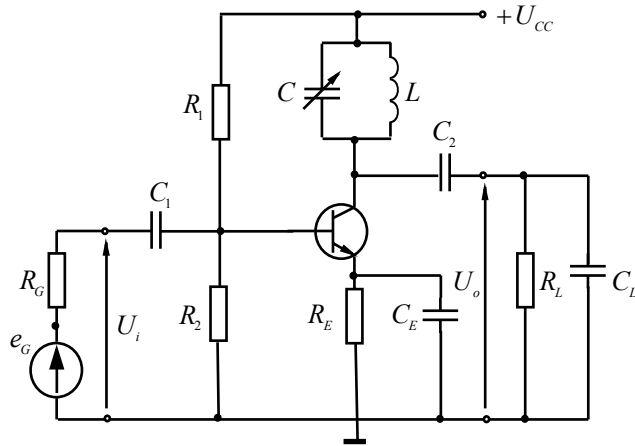


Избирателни LC- усилватели



Фиг. 2.38.

Качествен *фактор* на бобината:

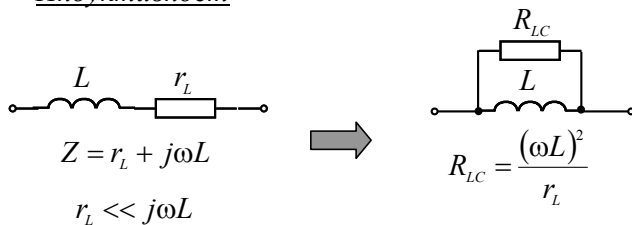
$$(2.121) \quad Q_L = \frac{\omega * L}{r_L},$$

Качествен *фактор* на кондензатора е

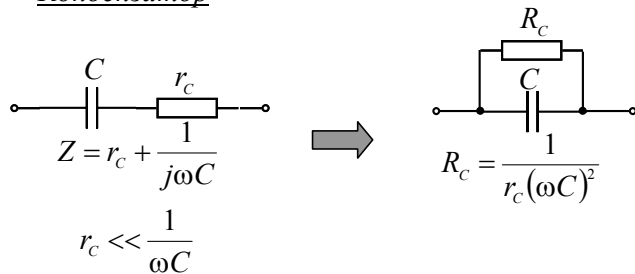
$$(2.122) \quad Q_C = \frac{1}{(\omega * C)r_C} = (\omega * C)R_C,$$

където r_C и R_C са активното съпротивление на кондензатора от последователната и паралелната еквивалентна схема

Индуктивность



Кондензатор



Фиг. 2.39.

Коефициентът на усилване по напрежение на усилвателя ОЕ е

$$(2.123) \quad A_{u,OE} = -\frac{\beta * Z_{oe}}{R_{i,OE}},$$

където

$$(2.124) \quad Z_{oe} = \frac{1}{\frac{1}{R_{oe}} + j\omega * C_{oe} + \frac{1}{j\omega * L}}$$

$$(2.125) \quad R_{oe} = R_o \parallel R_C \parallel R_{LC} \parallel R_L,$$

$$(2.126) \quad C_{oe} = C + C_o + C_L,$$

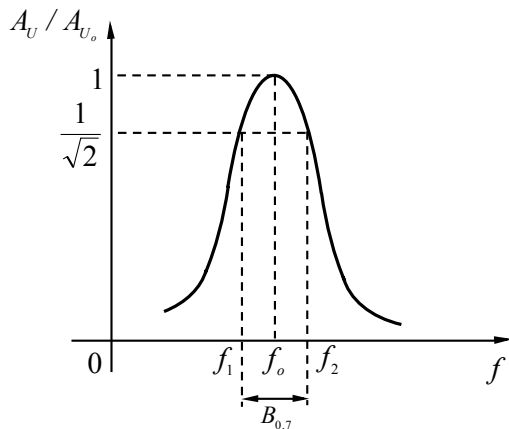
$$(2.127a) \quad \dot{A}_U(j\omega) = \frac{U_o}{U_i} \approx -\frac{\beta}{R_{i,OE}} * \frac{1}{\frac{1}{R_{oe}} + j\omega * C_{oe} + \frac{1}{j\omega * L}} = -\frac{\beta * R_{oe}}{R_{i,OE}} * \frac{1}{1 + jR_{oe} \left(\omega * C_{oe} - \frac{1}{\omega * L} \right)}$$

