibiga kiradigan alohida yasalgan negiz sxemalardan yigʻiladi.

Funksional tugun deb, mikroamallarni bajarishni taʼminlaydigan mantiqiy elementlar majmuyiga aytiladi. Mikroamallarga arifmetik qoʻshuv, konyunksiya, dizyunksiya, inversiya va boshqalar kiradi. Jamlagichlar, kod oʻzgartirgichlar, siljituvchi registrlar va shu kabilar tugunlar hisoblanadi. Mazkur darslikning ushbu V va VI boblarida raqamli sxemalar funksional tugunlarining asosiy turlari haqida batafsil maʼlumot keltirilgan.

Bir qurilma tarkibiga kiruvchi va bir turdagi mikroamallarni bajaruvchi funksional tugunlar koʻp hollarda funksional bloklarga birlashadi. Arifmetik-mantiqiy blok, xotira bloki, boshqaruv bloki va boshqalar funksional bloklarga misol boʻladi. Raqamli sxemalar funksional bloklarining asosiy turlari VII va VIII boblarda batafsil keltirilgan.

Raqamli qurilmalar tugunlari va bloklari ikki sinfga boʻlinadi: kombinatsion va ketma-ketli. Kombinatsion tugunlar va bloklar xotiraga ega emas, ketma-ketli tugunlar va bloklar esa xotira elementlariga ega.

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

Funksional tugun va bloklar sodda mantiqiy amallarni bajaradigan elektron sxemalarda tuziladi. Bu sxemalar negiz mantiqiy elementlar deb ataladi va ular IV bobda koʻrib oʻtilgan edi. Raqamli sxemalarda turli mantiqiy funksiyalarni amalga oshirish uchun minimal element bazis (yoki baza) deb ataluvchi mantiqiy elementlar majmuasiga ega boʻlish yetarli hisoblanadi.

Minimal element bazislar:

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

- YOKI-EMAS (EMAS-YOKI) amalini bajaruvchi Pirs mantiqiy elementlari majmuyi;
- HAM-EMAS amalini bajaruvchi Sheffer mantiqiy elementlari majmuyi.

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

U holda tizim parametrlarini yaxshilash 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 funksional to'liq tizimi hisoblanadi. Ya'ni minimal bazis mantiqiy elementlari majmuyi ixtiyoriy murakkablikdagi mantiqiy sxemani shakllantirishga imkon beradi.

Misol tariqasida, YOKI-EMAS elementi yordamida (5.1-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.

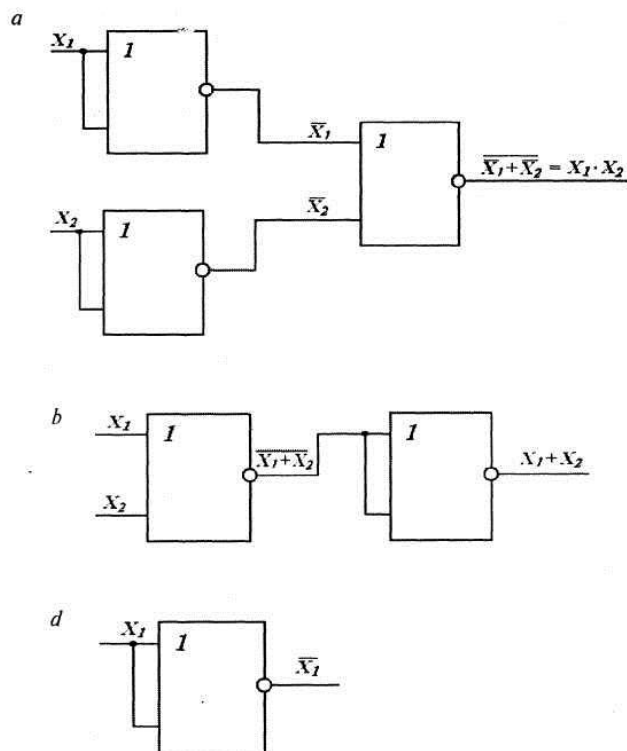
O'zgaruvchi kattaliklar orasidagi $y=f(x)$ bog'liqlik yoki funksiya turli shaklda ifodalanishi mumkin.

Raqamli qurilmalarning ishlash algoritmi matematik mantiq yordamida ifodalanadi. Shu sababli qurilmalar mantiqiy qurilmalar sinfiga taalluqli. Mantiqiy qurilmalarda chiqishdagi o'zgaruvchilar (funksiya) y_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 algebrasi funksiyasi qayta ulanuvchi funksiya deb ham ataladi.

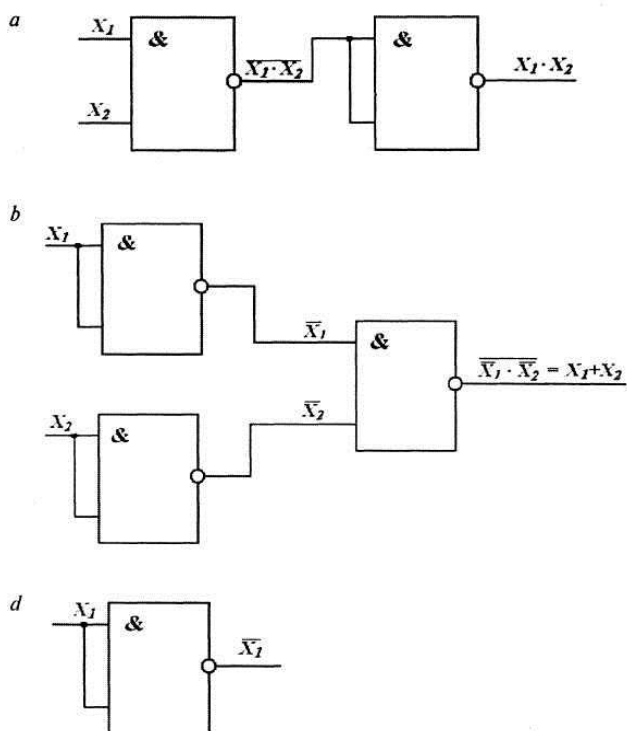
Ba'zi qurilmalar MAFni to'rt usulda ifodalash mumkin.

MAFning so'z yordamida ifodalanishi. MAFning so'z yordamida ifodalanishini istisnoli YOK1 mantiqiy amalini bajaruvchi mantiqiy element misolida ko'rib chiqamiz. Bu amal shunchalik muhimki, uning uchun $\oplus$ bel-

gisi 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 1 ga teng bo'ladi.



3.1-rasm. 2YOKI-EMAS elementi asosida HAM (a), YOKI (b) va EMAS (d) mantiqiy amallarining shakllanishi.



3.2-rasm. 2HAM-EMAS elementi asosida HAM (a), YOKI (b) va EMAS (d) mantiqiy amallarining shakllanishi.

Mazkur MAFning jadval ko‘rinishida ifodalanishi. Funksiyaning jadval yordamida ifodalanishi haqiqiylik jadvali deb ataladi va u kirish-dagi ikkita x_i o‘zgaruvchining ixtiyoriy kombinatsiyasidan va ularga mos keluvchi chiqishdagi o‘zgaruvchi y_1 qiymatlardan tashkil topgan bo‘ladi. Istisnoli YOK1 funksiyasi uchun haqiqiylik jadvali 5.1-jadvalda keltirilgan.

5.1-jadval

x_1	x_2	y
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 konstituentalar mantiqiy qo‘shiladi. Ko‘rib chiqilgan qoidalarga asoslanib istisnoli YOKI MAF uchun DNSH quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$y(x_1x_2) = \overline{x_1}x_2 + x_1\overline{x_2} = x_1 \oplus x_2. \quad (5.1)$$

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 konstituentalar mantiqiy ko‘paytiriladi. Ko‘rib chiqilgan qoidalarga asoslanib istisnoli YOKI MAF uchun KNSH quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

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

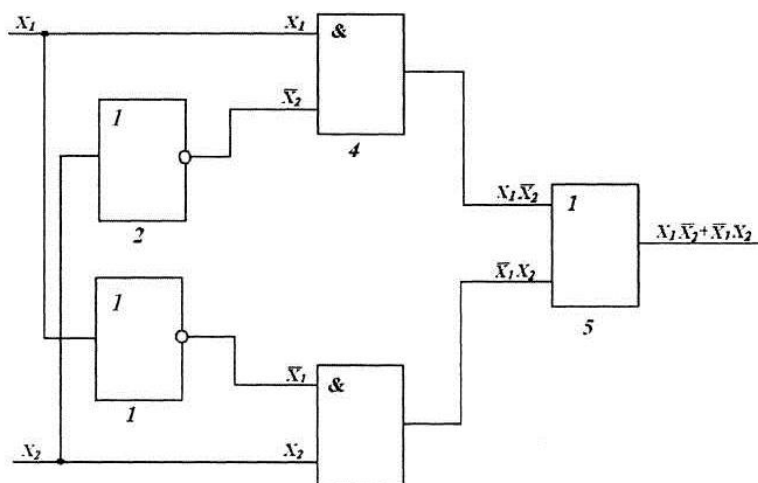
Izoh: so‘nggi paytlarda MAFning kub shaklda ifodalanishi keng tarqalgan bo‘lib, u integral mikrosxemalarni mantiqiy loyihalash jarayonlarini avtomatlashtirishda qo‘llaniladi.

Muhim xulosa: umumiy hollarda DNSH va KNSHlar ortiqcha hisobla-

nadi. Ya'ni, ko'rib chiqilgan qoidalar asosida tuzilgan DNSH va KNShlar 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 III bobdagi 3.5-jadvalda keltirilgan aksioma va mantiqiy algebra qonunlari yordamida hosil qilinadi. Misol tariqasida, mantiqiy algebra usullaridan foydalanib, istisnoli YOKI mantiqiy funksiyasini minimallashtirishning mumkinligini ko'rib chiqamiz. Agar bu mumkin bo'lsa, bu amalni bajaradigan sxema iqtisodiy jihatdan eng samarali hisoblanadi.

(5.1) funksiyani amalga oshirishga mo'ljallangan qurilma blok-sxemasi 5.3-rasmida keltirilgan. Tahlil qilishga qulay bo'lishi uchun ularni raqamlaymiz.



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

5.3-rasmning chap qismidan tahlilni boshlab, 1 va 2 invertorlar x_1 va x_2 o'zgaruvchilar qiymatini teskarisiga o'girish uchun ishlatilayotganini aytishimiz mumkin. HAM sxemasi 3 yordamida $\bar{x}_1 x_2$ amalga oshiriladi. Xuddi shunday HAM sxemasi 4 yordamida $x_1 \bar{x}_2$ amalga oshiriladi. Ikkala elementning chiqishi YOKI elementi 5 kirishlari bilan birlashgan. YOKI elementi chiqishidagi signal

$$y(x_1 x_2) = x_1 \oplus x_2 = \bar{x}_1 x_2 + x_1 \bar{x}_2.$$

funksiya bilan hisoblanadi.

Istisnoli YOKI funksiyasini (5.1) shakl asosida shakllantirish uchun ikkita EMAS sxemasi, ikkita HAM sxemasi va ikkita kirishga ega bo'lgan bitta YOKI sxemasi talab qilinadi (5.3-rasm).

Lekin (5.1) funksiyani minimallashtirish va x_1 va x_2 o'zgaruvchilarning barcha kombinatsiyasi uchun aynan shu javoblarni beruvchi sodd mantiqiy bog'liqlik hosil qilish mumkin. Buning uchun mantiq algebrasining

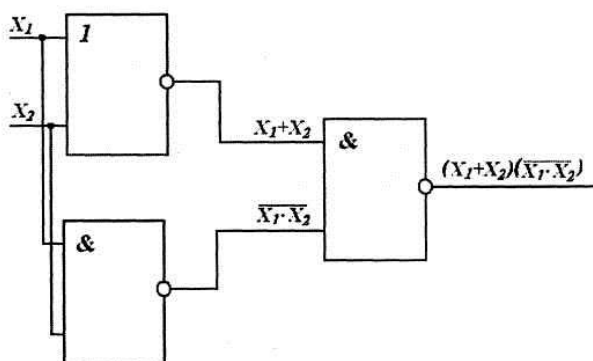
mantiqiy nisbatlaridan foydalanamiz.

Mantiqiy hisob qoidalaridan foydalanib, (5.1) funksiyaning boshqa ifodasini hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} y(x_1 x_2) &= x_1 \bar{x}_1 + x_1 \bar{x}_2 + x_2 \bar{x}_1 + x_2 \bar{x}_2 = x_1 (\bar{x}_1 + \bar{x}_2) + x_2 (\bar{x}_1 + \bar{x}_2) = \\ &= x_1 (\overline{x_1 x_2}) + x_2 (\overline{x_1 x_2}) = (x_1 + x_2) (\overline{x_1 x_2}), \end{aligned} \quad (5.3)$$

bunda $x_1 \bar{x}_1 = x_2 \bar{x}_2 = 0$.

(5.3) funksiyani amalga oshirishga mo'ljallangan qurilma blok-sxemasi 5.4-rasmida 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.

Ma'lumot uchun: istisnoli YOKI sxemasini shakllantirishning boshqa usullari ham mavjud.

Yuqoridagilardan xulosa qilish mumkinki, Bul algebrasi yordamida mantiqiy sxemalarni tuzishda zarur bo'lgan sodda sxemalar sonini minimallashtirish mumkin. Lekin Bul algebrasini yaxshi bilgan holdagina bunday natijalarga erishish 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 yaxshi usul hisoblanadi. Bu usul mantiqiy ifodalarni haqiqiylik jadvalari yordamida aniqlashga ham imkon beradi.

Karno kartalarini qo'llash materialni ixcham va qulay ifodalanishini ta'minlaydi. Karno kartalari haqiqiylik jadvaliga yaqin bo'lib, ikkita o'q bo'ylab joylashgan o'zgaruvchilardan tashkil topadi. O'zgaruvchilar shunday joylashishi kerakki, har bir kvadratdan keyingisiga o'tganda, faqat bir kirishning holati o'zgarsin. Ikkita (a), uchta (b) va to'rtta (d) mantiqiy o'zgaruvchili funksiyalar uchun Karno kartalari 5.5-rasmida keltirilgan. Ikkita o'zgaruvchi uchun $2^2 = 4$ kombinatsiya 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 turibdiki, har bir katakka mantiqiy o‘zgaruvchilar majmuyi 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 funksiyalarning Karno kartalari yordamida grafik ifodalanishi 5.6-rasmda keltirilgan.

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

O‘zgaruvchilar soni beshtadan ortiq boimagan 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 5.7, a-rasmda keltirilgan.

MAFning o‘zi (5.4) funksiya yordamida ifodalanadi:

$$y(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 x_2 + \bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 x_3 x_4. \quad (5.4)$$

Darhaqiqat, MAFni Veych kartalari yordamida minimallashtirishda 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)

$x_1 \backslash x_2$	0	1
0	$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$x_1 \bar{x}_2$
1	$\bar{x}_1 x_2$	$x_1 x_2$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{x_1}$

b)

$x_1 x_2 \backslash x_3$	00	01	11	10
0	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$	$\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3$	$x_1 x_2 \bar{x}_3$	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3$
1	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3$	$\bar{x}_1 x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	$x_1 \bar{x}_2 x_3$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{x_2}$

c)

$x_1 x_2 \backslash x_3 x_4$	00	01	11	10
00	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4$	$\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4$	$x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4$	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4$
01	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4$	$\bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4$	$x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4$	$x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4$
11	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4$	$\bar{x}_1 x_2 x_3 \bar{x}_4$	$x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4$	$x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4$
10	$\bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4$	$\bar{x}_1 x_2 x_3 x_4$	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{x_2}$

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

a

	x_1	0	1
x_2	0		1
	1	1	

$$y = x_1 \bar{x}_2 + \bar{x}_1 x_2$$

b

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

$$y(x_1, x_2, x_3, x_4) = x_1 x_2 + \bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 + \bar{x}_1 x_3 + x_1 x_3 x_4$$

d

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

$$y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 + \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4 + x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4$$

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

	x_1	$\bar{x}_1$		
x_2				x_4
				$\bar{x}_4$
$\bar{x}_2$				x_4
	$\bar{x}_2$	x_2	$\bar{x}_2$	

a

	x_1	$\bar{x}_1$		
x_2	1	1	1	x_4
	1	1	1	$\bar{x}_4$
$\bar{x}_2$		1	1	x_4
		1	1	$\bar{x}_4$
	$\bar{x}_2$	x_2	$\bar{x}_2$	

b

3.7-rasm. (5.4) qoidaga asosan to'rtta o'zgaruvchili MAF uchun Veych kartalari (a) va kataklarning to'ldirilishi (b): agar o'zgaruvchilarning i -kiritilishida funksiyaning qiymati 1 ga 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 zarur 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 narxini kamaytirish.

MAFni minimallashtirish me'zoni ham ko'rilayotgan masala turi, ham integral mikrosxemalar ishlab chiqarish texnologiyasining rivojlanish darajasiga bog'liq. Agar integral sxema loyihalashtirilayotgan boisa, murakkab MAFni amalga oshirish uchun birinchi o'ringa tashqi ulanishlar sonini kamaytirish va ichki tuzilmaning doimiyligi talabi qo'yiladi. Bu talab ixtiyoriy integratsiya darajasidagi (KIS, O'IS, KIS, O'KIS) mikrosxemalar qo'llaniladigan apparaturalarni loyihalashtirish 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 minimallashtirgan ifoda hosil qilishi mumkin. Funktsiyaning minimallashtirgan 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-EM AS amallarini bajaradigan minimal element bazisi yordamida ifodalash keng tarqalgan.

Mantiqiy tugun (blok) element bazasini tanlash. Raqamli elektronika rivojlanish jarayonida asosiy mantiqiy amallarni bajaradigan ko'p sonli sxemotexnik jihatdan turlicha bo'lgan mantiqiy elementlar ishlab chiqilgan. IV bobda bulardan amalda keng qo'llaniladigan turlari ko'rib chiqilgan edi. Bir xil mantiqiy funksiyani bajaradigan bir necha mantiqlarning mavjudligi (TTM, EBM, PM, MDYA va KMDYA) har birining tezkorligi, iste'mol quvvati, sxemotexnik yechimlarning mone'ligi, integratsiya darajasi va boshqa ko'rsat-kichlarining turlichaligi bilan ajralib turadi.

Mos keluvchi element bazani tanlash uchun asosiy elektr parametrlar dastlabki berilganlar (texnik vazifa) bo'lib hisoblanadi. Bundan tashqari, shuni nazarda tutish kerakki, hozirgi kunda raqamli tizimlarni loyihalashtirishda asosan negiz matritsali kristallarda bajarilgan dasturlanuvchi

mantiqiy KISlar va yarimbuyurtmali O'KISlar qo'llaniladi. Bu ISlar o'zaro ulanmagan ME elementlaridan tashkil topgan bo'ladi (2HAM-EMAS yoki 2YOK1-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 xuddi shu usul qo'llaniladi.

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

$$y(x) = \overline{x_2} + \overline{x_2}x_4 + x_1\overline{x_3}x_4 + \overline{x_1}x_2x_3\overline{x_4}. \quad (5.5)$$

Berilgan MAFni HAM-EMAS ME bazisiga o'zgartiramiz

$$y(x) = \overline{\overline{\overline{x_2x_4 + x_1x_3x_4 + x_1x_2x_3x_4} + (\overline{x_2x_4})(\overline{x_1x_3x_4})(\overline{x_1x_2x_3x_4})}}. \quad (5.6)$$

Natijada faqat HAM-EMAS amallarini bajaradigan ifoda hosil bo'ldi. Mazkur amalni bajaradigan elektr sxema 5.8-rasmda keltirilgan.

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

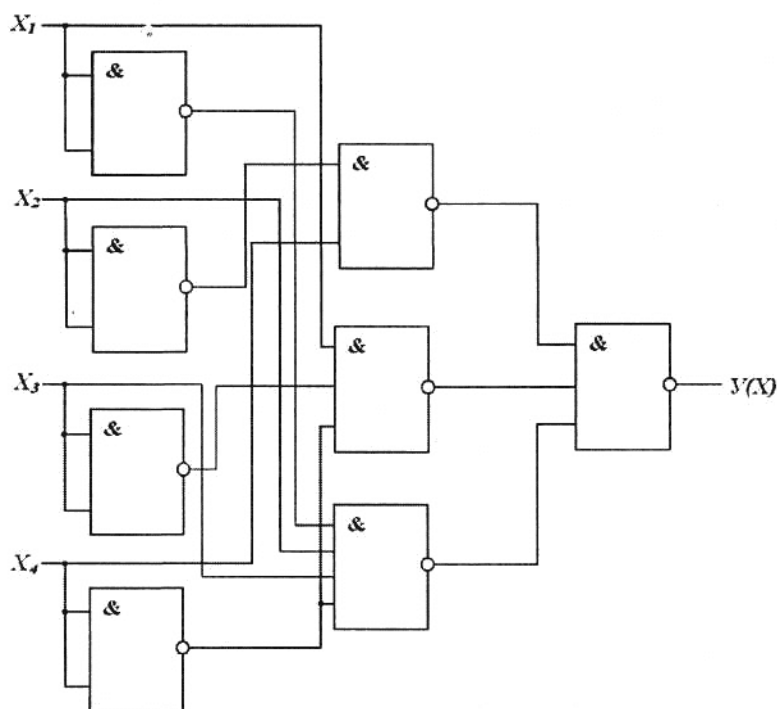
Misol tariqasida, quyidagi ko'rinishdagi MAF ni ko'rib chiqamiz:

$$y(x) = \overline{x_2x_4 + x_1x_2x_3 + x_1x_3x_4 + x_2x_3x_4}. \quad (5.7)$$

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

$$y(x) = \overline{\overline{\overline{x_2x_4 + x_1x_2x_3 + x_1x_3x_4 + x_2x_3x_4}}} = \overline{(\overline{x_2} + \overline{x_4}) + (\overline{x_1} + \overline{x_2} + \overline{x_3}) + (\overline{x_1} + \overline{x_3} + \overline{x_4}) + (\overline{x_1} + \overline{x_3} + \overline{x_4})} \quad (5.8)$$

hosil qilinadi.



3.8-rasm. (5.6) ifoda yordamida hosil qilingan, HAM-EMAS elementlarida bajarilgan qurilma blok-sxemasi.

O'zgartirishlar natijasida faqat YOKI-EMAS amallarini bajaradigan mantiqiy ifoda hosil bo'ldi. Mazkur amalni bajaradigan elektr sxema 5.9-rasmda keltirilgan.

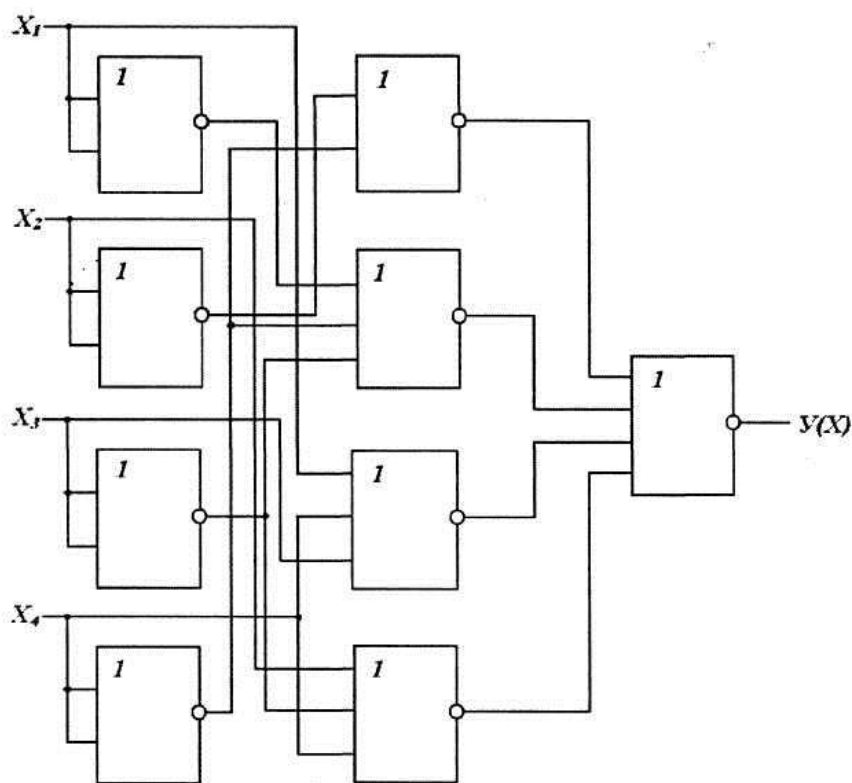
5.9-rasmdan ko'rinib turibdiki, MELardagi kirishlar soni turlicha. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan MELar ikkitadan sakkiztagacha kirishga ega. Kirishlar soni talab etilayotgan sonidan katta bo'lgan MELarni tanlash qulaydir, chunki aks holda mantiqiy qurilmani hosil qilishda bunday MELardan ko'p talab 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 xil mantiqiy o'zgaruvchi berish.

Birinchi usulning haqiqiyliги mazkur mantiqiy amallarning haqiqiylik jadvallari tahlili natijasida, ikkinchi usulning haqiqiyliги esa $x+x=x$ va $xx=x$ bo'lgan algebra mantig'idan kelib chiqadi.

