

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ALISHER NAVOIY nomidagi
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA FAKULTETI
ELEKTRONIKA VA ASBOBSOZLIK YO‘NALISHI
”QATTIQ JISMLAR FIZIKA“ kafedrası
O‘TASHEV USMONALI BURXONOVICH**

**“ RAQAM – ANALOGLI ALMASHTIRGICH VA ANALOG – RAQAMLI
ALMASHTIRGICH MAVZUSIGA OID VIRTUAL LABORATORIYA
YARATISH”**

BITIRUVMALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar: dots. G‘ulomov G‘.

«____» _____ 2015 yil

Bitiruv Malakaviy ishi Qattiq jismlar fizika kafedrasida bajarildi. Kafedraning 2015 yil ___iyundagi majlisida muhokama qilindi va himoyaga tavsiya etildi (bayonnoma №___).

Kafedra mudiri:

dots: E.U. Arziqulov

Bitiruv Malakaviy ishi YaDAKning 2015 yil “___” _____dagi majlisida himoya qilindi va _____ ball bilan baholandi (bayonnoma № ____).

YaDAK raisi: _____

A‘zolari: _____

SAMARQAND – 2015

Mundarija

Kirish.....	3
I. BOB. SIGNALLARNI RAQAM – ANALOGLI VA ANALOG – RAQAMLI ALMASHTIRUVCHI QURILMALAR VA TIZIMLAR	
1.1 Raqam – analogli almashtirgichlar.....	5
1.2 Analog raqamli almashtirgich.....	15
1.3. Analog raqamli almashtirgichni ketma-ket, parallel va ketma-ket parallel turlari haqida.....	20
II. BOB. RAQAM ANALOGLI VA ANALOG RAQAMLI ALMASHTIRGICHLAR HAQIDAGI INTERNET MA'LUMOTLARI	
2.1 Pog'ona tipidagi R-2R matrisali raqam analogli almashtirgich	34
2.2 Zinapoya tipidagi raqm analogli almashtirgich.....	36
2.3. Nattijalarni yig'ish uchun ketma-ket yaqinlashuvdagi analog raqamli almashtirgich analog raqamli almashtirgich.....	38
2.4. Segma-Delta analog raqamli almashtirgich.....	41
III-BOB. RAQAM ANALOGLI VA ANALOG RAQAMLI ALMASHTIRGICH VIRTUAL LABORATORIYA ISH	
3.1. Raqam analogli almashtirgich.....	42
3.2. Raqam analogli almashtirgichning asosiy ko'rsatkichlari.....	46
3.3. Analog raqamli almashtirgich ishlash jarayonini o'rganish.....	52
3.4. Analog raqamli almashtirgichning asosiy ko'rsatkichlari.....	53
Xulosa.....	61
Adabiyotlar.....	62

KIRISH

Bitiruv malakaviy ishining maqsadi: Analog raqamli va raqam analogli almashtirgichlarning virtual laboratoriyasini va harakatdagi laboratoriya qurilmasini yaratishdan iborat.

Avtomatik boshqaruv tizimlari ilmiy izlanishlar, murakkab eksprementlar qurilmalarni yaratishni talab qiladi. Hisobga olinishi va registratsya qilinuvchi analogli tizimlar soni cheksiz bo'lishi mumkin. Bunday hajmdagi axborotlarga ishlov berish faqat kompyuterlar yordamida amalga oshirilishi mumkin. Hisoblash mashinalari esa raqamli signallar bilan ishlaydi. Analogli signallarni raqamliga almashtirish analogli almashtirgichlar ARA deb ataluvchi raqamli elektron qurilmalar vositasida amalga oshiriladi.

Analogli qurilmalarni va ekspremental qurilmalarni boshqarish esa analogli signallar vositasida amalga oshiriladi, biroq avtomatik boshqaruv tizimlari va elektron hisoblash mashinalari, raqamli signallarni ishlab chiqaradi. Bular ishlab chiqargan signallarni ijrochi qurilmalarga uzatish uchun RAA lardan foydalaniladi.

Qurulmani loyihalovchi muhandis analogli signallarni o'lchashdagi xatoliklarni yaxshi tushunishi va elementlariga ta'sirini aniq belgilashi lozim. Bu esa o'lchash va boshqarish sifatini belgilaydi va ishda muvaffaqiyatga olib keladi. Shunga gog'liq holda RAA va ARA larni o'rganish uning sifatini aniqlash, uning xususiyatlarini anglash fizikaviy tajribalarni o'tkazishda va boshqaruv tizimlarini loyihalashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Bitiruv malakaviy ishining dolzargligi: Analogli raqamli va raqam analogli almashtirgichlarni ishlash jarayoni va ularning ko'rsatkichlarini aniqlash imkonini beruvchi virtual va harakatdagi laboratoriya qurilmalarni yaratishdan iborat.

Malakaviy bitiruv ishi kirish, 3 ta bob va xulosalar kabi qismlardan iborat bo'lib, bitiruv ishining oxirida foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati berilgan.

Malakaviy bitiruv ishining I bobida RAA almashtirgichla va ARA lar ularning ko'rsatkichlari va ularning turlari haqida nazariy ma'lumotlar berilgan.

Malakaviy bitiruv ishining II bobida esa internet ma'lumotlarning tahlili va ularning prinspeal sxemalari keltirilgan.

Malakaviy bitiruv ishining III bobida almashtirgichlarning virtual laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha amaliy ko'rsatmalar berilgan.

Malakaviy bitiruv ishining oxirida qilingan ishlardan xulosalar va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati berilgan.

I-BOB. SIGNALLARNI RAQAM – ANALOGLI VA ANALOG – RAQAMLI ALMASHTIRUVCHI QURILMALAR VA TIZIMLAR

1.1 Raqam – analogli almashtirgichlar.

Raqamli hisoblash mashinasini ob'yektlardagi uzluksiz ma'lumotlardan foydalanuvchi qurilmalar bilan bog'lashda raqamli shakildagi ma'lumotlarni analogliga (uzluksiz) va analoglini raqamligiga almashtirish talab qilinadi. Qandaydir fizikaviy kattaliklarni unga ekvivalent bo'lgan qiymatga almashtiruvchi avtomatik qurilmaga (raqamli kodlarga berilgan kirish qiymatlarini dekodirlovchi) raqam-analogli almashtirgich (RAA) deyiladi. Almashtirish, kirishdagi N_{t_i} raqamli kattaliklarni unga ekvivalent bo'lgan $x(t_i)$ analogliga mosligini ta'minlaydi. Istalgan t_i vaqtdagi miqdoriy bog'lanish $x(t_i) = N_{t_i} \Delta x \pm \delta x_i$ ifoda bilan aniqlanadi, bunda Δx - sath bo'yicha kvantlash qadami (birlik kichik razryadli kodning analogli ekvivalenti); δx_i - almashtirish xatosi. [1]

Analogli qurilmalarni raqamli hisoblash mashinasi berayotgan raqamli ma'lumotlar yordami bilan boshqarishda RAA keng qo'llaniladi. Bundan tashqari, analog raqamli almashtirgichlar tarkibida, RAA shakllantirayotgan analogli signal (tok yoki kuchlanish) bilan aylantirilayotgan signalni taqqoslash maqsadida ham xizmat qiladi.

RAA asosiy ko'rsatkichlariga, kirish va chiqish kattaliklarning o'zgarish sohasi, vaqt ko'rsatkichlari (tezkorlik), almashtirish xatosi kiradi.

Kirish va chiqish kattaliklarini o'zgarish sohasi (dinamik soha), almashtirgich kirish yoki chiqish kattaliklarini maksimal o'zgarishining minimal o'zgarishlarga nisbati $\Delta D = x_{\max} / x_{\min} = N_{\max} / N_{\min}$ bilan aniqlanadi.

Chiziqli almashtirishda, kirish va chiqish kattaliklari bir xil dinamik sohaga ega bo'lib, raqamli kod razryadlar soni yoki desibellarda belgilanadi.

Minimal qiymati 0 ga teng bo'lgan holda, o'zgarish sohasi

$$\Delta D = x_{\max} / \delta x = N_{\max} / \delta N$$

ifoda bilan aniqlanadi, bunda δx va δN - ruxsat etilgan almashtirish xatosi.

Vaqt ko'rsatkichlari almashtirgichning tezkorligini anglatadi. Vaqt ko'rsatkichlari uchga bo'linadi: Δt - kvantlash qadami (davri), t_a - almashtirish vaqti (tiklanish vaqti), ya'ni kirish – chiqish kechikishi, t_s - almashtirish siklining davomiyligi.

Kvantlash qadami Δt (davri) – ketma-ket almashtirish vaqt oralig'i, kvantlash davriga teskari bo'lgan $\frac{1}{\Delta t} = f$ kattalikka esa kvantlash chastotasi deyiladi.

Chiqish kuchlanishi yoki tokini t_a - almashtirish vaqti – RAA kirish kodining o'zgarish vaqti bilan chiqish analogli signalning o'rnatilishiga qadar o'tgan vaqt oralig'i (1.1 - rasm) bilan aniqlanadi.

Almashtirish t_s - siklining davomiyligi – kirish kodi berilgan ondan analogli signal chiqqanga qadar o'tgan ($t_s \gg t_a$) vaqt oralig'i bilan aniqlanadi. Almashtirish siklining davomiyligi asosan almashtirgichga ega bo'lgan tizim va axborot hisoblash qurilmasining ishini anglatuvchi siklogramma va diogrammalar bilan aniqlanadi.

Almashtirish xatosi (statik xato) kvantlash (shovqin) va asboblarning xatolari bilan tavsiflanadi.

Umumiy olganda, kvantlash xatosini $\xi = x(t) - N_t \Delta x = x(t) - x_{\text{dvcp}}(t)$ ko'rinishida tasavvur qilish mumkin.

Tayanch kuchlanish manbaining nostabilligi, kalitlar xatolari, rezistiv matrisalar va chiqish operatsion kuchaytirgichlar (OK) xatolari asboblarning xatosi deyiladi. Elementlar xatoliklarini yuzaga kelishining asosiy sabablari: elementlar ko'rsatkichlarining texnologik jihatdan har xilligi; atrof muhit o'zgarishlarining ta'siri (asosan harorat); tashqi va ichki shovqinlarning ta'siridan iborat.

Barcha asboblarning bilan bog'liq bo'lgan shovqinlar quyidagi ko'rinishda namoyon bo'ladi:

a) RAA uzatish tavsifnomasining oraliq to'g'ri chiziqqa nisbatan parallel siljishi bilan bog'liq bo'lgan nolning siljishi (OK kirish toki nol bo'lmagandagi nol kuchlanishining siljishi va kalitlar qoldiq ko'rsatkichlari yuzaga keltiradi),

b) real uzatish koeffisienti bikrligining oraliq to'g'ri chiziqqa nisbatan og'ishini xarakterlovchi uzatish koeffisientining o'zgarishi,

v) almashtirgich uzatish tavsifnomasining ideal to'g'ri chiziqdan og'ishi (almashtirishning bunday noxizizqligi kirish kodining funksiyasi chiqish signali orttirmasi bilan bir xil bo'lmasligida namoyon bo'ladi).

Almashtirgichlar asosan integral mikrosxema (IMS) shaklida ishlab chiqariladi. Bunda RAA ma'lumotlarga ishlov beruvchi turli mikroprosessorli tizimlarda qo'llanilishi nazarda tutiladi. Hozirgi vaqtda uch xil texnologiya bilan: modulli, gibridli va yarim o'tkazgichli RAA ishlab chiqarilmoqda. Integral mikrosxemalar (RAA IMS) ishlab chiqarish hajmi ortib bormoqda.

Raqam analogli almashtirishning ikki turi keng tarqalgan: a) ustuvor ikkilangan vazn qarshiliklardan iborat rezistiv matrisali, b) $R-2R$ matrisa deb ataluvchi ikki nominalli qarshiliklardan tashkil topgan matrisali.

Ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA: har bir N razryadga almashtirilgan ikkilangan kod bilan boshqariluvchi n ta kalit; ikkilangan vaznli rezistorlar matrisasi; U_T tayanch kuchlanishi manbai; ikkilangan vaznli qarshiliklar orqali o'tayotgan toklarni yig'uvchi raqamli signalga proporsional bo'lgan I_{ch} chiqish analogli signalini hosil qiluvchi chiqish OK kabi qismlardan tashkil topgan (1.2 - rasm). [2,34,5]

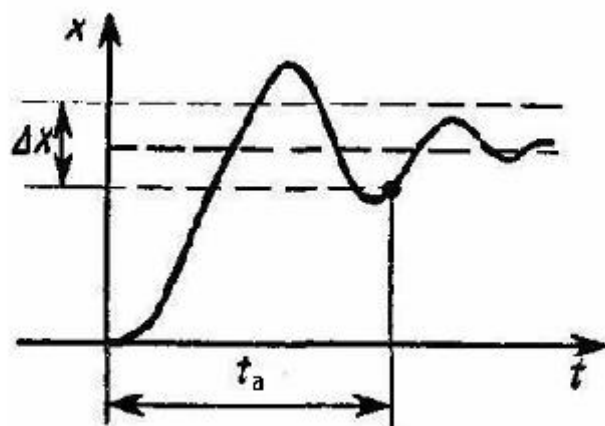
RAA ga nisbatan tashqi qurilma bo'lgan registr n ikkilangan razryadlardan tashkil topgan N ikkilangan kodni hosil qiladi.

$$N = a_{n-1}2^{n-1} + a_{n-2}2^{n-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0 = \sum_{i=0}^{n-1} a_i2^i \quad (1.1)$$

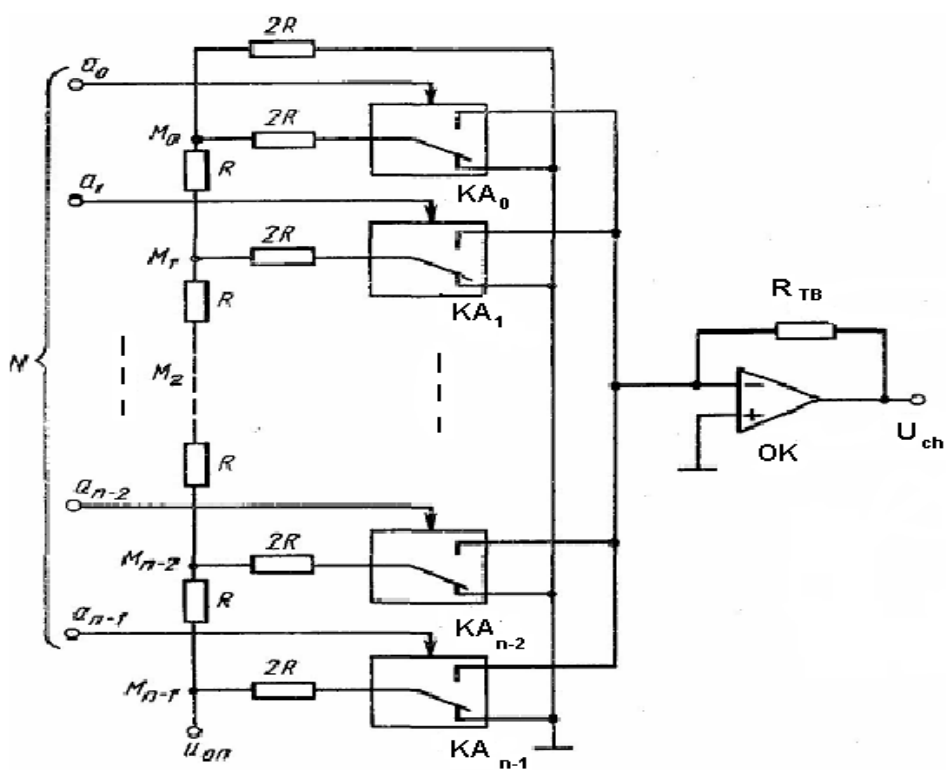
bunda $a_i - 1$ yoki 0 qiymatga ega bo'lgan koeffisient.

Har bir i azryad $i=1$ bo'lganda tayanch kuchlanishiga ulangan, $i=0$ bo'lganda umumiy shinaga ulangan KA_i kalitni boshqaradi. Kalitlar bilan ulangan

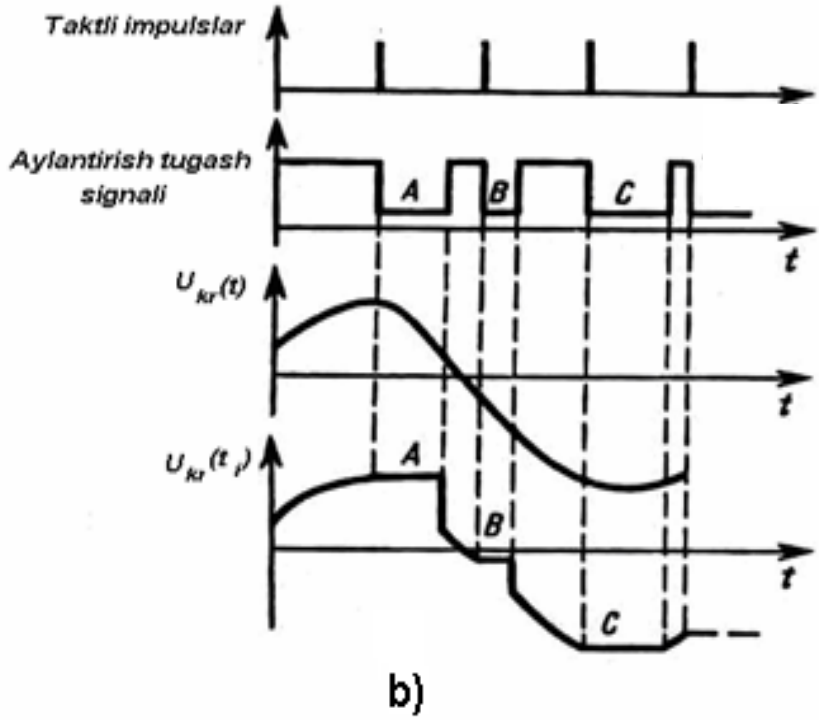
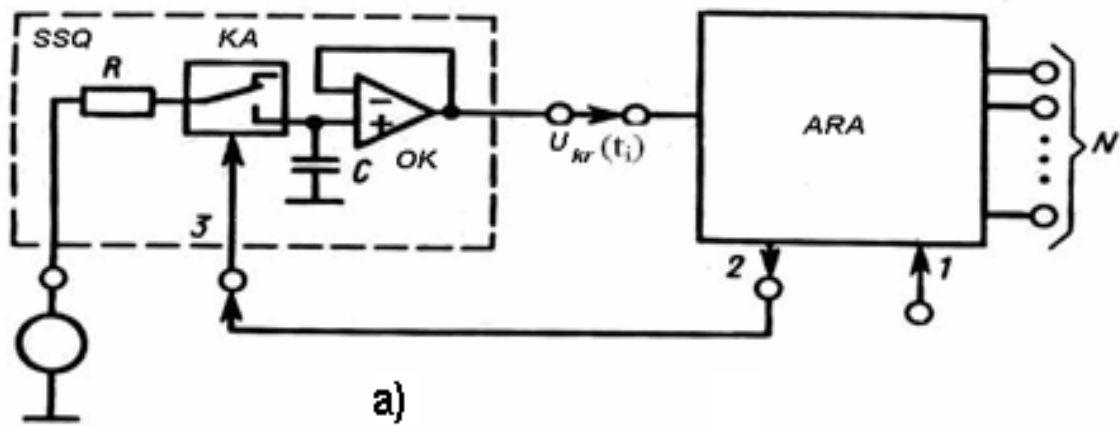
rezistorlarning qarshiligi, har bir rezistor orqali o'tayotgan tok mos razryad kirish kodiga proporsional bo'ladigan qilib tanlangan.



1.1-rasm. RAA aylantirish vaqtini aniqlashga doir grafik.



1.2-rasm. Toklarni yig'uvchi R-2R matrisali RAA



1.3-rasm. ARA va SSQ birgalikdagi ishlash (a) sxemasi va (b) vaqt diagrammasi. 1-taktli impuls; 2-Aylantirish tugash signali; 3-boshqaruv signali.

Katta razryaddagi rezistor R qarshilikka, keyingi razryad $2R$ va hokazo oxirgi kichik razryad $R2^{n-1}$ qarshilikka ega.