За резонансната честота $\omega_o = 1/\sqrt{LC_{oe}}$ коефициентът $\dot{A}_U(j\omega)$ има максимална стойност

$$(2.127b) \quad \dot{A}_{Uo} = -\frac{\beta * R_{oe}}{R_{i,OE}}.$$

$$(2.127B) \quad \dot{A}_U(j\omega) = -\frac{A_{U_o}}{1 + jQ_e \left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega} \right)}, \quad \text{където}$$

(2.128) $Q_e = R_{oe} / L * \omega_o = R_{oe} * C * \omega_o = R_{oe} \sqrt{C_{oe} / L} = R_{oe} / \rho_o$ е еквивалентният качествен фактор на схемата,
 $\rho_o = \omega_o L = 1 / \omega_o C_{oe} = \sqrt{L / C_{oe}}$ е характеристикното съпротивление на кръга.



Фиг. 2.40.

Резонансна характеристика

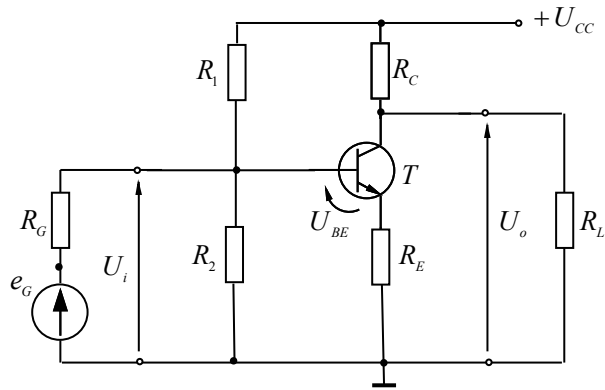
Лента на пропускане $B_{0,7} = 2\Delta f_{0,7} = f_2 - f_1$

При $\Delta\omega = \omega - \omega_o$ и $\Delta\omega \ll \omega_o$

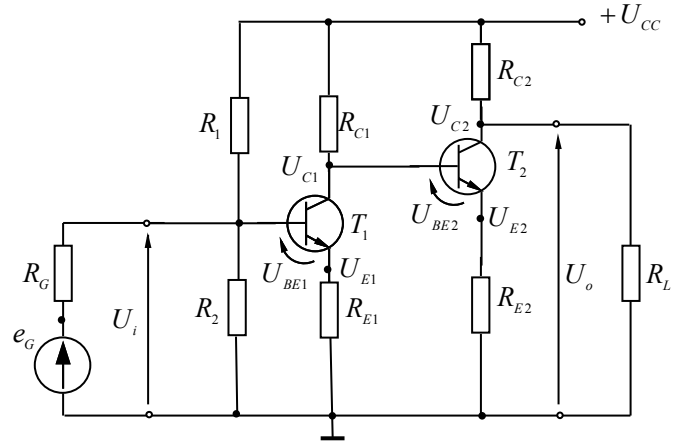
$$(2.129) \quad B_{0,7} = 2 * f_{0,7} = f_o / Q_e.$$

Постояннотокови усилватели

Усилватели с непосредствена връзка



Фиг. 2.41а.



Фиг. 2.41б.

$$(2.130) \quad A_U \approx -\frac{R_C \parallel R_L}{R_E}.$$

За схемата на двустъпален усилвател:

$$(2.131) \quad R'_L = R_{iA2} \approx h''_{11e} + (1 + h''_{21e}) * R_{E2},$$

където h''_{11e} и h''_{21e} са параметри на транзистора T_2 .