Kombinatsion tugun elektr sxemasi sintezi. Sintez deganda, hosil bo'lgan blok-sxema elementlarini qulay bo'lgan tayyor mikrosxemalar bilan almashtirish tushuniladi. Bunda texnik vazifaga eng mos keladigan sxemalar tanlanadi.



3.9-rasm. (5.8) ifoda yordamida hosil qilingan, YOKI-EMAS elementlarida bajarilgan qurilma blok-sxemasi.

3.2. Shifratolar va deshifratolar

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), harflar (lotin alifbosi, unga asoslangan o'zbek tili harflari), maxsus 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'zgarmas kuchlanish qiymati bilan ifodalanuvchi elektr signallar xizmat 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-ketligidir. 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 tizimida 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 maqsadga muvofiqdir. Ularni qo'llaganda o'zgartirgich elektr signallarini maksimal soddalashtirish va amallarni bajarish vaqtini kamaytirish mumkin.

Kodlarning boshqa guruhi raqamli tizimlarda, masalan, xotira qurilmalari maxsus yacheykalarining ishdan chiqishi sababli yuzaga keladigan no-sozliklarni aniqlash va tuzatish kabi muammolarni yechish-ga yordam beradi. Ular ortiqcha kodlar deb ataladi. Bu kodlarda faqat bitta razryad, yoki umumiy holda bir nechta razryadlar ham bir, ham 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. Bunday kodlarga «10 dan 1» (10 ta simvoldan faqat bittasi bir qiymatga 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 muhit bilan doim periferiya (tashqi) qurilmalar orqali bog'langan bo'lib, uchta guruhga bo'linadi:

- inson va mikro-EHM o'rtasida aloqa o'rnatuvchi qurilmalar (klaviatura, yozuv mashinalari, 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 XQlar, 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 XQlarida ma'lumot bir turdan ikkinchisiga o'giriladi, chunki qayta ishlanayotgan ma'lumotlar, dastlabki berilgan va olinayotgan ma'lumotlar hisob mashinalari yordamida ikkilik sanoq tizimida kodlanayotgan turli fizik holatlar ko'rinishida ifodalanadi. Bu vazifani kod o'zgartirgichlari deb ataluvchi kombinatsion raqamli sxemalar amalga oshiradi. Kod o'zgartirgichlarning

xususiy holi bo'lib shifradorlar va deshifradorlar hisoblanadi.

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 shifratorning 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 $i = 0, 1, 2, \dots, 9$ sonlarini bosish orqali kiritilayotgan bo'lsin. Shifrador holatini haqiqiylik jadvali (3.2-jadval) yordamida tadqiq etish mumkin. Bunday shifratorning 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 shifratorning kirishlari soni $2^n=16$ dan kam bo'lganligi sababli, u to'liq emas hisoblanadi. Shifrador bir-biriga bog'liq bo'lmagan 4 ta chiqishga ega bo'lib, uning holati to'rtta MAFdan tashkil topgan tizim bilan ifodalanadi. Shifrador ishi mantig'ini ifodalovchi MAF tizimini 3.2-jadvaldan foydalanib hosil qilamiz:

$$\begin{aligned} Q_3 &= x_8 + x_9, \\ Q_2 &= x_4 + x_5 + x_6 + x_7, \\ Q_1 &= x_2 + x_3 + x_6 + x_7, \\ Q_0 &= x_1 + x_3 + x_5 + x_7 + x_9. \end{aligned} \tag{5.9}$$

MAFni aniqlash jarayoni juda sodda: qaysi birga teng bo'lgan kirish signallarida Q_i chiqish signali birga tengligini aniqlaymiz. Olingan MAF yordamida shifrador quyidagi qonunga asosan ishlashini kuzatishimiz mumkin. Q_0 kichik chiqish razryadi ixtiyoriy toq kirishlardan biriga signal berilganda ochilishi kerak, chunki ikkilik sanoq tizimidagi 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. Oxirgi Q_3 razryadi ikkilik sanoq tizimida 4-razryadi birga teng bo'lganda, ya'ni 8 va 9 raqamli o'zgaruvchilarga ega bo'lganda ochilishi kerak. Kirish signalining birga teng darajasi faqat bir kirishda bo'lishi mumkin. Kirishlarda bir bo'lmasa to'rttala chiqishda nol kodi hosil bo'ladi.

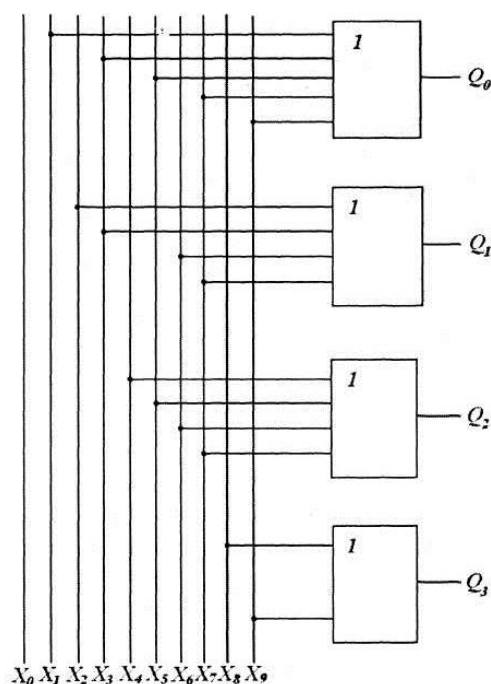
3.2-jadval

«10 dan 4 ga» shifratori («4 dan 10 ga» deshifratori)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	
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		1	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

(5.9) tizimga mos keluvchi shifratorning mantiqiy tizimi 5.10-rasmda keltirilgan.

Raqami tizimlarda shifratorning qo'llanilishi - bu dastlabki ma'lumotni ikkilik tizim tilida klaviaturadan kiritishdir. Shifrator va uning boshqaruv klaviaturasining shartli belgilanishi 5.11-rasmda keltirilgan.

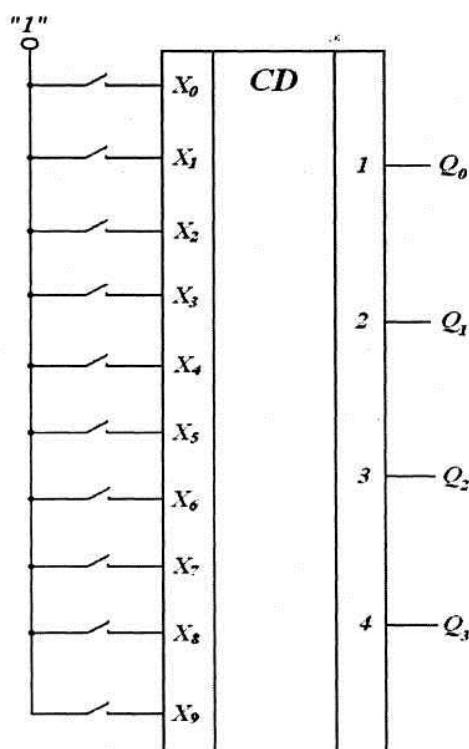


3.10-rasm. Shifrator blok-sxemasi.

Shifratorning berilgan oʻnlik kodiga mos raqamli x_i kirishlaridan biror klavishasi bosilsa, mantiqiy bir signal hosil boʻladi. Tegishli qayta ishlashlardan soʻng, shifratorning chiqish shinalarida ikkilik kodda yozilgan raqamga mos keluvchi signallar oʻrnatiladi.

Shunday qilib, shifратор faqat bitta oʻtkazuvchi sim (masalan, 9-sim)ga berilgan signalni shifратор chiqishida hosil boʻladigan parallel ikkilik kodga (bu holatda 1001) oʻtkazadi. Shifратор faqat bitta kirish signaliga javob berishi uchun uning sxemasi ustuvor qilib tuziladi. U holda chiqishdagi signal signalni qabul qilgan «katta» kirish raqamiga mos kelishi kerak. Deylik, signallar bir vaqtning oʻzida 3, 4 va 9- kirishlarga berilgan boʻlsin. Bu yerda 9-kirish katta raqamga ega boʻlib, ustuvorlikka ega, shuning uchun shifратор chiqishidagi kod 1001 boʻladi. Shu sababli, ustuvor shifратор mikrosxemalarida qoʻshimcha mantiqiy elementlar koʻzda tutiladi. Ustuvor shifратор analog-raqamli oʻzgartirgich va mikroprotessorli tizimlarda qoʻllaniladi.

Ikkilik sanoq tizimidagi raqamlarni oʻnlik sanoq tizimidagi kodga oʻzgartiruvchi kombinatsion mantiqiy qurilma deshifратор yoki dekode deb ataladi. Bunday oʻzgartirishlar, masalan, elektron soatlarda, EHM va shu kabilar dasturidagi maʼlumotlarni qayta shifrlashda qoʻllaniladi. Deshifратор shifratorga teskari boʻlgan amalni bajaradi. Agar deshifratorning n adres kirishlari uning m chiqishlari soni bilan $m = 2^n$ munosabat bilan bogʻlangan boʻlsa, bunday deshifратор toʻliq deb ataladi. Agar $m < 2^n$ boʻlsa, deshifратор toʻliq emas deb ataladi.

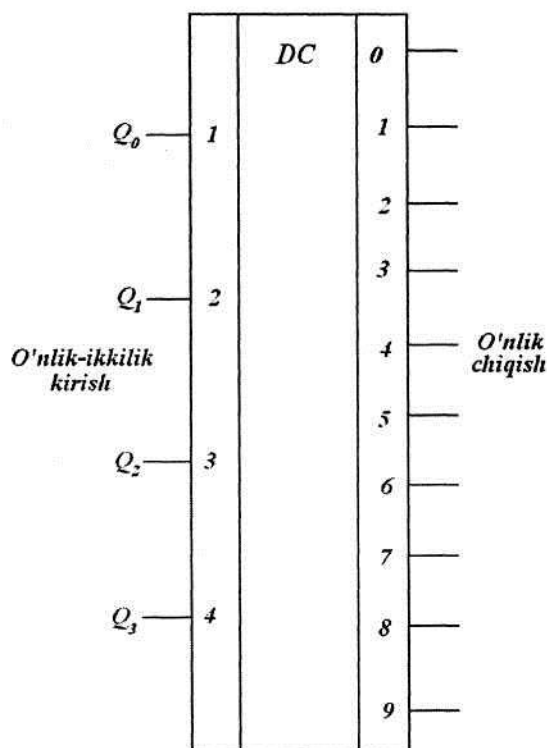


3.11-rasm. Shifратор va uning boshqaruv klaviaturası. «i» nuqta potentsiali mantiqiy bir potentsialiga teng.

Ikkilik-oʻnlik raqamlarni oʻnlik raqamlarga oʻgirishda deshifrador qanday ishlashini koʻrib chiqamiz. Deshifrador va shifrador bajaradigan amallar deyarli bir-biridan farq qilmasligi sababli, deshifratorning ishlashi shifrador ishining haqiqiylik jadvali (3.2-jadval) bilan ifodalanadi. Kirish va chiqish signallarini oʻrin almashtirish kifoya. Endi chiqish signallari boʻlib x_i , kirish signallari boʻlib esa Q_i hisoblanadi. Jadvalga binoan, faqat bitta kirish oʻzgaruvchilari majmuyida chiqishdagi signal birga teng, yaʼni faqat bitta bir konstituentasi uchun. Demak, «4 dan 10 ga» deshifratori ishi algoritmi quyidagi tenglamalar sistemasi bilan ifodalanadi:

$$\begin{aligned} x_0 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} \overline{Q_0}, & x_5 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0, \\ x_1 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} \overline{Q_1} Q_0, & x_6 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} Q_1 \overline{Q_0}, \\ x_2 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} Q_1 \overline{Q_0}, & x_7 &= \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}, \\ x_3 &= \overline{Q_3} \overline{Q_2} Q_1 Q_0, & x_8 &= \overline{Q_3} Q_2 Q_1 \overline{Q_0}, \\ x_4 &= \overline{Q_3} Q_2 \overline{Q_1} \overline{Q_0}, & x_9 &= \overline{Q_3} Q_2 Q_1 Q_0. \end{aligned} \quad (5.10)$$

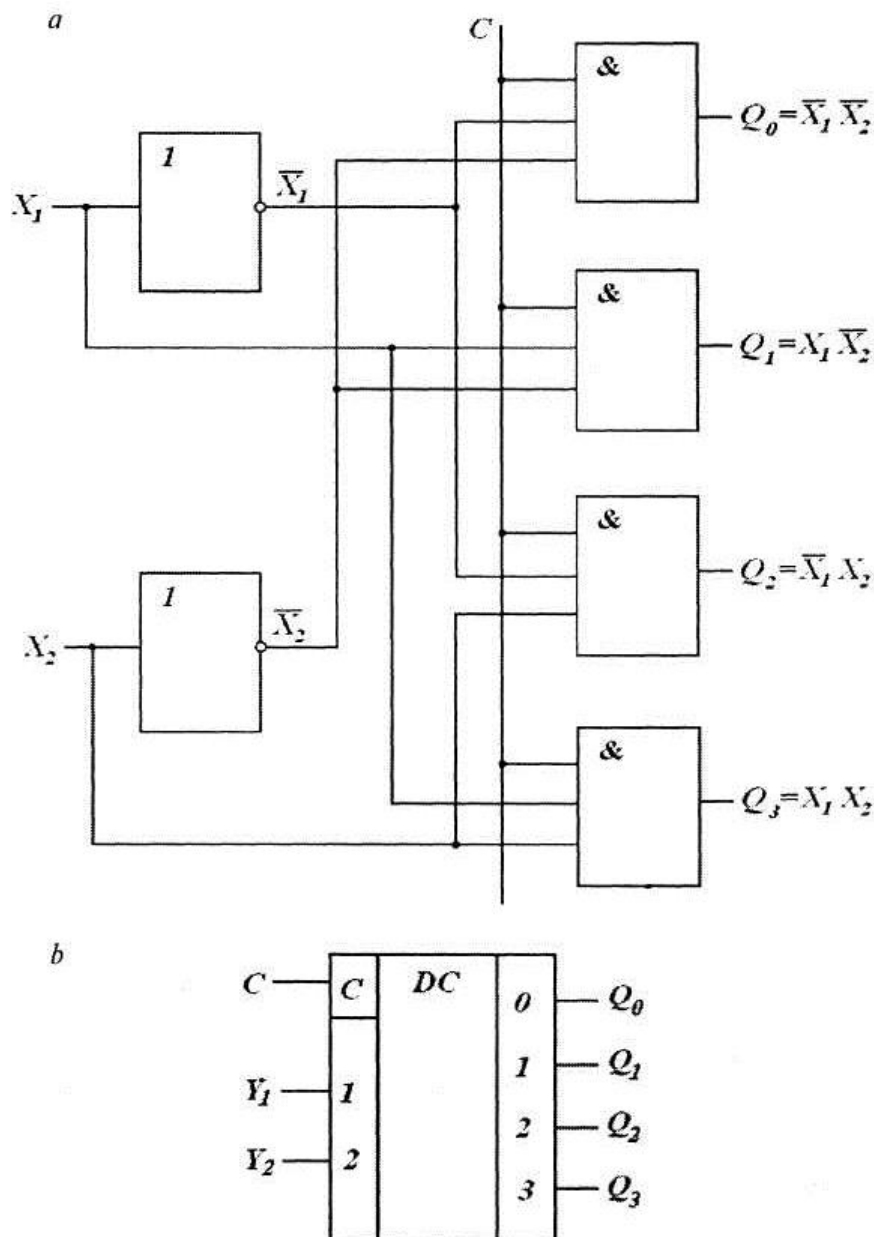
«10 dan 4 ga» deshifratorining shartli grafik belgilanishi 5.12-rasmda keltirilgan. Bu deshifrador ikkilik-oʻnlik kodni oʻnlik kodga oʻzgartiradi.



3.12-rasm. «4 dan 10 ga» deshifratorining shartli grafik belgilanishi.

Shunday qilib, deshifrador toʻrt razryadli ikkilik-oʻnlik kodni ikkilik-oʻnlik sanoq tizimidagi oʻnlik raqamga mos keluvchi chiqishda yuzaga kelgan mantiqiy bir kuchlanishga oʻgiradi. Masalan, 1001 kirish kodi 9-raqamli simni ishga tushirishi kerak, deshifratorning qolgan simlarida nol boʻlishi kerak. Tezkorligi yuqori, lekin qoʻllanilgan murakkab MElar soni

ko‘p bo‘lgan qurilma, chiziqli deshifrador (DSH) hisoblanadi. Chiziqli DSH bir-biri bilan bog‘lanmagan HAM sxemalari majmuyini tashkil etadi. Ularning har biri DSH ishini ifodalovchi (5.10) MAF tizimi mantiqiy funksiyalaridan birini amalga oshirish uchun mo‘ljallangan. Demak, (5.10) yordamida ifodalanuvchi tizim uchun o‘nta HAM sxemasi talab etiladi. Adabiyotlarda chiziqli DSHlar bir pog‘onali, parallel yoki matritsali deshifradorlar deb ham nomlanadi.



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

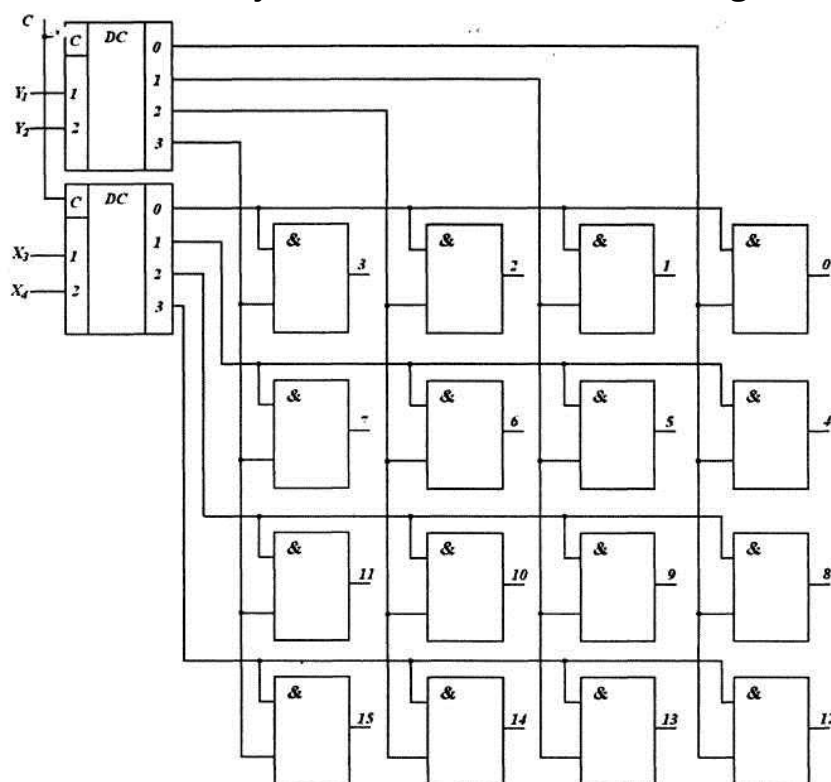
Chiziqli DSHlarning afzalligi – ularning tezkorligidir, chunki signal faqat bitta ME orqali o‘tadi. DSHning kamchiligi bo‘lib, faqat ko‘p sonli ko‘p kirishlarga ega bo‘lgan HAM sxemalarigagina emas, balki to‘g‘ri va invers signallar manbayi bo‘lgan sxemalarga ham qo‘yiladigan yuqori yuklama talablar hisoblanadi. Shuning uchun chiziqli DSHlar kirish o‘zga-

ruvchilari uncha katta bo'lmagan ($n=2\div 4$) kichik DSH yoki piramidali, yoxud ko'p pog'onali deshifrlatorlarda qo'llaniladi.

Ikkita adres kirishiga va to'rtta (0 - 3) chiqishga ega bo'lgan chiziqli DSH tasviri 5.13, 0-rasmda, uning shartli tasviri esa 5.13, 6-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 mos keluvchi HAM elementining uchchala kirishida 1 qiymatiga mos keluvchi o'zgaruvchi hosil bo'ladigan holatdagina qabul qilishi mumkin.

Deshifrlator mikrosxemalari ko'p hollarda mxsat kirishi C ga ega bo'ladi. 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 5.14-rasmda keltirilgan. U bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda kirish kodining katta va kichik razryadlarini qayta shifrlovchi 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.



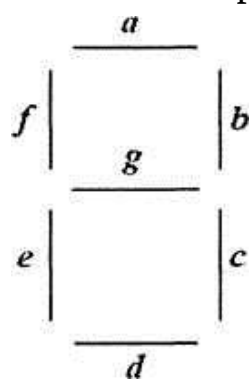
3.14-rasm. To'g'ri burchakli deshifrlator sxemasi.

Sodda MELar soniga ko'ra mazkur deshifrlator bir pog'onalidan sodda, ya'ni barcha kirish va chiqishlar yig'indisidan kelib chiqadigan apparaturaga ketadigan xarajatlar 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 yetti segmentli kodga o'zgartiruvchi deshifratordir. Bunday deshifratlar o'nlik raqamlarni yorug'lik diodlari, suyuq kristall indikatorlarida, elektrolyuminissent va elektrovakuum qurilmalar ishlatilgan yorug'lik tablolarida vizual indikatsiyalash qurilmalarida qo'llaniladi.

Ikkilik-o'nlik kodni yetti segmentli kodga o'zgartirish, 3.3-jadvalga mos ravishda amalga oshiriladi. Bu yerda chiqish funksiyalari indikatorning a, b, c, d, e, f, g , ya'ni 7 ta segmentiga mos keladi (5.15-rasm). Yetti segmentli yorug'lik indikatorida bajarilgan deshifratorning shartli belgisi 5.16-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 qiladi.



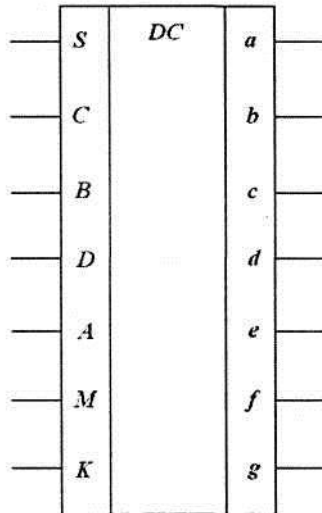
3.15-rasm. O'nlik raqamning yetti segmentli

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 ikkilik sonlar) ma'noga ega bo'lmay, deshifrator sxemasi tomonidan o'zgartirilmaydi. Xuddi shunday 128 (2^7) ta 0 va 1 kombinatsiyasidan deshifrator chiqishida yana raqamli indikatorning faqat mazkur raqam konturini shakllantiruvchi 10 ta kombinatsiyasi ma'noga ega bo'ladi.

3.3-jadval

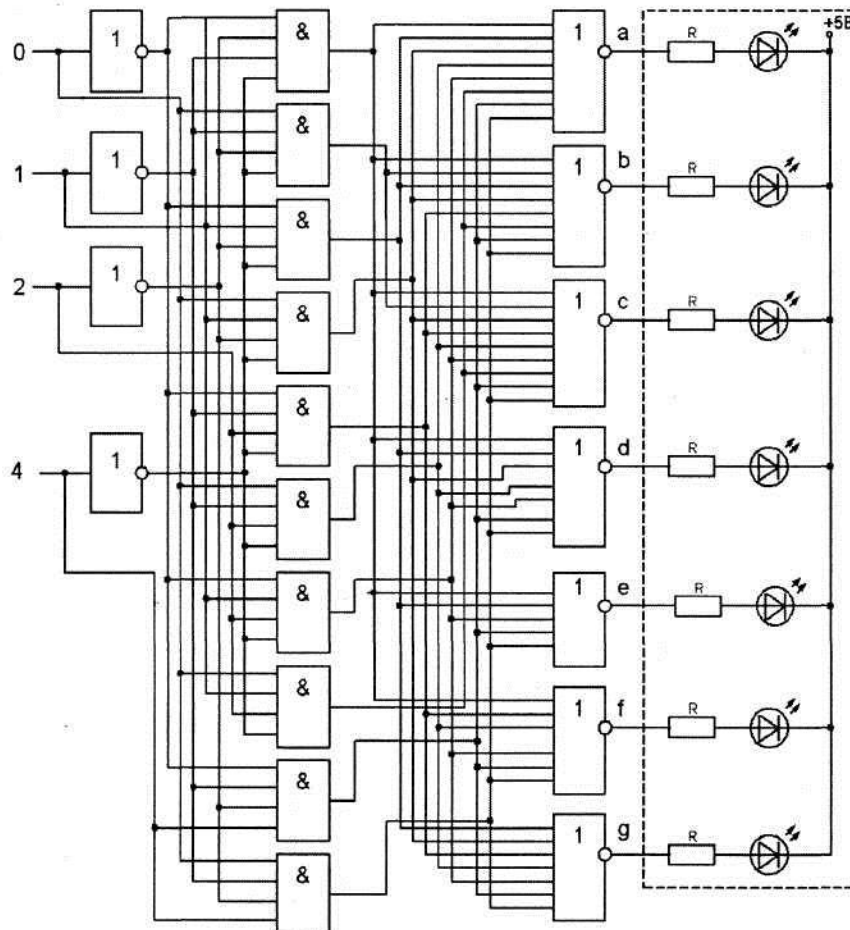
O'nlik-ikkilik kodni 7 segmentli kodga o'zgartirishning funksional jadvali

Kirishlar				Chiqishlar						
D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
										1
			1	1			1	1	1	1
		1				1			1	
		1	1					1	1	
	1			1			1	1		
	1		1		1			1		
	1	1			1					
	1	1	1				1	1	1	1
1								1		
1			1							



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

3.1-bandda keltirilgan uslubiyatdan foydalanib, TTMda bajarilgan HAM-YOKI-EMAS elementlarida shakllangan deshifrator mantiqiy sxemasini hosil qilish mushkulemas (5.17-rasm). Sxema chiqishida ochiq kollektorli elementlar qoʻllanilgan. Shuning uchun segmentlar mos ravishda *a-g* chiqishlarda past potensial boʻlganda nurlanadi.