Shunga ko‘ra OK kirishi orqali o‘tayotgan tok

$$I = \frac{a_{n-1}U_T}{R} + \frac{a_{n-2}U_T}{2R} + \dots + \frac{a_1U_T}{2^{n-1}R} + \frac{a_0U_T}{2^{n-1}R},$$

ifoda bilan aniqlanadi. RAA chiqish kuchlanishi

$$U_{ch} = -IR_{TB} = -\frac{U_{TB} \cdot R_{TB}}{2^{n-1}R} \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i, \quad (1.2)$$

vaznli kodga proporsional bo‘ladi, agar tayanch kuchlanishi bilan ulangan mos kalit razryadi 1 qiymatga ega bo‘lsa, barcha razryadlar 1 ga teng bo‘lganda chiqish kuchlanishi maksimal bo‘ladi.

$$U_{\max} = \left| U_T \frac{(2^n - 1)R_{TB}}{2^{n-1}R} \right|$$

Kichik va katta razryadlardagi qarshiliklar qiymatlari bir-biridan 2^{n-1} marta farq qiladi va bu farq yuqori darajadagi aniqlik bilan saqlanishi lozim. Misol uchun 12 razryadli RAA katta razryaddagi qarshilik 10 kOm bo‘lsa, kichik razryadga 20 MOm qarshilik ulash talab qilinadi.

Agar yuqori darajali aniqlik bilan almashtirish talab qilinadigan bo‘lsa, u holda ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA har bir razryaddagi yarim o‘tkazgichli kalit uchun keng nominalli qarshiliklardan tanlash lozim bo‘ladi.

Ikki nominalli qarshiliklardan tuzilgan RAA har bir razryadida qo‘shimcha rezistor mavjud bo‘lganidan, bunday qiyinchiliklardan holidir (1.3 - rasm).

Almashtirgichlardagi rezistorlardan iborat matrisa chiziqli zanjir bo‘lganligidan, uning ishini superpozitsiya usuli bilan tushuntirish mumkin, ya’ni har bir manbadan (razryaddan) berilayotgan kodning chiqish kuchlanishiga qo‘shgan hissasi bir – biriga bog‘liq bo‘lmagan holda alohida hisoblanadi. Har bir razryad ulushi qo‘shilib RAA chiqishida kuchlanishni hosil qiladi.

Katta razryad KA_{n-1} kaliti tayanch kuchlanishiga, qolgan barcha kalitlar umumiy shinaga ulangan kalitning ishini ko‘rib chiqamiz. M_{n-1} tugundan o‘ng tomondagi zanjirning ekvivalent qarshiligi $2R$ ga teng, chunki OK ning kirish uchi nol potensialga ega. M_{n-1} tugundan yuqoridagi zanjirlar ham $2R$ ekvivalent qarshilikka ega ekanligini tekshirish qiyin emas. Qaralayotgan hol uchun matrisaning ekvivalent sxemasi 1.4 – a rasmda tasvirlangan. Tayanch U_T kuchlanish manbai hosil qilgan tok M_{n-1} nuqtada (1.4 – a rasm) teng ikkiga bo‘linadi va OK chiqishida

$$U_{Ch(n-1)} = -\frac{1}{2}IR_{TB}, \quad (1.3)$$

kuchlanishni hosil qiladi. Agar tayanch kuchlanish manbaiga --- yuklanish ulanganligini e‘tiborga oladigan bo‘lsa, (1.3)- ifodani

$$U_{Ch(n-1)} = -\frac{1}{2}U_T \frac{R_{TB}}{R}, \quad (1.4)$$

ko‘rinishida yozish mumkin.

Tayanch U_T kuchlanish manbaiga KA_{n-2} kalit ulangan, qolgan kalitlar esa umumiy shinaga ulangan RAA ishini ko‘rib chiqamiz (1.4 – b rasm). Yuqorida

ko‘rilgan kabi M_{n-2} nuqtada ham tok $\frac{1}{2}I$ ikkiga bo‘linganligidan, RAA chiqishida ($n-2$) razryadga tegishli chiqish kuchlanishini olamiz.

$$U_{Ch(n-1)} = -\frac{1}{4}IR_{TB} = \frac{1}{4}U_T \frac{R_{TB}}{R}. \quad (1.5)$$

Almashtirgichning qolgan razryadlari uchun ham shunday holni ko‘rish mumkin. Almashtirgich chiqishdagi natijaviy kuchlanish quyidagi ifodaga teng bo‘ladi.

$$\begin{aligned} U_{Ch} &= -U_T \frac{R_{TB}}{R} (a_{n-1}2^{-1} + a_{n-2}2^{-2} + \dots + a_12^{-(n-1)} + a_02^{-n}) = \\ &= -U_T \frac{R_{TB}}{R} 2^{-n} (a_{n-1}2^{n-1} + a_{n-2}2^{n-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0) = -U_{TB} \frac{R_{TB}}{R2^n} \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i. \end{aligned} \quad (1.6)$$

Shunday qilib, RAA chiqishidagi kuchlanish miqdoriy jihatdan U_T tayanch kuchlanish manbaiga ulangan kalitlar berayotgan kodlar yig‘indisiga proporsional bo‘ladi.

Ko‘rib o‘tilgan RAA ishlashi yig‘uvchi elementning tok rejimida ishlashiga asoslangan, ya’ni OK toklarni qo‘shish vazifasini bajaradi. Mos ravishda razryad toklarining shakllanishi toklarni kommutasiya qilayotgan kalitlar yordamida amalga oshiriladi. Yig‘uvchi elementning ish rejimi salt yurishga yaqin bo‘lgan RAA ham mavjud bo‘lib, unda OK kuchlanishlarni qo‘shadi (1.5 - rasm). Bunday RAA sxemasini 1.3 – rasmdagi sxema bilan solishtirilsa, $R - 2R$ matrisani kirish va chiqishga teskari ulanganligini ko‘rish mumkin.

Rezistiv $R - 2R$ matrisali RAA keng nominalli sohada o‘zgaruvchi rezistorlarni talab qilmaydi va shu sababli ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA ga nisbatan yarim o‘tkazgichli integral texnologiyada yasash oson. Kristall sirtida $R - 2R$ matrisa kam maydonni egallaydi, bu esa parazit sig‘imlar, rezistorlar induktivliklari, ulovchi o‘tkazgichlarning kamayishini minimumga olib keladi. Biroq bunday almashtirgichlar ham kamchiliklardan holi emas. Eng asosiysi – yopiq holatdagi kalit qarshiligining nostabilligi bo‘lib, almashtirish aniqligiga ta’sir qiladi.

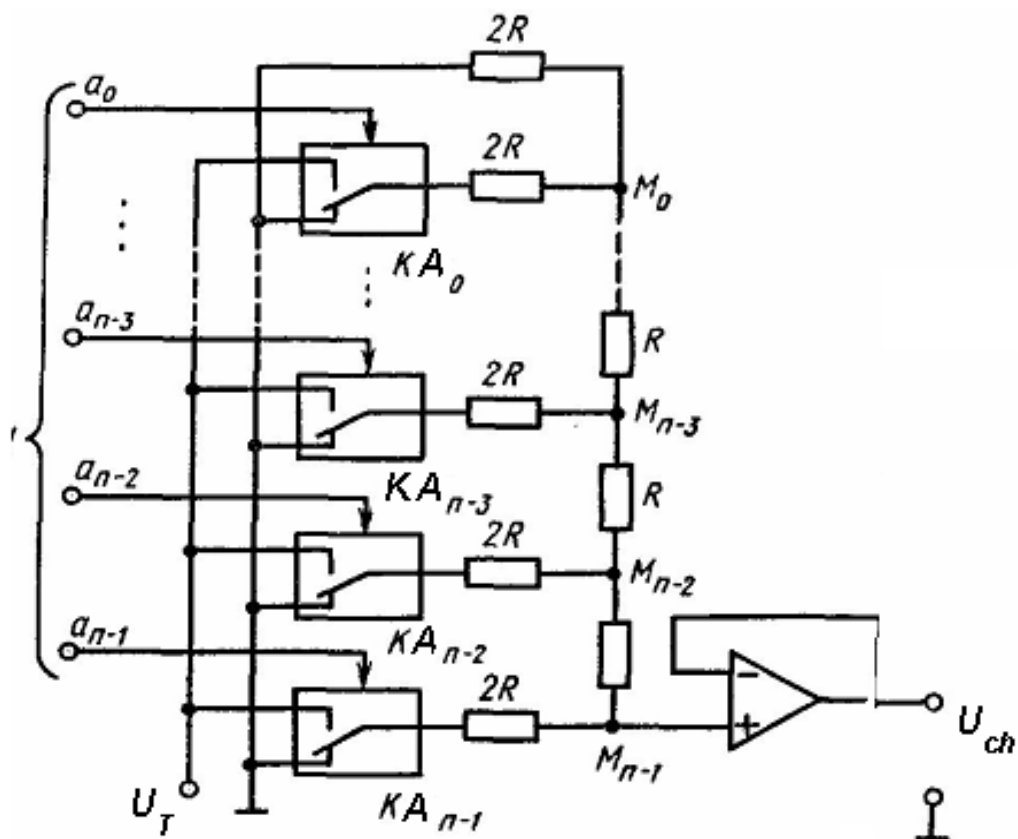
Natijada ularning vaqt va harorat bo‘yicha tavsifnomalarining kamayishiga sabab bo‘ladi.

Razryad toki aktiv elementlar yordamida hosil qilingan (tok generatori) sxemalarda bunday kamchiliklar sezilarli darajada kam bo‘ladi. Shunday sxemalardan biri 1.6 – rasmda tasvirlangan. Bu sxemada $R - 2R$ matrisa ikkilangan vaznli toklarni shakllantirish maqsadida qo‘llanilgan. Etalon R_e qarshilik va T_1, T_2, \dots, T_{n-1} tranzistorlardan tuzilgan tok manbai bir xil I toklarni ishlab chiqaradi va bu toklar N kirish kodi bilan boshqarilayotgan $KA_0, KA_1, \dots, KA_{n-1}$ kalitlar yordamida chiqishga uzatiladi. Bu toklar $R - 2R$ rezistiv matrisadan iborat ikkilangan bo‘lgichga beriladi va chiqishda tokni ustuvor koeffisienti qadar susaytiradi. RAA chiqish toki

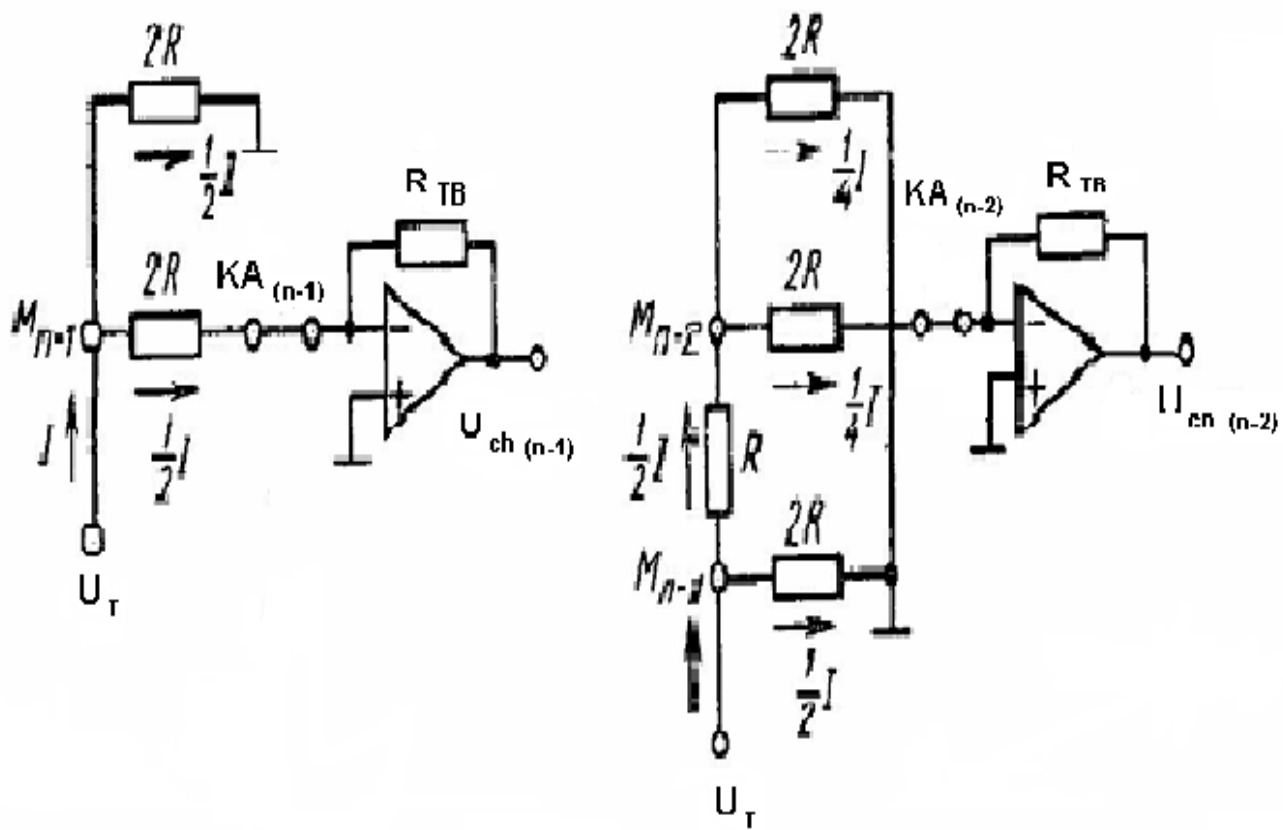
$$I_{Ch} = \frac{I}{2^{n-1}} \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i \quad (1.7)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Razryad toki tok generatori vositasida shakllanuvchi IMS lardan 12 razryadli, aylantirish vaqti 1.5 u 0.4 mks bo'lgan K594PA1, K1108PA1 RAA larni misol chiqarish mumkin.



1.5-rasm. Kuchlanishlarni yig'uvchi R-2R matrisali RAA.



1.6-rasm. R-2R matrisalar ekvivalent sxemfsi.
 a) 100-0 kodni aylantirish: b) 010-0 kodni aylantirish

Tokli kalitlar asosida tuzilgan RAA afzalliklari: kommutatsiya zanjirlaridagi kuchlanish tushuvining kamligi bilan bog‘liq bo‘lgan yuqori tezkorlik, kichik vaqt doimiysi parazit sig‘imlarning tezlik bilan qayta zaryadlanishi, strukturasi bir jinsliliigi bilan bog‘liq bo‘lgan texnologiya. Shunga qadar RAA ishoraga ega bo‘lmagan raqamlar shaklida berilayotgan axborot bilan boshqarilar edi. Ishoraga ega bo‘lgan sonlarni almashtirish o‘ziga xos xususiyatga ega.

Musbat va manfiy qiymatlarni qabul qiluvchi kodlarni tasavvur qilish uchun bir nechta turdagi kodlardan foydalaniladi.

Misol tariqasida 3.1 jadvalda yetti razryadli RAA uchun ishorani hisobga oluvchi to‘g‘ri kod, qo‘shimcha kod va chiqish kuchlanishi keltirilgan (KRB – kichik razryad birligi).

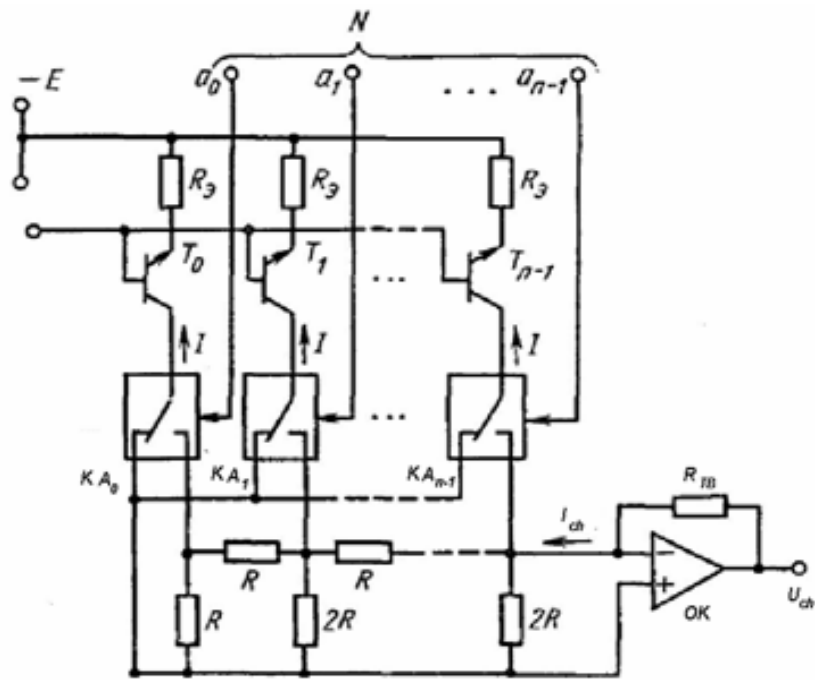
Sxemasi 1.7- b rasmda tasvirlangan RAA I_q chiqish toki invertirlovchi kuchaytirgich a) invertirlovchi kirishiga berilib, teskar b) li kuchlanishga aylantiriladi. Bu kuchlanish kalitning yuqori uchiga va keyingi kuchaytirgich OK2 invertirlovchi kirishiga berilib, RAA chiqishidagi kuchlanish qanday qutbda bo‘lsa, shunday qutbli kuchlanishga aylantiriladi. Natijada a_n ishorali kod (ishorali to‘g‘ri kod) bilan boshqarilayotgan kalitning yuqori va quyi uchlarida bir xil amplitudali qarama – qarshi ishoradagi potentsiallar beriladi va a_n ga bog‘liq holda mos potentsiallar OK3 takrorlagich kirishiga beriladi.

1.2 Analog raqamli almashtirgich.

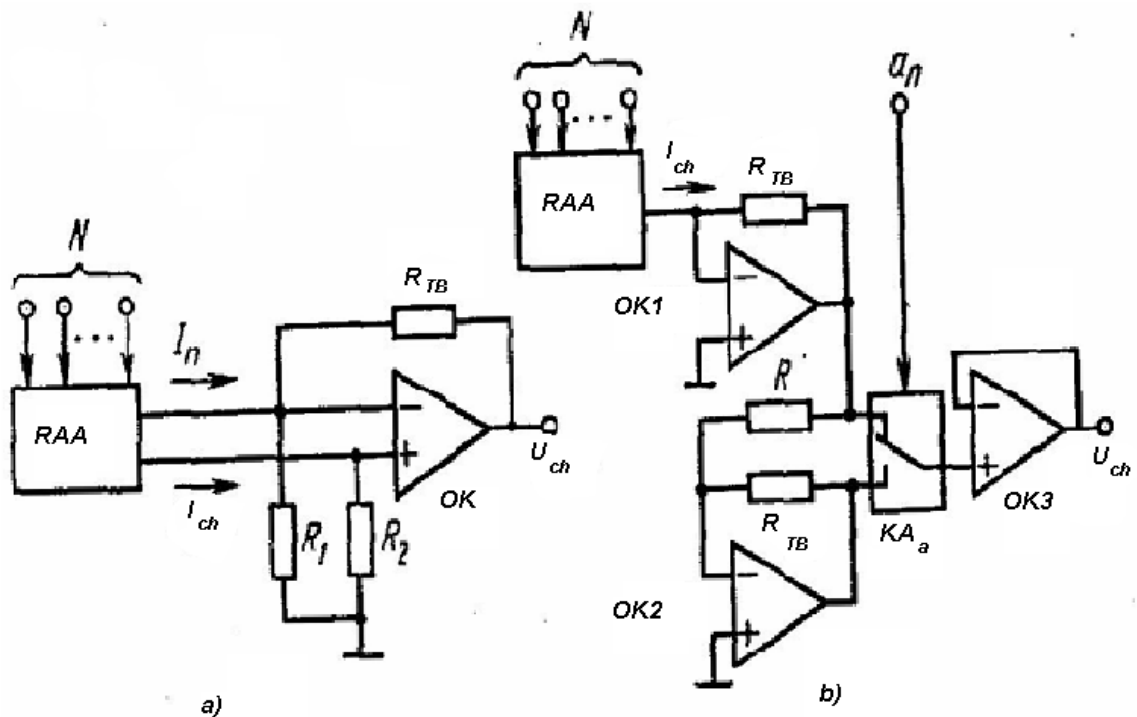
Vaqt bo‘yicha uzluksiz o‘zgaruvchi analogli qiymatlarni unga ekvivalent bo‘lgan raqamli kodlarga avtomatik aylantirib beruvchi (o‘lchash va kodlash) qurilmaga analog raqamli almashtirgich (ARA) deyiladi. Almashtirish o‘lchanayotgan $x(t_i)$ qiymatning N_{ti} kodga mos kelishini ta’minlaydi. Istalgan t_i vaqtdagi miqdoriy bog‘lanish quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$N_{ti} = x(t) / \Delta x \pm \delta N_{ti}$$

bunda δN_{ti} – tayinli qadamdagi almashtirish xatosi.



1.6-rasm. Aktiv elementlardagi tok manbaiga ega bo'lgan RAA



1.7-rasm. Bipolyar chiqish signalini shakllantiruvchi RAA sxemalari: a) qo'shimcha kod; b) ishorasini hisobga oluvchi to'g'ri kod.

