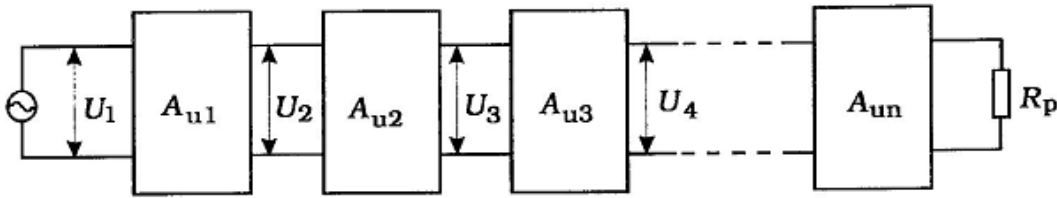


СЛОЖЕНИ ПОЈАЧАВАЧИ

5.1.

На слици 5.1 приказан је вишестепени појачавач код којег је појачање првог степена $A_{u1}=1$, другог $A_{u2}=-20$, трећег $A_{u3}=-60$ и четвртог степена $A_{u4}=-30$. Наћи укупно појачање. Занемарити утицај улазних и излазних отпорности.



Слика 5.1

РАД

Укупно појачање износи:

$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3} \cdot A_{u4} = 1 \cdot (-20) \cdot (-60) \cdot (-30) = -3600.$$

5.2.

Одредити укупно појачање вертикалног појачавача код осцилоскопа ако улазни напон од 20 mV треба да се појача на 100 V. У појачавачу има пет степени који имају исто појачање. Колико је појачање једног појачавачког степена?

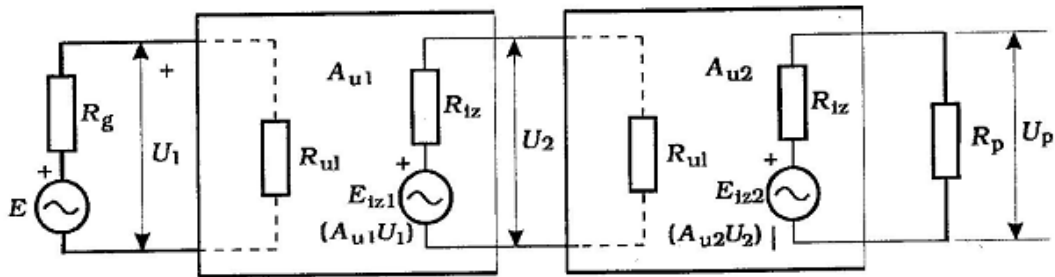
РАД

$$A_u = \frac{100 \text{ V}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ V}} = 5000.$$

Појачање једног појачавачког степена се добије из једначине: $A_u = A_1^5$. Одавде се добије: $A_1 = 5,49$.

5.3.

Одредити укупно појачање појачавача од E до U_p на слици 5.3 ако је $R_g = R_{u1} = R_{iz} = R_p$, $A_{u1} = -20$, $A_{u2} = -30$.



Слика 5.3

РАД

Преносни однос два напона на једнаким отпорностима може да се израчуна на било којем месту. Овде ће то бити израчунато на улазу првог појачавача, као U_1/E :

$$\frac{U_1}{E} = \frac{R_{ul}}{R_g + R_{ul}} = \frac{1}{2}.$$

Укупно појачање појачавача се добије као производ преносних односа и појачања појачавача:

$$\frac{A_1}{E} = \frac{U_1}{E} \cdot A_{u1} \cdot \frac{U_2}{E_{iz1}} \cdot A_{u2} \cdot \frac{U_p}{E_{iz2}} = \frac{1}{2} \cdot (-20) \cdot \frac{1}{2} \cdot (-30) \cdot \frac{1}{2} = 75.$$

5.4.

Наћи напонско и струјно појачање од улаза до потрошача код сложеног појачавача на слици 5.4а. Познате су величине: $R_c = 3 \text{ k}\Omega$, док је $h_{21e} = 60$ код оба транзистора, $R_{e1} = 1 \text{ k}\Omega$ и $R_p = 1 \text{ k}\Omega$, $h_{11e} = 3 \text{ k}\Omega$.