Общият коефициент на усилване по напрежение на схемата е

$$(2.132) \quad A_U = A_{U1} * A_{U2} \approx \left(-\frac{R_{C1} \parallel R'_L}{R_{E1}} \right) * \left(-\frac{R_{C2} \parallel R_L}{R_{E2}} \right),$$

където $A_{U1} = -\frac{R_{C1} \parallel R'_L}{R_{E1}}$ и $A_{U2} = -\frac{R_{C2} \parallel R_L}{R_{E2}}$ са коефициентите на усилване по напрежение на отделните стъпала.

За усилвател, например с три стъпала,

Общият коефициент на усиление по напрежение е

$$(2.133) \quad A_U = A_{U1} * A_{U2} * A_{U3}.$$

Дрейфът на изходното напрежение е

$$(2.134) \quad \Delta U_o = \Delta U_{o1} * A_{U2} * A_{U3} + \Delta U_{o2} * A_{U3} + \Delta U_{o3},$$

където ΔU_{o1} , ΔU_{o2} и ΔU_{o3} са изменението на напреженията в изхода съответно на първото, второто и третото стъпало.

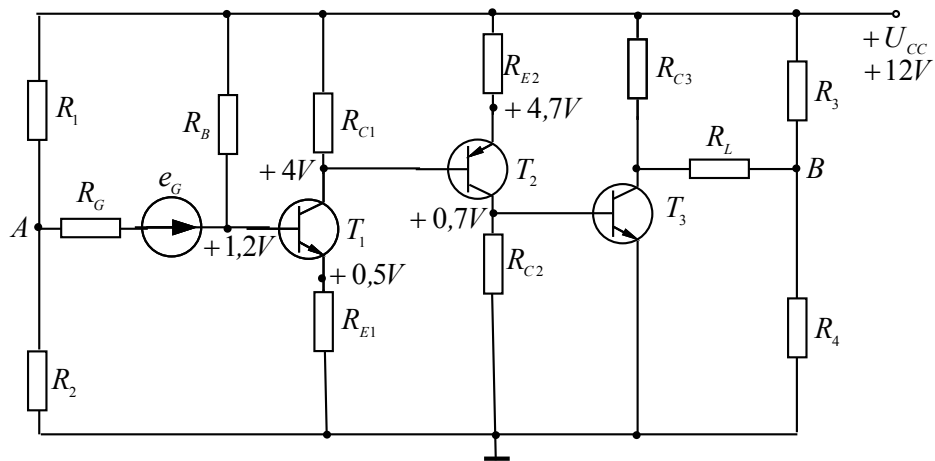
Дрейфът, приведен към входа на усилвателя е

$$(2.135) \quad \Delta U_i = \frac{\Delta U_o}{A_U} = \frac{\Delta U_{o1}}{A_{U1}} + \frac{\Delta U_{o2}}{A_{U1} * A_{U2}} + \frac{\Delta U_{o3}}{A_{U1} * A_{U2} * A_{U3}}.$$

При $A_{U1} \gg 1$, $A_{U2} \gg 1$ и $A_{U3} \gg 1$ за приведения към входа дрейф ΔU_i се получава