1.1 - jadval.

Kirish signali	Kirish kodlari		Analogli chiqish signali
	Ishorani xisobga oluvchi to'g'ri kod	Qo'shimcha kod	
-To'liq shkala	11111111	10000001	$-U_{ch \max}$
-KRB	10000001	11111111	$-U_{ch \max} / (2^7-1)$
Nol	00000000	00000000	0
+KRB	10000000	00000001	$+U_{ch \max} / (2^7-$
+To'liq shkala	00000001	01111111	$1)$ $+U_{ch \max}$

ARA ham RAAlar kabi raqamli o'lchov asboblarining tarkibiy qismi sifatida axborotlarga ishlov berish, avtomatik jarayonlarni nazorat qilish va boshqarish, EHMga axborotlarni kiritish, olishda va hokazo sohalarda keng qo'llaniladi.

ARA ning asosiy ko'rsatkichlari (o'zgarish oralig'i, vaqt ko'rsatkichlari, statik xatoliklar) RAA larning da ko'rilgan mos parametrlari kabi ma'noga ega. Shunga ko'ra, ARA larning RAA lardan farq qiladigan ko'rsatkichlarini ko'rib chiqamiz.

ARA dagi fizikaviy jarayon kvantlash va kodlashdan iboratdir. Analogli kattaliklarni kvantlash jarayoni kvantlash xatoligining yuzaga kelishiga olib keladi va almashtirgich kichik razryad birligining maksimal qiymati $\pm \frac{1}{2}$ ga teng bo'ladi ($KRB \pm \frac{1}{2}$). Kvantlash xatosi dispersiyasi, agar u teng taqsimlanadi deb ataluvchi qonundan kelib chiqadigan bo'lsa:

$$D[\xi] = \frac{(\Delta X)^2}{12},$$

ifoda bilan aniqlanadi.

Normallashtirilgan kirish signali uchun uch razryadli ARA almashtirish tavsifnomasi 1.8-a rasmda, kvantlash xatosining grafigi 1.8-b rasmda keltirilgan. ARA dagi asboblari kiritgan xato (RAA kabi) sxemadagi ayrim elementlarning takomillashmaganligi va destabillashtiruvchi faktorlarning ta'siri sababli yuzaga keladi. Oldin ta'kidlanganidek, asboblari kiritgan xato tufayli real ARA tavsifnomasi 1.8-a rasmda

tasvirlangan ideal ARA tavsifnomasidan farq qiladi. Agar kvantlash tavsifnomasidagi ideal singan zinapoyalar o'rtasi to'g'ri chiziq bilan tutashtirilsa, koordinata boshidan chiquvchi birlik og'maga ega bo'lgan to'g'ri chiziq hosil bo'ladi (uzuq chiziq). Real ARA larda bu chiziq koordinata boshidan o'tmaydi (nolning siljish xatoligi) va uning og'masi birlik og'madan farq qiladi (uzatish koeffisientining xatosi). Signalni almashtirish oralig'idagi uzatish koeffisientining xatosi, chiqishdagi qiymatning nisbiy o'zgarishi doimo haqiqiysidan farq qilishiga olib keladi, nolning siljish xatosi esa doimiy absolyut xatoni yuzaga keltiradi. Bundan tashqari, kirish signali o'zgarish sohasining barcha qismida kvantlash tavsifnomasining o'rtacha qiymati ideallashtirilgan to'g'ri chiziqdan farq qiladi (nochiziqlik xatosi). Shunday qilib, ARA ishining statik aniqlik nuqtai nazaridan, ARA ning to'liq tavsifnomasi real kvantlash tavsifnomasidir.

Ko'rib o'tilgan statik xato almashtirgichning doimiy yoki kvazi doimiy (almashtirish oralig'ida doimiy) signallar bilan ishlashini tavsiflaydi. Vaqt bo'yicha o'zgaruvchi signallarni almashtirishda dinamik xato yuzaga keladi. Bu xato birinchidan oldin ko'rilgan ko'rsatkichlar bilan – kvantlash davri (chastotasi), ikkinchidan - apertura xatosi bilan tavsiflanadi.

Almashtirilgan analogli kirish signalining raqamli qiymatiga mos kelmasligi ARA apertura xatosi deyiladi. Bunday mos kelmaslikning asosiy sababi almashtirish vaqtida kirish signalining KRBga nisbatan katta qiymatga o'zgarishidir. Shunday qilib, kirish signali vaqt bo'yicha o'zgaruvchi bo'lganligidan, tanlash vaqtida kirish signalining oniy qiymati qanday bo'lganligi haqidagi aniqlik yuzaga keladi.

Kirish signali oniy qiymatini qayd qilgandan raqamli ekvivalentini olgunga qadar o'tgan vaqtga apertura vaqti deyiladi.

Apertura xatosi almashtirish vaqtidagi ARA o'zgaruvchan kirish signalining orttirmasi bilan aniqlanadi. Apertura xatosining aniq qiymatini $U_{kr}(t)$ kirish signalini hisoblash nuqtasi atrofida Teylor qatoriga yoyish bilan aniqlanadi:

$$U_{kr}(t) = U_{kr}(t_i) + t_a U_{kr}'(t_i) + t_a^2/2 U_{kr}''(t_i) + \dots \quad (1.8)$$

Birinchi yaqinlashuvda apertura xatosini

$$\Delta U_a(t_i) \approx U_{kr}'(t_i) t_a, \quad (1.9)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bunda t_a -apertura vaqti bo'lib, ARA t_{ayl} almashtirish vaqtiga teng.

Oddiylik uchun kirish signalini $U_{kr}(t) = U_m \sin 2\pi ft$ sinusoidal shaklga ega deb olamiz. Bunday signal uchun apertura nisbiy xatosining maksimal qiymati

$$\Delta U/U_m = 2\pi ft_a \text{ ga teng bo'ladi.}$$

Agar n razryadli ARA (ajratib olish qobiliyati 2^{-n}) apertura xatosi kvantlash qadamidan oshmaydi deb qabul qilinadigan bo'lsa, u holda f signal chastotasi, t_a apertura vaqti va nisbiy apertura xatosi o'rtasida quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi (1.9- rasm).

$$\frac{1}{2^n} = 2\pi ft_a. \quad (1.10)$$

ARA ning dinamik (apertura) xatosini kamaytirish maqsadida saylash-saqlash qurilmasidan (SSQ) foydalaniladi va u analogli signal manbaining chiqishi bilan ARA ning kirishi oralig'iga ulanadi. Uning ishlashi vaqt bo'yicha o'zgarishi $U_{kr}(t)$ kirish signali oniy qiymatini ARA dagi keyingi almashtirish vaqti qadar saqlab turishga asoslangan. SSQ ikkita qat'iy: saylash va saqlash rejimiga ega. Saylash rejimida SSQ ning chiqish signali maksimal tezlik bilan $U_{kr}(t)$ aylantirilayotgan signal qiymati qadar ortadi, shundan so'ng saqlash buyrug'i kelgunga qadar uni kuzatib turadi. Shu vaqtdan boshlab SSQ chiqishida aylantirilayotgan kirish signali oniy qiymatini saqlab (xotirlab) turadi. SSQ ARA kirish signalini aniq saqlash buyrug'i berilgan ondan eslab qolganligi sababli, ARA ning apertura vaqti hamda xatosi sezilarli kamayadi va u SSQ ning apertura vaqti bilan aniqlanadi, ya'ni

saqlash buyrug‘i berilgan vaqtdan sxemaning bu rejimga kirishi maksimal vaqt oralig‘i bilan aniqlanadi. Apertura vaqti SSQ tarkibiga kiruvchi kalitning ulanish vaqti, ya‘ni sxemaning saylashdan saqlashga o‘tish vaqti bilan belgilanadi.

SSQ tarkibiga: ARA kirishi bilan xotira elementi o‘rtasiga ulangan *bufer* vazifasini bajaruvchi *OK*; sxemani saqlash va aksincha rejimlarga o‘tkazuvchi *kalit*; kalitlarni *boshqarish sxemalari*; *analogli xotira qurilmalari* (kondensatorlar) kiradi. Misol tariqasida keng ishlab chiqarilayotgan KP1100CK2 SSQ IMS ni aytish mumkin.

1.3. Analog raqamli almashtirgich (ARA)ni ketma-ket, parallel va ketma-ket parallel turlari haqida.

ARA tuzishning asosiy prinsiplarini ko‘rib chiqamiz. Barcha ARA ni ketma-ket, parallel va ketma-ket parallel turlarga ajratish mumkin.

Ketma-ket ARA ga quyidagilar kiradi:

a) kirish analogli qiymatini barcha etalonlar (kvantlar) minimal yig‘indisi bilan muvozanatlashtirishga asoslangan birinchi yaqinlashuvdagi ketma-ket ARA;

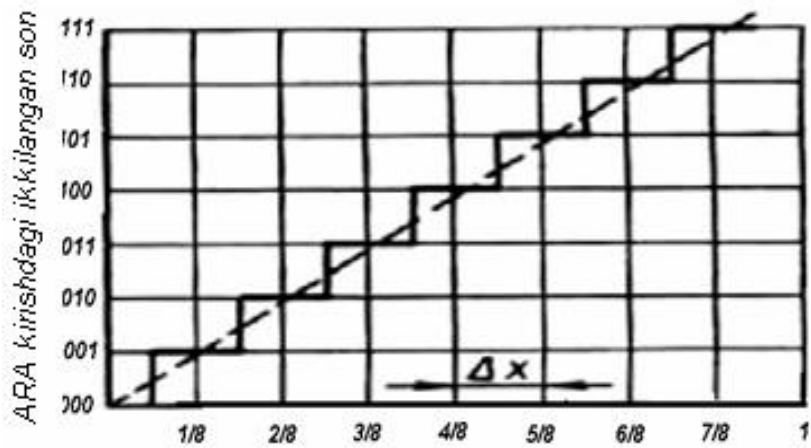
b) kirish analogli qiymatini n ta etalonlar yig‘indisi (n – ARA razryadlar soni) bilan muvozanatlashtirilgan ikkilangan vaznli qonuniyat bo‘yicha yaqinlashuvdagi ARA;

c) kirish analogli qiymatini vaqt va chastota intervalida oraliq almashtiruvchi va keyinchalik raqamli kodga aylantir beruvchi ARA;

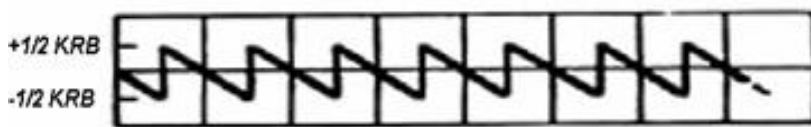
g) oraliq almashtirishsiz ARA, bularga kuchlanish-chastota almashtirgichlari, ya‘ni bunga chiqish impulslarining takrorlanish chastotasi kirishdagi analogli qiymatga proporsional bo‘lgan almashtirgichlar misol bo‘lishi mumkin;

d) integrallovchi ARA, ya‘ni belgilangan vaqt intervalida analogli kirish signali bilan integrallash operatsiyasini bajaradi.

Parallel ARA bir kvantga farqlanuvchi, (2^n-1) ta etalonlar vaznidan foydalanishga asoslangan. Kirish analogli qiymatini har bir etalon bilan bir vaqtning o‘zida 2^n-1 taqqoslash sxemasi yordamida amalga oshiriladi (komparatorlar).

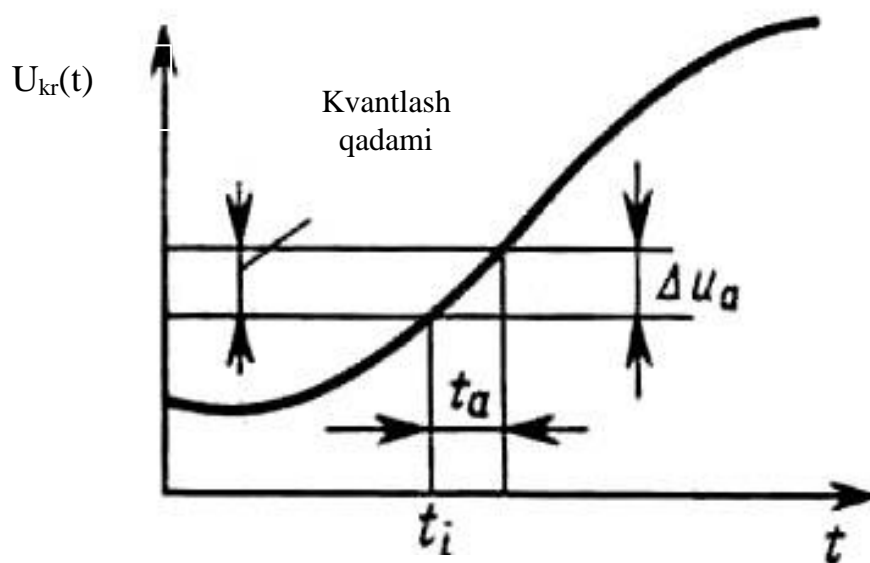


a)



b)

1.8-rasm. a) Kvantlash tavsifnomasi b) Kvantlash xatosi grafigi



1.9-rasm. Apertura xatoligini tushuntiruvchi grafik

Ketma-ket-parallel ARA:

a) ko'p pog'onali, ya'ni har bir pog'onada vaqt bo'yicha ketma-ket ishlovchi bir necha parallel ARA qo'llaniladi;

b) ko'p taktli, ya'ni bir parallel ARA ning o'zi, mos ravishda chegaraviy kuchlanish bilan boshqarish natijasida bir necha marta ketma-ket ishlaydi.

Birinchi yaqinlashishdagi ketma-ket ARA: Birinchi yaqinlashishdagi (pog'onali arrasimon kuchlanishli ARA) ketma-ket ARA sxemasi 1.10-rasmda tasvirlangan. Ishga tushiruvchi impuls almashtirish sikli boshlanganda, IG impuls generatori chiqishiga S_n sanagichni ulaydi. Sanagich razryadlari RAA razryadlari bilan ulanganligidan, U_{RAA} chiqish kuchlanishi pog'onali arrasimon qonun bilan o'sadi (1.10 b rasm), pog'onalar qiymati ARA ning KRB sig'a mos keladi. Almashtirish – U_{ARA} kuchlanishi U_{kr} kirish kuchlanishi bilan tenglashganda tugaydi. Shundan so'ng, K komparator sanagichga berilayotgan sanoq impulslerini bermaydi va almashtirish tugagan vaqtdan boshlab RAA dagi kirish kuchlanishiga ekvivalent bo'lgan N raqamli kodlarni sanay boshlaydi. Almashtirishning statik xatosi foydalanilayotgan RAA va komparatorlar statik xatolari yig'indisi bilan aniqlanadi. Qaralayotgan ARA almashtirish vaqtini tavsiflovchi tezkorligi n razryadlar soni va f_{san} sanash impulsleri chastotasi bilan aniqlanadi. Bu ARA almashtirish vaqti o'zgaruvchan bo'lib, kirish kuchlanishi sathi bilan aniqlanadi. Maksimal kirish kuchlanishiga mos keluvchi maksimal almashtirish vaqti

$$t_{ayl,max} = (2^n - 1) \Delta t_{san} \quad (1.11)$$

ifoda bilan aniqlanadi, bunda $\Delta t_{sch} = 1/f_{san}$ sanoq impulslerini takrorlanish davri.

RA razryadlar soni berilganligidan, almashtirish vaqti sanoq impulsleri chastotasi (davri) bilan aniqlanadi. Impulsler $\Delta t_{san,min}$ minimal davrini, berilgan xatolik, shu vaqt ichida barcha o'tkinchi jarayonlar tugash sharti bilan tanlanadi. Ko'rilgan 1.10 rasmdagi sxema uchun

$$\Delta t_{san,min} = t_{san} + t_{RAA} + t_{tg} + t_k + t_m, \quad (1.12)$$

bilan aniqlanadi, bunda t_{san} – sanagichdagi o'tkinchi jarayonlar tugallanishining (eng noqulay hol uchun) maksimal vaqti, t_{RAA} – RAA tiklanish

vaqti, t_{tg} - boshqaruv triggerining ulanish vaqti, t_k va t_m – komparator va VA mantiq elementining ulanish vaqti.

Misol. Sakkiz razryadli ARA uchun hisoblash impulslari f_{san} chastotasi va maksimal almashtirish vaqti $t_{ayl.max}$ aniqlansin; $t_{san}=150$ ns; $t_{RAA}=400$ ns; $t_{tg}=t_m=30$ ns; $t_k=50$ ns.

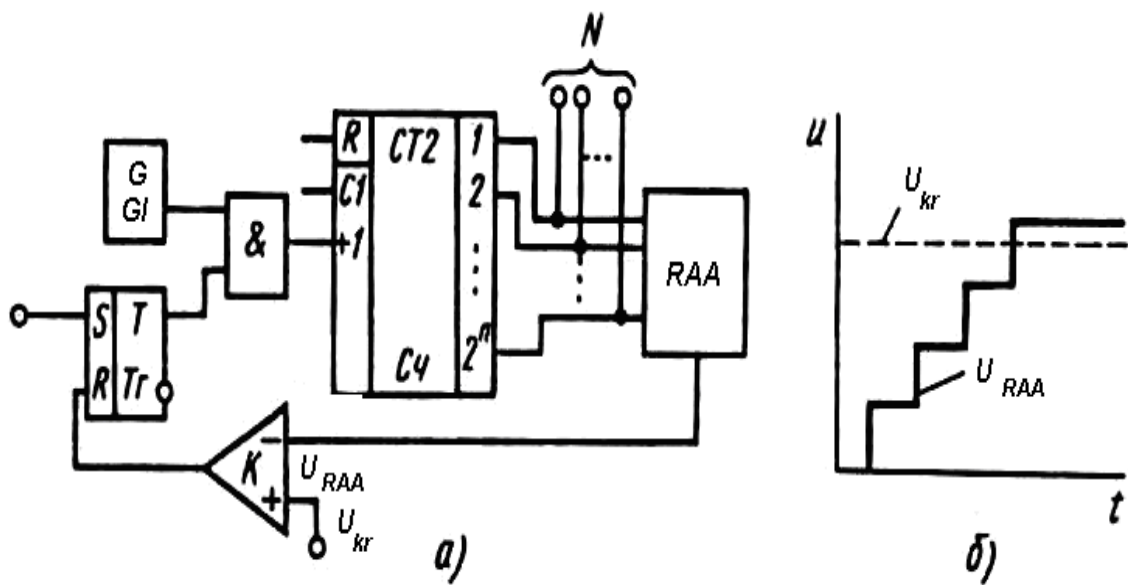
ARA uchun (1.12) ifodaga ko‘ra $\Delta t_{san.min}=660$ ns bo‘lganidan sanoq impulslarining chastotasini 1,5 MGs teng deb tanlash imkonini beradi. Bunda (1.11) ifodaga muvofiq almashtirish vaqti 170 mks ga qadar yetishi mumkin, bu esa ARA bir sekunda 6000 almashtirish imkonini beradi.

SSQ qo‘llanilmagandagi xatolik, aytib o‘tilganidek, ARA almashtirish vaqti bilan aniqlanadi, ko‘rilayotgan hol uchun bu apertura vaqti rolini bajaradi. Katta bo‘lmagan tezkorlik hisobga olinsa, SSQ bo‘lmagan bunday ARA sekin o‘zgaruvchi signallar bilan ishlashga qodir, chunki bunday signallar almashtirish sikli davomida kvantlash qadamidan ortiq bo‘lmagan qiymatga o‘zgaradi. Buni quyidagi misolda tushuntiramiz.

Misol. Yuqorida ko‘rilgan (1- misol) sakkiz razryadli ARA uchun, kvantlash qadami ($\frac{1}{2^n}$) qiymatdan oshmaydigan nisbiy apertura xatosi (SSQ bo‘lmagan) ARA almashtirishi mumkin bo‘lgan $U_{kr}(t)=U_m \sin 2\pi ft$ garmonik kirish signalining maksimal chastotasini aniqlaymiz. Yuqorida ko‘rilgan (1.10)- ifodaga ko‘ra $t_a=t_{ayl}=170$ mks va $n=8$ bo‘lganidan $f \approx 4$ MGs ga ega bo‘lamiz. Shu vaqtning o‘zida ARA yordamida (Katelnikov teoremasiga asosan) spektr kengligi 3kGs tartibida bo‘lgan uzluksiz signallarni diskretlash mumkin.

Shunday qilib, ARA yordamida diskretlash, diskretlash davri bilan ARAGA talab etilgan tezkorlik o‘rtasida sezilarli darajadagi (2-3 tartibda) chetlanishga olib keladi. SSQ bilan ishlaganda dinamik xatolarga qo‘yiladigan talablar ta‘minlangan holda ARA chastotasini $1/t_{ayl.max}$ qadar yetkazish mumkin (ko‘rilayotgan misol uchun 6 kGs gacha).

