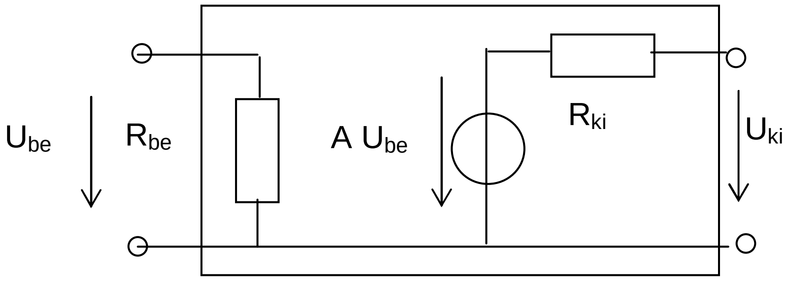
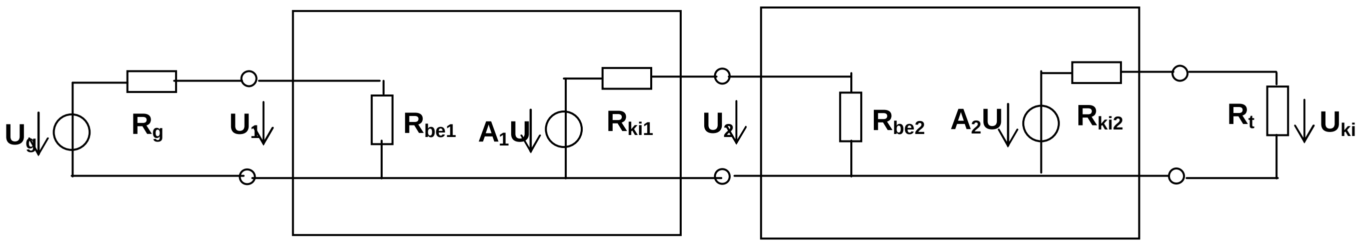
Elektronika 1.	**Vizsga 2013. 01. 16.**	**1.**	**2.**	**3.**	**4.**	**5**	**Σ**
Név:	**Neptun:**						

1. Milyen modellel és annak mely paramétereivel írhatóak le a visszahatás-mentes lineáris erősítők? Két, visszahatás-mentes lineáris erősítőből álló lánc
   - eredő feszültség erősítése (U_{ki}/ U_{gen}) hogyan függ az erősítők paramétereitől és a lezárásoktól,
   - mi határozza meg a lánc bemeneti és kimeneti impedanciáját,
   - hogyan, függ az eredő erősítés felső határfrekvenciája az erősítők kapuit terhelő parazita kapacitásoktól?

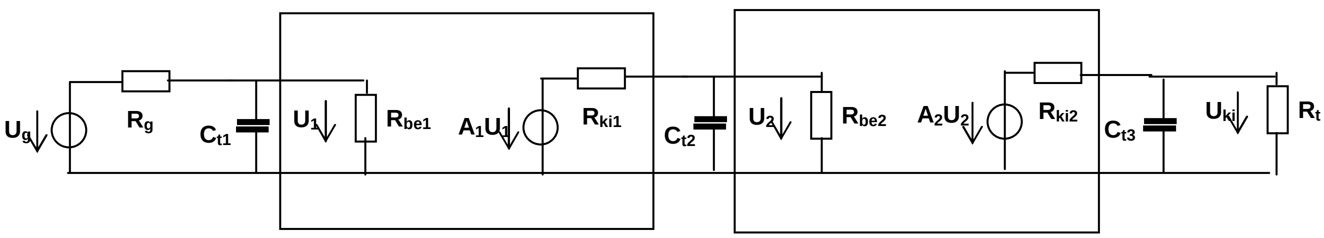
MEGOLDÁS:





$$\frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_{be1}}{R_g + R_{be1}} \quad A_1 \quad \frac{R_{be2}}{R_{ki1} + R_{be2}} \quad A_2 \quad \frac{R_t}{R_{ki2} + R_t}$$

$$R_{bee} = R_{be1} \qquad R_{kie} = R_{ki2}$$



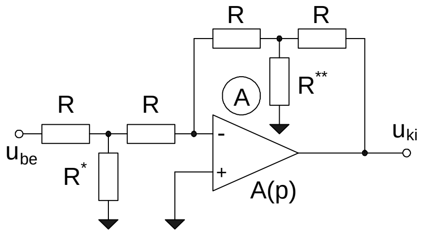
$$\omega_{p1} = \frac{1}{C_{t1}\left(R_g x R_{be1}\right)}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{C_{t2}\left(R_{ki1} x R_{be2}\right)}$$

$$\omega_{p3} = \frac{1}{C_{t3}\left(R_{ki2} x R_t\right)}$$

$$\omega_f = \min\{\omega_{pi},\ i=1,2,3\}$$

2. Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* = R^{**} \to \infty,$ A ideális,

