


## 7-mavzu: Operatsion kuchaytirgichlar asosidagi analog signallar o'zgartgichlari.

**Kuchaytirgich** (texnikada) - kuchlanish, quvvat va boshqalarni o'zlatadigan yordamchi manba energiyasidan foydalanib kuchaytiradigan qurilma. Foydalaniladigan energiya turiga qarab elektr, magnit, gidravlik, pnevmatik va mexanik kuchaytirgichlar bo'ladi. Bu turdagiqurilmalarning o'zgartgichlardan farqi, kuchaytirgichlarda chiqayotgan va kirayotgan signallar orasidagi aloqa uzluksiz va bir xil ishorali bo'ladi. Elektromagnit to'lqin energiyasini oshiradigan, elektr impulslarini kuchaytiradigan, asosiy mexanizmning ta'sir kuchaytirgichini oshiradigan kuchaytirgichlar bor. Kuchaytirgichlar avtomatika, telemexanika, hisoblash va o'lchash texnikasi, radioelektronika va aloqadagi qurilmalarning, shuningdek, ish mashinalari (elektroenergetika, mashinasozlik, transportdagi) yuritmalarining asosiy elementlaridan biri hisoblanadi.

Birinchi tranzistorli operatsion kuchaytirgichlar 1959 yili sotuvda paydo bo'ldi.

Yettita germaniyali tranzistor va ko'priqli varikapdan iborat OK R2 ni R. Malter (AQSh) ishlab chiqdi. Ishonchli ishlash vaqtini uzaytirish, tasnif (xarakteristika) larini yaxshilash, o'lchamlari va narxini kamaytirish talablari integral mikrochizma-(sxema)larni rivojlantirishga ko'maklashishdi, ular 1958 yili Texas Instruments (AQSh) firma laboratoriyasida ixtiro etildi. Birinchi integral OK mA702 bozorda katta muvaffaqiyatga ega bo'lib, 1963 yil R. Uidlar (AQSh) tomonidan ishlab chiqildi.

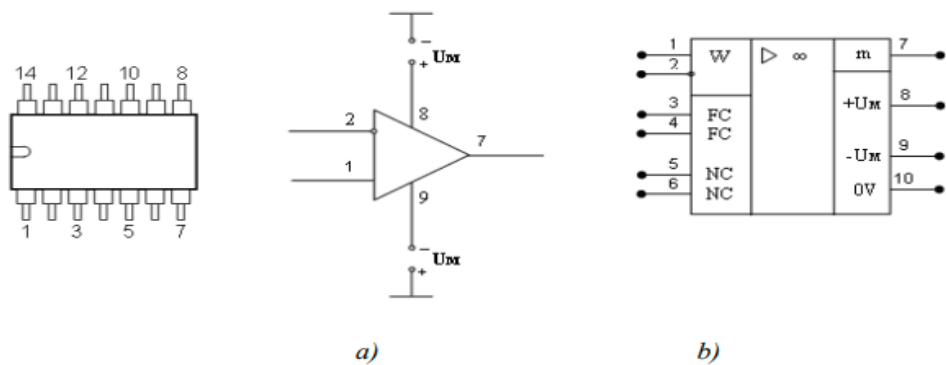
Bugungi kunda OKni nomenklaturasi yuzlab nomga ega. Operatsion kuchaytirgichlar kichik o'lchamli qobiqlarda ishlab chiqariladi va juda arzon, bu esa ularni keng tarqalishiga sabab bo'ldi.

 **Operatsion kuchaytirgichlar** – bu yuqori kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan, kirish toklari va nolni siljitishni past kuchlanishda bajaradigan o'zgarmas tokning kuchaytirgichlaridir.

**Operatsion kuchaytirgich** (OK) deb, analog signallar ustidan turli amallarni bajarishga mo'ljallangan, differentsial kuchaytirish printsipiga asoslangan, kuchlanish bo'yicha katta kuchaytirish koeffitsiyentiga ega bo'lgan ( $KU=104\div106$ ) integral o'zgarmas tok kuchaytirgichiga aytiladi. Bunday amallarga qo'shish, ayirish, ko'paytirish, bo'lish, integrallash, differentsiallashtirish, masshtablash kabi matematik amallar kiradi.

Hozirgi kunda operatsion kuchaytirgichlar analog va raqamli qurilmalarda kuchaytirish, cheklash, ko'paytirish, chastotani filtrlash, generatsiyalash, signallarni barqarorlashda qo'llanili kelmoqda. Buning uchun operatsion kuchaytirgichlarga musbat va manfiy teskari aloqa (TA) zanjirlari kiritiladi. TA zanjirlari yordamida OKlar yuqorida qayd etilgan **amallarni** (**operatsiyalarni**) bajaradilar. Qurilmalarning nomi ham shundan kelib chiqadi.

Operatsion kuchaytirgichning elektr sxemalarda keltiriladigan shartli va grafik belgilanishi. (3.1.1-rasm.)



3.1.1-rasm. Operatsion kuchaytirgichning elektr sxemasi.