Ko‘rilayotgan SSQ li ARA sxemasi 1.11- a rasmda tasvirlangan bo‘lib, S yig‘uvchi kondensator, KA analogli kalit va OK dan tashkil topgan.



1.10-rasm. Brinchi yaqillashvdagi ketma-ket ARA siximasi (a) va ning ishlash vaqt diagrammasi

Taktli impulsar generatoridan berilgan signal bilan ARA SSQ chiqish signali bo'lgan $U_k(t)$ signalni almashtirishni amalga oshiradi (saqlash rejimida). Almashtirish sikli tugashi bilan boshqaruv signali shakllanib, KA kalitga ta'sir qiladi va SSQ ni saylash (yig'ish) rejimiga o'tkazadi. Vaqt diagrammasidagi A,B,C (1.11- b rasm) ARA almashtirish vaqtini anglatadi.

Ko'rilgan ARAni kuzatuvchi ARAGA o'tkazish mumkin. Buning uchun 1.10-a rasmdagi yig'uvchi sanagich revirsivga almashtiriladi va komparatorning to'g'ri va invers chiqishlari bilan u boshqariladi. Kirish signali $U_{kr}=U_{ARA}$ bo'lganida ARA kodi o'rta holat atrofida, har qanday kuzatuvchi diskret sistemada bo'lganidek KRB aniqligida tebranadi. Agar dinamik muvozanat holatida $U_{kr}(t)$ o'zgarib boshlasa, ARA chiqish kodi uni KRB aniqligida kuzata boshlaydi. Buning uchun Δt_{san} sanoq impulslari davrida $U_{kr}(t)$ kirish signali ΔU kvantlash qadami qiymatidan ortiq oshmasligi kerak, ya'ni

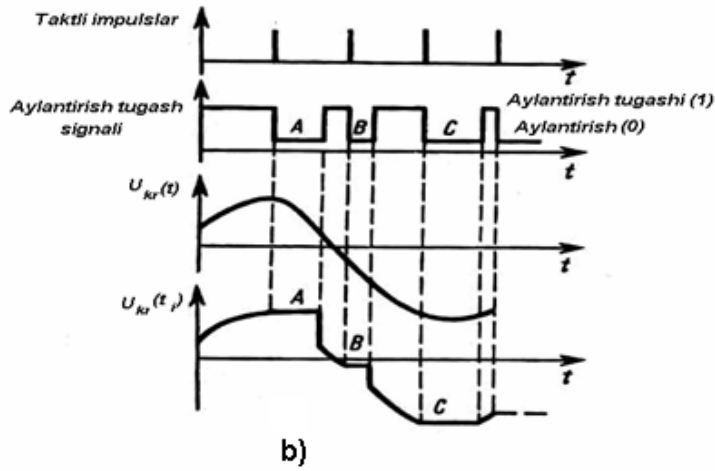
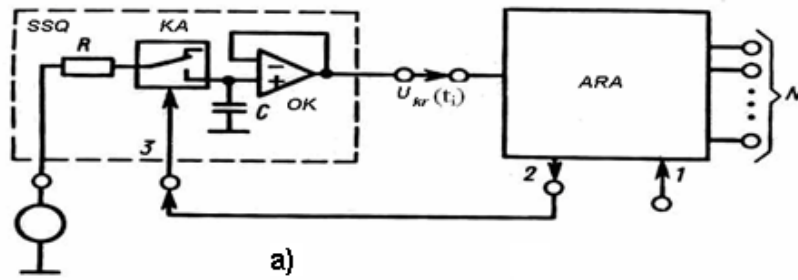
$$\Delta U \geq U_{kr}^I(t) \Delta t_{san} . \quad (1.13)$$

Ikkilangan vaznli yaqinlashuvdagi ketma-ket ARA. Ikkilangan vaznli yaqinlashuvdagi ketma-ket ARA sxemasi 1.12- a rasmda chiqarilgan. Komparatorning kirishlaridan biriga U_{kr} kuchlanishi, boshqasiga esa U_{RAA} beriladi. Bu kuchlanishlarni taqqoslash bilan komparator BQ boshqaruv qurilmasiga (va sxemali n razryadli R_2 registor va T_2 triggerlardan iborat) beriladigan buyruqni hosil qiladi va BQ chiqish signali esa RAA ishini boshqaradi.

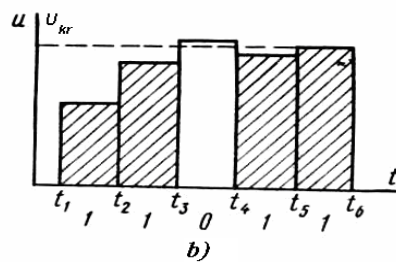
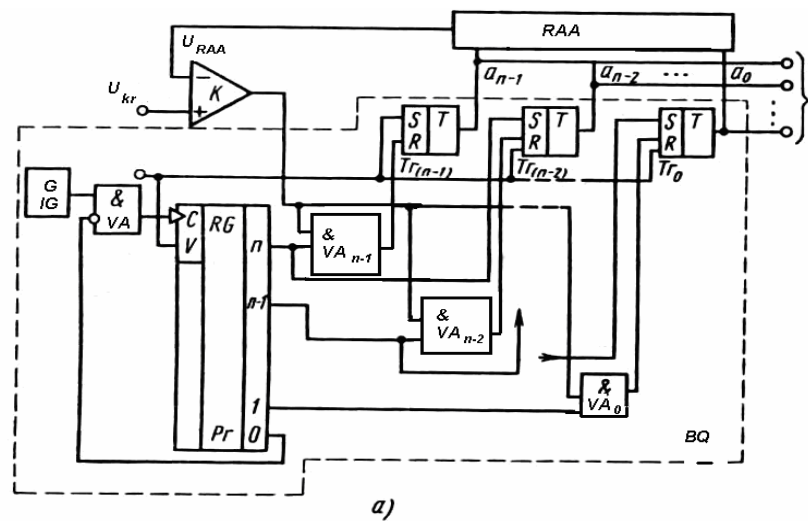
Ishga tushiruvchi impuls berilishi bilan katta razryadli $T_{2(n-1)}$ trigger 1 holatga, boshqalari esa 0 holatga o'rnatiladi. ARA ishining birinchi taktida komparator U_{kr} kuchlanishini RAA dan berilayotgan etalon kuchlanish $U_{e(n-1)}$ va uning yuqori razryadiga mos keluvchi bir bilan taqqoslaydi.

$$U_{kr} < U_{e(n-1)} \text{ yoki } U_{kr} > U_{e(n-1)} . \quad (1.14)$$

Agar $U_{kr} > U_{e(n-1)}$ bo'lsa, komparator chiqishida impuls bo'lmaydi va ARA yuqori razryadida ($T_{2(n-1)}$ triggerda) 1 saqlanadi, agarda $U_{kr} < U_{e(n-1)}$ bo'lsa, komparator impuls beradi va u BA_{n-1} sxema orqali o'tib, $T_{2(n-1)}$ triggerini 0 holatga o'tkazadi.[7]



1.11-rasm. ARA va SSQ birgalikdagi ishlash (a) sxemasi va (b) vaqt diagrammasi. 1-taktli impuls; 2-Aylantirish tugashi signali; 3-boshqaruv signali.



1.12-rasm. Ikkilangan vaznli yaqinlashuvdagi ketma-ket ARA a) sxemasi; b) ishlash vaati diagrammasi

Bir vaqtning o'zida R_2 registrda siljish yuz beradi va 1 ($n-1$) razryadga o'tib, RAA dan $U_{e(n-2)}$ etalon kuchlanishni komparatorga uzatilishini ta'minlaydi. ARA ishining qolgan barcha qismi shu yo'l bilan bajariladi. Shunday qilib, n takt davomida U_{kr} kuchlanishni RAA dan olinayotgan etalon kuchlanishlar yig'indisi bilan muvozanatlashtirish amalga oshiriladi.

$$U_{kr} = \sum_{i=0}^{n-1} a_i U_{ei} . \quad (1.15)$$

Misol tariqasida 1.12-b rasmda besh razryadli ARA vaqt diagrammasi tasvirlangan. Aylantirilayotgan kuchlanish 11011 kodga mos keladi.

Birinchi yaqinlashuvdagi ARA ga nisbatan ko'rilayotgan almashtirgich 2^{n-1} o'rniga n almashtirishni amalga oshiradi va bu tezkorlikning sezilarli darajada katta bo'lishiga olib keladi. Masalan $n=10$ bo'lganda tezkorlik ikki tartibga ortadi. Albatta bunday ARA statik xatosi va tezkorligi asosan RAA va komparatorning parametrlari (sezgirlik, tezkorlik) bilan aniqlanadi.

ARA ning bu sxemasi ko'p razryadli (12 va undan ortiq) katta tezkorlikka (almashtirish vaqti bir necha nanosekund) ega bo'lgan almashtirgichlarni tuzish imkonini beradi. Bu usul bilan 12 razryadli K572PB1 IMS ishlab chiqarilmoqda. Tez o'zgaruvchi signallar bilan ishlaganda bu ARA SSQ bilan ishlaydi.

Parallel ARA. Oddiy uch razryadli parallel ARA sxemasi 1.13 rasmda tasvirlangan. ARA ning bu turi kvantlashni bir vaqtning o'zida signal manbaiga parallel ulangan komparatorlar vositasida amalga oshiradi. Komparatorlarning chegaraviy sathi kvantlash shkalasiga mos bo'lgan tayanch kuchlanish manbaiga ulangan rezistorli kuchlanish bo'lgichlar vositasida o'rnatiladi. Kvantlash sathlar soni va shunga mos holda n razryadli ARA uchun komparatorlar soni (2^n-1) ga teng bo'ladi.

Bunday komparatorlar to'plamiga U_{kr} signali berilganda, ularning chiqishlarida unitar kodlardagi kvantlangan chiqish signali paydo bo'ladi. Misol uchun (1.13- rasm) agar kirish signali $2,5 \div 3,5 \Delta U$ gacha (ΔU kvantlash qadami) bo'lgan oraliqdan chetga chiqmasa, u holda birinchidan uchinchigacha komparatorlar chiqishlarida 1 holat, to'rtinchidan yettinchigacha komparatorlarda

esa 0 holat o'rnatiladi. Unitar kodni ikkilangan kodga almashtirishda maxsus kodlovchi qurilmadan foydalaniladi. Bunday kodlovchi qurilmaning holatlari (3 razryadli ARA uchun) 1.2- jadvalda keltirilgan.

Parallel ARA ni loyihalashdagi asosiy masala, almashtirgichning aniqligi, tezkorligi, ishonchli ishlashini belgilovchi komparatorlar va kodlovchi qurilmalarni tanlashdir. Vaqt bo'yicha o'zgaruvchi kirish signallarini almashtirishda 1.13 sxemali ARA ishida uzilishlarga sabab bo'luvchi holatlar yuzaga kelishi mumkin. Bunday kritik holatlarga qarshi kurashishda turli xil kodlash va stroblash usullaridan foydalaniladi.

Xavfli holatlar yuzaga kelishini (1.13- rasm) tahlil qilishning turli variantlarini taklif qilamiz. Bunda ARA qo'llanilishining ikki usulini: a) ikkilangan oddiy kod, b) siklik kod ko'rib chiqiladi.

Parallel ARAning ikki sxemasini ko'rib chiqamiz. Ikkala sxemada ham (1.14 va 1.15- rasmlar) xotirali stroblashtirilgan komparatorlar qo'llanilgan. Komparatorlarning boshqaruvchi kirishiga ($s=1$) signal berilganda, u taqqoslash va kuchaytirish rejimida, 0 ($s=0$) bo'lganda esa xotiralash rejimida ishlaydi.

Sxemasi 1.14-rasmda tasvirlangan ARA da kirish analogli signalni saylash stroblashtiruvchi C impuls frontining paydo bo'lishi bilan boshlanadi. Kodlovchi qurilmaning kirishiga stroblashtiruvchi impulsning orqa fronti berilishi bilan kodlash boshlanadi. Natijalarni chiqishdagi buferli registrga yozish keyingi stroblashtiruvchi impuls fronti berilishi bilan boshlanadi. Bu sxemadagi komparatorlar kuzatish va xotiralash rejimlarida ishlaydi, ya'ni taqqoslashdan tashqari saylash va xotiralash funksiyalarini bajaruvchi qurilma sifatida ishlaydilar.

Shunday qilib, kvantlash va diskretlash jarayonlari birgalikda olib boriladi, saylangan $U_{kr}(t)$ kuchlanishini xotirlashda esa raqamli qurilmalardan foydalaniladi. Bunday SSQ analoglidan farqli holda raqamli deyiladi.

Kodlovchi qurilma holatlari jadvalidan ko'rinadiki, komparatorlar pastdan yuqoriga navbat bilan 1 holatga o'tadilar. Biroq stroblashtiruvchi impuls orqa kesimining keskin o'zgarishlarida bunday tartibni kafolatlab bo'lmaydi, chunki vaqt bo'yicha kechikishlar har xil bo'lganda komparatorlar har xil tartibda qayta

ulanishlari mumkin. Ba'zi noqulay sharoitlarda (stroblashtiruvchi impuls kesimi bilan $U_{kr}(t)$ signal fronti mos tushganda) bu o'tkinchi jarayonlar komparator xotirasiga yozilishi mumkin. Bu holatni bartaraf qilish maqsadida, sxemasi 1.15-rasmda chiqarilgan parallel ARA qurilmasida, yuqoridagi ishga tushgan komparator ajratuvchi mantiq qurilmasi qo'llanilgan, kodlovchi qurilma sifatida esa faqat hisoblash uchun ishlovchi diodli matrisadan tashkil topgan doimiy xotira qurilmasi (DXQ)dan foydalanilgan.

1.2-jadval

Kirish kuchlanishi	Komparatorlar holatlari	Ikkilangan chiqish kodi																	
U_{kr}^*	<table style="border-collapse: collapse; margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> <td style="padding: 0 10px;">]</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">7</td> <td style="padding: 0 10px;">6</td> <td style="padding: 0 10px;">5</td> <td style="padding: 0 10px;">4</td> <td style="padding: 0 10px;">3</td> <td style="padding: 0 10px;">2</td> <td style="padding: 0 10px;">1</td> </tr> </table>]]]]]]]	7	6	5	4	3	2	1	<table style="border-collapse: collapse; margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">a_2</td> <td style="padding: 0 10px;">a_1</td> <td style="padding: 0 10px;">a_0</td> </tr> </table>	a_2	a_1	a_0
]]]]]]]													
7	6	5	4	3	2	1													
a_2	a_1	a_0																	
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																	

Kirish kuchlanishi shartli birliklarda berilgan.

Bu sxemadagi xotirali komparatoralar to'g'ridan-to'g'ri va invers chiqishlaridagi signallarni mantiq elementi shunday aylantiradiki, natijada mantiqiy 1 yuqori raqamga (qo'yidan hisoblaganda) mos keluvchi faqat bitta shinada qoladi. Bu signal ARA uchun kerakli barcha kodlar kombinatsiyalariga ega bo'lgan, DXQ dagi natijalarni o'qish imkonini beradi. ARA ishida uzilishlar bo'lmasligini ta'minlash uchun komparatorlar chiqishlaridagi natijalarni hisoblash t_s vaqt davomida $U_{kr}(t)$ kirish signali ΔU kvantlash qadami qiymatidan ortiq o'zgarماسligi lozim, ya'ni $\Delta U \geq U_{kr}^l(t) \Delta t_s$. Boshqa turdagi ARA ga nisbatan

parallel ARA komparatorlar tezkorligi va kodlovchi qurilmalardagi kechikish bilan bog'liq bo'lgan juda katta tezkorlikka ega. Juda ko'p sondagi komparatorlarning talab qilinishi asosiy kamchiligidir. Sakkiz razryadli ARA uchun 256 ta komparator talab qilinadi. Bu ko'p razryadli (6-8) ARA ni integral mikrosxema shaklida tuzishni qiyinlashtiradi. Bundan tashqari almashtirish aniqligi komparatorlar aniqligi va stabiligi hamda rezistiv kuchlanish bo'lgich aniqligi bilan chegaralangan bo'ladi. Bu usul asosida almashtirish vaqti o'n hatto bir necha nanosekund bo'lgan katta tezkorlikdagi ARA tuziladi, biroq ularning razryadlari (olti razryaddan oshmaydi) chegaralangan. Bu usul bilan sanoatda almashtirish vaqti 100 nsdan yuqori bo'lmagan K1107PB1 turkumidagi KIS ishlab chiqarilmoqda.

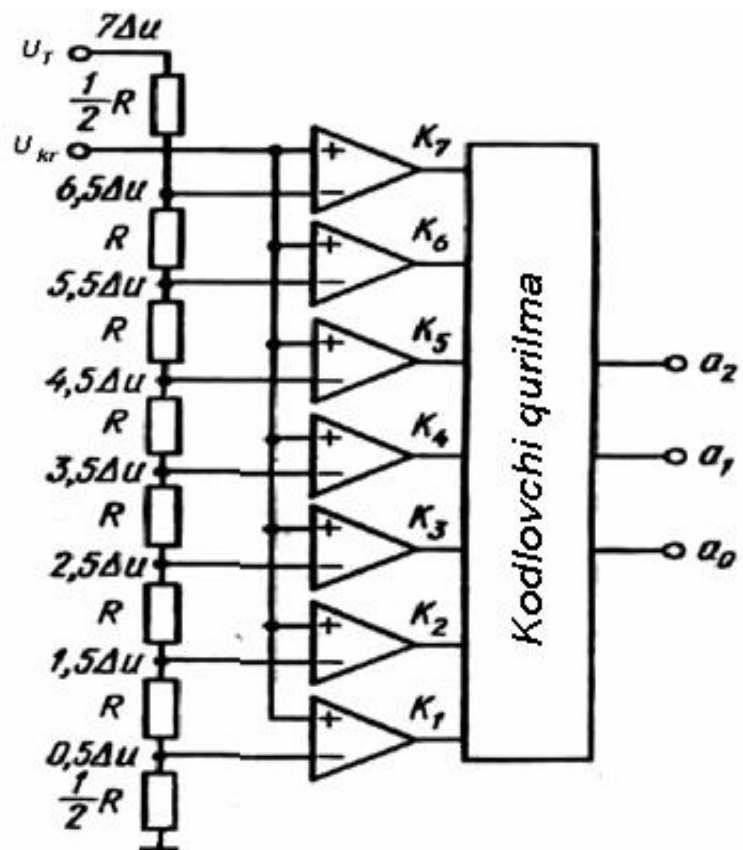
Ketma-ket-parallel ARA. Sxemasi 1.16-rasmda tasvirlangan ketma-ket-parallel ARA, parallel almashtirgichlardagi apparaturalar sonini kamayishiga, ketma-ket almashtirgichlar tezkorligini yuqori bo'lishiga olib keladi. Sxemada tasvirlangan ARA da olti razryadi almashtirgichni hosil qilish uchun ikkita uch razryadli ARA almashtirgichdan foydalaniladi. Birinchi ARA uchta yuqori razryadli chiqish kodlarini hosil qiladi. Shu uchta razryad, U kirish qo'pol kvantlangan, uch razryadli RAA kirishiga beriladi. Kirish U_{kr} kirish signali farqi va RAA chiqish signali kichik razryadini hosil qiluvchi ARA 2 kirishiga beriladi.

Agar qo'pol kvantlangan qiymatlar (RAA chiqishidagi) va U_{kr} kirish kuchlanishi farqi 8 marta kuchaytirilsa, u holda bir xil kirish kuchlanishli diapazonga ega bo'lgan ikkita ARA qo'llash mumkin. Buning uchun ARA1 aniqligi 6 razryadli ARA aniqligi bilan bir xil bo'lishi lozim, aks holda qo'pol kvantlangan qiymat bilan U_{kr} kirish kuchlanishi orasidagi farq ma'noga ega bo'lmaydi.

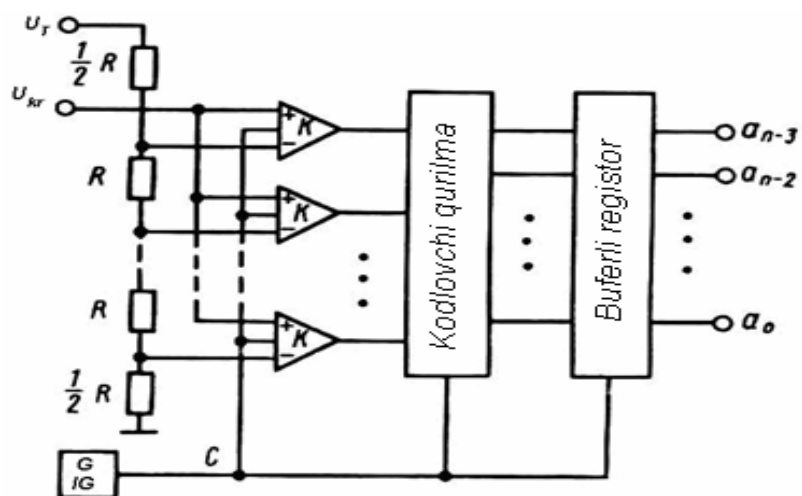
Ketma – ket parallel ARA ni tuzishda, boshqa har qanday turdagi ARA ni loyihalashdagi muammo kabi, struktura tanlash va ARA alohida pog'onalari shkalasini muvofiqlashtirish muammosi yuzaga keladi. Bu muammolarning ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

1.3- masala. Kirish $U_{kr}(t) \leq 4V$ signalini almashtirishni amalga oshiruvchi 7 razryadli ketma – ket – parallel ARA dagi ARA1 va ARA2 razryadligi tanlansin va ularning shkalalari muvofiqlashtirilsin.