3.17-rasm. Raqamli indikatorni boshqaruvchi deshifrator sxemasi.

3.3. Multipleksor va demultipleksorlar

Kombinatsion turdagi mikrosxemalarning keyingi guruhini multipleksorlar tashkil etadi. Ular bir necha manbadan berilayotgan ma'lumotlarni bitta chiqish kanaliga uzatishni boshqarish uchun mo'ljallangan. Multipleksorda, masalan, to'rtta ma'lumot kirishi va bitta chiqish bo'lishi mumkin. Demak, multipleksorga 4 ta datchik – ma'lumot manbayi ulanishi mumkin. Sxemada bitta chiqish bo'lganligi sababli, multipleksorga ulangan qabul qilgichda ma'lumotlar faqat ketma-ket qayta ishlanadi. Ma'lumotlarni qayta ishlash ketma-ketligi, multipleksorning boshqaruv kirishlariga berilayotgan signallar bilan belgilanadi.

Multipleksorlar avtomatika, telemexanika va aloqa qurilmalarida keng qo'llaniladi. Masalan, fazoda tarqalgan bir nechta manbadan kelayotgan ma'lumotlarni bitta telefon kanalidan uzatishda. Bunday amal multipleksiyalash deb ataladi, ya'ni bitta liniyadan bir necha manbadan berilayotgan ma'lumotlar uzatiladi.

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 majmuyini tashkil etadi. Har bir konyunktorning bitta kirishi ma'lumot signali manbayiga, ikkinchisi esa boshqaruv signallari manbayiga ulanadi. Konyunktorlarning chiqishlari YOK1 sxemasi bilan birlashadi.

Bizga ma'lumki, HAM elementining ikkala kirishiga mantiqiy 1 signali berilsa, chiqishda ham 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 1 ga) ega bo'lsa, chiqishga aynan shu liniyadagi ma'lumot uzatiladi. Agar tanlangan kanal kichik darajaga (mantiqiy 0 ga) 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'lumotlarning faqat bittasini chiqishga ulab berishni ta'minlashi kerak ekan. Buning uchun multipleksorda ikki guruhga mansub kirishlar mo'ljallangan: ma'lumotlar uchun va adres uchun (boshqaruvchi). U yoki bu A_i kirish liniyasini tanlashga 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 turdagi multipleksor «4 dan 1 ga», ikkinchisi esa «16 dan 1 ga» deb ataladi. «4 dan 1 ga» multipleksorining haqiqiylik jadvali (5.4-jadval) dan foydalangan

holda, bunday amalni bajaruvchi multipleksorning MAFini ifodalaymiz:

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

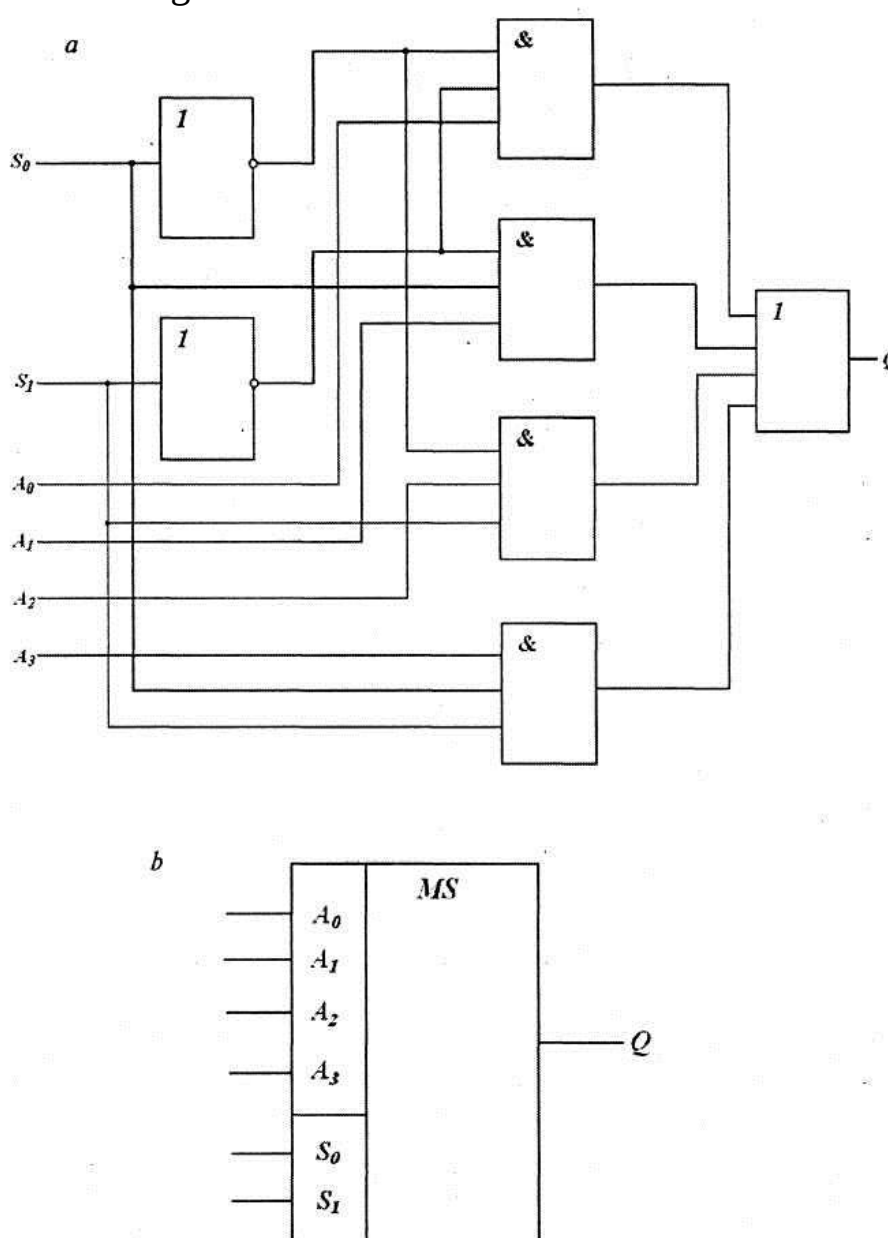
bu yerda qavslar ichiga S_0, S_1 adres o'zgaruvchilarining bir konstituentlari joylashtirilgan.

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

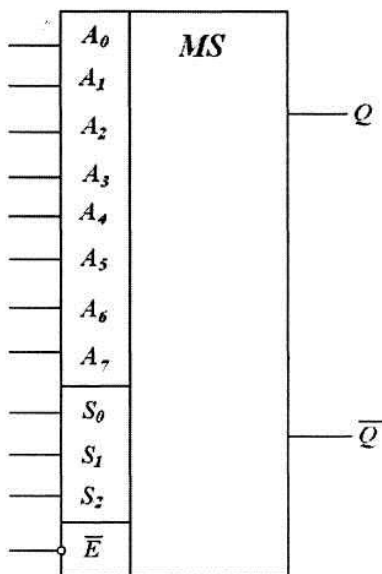
«4 dan 1 ga» multipleksori mantiqiy sxemasining sxemotexnik yechimi 5.18-rasmda keltirilgan.



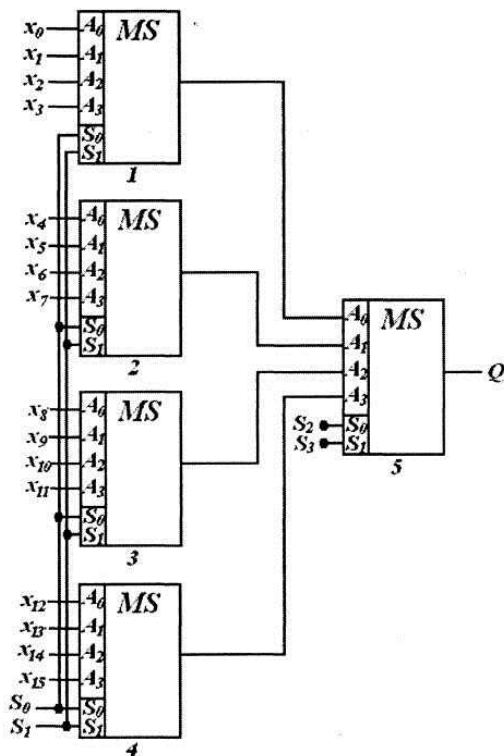
3.18-rasm. «4 dan 1 ga» multipleksori sxemasi (a) va uning shartli belgilanishi (b)

O'rta integratsiya darajasidagi TTM mikrosxemasi ko'rinishida ishlab chiqarilayotgan multipleksorda murakkab invertorli chiqishga ega bo'lgan HAM-YOKI-EMAS elementi ishlatiladi. Bu element $N \geq 10$ bo'lgan yuqori tarmoqlanish koeffitsiyenti va uncha katta bo'lmagan yuklamada yuqori tezkorlikni ta'minlaydi.

Mikroprotsessori multipleksorlari taktlovchi qurilma hisoblanadi. Ular-da tanlangan kanal kombinatsiyasi boshqaruv kirishlarida ma'lum kod kombinatsiyasi mavjud bo'lgan vaqt mobaynida emas, balki takt signali davomiyligiga teng bo'lgan vaqt mobaynida kommutatsiya amalga oshiriladi.



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

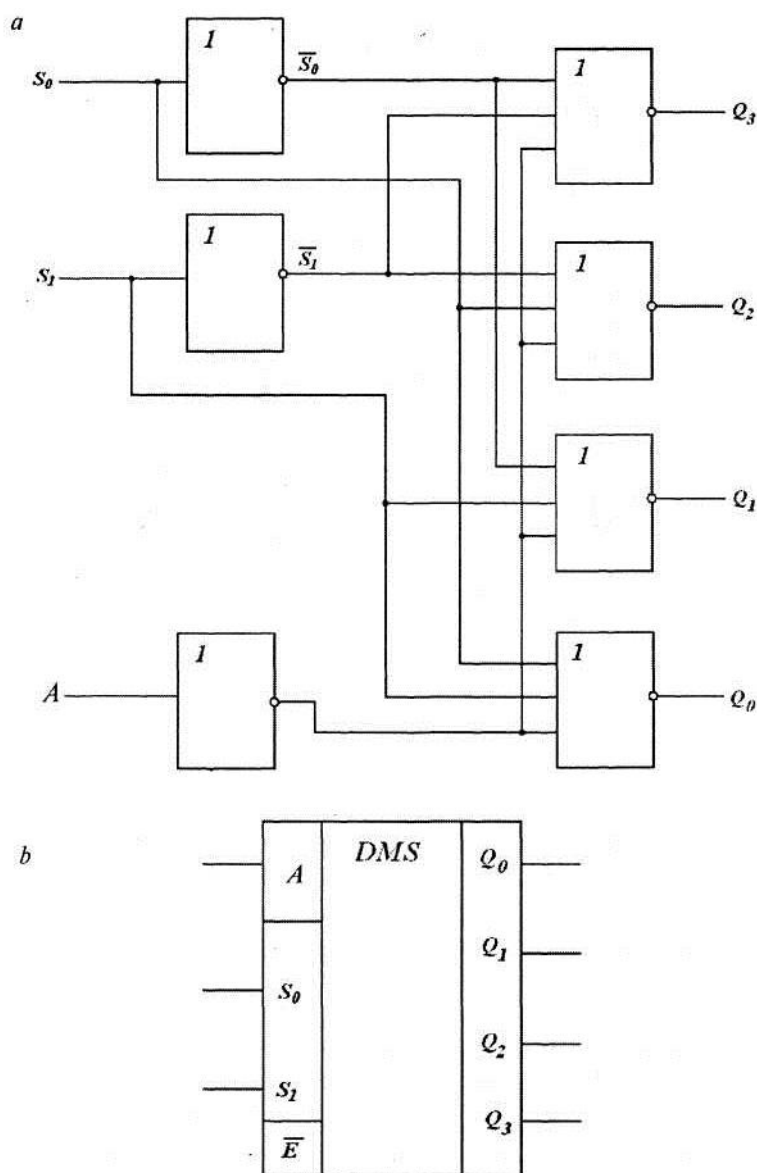


3.20-rasm. 16 ta ma'lumot kirishiga ega bo'lgan multipleksor daraxti sxemasi.

Multipleksor (155 seriyali mikrosxema) shartli belgisi 3.19-rasmda keltirilgan. U sakkizta $A_0 - A_7$ ma'lumot kirishiga, uchta S_0, S_1, S_2 adres kirishiga, ruxsat berish kirishiga va biri to'g'ri, ikkinchisi esa invers bo'lgan ikkita chiqishga ega.

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

Birinchi darajadagi multipleksorlar (1 - 4) adres so'zining S_0, S_1 kichik razryadlari yordamida, ikkinchi darajadagi multipleksor (5) adres so'zining S_2, S_3 katta razryadlari yordamida boshqariladi.



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

Demultiplexsorlar. Demultiplexsor bir kanaldan qabul qilingan ma'lumotlarni bir necha qabul qilgichlarga taqsimlash vazifasini, ya'ni multi-

pleksiyalashga teskari bo'lgan amalni bajaradi. Qabul qilgich raqami (aktivlashtirilgan chiqish) uning boshqaruv kirishlariga berilgan kod kombi-natsiyasi 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» demul-tipleksorining tuzilish uslubini ko'rib chiqamiz (S_0, S_1 ikkita adres chiqishi va $Q_0 - Q_3$ to'rtta chiqish). Ko'rinib turibdiki, agar ma'lumot M chiqish liniyalaridan biriga yo'nalgan bo'lsa, u holda qolgan chiqish liniyalarida mantiqiy nol ushlab turiladi. «1 dan 4 ga» demultipleksorining haqiqiylik jadvali 5.5-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:

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

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

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

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

Berilgan funktsiyani YOKI-EMAS elementlari yordamida bajaradigan mantiqiy sxema va uning shartli grafik tasviri 3.21-rasmda keltirilgan. Bu yerda $\overline{E}$ - ishga ruxsat berish kirishi.

Chiqish liniyalarini ko'paytirish talab etilganda, mos ravishda «1 dan 4 ga» demultipleksor mikrosxemalaridan kerakli miqdori olinib, demultipleksor daraxti tuziladi. Bunday daraxt tuzilmasi multipleksor daraxtiga ko'zgudagi aks kabi mos keladi (3.21-rasm). Buning uchun ruxsat berish kirishlari xizmat qiladi.

3.4. Jamlagich va yarimjamlagichlar

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: $0+0=0$, $1+0=1$, $1+0=1$, $1+1=10$ masalasini ko'rib chiqamiz. Oxirgi vaziyatda natija ikki razryadli ikkilik kodi yordamida ifodalangan. Yig'indining katta razryadida paydo bo'lgan 1 o'tkazish biri deb ataladi. Ikkita bir razryadli sonlarning yig'indisini bizga qulay bo'lgan haqiqiylik jadvali ko'rinishida

ifodalaymiz (5.6-jadval).

3.6-jadval

Bir razryadli jamlagich haqiqiylik jadvali

Qo'shiluvchilar		Natija	
X	Y	Jami S	O'tkazish C
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:

$$S = \overline{X}Y + X\overline{Y} = X \oplus Y, \quad (5.11)$$

$$C = XY, \quad (5.12)$$

bu yerda $\oplus$ belgisi – ikki moduli bo'yicha qo'shish (o'tkazishsiz).

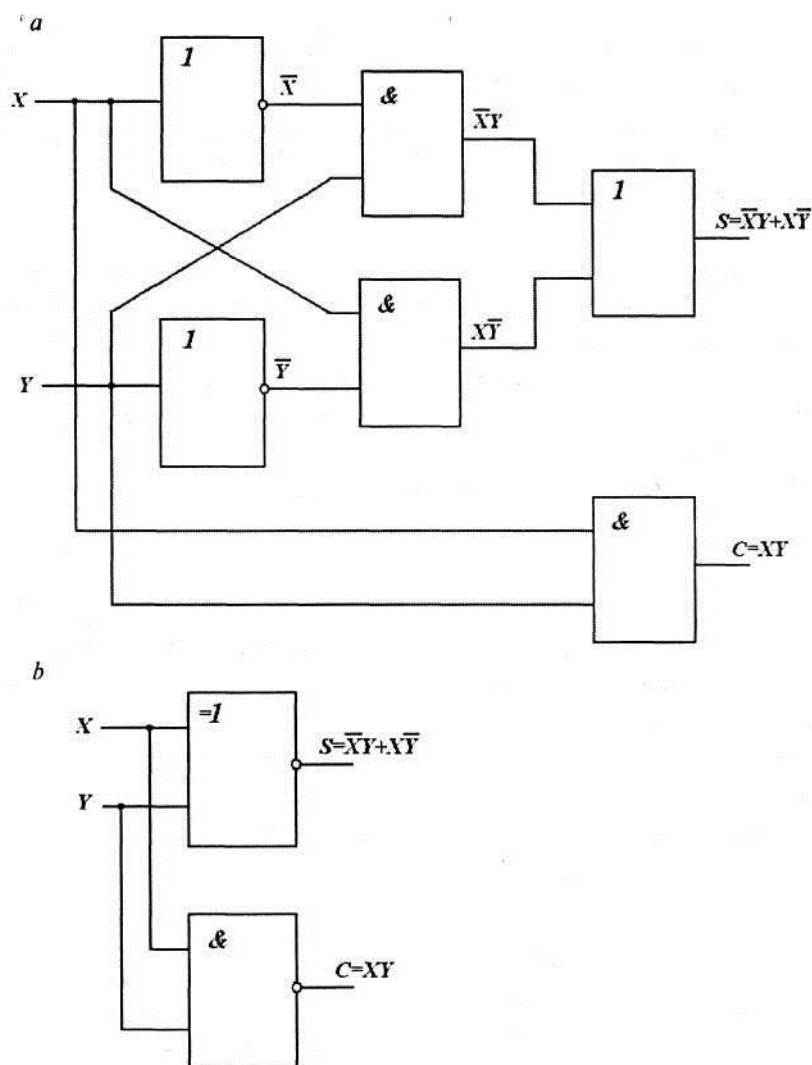
(5.11) asosidagi jamlagich sxemasini tashkil etishda ikkita invertor, ikkita ikki kirishli HAM sxemalari va bitta ikkita kirishli YOKI sxemasi kerak bo'ladi, (5.12) ga ko'ra yana bitta ikkita kirishli HAM sxemasi kerak bo'ladi, uning chiqishi talab etilgan $1 \cdot 1 = 1$ katta razryadni o'tkazishni amalga oshiradi. Tanlangan element bazadan kelib chiqqan holda tashkil etilgan jamlagich sxemasi 3.22-rasmda keltirilgan.

Sxema ikkita chiqish simiga ega: S yig'indi va C o'tkazish hamda ikkita kirishga ega. Bu sxema yarimjamlagich deb ataladi.

Bu holda, yarimjamlagich haqiqiylik jadvalining birinchi uch ustuni istisnoli YOKI amauning haqiqiylikjadvaliga, oxirgi ustuni esa istisnoli YOKI inkori 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 xizmat qiladi (3.22, b -rasm).

Ikkita ko'p razryadli sonlarni qo'shish uchun bir razryadli jamlagich talab etiladi. Bujamlagichyarimjamlagichdan farqli ravishda C_i o'tkazish signalini qabul qiluvchi kirishga ham ega bo'lishi kerak (bu yerda i – qo'shiluvchilarning razryadi). Natijada bir razryadli jamlagich X , Y bir razryadli ikkilik sonlarni qo'shish amalini bajaradi, C_i kichik razryaddan o'tkazadi, chiqishda S_s yig'indi qiymatini hosil qiladi va C_{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, har bir razryad-da C_{i+10} katta razryadga o'tkazish qiymati shakllangan bo'lishi kerak.



3.22-rasm. Yarim jamlagich.

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

$$S_i = X_i \oplus Y_i \oplus C_i, \quad (5.13)$$

$$S_{i+1} = X_i Y_i + X_i C_i + Y_i C_i. \quad (5.14)$$

Bir xil sxemalar – bir razryadli jamlagichlar bajaradigan harakatlar barcha razryadlarda bir xil kechadi. Bir razryadli jamlagichning ishi uning haqiqiylik jadvalidan oson tushuntiriladi (5.7-jadval).

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

$$S_i = \bar{C}_i \bar{X}_i Y_i + C_i X_i \bar{Y}_i + C_i \bar{X}_i \bar{Y}_i + C_i X_i Y_i, \quad (5.15)$$

$$C_{i+1} = \bar{C}_i \bar{X}_i Y_i + C_i X_i \bar{Y}_i + C_i \bar{X}_i Y_i + C_i X_i Y_i. \quad (5.16)$$

Ishlash algoritmi (5.15) va (5.16) MAF tizimi yordamida ifodalanadigan bir razryadli jamlagichning funksional sxemasi 3.23-rasmda keltirilgan.

Izoh: $\bar{X}_i, \bar{Y}_i, \bar{C}_i$ qo‘shiluvchilarning invers qiymatlari yoki ularning mos

inverterlardan o'tishi natijasida, yoki sxemada ko'rsatilmagan registr triggerlarining qarama-qarshi chiqishlaridan (mantiqiy elementlardan) olinadi.

3.7-jadval

Bir razryadli jamlagich mantig'i

Qo'shiluvchilar			Natijalar	
C_i	X_i	Y_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

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

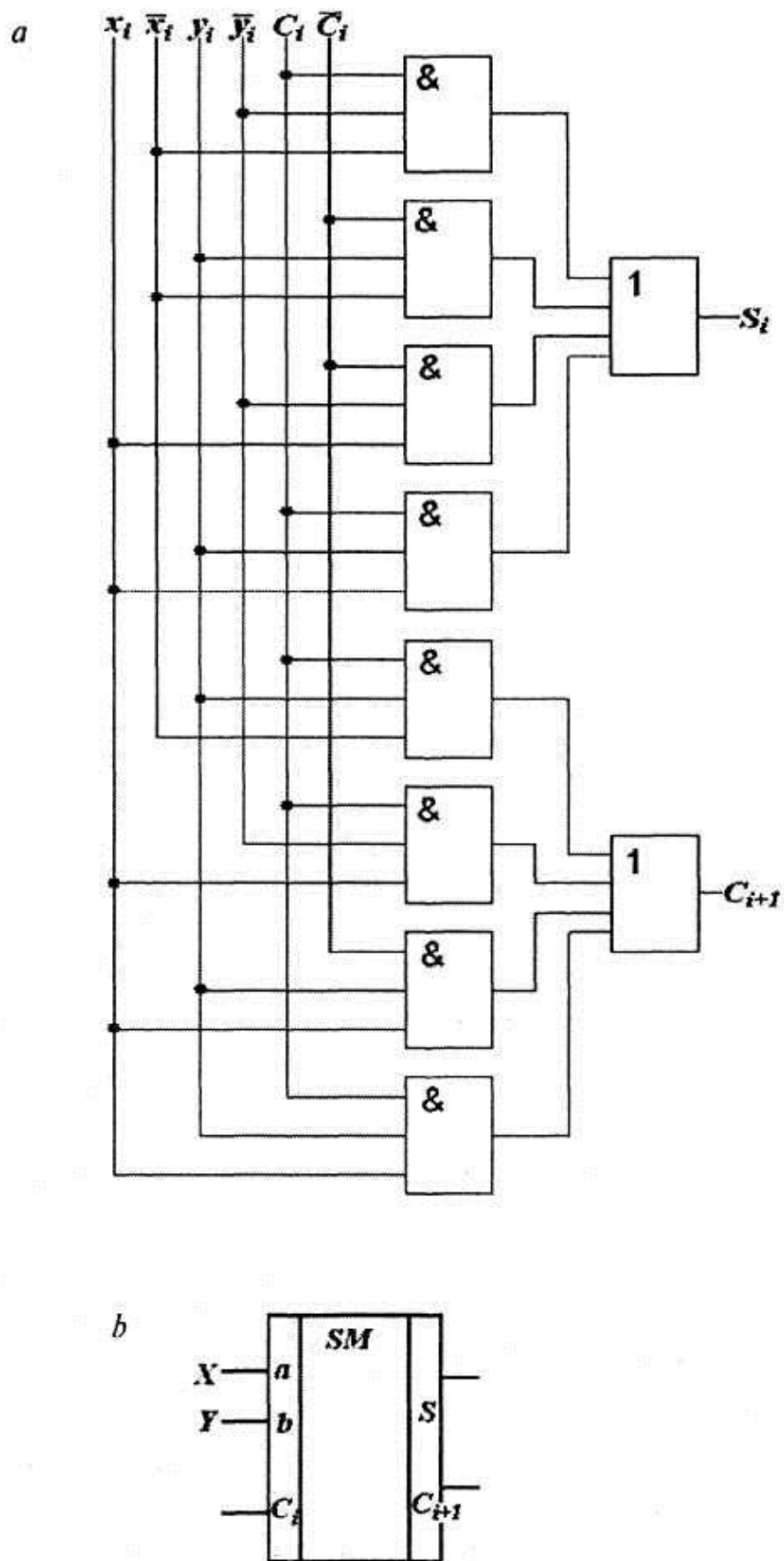
Parallel usuldagi ko'p razryadli jamlagichda berilgan ikkilik sonlarni qo'shish barcha razryadlarda bir vaqtda (parallel ravishda) amalga oshiriladi.