### **Operatsion kuchaytirgichlar rivojlanishi uch bosqichdan iborat.**

Birinchi bosqichda **universal** OKlar ishlab chiqilgan.

Ikkinchi bosqich OKlari kaskadli sxemalardan tuzilgan.

Uchinchi bosqich OKlari bir vaqtning o'zida yuqori kirish qarshiligiga ega.

To'rtinchi avlod (maxsus) operatsion kuchaytirgichlari kuchlanish bo'yicha juda katta kuchaytirish koeffitsientiga ega

Birinchi bosqichda **universal** operatsion kuchaytirgichlar ishlab chiqilgan

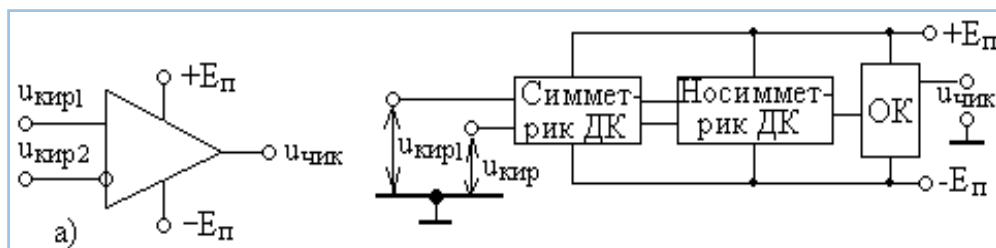
Birinchi avlod operatsion kuchaytirgichlari  $n - p - n$  turli tranzistorlar asosida Uch kaskadli tuzilmasxemasi bo'yicha qurilgan bo'lib, ularda yuklama sifatida rezistorlar qo'llanilgan. Bunday operatsion kuchaytirgichlarga K140UD1 va K140UD5 turdagi kuchaytirgichlar kiradi. Bu operatsion kuchaytirgichlarning asosiy kamchiligiuncha katta bo'lmagan kuchaytirish koeffitsienti ( $KU = 300 \div 4000$ ) va kichik kirish qarshiligi ( $R_{KIR} \approx 4 \text{ kOm}$ ) edi.

Ikkinchi bosqich OKlarida bu kamchiliklar yo'qotilgan, chunki ularikki kaskadli sxemalardan tuzilgan. Tok bo'yicha katta kuchaytirishkoeffitsientiga ega bo'lgan tarkibiy tranzistorlar qo'llash va yuklamadagi rezistorlarni dinamik yuklamalarga almashtirish yo'li bilan xarakteristikalarining yaxshilanishiga erishilgan. Barqaror tokgeneratorlari dinamik yuklamalar bo'lib, ular o'zgaruvchan tokka nisbatankatta qarshilik qiymatini ta'minlaydilar. Ikkinchi avlodba'zi OKlaridakirish kaskadi  $p - n$  o'tish bilan boshqariladigan  $n -$  kanalli

MTlar asosidadifferentsial sxema bo'yicha bajarilgan. Bu holat OK kirish qarshiliginioshishga imkon berdi. Ikkinchi avlod integral OKlariga  $KU = 45000$  bo'lgan K140UD7 turdagi kuchaytirgich kiradi. Uning kamchiligi –tezkorligining chegaralanganligi.

Uchinchi bosqich operatsion kuchaytirgichlari bir vaqtning o'zida yuqori kirishqarshiligi, katta kuchaytirish koeffitsienti va yuqori tezkorlikka ega. Bunday operatsion kuchaytirgichlarning o'ziga xosligi shundaki, ularda tok bo'yicha juda kata kuchaytirish koeffitsienti ( $\beta = 103 \div 104$ ) ga ega bo'lgan tranzistorlar qo'llanilgan. Uchinchi avlod integral OKlariga K140UD6 turdagi kuchaytirgichlar kiradi.

To'rtinchi avlod (maxsus) operatsion kuchaytirgichlarining ba'zi parametrlari rekord qiymatlarga ega. Ularga masalan: kuchlanish bo'yichajuda katta kuchaytirish koeffitsienti ( $KU = 106$ ) ga ega bo'lgan K152UD5turdagi, chiqish kuchlanishining ortish tezligi yuqori (75 V/mks dan katta) bo'lgan K154UD2 turdagi va kichik iste'mol toki (0,5 mA dan kam) ga egabo'lgan K140UD12 turdagi OKlar kiradi.

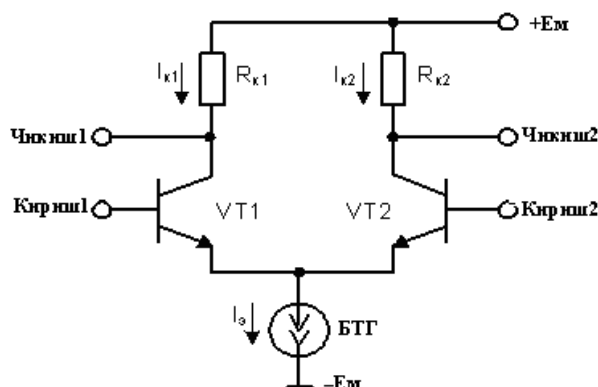


3.1.2-rasm. Operatsion kuchaytirgichni (OK) sxema belgilanishi (a) va Hozirgi OK-lar anodlashuvliklar qurilmalaridan foydalaniladi, qo‘shimcha elementlar kirish qarshilikni oshirilishini, tinchlik rejimini sta-billashni, kuchaytirish koeffitsientini oshirilishini va hokazo tahminlaydi. OK sxemalarida bir necha o‘n tranzistorlar bo‘lishi mumkin.