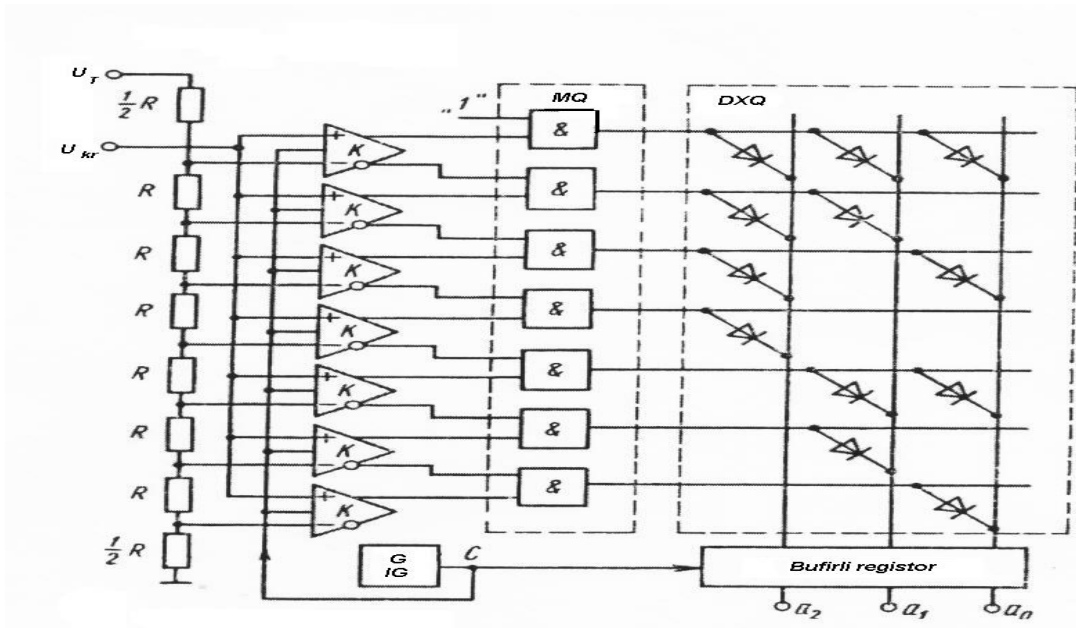
Ikkinichi pog'onadagi ARA2 (1.16 – rasm) uchun signal farqini hosil qiluvchi sxemani tuzish, ARA1 razryadlar sonining ortishi bilan qiyinlashib boradi, bu esa ARA umumiy tezkorligining kamayishiga olib keladi. Shunga ko'ra birinchi pog'onada kam razryadlarni qo'llash, ya'ni ARA1 uch, ARA2 to'rt razryadli bo'lishi maqsadga muvofiqdir.



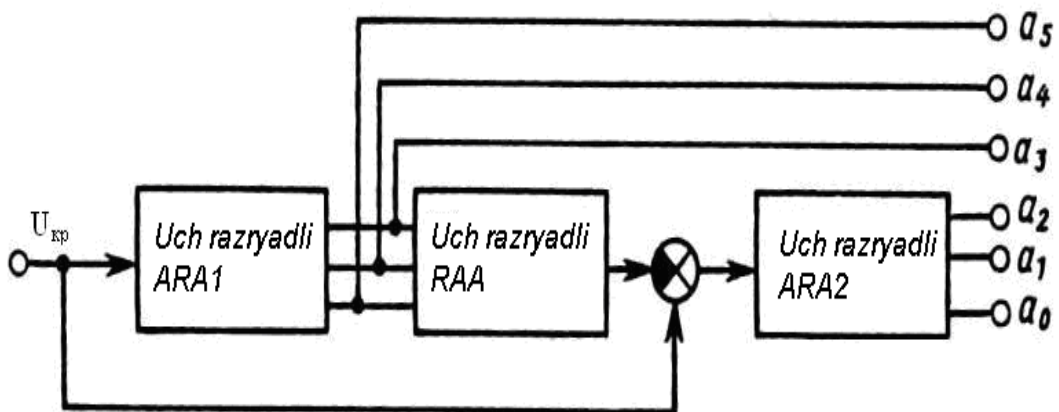
1.13-rasm. Uch razryadli parallel ARA sxemasi.



1.14-rasm. Xotirali stroblashtirillgan komparatorlardan Foydalanilgan parallel ARA sxemasi



1.15-rasm. DXQ dagi parallel ARA sxemasi.



1.16 rasm. Ketma-ket parallel ARA sxemasi.

II. BOB. RAQAM ANALOGLI VA ANALOG RAQAMLI ALMASHTIRGICHLAR HAQIDAGI INTERNET MA'LUMOTLARI

2.1 Pog'ona tipidagi R-2R matrisali raqam analogli almashtirgich.

Raqam analogli va analog raqamli almashtirgichlar axborotli o'lchov tizimlari, aloqa texnikasi, raqamli telivediniya, maishiy texnikava hakoza sohalarda keng qo'llaniladi.

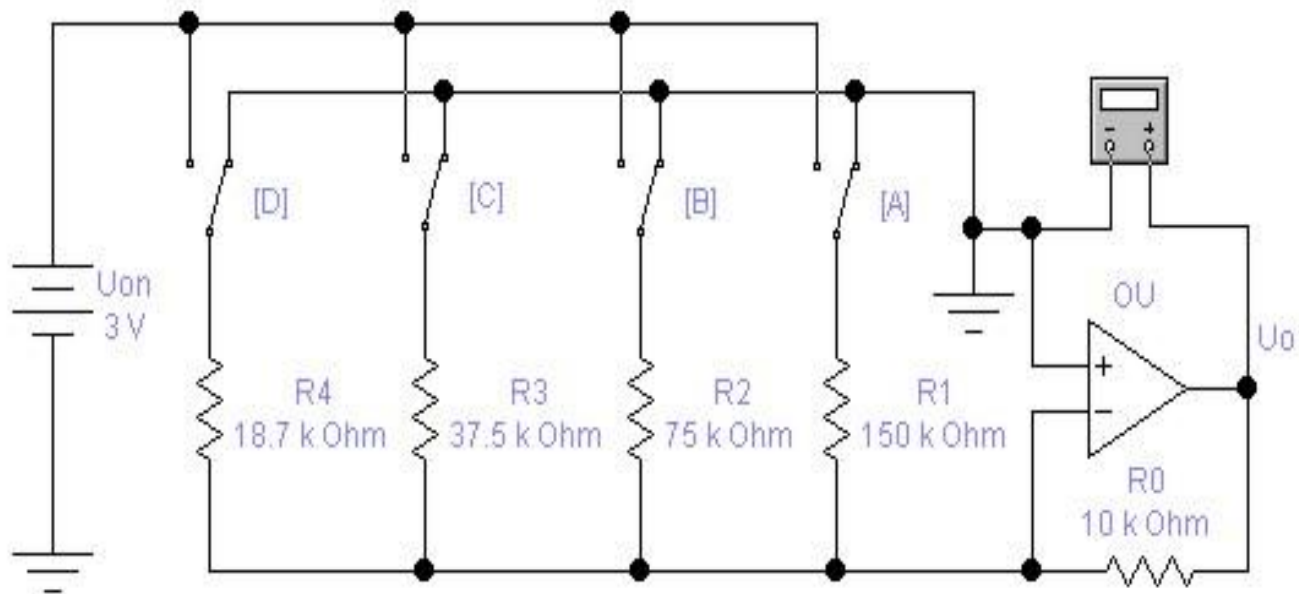
O'lchamli rezistorlar asosidagi RAA lar qo'llaniladi. Masalan, elektrodvigatellar, elektromagnitlar va hakoza larni avtomatik boshqarishda RAA lark eng qo'llaniladi. Eng oddiy o'lchamli rezistorlar asosidagi RAA (1-rasm) $R_1 \dots R_4$ rezistorlardan iborat rezistiv matrisa va OK dan iborat yig'uvchi kuchaytirgich va 3V li tayanch kuchlanish manbaidan tashkil topgan. Tayanch kuchlanish U_t A,B,C,D qayta ulagichlar asosida rezistiv matrisaga ulanadi va bir tizimli boshqariluvchi klaviaturalar aylantiriladigan kodni immitatsya qiladi. Chiqish U_0 kuchlanish multimetr yordamida o'lchanadi. Bunday RAA to'g'ridan-to'g'ri almashtiruvchi qurilmalar tarkibiga kiradi. Agar sxemada tasvirlangandek barcha qayta ulagichlar "yer"ga ulanadigan bo'lsa, operatsion kuchaytirgich kirish va chiqishidagi kuchlanish nolga teng bo'ladi. Faraz qilaylik A qayta ulagich mantiqiy 1 ga mos keluvchi holatga ulangan bo'lsin, u holda 0,1 kirishga R resistor orqali 3V kuchlanish beriladi. Shu hol uchun kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsyenti quyidagi formula asosida hisoblaymiz.

$$K = \frac{R_0}{R_1} = \frac{1000}{1500} = 0,066$$

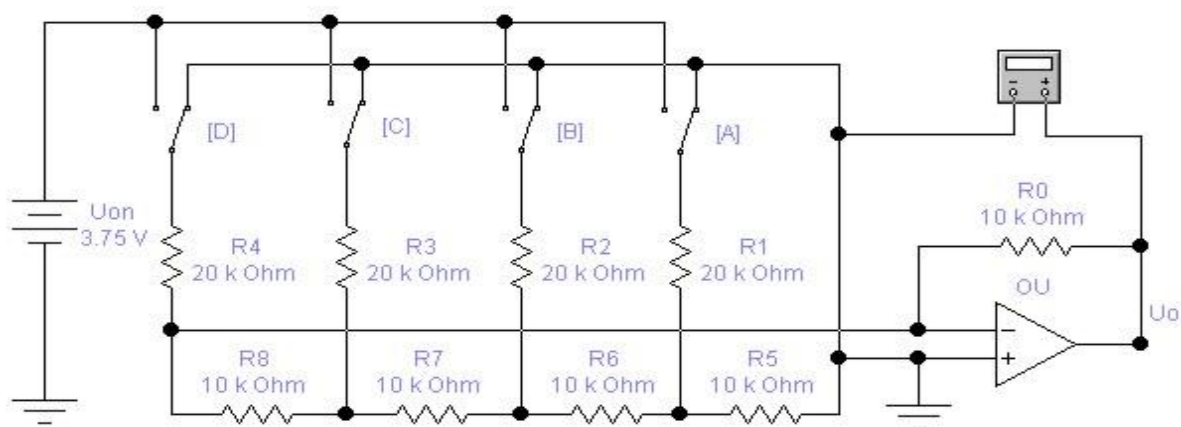
Bundan chiqish kuchlanishi $U_0 = 0,066 \cdot 3 = 0,2V$ ikkilangan kombinatsiyadagi RAA kirishidagi 0001 kodga mos keladi.

Endi RAA kirishiga ikkilangan 0010 kombinatsiyani beramiz: buning uchun B qayta ulagichni mantiqiy 1 ga mos keluvchi holatga quyamiz va buning bilan

operatsion kuchaytirgichga R_2 resistor orqali 3V kuchlanish beramiz. Bu hol uchun kuchaytirish koeffitsyenti



2.1-rasm. Ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA sxemasi.



2.2-rasm. Pog'ona tipidagi R-2R matrisali RAA sxemasi.

$$K = \frac{R_0}{R_1} = \frac{1000}{7500} = 0,133$$

Bu kuchaytirish koeffitsyenti kirish kuchlanishini qiymatiga ko'paytirish bilan $U_{ch}=0,4V$ chiqish kuchlanishini aniqlaymiz.

Shu usulda boshqa qayta ulagichlarni mantiqiy 1 holatga ulash bilan chiqish kuchlanishlarini aniqlash mumkin. Agar barcha qayta ulagichlarni mantiqiy 1 holatga o'rnatilsa operatsion kuchaytirgich chiqishidagi kuchlanish $U_{chiq}=3V$ bo'ladi, chunki bu holda uztish koeffitsyenti 1 ga teng.

Bu RAA ikkita kamchlikga ega.

Undagi rezistorlarning qarshiliklari keng diapazonda o'zgaradi.

Almashtirish aniqligi yuqori emas, chunki bunga tranzistorli kalitlar qarshiligining ochiq va yopiq holatlardagi ta'siri.

2.2 Zinapoya tipidagi RAA.

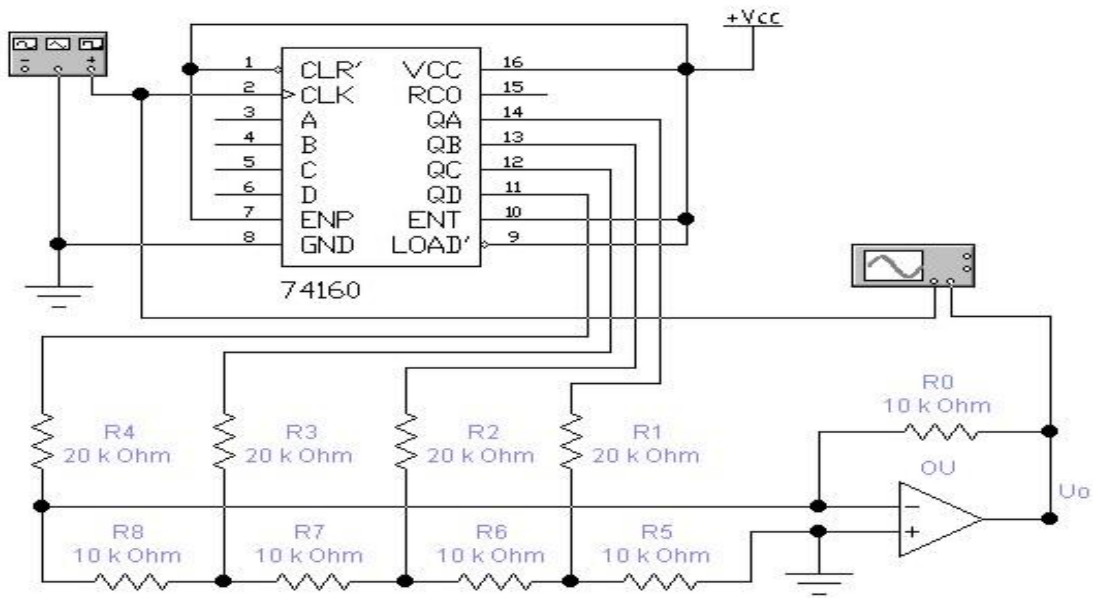
Bunday RAA zinapoyani eslatuvchi R-2R rezistiv matrisadan va yig'uvchi kuchaytirgichdan tashkil topgan. Bu rezistiv matrisadan foydalanish afzalligi shundaki, unda bir xil nominalli rezistorlar qo'llanilgan. Har bir $R_1 \dots R_5$ rezistorlarning qarshiliklari $20k\Omega$ $R_6 \dots R_8$, R_5 rezistorniki esa $10k\Omega$ ga teng. Shuni esda saqlash lozimki gorizantal joylashgan rezistorlarning qarshiliklari vertikal rezistorlarnikidan ikki marta katta. Zinapoya tipidagi RAA o'lchamli rezistorlarga analoglidir. Ko'rilayotgan sxemada tayanch kuchlanish manbai sifatida $3,75V$ kuchlanishdan foydalanilgan. Kirishga ketma-ket ulanayotgan har bir ikkilangan kod analogli chiqish signalini $0,25V$ ga oshiradi. Tayanch kuchlanish manbaini $3,75V$ qilib tanlashdan maqsad A ... D kalitlarni raqamli IMS lar almashtirish qulay bo'lishi uchundir. 2-rasmda tasvirlangan RAA ning chiqish kuchlanishini quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$U_0 = U_{0n} R_0 [S_1 2^{n-1} + S_2 2^{n-2} + \dots + S_i 2^{n-i} + S_n] R^{2n}$$

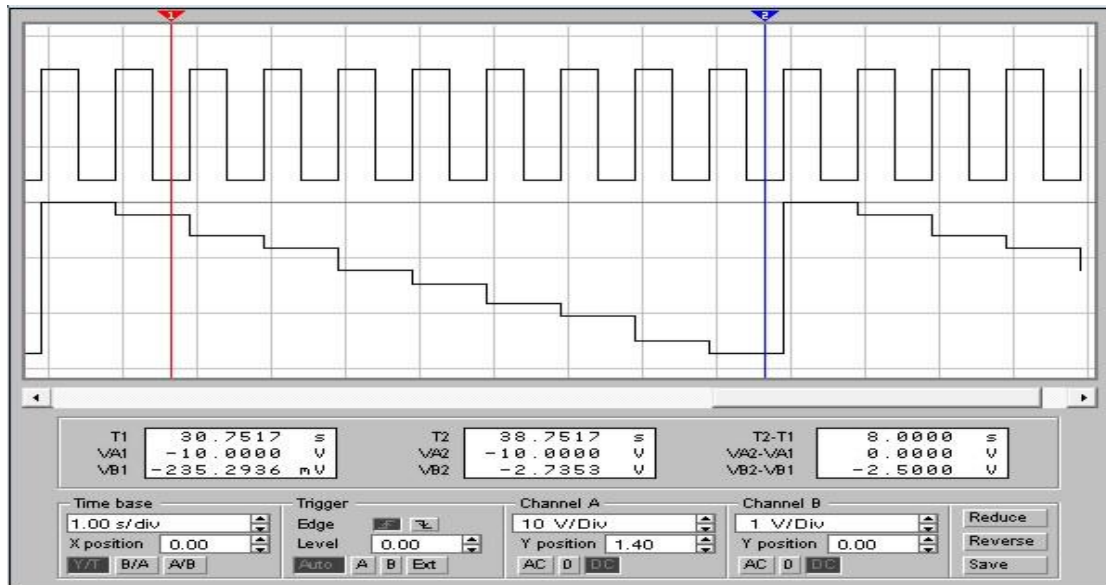
Bunda: S_i – kirishdagi raqamli signalning qiymati (0 yoki 1)

n -- aylantirilayotgan raqamlar soni (2-rasmda sxema uchun)

R – R-2R rezistiv matrisa qarshiligi (2-rasm uchun $R=10k\Omega$)



2.3-rasm. Pog'ona tipidagi R-2R matrisali 74160 (K155ME9) sanagich asosidagi RAA sxemasi.



2.4-rasm. 74160 sanagich asosida zinapoya shaklidagi yasalgan RAA sxemasi (a) va uning sanoq kirishidagi signallar ossilogrammasi.

Ushbu RAA da kommutatsyalovchi qurulma sifatida ikkilangan oʻnlik sanagich 74160(K155IE9) qoʻllanilgan sxema 2.3-rasmda tasvirlangan.

RAA larning 2.2 va 2.3 rasmlardagi sxemalarni taqqoslashdan koʻrinadiki, 2.3-rasmda tayanch kuchlanish manbai boʻlmaganda uning vazifasini sanagich – kommutatrlning oʻzi bajaradi. Tayanch kuchlanish manbaining ekvivalent qiymatini 1-formula vositasida hosil qilish mumkin va 2.3-b rasmda koʻrsatilgan ossilografik rasm asosida xususiy holda RAA ning maksimal chiqish kuchlanishi $V_{B2} = -2,8125V$ minimalniki esa $V_{B1} = 0,3125V$, ularning farqi $V_{B2} - V_{B1} = -2,45V$.