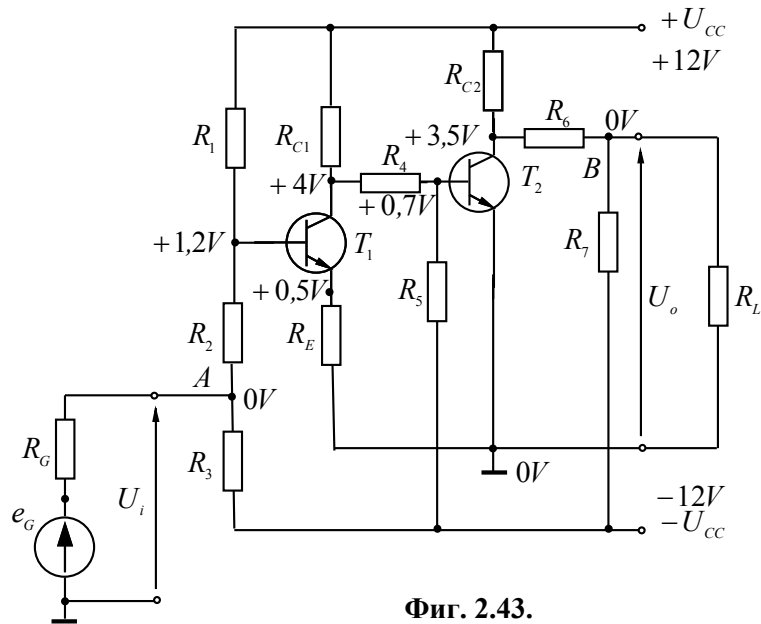
$$(2.136) \quad \Delta U_i \approx \frac{\Delta U_{o1}}{A_{U1}}.$$

Междинно стъпало с PNP транзистор

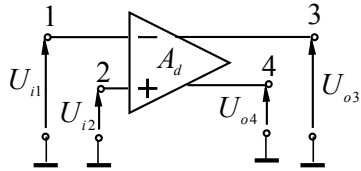


Фиг. 2.42.

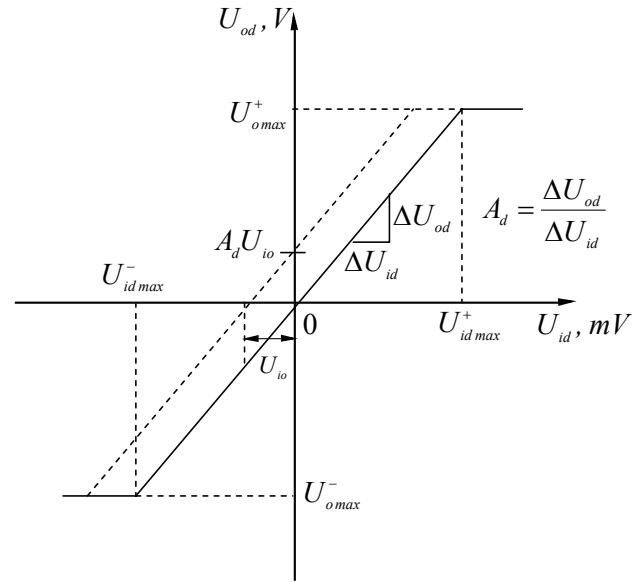
Съпротивителни делители и двуполярно захранване



Диференциални усилватели



Фиг. 2.44.



Фиг. 2.45.

Коефициент на усилване за диференциални сигнали

$$(2.137a) \quad A_d = \frac{\Delta U_{od}}{\Delta U_{id}},$$

където $\Delta U_{id} = U_{i1} - U_{i2}$ е входният диференциален сигнал,

а $\Delta U_{od} = U_{o3} - U_{o4}$ – изходният диференциален сигнал.

Стойността на синфазния сигнал е $U_{iCM} = \frac{U_{i1} + U_{i2}}{2}$.

Коефициент на усилване на синфазните сигнали

$$(2.137б) \quad A_{CM} = \frac{U_{oCM}}{U_{iCM}}.$$

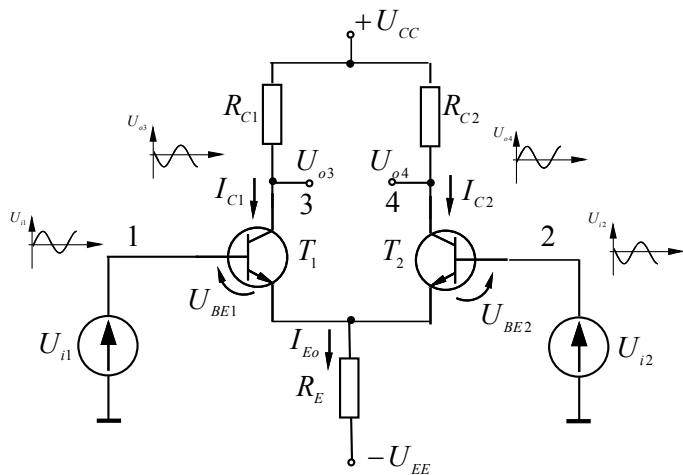
Коефициент на потискане на синфазните сигнали:

$$(2.137в) \quad CMRR = \frac{A_d}{A_{CM}}.$$

Напрежение на насищане $U_{o\max}^+$ или $U_{o\max}^-$.

Остатъчно напрежение, напрежение на несиметрия

Диференциален транзисторен усилвател със симетричен изход



Фиг. 2.46.

На фиг. 2.46 е показана основната схема на диференциален усилвател, съставена от T_1 и T_2 , резисторите R_{C1} и R_{C2} и общото емитерно съпротивление R_E . Чрез двуполярното захранване $+U_{CC}$ и $-U_{EE}$ се осигурява нулев постоянен ток потенциал на базите на транзисторите T_1 и T_2 . Наличието на два входа в схемата на ДУ позволява

Анализ на схемата в режим на покой ($u_{i1} = 0$ и $u_{i2} = 0$).

При липса на входен сигнал (режим на покой) за напреженията и токовете могат да се напишат следните изрази:

$$(2.138a) \quad U_{EE} = U_{BE1} + I_{EO} * R_E;$$

$$(2.138б) \quad U_{EE} = U_{BE2} + I_{EO} * R_E,$$

където $I_{EO} = I_{E1} + I_{E2}$ е общият емитерен ток в режим на покой;

$$(2.138в) \quad U_{o3} = U_{CC} - I_{C1} * R_{C1};$$

$$(2.138г) \quad U_{o4} = U_{CC} - I_{C2} * R_{C2}.$$

Ако в двете рамена на диференциалния усилвател се включат еднакви транзистори ($T_1 = T_2$) и еднакви резистори $R_{C1} = R_{C2} = R_C$, за токовете и напреженията се получава:

$$(2.139a) \quad I_{EO} \approx 2 * I_C,$$

където $I_{C1} = I_{C2} = I_C$;

$$(2.139б) \quad I_C = \frac{U_{EE} - U_{BE}}{2 * R_E} \approx \frac{U_{EE} - 0,65V}{2 * R_E};$$

$$(2.139в) \quad U_{CE} = U_{CC} + U_{EE} - I_C * R_C - 2 * I_C * R_E.$$

При еднаквост на двете рамена изходното диференциално напрежение е $U_o = U_{o3} - U_{o4} = 0V$.

Анализ на схемата при диференциален входен сигнал ($u_{i1} \neq 0$ и $u_{i2} \neq 0$)

$$(2.8.140a) \quad u_{id} = u_{BE1} - u_{BE2}$$

$$(2.8.140б) \quad u_{BE1} = +u_{id} / 2 \text{ и}$$

$$(2.8.140в) \quad u_{BE2} = -u_{id} / 2 .$$

Колекторните токове се изменят в противоположна посока:

$$(2.8.141a) \quad i_{C1} = S * u_{id} / 2 \text{ и}$$

$$(2.8.141б) \quad i_{C2} = -S * u_{id} / 2 ,$$

където S е стръмността на транзисторите T_1 и T_2 , при условие, че те са еднакви.