### Differensial kuchaytirgichlar

*Differensial kuchaytirgich* (DK) deb, ikki kirishga ega bo‘lgan kuchaytirgichga aytiladi. Uning chiqishidagi signal kirish signallari farqiga proporsional bo‘ladi.

3.1.3-rasmda sodda simmetrik DK sxemasi keltirilgan. Kuchaytirgich ikkita simmetrik yelkaga ega bo‘lib, birinchi yelka VT1 tranzistor va  $R_{K1}$  rezistordan, ikkinchi yelka esa VT2 tranzistor va  $R_{K2}$  rezistordan tashkil topgan. Sxemaning dastlabki ish rejimi  $I_E$  toki yordamida ta‘minlanadi. Bu tokning barqarorligi esa barqaror tok generatori (BTG) tomonidan ta‘minlanadi.



3.1.3-rasm. Differensial kuchaytirgich sodda sxemasi.

Ushbu sxema 3.1.1-rasmdagi sxemaga aynan o‘xshashligini kuzatish mumkin. Buning uchun  $R2$  va  $R3$  rezistorlarni VT1 va VT2 tranzistorlar bilan almashtirish va  $R1 = R_{K1}$ ,  $R4 = R_{K2}$  deb hisoblash kerak. Agar  $R_{K1}$  va  $R_{K2}$  qarshiliklar bir – biriga teng bo‘lsa va VT1 tranzistor parametrlari VT2 niki bilan bir xil bo‘lsa, u holda bu sxema simmetrik bo‘ladi.

Amaliyotda to‘rtta ulanish sxemalardan ixtiyoriy biridan foydalanish mumkin: simmetrik kirish va chiqish, simmetrik kirish va nosimmetrik chiqish, nosimmetrik kirish va simmetrik chiqish, nosimmetrik kirish va chiqish. Simmetrik kirishda kirish signali manbai DK kirishlari orasiga (tranzistorlarning bazalari orasiga) ulanadi. Simmetrik chiqishda yuklama qarshiligi DK chiqishlari oralig‘iga (tranzistorlarning kollektorlari orasiga) ulanadi.

Shuni ta’kidlash kerakki, DK kuchlanishlari qiymati (moduli bo‘yicha) bir – biriga teng bo‘lgan ikkita manbadan ta‘minlanadi. Ikki qutbli manbadan ta‘minlanish sokinlik rejimida umumiy shinagacha tranzistor baza potentsiallarini

kamaytirishga imkon beradi. Bu holat DK kirishlariga signallarni qo'shimcha sath siljitish qurilmalarini kiritmasdan uzatishga imkon yaratadi.

Ikkala yelka ideal simmetrikligida kirish signallari mavjud bo'lmaganda ( $U_{kir1}=0$ ,  $U_{kir2}=0$ ) kollektor toklari va tranzistorlarning kollektor potentsiallari bir xil bo'ladilar, chiqish kuchlanishi esa  $U_{chiq}=0$ . Sxema simmetrik bo'lganligi sababli, tranzistor xarakteristikasining sabablarga bog'liq bo'lmagan ravishda ixtiyoriy o'zgarishi, ikkala yelka toklarinig bir xil o'zgarishiga olib keladi. Shu sababli sxema balansi buzilmaydi va **chiqish kuchlanishi dreyfi** deyarli nolga teng bo'ladi.

DK ikkala kirishiga fazasi va amplitudalari bir xil bo'lgan signal (sinfaz signal) berilsa  $U_{kir1}=U_{kir2}$ , yelkalarining simmetrikligi va BTGning mavjudligi tufayli kollektor toklari o'zgarmaydi va ular o'zgarishsiz va bir - biriga tengligicha qoladi.

$$I_{K1} = I_{K2} = 0,5\alpha I_{\mathcal{O}} \quad (3.1.1)$$

bu yerda  $\alpha$  - emitter tokining uzatish koeffitsienti.

Demak, kollektor potentsiallari tengligicha qoladi, chiqish kuchlanishi esa  $U_{chiq} = U_{K1} - U_{K2} = 0$ . Bu deganiki, idel DK sinfaz kirish signallariga sezirsiz.