РАД

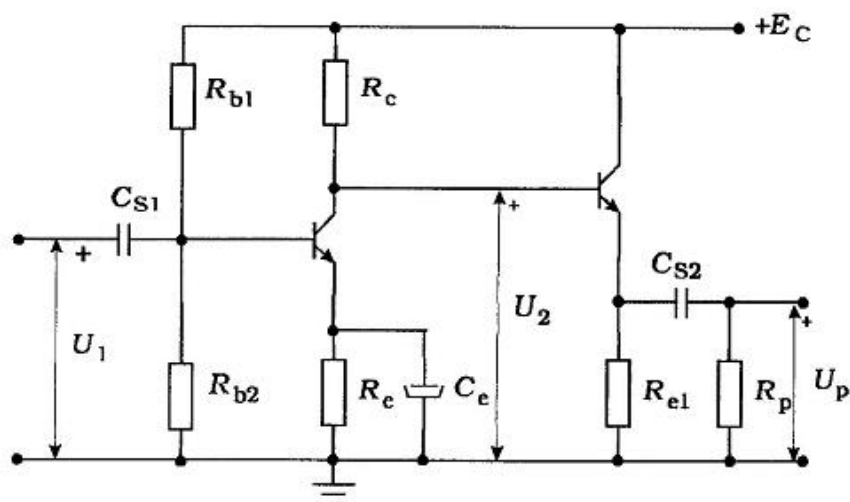
Напонско појачање првог појачавача је:

$$A_{u1} = \frac{-h_{21e}R_c}{h_{11e}} = \frac{-60 \cdot 3000 \Omega}{3000 \Omega} = -60.$$

Напонско појачање другог појачавача је приближно 1, па је укупно напонско појачање:

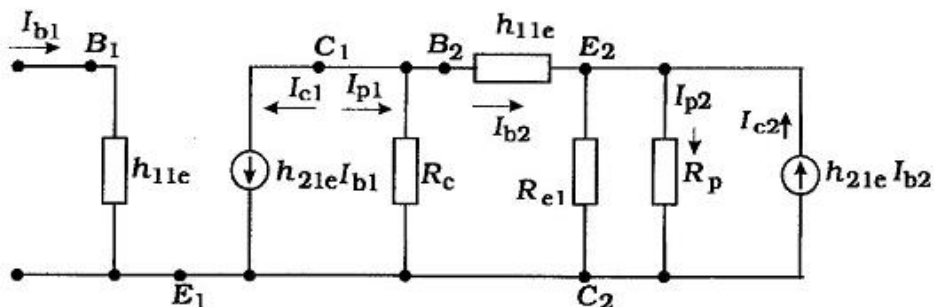
$$A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} = -60.$$

У овом случају није узета у обзир улазна отпорност другог појачавача јер је много већа од колекторске отпорности првог.



Слика 5.4а

Струјно појачање првог појачавача, које је према слици 5.4б једнако I_{p1}/I_{b1} , јесте -60 . На излаз првог појачавача је прикључена улазна отпорност другог појачавача, која је једнака: $R_{ul2}=h_{21e}R'_e$, где је R'_e еквивалентна отпорност паралелне везе R_e и R_p . Ова отпорност износи:



Слика 5.4б

$$R_{ul2} = h_{21e}R'_e = h_{21e} \cdot \frac{R_e R_p}{R_e + R_p} = 60 \cdot \frac{1\,000\ \Omega \cdot 1\,000\ \Omega}{1\,000\ \Omega + 1\,000\ \Omega} = 30\ \text{k}\Omega.$$

На слици 5.4б нацртана је еквивалентна шема овог појачавача. Укупно струјно појачање је:

$$A_1 = \frac{I_{p2}}{I_{b1}} = \frac{I_{p2}}{I_{c2}} \cdot \frac{I_{c2}}{I_{b2}} \cdot \frac{I_{b2}}{I_{p1}} \cdot \frac{I_{p1}}{I_{b1}}$$

