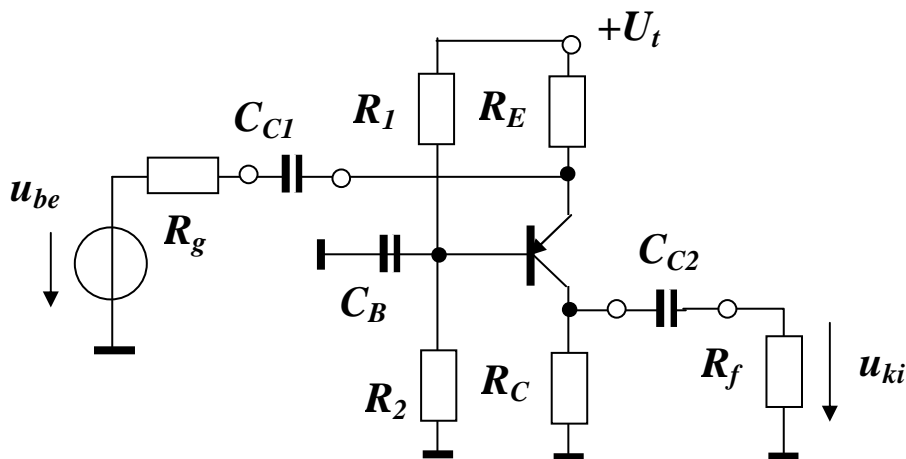


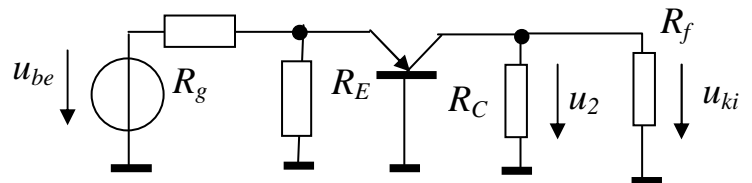
Elektronika 1.	zárthelyi	2014. 03. 30.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
Név:		Neptun:						

1. Rajzoljon le egy földelt bázisú, pnp tranzisztort tartalmazó erősítő egytelepes munkapont beállítással, kapacitív bemeneti és kimeneti csatolással! A meghajtó fokozat ellenállása R_g , a meghajtott fogyasztó R_f . Rajzolja le az erősítő váltóáramú helyettesítő képét! Rajzolja le az erősítő lineáris, kisjelű helyettesítő képét, mitől, hogyan függ a feszültségerősítés? Mekkora a bemeneti és kimeneti ellenállás?

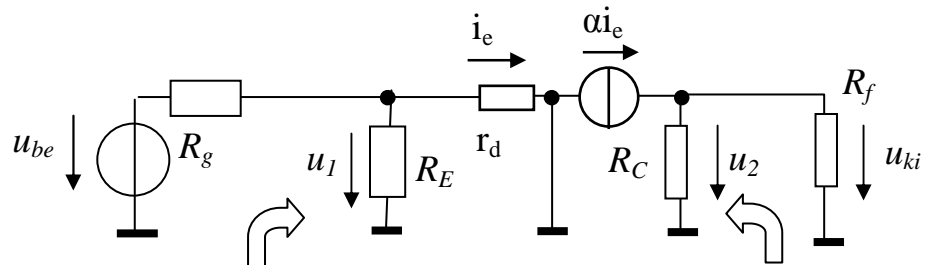
Megoldás:



Váltóáramú helyettesítőkép:



Váltóáramú, kisjelű, lineáris helyettesítőkép:



$$R_{be} = R_E \times r_d$$

$$R_{ki} = R_C$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_E \times r_d}{R_g + R_E \times r_d} \left(\alpha \frac{R_C \times R_f}{r_d} \right)$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \alpha \frac{R_C \times R_f}{r_d}$$

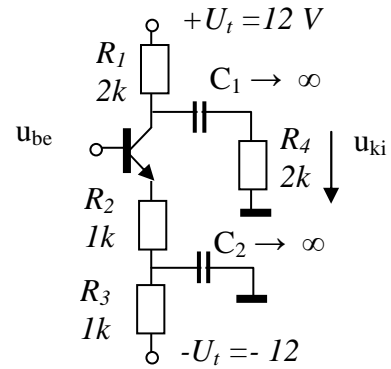
2. A tranzisztor adatai: $U_m = 0.5 \text{ V}$, $A=1$.

a.) $U_{CE}^+ = ?$ ha $I_{E0} = 3 \text{ mA}$.

b.) $U_{CE}^- = ?$ ha $I_{E0} = 3 \text{ mA}$.