$$(2.8.142a) \quad u_{o1} = -i_{C1} * R_C = -S * u_{id} * R_C / 2 \text{ и}$$

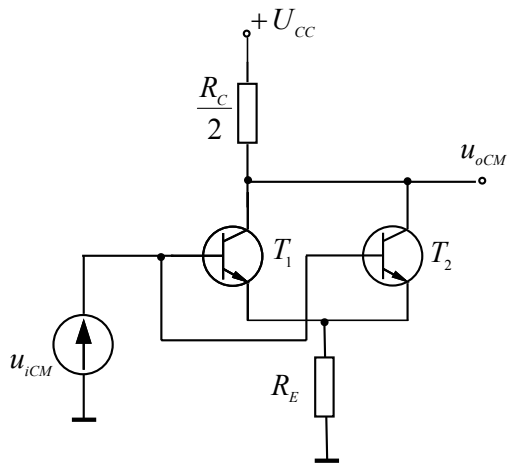
$$(2.8.142б) \quad u_{o2} = i_{C2} * R_C = S * u_{id} * R_C / 2 .$$

Изходното диференциално напрежение е:

$$(2.8.143a) \quad u_{od} = u_{o1} - u_{o2} = -S * R_C * u_{id} ,$$

$$(2.8.143б) \quad A_d = \frac{u_{od}}{u_{id}} = -S * R_C .$$

Анализ на схемата при синфазен входен сигнал ($u_{i1} = u_{i2} = u_{iCM}$)



Фиг. 2.47.

От фиг. 2.47 за синфазния коефициент (A_{CM}) се получава

$$(2.8.144) \quad A_{CM} = u_{oCM} / u_{iCM} \approx -R_C / 2 * R_E,$$

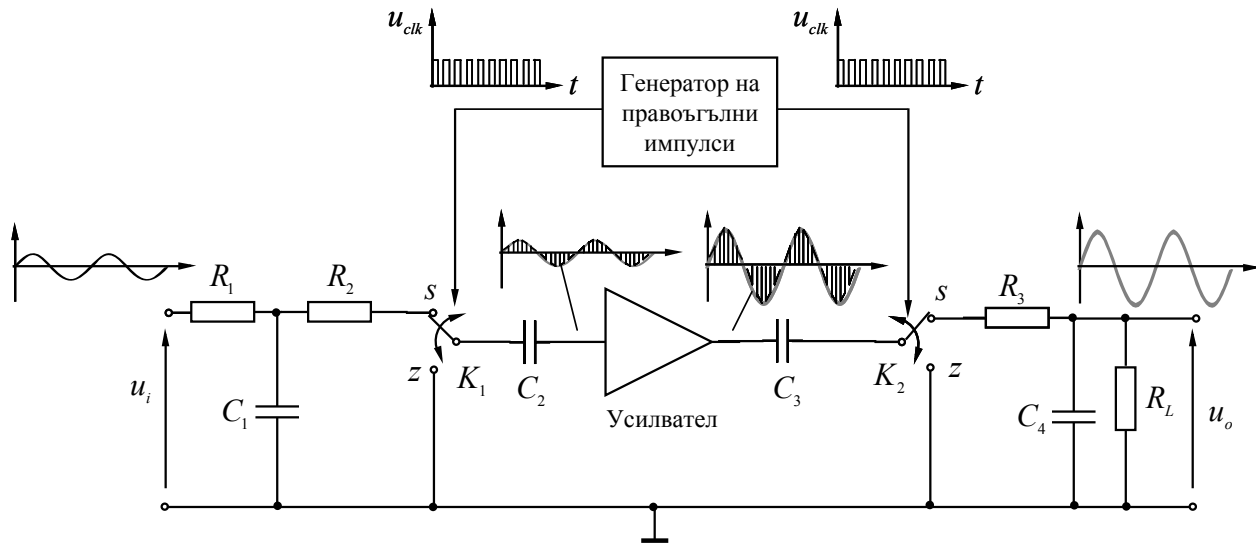
при условие, че $h_{11e} \ll h_{21e} R_E$.

За да бъде коефициентът A_{CM} малък, е необходимо отношението R_C / R_E да бъде малко.

За коефициента на потискане на синфазните сигнали

$$(2.8.145) \quad CMRR = A_d / A_{CM} = 2 * S * R_E.$$

Постояннотокови усилватели с преобразуване



Фиг. 2.49.