Agar kirish signallari amplitudasi bo'yicha bir xil, lekin fazalari qarama - qarshi bo'lsa, u holda ular **differensial** deb ataladi. Differensial signal ta'siri natijasida bir yelkadagi tok ikkinchi yelkadagi tok kamayishi hisobiga ortadi  $\Delta I_{\mathcal{O}1} = -\Delta I_{\mathcal{O}2}$ , chunki toklar yig'indisi doim  $I_{\mathcal{O}} (I_{\mathcal{O}1} + I_{\mathcal{O}2} = I_{\mathcal{O}})$ . Bir tranzistor kollektori potentsiali kamayadi, ikkinchisiniki esa xuddi shu qiymatga kamayadi. DK chiqishida potentsillar farqi hosil bo'ladi, demak, chiqish kuchlanishi

$$U_{chiq_{1,2}} = U_{chiq_1} - U_{chiq_2}. \quad (3.1.2)$$

Umumiy emitter ulanish sxemasida ishlaydigan kuchaytirgich tahlili natijalaridan foydalangan holda, differensial signal (simmetrik kirish va chiqishga ega bo'lgan) ning kuchaytirish koeffitsienti qiymatini olamiz

$$K_U = -S(R_K // r_{K\mathcal{O}}) \quad (3.1.3)$$

Ideal DKlarda sinfaz signallarni so'ndirish natijasida nol dreyfi mavjud bo'lmaydi. Turli temperatura o'zgarishlari, shovqinlar, sinfaz signal bo'lishi mumkin. Real DKlarda yelkalarining absolyut simmetriyasiga erishish muki emas, shuning uchun nol dreyfi mavjud bo'lib, u juda kichik qiymatga ega bo'ladi. Differensial kirishda, ya'ni kirish simmetrik bo'lganda, DK kirish qarshiligi sxemaning chap va o'ng yelkalari kirish qarshiliklari yig'indisiga  $R_{kir_1} + R_{kir_2}$  teng bo'ladi, chunki bu qarshiliklar signal manbaiga nisbatan ketma - ket ulanadi. Shunday qilib,

$$R_{kir_{1,2}} = R_{kir_1} + R_{kir_2} = 2r_{kir} \quad (3.1.4)$$

bu yerda  $r_{kir}$  - UE (umumiy emitterli) sxemasida ulangan tranzistorning kirish qarshiligi.  $r_{kir}$  kattaligi tranzistorning sokinlik toki  $I_b$  ga bog'liq bo'ladi. Shuning uchun kirish signalini oshirish uchun kuchaytirgichni kichik toklar rejimida ishlatish kerak.

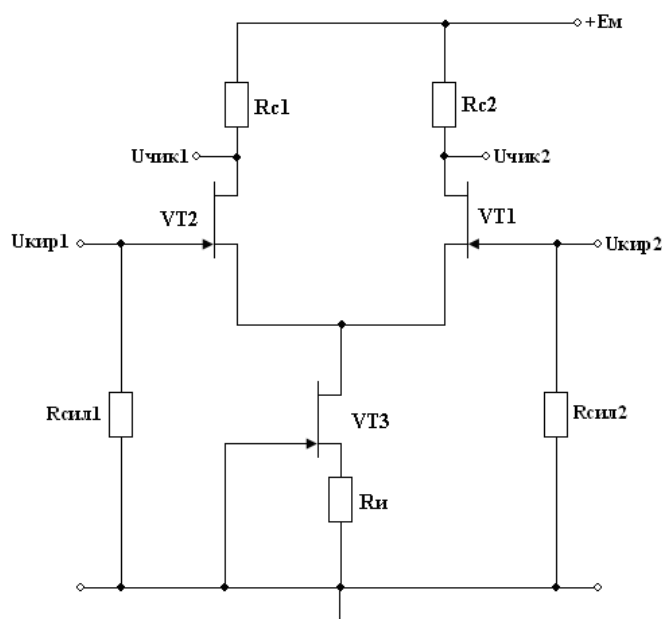
Differensial kuchaytirgichning kuchaytirish koeffitsienti kirish signallar generatorining ulanish va chiqish signalining o'lchanish usuliga bog'liq.

Differensial kuchaytirgich kuchaytirish koeffitsienti simmetrik kirishda ham, nosimmetrik kirishda ham bir xil bo'ladi.

Nosimmetrik chiqishda yuklama qarshiligi bir uchi bilan bir tranzistor kollektoriga, ikkinchi uchi bilan esa – umumiy shina ulanadi. Bu vaqtda  $K_U$  simmetrik chiqishdagiga nisbatan 2 martaga kichik bo'ladi.

Yuklama qarshiligi ikkinchi chiqish va umumiy shina oralig'iga ulangan bo'lsin. Agar kirish signali 1 kirishga uzatilsa, u holda chiqish signali fazasi kirish signali fazasiga mos keladi. Bu vaqtda 1 kirishga "inverslamaydigan" kirish nomi beriladi. Agar kirish signali 2 kirishga uzatilsa, u holda chiqish va kirish signallari fazasi bir – biriga qarama –qarshi bo'ladi va 2 kirish "inverslaydigan" kirish deb ataldi.