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* = R,\quad R^{**} \to \infty,$ A ideális,

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* \to \infty,\quad R^{**} = R,$ A ideális,

d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?,\quad \zeta = ?,\ R^* \to \infty,\quad R^{**} = R,\qquad A(s) = \frac{A_0}{(1+s/\omega_1)(1+s/\omega_2)},\ A_0 = 3{,}5 \cdot 10^5,$

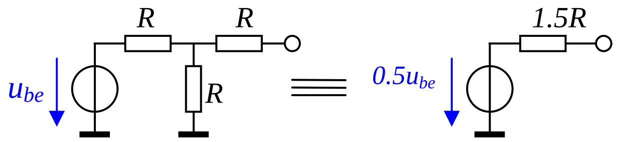
$\omega_1 = 10$ rad/s, $\omega_2 = 10^6$ rad/s

Megoldás:

a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* = R^{**} \to \infty,$ A ideális $\qquad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{2R}{2R}\boxed{= -1}$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* = R,\quad R^{**} \to \infty,$ A ideális

Thevenin helyettesítő kép: $u_{be}^*,\ R \times R + R$

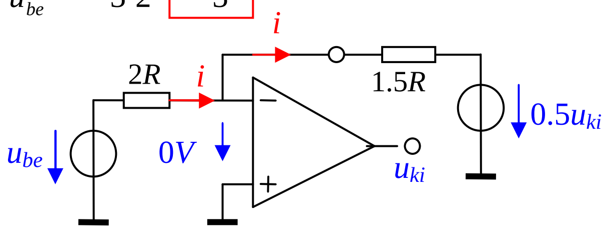


$$\frac{u_{ki}}{u_{be}^*} = -\frac{2R}{1.5R} = -\frac{4}{3} \qquad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_{ki}}{u_{be}^*}\frac{u_{be}^*}{u_{be}} = -\frac{4}{3}\frac{1}{2}\boxed{= -\frac{2}{3}}$$

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ R^* \to \infty,\quad R^{**} = R,$ A ideális

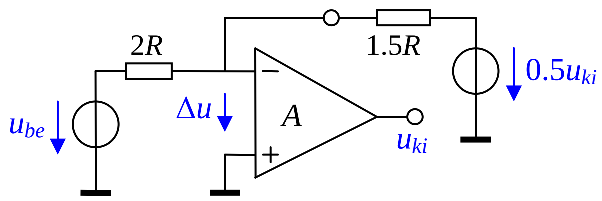
$$i = \frac{u_{be}}{2R} = -\frac{0.5u_{ki}}{1.5R} \qquad \frac{u_{ki}}{u_{be}}\boxed{= -\frac{3}{2}}$$

5p



d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?,\quad \zeta = ?,\ R^* \to \infty,\quad R^{**} = R,\ A(s) = \frac{A_0}{(1+s/\omega_1)(1+s/\omega_2)},\ A_0 = 3{,}5 \cdot 10^5,$

$$\Delta u = \alpha u_{be} + \beta u_{ki} = -\frac{u_{ki}}{A}$$



$$\alpha = \left.\frac{\Delta u}{u_{be}}\right|_{uki=0} = \frac{1.5R}{1.5R+2R} = \frac{1.5}{3.5} = \frac{3}{7}$$

$$\beta = \left.\frac{\Delta u}{u_{ki}}\right|_{ube=0} = \frac{\Delta u}{u_{ki}^*}\frac{u_{ki}^*}{u_{ki}} = \frac{2R}{1.5R+2R}\frac{1}{2} = \frac{1}{3.5} = \frac{2}{7}$$