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

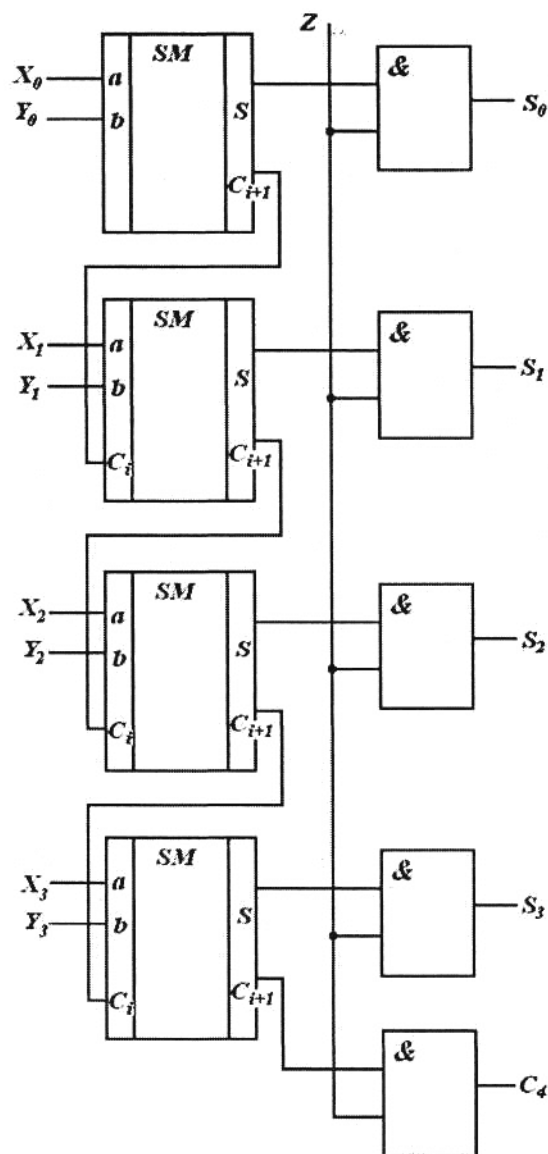
Bu jamlagich yordamida ikkita to'rt razryadli sonlar qo'shiladi: Y_0 razryadli X_0 razryadi, Y_1 razryadli X_1 razryadi va h.k. to Y_3 razryadli X_3 razryadigacha. Bunda har bir sodda jamlagichda $S_0, \dots, S_3$ porsiyali yig'indilar va C_{i+1} o'tkazish ichki signallari hosil bo'ladi. Bu signallar undan katta jamlagich C_i ning o'tkazish kirishiga ketma-ket uzatiladi.

Bu turdagi jamlagichni ko'p razryadli qilib tuzish mumkin, lekin har doim C_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 tarqalishining kechikish vaqti t_{TK} ga teng vaqt oraliqlaridan keyin ketma-ket ravishda hosil bo'ladi.

Yolg'on signal hosil bo'lishning 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.



3.23-rasm. To‘liq jamlagich (a) va uning shartli belgilanishi (b).



3.24-rasm. Ketma-ket o'tkazishli to'rt razryadli sodda parallel jamlagich.

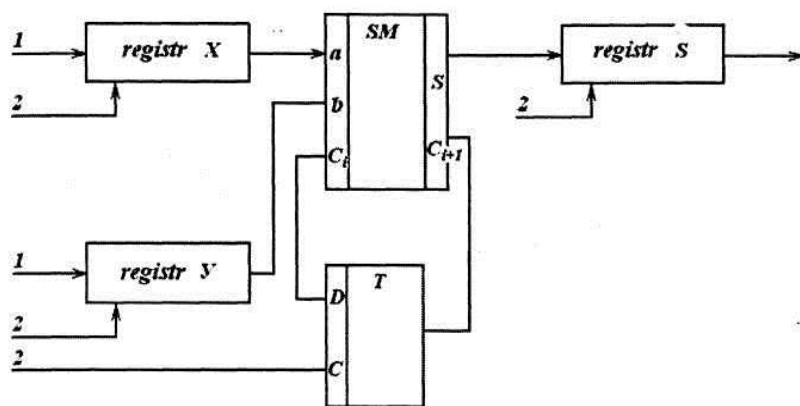
Ketma-ket o'tkazishli kichik razryadli parallel jamlagichlar 155, 500, 176 seriya sxemalari ko'rinishida ishlab chiqariladi. O'tkazish amalini tashkil etishning mushkulligi sababli mikroprotsessorlarda ular qo'llanilmaydi.

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 turibdiki, 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 razryadlarga 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. Registrnlarni 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'shish natijalaridan boshlab qo'shiluvchi razryadlari qiymati hosil bo'la boshlaydi. Har sinxronizatsiya impulsi kesishi bo'yicha yangi yig'indi qiymati chiqishdagi yig'indi registriga ko'chiriladi, keyingi razryadda hisobga olinisha kerak bo'lgan o'tkazish signali qiymati esa D-triggerda eslab qolinadi. Sinxronizatsiyaning n - impulsi tugagach, jamlash natijasi 5-registriga 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 – razryadli 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, narxining 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 shakllantiradi. 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 (5.14) o'tkazish funksiyasiga asosan,

$$C_{i+1} = G_i + p_i C_i \quad (5.17)$$

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. 5.3-jadvalga muvofiq, $p_i G_i = G_i$, ya'ni agar o'tkazish signali kichik razryaddan o'tkazish mavjud ekanligidan qat'iy nazar i -

razryadda o'tkazish signali mavjud bo'lsagina $G_i = 1$. Xuddi 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:

$$C_i = G_i + G_{i-1}p_i + G_{i-2}p_i p_{i-1} + \dots + G_i p_i p_{i-2} \dots p_2 + p_i p_{i-1} \dots p_2 p_1 p_0 C_0 \quad (5.18)$$

bu yerda G_i – konyunksiya amauning mantiqiy funksiyasi; p_i – dizyunksiya mantiqiy amali; S_0 – nolinch razryaddan o'tkazish.

(5.18) dan ko'rinib turibdiki, tez o'tkazishni shakllantirish uchun to'rt pog'onali sxemalar talab etiladi. Birinchi pog'onada konyunksiya va dizyunksiya, ikkinchisida – birinchi pog'onada olingan natijalar konyunksiyasi, uchinchida esa ikkinchi pog'onada olingan mantiqiy amallarning dizyunksiyasi amalga oshiriladi. O'tkazishning umumiy tarqalish vaqti $3t$ ga teng bo'lib, razryadlar soniga bog'liq bo'lmaydi.

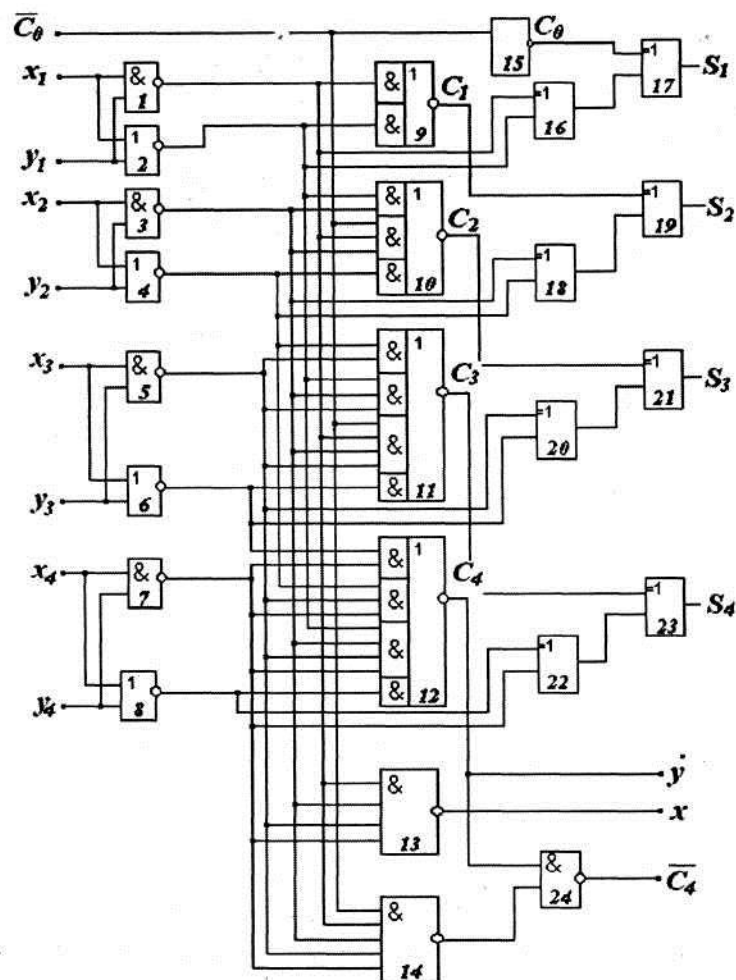
Tez o'tkazishli mantiqiy sxema tuzish uchun birinchi pog'onaning har bir razryadida bittadan HAM va YOKI sxemasi, ikkinchi pog'onada 1 dan $(i+1)$ tagacha kirishga ega bo'lgan $(i+1)$ ta HAM sxemasi, uchinchi pog'onada $(i+1)$ ta kirishga ega bo'lgan bitta YOKI sxemasi kerak bo'ladi.

TO'Slarning ikkinchi va uchinchi pog'onalari HAM-YOKI-EMAS sxemalaridan tuzilsa, yuqori tezkorlikka erishish mumkin. Buning uchun (5.17) funksiyani o'zgartirish kerak. Bu funksiya De-Morgan qoidasiga ko'ra o'zgartirilgach, quyidagicha yoziladi:

$$C_{i+1} = \overline{\overline{p_i + G_i C_i}} \quad (5.19)$$

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

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



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

(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 $Y(Y_1, Y_2, Y_3, Y_4)$ 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 - 75-mikrosxemalar bevosita barcha razryadlardan bir vaqtning o'zida o'tkazish funksiyasini shakllantiradi. 14 - 24-sxemalar $S_1 - S_4$ yig'indi razryadlari qiymatlarini shakllantiradi. S_1 yig'indi (5.13) funksiya asosida quyidagi ko'rinishda shakllanadi:

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

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

3.5. Arifmetik-mantiqiy qurilmalar

Raqamli mikrosxemalar fan va texnikaning ixtiyoriy masalasini yecha oladi. Buning uchun raqamli mikrosxema asosidagi qurilmada, yechiladigan masalaning berilganlari haqidagi ma'lumotlar, yechish algoritmi va

hisoblash natijalari faqat ikkita qiymat – 0 va 1 signallari ko‘rinishida ifodalanadi. Ikkilik raqamlarining ketma-ketligi yordamida raqamli qurilmalarda ixtiyoriy ma’lumotlarni (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 uni nisbatan sodda arifmetik amallarga olib kelish kerak. Masalan, shart bo‘yicha funktsiyani 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.

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, 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) kabi arifmetik amallarni 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'yxati 5.8-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 ham ishlab chiqariladi.

F_M mantiqiy amallari asosida F_a arifmetik amallarni bajaruvchi eng sodda AMQ tuzilmasi quyidagicha ifodalanadi:

$$F_{ai} = \overline{F_{Mi}} \circ C_i = F_{Mi} \oplus C_i, \quad (3.22)$$

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, C_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 loyihalashtiriladi.

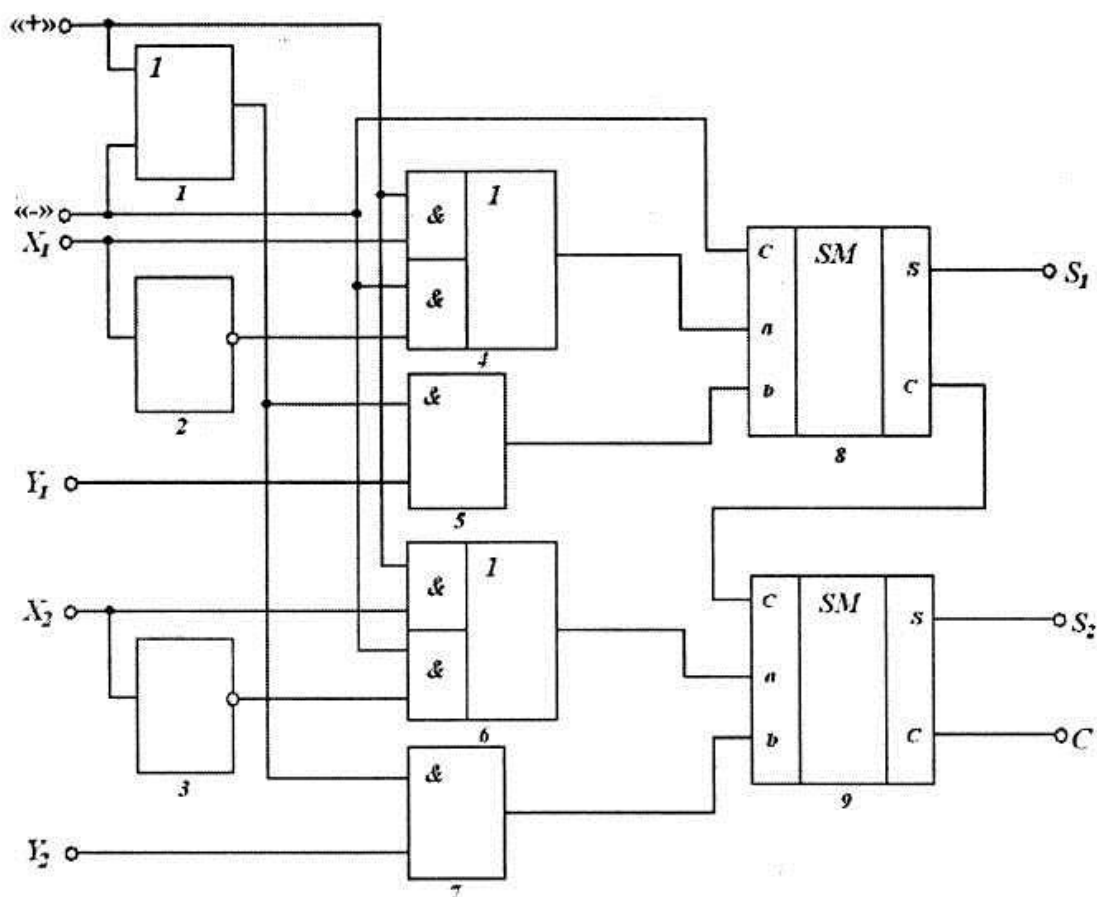
3.8-jadval

4 razryadli AMQ tomonidan bajariladigan mantiqiy va ularga mos arifmetik amallar majmuasi

Amalnitlanish				Mantiqiy amallar ($M=1$ uchun)	Arifmetik amallar ($M=0$ uchun)	
S3	S2	S1	S0		$\overline{C_n} = 1$ (o'tkazishsiz)	$\overline{C_n} = 0$ (o'tkazishli)
0	0	0	0	$\overline{A}$	A	$A + 1$
0	0	0	1	$\overline{A \vee B}$	$A + B$	$(A + B) + 1$
0	0	1	0	$\overline{A \wedge B}$	$A + \overline{B}$	$(A + \overline{B}) + 1$
0	0	1	1	0	-1	0
0	1	0	0	$\overline{AB}$	$A + \overline{AB}$	$A + \overline{AB} + 1$
0	1	0	1	$\overline{B}$	$(A + B) \overline{AB}$	$(A + B) + \overline{AB} + 1$
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	$\overline{A \vee B}$	$A + AB$	$A + AB + 1$
1	0	0	1	$A \approx B$	$A + B$	$A + B + 1$
1	0	1	0	B	$(A + \overline{B}) + AB$	$(A + \overline{B}) + AB + 1$
1	0	1	1	$A \wedge B$	$AB - 1$	AB
1	1	0	0	1	$A + A$	$A + A + 1$
1	1	0	1	$A \vee \overline{B}$	$(A + B) + B$	$(A + B) + A + 1$

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 amalining bajarilishi. Arifmetik qo'shuv-ayiruv amalini bajarishga mo'ljallangan kirishlarga ega bo'lgan AMQ tuzilma sxemasi 3.27-rasmda keltirilgan. Sodda 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.



3.27-rasm. Ikki razryadli ikkilik sonlarni arifmetik qo'shish va ayirish amallarini bajaruvchi AMQ sxemasi fragmenti.

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.

Sxema ikkita bir xil qo'shuv-ayiruv blokidan (ikki razryadli

qo'shiluvchilar uchun) 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. Qavslar 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_1, y_i kirish signallari qiymatlari qanday bo'lishidan qat'iy 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 xuddi shunday 5 va 7 kirishlariga passiv mantiqiy signallar keladi. Natijada ayiriluvchi kodi inverter orqali jamlagichning «a» kirishiga tushadi, ya'ni inverslanadi. 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 $Y - X$ ayirmasi hosil bo'ladi.

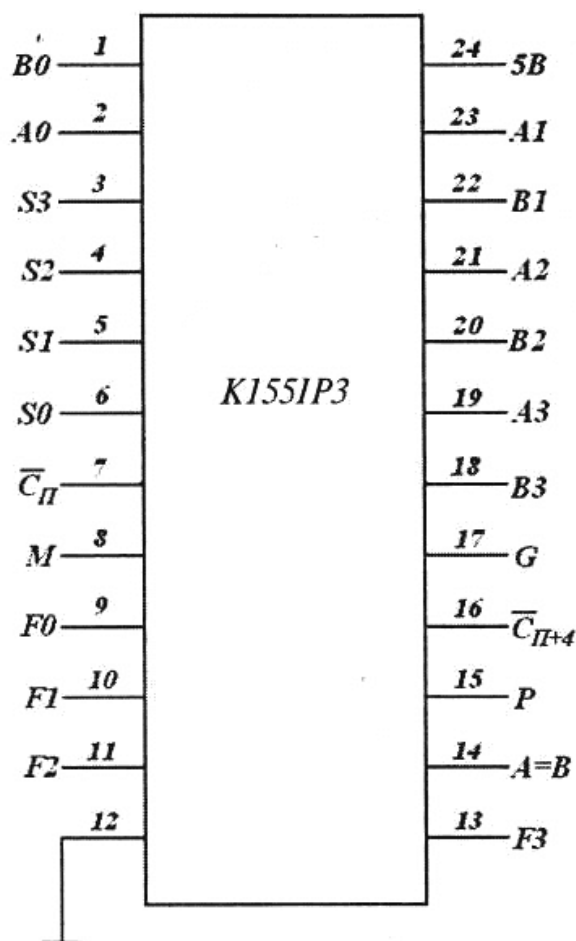
Shunday qilib, sxemaning chiqishida ikki sonning yig'indisini yoki ayirmasini olish mumkin. Amal turi boshqaruv signalining qiymatiga bog'liq bo'ladi.

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 kerakki, to'rt razryadli AMQ hosil qilish uchun 70 ta HAM-EMAS yoki YOKI-EMAS elementlari talab etiladi.

K155IP3 IS misolida to'rt razryadli AMQning funksional imkoniyatlari bilan tanishib chiqamiz. Uning shartli belgilanishi 3.28-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. Bajari-ladigan 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'tka-zishlar berkiladi (blokirovka qilinadi) va

qurilma ketma-ket u yoki bu mantiqiy amalni bajaradi Agar M kirishga kichik kuchlanirh darajasi M ($M=0$) berilgan bo'lsa, barcha ichki o'tishlarga ruxsat 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 kombi-natsiyasi bajarilishi kerak bo'lgan aniq amalni tanlaydi.



3.28-rasm. AMQ kirishlari va chiqishlari.

$A0 - A3$ kirishlarga to'rt razryadli A operandi, $B0 - B3$ kirishlarga esa B operand beriladi. C_n 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 C_n kirishiga uzatiladi. $F0 - F3$ chiqishlardan tashqari 1P3 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. C va P chiqishlar, ko'p razryadli sxemalarni bog'lovchi, AMQ qobiqlari o'rtasida o'tkazishni tashkil etish uchun qo'llaniladi.

Agar ko'p qobiqli AMQlarda maksimal tezkorlik talab etilmasa, oddiy pulsatsiyali o'tkazish rejimini qo'llash mumkin. Buning uchun o'tkazish-

ning C_{n+4} chiqishi keyingi AMQning C_n o'tkazish kirishi bilan birlashtiriladi. Tezkor amallarni bajarish uchun K155IP3 vositalari o'rtasiga maxsus tezkor o'tkazish K155IP4 mikrosxemasi o'rnatiladi. Bitta MP4 qobig'i to'rtta 1P3 AMQsiga xizmat ko'rsatishi mumkin.

Ko'paytirgichlar. EHMda bajarladigan amallarning 50%i arifmetik ko'paytiruv bilan amalga oshiriladi. Shuning uchun EHM sifat ko'rsatkichi bo'lib, mazkur amalni bajarishga ketgan vaqt hisoblanadi. Agar ko'paytiruv qo'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 xususiy 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 xususiy ko'paytmalarini qo'shishga olib kelinadi.

Birjinsli tuzilmaga ega bo'lgan matri'sali ko'paytirgichlar keng tarqalgan. Bunday ko'paytirgichlarning asosi bo'lib, $A(a_1a_0) \times B(b_1b_0)$ 2 razryadli ikkilik ko'payuvchilarni ko'paytirish amalini bajaruvchi matritsali ko'paytiruvchi blokhisoblanib, unda xususiy ko'payuvchilar qo'shiladi:

$$\begin{array}{r} \begin{array}{cc} a_1 & b_0 \\ \times & \\ b_1 & b_0 \end{array} \\ \hline \begin{array}{cc} +b_1a_1 & b_1a_0 \end{array} \\ \hline \begin{array}{cccc} & & b_0a_1 & b_0a_0 \\ M_3 & M_2 & M_1 & M_0 \end{array} \end{array}$$

Misoldan ko'rinib turibdi-ki, ko'paytirish amalini bajarish jarayonida xususiy ko'payuvchilar shakllanadi, ular bir-biriga nisbatan tegislili siljitishlardan so'ng qo'shiladi.

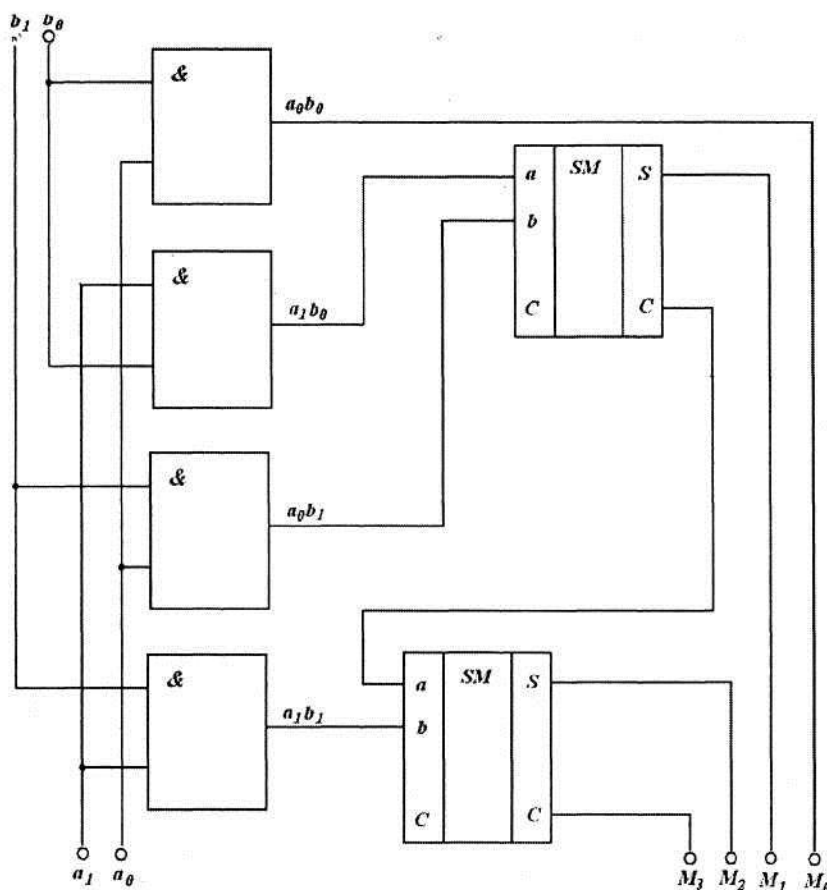
2 razryadli matritsali ko'paytiruvchi blok tuzilma sxemasi 3.29-rasmda keltirilgan.

Mazkur blokda 4 ta 2HAM elementidan tashkil topgan matritsa bir vaqtning o'zida barcha xususiy ko'paytmalari razryadlarini shakllantiradi, olingan natijalar ikkita bir razryadli jamlagich matritsalari yordamida qo'shiladi. Ikkita $A(a_3a_2a_1a_0) \times B(b_3b_2b_1b_0)$ razryadli ko'payuvchlarning ko'paytirish algoritmini ko'rib chiqamiz.