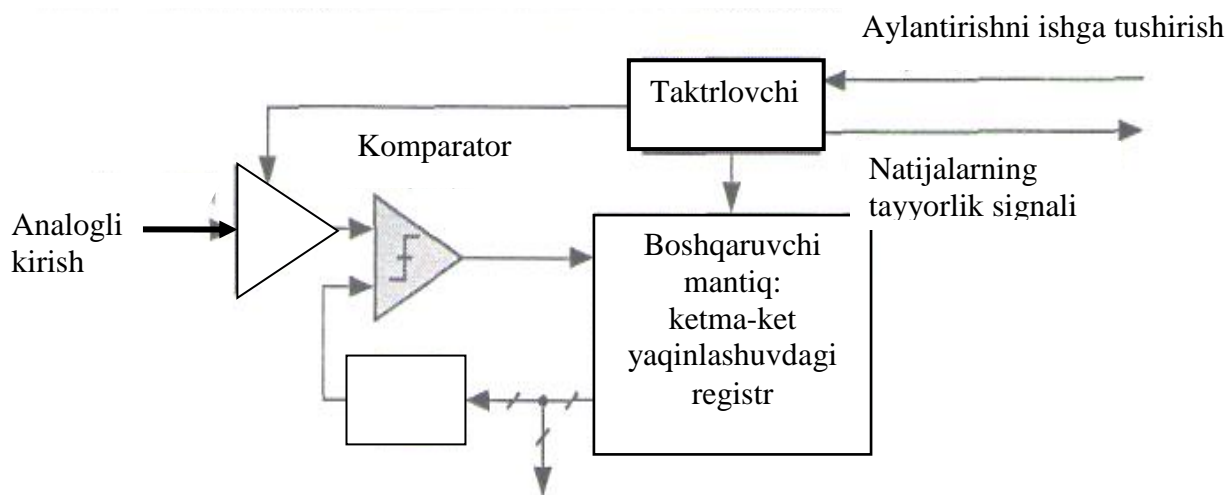
2.3. Natijalarni yigʻish uchun ketma-ket yaqinlashuvdagi analog raqamli almashtirgich (ARA).

Tajriba natijalarni yigʻish sohadagi eng koʻp tarqalgan ARA bu ketma-ket yaqinlashuvdagi boʻlib hisoblanadi. Xsusan bu bir necha kirish signallarni multipleksya qilish talab qilinganda. Bunday qurulma tajriba natijalarni yigʻishda ulkan quvvatli tizim hisoblanadi. Zamonaviy ketma-ket yaqinlashuvdagi ARA 8 razryadlidan 18 bitgacha va almashtirish chastotasi bir necha MHz gacha boʻlishi mumkin. Chiqish natijalari odatda standart ketma-ketlikdagi interfeyslar orqali (I²S yoki (ISPJ) orqali beriladi, biroq parallel chiqishli (albatta ularning chiqish uchlarning soni va oʻlchami katta boʻladi) mavjud.

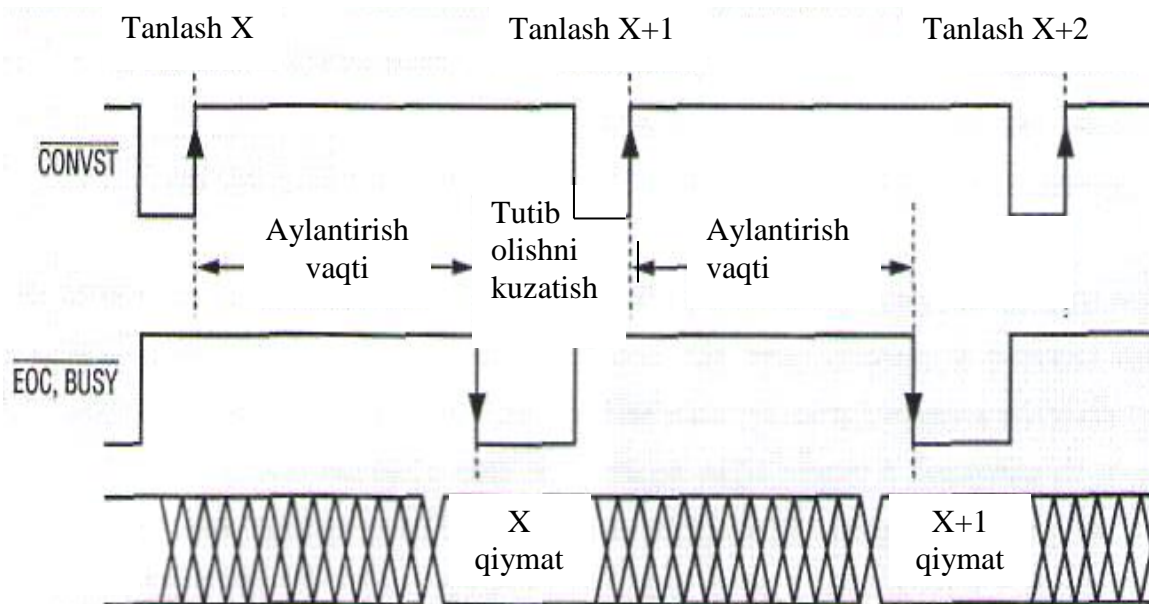
Ketma-ket yaqinlashuvdagi ARA ning asos sxemasi 2.4-rasmda keltirilgan. Tez oʻzgaruvchi signallarga ishlov berish imkoniyatiga ega boʻlish uchun ARA kirishida tanlash va saqlash qurulmasi oʻrnatilgan. Bu qurulmaning chiqishida almashtirish sikli davomida chiqishidagi signal doimiy boʻladi. Almashtirish raqam analogi almashtirgich chiqishidagi kuchlanish oraliq diapazoniga yetganda boshlanadi. Komparator tanlovchi va saqlovchi qurulmaning chiqishidagi kuchlanish bilan RAA chiqishidagi kuchlanishlarni taqqoslaydi. Taqqoslash natijasida (bu chiqish kodining katta biti hisoblanadi) ketma-ket yaqinlashuvdagi registorga 0 yoki 1 tarzida yoziladi, shundan soʻng katta bit qiymatiga bogʻliq holda RAA ning chiqishida $\frac{1}{4}$ yoki $\frac{3}{4}$ diapazondagi kuchlanish oʻrnatiladi va komparator keyingi bitning qiymatini aniqlaydi. Natija registrga yoziladi va

jarayon barcha bitlarning qiymatlari aniqlangunga qadar davom etadi. Almashtirish tugagandan so'ng tayyor ekanlikning mantiqiy signali o'rnatiladi (UEOC, DRDY, BUSY va hakoza deb atalishi mumkin). Ketma-ket yaqinlashuvdagi ARA ning vaqt diagrammasi, 2.5-rasmda keltirilgan.

Vaqt diagrammasida tasvirlangan signallar barcha turdagi ARA larda mavjud bo'ladi, biroq turli qurumlarda turlicha atalishi mumkin. Zamonaviy ketma-ket yaqinlashuvdagi mikrosxemalarda almashtirish jarayoni yuqori chastotali faktrlangan signallar bilan amalga oshiriladi. Bu mikrosxemalarning ichida joylashtirilgan yoki tashqaridan boshqariladigan bo'lishi mumkin va bunda almashtirishni ishga tushirish kirishiga sinxronlashtiruvchi signal albatta berilishi lozim.



2.4-rasm. Ketma-ket yaqinlashuvdagi ARA ning asos sxemasi.

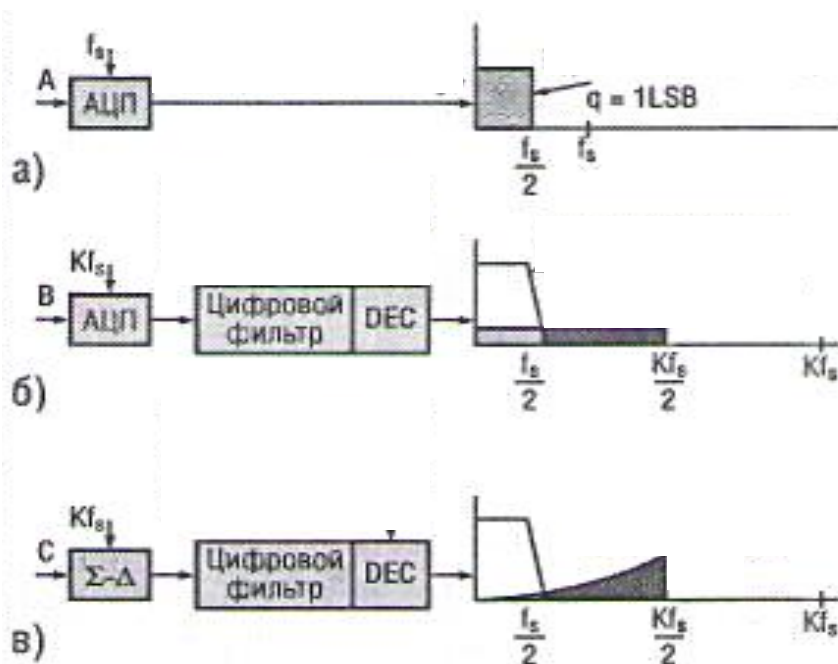


2.5-rasm. Ketma-ket yaqinlashuvdagi ARA ning vaqt diagrammasi.

2.4. Segma-Delta analog raqamli almashtirgich (ARA).

Zamonaviy Segma-Delta ARA lar integrallovchi ARA larni siqib chiqardi, chunki integrallovchi ARA larda integrallash jarayoni juda ko'p bo'lib, yuqori aniqlikni talab qiladi va almashtirishning effektiv chastotasi bir necha Hz dan iborat. Segma-Delta ARA kirishida programmalashtirilgan kuchaytirgichning o'rnatilishi datchik chiqishidagi juda ham kichik signallarni almashtirish imkonini beradi. Almashtirish chatotasini va raqamli filtrdan o'tkazish sohasini to'g'ri tanlash tarmoq kuchlanishidan kelayotgan 50-60 Hz li xalaqitlarni to'liqligicha so'ndirish imkonini beradi.[9]

Quyidagi 2.6-rasmda ARA dagi shovqinlar spektri tasvirlangan bo'lib bu spektr ARA kirishidagi signal spektrining kengligi 0 dan deskritizatsya chastota $f_s/2$ oraliqda tasvirlangan va shu oraliqda kvantlash shovqini ham bir tekisda tasvirlangan. 2.6b-rasmda deskritizatsya chastotasi k marta ko'paytirilgan (k -deskritezatsya koefsyenti). Kirish signalining kengligi esa o'zgarishsiz qolgan Segma-Delta ARA sxemasi 2.6a-rasmda tasvirlangan bo'lib, u integrator taktli chastotalar generatori kommutator va raqamli filtirlardan tashkil topgan.



2.6-rasmda ARA dagi shovqinlar spektri.

III-BOB. Raqam analogli va analog raqamli almashtirgich virtual laboratoriya ishi.

3.1. Raqam analogli almashtirgich.

Ishning maqsadi: Integral raqam aylantirgichning ishlash jarayoni bilan tanishish va uni tekshirish.

Nazariy ma'lumotlar va hisoblash formulalari.

Rezistiv matrisali raqam analogli almashtirgichning tarkibiy tuzilishi.

Raqamli qurilmalarni uzluksiz shaklda o'zgaruvchi axborotlar bilan ishlaydigan qurilmalar bilan bog'lashda analogli shakldan raqamligiga va raqamlidan analogligiga almashtiruvchi qurilmalar talab qilinadi.

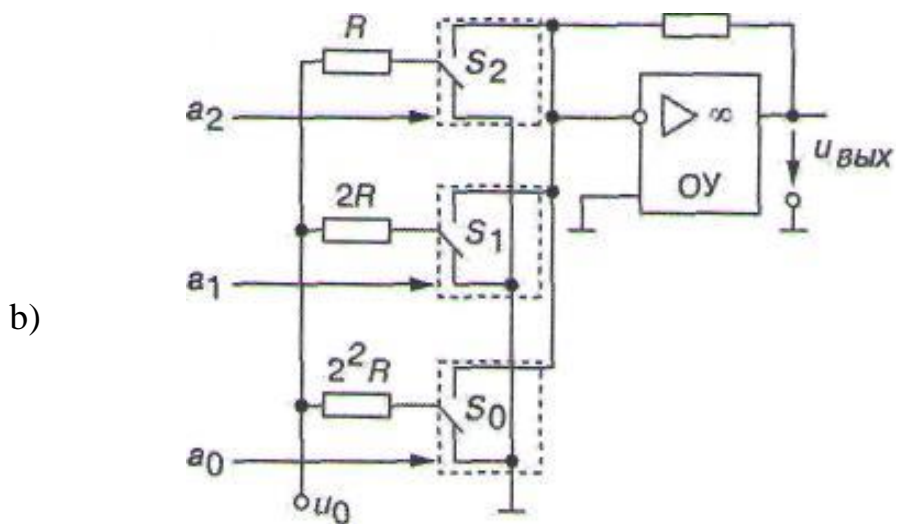
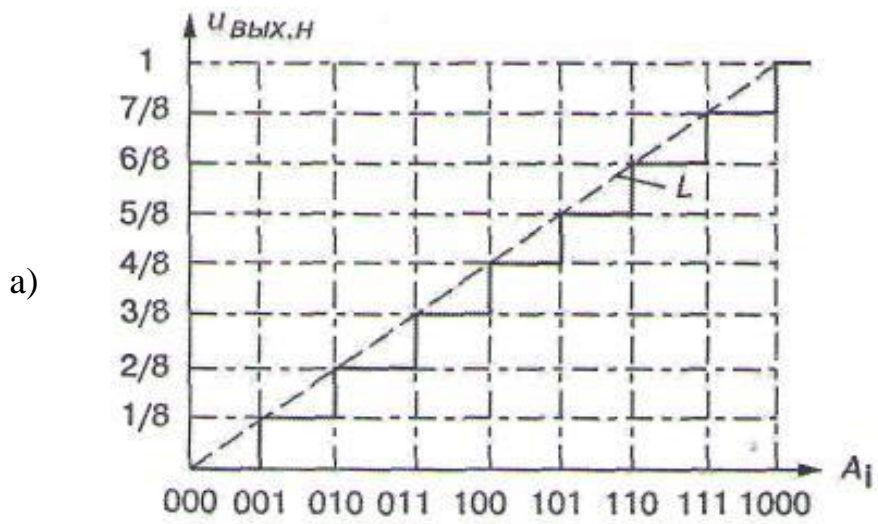
Vaqt bo'yicha uzluksiz o'zgaruvchi fizik kattaliklar qiymatlarini (kuchlanish va tok) unga ekvivalent bo'lgan raqamli kodlarga avtomatik ravishda almashtirishni amalga oshiruvchi qurilmaga RAA deyiladi. Kirishga berilayotgan raqamli kodlar ko'rinishidagi qiymatlarni unga ekvivalent bo'lgan qandaydir fizik kattalikning qiymatiga (kuchlanish, tok va boshqalar) avtomatik ravishda almashtirishni amalga oshiruvchi qurilmaga RAA deyiladi.

Shunday qilib RAA kirishiga berilayotgan $A_1(a_2, a_1, a_0)$ ikkilangan kodni unga ekvivalent bo'lgan analogligiga aylantiriladi. Chiqishdagi analogli kattalik odatda kuchlanish U_{chiq} ba'zi hollarda $U_{chiq,n} = U_{chiq}/U_{chiq,max}$ chiqish A_i kodlar kombinatsiyasiga mos keladi va uni analogli qurilma kirishiga berib, deskript vaqt momentida ta'sir qilish uchun beriladi (2.1.a rasm.). Raqamli kirish kodlarning almashuvlari kuchlanishlarni hosil qiladi (L – RAA ning ideal uzatish tavsifnomasi).

RAA larning ikki xil turi keng tarqalgan.

1. ikkilangan o'lchamli qarshiliklardan iborat rezistiv matrisali RAA.
2. ikki nominal qarshilikli R-2R rezistiv matrisadan tashkil topgan RAA.

Ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA A_i ikkilangan kod bilan boshqariluvchi n ta S_i qayta ulagich (har bir razryad uchun bittadan 2.2 b rasm) $2^{n-1}R$ qarshilikli ikkilangan o'lchamli rezistorlardan iborat matrisa;



2.1-rasm. a) raqamli kodlarning analogli ekvivalentlari grafigi, b) ustuvor ikkilangan vazn qarshilikli RAA.

U_0 kuchlanishli tayanch kuchlanish manbai va OK chiqishi operatsion kuchaytirgich yordamida rezistiv matritsali qarshiliklardan oqayotgan kuchlanishlarni yig'ib chiqishidagi U_{chiq} kuchlanishni hosil qilishdan iborat.

Har bir i razryad S_i qayta ulagichni boshqaradi va $a_i=1$ bo'lganda uni tayanch kuchlanish manbaiga ulaydi yoki $a_i=0$ bo'lganda umumiy shinani yerga ulaydi. Kalitlar bilan ulangan $2^{n-1} R$ (n – kirish kodining razryad nomeri), rezistorlar qarshiligi shunday tanlanganki har bir kirish razryadning ikkilangan kodiga proporsional kodni hosil qilishdan iborat. Shunga ko'ra OK kirishidagi tok va chiqishdagi raqam analogli almashtirish chiqishidagi kuchlanish quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi.

$$i = \frac{a_{n-1} U_0}{R} + \frac{a_{n-2} U_0}{2R} + \dots + \frac{a_1 U_0}{2^{n-1}R} + \frac{a_0 U_0}{2^n R} \quad (2.1)$$

$$U_{\text{chiq}} = -R_{\text{TB}} i = -U_0 \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i \quad (2.2)$$

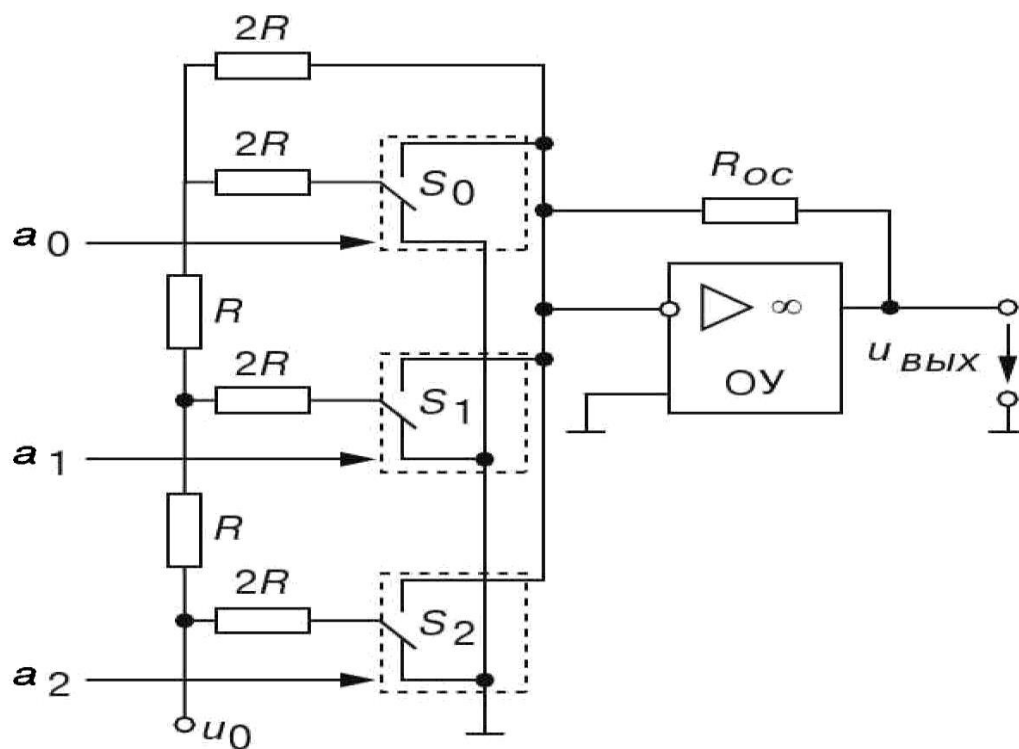
RAA chiqishidagi kuchlanish mavjud kirish kodining “og'irligiga” proporsional bo'ladi va u o'zining maksimal qiymatini barcha zaryadlar bir qiymatni olganda bo'ladi.

$$U = \left| \frac{(2^n - 1) R_{\text{TB}}}{2^n R} \right| \quad (2.3)$$

va u doimo tayanch kuchlanishdan $U_0 R_{\text{TB}} / 2^n R$ kvantlash qadami qadar kam bo'ladi.

Kichik va katta razryadlarda rezistorlarning nominal qarshiligi 2^{n-1} martaga farq qiladi va u yuqori aniqlikda ushlab turilishi lozim. Masalan, 12 razyadli RAA ning katta razryadida qo'llanilgan rezistorning qarshiligiga 10kOm bo'lsa, almashtirgichning kichik razryadiga qarshiligi 20MOM tartibida bo'lgan rezistorni ulashni talab qiladi. Keng nominalli rezistorlarning to'plami va ularning yuqori aniqlikda bo'lishining talab etilishi va xususan n sondagi kirish kodlarini hosil qiluvchi ko'p sondagi razryadlarning mavjud bo'lishi RAA ni integral texnologiyalar asosida tashkil etishda juda katta qiyinchiliklarni yuzaga keltiradi.

RAA ning 2-sxemasida R-2R matrisada ikki nominalli rezistorlar qoʻllaniladi. Xususan R qarshilikli rezistorlar har bir razryadga ulangan, biroq bu sxemada parazit sigʻimlar qiymati ortadi (2.2-rasm).