Kichik kirish toklariga ega bo'lgan maydoniy tranzistorlar qo'llash natijasida differensial kuchaytirgich kirish qarshiligini sezilarli oshirish mumkin. Bu vaqtda  $r-n$  bilan boshqariladigan maydoniy tranzistorlarga katta e'tibor qaratiladi.  $r-n$  bilan boshqariladigan, kanali  $n$ -turli maydoniy tranzistorlarda bajarilgan DK sxemasi 8.9 – rasmda keltirilgan. Barqaror tok generatori VT3 va  $R_I$  da bajarilgan.  $R_{SIL1}$  i  $R_{SIL2}$  rezistorlari VT1 va VT2 tranzistor zatvorlariga boshlang'ich siljishni berish uchun mo'ljallangan.



3.1.4-rasm.

Ushbu operatsion kuchaytirgichlar (shuningdek, **OpAmp** deb, ham nomlanadi), u joylashtirilgan elektron komponentlarga muvofiq ko'plab vazifalarni bajarishga qodir qurilma hisoblanadi. Ushbu elementlarga **uning 5 ta pini** (pin) biriktiriladi:

- - **kiritish**: teskari kiritish.
- + **kiritish**: bu to'g'ridan-to'g'ri kirish, ya'ni investor bo'lmagan shaxs.
- **chiqish**: Chiqish.

- + **Va boshqalar**: bu ijobiy ovqatlanish.
- -**Vs**: salbiy oziqlanish.

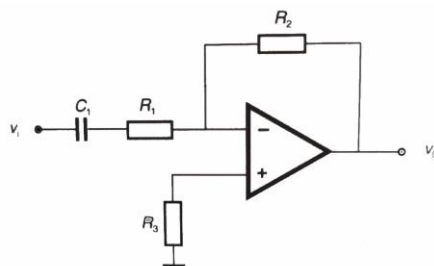
Ushbu qurilmalarda ba'zi **juda aniq shartlar** siz buni bilishingiz kerak. Masalan:

- Inverting va teskari bo'lmagan pinlarga kirish / chiqish oqimlari mavjud emas, chunki ikkalasi orasidagi impedans cheksizdir (ideal op ampda).
- Idealdagi differentsial daromad ham cheksiz bo'ladi, garchi amalda bu mumkin emas, chunki to'yinganlikka erishilganda chiqish voltaji doimiy bo'lib qoladi.
- Inverting va inverting bo'lmagan kirish o'rtasidagi potentsial farq nolga teng bo'lishi kerak.
- Juda yuqori daromad. Ammo muvozanatli, ya'ni ikkala kirishda ham bir xil bo'ladi. Bu shuni anglatadiki, agar ikkala kirish teng signallar bilan ta'minlansa chiqish nolga teng bo'ladi
- Kirish qarshiligi juda yuqori va chiqish qarshiligi juda past.
- Boshqa har qanday amp kabi, ular to'yinganlik darajasiga etishlari mumkin. O'sha paytda, signallar orasidagi farq ko'paygan taqdirda ham, chiqish signali o'sishda davom etmaydi.
- Ideal holatda ham tarmoqli kengligi cheksizdir, ammo haqiqiy holatda bu mumkin emas. Bu ma'lum bir operatsion funktsiyani aniq ushlab turadigan chastota diapazonini ko'rsatadi va uning nomidan ko'rinib turibdiki, op amp - bu mumkin bo'lgan qurilma **har qanday signal turini kuchaytirish** (kuchlanish yoki intensivlik), ham o'zgaruvchan tok, ham doimiy oqimdir va bu keyingi bo'limda ko'rib chiqadigan konfiguratsiya yoki rejimlarga muvofiq ko'plab operatsiyalarni bajarish uchun etarli ...

### ***Ishlash rejimlari***

Op ampning yaxshi tomoni shundaki, u mumkin **turli yo'llar bilan tuzilgan bo'lishi** shuning uchun siz boshqacha ishlashingiz mumkin:

## Invertor



3.1.4-rasm. Invertor.

Op-amp kuchlanish kuchaytirgichi sifatida ishlashi mumkin **investor** va investor emas. Siz uni inverter sifatida bajarganingizda, chiqish voltaji kirish voltajiga qarshi fazada (invertorlarda bo'lmagan faza o'rniga) bo'ladi.

Bundan tashqari, ularning ikkalasi ham ishlashi mumkinligini bilishingiz kerak **joriy** ushbu turdagi konfiguratsiyadagi doimiy va o'zgaruvchan tok. AC bo'lsa, C1 kondansatörü ketma-ket va R1 oldida joylashgan bo'ladi.

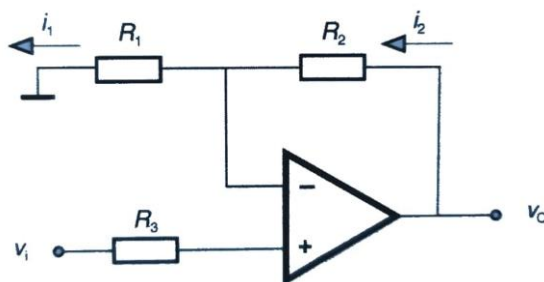
Bu holda **foyda** formula bilan hisoblash mumkin:

$$A_v = - R_2 / R_1 \quad (3.1.5)$$

Siz ham qila olasiz **qarshilikni hisoblash** kirish va yerga ulanadigan:

$$R_3 = R_1 R_2 / R_1 + R_2 \quad (3.1.6)$$

Invertor emas



3.1.5-rasm.