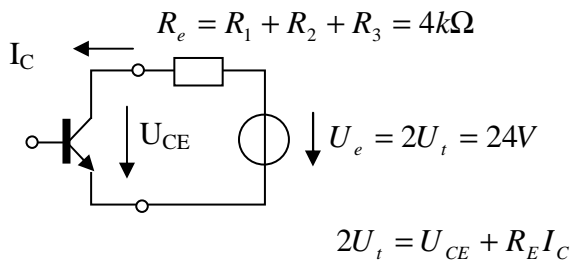
c.) $I_{E0opt} = ?$ ha a kimenő szinuszos jel amplitúdójú maximális.

d.) Mekkora a maximális kimeneti szinuszos feszültség amplitúdó, ha $I_{E0} = I_{E0opt}$?

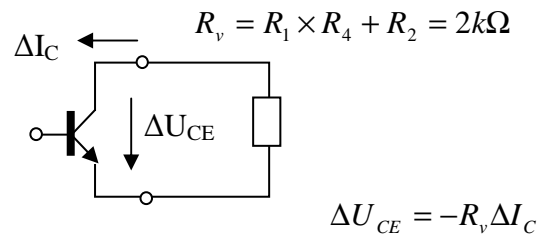


Megoldás:

A tranzisztor egyenáramú lezárása:



A tranzisztor váltóáramú lezárása:



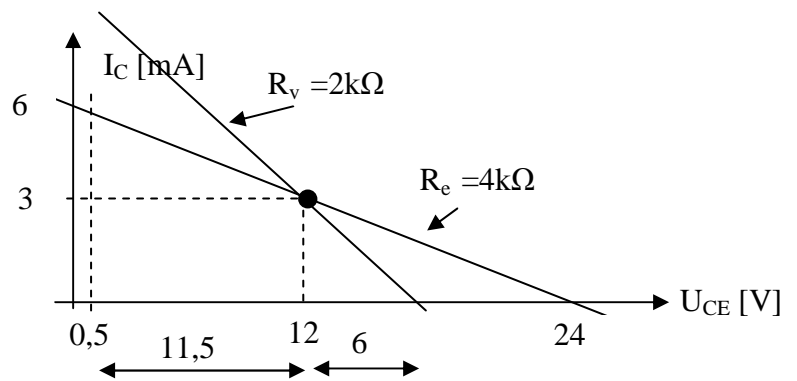
Kimeneti karakterisztika:

a.)

$$\begin{aligned} U_{CE}^+ &= U_e - R_e I_{C0} - U_m = \\ &= 2U_t - (R_1 + R_2 + R_3)I_{C0} - U_m = \\ &= 24 - 4 \cdot 3 - 0,5 = \mathbf{11,5V} \end{aligned}$$

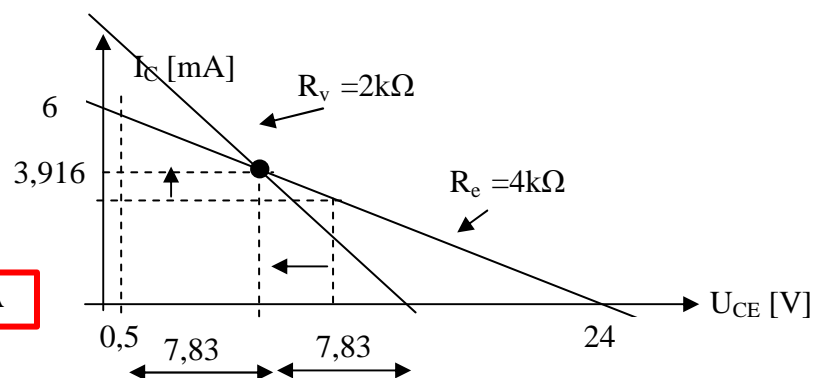
b.)