Bu algoritmni to'rtta bir turdagi bloklar kombinatsiyasi ko'rinishida tasvirlash mumkin (uzuq-uzuq chiziqli bilan ajratilgan). Har bir blok 3.29-rasmda keltirilgan qurilmadan iborat bo'lib, qo'shuv amalini bajaruvchi ikkita qo'shimcha jamlagich kiritilgan. Shunday qilib, b_1a_1 xususiy ko'paytmaning M_2 razryadi qiymatini hosil qilish uchun b_1a_0 va b_0a_1

xususiy 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 xususiy ko'paytmalarni qo'shish kerak.

But algoritmini amalga oshirish ko'paytirish vaqtini sezilarli kamaytiradi.



3.29-rasm. Matrisali ko'paytiruvchi blokning tuzilma sxemasi.

	a_3	a_2	a_1	a_0				
+	b_3	b_2	b_1	b_0				
	b_3a_3	b_3a_2	b_3a_1	b_3a_0	<i>Blok 2</i>			
<i>Blok 4</i>	b_2a_3	b_2a_2	b_2a_1	b_2a_0				
	b_1a_3	b_1a_2	b_1a_1	b_1a_0	<i>Blok 1</i>			
	<i>Blok 3</i>	b_0a_3	b_0a_2	b_0a_1	b_0a_0			
	M_7	M_6	M_5	M_4	M_3	M_2	M_1	M_0

3.6. Dasturlanuvchi mantiqiy matritsalar

Avvalgi bandlarda kichik va o'rta integratsiya darajasidagi mantiqiy ISlar asosida tuzilgan raqamli qurilmalar algoritmi ko'rilgan edi. KIS va O'KISlarni qo'llash ularning maxsus xossalariidan 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 yasalishidagi universallik va kichik tamiarx 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 majmuyidan 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 tushurichalardir.

Ishonchlilikni va tezkorlikni oshirish katta IS ichki tuzilmasining doimiyliigi, tashqi bog'lanishlarni minimallashtirish, elementlar soni va ichki bog'lanishlarni ko'paytirish hisobiga amalga oshiriladi.

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 ataladi.

Ma'lumki (5.1-bandga q.), MAFni algebraik ifodalashda yoki dizyunktiv, yoki konyunktiv normal shakl qo'llaniladi. DNSHda MAF sodda mantiqiy ko'paytmalarning mantiqiy yig'indisini tashkil etadi. Demak, DNSHda kelitirilgan MAFni texnik tashkil etish uchun konyunksiya va dizyunksiya bloklari talab etiladi. Konyunksiya bloki HAM mantiqiy elementlar matritsasi (ko'paytiruv matritsasi)dan, dizyunksiya bloki esa YOKI mantiqiy elementlari matritsasi (yig'indi matritsasi)dan iborat bo'lishi kerak. Ularni ketma-ket ulab va sozlab, ixtiyoriy turdagi 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 xil usul bilan sozlash (dasturlash) mumkin:

- HAM matritsasini o'zgartirmasdan turib, YOKI matritsasining tuzilmasini dasturlash;
- YOKI matritsasini o'zgartirmasdan turib, HAM matritsasining tuzilmasini dasturlash;
- ikkala matritsa tuzilmasini dasturlash.

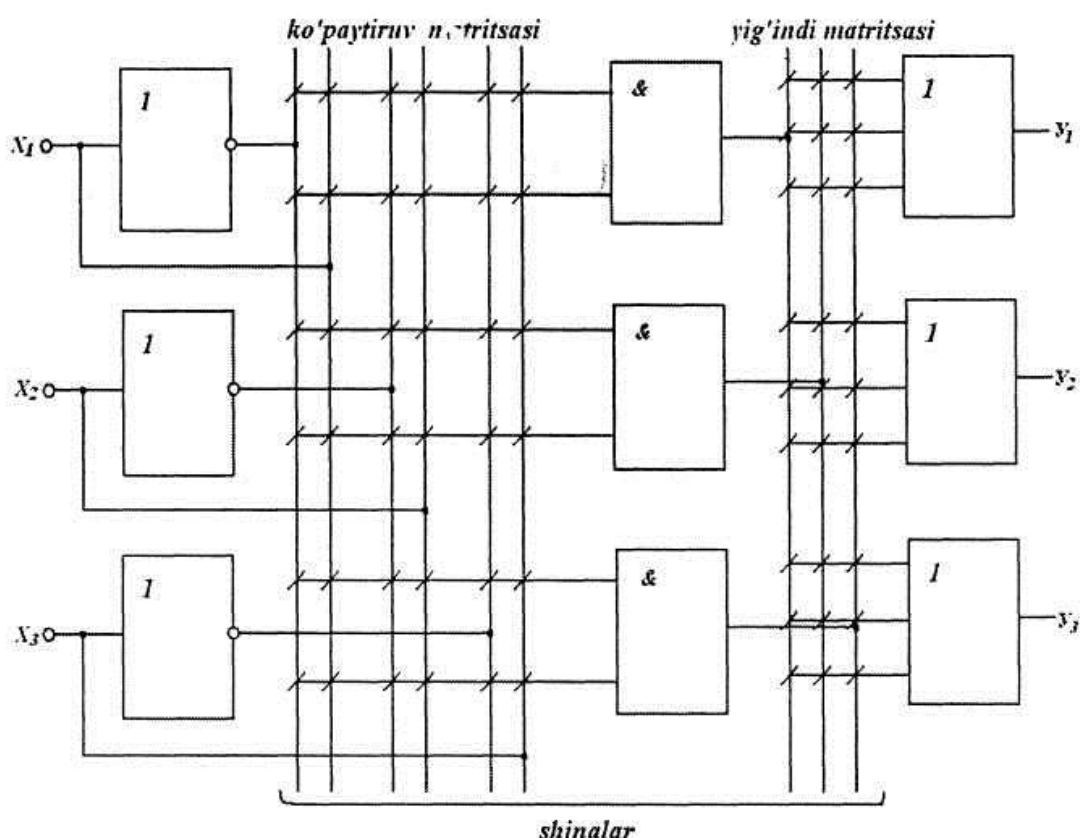
Dasturlashning birinchi usuli DDXQlarni, ikkinchi usul DMM ISlarini, uchinchi usul esa DMMlarni tuzishda qo'llaniladi. Uchta mantiqiy o'zgaruvchili DMMni amalga oshiruvchi SMIS tuzilma sxemasi 5.30-rasmda keltirilgan. X_i kirish o'zgaruvchilarining inversiyasi kirish buferining invertor matritsalarida 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 sxema qanday ko‘rinishga ega bo‘lishini ko‘rib chiqamiz:

$$\begin{aligned} y_1 &= \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_2} + x_1 x_3, \\ y_2 &= \overline{x_1 x_2} + x_1 x_3, \\ y_3 &= \overline{x_1 x_2} + \overline{x_1 x_3}. \end{aligned} \quad (3.23)$$

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, KMDYA-texnologiyada bajarilgan eruvchan simli, yana keyinroq yozilgan ma’lumotlarni ultrabinafsha va elektr o‘chirishli ISlar yaratilgan. Hozirgi kunda DMM va boshqa dasturlanuvchi KISlar barcha mavjud texnologiyalarni qo‘llagan holda ishlab chiqarilmoqda.

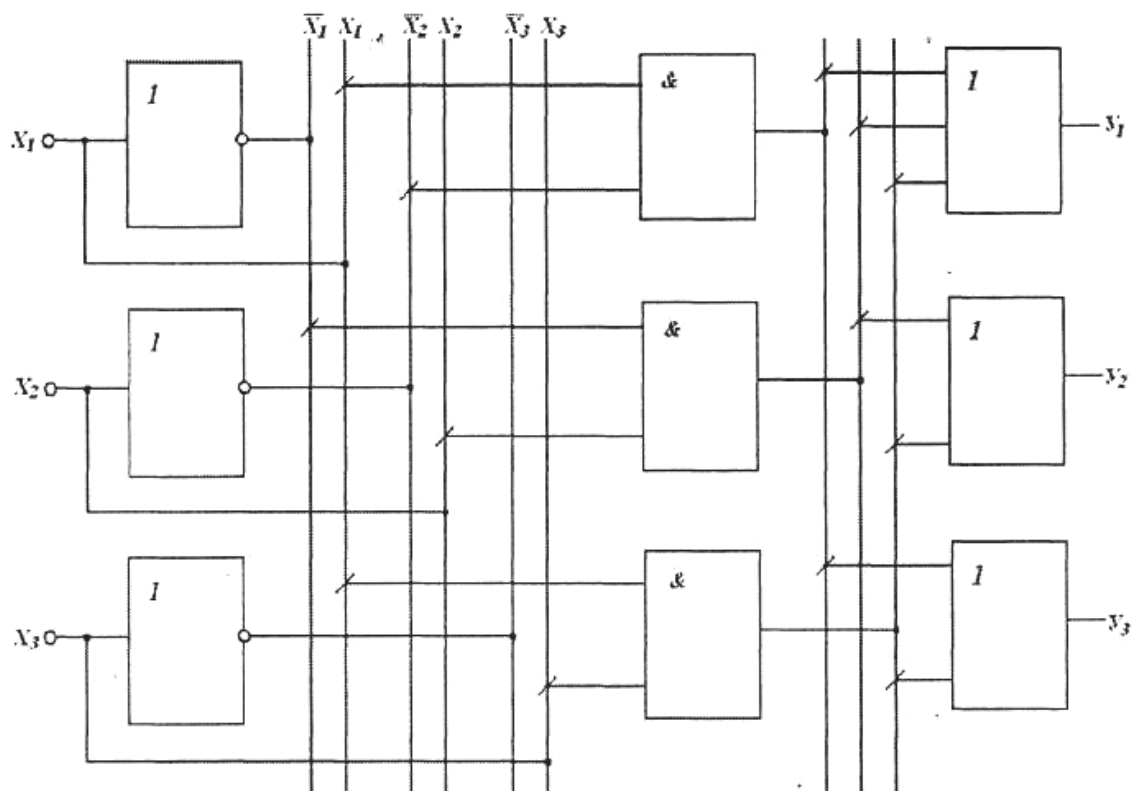


3.30-rasm. SMISning dasturlashdan avvalgi tuzilma sxemasi.

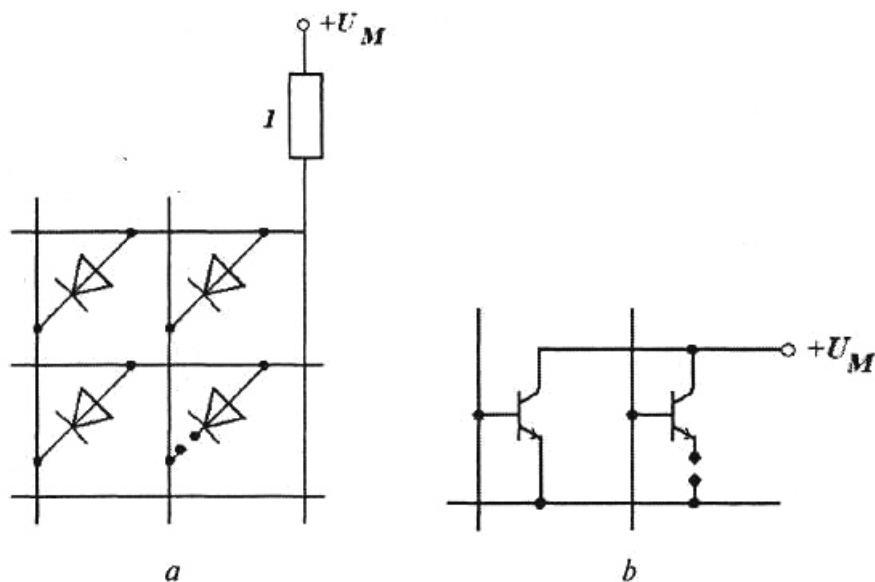
DMMLarda faqat kombinatsion sxemalar emas, balki xotira sxemalarini ham tuzish mumkin. Bunday sxemalarni shakllantirish uchun DMMning ba’zi kirishlarini chiqishlari bilan birlashtirish kerak, ya’ni teskari aloqalar kiritish kerak. Bunday sxemalarga triggerlar, hisoblagichlar, sanoq qurilmalari va boshqa avtomatlar misol bo‘la oladi.

Diodlar (a) va bipolyar tranzistorlar (b) yordamida shinalarni ulash 5.32-rasmda keltirilgan.

Dasturlovchi elementlar bo'lib eruvchan qayta ulagichlar 1 hisoblanadi. Dastlabki holatda barcha simlar butun bo'ladi. DMMga ma'lumot yozish ba'zi diodlar (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 maxsus tashqi qurilma – programmatorlar yordamida amalga oshiriladi.



3.31-rasm. (3.23) sxemali MAF tizimini DMM asosida tashkil etish.



3.32-rasm. Diodlar (a) va bipolyar tranzistorlar (b) yordamida shinalarni ulash.

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 uning asosiy prinsiplari qanday?
4. Shifraturning vazifasi va mantiqiy sxemasi qanday?
5. Bir pog'onali, piramidali va ko'p bosqichli deshifraturning vazifasi va mantiqiy sxemasi qanday?
6. Multipleksor va demultipleksorning vazifasi hamda mantiqiy sxemasi qanday?
7. Yarimjamlagich va to'liqjamlagichlarning bir-biridan farqi nimada?
8. Parallel va ketma-ketli ko'prazryadli jamlagichlarning asosiy farqi nimada?
9. Jamlagichlar tezkorligini oshirishning asosiy usullarini sanab bering.
10. Ixtiyoriy arifmetik qurilma tomonidan bajariladigan asosiy elementar amallarni sanab bering.
11. Nima uchun arifmetik qo'shish va ko'paytirish vaqtlari EHMning asosiy xarakteristikalarini hisoblanadi?
12. Dasturlanuvchi xarakteristikali mantiqiy qurilmalarning vazifasi va qo'llanish sohalari qanday?
13. Dasturlanuvchi mantiqiy matritsali ISlar qanday tuziladi?

IV BOB.

KETMA-KET 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.

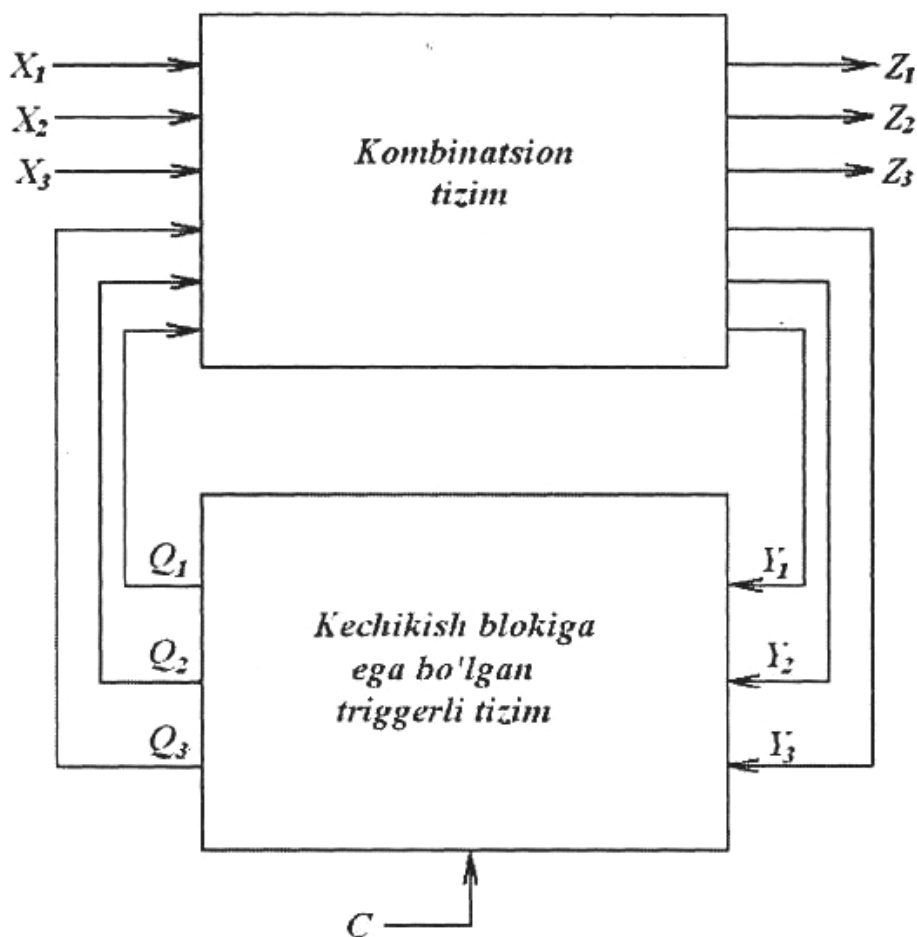
ME va triggerlardan tuzilgan sxemalar, ya'ni ketma-ketli sxemalar kirish signallarining hozirgi holati bo'yicha yoki ularning avvalgi holatini bilgan holda kombinatsion funksiya shakllantirishi mumkin. Demak, hodisalarning ro'y berish ketma-ketligidan kelib chiqqan holda, kirishda bir xil o'zgaruvchili signal bo'lgan holatda bunday sxemalarning chiqishidagi signal turlicha bo'lishi mumkin. Shuning uchun sxemalarni loyihalashtirish va tahlil qilishda hodisalarning ro'y berish ketma-ketligini ajratib olish muhim hisoblanadi. Raqamli tizimlarning, birinchi navbatda, EHMning kuchi shundaki, ular bir holatdan ikkinchisiga 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'rihga mos keluvchi raqamli avtomatning umumlashtirilgan tuzilma sxemasi 4.1-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 holatining 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'z-gargan) Q_i holatlari oraliq'ida kechikish xos 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 so'z yordamidagi ishlash prinsipi asosida holatlar (haqiqiylik) jadvali yoki o'tishlar grafi tuziladi.
3. Trigger turi tanlanadi.
4. Avtomatning ishlash algoritmi va o'tishlar jadvalidan foydalanib, kengaytirilgan haqiqiylik jadvali tuziladi.
5. Kengaytirilgan haqiqiylik jadvalidan foydalanib avtomatning kombinatsion tizimini ifodalovchi MAF minimallanadi.

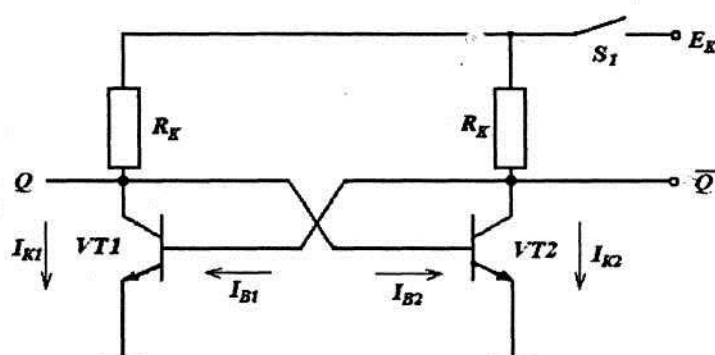
6. Olingan MAF asosida raqamli avtomatning mantiqiy sxemasi tuziladi.

4.2. Bistabil yacheykalar

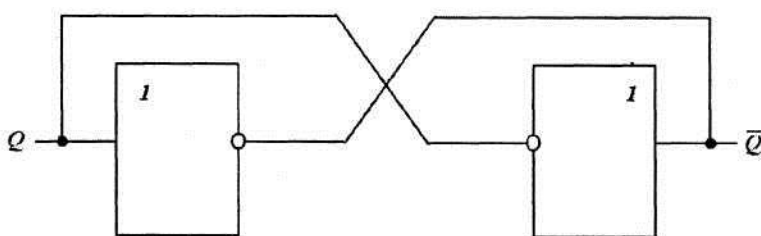
Har bir trigger asosida bir-biri bilan o‘zaro kesishib ketgan teskari aloqalari mavjud bo‘lgan ikkita invertorli zanjir yotadi. Bu holat 4.2-rasmda keltirilgan.

Bu zanjir bistabil yacheyka (BYA) deb ataladi va u ikkita turg‘un holatga ega. BYA ma’lumotlarni ikkilik sanoq tizimida qayta ishlashga mo‘ljallangan, chunki bunday yacheykadagi Q chiqish potentsiali bir-biridan sezilarli farqlanuvchi mantiqiy 0 va mantiqiy 1 ga mos keluvchi qiymatlarni olishi mumkin. Yacheykaga yozilgan ma’lumot EK kuchlanish manbayi ulangan vaqtda saqlanib turadi. Bir BYAdagi ma’lumotni keyingisiga uzatish mumkin emas, chunki ularda tashqi boshqaruv zanjiri mavjud emas.

BYA simmetrik konfiguratsiyaga ega bo‘lgani bilan kuchlanish manbayi ulanganda yuzaga keladigan (ichki va tashqi) fluktuatsiyalar hisobiga tranzistorlarning holatlari teng bo‘lmasligi mumkin:



4.2-rasm. Bistabil yacheyka.



4.3-rasm. BYA tasviri.

$VT1$ tranzistor to‘yingan, $VT2$ berk holatda bo‘ladi, yoki aksincha. Bu holatlar turg‘un. Haqiqatan ham, deylik, ba’zi sabablarga ko‘ra KTVning baza toki ma’lum ΔI_{B1} qiyamatga kamaygan bo‘lsin. Unga mos ravishda I_{K1} toki ham kamayadi va natijada VTlning kollektordagi kuchlanishi pasayadi. Teskari aloqa ($U_{B2} = U_{K1}$) mavjudligi tufayli $VT2$ ning I_{B2} baza toki yanada tezlik bilan ortib, uning to‘yinish rejimiga o‘tishini tezlatadi. Bu BYAning birinchi yarmida toklarning ortishi, ikkinchi yarmida toklarning tez (ko‘chkisimon) kamayishiga olib keladi va regeneratsiya deb ataladi.

Bu jarayon tok qiymatlari o'zgarishdan to'xtaganda va VT2 to'yinish, VT1 esa berk rejimga o'tganda to'xtaydi.

Fluktuatsiya ishorasi tasodifiy bo'lganligi sababli, VT1 va VT2 tranzistorlarning berkilish ehtimollari teng. Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, boshqaruv va ishga tushirish zanjirlarisiz BYAga ma'lumot kiritish (yozish) mumkin emas.

Invertorlar (EMAS elementlari) va teskari aloqa zanjirlari yordamida tuzilgan BYAning shartli tasviri 6.3-rasmda keltirilgan.

4.3. Triggerlar

4.3.1. 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 6.4-rasmda keltirilgan.

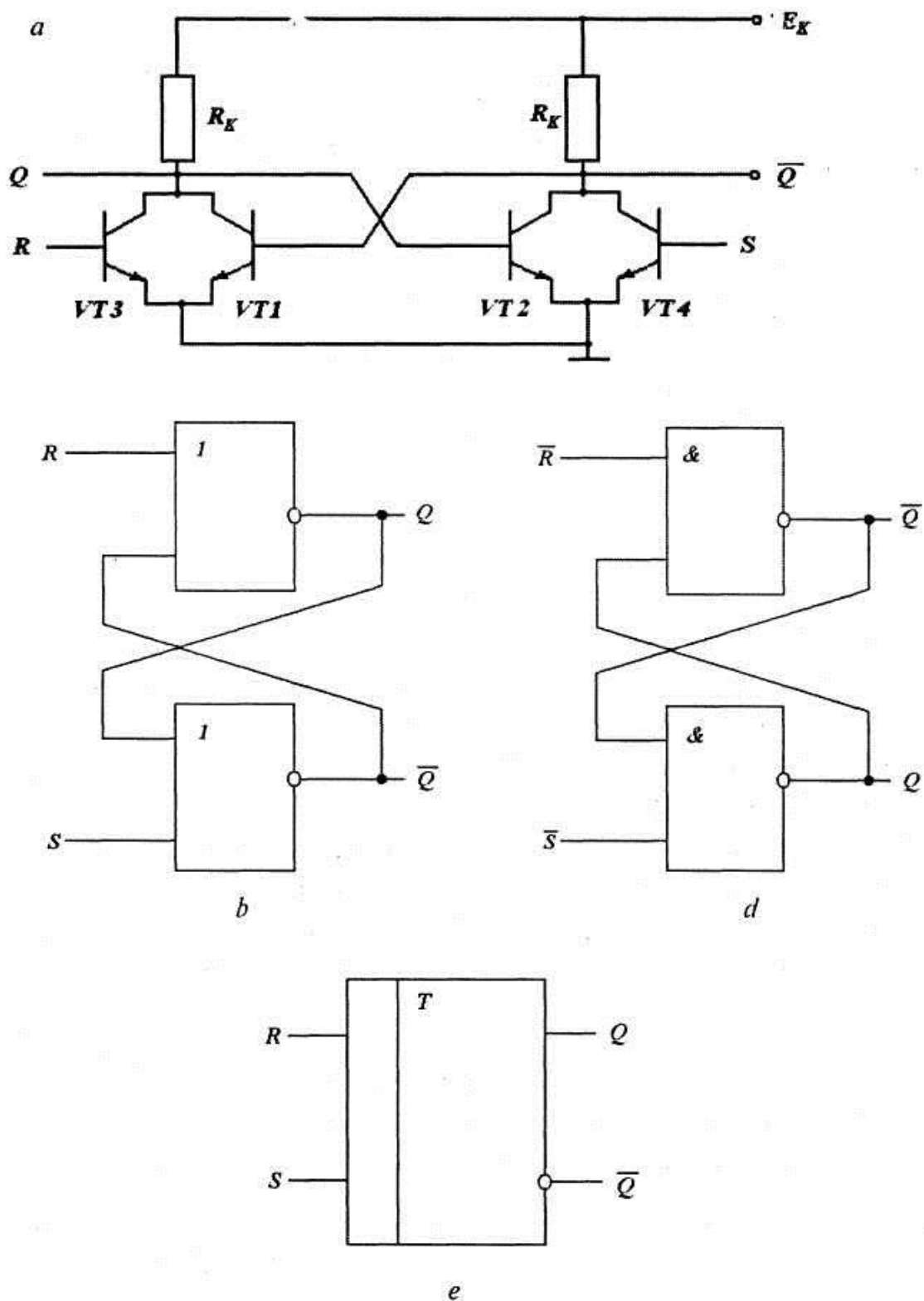
Trigger hosil qilish uchun BYA sxemasi VT3 va VT4 tranzistorlarda bajarilgan yana ikkita tranzistorli kalit bilan to'ldirilgan.