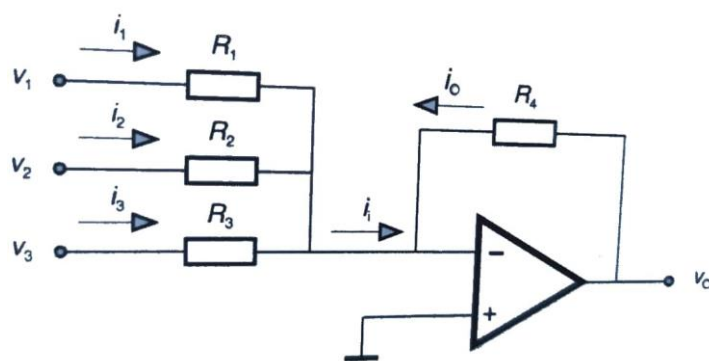
Operatsion kuchaytirgich **invertor emas** u teskari bo'lmagan kirish orqali quvvatlanadi va chiqish signali kirish bilan fazada bo'ladi. Bunday holda, u doimiy ravishda o'zgaruvchan tok uchun ushbu konfiguratsiyada ishlashi mumkin, ikkinchi holatda ikkita kondansatör qo'shiladi, to'g'ridan-to'g'ri kirishda C1 va R2 va yer o'rtasida ketma-ket C1.

Bunday holda, foyda boshqacha tarzda hisoblanadi:

$$A_v = R_1 + R_2 / R_1 \quad (3.1.7)$$

Qachonki **uchinchi qarshilik** u hali ham invertor bilan bir xil formula bilan hisoblanadi.

### Voltaj qo'shimchasi



3.1.6-rasm.

**Aralash signallari** turli xil manbalardan kirish orqali Op amp ishlatilishi mumkin. Ushbu turdagi kontaktlarning zanglashiga olib kirishda bir nechta kirishlar qo'llaniladi (maksimal 10 gacha, rasmda faqat 3 ta bo'lsa ham).

Bu yerda nima sodir bo'ladi **amper** kirishlarning qisman oqimlari yig'indisiga teng (Kirchhoff qonuni bilan belgilangan):

$$I_i = I_{1} + I_2 + I_3 \quad (3.1.8)$$

Ushbu intensivliklarning har biri [Om qonuni](#), **bog'liq bo'ladi** ham:

$$I_1 = V_1 / R_1, \quad I_2 = V_2 / R_2, \quad I_3 = V_3 / R_3 \quad (3.1.9)$$

Kirish oqimining intensivligi bir xil qiymatga ega bo'lgani uchun va unga qarama-qarshi belgida **chiqish oqimi**, quyidagilarni aniqlash mumkin:

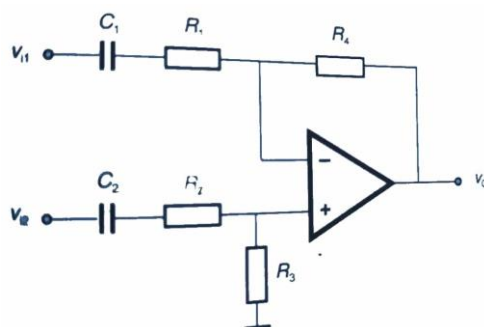
$$I_i = - I_{o} \quad (3.1.10)$$

Shuning uchun, ekanligini aniqlash mumkin **chiqish kuchlanishi** bo'ladi:

$$V_o = - I_{o} R_4 = - I_i R_4 \quad (3.1.11)$$

Bunday holda, yana qo'shiladi **kondansatorler** u AC bilan ham ishlashi mumkin ...

### Kuchlanishni kamaytiruvchi



3.1.7-rasm.

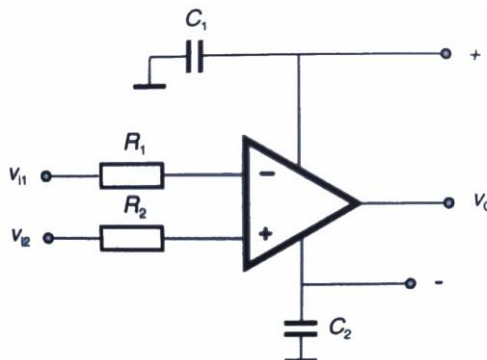


Bunday holda, bu a **differentsial kuchaytirgich** sarmoyador va sarmoyador bo'lmaganlardan iborat. U o'zgaruvchan va to'g'ridan-to'g'ri oqimlarni olib tashlash uchun ishlatilishi mumkin, kondansatkichlarni kirish qarshiligi bilan ketma-ket qo'yish yoki olib tashlash etarli bo'ladi.