2.2.-rasm. R-2R matrisali RAA sxemasi.

Bu sxemaning funktsionallik prinsipi R-2R rezistiv bo'lgichning xossasiga asoslangan bo'lib, bu rezistiv bo'lgich kalitlar ulanganda tayanch kuchlanishi manbai uchun yuklanish qarshiligini doimiy bo'lishini ta'minlaydi. Buning natijasida razryaddan boshlab tayanch kuchlanishi ketma-ket ikkiga bo'linadi.

Buning natijasida har bir rezistorning uchidagi va har bir kiruvchi matrisa tugunidagi tok teng. Buning natijasida R rezistorlarning uchlaridagi n=1 katta razryaddan boshlab tayanch kuchlanishi ketma-ket ikkiga bo'linadi. Xuddi shunday tok matrisasining har bir kirish tugunida ham. Bu vaqtda R-2R matrisa almashtirgich chiqishidagi kuchlanish quyidagicha bo'ladi.

$$U_{\text{chiq}} = -U_0 \frac{R_{oc}}{R} (a_{n-1}2^{-1} + \dots + a_12^{-(n-1)} + a_02^{-n}) = -U_0 \frac{R_{oc}}{2^n R} \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i$$

Shunday qilib, RAA chiqishidagi kuchlanish U_0 tayanch kuchlanishi manbaiga ulangan qayta ulagich kuchlar yig'indisiga proporsional bo'ladi.

Bunday R-2R RAA ning kamchiligi qayta ulagichlar qisqa ulangan vaqtdagi qarshiliklar nostabilligining yuzaga kelgan almashtirish aniqligiga kuchli ta'siri, bu esa RAA ning vaqt, harorat bo'yicha stabillik tavsifnomalarini kamaytiradi.

Bu R-2R matrisali almashtirgichlardagi kamchilik kristalda yarim o'tkazgichlar texnologiyasi asosida hosil qilingan yupqa qatlamli rezistorlardan iborat tok, kuchlanish sxemasini qo'llash bilan kamaytirish mumkin. Bundan tashqari kalit sifatida KMDP tranzistorlarni qo'llash bilan kamaytirishga erishish mumkin. U_0 tayanch kuchlanishi bilan bog'liq bo'lgan noxiziqliklar $\pm 0.8\%$ dan $\pm 0.003\%$ ni tashkil qiladi. Tokning shakllanish vaqti $5\mu s$ dan μs ning o'ndan bir bo'laklari, hattoki undan kichik bo'ladi. Ko'p hollarda chiqish kuchlanishi diapazoni $\pm 5V$ RAA lar sxemasida tayanch kuchlanishi har xil qutbli yoki ikki qutbli ham qilib tanlash mumkin.

3.2. RAA ning asosiy ko'rsatkichlari.

RAA ning asosiy ko'rsatkichlari $n=8, \dots, 24$ razryadlar soni va absolyut ajrata olish qobiliyati — ko'paytirish yoki kamayish bilan bog'liq bo'lgan birga o'zgarishi, ya'ni RAA chiqishidagi signal minimal o'zgarishining o'rtacha qiymati.

Ikkilangan n razryadli kodni almashtiruvchi RAA nazariy jihatdan ajrata olish qobiliyati $1/(2^n - 1)$ chiqish signalining 2^n turli qiymatlarni ta'minlay olishi lozim. Razryadlar soni $n=8$ bo'lganda RAA chiqishidagi kuchlanish $2^8 - 1 = 255$, agar $n=12$ bo'lsa, $2^{12} - 1 = 4095$ va hakazo bir-biriga bog'liq bo'lmagan kvantlar (zinapoyalar) hosil bo'lishi lozim.

Minimal kvant kuchlanishning absolyut qiymati $2^n - 1$ sonning qiymati bilan aniqlanadi, xuddi shunday RAA ning maksimal chiqish kuchlanishi ham aniqlanadi. Boshqacha aytganda shkala kuchlanishi yoki U_0 tayanch kuchlanishi bilan aniqlanadi. RAA ajrata olish qobiliyati absolyut qiymatini ko'p hollarda kichik razryad qiymatlari (KRQ) bilan belgilanadi, agar $n=8$ bo'lsa tayanch kuchlanishi $U_0 = 5$ V bo'lsa

$$KRQ = U_0 / (2^8 - 1) = 5 / 255 \approx 0.0196 \text{ V} \approx 19,6 \text{ mV}$$

Ajrata olish real qiymatining nazariydan farqlanishining asosiy sababi xatoliklar va RAA tugunlaridagi shovqinlar sababli yuz beradi. RAA ning aniqligi δ_a absolyut xato qiymati bilan va almashtirgichning δ_n noxiziqdigi aniqlanadi. Absolyut δ_a xatolik U_{chiq} chiqish kuchlanishning hisoblangan qiymatidan maksimal chetlanishi bilan xarakterlanadi. Bu ideal almashtirgich xarakteristikasining oxirgi nuqtasiga mos keladi va odatda KRQ ning birliklarida o'lchanadi.

Almashtirgichning δ_n noxiziqdigi haqiqiy tavsifnomasining zinapoyalar markazlardan yoki nol va chiqish signal maksimal nuqtasidan o'tkazilgan to'g'ri chiziqdan chetlanishi bilan xarakterlanadi (1.1 a rasmda 1 to'g'ri chiziqdan). Almashtirgichning dinamik ko'rsatkichlaridan eng asosiysi bo'lib, f_{max} almashtirishning maksimal chastotasi (bir necha 10 yoki bir necha 100 Hz) bo'lib hisoblanadi – bu RAA ko'rsatkichlarining belgilangan qiymatlariga mos keluvchi diskretizatsyaning eng katta chastotasi.

RAA ishlashida unga analogli qayta ulagichlarning ochilishi va yopilishi vaqtining turli xil bo'lishi bilan bog'liq yuzaga keladigan chiqish signalida spisifik o'tkinchi impulslar kuzatiladi. Xususan sezilarli tushishlar kirish kodi 01 111 boshqa 10 000 kod bilan almashganda kuzatiladi, bunda RAA ning katta razryadli qayta ulagichlarning ochilishi kichik razryadlar qayta ulagichlarining

yopilishiga nisbatan kechikadi. Shu sababi RAA larning MS10 sohadagi ideal modellashtirishda yuqorida aytilgan ko'rsatkichlarini doimo bir xilda takrorlash qiyin bo'ladi.

MS10 sohadagi RAA larning bankdagi IMS lari o'zlarining ishlashi uchun doimiy etalon kuchlanishni yerga ulashni va kirish signallarini talab qiladi.

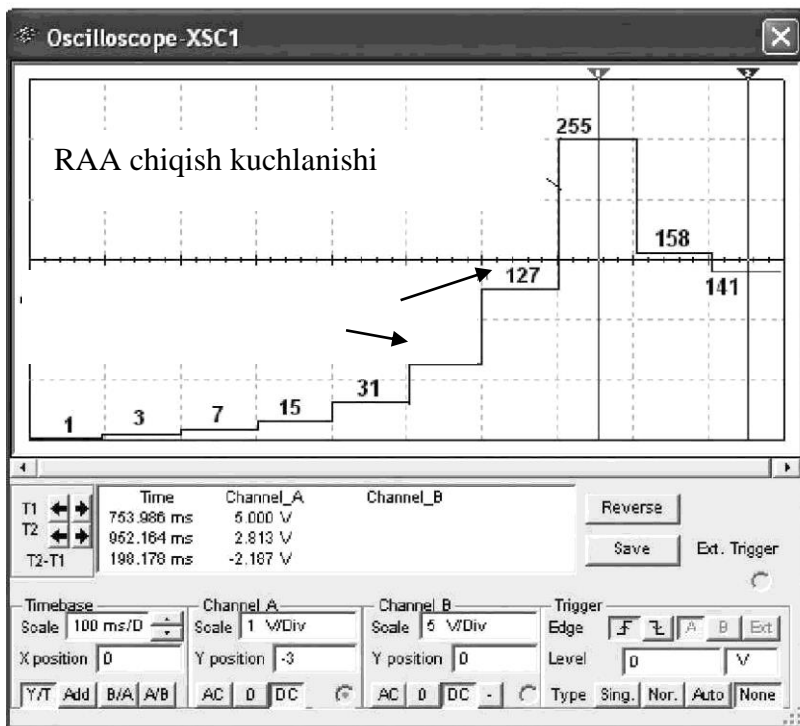
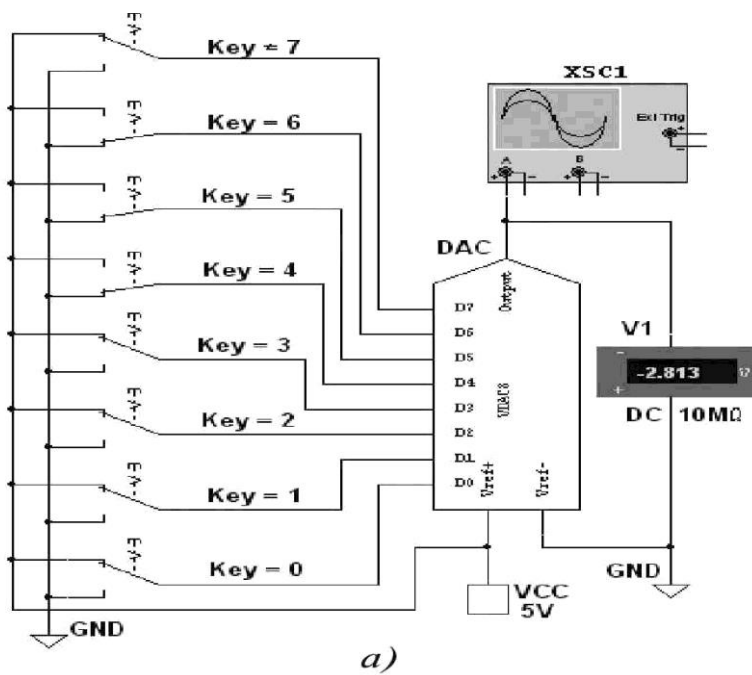
Ishni bajarish uchun metodik ko'rsatma va vazifalar.

1-topshiriq. Labworks va MS10 sohasidan iborat laboratoriya kompleksini ishga tushiring, buning uchun Labworks kompleks menyusidagi Eksprement komandasi sichqonchani bosish bilan ishga tushiriladi. MS10 sohasidagi Circuit Desigen Smite 10.0 papkasida joylashgan 35.3ms 10 faylni oching yoki MS10 sohadagi ishchi maydonda integral RAA ning sxemasini tuzing va dialoglar oynasida komponentalarning ko'rsatkichlarini o'rnating yoki ishchi rejomini o'rnating , sxemani saqlang (2.3 a rasm.). [8]

Sxemadagi (Mixed)dagi 8 razryadli RAA DAC dan foydalanilgan bo'lib, uning kirishlaridagi 0, ..., 7 qayta ulagichlar yordamida shakllangan 00000000 dan 11111111₂ ikkilangan kodlarni berish mumkin. (FF₁₆ yoki 255₁₀) RAA ning chiqish kuchlanishini V1 voltmetr yordamida yoki XSC1 ossillografning ekraniga joylashtirilgan vizir chizig'i yordamida o'lchash mumkin.

2-topshiriq. XSC1 ossillograf ekranida (2.3 b rasm) RAA ning pog'onasimon chiqish kuchlanishini hosil qiling. Buning uchun dastlab 0 qayta ulagich ulanadi, ya'ni RAA ning D0 kirishiga 5 V kuchlanish beriladi. Shundan so'ng modellashtirish ishga tushiriladi. RAA ning chiqishiga kichik razryad qiymatiga teng kuchlanish shakllanadi. Shundan so'ng modellashtirish to'xtatilgach navbatma-navbat 1,2, ..., 7 qayta ulagichlar ulanib RAA ning D0, ..., D7 kirishlariga 3,7, ..., 255 o'nli raqamlar kombinatsyasi kirishga beriladi (2.3 b rasm).

Tayanch kuchlanishi VCC U₀=5V bo'lgan holda qayta ulagichlar yordamida 16 lik kodni 10₁₆ (16₁₀) qadam bilan o'zgartirib 0 dan FF (255₁₀) kodlarni RAA kirishiga bering va V₁ voltmetr ko'rsatkichini 2.1-jadvalga kiriting (chiqish kuchlanishi U_{chiq}).



2.3. rasm. a) 8 razryadli RAA sxemasi, b) 8razryadli RAA chiqishidagi signalning ossilogrammasi.

Pogʻonalarning xususiy kichik razryad qiymatining xususiy va oʻrtacha qiymatini aniqlang. Chiqish kuchlanishi va N kirish oʻnli raqamlar uchun mos masshtabni tanlab $U_{\text{chiq}}(N)$ grafikni chizing.

Kirish oʻnli raqamlari 175 va 191 boʻlganda hamda tayanch kuchlanishi $U_0=5$ V boʻlganda RAA ning chiqish kuchlanishi mos ravishda 3,437V va 3,750V, pogʻonalar kuchlanishi esa 321,5 mV. Bu vaqtda kichik razryadlar qiymati $312,5/16=19,53$ V. Kichik razryad qiymatining oʻrtacha qiymatini aniqlang va uni hisoblangani bilan taqqoslang.

Tayanch kuchlanish manbaida 10 V kuchlanish oʻrnating va RAA ning yuqorida aytilgan qiymatida modellashtirishni taqqoslang. Tayanch kuchlanishi $U_0=5$ V va $U_0=10$ V boʻlgandagi $U_{\text{chiq}}(N)$ grafiklarni bitta koordinataga chizib taqqoslang.

№	N oʻnli kirish kodlari	U _{chiq} , V chiqish kuchlanishi	Pogʻona kuchlanishi, U _{chiq1} - U _{chiq2} ,V	Kichik razryad qiymati, KRQ=(U _{chiq1} - U _{chiq2})/16
0	0	0	0	-
1	1	38,9m	308,9m	5
2	3	77,9m	39m	1.66
3	7	115,86m	37.96	0.71
4	15	311,72m	195.86	0.3125
5	31	623,44m	311.72	0.156
6	63	1,247	623.56	0.078
7	127	2,5	1.223	0.04
8	255	5	2.5	0.0196

3.3. ARA ishlash jarayonini o'rganish.

Ishning maqsadi: Integral 8 razryadli ARA ning ishlash jarayoni va uni tekshirishni o'rganish.

Nazariy ma'lumotlar va hisoblash formulalari.

Ketma-ket ta'sirlashuvchi *analog-raqamli almashtirgich* (ARA) bu – analogli kattaliklarni unga ekvivalent bo'lgan raqamli signallarga almashtirish maqsadida qo'llanuvchi qurilmadir. Bir qadar ΔT vaqt oralig'idagi ARA ning kirish signali o'zgarish kuchlanish bo'lib, U_{kir} analogli funksyaning $U_{kir}(k\Delta t)$ hisobiga tengdir. Bu vaqt oralig'ida ARA chiqishida ikkilangan raqamli kodlar shakllanadi

$$A_i(a_{n-1} a_{n-2}, \dots a_1 a_0)$$

va u $U_{kir}(k\Delta t)$ kuchlanishining hisoblangan deskrit qiymatiga mos keladi. Istalgan vaqt momentidagi miqdoriy bog'lanish quyidagi munosabat bilan aniqlanadi.

$$A_i = (U_{kir}(k\Delta t/\Delta U \pm \delta_i))$$

bunda $\Delta U - U_{kir}$ analogli kuchlanishning kvantlash qadami.

δ_i – shu qadamdagi $U_{kir}(k\Delta t)$ kuchlanishni almashtirish xatosi.

ARA dagi fizik jarayon analogli signalni vaqt bo'yicha diskretlash, sath bo'yicha kvantlash va kodlashdan iborat. Davomiyligi t_{kir} bo'lgan analogli signalni diskretizatsiyalash jarayoni Katilnikov teoremasiga binoan amalga oshiriladi va bu teorema

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_m}$$

Diskretizatsiya qadamini aniqlash imkonini beradi. Bunda, f_m – kirish signalini maksimal chastota va $M=t_{kir}/\Delta t$ – qadamlar soni.[8]

Diskretizatsiyalangan $U_{kir}(k\Delta t)$ funksyaning sath bo'yicha kvantlash jarayoni $U_d(k\Delta t)$ chekli qiymatli ko'p sondagi qiymatlarga ajratishni amalga oshiradi va bu $N=U_{chiq,max}/\Delta U$ kvant sathlar soniga teng. Sath bo'yicha kvantlash jarayoni (har bir $U_{kir}(k\Delta t)$ qiymatni yaqin $U_d(k)$ ga qadar yaxlitlashni) kvantlash xatoligiga olib keladi va uning maksimal qiymati $\pm 1/2\Delta U$ bo'lib, chiqish kodining razryadlari bilan aniqlanadi. Chiqish kodi razryadlarining oshib borishi kvantlash xatosi

mumkin bo'lgan qadar ham bo'lishiga olib keladi, biroq uni nolga tenglashtirib bo'lmaydi chunki bu xato algoritmgga xos bo'lgan xususiyatdir.

Kodlash jarayoni topilgan $N+1$ kirish signali $U_d(k)$ qiymatining ba'zi raqamli kodlaridir.

Quyidagi 2.4a-rasmda kirish kuchlanishining $U_{\text{chiq}}=U_{\text{chiq}}/U_{\text{chiq,max}}$ normallashtirilgan birlikdagi ARA ning ideal tavsifnomasi keltirilgan. ARA ning aniqligini baholashda kvantlash xatosidan tashqari qo'shimcha xatoliklarni ham hisobga olish lozim bo'ladi. Bu asboblarning xatoligi (koordinata boshidan o'tuvchi punterli L to'g'ri chiziqning o'nga yoki chapga siljishi bilan bog'liq bo'lgan nolning siljishi xatoligi 2.4a-rasm) va operturali, ya'ni $U_d(k)$ kirish signali qiymatining almashtirilgan raqamli A_i kodga mos kelmasligi tufayli yuz beradigan xato. Mos kelmaslik xatosi Δt diskretizatsiya vaqt intervalida kirish signalining ΔU kvantlash qadami katta o'zgarishi bilan yuzaga keladi.

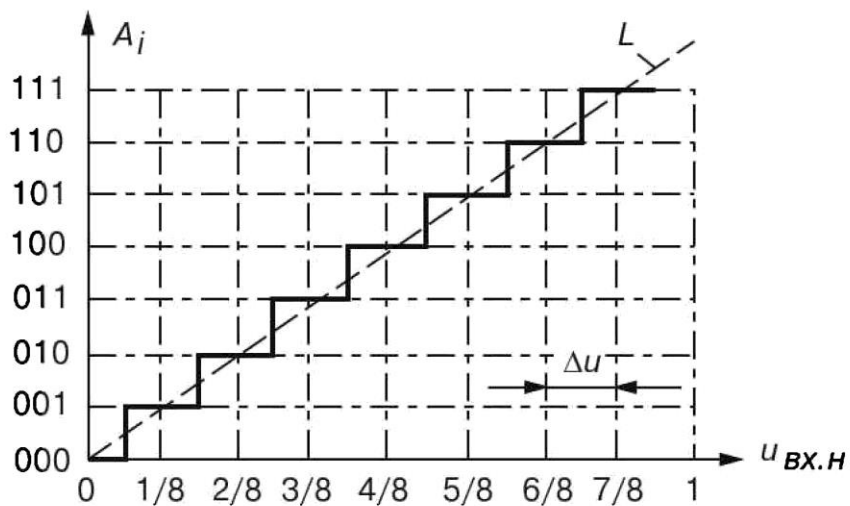
3.4. ARA ning asosiy ko'rsatkichlari.

ARA ning asosiy ko'rsatkichlari quyidagilardan iborat.