Trigger invers ma'lumot kirishlariga ega bo'lgan ikkita YOKI-EMAS ME (6.4, b-rasm), yoki ham-EMAS ME (6.4, d-msm) yordamida tuzilishi mumkin.

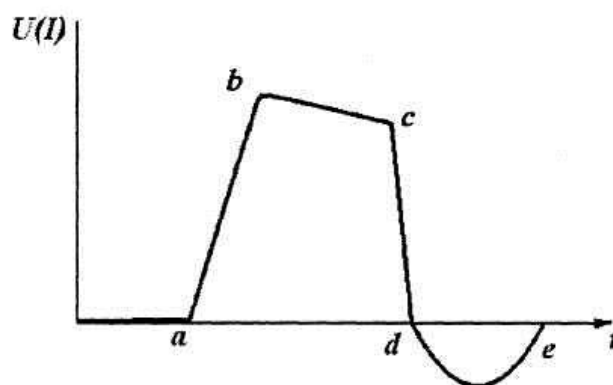
Trigger boshqaruv signallari beriladigan ikkita R va S ma'lumot kirishlariga, ikkita Q va $\bar{Q}$ chiqishlarga ega. Triggerning boshqaruv va chiqish signallari – Invers. Elektr impulsi deb, kuchlanish yoki tokni ma'lum doimiy qiymatga ega energiyadan uzish holatiga aytilishini eslatib o'tamiz. Impulsning ba'zi ideallashtirilgan shakllari 6.5-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 joizki, bu sxema-ning ikkala kirishiga bir vaqtning o'zida ochilish impulsi (mantiqiy) kelishi mumkin emas.

Haqiqatan 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.



4.4-rasm. RS-triggrning prinsipial sxemasi (a), uning funksional sxemasi (b, d) va shartli belgisi (e).



4.5-rasm. Impulsning ba'zi ideallashtirilgan shakllari.

Boshqaruv (ma'lumot) kirishlarining mazmuni quyidagicha: S (set – oʻrnatish) – triggerni mustaqil ravishda 1 holatiga oʻrnatish uchun ($Q = 1$, $\bar{Q} = 0$) va R (reset – olib tashlash) – triggerni mustaqil ravishda 0 holatiga oʻrnatish uchun ($Q = 0$, $\bar{Q} = 1$).

Har bir kirishga past darajali (mantiqiy 0) signal berish mumkinligi tufayli, kirishlarda boshqaruv signallarining toʻrtta kombinatsiyasi ishlaydi. Ular RS-triggerning holatlar jadvalining R va S ustunlarida keltirilgan (4.1-jadval).

Kirish signallarining mumkin boʻlgan toʻrtta kombinatsiyasida trigger qanday holatlarda boʻlishini koʻrib chiqamiz.

1-kombinatsiya. $R=0$, $S=0$. $VT3$ va $VT4$ tranzistorlar ochilmaydi va shuning uchun BYA lar ularning holatiga taʼsir koʻrsata olmaydi. Q va $\bar{Q}$ chiqishdagi signallar oʻzgarishsiz qoladi. Demak, triggerda avval yozilgan maʼlumot saqlanib qoladi.

4.1-jadval

RS-triggerning holatlar jadvali

Kirish		Chiqish	
R	S	Q	$\bar{Q}$
0	0	oʻzgarishsiz	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	aniq emas	

2-kombinatsiya. $R = 0$, $S = 1$. $VT4$ tranzistor toʻyinib qoladi, va chiqishdagi kuchlanish kichik boʻladi (mantiqiy 0). $U_{k2}=U_{k1}=U_{B1}$ bogʻliqlik tufayli $VT1$ tranzistor berkiladi va berk holatga oʻtadi. Shuning uchun chiqishda yuqori kuchlanish (mantiqiy 1) hosil boʻladi, yaʼni $Q=1$, $\bar{Q}=0$. $VT1$ va $VT2$ tranzistorlarning mazkur holatlari trigger tomonidan eslab qolinadi.

3-kombinatsiya. $R = 1$, $S = 0$. Bu vaqtda chiqishdagi kuchlanishlar oʻzgaradi: $Q = 0$, $\bar{Q} = 1$ boʻlib, trigger yangi holatni saqlab qoladi.

4-kombinatsiya. $R = 1, S = 1$. Bunday kirish signalini RS - trigger qabul qila olmaydi, chunki u aniqmas 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).

4.2-jadval

Kirish		Chiqish			
R	S	HAM-EMAS mantig'i		YOKI-EMAS mantig'i	
		Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	aniq emas		o'zgarishsiz	
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	o'zgarishsiz		aniq emas	

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:

$$Q_{n+1} = S + Q_n \bar{R}$$

invers ma'lumot kirishlariga ega bo'lgan RS-trigger uchun ifoda quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{n+1} = \bar{S} + Q_n R$$

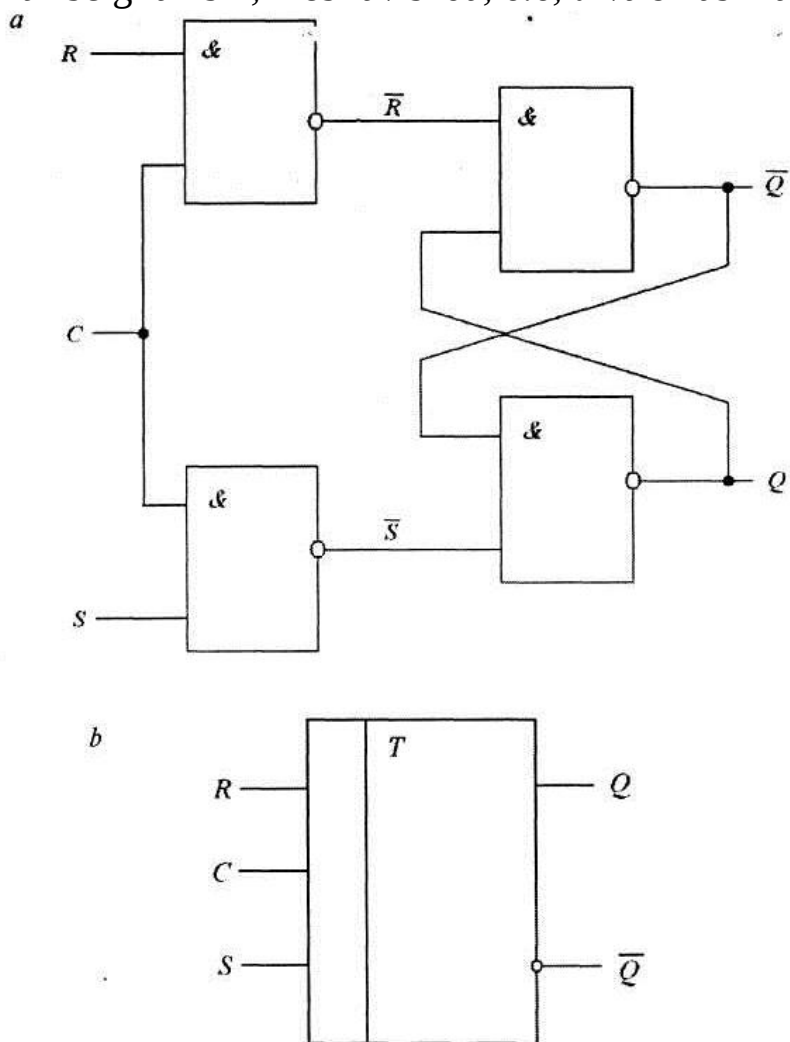
Mustaqil qurilma sifatidagi elementar asinxron RS-triggerlari juda kam ishlatiladi. Lekin ular ko'pincha murakkab triggerlarning asosiy tashkil etuvchi qismi tarkibiga kiradi. Ko'p hollarda RS-trigger mustaqil IMS sifatida ishlab chiqariladi. Masalan, K555TP2 IS qobig'ida to'rtta RS-trigger mavjud bo'lib, 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 impulse-ning cho'qqisi, fronti yoki kesishi bilan boshqarilishi mumkin. Impuls fronti yoki kesishi bilan o'z holatini o'zgartiradigan trigger kirishlari dinamik kirishlar deb ataladi. Agar trigger cho'qqiga yetgan, ya'ni katta uzunlikka ega bo'lgan signal bilan boshqarilsa, bunday kirish statik deb ataladi.

Sinxron RS-trigger asinxron trigger va ikkita HAM-EMAS elementi-dan tashkil topgan bo'lib, ular tufayli mantiqiy bir signali bir vaqtning o'zi-da 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 belgilanishi, mos ravishda, 6.6, a va b -rasmlarda keltirilgan.



4.6-rasm. Sinxron RS-trigger tuzilma sxemasi (a) va shartli belgilanishi (b).

C , S va R to'g'ri kirishlarga ega bo'lgan trigger uchun ishlash qoidalari o'tishlar (haqiqiylik) jadvali yordamida ifodalanadi (6.3-jadval). Ko'rinib turibdiki, kirishlar soni 3 ta bo'lganda, C , S va R kirish signallarining kombinatsiyasi 8 ga teng.

6.3-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.

6.3-javdalni qo'llagan holda, sinxron RCS-trigger ishini ifodalovchi minimizatsiyalangan MAF hosil bo'ladi:

$$Q_{n+1} = \bar{C}Q_n + C(S + Q_n + \bar{R}).$$

4.3-jadval

C	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 $S' = CS$, $R' = CR$.

D-trigger. D-trigger yagona D (ingl. data – ma'lumot) ma'lumot kirishiga ega. Uning kam miqdorda ishlab chiqarilishiga sabab, narxi yuqori bo'lgan chiqishlarning kichik sonidir. 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-triggerning sxemasi (4.17, a-rasm) RCS-trigger sxemasidan inverter mavjudligi bilan farqlanadi.

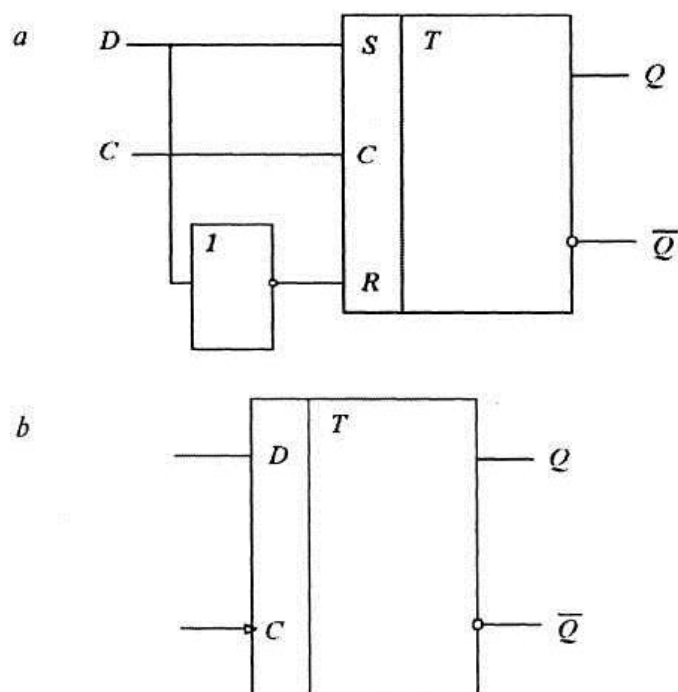
D-triggernig ishlash prinsipi: D-kirishga berilayotgan ma'lumot trigger chiqishida faqat sinxrosignal berilgandagina paydo bo'ladi. Yuqoridagilar-dan kelib chiqqan holda D-trigger quyidagi o'tishlar jadvaliga ega (4.4-jadval).

D-trigger chiqishidagi ma'lumot navbatdagi sinxrosignal kelguncha o'zgarishsiz qoladi, ya'ni kechikish mavjud. Shunga asosan, D-trigger kechikish triggered deb ataladi. D-triggerning MAFi quyidagicha bo'ladi:

$$Q_{n+1} = \bar{C}Q_n + CD.$$

4.4-jadval

C	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



4.7-rasm. D-trigger tuzilma sxemasi (a) va shartli belgilanishi (b).

4.3.2. 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).

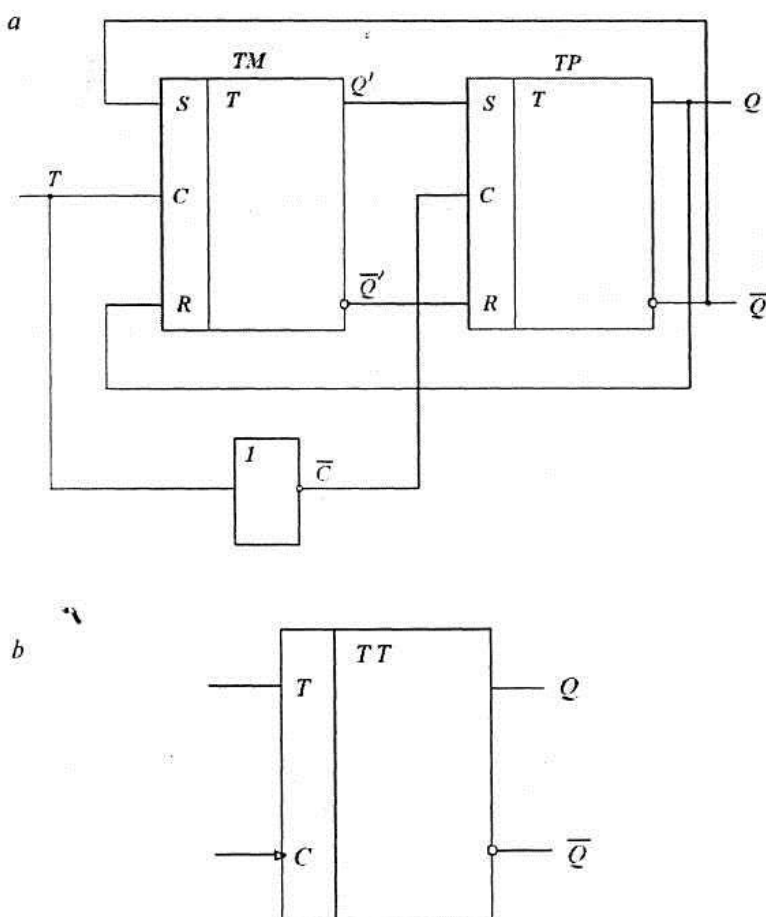
Ikkala TM (usta) va TP (yordamchi) triggerlarining kirishlari o'zaro invertor orqali ulangan. TM-TP triggerni to'liq takt impuls (fronti va kesimi) boshqaradi. Haqiqatan ham, agar har bir trigger impulsning fronti va kesimi bilan boshqarilsa, kirishdagi RS-kombinatsiya C takt impulsining fronti kelishi 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.

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, xuddi ikki pog'onali T-triggerlarida kabi, o'tuvchi ma'lumot yoziladigan asosiy trigger (TM) va asosiy triggerdan ma'lumot qayta

yoziладigan yordamchi trigger (TP)ga ega. Bu triggerda ma'lumot kirishlari uchun quyidagi belgilanishlar qabul qilingan: J (*jump* – sakrash) – triggerni mustaqil «1» holatga o'rnatish; K (*keep* – saqlash) – triggerni mustaqil «0» holatga o'rnatish.

Ikki pog'onali JK-trigger, xuddi ikki pog'onali T-trigger kabi to'liq takt impulsi bilan boshqariladi. Sinxron JK-trigger tuzilma sxemasi va uning shartli belgisi 6.9-rasmda keltirilgan.



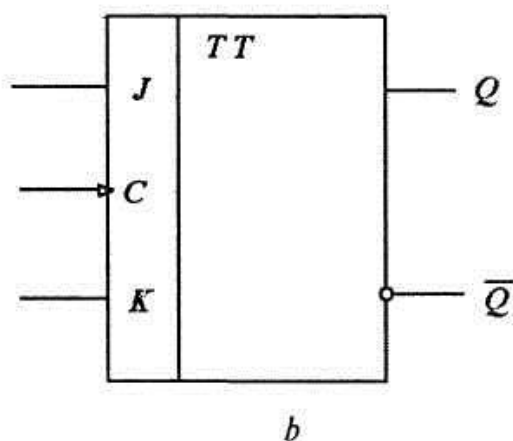
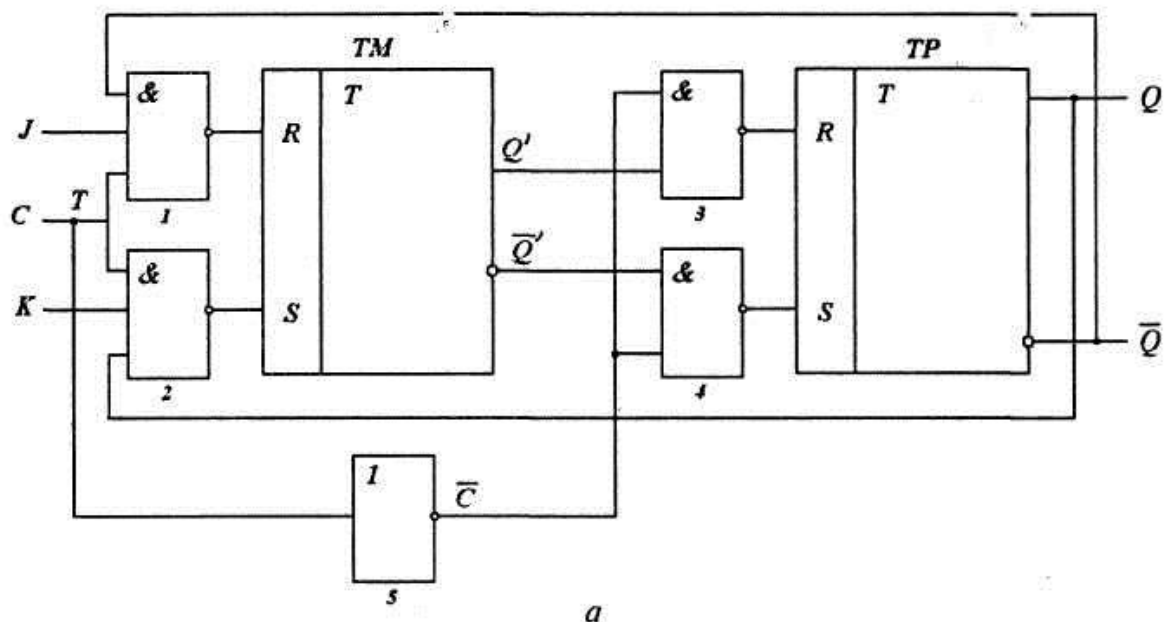
4.8-rasm. Ikki pog'onali T-trigger (a) va uning shartli belgilanishi (b).

JK-trigger man etilgan kirish signallar kombinatsiyasiga ega emas. Agar mantiqiy 1 signali aktiv bo'lsa, u holda JK-triggerning o'tishlar jadvali 4.5-jadvaldagi ko'rinishga ega bo'ladi.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, kirishga mantiqiy 1 signali berilganda J-trigger $Q = 1$, bir vaqtning o'zida K-kirishda $Q = 0$ bo'ladi.

Quyida mos ravishda asinxron va sinxron JK-trigger ishini ifodalovchi analitik ifodalar keltirilgan:

$$Q_{n+1} = J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n, \quad Q_{n+1} = C(J\bar{Q}_n + \bar{K}Q_n) + \bar{C}Q_n$$



4.9-rasm. Ikki pog'onali JK-trigger (a) va uning shartli belgilanishi (b).

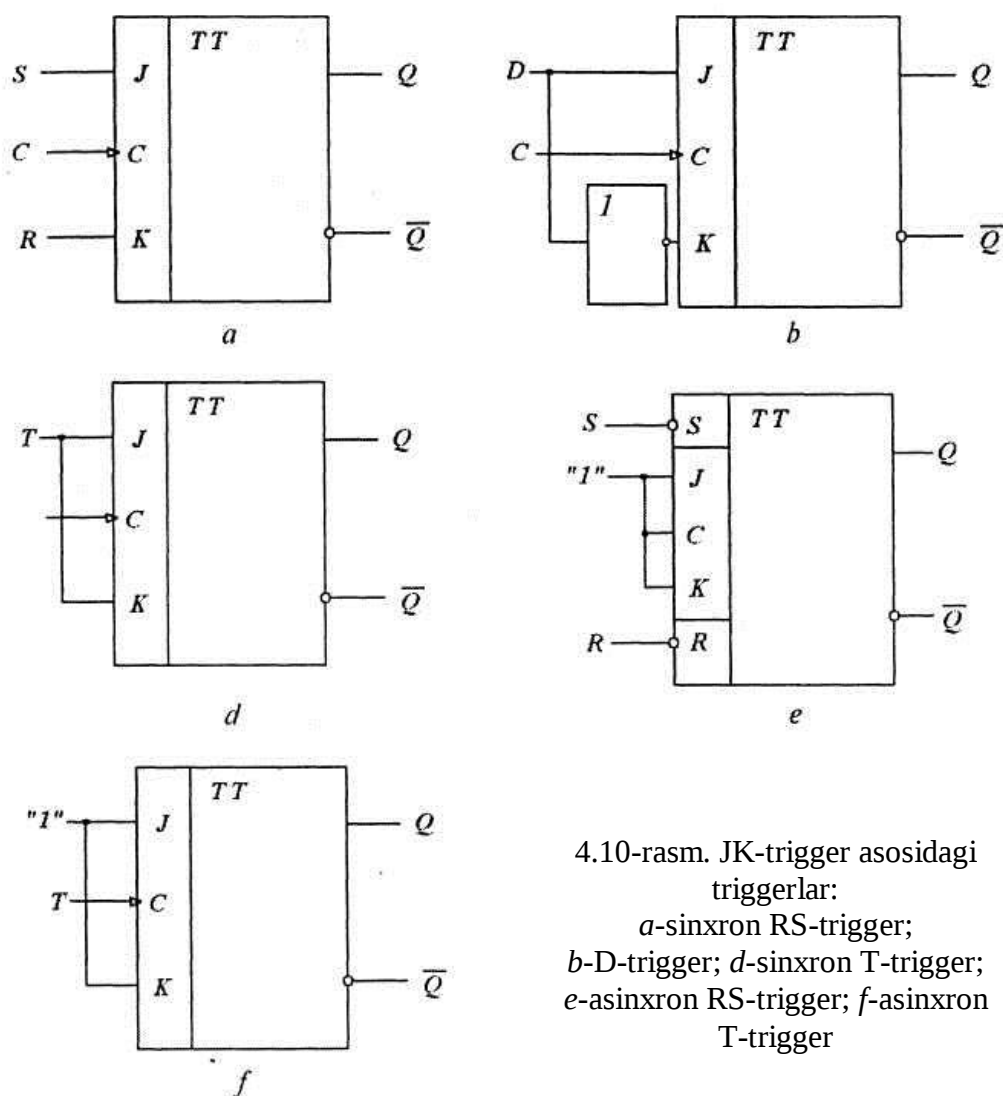
4.5-jadval

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

JK-triggerlarning universalligi ular asosida barcha turdagi triggerlar hosil qilish imkonini beradi. JK-trigger asosidagi qurilmalar 4.10-rasmda keltirilgan.