Bu holda **chiqish kuchlanishi** bo'ladi:

$$V_o = V_{o1} + V_{o2} = R_4 / R_1 (V_{o1} + V_{o2}) \quad (3.1.12)$$

Komparator



3.1.8-rasm. Komparator sxemasi.

Shunga o'xshash konfiguratsiyada **taqqoslovchi**, bir xil turdagi signalning ikkita miqdori taqqoslanadi va chiqish signali kirish qiymatlari teng yoki yo'qligini bildiradi. Ya'ni, quyidagilar sodir bo'lishi mumkin:

Agar  $V_{i1} < V_{i2}$  V chiqishi, bu ijobiy bo'ladi.

Agar  $V_{i1} > V_{i2}$  V chiqishi, bu salbiy bo'ladi.

Shuni yodda tutish kerakki, agar elektron ishlatilgan bo'lsa **ochiq pastadir** (teskari qarshiliksiz), u kuchlanish taqqoslagichi kabi ishlaydi.

Boshqa sozlamalar: Mumkin boshqa usullarni sozlash ushbu operatsion kuchaytirgichlar uchun ularni kaskadga ulang va hattoki logaritmik va eksponent funktsiyalar, deraza komparatori va boshqalar uchun konvertor sifatida integralator, lotin hosil qiluvchi o'zgaruvchan kuchaytirgichlarni hosil qilish uchun rezistorlarni potansiyometrlarga almashtiring. Ammo bular yuqorida ta'riflaganlardan kamroq.

Ilovalar: Ushbu op amperlar bir nechta bo'lishi mumkin. Siz ulardan foydalangan bo'lishingiz kerak. Aslida, ular ba'zi ishlab chiqarish platalarida, raqamli kalkulyatorlarda, ovozli tizim filtrlarida (yuqori o'tish, [past pas](#), tarmoqli kengligi, faol filtrlar, osilatorlar), oldindan kuchaytirgichlarda va audio /video buferlarda, regulyatorlarda, konvertorlarda, darajadagi adapterlarda (masalan,

CMOS-TTL,...), aniqliqdagi to'g'rilash moslamalarida, yuklanish effektidan saqlanish uchun va boshqalarda foydalaniladi.

Shaxsiy kompyuterlarda axborotni qayta ishlash va o'zgartirish uchun deshifраторlar va shifраторlar, kod o'zgartirgichlari ishlatiladi.

Kod o'zgartirgichlari ma'lumotlarni kodlash usulini o'zgartirish uchun ishlatiladi. To'g'ri koddan teskari kodga, to'ldiruvchi (qo'shimcha) kodga o'tkazuvchi o'zgartirgichning sxemasi, ishlash jadvali ham keltirilgan.

O'zgartirgichning ishini soddaroq funktsiya bilan ifodalash murakkab masala hisoblanadi, bu masalani xal qilish uchun ixtiyoriy kod o'zgartirgichni tuzish ikki usulda-mantiqiy elementlarda va deshifратор-shifратор asosida tuzilgan.

### **Analog integral sxemalarning chiqish bosqichlari (quvvat kuchaytirgichlari)**

Chiqish bosqichlarining vazifasi – signalning berilgan (yetarlicha katta) quvvatini buzilishlarsiz past omli yuklamaga uzatishni ta'minlash. Odatda ko'p bosqichli kuchaytirgichlarda ular chiqish bosqichlari hisoblanadilar. Kuchlanish bo'yicha kuchaytirish koeffitsiyenti chiqish bosqichlari uchun ikkinchi darajali parametr hisoblanadi. Shu sababli asosiy parametrlar bo'lib quyidagilar hisoblanadi: foydali ish koeffitsiyenti  $\eta$  va nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti  $K_G$ .

Foydali ish koeffitsiyenti chiqish signali quvvatini manbadan tortib olinayotgan quvvatga nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{\frac{1}{2} U_{chiqm} I_{chiqm}}{E_m I_{o'rt}}, \quad (3.1.13)$$

bu yerda  $I_{chiq.m}$ ,  $U_{chiq.m}$  – chiqish kattaliklar amplitudasi,  $E_m$  – kuchlanish manbai,  $I_{o'rt}$  – o'rtacha tok.

Nochiziqli buzilishlar koeffitsiyenti chiqish signali shaklining kirish signali shaklidan farqini ifodalaydi. Bu farq bosqichning uzatish xarakteristikasining nochiziqligi sababli yuzaga keladi. Kuchaytirgich bosqichi uzatish xarakteristikalari chiqish kattaligini ( $I_{chiq}$  yoki  $U_{chiq}$ ) kirish kattaligiga ( $I_{kir}$  yoki  $U_{kir}$ ) bog'liqligini ifodalaydi...

$\eta$  va  $K_G$  kattaliklari ko'p hollarda tranzistorning sokinlik rejimi– kuchaytirish sinfi bilan aniqlanadi. Shu sababli quvvat kuchaytirgichlarida qo'llaniladigan kuchaytirgich sinflarini ko'rib chiqamiz.