$$\begin{aligned} U_{CE}^- &= R_v I_{C0} = (R_1 \times R_4 + R_2)I_{C0} = \\ &= 2 \cdot 3 = \mathbf{6V} \end{aligned}$$



c.) $I_{C0opt} : U_{CE}^+ = U_{CE}^-$

$$\begin{aligned} \rightarrow 24 - 4I_{C0opt} - 0,5 &= 2I_{C0opt} \\ \rightarrow I_{E0opt} = I_{C0opt} &= \frac{23,5}{6} = \mathbf{3,916 \text{ mA}} \end{aligned}$$



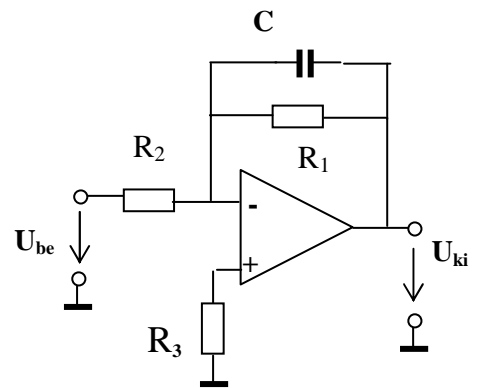
d.) Szimmetrikus, maximális kivezérlés: $\Delta U_{CE} = U_{CE}^+ = U_{CE}^- = R_v I_{C0opt} = 2 \cdot 3,916 = 7,84V$

Kimeneti leosztás után a kimeneti maximális amplitúdó: $\Delta u_{ki} = \frac{R_1 \times R_4}{R_2 + R_1 \times R_4} \Delta U_{CE} = \mathbf{3,916V}$

3. A műveleti erősítő ideális.

$R_1 = 20 \text{ kohm}$, $R_2 = R_3 = 10 \text{ kohm}$, $C = 10 \text{ nF}$.

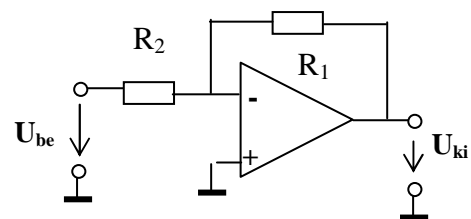
- Mennyi az U_{ki}/U_{be} feszültség erősítés egyenáramon?
- Adja meg az $U_{ki}/U_{be}(s)$ transzfer függvényt Bode normált gyöktényező alakban!
- Rajzolja fel az amplitúdó és fázis Bode diagrammot, számszerűen adja meg a törésponti és aszimptotikus értékeket!
- A töréspontos közelítés alapján hány decibel U_{ki}/U_{be} abszolút értéke $\omega = 100 \text{ r/s}$ és 500 krad/s frekvencián?



Megoldás:

a) Az egyenáramú helyettesítő kép (R_3 -on nem folyik áram):

$$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\frac{R_1}{R_2} = -2$$

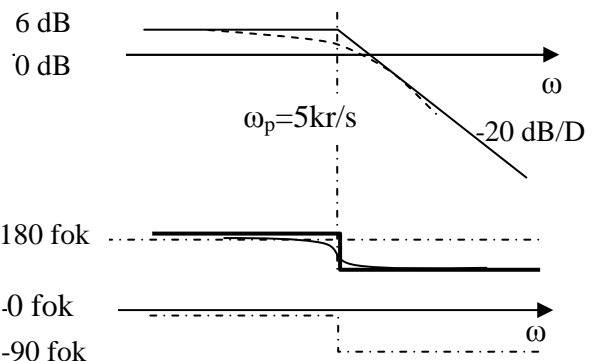


$$b) \quad Z_{RC}(s) = R_1 * \frac{1}{sC} = \frac{R_1}{1 + sR_1C}$$

$$\frac{U_{ki}}{U_{be}}(s) = -\frac{Z_{RC}(s)}{R_2} = -\frac{R_1}{R_2} \frac{1}{1 + sR_1C} = K_0 \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$$

$$K_0 = -\frac{R_1}{R_2} = -2, \quad \omega_p = \frac{1}{R_1C} = \frac{1}{20^4 \cdot 10^{-8}} \text{ r/s} = 5 \text{ krad/s}$$

c)



$$d) \quad \left| \frac{U_{ki}}{U_{be}}(\omega = 100 \text{ r/s}) \right|^{db} = 20 \log_{10}(2) = 6 \text{ dB}$$

$$500 \text{ kr/s} \leftrightarrow 5 \text{ kr/s} = 2 \text{ dekád}$$

$$\left| \frac{U_{ki}}{U_{be}}(\omega = 500 \text{ kr/s}) \right|^{db} = 6 - 2 \cdot 20 = -34 \text{ dB}$$