4.10, e-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 -trigger ($S = R = 1$ bo'lganda) bir holatiga o'rnatiladi, R - trigger ($S = R = 1$ bo'lganda) nol holatiga o'rnatiladi, E - trigger ($S = R = 1$ bo'lganda) o'z

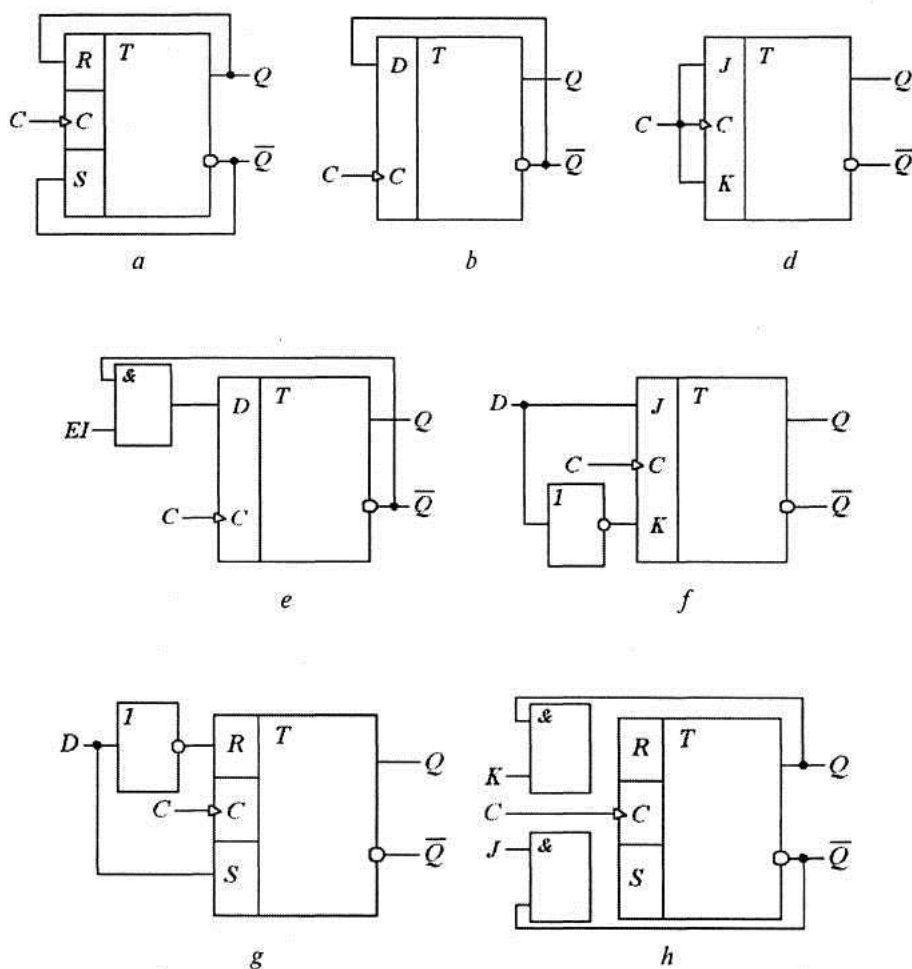
holatini o'zgartirmaydi.



4.10-rasm. JK-trigger asosidagi triggerlar:
a-sinxron RS-trigger;
b-D-trigger; d-sinxron T-trigger;
e-asinxron RS-trigger; f-asinxron T-trigger

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 0 (R) va 1 (S) o'rnatiladigan kirishlar ham mavjud.



4.11-rasm. Triggerlarning o'zaro almashinuv sxemalari:

a - RS dan T ga; *b* - D dan T ga; *d* - JKdan T ga; *e* - EI ruxsat kirishiga ega bo'lgan T-trigger;
f - JK dan D ga; *g* - RCS dan D ga; *h* - RCS dan JK ga.

4.4. Registrlar

4.4.1. Kirish

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. Xuddi shunday usulda registrdagi ma'lumotlarni undan

chiqarib yuborish mumkin.

Parallel yoki ketma-ket ravishda ma'lumot kiritish mumkin bo'lgan siljitish registrarlari mavjud. Demak, xuddi 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'ngga siljitadi.

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 qurilmalarini 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, printerdan esa ma'lumotni ancha past tezlikda olish mumkin. Teskari kodda ma'lumot chiqaruvchi registr mikroprotsessor 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 birnecha bitlarida mos ravishda ma'lumotlar saqlanishi mumkin, boshqa bitlari esa boshqaruv maqsadlarida qo'llanilishi mumkin.

4.4.2. Parallel registr

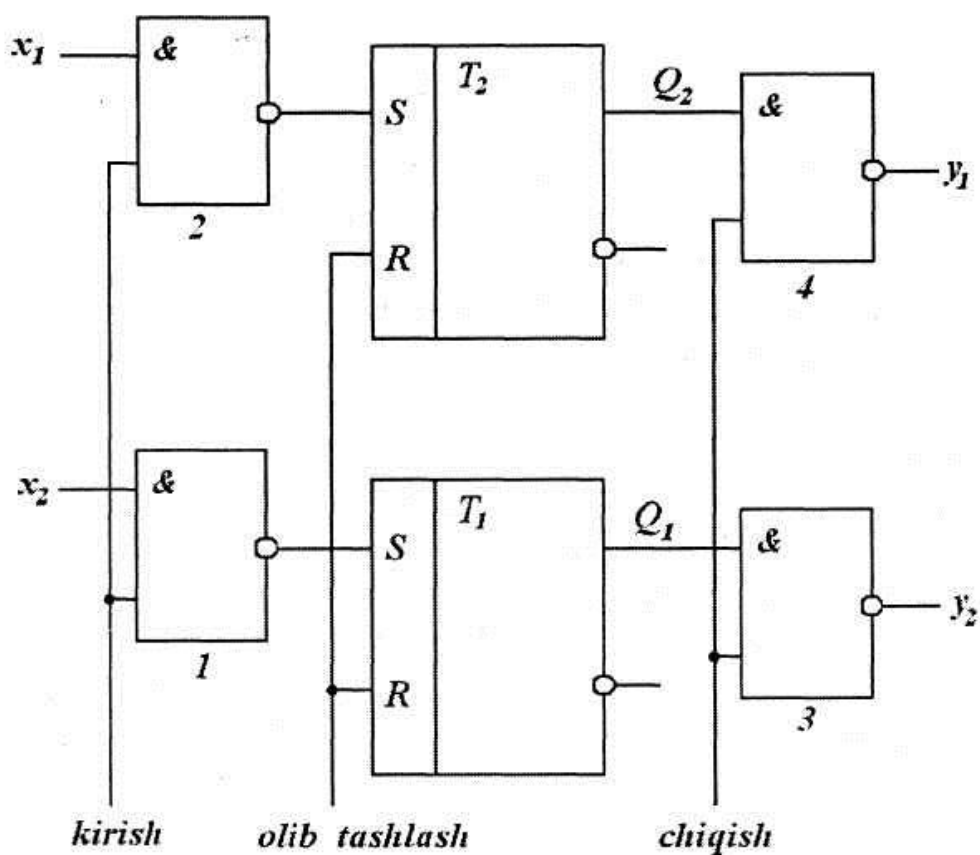
Parallel registr ma'lumotlar ustidan quyidagi mikroamallarni bajarishga mo'ljallangan: parallel shaklda kirishdagi ma'lumotlarni yozish, saqlash va uzatish. Bu amallarni bajarishdan avval registr dastlabki holatga (0) o'rnatiladi. Ma'lumot parallel ravishda qayta ishlangani tufayli, registrni tashkil etuvchi triggerlar ham razryadlar sonidan kelib chiqqan holda o'zaro bog'lanmagan. Parallel registrlar asinxron yoki sinxron ishlash prinsipida ixtiyoriy triggerlardan tuzilishi mumkin.

Sodda ikki razryadli parallel registrning funksional sxemasi 4.12-rasmda keltirilgan.

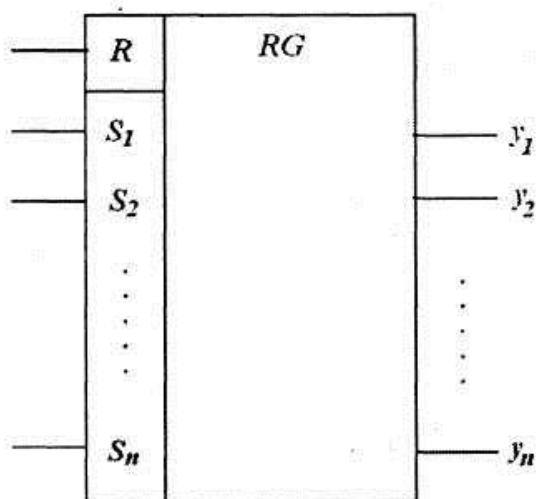
Registrarlarni boshqa registrlar yoki raqamli tizim qurilmalari bilan bog'lovchi elektr zanjirlar shinalar deb ataladi.

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'iy 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.



a



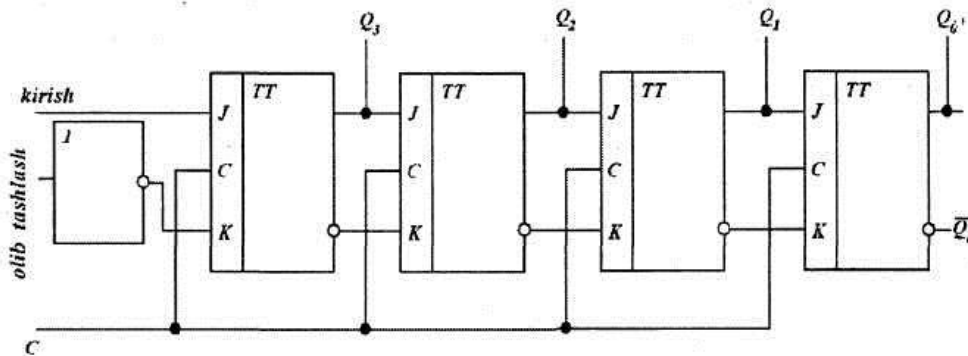
b

4.12-rasm. Parallel registr sxemasi (a) va uning shartli belgilanishi (b).

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.

4.4.3. 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 holat (0)ga o'rnatiladi.



4.13-rasm. To'rt razryadli ketma-ketli siljitish registri funksional sxemasi.

JK-triggerlar asosidagi to'rt razryadli ketma-ketli siljitish registrining funksional sxemasi 4.13-rasmda keltirilgan. Registr tarkibiga kiruvchi razryadli triggerlar o'zaro ulanganligi sababli, bunday registr yuqorida aytib o'tilgan mikroamallardan tashqari saqlanayotgan ma'lumotni o'ngga siljitish amalini ham bajaradi.

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'ngga 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.

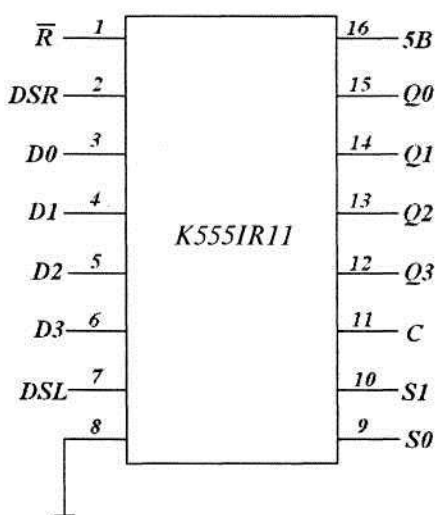
Registrda ma'lumotni saqlab turish uchun takt impulslari berish to'xtatiladi.

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 changa surish talab etiladi. Ma'lumotlarni ikkala yo'nalishda siljitish imkoniga ega bo'lgan ketma-ketli registrlar reversiv registrlar deb ataladi.

Siljitish registri parallel kodni ketma-ketli kodga o'zgartirishda ham qo'llanilishi mumkin. Bu holda triggerlar parallel kodga mos keluvchi

dastlabki holatga oʻrnatiladi. Registrdan son ketma-ketli chiqishda ketma-ket kod koʻrinishida olinadi. Teskari oʻzgartirishni amalga oshirish uchun registr kirishiga ketma-ket kod kiritib, triggerning parallel chiqishidan parallel kod olinadi.

Sanoat barcha turdagi registrnlarni ishlab chiqaradi. Bular jumlasiga universal registrlar ham kiradi, masalan K555IR11 mikrosxemasi. U 70 taga yaqin MEga ega. Bu mikrosxema universal toʻrt razryadli siljitish registri boʻlib, uning yordamida raqamli sonni aniq sinxronlikda chapga va oʻngga



4.14-rasm. IR11 registr sokolevkasi

siljitish mumkin. K555IR11 sokolevkasi 4.14-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 boʻlsa, maʼlumotlar $D0 - D3$ parallel kirishlardan registrga uzatiladi va shuning uchun maʼlumotlar $Q0 - Q3$ chiqishlarda keyingi takt impulsi berilgandagina paydo boʻladi. $S1$ kirishga «0», $S0$ kirishga «1» berilsa, DSR ketma-ketli maʼlumotlar kirishiga berilayotgan kod, registr yordamida oʻngga 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, yaʼni $Q3$ dan $Q0$ ga siljiydi.

4.5. Hisoblagichlar

Trigger oʻzini ikkiga boʻluvchi kabi tutadi, chunki hartakt impulsining sinxronizatsiya siklida maʼlumot faqat bir marta oʻzgaradi. Natijada trigger chiqishidagi signal oʻzgarish chastotasi takt impulslari chastotasidan ikki marta kichik boʻladi. Bir necha triggerli chastotani ikkiga boʻlish sxemalarini ketma-ket ulab, ikkilik maʼlumotlarni nafaqat saqlash, balki chastotani boʻlish va uning kirishiga kelayotgan impulslarni sanash uchun ishlatish mumkin. Agar qurilma uning kirishlariga berilayotgan impulslarni hisoblashni amalga oshirsa, bu qurilma hisoblagich deb, agar chastota boʻlishlarini hisoblasa chastota boʻluvchi deb ataladi. Hisob natijalari hisoblagich chiqishida ikkilik son koʻrinishida berilgan kod va talab etilyotgan vaqt davomida saqlanishi mumkin.

Hisoblagichlar va chastota boʻluvchilari EHM va boshqa raqamli avtomat qurilmalari, hamda aloqa va nazorat-oʻlchov apparaturasida hisob-kitob amallarini boshqarishda keng qoʻllaniladi.

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 soni bilan aniqlanadi. Kta 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 2 ning to'liq darajasiga teng bo'lgan) va ikkilik-kodli (sanoq moduli 2 ning to'liq darajasiga teng bo'lmagan ixtiyoriy sonni qabul qilishi mumkin bo'lgan) 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'luvchilari-dagi triggerlar siljitish yoki sanoqning bir sikli davomida bitta komanda yordamida avval yozilgan ma'lumotni keyingisiga uzatish va oldindagi triggerlardan yangi ma'lumotni qabul qilishlari kerak. Shuning uchun ikki pog'onali yoki dinamik boshqaruvli triggerlar qo'llaniladi. Bundan tashqari, triggerlar o'z holatlarini qarama-qarshi (teskari) holatga o'zgartirish talab etilganda sanoq rejimida ishlashlari kerak, ya'ni $E0$ 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.

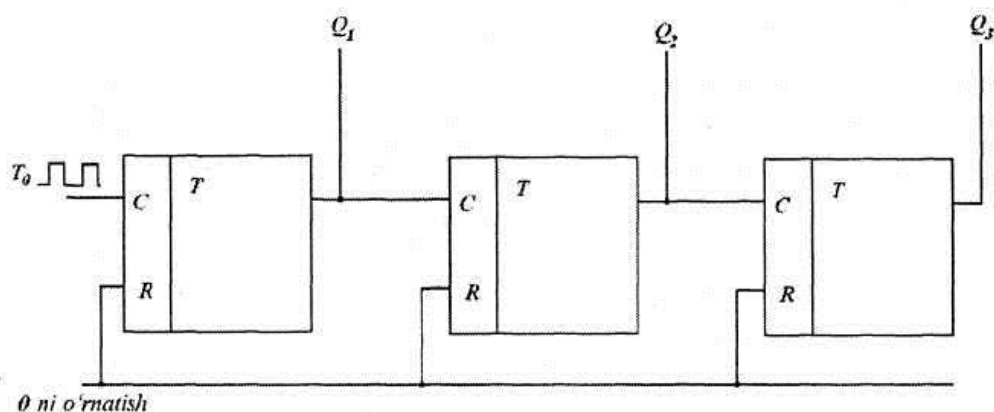
Ketma-ketli hisoblagichlar. Soddalik uchun statik boshqaruvli uchta triggerdan tashkil topgan jamlovchi hisoblagich ishini ko'rib chiqamiz. Bunday hisoblagichning o'tishlar jadvali 6.6-jadvalda, uning funksional sxemasi esa 4.15-rasmda keltirilgan. Odatda, triggerlar, demak hisoblagichlar ham, qo'shimcha hisoblagich chiqishlarida oldindan belgilangan sonni o'rnatuvchi C 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



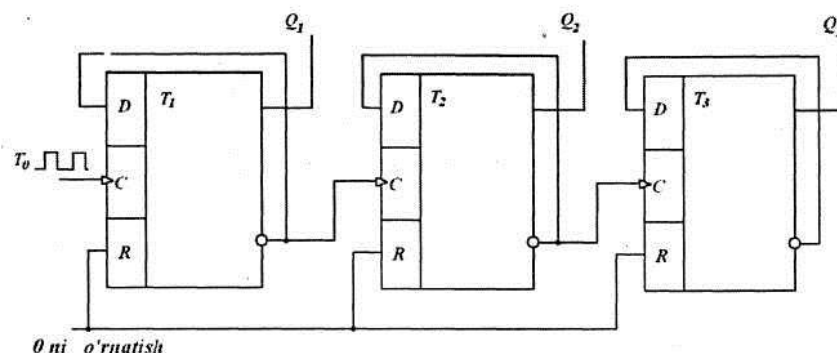
4.15-rasm. Ketma-ket uzatiluvchi ikki pog'onali T-triggerli uch razryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi.

Sanoq boshlanishidan oldin barcha triggerlar chiqislilarida 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, C o'rnatish kirishlarida esa mantiqiy 0 potentsiali mavjud bo'ladi. 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; Q_2 har ikkinchi impuls kelishi bilan, Q_3 esa har to'rtinchi impuls kelishi bilan o'zgartiradi. 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 uch razryadli 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 xalaqitlarni (shovqinlarni) bimalol 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 0 ga teng miqdorda o'zgarishsiz qolishi kerak. Amalda bu talab raqamli qurilmaning murakkablashib ketishiga olib keladi.



4.16-rasm. Ketma-ket uzatishli dinamik D-triggerlarda bajarilgan uch razryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi.

Dinamik boshqaruvli triggerlar yuqorida aytib o'tilgan kamchilikdan holi. Ketma-ket uzatishli dinamik D-triggerlarda bajarilgan uch razryadli jamlovchi hisoblagich sxemasi 4.16-rasmda keltirilgan.

Ketma-ket keluvchi har razryad holatining o'zgarishi avvalgi razryadning 1 dan 0 ga o'zgarishi, ya'ni boshqaruv impulsining kesimi bilan amalga oshiriladi. 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 on (uch azryadli hisoblagichda $Q_1=Q_2=Q_3=1$) 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 kirishini o'zidan avvalgi triggerning invers chiqishlariga ulash, S asinxron kirishni esa biror boshlang'ich sonni o'rnatish uchun ishlatish kerak.

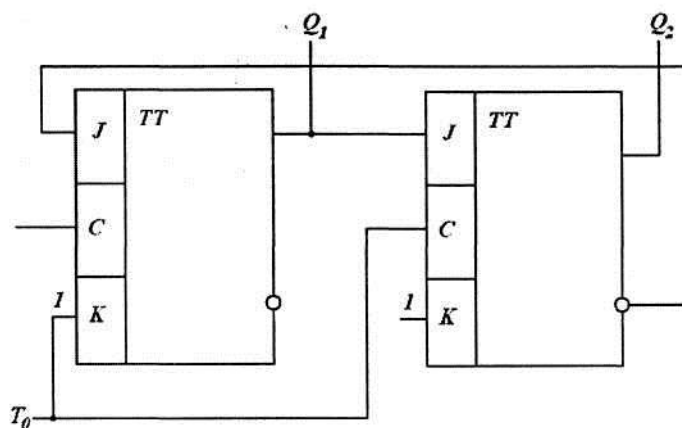
4.7-jadval

Ayiruvchi hisoblagichning holatlar jadvali

m	Q_3	Q_2	Q_1
0	1	1	L
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

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 hisoblagichni ($K=2^2=4$) 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 nonga o'tishi kerak. Bunday sxemalarni tuzish uchun JK-triggerlar qulay hisoblanadi. Ikkita JK-triggerida 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 bir triggerning sanoq kirishlariga $T_0 = \overline{MQ_{K+1}}MQ$ amalini bajaruvchi, ya'ni multipleksor bo'lgan HAM-YOKI-EMAS MELarini kiritib, reversiv hisoblagich hosil qilish mumkin. Dinamik T-triggerda bajarilgan bunday reversiv hisoblagichning sxemasi 4.18-rasmda keltirilgan.

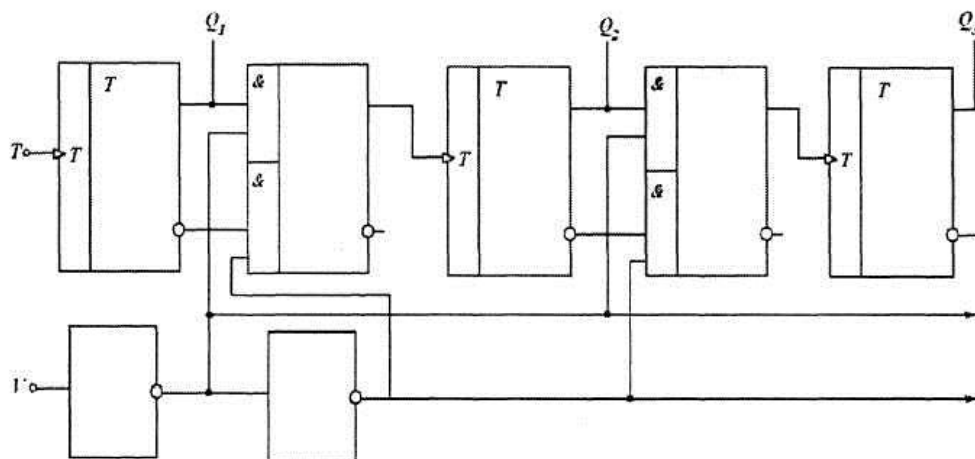
V kirish trigger ishini to'xtatadi va unga yozilgan ma'lumot ancha muddat ichida saqlanishi mumkin. Ketma-ket uzatishli hisoblagichlar ichki tuzilmasining soddaligi bilan ajralib turadi, lekin kichik tezkorlikka ega, chunki triggerning harbir ulanishi, avvalgisi qayta ulangandan so'ng amalga oshadi. Shuning uchun chiqishda ma'lumot o'rnatilishining minimal vaqti quyidagiga teng:

$$t_{KI.min} = Nt_K,$$

bu yerda: N – hisoblagich razryadlari soni; t_K – hisoblagich bir

razryadining qayta ulanish vaqti.

Parallel hisoblagichlar. Bu turdagi hisoblagichlarda T_0 sanoq impulslari barcha razryadlarda triggerlarning C sinxrokirishlariga bir vaqtda (parallel) uzatiladi. Parallel hisoblagichlar yoki parallel o'tuvchi hisoblagichlar odatda front yordamida sinxronlashadigan RS -, JK -, D -triggerlar asosida tuziladi. Hisoblagich ish algoritmini 4.6-jadvalni tahlil qilib tushunish mumkin. Undan ko'rinib turibdiki, mazkur algoritm matematik usulda MAF yordamida quyidagicha ifodalanadi:



4.18-rasm. Reversiv hisoblagich fragmenti.

$$Q_{i,n+1} = \overline{Q_{i,np_i}} + Q_{i,np_i} = Q_i \oplus p_i, \quad (4.1)$$

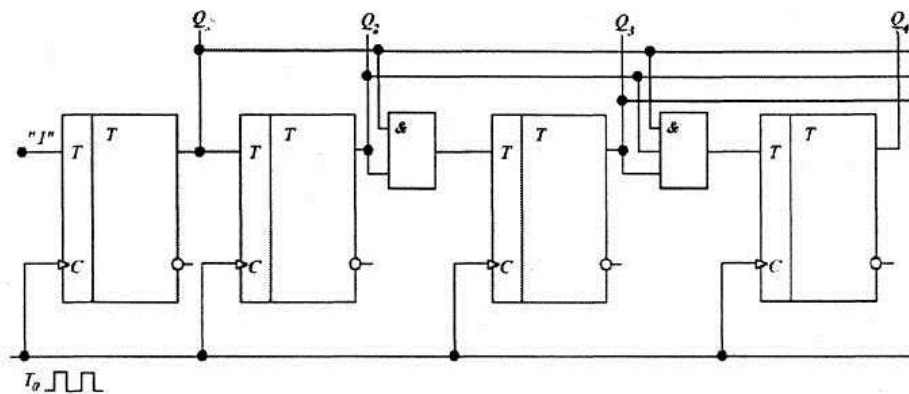
bu yerda: $Q_{i,n+1}$ - $(n+1)$ -vaqt momentida hisoblagich chiqish kodidagi i -razryad qiymati; $Q_{i,n}$ - n - vaqt momentida hisoblagich chiqish kodidagi i -razryad qiymati; $p_i = Q_1, nQ_2, nQ_{i-1}$, n - o'tkazish signali. (4.1) ifoda asosida parallel hisoblagichning so'z yordamida ifodalangan ish algoritmi quyidagicha bo'ladi: navbatdagi sinxronizatsiya signali kelishi bilan keyingi triggerlarning qayta ulanishi faqat barcha avvalgi triggerlar o'rnatilganda, ya'ni ularning chiqishlarida mantiqiy birga teng signal mavjud bo'lganda sodir bo'ladi.

Mazkur qayta ulanishni amalga oshiruvchi (4.1-ifodaga asosan) elektr sxema 4.19-rasmda keltirilgan.

Shunday qilib, parallel hisoblagichda barcha triggerlar bir vaqtda (sinxron ravishda) takt impulsi oladilar, chunki ularning takt kirislilari parallel ulangan. Shuning uchun triggerlar deyarli bir varakayiga qayta ulanadilar. Bu vaqtda chiqishda ma'lumot o'rnatilish vaqti bir triggerning qayta ulanish vaqtiga teng:

$$t_{KL.min} = t_K.$$

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.