Струјно појачање I_{p2}/I_{c2} једнако је $0,5$ јер је $R_{e1}=R_p$, па једна половина струје I_{c2} тече кроз R_{e1} , а друга половина кроз R_p . Струјно појачање I_{c2}/I_{b2} је једнако $h_{21e}=60$. Струјно појачање I_{p1}/I_{b1} једнако је појачању појачавача са заједничким емитором и износи $-h_{21e}=-60$. Остаје још да се одреди струјно појачање I_{b2}/I_{p1} . Струја I_{p1} тече кроз паралелну везу отпорности R_c ($1\ \text{k}\Omega$) и улазне отпорности другог појачавача, за коју смо утврдили да износи $30\ \text{k}\Omega$.

Еквивалентна отпорност ове паралелне везе је приближно једнака R_c . Напон на отпорности R_c је приближно једнак $R_c I_{p1}$. Струја I_{b2} се добије када се овај напон подели улазном отпорношћу другог појачавача R_{ul2} :

$$I_{b2} = \frac{U_c}{R_{ul2}} = \frac{R_p I_p}{R_{ul2}}$$

Из ове једначине се добије струјно појачање I_{b2}/I_p :

$$\frac{I_{b2}}{I_{p1}} = \frac{R_c}{R_{ul2}} = \frac{1 \text{ k}\Omega}{30 \text{ k}\Omega} = 0,0333.$$

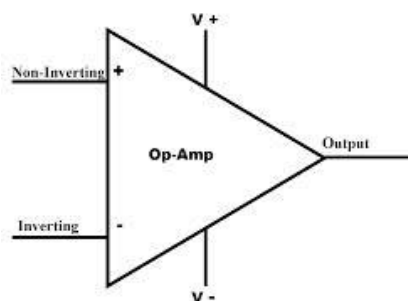
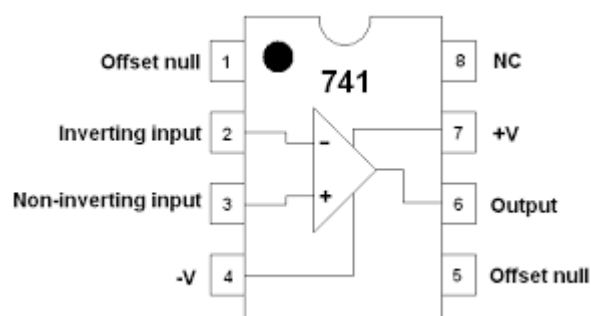
Сада се може наћи укупно струјно појачање:

$$A_i = 0,5 \cdot 60 \cdot 0,0333 \cdot (-60) = -60.$$

УВОД У ОПЕРАЦИОНЕ ПОЈАЧАВАЧЕ

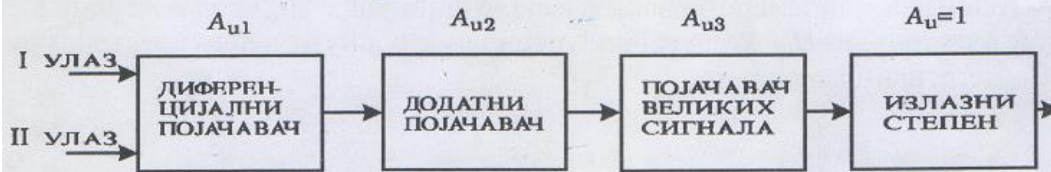
ОПЕРАЦИОНИ ПОЈАЧАВАЧИ СУ ЛИНЕАРНА ИНТЕГРИСАНА КОЛА . МОГУ СЕ ПРЕДСТАВИТИ КАО ВИШЕСТЕПЕНИ ПОЈАЧАВАЧ КОЈИ У СВОЈОЈ СТРУКТУРИ ИМАЈУ РАЗЛИЧИТЕ ЕЛЕКТРОНСКЕ ПОЈАЧАВАЧКЕ СКЛОПОВЕ. СВИ СКЛОПОВИ СУ ФУНКЦИОНАЛНО ПОВЕЗАНИ ДА БИ СЕ ДОБИЛЕ ОДГОВАРАЈУЋЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ОПЕРАЦИОНОГ ПОЈАЧАВАЧА.

