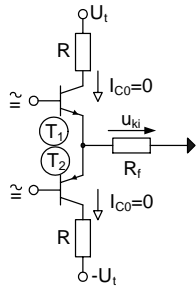


1. **Feladat** Lásd Jegyzet

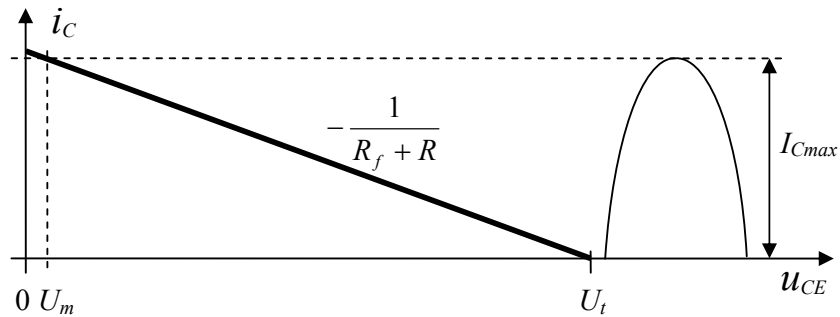
2. **Feladat** Határozza meg az alábbi „B” osztályú teljesítményfokozat paramétereit!



$$U_t = 15 \text{ V}, R_f = 7 \Omega, U_m = 1 \text{ V},$$

- a.) $P_{f \max} = ?$, $R = 0$,
 b.) $P_{D \max(tr)} = ?$, $R = 0$,
 c.) $\eta_{T \max} = ?$, $R = 0$,
 d.) $P_{f \max} = ?$, $R = 0,5 \Omega$

Megoldás:



a.) $I_{C \max} = \frac{U_t - U_m}{R_f + R} = \frac{U_t - U_m}{R_f} = \frac{15 - 1}{7} = 2 \text{ A}$ $P_{f \max} = \frac{1}{2} I_{C \max}^2 R_f = \frac{1}{2} * 4 * 7 = 14 \text{ W}$

d.) $I_{C \max} = \frac{U_t - U_m}{R_f + R} = \frac{15 - 1}{7 + 0,5} = \frac{14}{7,5} = 1,867 \text{ A}$ $P_{f \max} = \frac{1}{2} I_{C \max}^2 R_f = \frac{1}{2} * 3,48 * 7 = 12,2 \text{ W}$

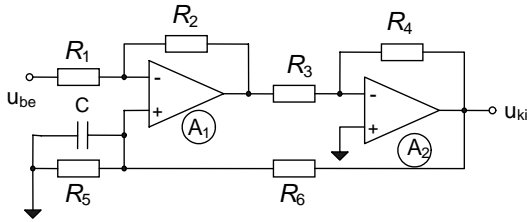
b.) $P_{D \max(tr)} = \frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f} = \frac{1}{9,87} \frac{225}{7} = 3,257 \text{ W}$

c.) $\eta_{T \max} = \frac{P_{f \max}}{P_{T \max}} = \frac{14}{19,1} = 0,733 \rightarrow 73,3 \%$

ahol: $P_{T \max} = \frac{2}{\pi} U_t I_{C \max} = \frac{2}{\pi} 15 * 2 = \frac{60}{\pi} = 19,1 \text{ W}$

3. Feladat

Számítsa ki az alábbi kapcsolás paramétereit!



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R = 10 \text{ k}\Omega$$

a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, **A₁ és A₂ ideális**, $R_4 = R$, $C = 0$,

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, **A₁ és A₂ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $C = 0$,

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, **A₁ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $C = 0$, $A_2(p) = \frac{A_0}{1 + p/\omega_0}$, $A_0 = 10^5$, $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$,

d.) $C = ?$, $\zeta = \frac{1}{2}$, **A₁ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $A_2(p) = \frac{A_0}{1 + p/\omega_0}$, $\omega_0 < \frac{2}{CR}$

Megoldás:

a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, **A₁ és A₂ ideális**, $R_4 = R$, $C = 0$,

A második fokozat (A_2, R_3, R_4) -1 -et erősít, ezért az A_1 erősítő kimenetén $-u_{ki}$ nagyságú feszültség van. Ezt a feszültséget az első fokozat két (a '-' és a '+') bemenetére kapcsolt jelek szuperpozíciójaként állítjuk elő:

$$-u_{ki} = u_{be} \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + u_{ki} \frac{R_5}{R_5 + R_6} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = -u_{be} + u_{ki} \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{1}{2}}$$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, **A₁ és A₂ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $C = 0$,

A második fokozat most $-\infty$ -t erősít, ezért az A_1 erősítő kimenetén **zérus nagyságú** feszültségnek kell lenni. Ezt az értéket most is az első fokozat két (a '-' és a '+') bemenetére kapcsolt jelek szuperpozíciójaként állítjuk elő:

$$0 = u_{be} \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + u_{ki} \frac{R_5}{R_5 + R_6} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = -u_{be} + u_{ki} \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1}$$

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, **A₁ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $C = 0$, $A_2(p) = \frac{A_0}{1 + p/\omega_0}$, $A_0 = 10^5$, $\omega_0 = 10 \text{ rad/s}$,