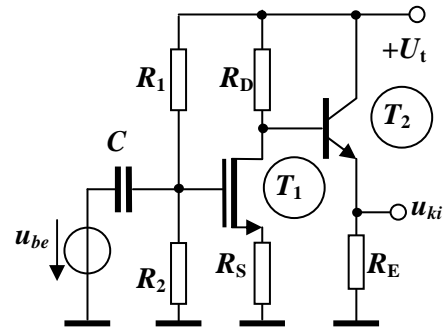
4. Az áramkör adatai:

$$U_t = 12 \text{ V}, \quad R_1 = 200 \text{ k}\Omega$$

$$R_D = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_S = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_E = 9.38 \text{ k}\Omega,$$

T_1 : n csatornás növekményes MOS FET
paraméterei: $U_p = 2 \text{ V}$, $I_{D00} = 1 \text{ mA}$,
munkapontja: $I_{D0} = 1 \text{ mA}$

T_2 : n-p-n tranzisztor, $\beta=B=99$, $U_{BE0}=0,6 \text{ V}$,



Kérdések: a.) $R_2 = ?$ b.) $I_{E02} = ?$ c.) $u_{ki}/u_{be} = ?$ d.) $R_{ki} = ?$

Megoldás:

a.) T_1 tranzisztor karakterisztikája: $i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_p}{U_p} \right)^2 \rightarrow 1 = 1 \left(\frac{U_{GS0} - 2}{2} \right)^2 \rightarrow U_{GS0} = 4 \text{ V}$

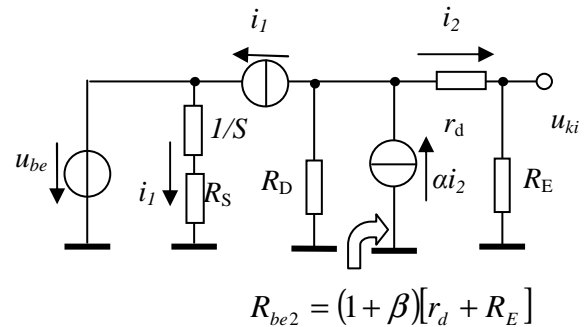
a gate potenciálja: $\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_t = R_S I_{D0} + U_{GS0} \rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} \rightarrow R_2 = 200 \text{ k}\Omega$

b.) $U_t = R_D (I_{D0} + (1 - A) I_{E0}) + U_{BE0} + R_E I_{E0} \rightarrow I_{E0} = \frac{U_t - R_D I_{D0} - U_{BE0}}{(1 - A) R_D + R_E} = \frac{12 - 2 \cdot 1 - 0.6}{0.01 \cdot 2 + 9.38} = 1 \text{ mA}$

c.) Váltóáramú, kisjelű, lineáris helyettesítőkép:

$$S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_p} = 1 \text{ mS}$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = 26 \Omega$$



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left(-\frac{R_D}{\frac{1}{S} + R_S} \right) \left(\frac{(1 + \beta)(r_d + R_E)}{R_D + (1 + \beta)(r_d + R_E)} \right) \left(\frac{R_E}{r_d + R_E} \right) = -\frac{2}{3} \cdot \frac{940,6}{942,6} \cdot \frac{9,38}{0,026 + 9,38} = -0,663$$

d.) $u_{be} = 0$, $R_{ki} = R_E \times (r_d + (1 - \alpha) R_D) = 9380 \times 46 = 45,8 \Omega$