Најчешћи примјер је операциони појачавач μA 741. Изглед и распоред пинова су дати на следећој слици.



У електронским шемама се операциони појачавач приказује наведеним симболом.

На слици 8.1. приказана је блок шема операционог појачавача. Укупно напонско појачање треба да буде 100 000. Појачање првог степена је 50, а појачање појачавача великих сигнала је 6. Колико треба да буде појачање додатног појачавача?



Слика 8.1

У наведеном примјеру су дати називи за сваки појачавачки степен . Улазни степен је диференцијални појачавач или појачавач разлике сигнала.

У овом примјеру се одређује појачање појединих појачавачких склопова који чине вишестепени појачавач.

Укупно појачање каскадно везаних појачавача једнако је њиховом производу $A_u = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3}$. Из овог израза се добије појачање другог степена:

$$A_{u2} = \frac{A_u}{A_{u1} \cdot A_{u3}} = \frac{100\,000}{50 \cdot 6} = 333.$$

ДИФЕРЕНЦИЈАЛНИ ПОЈАЧАВАЧ

Диференцијални појачавач се састоји од два транзистора једнаких карактеристика са емитерима спојеним у тачки А на извор константне струје , што значи да је збир струја емитера (колекторских струја) ова два транзистора увијек исти.

Изразни сигнал се узима са колектора транзистора Т1 и Т2.

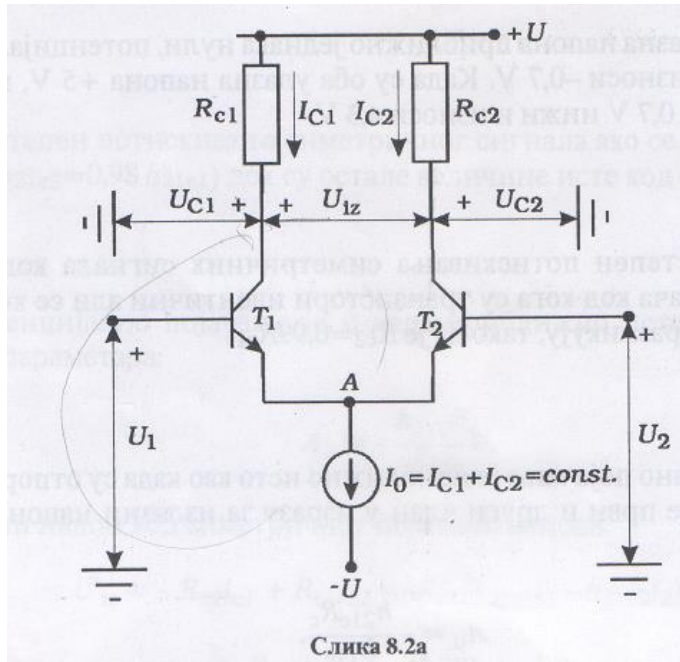
Диференцијални појачавач треба да појачава разлику сигнала $U_1 - U_2$. На излазу се добија напон $U_{c1} - U_{c2}$.

Диференцијално појачање је $A_D = (U_{c1} - U_{c2}) / (U_1 - U_2)$.

Количник излазног напона $(U_{c1} - U_{c2})$ и средње вриједности улазних напона $(U_1 + U_2) / 2$ назива се симетрично појачање $A_S = (U_{c1} - U_{c2}) / ((U_1 + U_2) / 2)$.

Као квалитет диференцијалног појачавача дефинише се фактор потискавања

$$\delta = 20 \log (A_D / A_S)$$



Слика 8.2а

У интегрисаној техници се транзистори разликују врло мало, тако да се диференцијално појачање добија као појачање једног појачавача у споју заједничког емитера, као у следећем примјеру. Дата је и еквивалентна шема појачавача за наизмјеничне сигнале.