4.19-rasm. Parallel o'tishli hisoblagich sxemasi fragmenti.

Parallel hisoblagichlarda sanoq tartibi (jamlash yoki ayirish) triggerning dinamik kirishiga (to'g'ri yoki invers) 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 boshqarish kirishiga berilayotgan «ko'proq/kamroq» komandasiga mos ravishda navbatdagi takt impulsi kelishi bilan hisoblagich natijasini 1 qiymatiga oshirish yoki kamaytirish mumkin. Reversiv hisoblagich razryad sxemalariga 2×2 HAM-YOKI elementlarida bajarilgan multipleksorlar kiritiladi.

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, IMS ko'rinishida asinxron va sinxron to'rt razryadli hisoblagichlar ikki: ikkilik va o'nlik variantida ishlab chiqariladi:

4.6. Negiz matritsali kristallar

Elektronika rivojining asosida elektron apparatura bajaradigan funksiyalarni murakkablashtirib borish yotadi. Yangi masalalarni (muammolarni) ishdan chiqish ehtimolligi, tannarxi, 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 liar bir qobiqda alohida integral MELar (ventillar) joylashar edi. Keyinchalik, chiqish sonlarini oshirib, bir qobiqqa bir nechta ventillar joylashtiriladigan bo'ldi. Bu faqat apparaturadagi qobiqlar sonining kamayishiga olib keldi. Bir kristalda joylashgan oddiy ISlarni metall tutashtirgichlar yordamida murakkab funksional majmualarga birlashtirilgandan so'ng, sifat ko'rsatkichlarining o'zgarishlariga erishildi. O'rtta (O'IS), so'ngra katta (KIS) va o'ta katta (O'KIS) ISlar 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 bo'g'in hisoblanadi. KISlarga jamlagichlar, hisobla-

gichlar, hajmi 256-1024 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 egalayotgan sirtini kichraytirib) va kristall o'lchamlarini kattalashtirib. Bi-rinchi usulda ikki muammo yuzaga keladi va ularni mikroelektronikaning rivojlantirish jarayonida hal qilish kerak: issiqlik uzatilish muammosi va o'zaro ulanishlar muammosi. Issiqlik uzatilish muammosi tranzistorlarning mikrorejimini qo'llash va mikrorejim xos bo'lgan sxemalarni qo'llash orqali bartaraf etiladi. Bunday sxemalarga PM'yoki KMDYAturdagi MELar kiradi. O'zaroulashlar (kommutatsiya) muammosi esa ikki yoki uch tekislikda joylashgan ko'pqatlamli tutashtirgichlarni qo'llash orqali bartaraf etiladi.

Ammo ishlab chiqarilayotgan standart KISlar, ishlab chiqaruvchilarning maxsus talablarini har doim ham qoniqtiravermaydi. Ko'rinib turibdiki, maxsus «buyurtma» KISlar yuqori narxga va kam songa ega bo'ladi.

Negiz matritsali kristallarni qo'llash nomeklaturasi cheklangan va optimal narxi ma'lumotlarni raqamli sifatli qayta ishlash bo'yicha turli masalalarni hal qiluvchi kam sonli KIS va O'KISlarni loyihalashtirish va ishlab chiqarishga imkon beradi.

Negiz matritsali kristall (NMK) kristallda bir tekis joylashtirilgan yarimo'tkazgichli asboblarning majmuyi bo'lib, ularning oralig'ida o'zaro ulanishlarni 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'lanishlarni hosil qilish mumkin bo'lgan yarim tayyor mahsulot hisoblanadi. NMK negiz kristall deb ataladi, chunki ularni tayyorlash jarayonida fotoshablonlarning ko'p qismi o'zgarishsiz qoladi va faqat kommutatsiya qatlamlarini 2-3 fotoshabloni IS bajaradigan flinksiyaga mos ravishda o'zgartiriladi. Sodda elementlar kristallda to'g'ri burchakli katak 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 sxemalarning murakkab funksional bloklari asosida tuziladigan NMKlar uch qismdan ibolat bo'ladi:

- kristallda to'g'ri burchakli matritsa ko'rinishida joylashadigan negiz

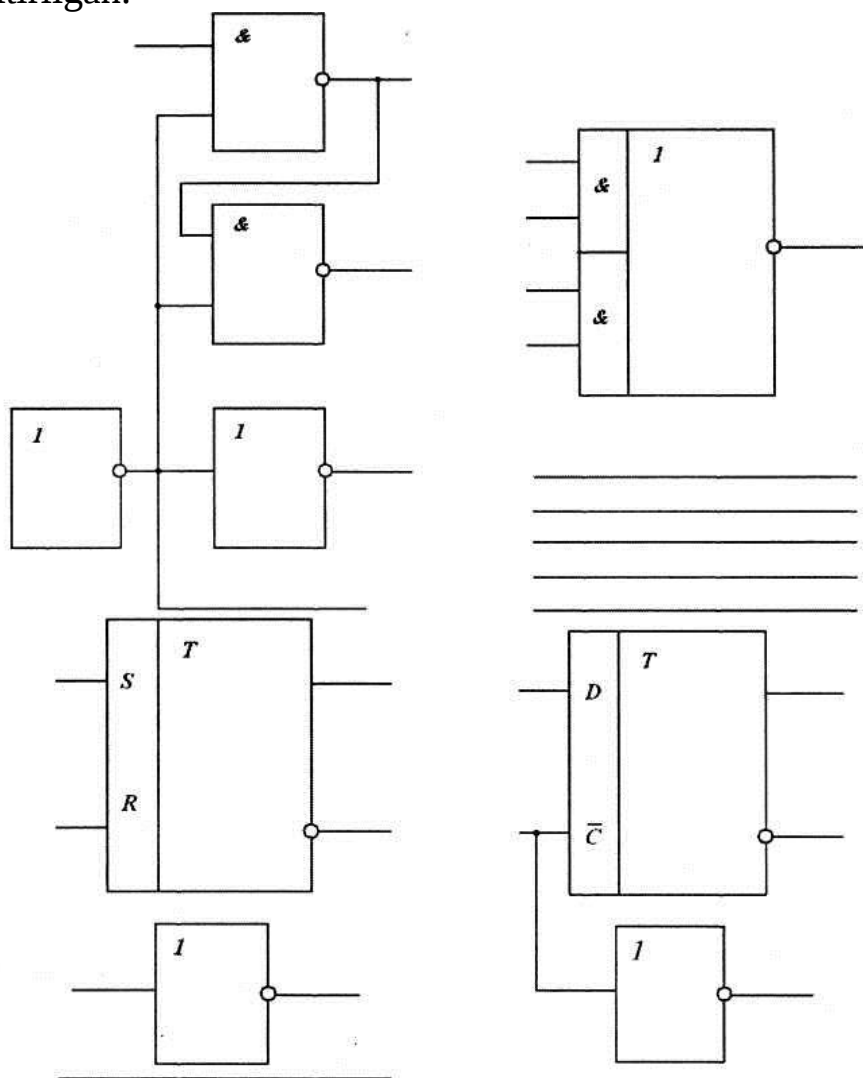
(topologik) BYAlar majmuasi;

- BYAlarni flinksional tugallangan KISlarga birlashtiruvchi, metal 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 flinksiya bajaruvchi bitta negiz MENi 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 flinksional elektr sxemasi yordamida aniqlanadi.

Sodda makroelementlarni hosil qilishning bir necha usullari 4.20-rasmida keltirilgan.



4.20-rasm. NMK makroelementlari.

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 manbayi va siljitish sxemalar hosil qilinadi. KISlarning tashqi chiqishlari ulanadigan metall kontakt yuzalar yana metallizatsiy aning yuqori darajasida kristall periferiyasiga joylashtiriladi.

4.7. 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, elektr dvigatellar)ni mikroEHM bilan bog'lash uchun analog signalni shu signal amplitudasiga proporsioanl 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 lining bir yelkasiga noma'lum og'irlikdagi yuk, ikkinchi yelkasiga esa toshlar qo'yiladi. Toshlar (masalan 1 g og'irlikdagi) tarozi muvozanat holga 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 yelkasiga o'zgar-mas kattalikdagi o'lchanayotgan kuchlanish o'rnatiladi, ikkinchi yelkasiga raqamli datchik nazorati ostida pog'onasimon ortib borayotgan kuchlanish beriladi. Kuchlanishning har bir pog'onasi tarozi yelkasiga 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 sxemani pog'onasimon ortib boruvchi kuchlanish generatori va ikkilik hisoblagichni boshqaruvchi to'g'ri burchakli impulsar shakllantiradi. Bu generator pog'onasimon kuchlanish ishlab chiqaradi, hisoblagich esa hisobni noldan boshlaydi.

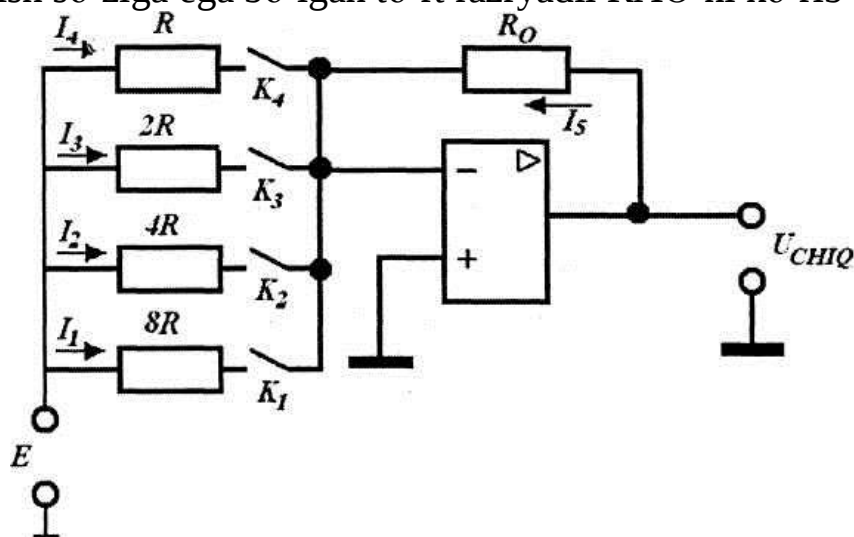
Pogʻonasimon kulchanish kirish bilan tenglashsa, uni komparator qayd etadi, startstop trigger dastlabki holatiga qaytadi va toʻgʻri burchakli signallarning kelishi qoʻshimcha mantiqiy element yordamida blokirovka qilinadi.

Bunday sodda oʻzgartirish sxemasi yordamida analog kattalik raqamli shaklga ancha uzoq vaqt davomida oʻzgartiriladi, chunki pogʻonasimon kuchlanish ketma-ket kiritiladi.

Oʻzgartirish vaqtini qisqartirish maqsadida pogʻonasimon kuchlanish generatori raqamli-analog oʻzgartirgich bilan almashtiriladi. Shuning uchun analog-raqamli oʻzgartirgich (ARC) sxemasiga raqamli-analog oʻzgartirgich (RAOʻ) sxemasi bilan tanishib boʻlgach qaytamiz.

Raqamli-analog oʻzgartirgich (ARC) raqamli kattalikni unga proporsional boʻlgan elektr tok yoki kuchlanish koʻrinishidagi analog kattalikka oʻzgartirish uchun qoʻllaniladi.

AROʻlarni tuzishning turli usullari mavjud boʻlib, amaliyotda maxsus kuchaytirgich va rezistorlarda bajarilgan sxema keng qoʻllaniladi. AROʻ vazifasini 2.5-bandda koʻrib oʻtilgan OKda bajarilgan jamlovchi kuchaytirgich bajarishi mumkin (4.21-rasm). Kirishlar soni oʻzgartirilayotgan ikkilik kodning razryadlari soni bilan aniqlanadi. $K_1 - K_4$ kalitlardan har biri ochiq yoki berk holatda boʻlishi mumkin. Soddalik uchun $K_4K_3K_2K_1$ ikkilik kirish soʻziga ega boʻlgan toʻrt razryadli RAOʻni koʻrib chiqamiz.



4.21-rasm. OKda bajarilgan jamlovchi modda RAO sifatida.

Mos razryadlardagi qarshilik qiymatlari 2 martaga farq qiladi. Bu holda mazkur RAOʻ sxemasi 0 dan 15 gacha boʻlgan natural qator sonlarini ikkilik sanoq tizimdan oʻnlik sanoq tizimga oʻzgartiradi. Bunday oʻzgartirish mexanizmini koʻrib chiqamiz.

(2.5) ifodadan kelib chiqib jamlagich tomonidan bajarilayotgan amal, kirishdagi rezistorlarning berilgan qarshiliklari uchun quyidagi ifoda

yordamida keltiriladi:

$$I_4 + I_3 + I_2 + I_1 + I_0 = 0. \quad (4.2)$$

Bundan
$$\frac{E}{R} + \frac{E}{2R} + \frac{E}{4R} + \frac{E}{8R} = -\frac{U_{CHIQ}}{R_0}. \quad (4.3)$$

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 uzilgan bo'lsa sodir bo'ladi. 4.21-rasmdan ko'rinib turibdiki, bu holda kirishdagi tokfaqat I_1 tokdan iborat bo'ladi. U holda (6.3) formulaga asosan chiqishdagi tok

$$U_{CHIQ} = -E \frac{R_0}{R} \frac{1}{8}$$

ga teng bo'ladi.

Agar K_1 va K_2 kalitlar ulansa, qolgan 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 lining chiqishida o'nlik sanog'idagi birga, ikki - ikkiga, ..., 15 esa 15 ga mos keladi.

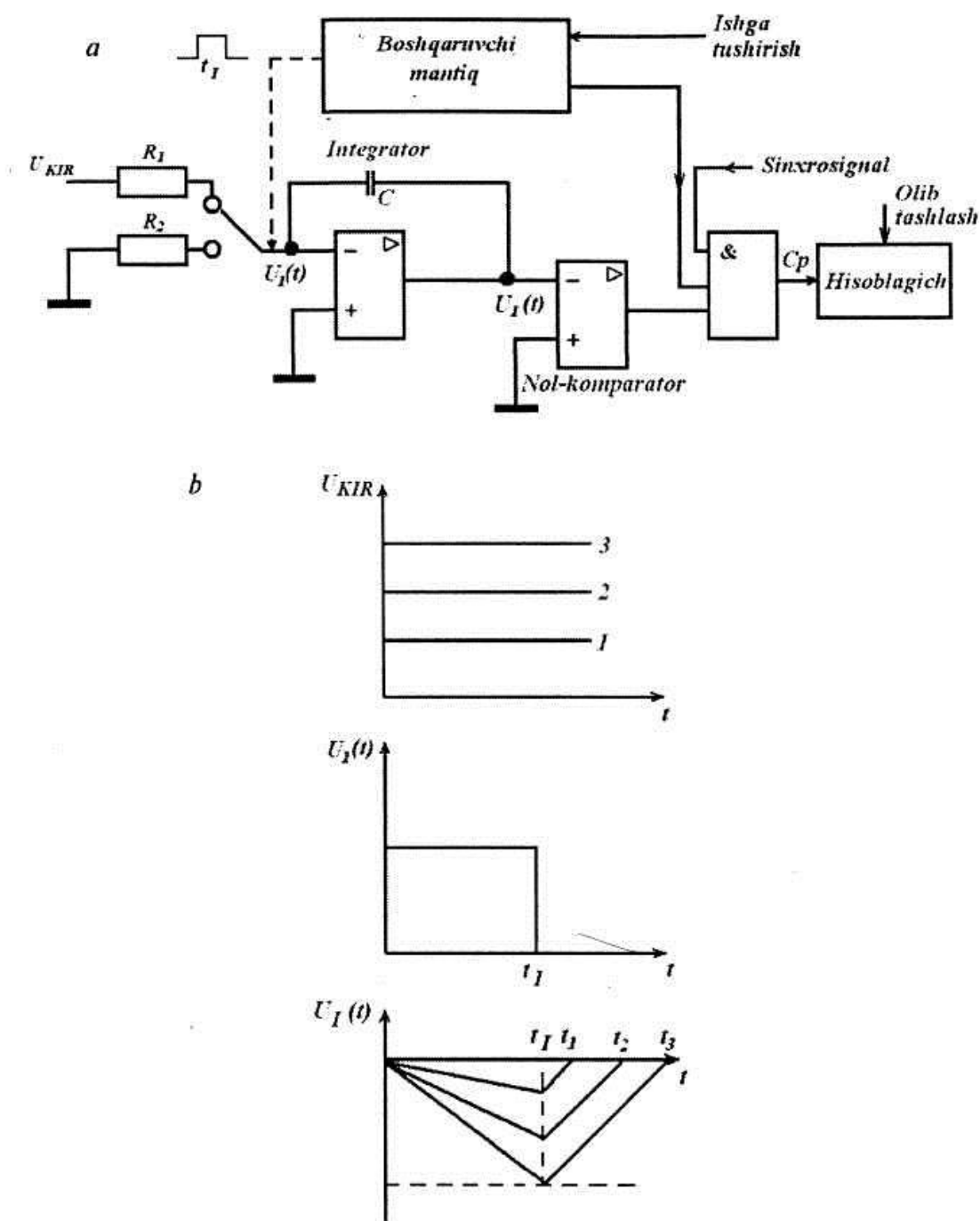
RAO' registrilariga, ayniqsa ARO' keng harorat intervalida ishlaganda, barqarorlik va nominal aniqligi bo'yicha jiddiy talablar qo'yiladi. Bir xil va proporsional qarshilikli rezistorlarni texnologik jihatdan rezistorli matritsali mikrosxemalar ko'rinishida yasash qulay. Shuning uchun rezistorli matritsali 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.

4.22-rasmda keltirilgan ARO' sxemasi ikki marta integrallovchi yuqori aniqlikdagi ARO' deb ataladi.

Sxema ingeratorni boshqaruvchi kalitga ega bo'lib (2.6-bandga q.), uning ketidan nol-komparator deb ataluvchi solishtirish sxemasi joylashgan (2.7-bandga q.). Solishtirish sxemasi uchta kirishli HAM ME yordamida hisoblagichni boshqaradi.

Boshqaruv sxemasi (boshqaiv mantig'i) hisoblagichni boshqarish

uchun Mp takt signallari ishlab chiqaruvchi kvarsli avtogeneratorga ega. U bo'luvchi yordamida K kalitni boshqaruvchi $U_I(t)$ signalning t_I vaqt intervalini shakllantiradi.



4.22-rasm. Yuqori aniqlikdagi ARO: sxemasi (a) va vaqt diagrammasi (b).

Ishlash prinsipini tushuntirish uchun 22.6, b -rasmda keltirilgan vaqt diagrammalaridan foydalanamiz.

Boshqaruvchi mantiq K kalitni analog kirish signali o'tishi uchun integrator kirishiga ma'lum t_I vaqtga ulaydi. Bunda C integrallovchi kondensator 0 dan t_I gacha bo'lgan vaqt intervalida ixtiyoriy tanlangan kirish signali qiymati bo'yicha (1, 2 yoki 3) deyarli to'g'ri chiziqli 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.

T_1 vaqt momentida mantiqiy boshqaruv kirishni K kalit yordamida R_2 etalon rezistori orqali yerga ulaydi. Bu momentdan boshlab kondensator razryadlana boshlaydi va chiziqli qonunga asosan $U_1(t)$ absolut 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'xtatadi.

O'zgartirish aniqligi hisob chastotasini, ya'ni Olib tashlash, Ishga tushirish, C_p signallarini sinxronlash yo'li bilan keskrn oshiriladi. Bunda ARO'ning o'zgartirish aniqligi 16 tagacha ikkilik razryadiga, ya'ni $(1/2)^{16}=1,5 \cdot 10^{-5}$ 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 mak-simal qiymatiga mos keluvchi tayanch kuchlanish. Komparatorlarning boshqa kirislilari 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.

6.8-jadvalda ko'rib o'tilgan ARO' ISlarinig parametrlari keltirilgan.

4.8-jadval

Turi	Razryadlar soni	Kirishdagi signal chastotasi, Gz
Ikki marotaba integrallash ARO'si	16	50...500
Parallel ARO'	8	10^8

Nazorat savollari

1. Ketma-ketli mantiqiy qurilmalarning xossalari va ulardagi triggerlar vazifasini aytib bering.
2. Bistabil yacheykaning ishlash prinsipi va regenerativ jarayonning ma'nosini tushuntiring.
3. Triggerli qurilmalarning sinflanishini keltiring.
4. Bir va ikki pog'onali turli triggerlar o'zaro nimasi bilan farqlanadi?

5. Universal JK-trigger asosida boshqa turdagi triggerlarni qanday yasash mumkinligini ko'rsating.
6. Qanday belgilarga ko'ra registrnlarni sinflash mumkin?
7. Parallel, siljituvcchi va reversiv registrnlarni tuzilma sxemalari va shartli belgilanishlarini tasvirlab bering.
8. Registrnlar orasida ma'lumot almashish qanday tashkil etilgan?
9. Universal registr ish prinsipini tushuntiring.
10. Hisoblagichlarning assoiy ishi va sinflanish belgilarini aytib bering.
11. Hisoblagichlarning razryad sxemalari orasidagi aloqa turlarini sanab bering.
12. Hisoblagichlarning tezkorligi qanday usullar bilan oshiriladi?
13. Dasturlanuvchi mantiqiy matritsa (DMM), negiz matritsali kristall ta'riflarini keltiring.
14. DMMni qanday loyihalashtirish uslublari mavjud?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. А.А. Халиков “Цифровая схемотехника”. Учебное пособие. ТашИИТ, Ташкент 2005г
2. А.А. Xoliqov. “Raқamli sxemateхnika” Toshkent-Yangi nashr 2007.
3. Халиков А.А. Дарслик «Электрон қурилмалар, аналогли ва рақамли схемотехника». ТТЙМИ 2002й.
4. Рақамли схемотехника 1-қисм (ўқув қўлланма, Халиков А.А., 2006)
5. Рақамли схемотехника 2-қисм (ўқув қўлланма, Халиков А.А., 2006)
6. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. СПб: БХВ-Петербург, 2000.
7. Дунаев С.Д., Золотарев С.Н. “Цифровая схемотехника” Москва 2007г.
8. Халиков А.А. Маърузалар матни «Электрон қурилмалар, аналогли ва рақамли схемотехника I ва II қисм». ТТЙМИ 2000-2002 й.
9. Каримов Р.К., Бузрукхонов А.А. «Электрон қурилмалар» Лаборатория ишлар бўйича методик қўлланма I-II қисм ТТЙМИ 2005-2006й.
10. Бузрукхонов А.А., Маннопов А.Н. “Электроника” масалалар тўплами. ТТЙМИ 2010 й.

Mundarija

Kirish	3
I bob. Raqamli texnika asoslari	4
1.1. Umumiy ma'lumotlar	4
1.2. Sanoq tizimlari.....	8
1.3. Mantiqiy konstantalar va o'zgaruvchilar. Bul algebrasi operatsiyalari	11
1.4. Mantiqiy elementlar va ularning parametrlari	15
1.5. Bipolyar tranzistorli elektron kalit sxemalar	21
1.6. Maydoniy tranzistorli elektron kalit sxemalar.....	25
II bob. Mantiqiy integral sxemalarning negiz elementlari	29
2.1. Umumiy ma'lumotlar	29
2.2. Tranzistor-tranzistorli mantiq elementlari.....	29
2.3. Emitterlari bog'langan mantiq elementlari.....	37
2.4. Bir turdagi MDYA-tranzistorlar asosidagi mantiq elementlari.....	44
2.5. Komplementar MDYA-tranzistorlar asosidagi mantiq elementlari	46
2.6. Integral-injeksion mantiq elementlari	48
III bob. Kombinatsion turdagi raqamli sxemalar	55
3.1. Kombinatsion sxemalarni sintez qilish uslubi	55
3.2. Shifratolar va deshifratolar	66
3.3. Multipleksor va demultipleksorlar	76
3.4. Jamlagich va yarimjamlagichlar	80
3.5. Arifmetik-mantiqiy qurilmalar.....	88
3.6. Dasturlanuvchi mantiqiy matritsalar	95
IV bob. Ketma-ket raqamli sxemalar	100
4.1. Umumiy ma'lumotlar	100
4.2. Bistabil yacheykalar.....	102
4.3. Triggerlar.....	103

4.3.1. Bir pogʻonali triggerlar.....	103
4.3.2. Ikki pogʻonali triggerlar	109
4.4. Registrlar	113
4.4.1. Kirish	113
4.4.2. Parallel registr	114
4.4.3. Ketma-ketli registr	116
4.5. Hisoblagichlar.....	117
4.6. Negiz matritsali kristallar.....	123
4.7. Raqamli-analog va analog-raqamli oʻzgartirgichlar	126
Foydalanilgan adabiyotlar.....	132

**Aziz Nasirovich Mannapov,
Anvar Abdusamatovich Buzrukxonov**

SXEMOTEXNIKA

O‘quv qo‘llanma

Muharrir: S.A.Mullamuxamedov
Texnik muharrir va sahifalovchi: M.X.Tashbaeva

Nashrga ruxsat etildi 04.06.2018 y.
Qog‘oz bichimi 60×84/16. Hajmi 8,5 b.t.
Adadi 18 nusxa. Buyurtma №25-4/2016
ToshTYMI bosmaxonasida chop etildi
Toshkent sh., Odilxo‘jayev ko‘chasi, 1 uy

Toshkent temir yo‘l muhandislari instituti, 2018 y.