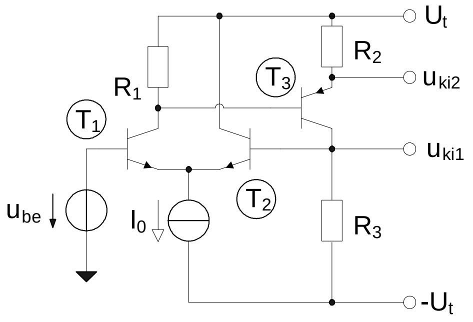
$$\alpha u_{be} = -u_{ki}\left(\frac{1}{A}+\beta\right) = -u_{ki}\frac{1+A\beta}{A} \qquad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{\alpha}{\beta}\frac{A\beta}{1+A\beta} = A_{id}\frac{A\beta}{1+A\beta} \qquad A_{id} = -\frac{\alpha}{\beta} = -\frac{3}{2}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = A_{id}\frac{A_0\beta}{A_0\beta + (1+p/\omega_1)(1+p/\omega_2)}\boxed{= A_{id}\frac{A_0\beta}{1+A_0\beta}\frac{1}{1+2\zeta\frac{s}{\Omega_0}+\frac{s^2}{\Omega_0^2}}}$$

$$\Omega_0 = \sqrt{(1+A_0\beta)\omega_1\omega_2} = \sqrt{(1+10^5)10^7} \cong 10^6\ rad/\mathrm{sec}$$

$$\zeta = \frac{1}{2}\frac{\sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}}+\sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}}}{\sqrt{1+A_0\beta}} \cong \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\omega_2}{(1+A_0\beta)\omega_1}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{10^6}{10(1+10^5)}}\boxed{\cong \frac{1}{2}}$$

3. Határozza meg az alábbi kapcsolás jellemzőit!

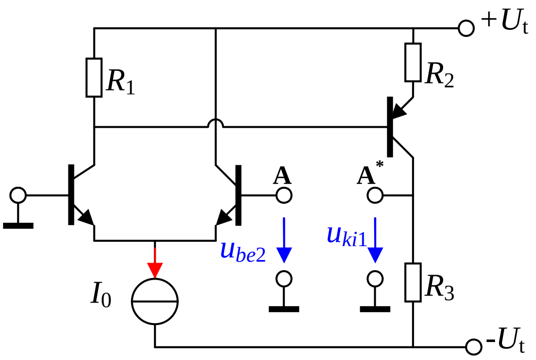


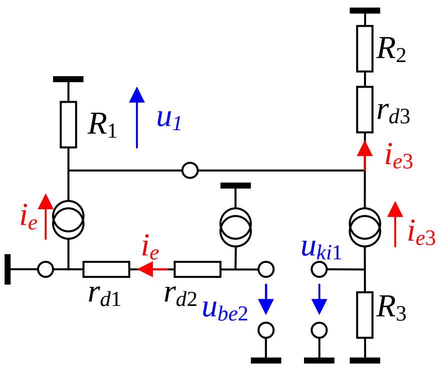
$U_t = 15\,\text{V}$, $R_1 = 5{,}6\,\text{k}\Omega$, $R_2 = 5\,\text{k}\Omega$, $R_3 = 15\,\text{k}\Omega$, $I_0 = 2\,\text{mA}$, $T_1 \equiv T_2$: n-p-n tranzisztorok, $\beta = B \to \infty$, $I_{E01} = I_{E02} = 1$ mA,
T_3: p-n-p tranzisztor, $\beta_3 = B_3 \to \infty$, $I_{E03} = 1$ mA

a.) A visszacsatolás típusa U_{ki1} kimenet esetén?,
b.) A visszacsatolás típusa U_{ki2} kimenet esetén?,
c.) Mekkora a hurok átvitel (βA)=?,
d.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$

Megoldás:

a.) A visszacsatolás típusa U_{ki1} kimenet esetén: *soros, negatív, feszültség-visszacsatolás*.
b.) A visszacsatolás típusa U_{ki2} kimenet esetén: *soros, negatív, áram-visszacsatolás.*
c.) (βA)=?
Felvágjuk a hurkot (úgy, hogy az impedancia viszonyok ne változzanak, i_{b2} =0) és kiszámítjuk az $u_{be2} \longrightarrow u_{ki1}$ átvitelt (a hurokerősítés -1-szerese). $u_{be1} = 0$.





1.) $\quad i_e = \dfrac{u_{be2}}{r_{d1} + r_{d2}} = \dfrac{u_{be2}}{2r_d} \qquad$ 2.) $\quad u_1 = i_e R_1 = i_{e3}(r_{d3} + R_2) \;\longrightarrow\; i_{e3} = i_e \dfrac{R_1}{r_{d3} + R_2}$

3.) $\quad u_{ki1} = -i_{e3} R_3 = -\dfrac{R_1}{2r_d} \dfrac{R_3}{r_{d3} + R_2} u_{be2} \qquad$ 4.) $\quad r_{d1} = r_{d2} = r_{d3} = r_d = 26\ \Omega$

Definíció szerint: $\quad (A\beta) = -\dfrac{u_{ki1}}{u_{be2}} = \dfrac{R_1}{2r_d} \dfrac{R_3}{r_{d3} + R_2} = \dfrac{5600}{52} \dfrac{15000}{5026} \boxed{= 321.4}$