Елементи диференцијалног појачавача на слици 7.2а имају следеће вредности: $R_{c1}=R_{c2}=5\text{ k}\Omega$, $h_{21e}=60$, $h_{11e}=4\text{ k}\Omega$. Наћи напонско појачање овог диференцијалног појачавача ако је $U_2=0$, и то а) диференцијално $A_u=U_{1z}/U_1$ и б) несиметрично $A_{u1}=U_{c2}/U_1$. в) Колико је потискивање симетричних сигнала ако је симетрично појачање 0,02? Колики је потенцијал тачке А када су улазни напони приближно једнаки нули? Колики је потенцијал тачке А када се оба улазна напона повисе на +5 V?

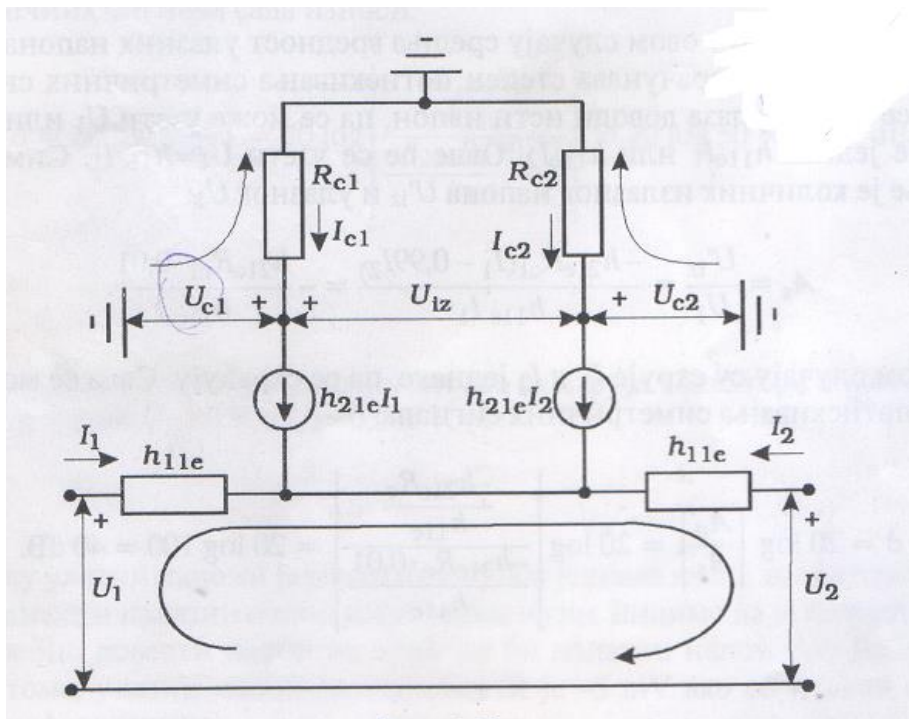
Појачање диференцијалног појачавача је једнако:

$$A_u = -\frac{h_{21e}R_c}{h_{11e}} = -\frac{60 \cdot 5\,000\ \Omega}{4\,000\ \Omega} = -75.$$

Појачање A_{u1} је два пута мање и износи 37,5.

Фактор потискивања симетричних сигнала се увек рачуна са апсолутним вредностима јер може да се логаритмује само позитиван број. У овом случају овај фактор износи:

$$\delta = 20 \log \frac{A_d}{A_s} = 20 \log \frac{75}{0,02} = 71,48\text{ dB}.$$



Када су оба улазна напона једнака нули потенцијал тачке А је нижи за $0,7V$ од улазног напона доведеног у базу транзистора и износи $-0,7V$.
Када су оба улазна напона једнака $5V$ потенцијал тачке А је нижи за $0,7V$ од улазног напона доведеног у базу транзистора и износи $4,3V$.