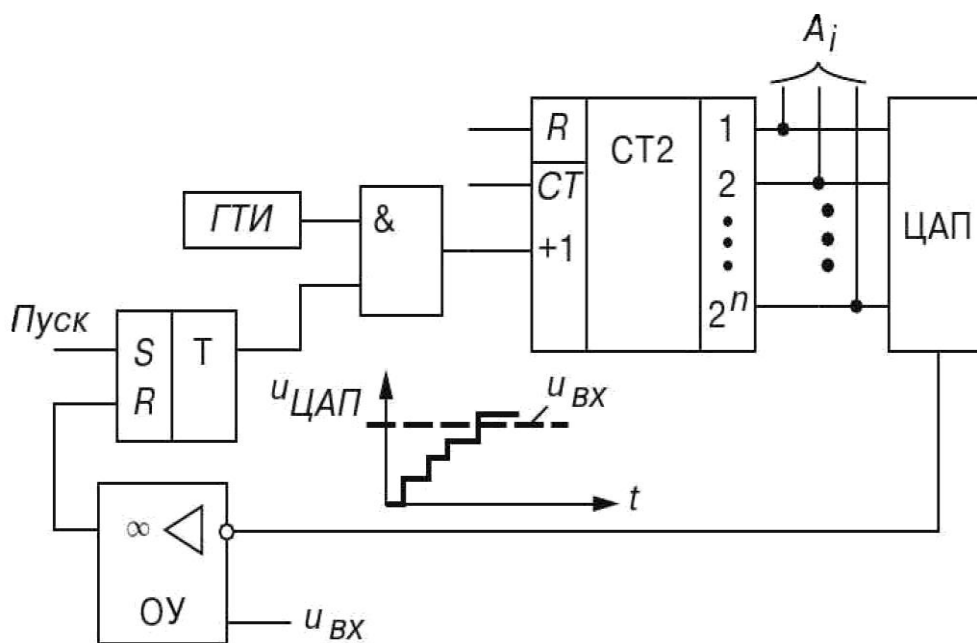
ARA chiqishida shakllanayotgan va dastlabki analogli signalni qiymatini ko'rsatadigan $n=8, \dots, 16$ chiqish kodining razryadlar soni.

Kirish $U_{\text{chiq,max}}$ kuchlanishining o'zgarish diapazoni. Eslatib o'tish lozimki ARA bir qutbli analogli kuchlanishni $0 \dots U_{\text{kir,max}}$ qiymatiga va ikki qutblining $\pm U_{\text{chiq,max}}/2$ qiymatdagi kirish informatsiyalariga ishlov berish mumkin.

KRQ ning ΔU ni absolyut ajrata olish qobiliyati bu $- U_{\text{kir}}$ signalining o'rtacha qiymatining minimal o'zgarishi bo'lib, chiqish kodini po'paytirish yoki kamaytirish bilan olib keladi. KRQ chiqish kodlarining razryadlilik bilan aniqlanadi va kirish kuchlanishining diapazoni bilan aniqlanadi.



a)



b)

2.4-rasm. a) ARA ning tavsifnomasi, b) ARA ning sxemasi.

Almashtirish shkalasining oxirgi nuqtadagi absolyut xato bu – $U_{kir.max}$ kirish signali maksimal qiymati real qiymatidan chetlanishi bo‘lib, ARA L ideal tavsifnoma maksimal qiymatidan chetlanishidir (2.4a-rasm). Odatda δ_i KRQ bilan o‘lchaniladi.

Almashtirishning maksimal chastotasi (10 va 100k Hz lar atrofida).

Kirish signali $t_{to'g'.max} \leq (1/2) \Delta t$ almashtirish vaqti.

ARA ning tarkibi tanlangan almashtirish usuli va uni amalga oshirish usuliga bog‘liq holda ARA dan farq qiladi. Eng ko‘p tarqalgan usullaridan biri ketma-ket hisoblash, razryadlab kodlash va sanash. Bir xil etalon (kvant qadamlar yig‘indisi) bilan tenglashtirishga asoslangan. Tenglashtirish vaqti komparator vositasida aniqlanadi. Etalon soni esa tenglashtirilgan kirish qiymatlari bilan aniqlanadi va ularni sanagich yordamida sanaladi.[8]

Razryadlab kodlash usuli (tenglashtirish) bir necha etalonlarni mavjudligini nazarda tutadi (ko‘p hollarda tenglashtirilgan siljish registrlari ko‘rinishida), odatda ikki sondan daraja qiymatining darajasiga proporsional va bu etalonlarni analogli kattaliklar bilan taqqoslash. Taqqoslash katta razryaddan boshlanadi. Taqqoslash natijasiga bog‘liq holda chiqishda katta razryad kodi shakllanadi. Agar etalondan kirish qiymatidan katta bo‘lsa, katta razryaddan nol o‘rnatiladi. Shundan so‘ng kirish signalining keyingi qiymati etalon bilan tenglashtirish amalga oshiriladi. Agar etalon kirish qiymati bilan teng yoki kichik bo‘lsa, katta razryadning chiqish kodiga 1 o‘rnatiladi va keyinchalik kirish qiymatlarining farqi bilan birinchi etalon orasidagi tenglik amalga oshiriladi.

Eng katta tezkorlikga ega bo‘lgan almashtirish bu sanashdir. Sanash usuli n razryadli ikkilangan kodda 2^n-1 ning mavjudligiga asoslangan. Analogli kirish kattaligi bir vaqtning o‘zida barcha etalonlar bilan taqqoslanadi. Almashtirish natijasida 2^n-1 komparatorlar chiqishlarida mantiq signali shaklidagi parallel kodlar hosil qilinadi.

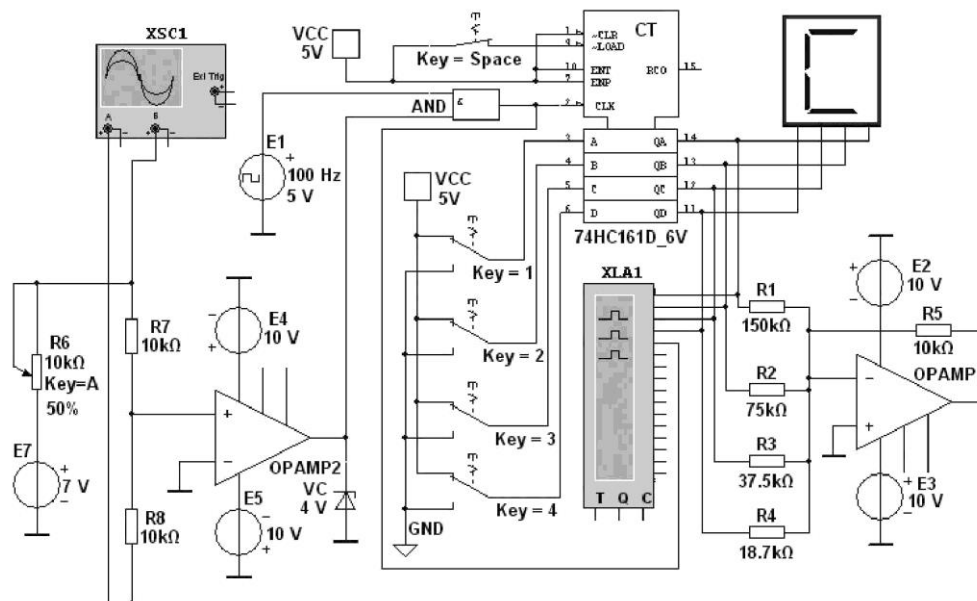
3) Ketma-ket sanash bilan ARA.

Misol tariqasida teskari zanjir (2.4b-rasm) bogʻlanishida RAA boʻlgan ketma-ket ARA ning strukturaviy sxemasini va uning tadbiq variantida koʻrib chiqamiz (2.5-rasm). “Пыкк” signalini berilishi bilan kirishida 0 boʻlgan CT sanagich kirishiga taktli impulslar generatoridan impulslar berila boshlaydi (2.4b- rasm). Bu impulslar kira boshlashi bilan RAA kirishidagi kirish kodlari osha boshlaydi va uning chiqishidagi U_{RAA} kuchlanish pogʻonali osha boshlaydi va pogʻonalarning sathi ARA kirishidagi U_{kir} kuchlanishining ΔU kvantlash qadamiga mos tushadi.

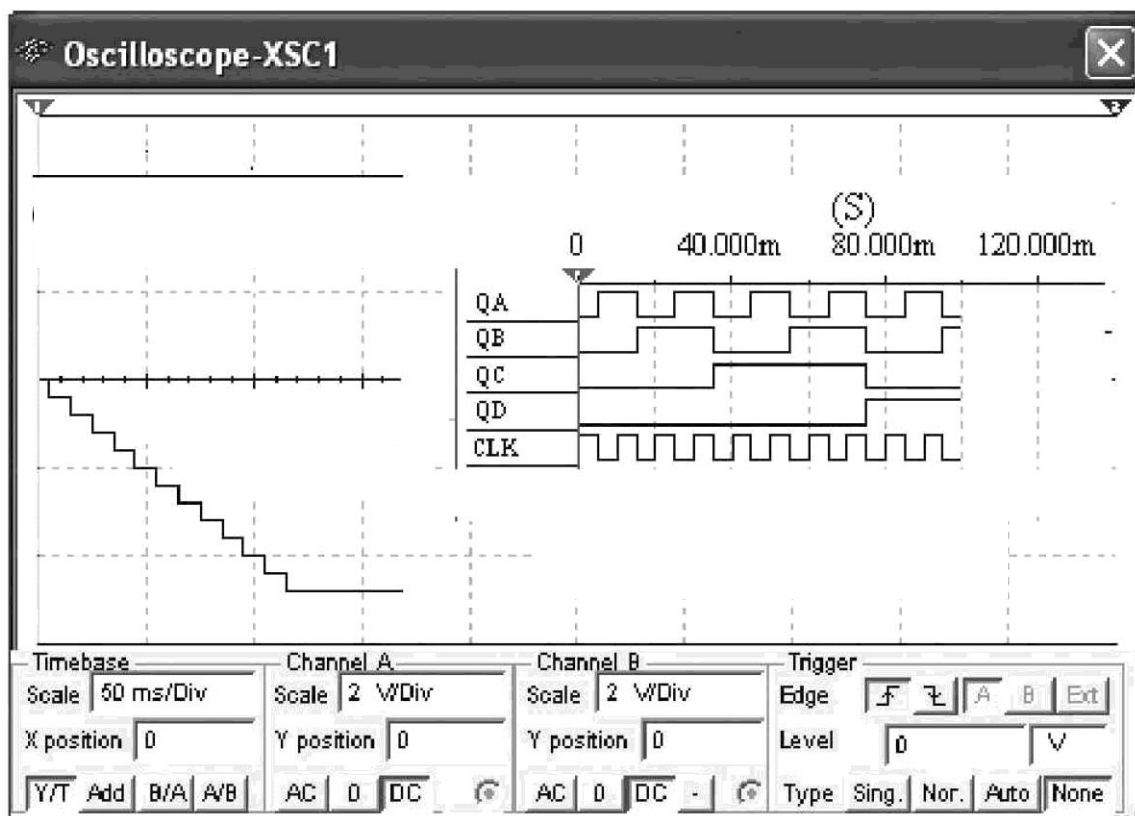
Operatsion kuchaytirgich asosida terilgan komparator kirishidagi ARA U_{kir} kuchlanishi almashtirgich U_{RAA} oʻtganda almashtirish jarayoni tugallanadi. bu vaqtda sanagichning ishi toʻxtaydi, uning chiqishida esa U_{kir} kuchlanishiga ekvivalent boʻlgan A_i chiqish kodi yuzaga keladi.

Koʻrib oʻtilgan ARA strukturaviy sxemasiga asosan 2.5 rasmda RAA ga ega boʻlgan u razryadli ARA ning sxemasi tasvirlangan boʻlib, u OPAMP1 operatsion kuchaytirgich R_1, \dots, R_4 rezistiv matrisadan tashkil topgan. Sxemadagi Key1, ..., Key4 qayta ulagichlar (Spaces kalit ochiq boʻlgan hol) sxemadagi CT sanagichning ishini tekshiradi, XSC1 ossillograf esa RAA chiqishidagi va komparator kirishidagi kuchlanishni ossillogrammasini olish uchun xizmat qiladi.

ARA ni modellashtirishni ishga tushirganda E1 generatorida shakllangan impulslar CT sanagichning kirishiga beriladi. Ularning soni ketma-ket 7 segmentli indikatorida shakllanadi. Sanagichning chiqishidagi ketma-ket razryadli signal XLF1 logik analizatorning kirishiga va R_1, \dots, R_4 rezistiv matrisaga ham beriladi. Matrisadagi yigʻindi kuchlanish esa OK kirishiga beriladi. OPAMP1 (2.6) chiqishidagi pogʻonali kuchlanish U_{RAA} OPAMP2 OK asosida terilgan komparator kirishiga beriladi.



2.5-rasm. ARA ning sxemasi.



2.6-rasm.ARA chiqish signalining ossilogrammasi.

Shu kirishga E7 generatordan U_{kir} doimiy kuchlanishi R6-R7 kuchlanish bo'lgich orqali beriladi. Ko'rsatilgan kuchlanishlar tenglashgan momentda komparator ishga tushadi va elementga mantiqiy nol beriladi va sanagich ishi to'xtaydi, shundan so'ng indikatora $U_d(k)$ sathga mos bo'lgan raqamli kodlar (kvantlash qadamlar soni) nurlanadi.

Sanagich chiqishidagi signallar vaqt diagrammasi va komparator kirishlaridagi kuchlanishlar ossillogrammalari analiz qilish ko'rsatadiki 12 taktli impuls kelishi bilan sanagich sanashni to'xtatadi, indikatora $C_{16}(12_2)$ (2.5 rasm) soni indikatora nurlanadi.

Almashtirish xatosi kvantlash qadamiga bog'liq (U_{RAA} kuchlanish pog'onalarining balandliklari) U_{RAA} pog'onali kuchlanish shakllanishidagi xato U_{kir} va U_{RAA} larning tengligini aniqlashdagi komparator xatosi. Almashtirish vaqti doimiy emas va u U_{kir} kuchlanish sathiga bog'liq ARA razryadlar vaqti sanoq impulslar davrlari soni bilan aniqlanadi.

Ishni bajarish uchun o'quv topshiriq va uslubiy ko'rsatmalar.

1-topshiriq. Labworks laboratoriya kompleksida va MS10 sohada (Labworks kompleks menyusidagi Eksprement komandasidagi sichqoncha vositasida ishga tushirish) ishga tushirish. Circuit Desigen Smeti 10 papkasida joylashgan 2.7 ms 10 faylini oching yoki ishchi maydonda MS10 sohada RAA li ARA ni sxemasini tuzing va tekshiring va dialoglar oynasidagi komponentlarni yoki ish rejimlarini o'rnatib. Sxemani kopyasini oling (2.7 rasm).

Sxemada (2.7 rasm) xususiy bibliotekasidagi 8 razryadli RAA ulangan tayanch kuchlanish manbalari E_1 va E_2 (ARA ning Verfdan va Verf – kirishlari ulangan), ishni sinxronizatsiyalar uchun E_4 generator (SOC kirishiga ulangan) ARA dagi D_0, \dots, D_7 chiqishlardagi ikkilangan informatsyalarni berish uchun (OE kirish) ro'xsat, bular bilan XALA1 mantiqiy analizator kirishlari va X_0, \dots, X_7 probniklar U_{kir} signal manbai sifatida XFG1 funksional generator (Vin kirishiga ulangan) RAA va ossillograflar ulangan. ARA dagi ikkilangan informatsiya uchun EOC chiqishidan foydalanilgan, masalan EHM dan foydalanilgan.

2-topshiriq. X_0, \dots, X_7 probniklar XALA1 mantiqiy analizator RAA va XSC1 ossillograf yordamida ARA ning U_{kir} kuchlanish sathini raqamli kodga almashtirish aniqligini tekshiring.

Bu maqsadda: Sxemadagi birinchi ulagich simni vaqtincha o‘zib ARA ning Vin kirishini E3 o‘zgarmas kuchlanish manbaining musbat qutbiga ulang.

Yuqorida keltirilgan 2.4jadvalga o‘xshash bo‘lgan jadval tuzib uning birinchi ustuniga navbatma-navbat E3 generatorning berilayotgan kirish kuchlanishlarini bering.

$$U_{kir}=0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,4; -0,5; -1,0; -2,0 \text{ V}$$

E1 va E2 generatorlar vositasida $E_1=2,5\text{V}$ va $E_2=-2,5\text{V}$ EYK kuchlarni o‘rning.

ARA ning modellashtirilgan dasturni ishga tushirib tuzilgan jadvalga RAA chiqishidagi $U_{chiq(RAA)}$ kuchlanishning qiymatlarini yozing. Bu qiymatlar ossillografning vizer chizig‘i yordamida o‘lchanadi; bu $D_{(2)}$ ikkilik aylantirilayotgan kuchlanishga ekvivalent bo‘lib, X_7, \dots, X_0 nurlanayotgan probniklardan aniqlanadi. D_{16} 16 lik kod XLA1 analizatorning displeydan olinadi.

ARA ning chiqishida invers olinayotgan $D_{(10)}$ invers o‘nlik signalni $D_{(10)}$ inverslamovchi hisoblab $D_{(10)} = D_{(10)invers} - 128$ ifoda yordamida hisoblab jadvalning ustuniga kiriting.

ARA chiqishidagi $D_{(2)}$ ikkilik kodga ekvivalent bo‘lgan U_{kir} kuchlanishining tayinli qiymatlarida $D_{(10)hisob}$ qiymatni quyidagi ifoda orqali hisoblanadi va jadvalning belgilangan ustuniga kiriting.

$$D_{(10)hisob} = 250U_{kir} / (E_1 + I - E_2I)$$

Kuchlanishni o‘lchashda yo‘l quyilgan xatoni $\Delta U\% = 100(U_{chiq} - U_{kir})/U$ hisoblab jadvalning o‘ng tomoniga kiriting.

Misol tariqasida $E_1=3\text{V}$ $E_2=-3\text{V}$ bo‘lgandagi ARA ning modellashtirishdagi o‘lchash natijalari keltirilgan bo‘lib, bular hisoblash natijalariga yaqin. Shunday qilib $E_1=E_2=3\text{V}$ va $U_{kir}=E_3=1\text{V}$ bo‘lgandagi $P_{(10)hisob} = 256 \cdot 1/6 \approx 42,67$ hisoblanganga ekvivalent, $D_2=10101010$ o‘lchangan va $D_{12}=42$. Bu vaqtda o‘lchash xatoligi 3,56%.

U_{kir}, V	$U_{chiq,(RAA)}, V$	$D_{(2)}$	$D_{(16)}$	$D_{(10) inv}$	$D_{(10)}$	$D(10)his$	$\Delta U\%$
0.1	0,09375	10000100	84	132	4	4.27	6.25
0.5	0,5156	10010101	95	149	21	21,33	3.12
1.0	0.9644	10101010	AA	170	42	42,67	3,56
2.0	2,017	11010101	D5	213	85	85,34	0.85
2.5	2,484	11101010	EA	234	106	106.67	0,64
2.9	2.906	11111011	FB	251	123	123,74	0,21
-1.0	-0,9844	01010101	55	85	-43	-42,67	3,56

XULOSA

Bitiruv malakaviy ishini bajarish bilan quyidagi xulosalarni bitiruv malakaviy ishida oldiga quyilgan maqsadi va vazifalari yuzasidan to'plangan nazariy ma'lumotlar va tajriba natijalariga ko'ra quyidagi xulosalarga kelish mumkin.

1. Analog raqamli almashtirgich virtual laboratoriyasi yaratildi va almashtirgichning asosiy ko'rsatkichlari kirish va chiqish kattaliklarning o'zgarish sohasi, vaqt ko'rsatkichlari (tezkorlik), almashtirish xatosi olindi va ular nazariy ma'lumotlar bilan mos tushdi.
2. Raqam analogli almashtirgich virtual laboratoriyasi yaratildi va almashtirgichning asosiy ko'rsatkichlari kirish va chiqish kattaliklarning o'zgarish sohasi, vaqt ko'rsatkichlari (tezkorlik), almashtirish xatosi olindi va ular nazariy ma'lumotlar bilan mos tushdi.
3. Raqam analogli almashtirgich laboratoriyasi qurilmasi yaratildi va ishga tushirildi.
4. Yasalgan laborotoriya qurilmasi uchun stabillashtirilgan 5 V li va ikki qutbli stabillashtirilgan 15V li ta'minlash manbalari yasaldi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati.

1. Бахтиаров Г.Д., Малинин В.В., Школин В.Д. Аналого-цифровые преобразователи Под ред. Г. Д. Бахтиарова. – М.: Советское радио, 1980. – 280с.
2. Васильев Владимир Иванович и др. Электронные промышленные устройства.
3. А.А. Сазанова Микро – электронные устройства автоматики. Москва энергоатомиздат 1991.
4. В. Л. Шилко Популярныe цифровые микросхемы М.“Радио и связь”1987.
5. В. А. Батушев., В. Н. Вениаминов Микросхемы и их применение. М.“Радио и связь”1984.
6. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2007. — ISBN 0-13-090996-3
7. Золотов В.П. Периферийные устройства: лабораторный практикум / *В.П. Золотов, В.С. Семёнов, А.В. Чуваков.* – Самара: Самар. гос. техн. ун–т, 2010. – 67 с.: ил.
8. Марченко А. Л., Осватъд С. В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. Учебное пособие для вузов. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 448 с.: ил.
9. Потехин В.А. Схемотехника цифровых устройств учеб. Пособие – Томск: В-Спектр, 2012/ -250с
10. Сершеню А. Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2003.
11. Прянишников В. А. Электроника: Полный курс лекций. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: Учитель и ученик: Корона принт, 2003.