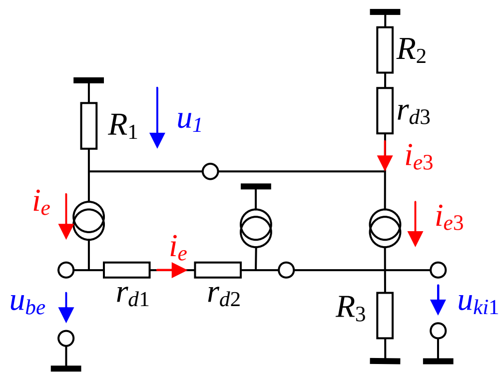
d.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$

1.) $\quad i_e = \dfrac{u_{be} - u_{ki1}}{2r_d} \qquad$ 2.) $\quad u_1 = i_e R_1 = i_{e3}(r_{d3} + R_2)$

$$i_e = i_{e3} \frac{R_2 + r_{d3}}{R_1} = \frac{u_{ki1}}{R_3} \frac{R_2 + r_{d3}}{R_1} = \frac{u_{be} - u_{ki1}}{2r_d}$$

$$u_{ki1}\left(1 + \frac{1}{A}\right) = u_{be} \qquad A = \frac{R_1}{2r_d} \frac{R_3}{r_{d3} + R_2} \boxed{= 321.4}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = \frac{A}{1 + A} \cong 1}$$



4.

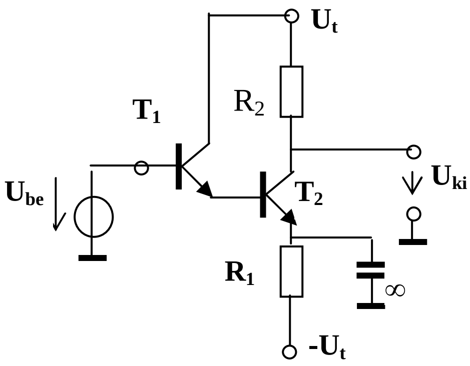
Tranzisztorok: U_{BE0} = 600 mV, U_m = 0.5 V , B=∞

U_t = 10 V, R_1 = 8,8 kohm, R_2 = 10 kohm

a) Mekkora a T_2 tranzisztor munkaponti emitterárama?

b) Mekkora az U_{ki} feszültség U_{ki0} munkaponti értéke?

c) Mekkora a T2 tranzisztor átlagos disszipációs teljesítménye, ha az U_{ki} ±0,5 V amplitúdójú, 50% kitöltési tényezőjű négyszög jel?



d) Mekkora a T2 tranzisztor átlagos disszipációs teljesítménye, ha az U_{ki} 0,5 V amplitúdójú, szinuszos jel?

Megoldás:

a) $$I_{E02} = \frac{U_t - 2U_{BE0}}{R_1} = \frac{10-1.2}{8{,}8k} = \underline{1mA}$$

b) $$U_{ki0} = U_t - I_{C02}R_2 = 10 - 1.10 = \underline{0V}$$

T2 tranzisztor disszipációs teljesítménye:

$$\begin{aligned}
P_{tr} &= \overline{u_{CE}(t) i_c(t)} = \\
&= \overline{(U_{CE0} + \Delta u_{CE}(t))(I_{C0} + \Delta i_c(t))} = \\
&= \overline{U_{CE0}I_{C0} + I_{C0}\Delta u_{CE}(t) + U_{CE0}\Delta i_c(t) + \Delta u_{CE}(t)\Delta i_c(t)} = \\
&= U_{CE0}I_{C0} + I_{C0}\overline{\Delta u_{CE}(t)} + U_{CE0}\overline{\Delta i_c(t)} + \overline{\Delta u_{CE}(t)\Delta i_c(t)}
\end{aligned}$$

Egyenáramon: $I_{C0} = I_{E02} = 1\text{mA}$, $U_{CE0} = 2U_t - I_{C0}(R_1 + R_2) = 20 - 18{,}8 = 1.2\text{V}$

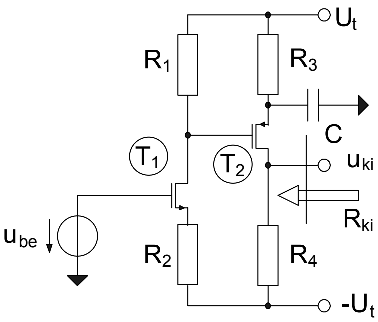
Váltóáramon: $\Delta u_{CE}(t) = u_{ki}(t)$, $\Delta i_c(t) = -\dfrac{u_{ki}(t)}{R_2}$, melyek átlaga a c.) és d.) esetben is nulla.