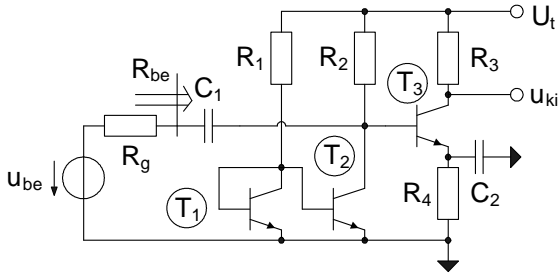
5. Határozza meg az alábbi kapcsolás munkaponti, kisjelű és disszipációs paramétereit!

$$U_t = 10 \text{ V}, \quad R_1 = 47 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 37 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 3 \text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_g = 2 \text{ k}\Omega, \quad C_1 = C_2 \rightarrow \infty,$$

$$\text{Tranzisztorok: } \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \rightarrow \infty, \quad i_{1,2,3}, \quad U_{BE0} = 0.6 \text{ V}$$

$$T_1 = T_2$$



a.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$, $I_{E03}=?$, b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}=?$, c.) Mennyi a

tranzisztorok disszipációs teljesítménye, ha a kimeneten a munkaponti feszültségre egy $U_{ki} = 1 \text{ V}$ amplitúdójú szinusz szuperonálódik?

$$P_{D1}=?$$
, $P_{D2}=?$, $P_{D3}=?$

Megoldás:

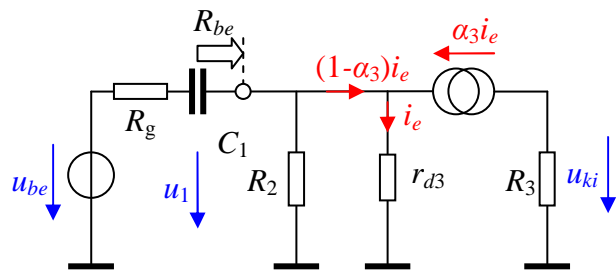
a.) $U_t = I_{C01}R_1 + U_{BE01} \rightarrow I_{E01} = I_{C01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{9,4}{47} = 0,2 \text{ mA}$

T1 = T2 áramtükröz: $I_{E02} = I_{C02} = I_{C01} = 0,2 \text{ mA}$

$$U_t = I_{C02}R_2 + U_{BE03} + I_{E03}R_4 \quad I_{E03} = \frac{U_t - U_{BE03} - I_{C02}R_2}{R_4} = \frac{10 - 0,6 - 0,2 \cdot 37}{2} = 1 \text{ mA}$$

b.) $R_{be} = R_2 \times \left[(1 + \beta_3) r_{d3} \right] \Big|_{\beta_3 = \infty} = R_2 = 37 \text{ k}\Omega$

$$r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = 26 \text{ }\Omega$$



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left(-\frac{\alpha_3 R_3}{r_{d3}} \right) = -\frac{R_2 R_3}{(R_g + R_2) r_{d3}} = -\frac{37 \cdot 3}{39 \cdot 0,026} = -109,5$$

c.) $u_{ki}(t) = u_{C3}(t) = U_{C03} + U_{ki} \cos(\omega t)$

Tranzisztor disszipációja: $P_{Di} = \overline{u_{CEi}(t) i_{Ci}(t)}$, $i = 1, 2, 3$

$$u_{CE1}(t) = U_{BC0}, \quad i_{C1}(t) = I_{C01}, \quad P_{D1} = U_{BE0} I_{C01} = 0,12 \text{ mW}$$

$$u_{CE2}(t) = (U_t - R_2 I_{C02}) + U_{be}^* \cos(\omega t), \quad i_{C1}(t) = I_{C02}, \quad P_{D2} = \overline{u_{CE2}(t) i_{C2}(t)} = (U_t - R_2 I_{C02}) I_{C02} = 0,52 \text{ mW}$$

$$u_{CE3}(t) = (U_t - (R_3 + R_4) I_{C03}) + U_{ki} \cos(\omega t), \quad i_{C3}(t) = \frac{U_t - u_{C3}(t)}{R_3},$$

$$P_{D3} = U_t I_{C03} - (R_3 + R_4) I_{C03}^2 - \frac{1}{2} \frac{U_{ki}^2}{R_3} = 4,83 \text{ mW}$$