Uzatish xarakteristikasidagi ishchi nuqta (sookinlik nuqtasi) holatiga ko'ra ***A***, ***V***, ***AV*** va ***boshqa kuchaytirish sinflari*** mavjud.

***A rejimda*** sookinlik rejimida ishchi nuqta uzatish xarakteristikasi kvazichiziqli soha o'rtasida joylashadi (3.1.9a-rasm).



ochilish arafasida bo‘ladi, lekin bu holat asosiy ishchi yarim davrni kichik inersiyaga ega bo‘lgan VAX sohasiga olib chiqishga imkon yaratadi.  $\eta$  koefitsient  $A$  sinfiga nisbatan yuqori,  $K_G \leq 3\%$  bo‘ladi.

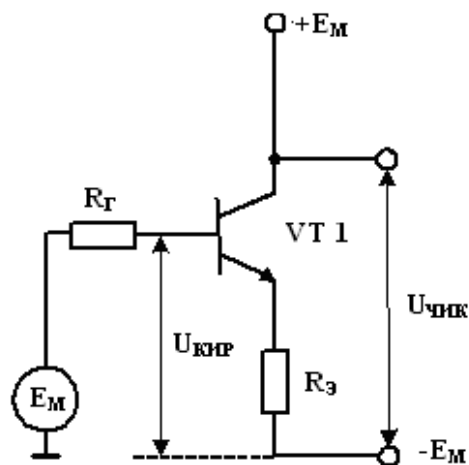
**Emitter qaytargich.** Kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koefitsienti birga yaqin bo‘lgan, kirish signal qutbini o‘zgartirmaydigan va katta kirish va kichik chiqish Differensial qarshilikka ega bo‘lgan kuchaytirgichlar – **qaytargich** deb ataladi.

Emitter qaytargich klassik sxemasi 3.1.11-rasmda keltirilgan. Tranzistorga o‘zgarmas kirish kuchlanishi berilganda ( $A$  rejim), emitter zanjirida  $R_E$  rezistorda kuchlanish pasayishini yuzaga keltiruvchi o‘zgarmas tok oqib o‘tadi. Chiqish kuchlanish Uchiq shunday o‘rnatiladiki, baza – emitter kuchlanishi

$$U_{E\varnothing} = \varphi_T \ln \frac{I_{\varnothing}}{I_{KS}} \text{ ga teng bo‘lsin.}$$

Ukir kirish signali  $\Delta U_{kir}$  kattalikka ortadi (kamayadi) va emitter tokini ortishiga (kamayishiga) olib keladi. Natijada  $U_{chiq}$  chiqish kuchlanishi  $\Delta U_{chiq} = \Delta I_{\varnothing} R_{\varnothing}$  qiymatga ortadi (kamayadi). Bu vaqtda chiqish kuchlanishi kirish kuchlanishi kabi ortadi, kuchlanish bo‘yicha kuchaytirish koefitsienti esa quyidagiga teng bo‘ladi

$$K_U = \frac{\Delta U_{chiq}}{\Delta U_{kir}} \approx 1. \quad (3.1.17)$$



3.1.11-rasm. Umumiy emitter sxemasi.

Emitter qaytargichning kirish qarshiligi umumiy emitter (UE) sxema va tok bo‘yicha MTA sxemalari kirish qarshiligidan farq qilmaydi va quyidagiga teng bo‘ladi

$$r_{kir} = (\beta + 1)R_{\varnothing}.$$

Chiqish qarshiligi  $r_{chiq}$  ( $R_E$  orqali amalga oshirilgan) 100 % manfiy teskari aloqa hisobiga kamayadi. Bu holat shu sababli sodir bo‘ladiki, chiqish kuchlanishining har bir kuchayishi emitter tokini oshiradi, demak baza toki ham ortadi. Unga esa  $R_G$  qarshilik ko‘rsatadi. Lekin baza zanjiridagi tok emitter zanjiridagi tokka nisbatan  $(\beta + 1)$  marta kichik bo‘ladi, shu sababli chiqish qarshiligi

$$r_{chiq} = \frac{R_F}{\beta + 1} // R_{\vartheta}.$$

Emitter – baza soha qarshiligini ham hisobga olsak, u holda

$$r_{chiq} = \left( \frac{1}{S} + \frac{R_F}{\beta + 1} \right) // R_{\vartheta}.$$

Mikroelektronikada FIK juda kichik bo‘lganligi sababli  $A$  sinfi qo‘llanilmaydi.  $V$  va  $AV$  sinfiga mansub ikki taktli kuchaytirgichlar ancha ommabop hisoblanadi. Va biz ularni o‘rganishga o‘tamiz.

#### MUHOKAMA UCHUN SAVOLLAR.

1. Kodlashtiruvchi qurilma deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Kod o‘zgartirgichlari nima uchun mo‘ljallangan?
3. Differensial kuchaytirgich nima?
4. Operasion kuchaytirgichlar qayerda qo‘llaniladi?
5. Operasion kuchaytirgichlar qanday elementlardan tuzilishi mumkin?