c) u_{ki}(t)=0.5 négyszög:

$$\begin{aligned}
P_{tr} &= U_{CE0}I_{C0} + I_{C0}\overline{\Delta u_{CE}(t)} + U_{CE0}\overline{\Delta i_c(t)} + \overline{\Delta u_{CE}(t)\Delta i_c(t)} = \\
&= 1.2 + 0 + 0 - \frac{\overline{u_{ki}^{\,2}(t)}}{R_2} = 1.2 - \frac{0.25}{10} = \underline{1.175mW}
\end{aligned}$$

d) u_{ki}(t)=0.5 sin(t): $$P_{tr} = 1.2 + 0 + 0 - \frac{\overline{u_{ki}^{\,2}(t)}}{R_2} = 1.2 - \frac{1}{2}\frac{0.25}{10} = \underline{1.1875mW}$$

5.) Méretezze az alábbi kapcsolást és határozza meg jellemzőit!



T_1: n-csatornás MOS FET, I_{DSS}=1mA, U_p=2V,
T_2: p-csatornás MOS FET, I_{DSS}=1mA, U_p=2V,
U_t = 10 V, R_1 = 10 kΩ, R_3 = 6 kΩ, R_4 = 10 kΩ,

a.) Mekkora legyen R_2 ahhoz, hogy T_1 munkaponti árama I_{D0}=1mA legyen?

b.) Mekkora T_2 munkaponti árama, ha T_1 munkaponti árama I_{D0}=1mA?

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ C \to \infty,$

d.) Mennyi $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ alsó határfrekvenciája, és milyen jellegű a Bode diagramja, ha C = 10 μF ?

Megoldás:

a.) FET: $I_S = I_D = I_{DSS}\left(\frac{U_{GS}-U_p}{U_p}\right)^2, U_{GS} \geq U_P \quad \rightarrow \quad I_{D0} = 1\text{mA} \quad \rightarrow \quad U_{GS0} = 4\text{V}$

Munkapont: U_{be}=0, → U_{GS0}+ I_{D0} R_2 = Ut → $R_2 = \frac{U_t - U_{GS0}}{I_{D0}} = \underline{\underline{6\text{k}\Omega}}$

b.) $U_{R1} = R_3 I_{D02} + U_{GS02}(I_{D02}) = R_3 I_{D02} + U_p\left(1+\sqrt{\frac{I_{D02}}{I_{Dss}}}\right) \quad \rightarrow$

$$10 = 6I_{D02} + 2\left(1+\sqrt{I_{D02}}\right) \rightarrow 3I_{D02} + \sqrt{I_{D02}} - 4 = 0 \rightarrow \sqrt{I_{D02}} = \frac{-1 \pm \sqrt{1+4\cdot3\cdot\cdot4}}{6} = \frac{-1\pm7}{6} = 1 \qquad I_{D02} = \underline{\underline{1mA}}$$

c.) A FETek meredeksége: $S = \frac{\partial}{\partial U_{GS}} I_D\left(U_{Gs}\right)\bigg|_{U_{GS}=U_{GS0}} = 2\frac{I_{D0}}{\left(U_{Gs\S} - U_p\right)}$

I_{D01}=I_{D02}= 1 mA, U_{GS01}= U_{SG02}= 4 V → S_1 = 1mS, S_2 = 1 mS

Az első fokozat erősítése: $A_{10} = \frac{u_1}{u_{be}} = \frac{-R_1 i_{d1}}{\left(1/S_1 + R_2\right)i_{d1}} = -\frac{S_1 R_1}{1+S_1 R_2} = -\frac{1*10}{1+1*6} = -\frac{10}{7} = -1{,}43$

A második fokozat erősítése ha C→∞ : $A_{2\infty} = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{-R_4 i_{d2}}{\left(1/S_2\right)i_{d2}} = -S_2 R_4 = -1*10 = -10$

Tehát: $A_\infty = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{10}A_{2\infty} = \underline{\underline{14{,}3}}$

d.) Ha C = 10 μF : source hidegítő kondenzátor hatása:

$$\omega_p = \frac{1}{C\left(R_3 \times \frac{1}{S_2}\right)} = \frac{1}{10^{-5}.(6\times1)10^3} = \frac{7}{6}10^2 = \underline{\underline{116{,}7\ \ rad/\sec}}$$

Az átviteli függvény Bode-diagramja