A második fokozat most $-A_2(p)$ -t erősít, ezért az A_1 erősítő kimenetén $-\frac{u_{ki}}{A_2(p)}$ nagyságú feszültségnek kell lenni. Ezt az értéket most is az első fokozat két (a '-' és a '+') bemenetére kapcsolt jelek szuperpozíciójaként állítjuk elő:

$$-\frac{u_{ki}}{A_2(p)} = u_{be} \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + u_{ki} \frac{R_5}{R_5 + R_6} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = -u_{be} + u_{ki}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{A_2(p)}{1 + A_2(p)} = \frac{A_0}{1 + A_0} \frac{1}{1 + \frac{p}{\omega_p}}}$$

$$\omega_p = \omega_0(1 + A_0) = 10^6 \text{ rad/sec} \quad (\beta = 1)$$

d.) $C = ?$, $\zeta = \frac{1}{2}$, **A₁ ideális**, $R_4 \rightarrow \infty$, $A_2(p) = \frac{A_0}{1 + p/\omega_0}$, $\omega_0 < \frac{2}{CR}$

A második fokozat most is $-A_2(p)$ -t erősít, ezért az A₁ erősítő kimenetén $-\frac{u_{ki}}{A_2(p)}$ nagyságú feszültségnek kell lenni. Ezt az értéket most is az első fokozat két (a ‘-’ és a ‘+’) bemenetére kapcsolt jelek szuperpozíciójaként állítjuk elő:

$$-\frac{u_{ki}}{A_2(p)} = u_{be} \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) + u_{ki} \frac{Z_5}{Z_5 + R_6} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Ahol:

$$Z_5 = R_5 \times \frac{1}{pC} = \frac{R_5}{1 + pR_5C}$$

$$\frac{Z_5}{Z_5 + R_6} = \frac{R_5}{R_5 + R_6(1 + pR_5C)} = \frac{R_5}{R_5 + R_6} \frac{1}{1 + p(R_5 \times R_6)C} = \frac{1}{2} \frac{1}{1 + p/\omega_z}$$

$$\omega_z = \frac{1}{(R \times R)C} = \frac{2}{RC} > \omega_0$$

Ezzel:

$$-\frac{u_{ki}}{A_2(p)} = -u_{be} + \frac{u_{ki}}{1 + p/\omega_z}$$

$$u_{be} = u_{ki} \left(\frac{1}{1 + p/\omega_z} + \frac{1 + p/\omega_0}{A_0} \right) = u_{ki} \frac{A_0 + (1 + p/\omega_0)(1 + p/\omega_z)}{A_0(1 + p/\omega_z)}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = \frac{A_0}{1 + A_0} \frac{\left(1 + \frac{p}{\omega_z} \right)}{1 + 2\zeta \frac{p}{\Omega} + \frac{p^2}{\Omega^2}}}$$

Ahol: $\Omega = \sqrt{(1 + A_0)\omega_0\omega_z}$ $\zeta = \frac{1}{2} \frac{\left(\sqrt{\frac{\omega_z}{\omega_0}} + \sqrt{\frac{\omega_0}{\omega_z}} \right)}{\sqrt{1 + A_0}}$

Ha $\zeta = \frac{1}{2}$ és $\omega_z > \omega_0$ akkor: $\sqrt{\frac{\omega_z}{\omega_0}} \approx \sqrt{1 + A_0}$ ugyan is: $\sqrt{\frac{\omega_z}{\omega_0}} \gg \sqrt{\frac{\omega_0}{\omega_z}} \approx 0$

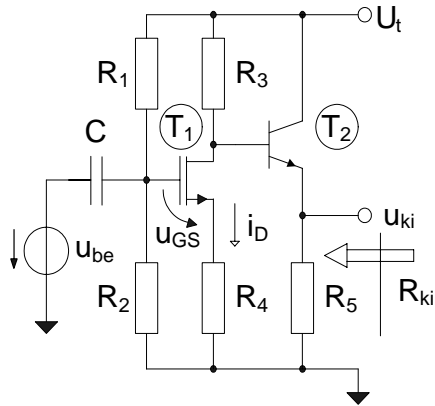
amiből: $\omega_z = \omega_0(1 + A_0) = \frac{2}{RC} = 10^6 \text{ rad/sec}$

$$\boxed{C \approx \frac{2}{R\omega_0 A_0} = \frac{2}{10^4 10^6} = 0.2 \text{ nF}}$$

$\Omega = \sqrt{(1 + A_0)\omega_0\omega_z} = (1 + A_0)\omega_0 = 10^6 \text{ rad/sec}$

4. Feladat

Határozza meg a következő kapcsolás kiszjelű paramétereit!



T₁ n-csatornás növekményes MOS FET, $I_{D00} = 4 \text{ mA}$,

$$U_P = 4 \text{ V}, U_t = 16 \text{ V} \quad i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$$

T₂ n-p-n tranzisztor, $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$, $\beta = B = \infty$

a.) $I_{D0} = ?$, $I_{E0} = ?$, b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C \rightarrow \infty$, $S = 1 \text{ mS}$,

c.) $R_{ki} = ?$, d.) $\frac{u_{ki}(p)}{u_{be}} = ?$, $C = 1 \mu\text{F}$, $r_d = 13 \Omega$,

$$R_1 = R_2 = 20 \text{ k}\Omega, R_4 = 2 \text{ k}\Omega, R_3 = 8 \text{ k}\Omega, R_5 = 3,7 \text{ k}\Omega$$

Megoldás:

a.) $I_{D0} = ?$, $I_{E0} = ?$,

A GATE munkaponti feszültsége:

$$U_{G0} = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 16 \frac{20}{40} = 8 \text{ V}$$

$$U_{G0} = u_{GS} + R_4 I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$$

$$8 = u_{GS} + 8 \left(\frac{u_{GS} - 4}{4} \right)^2 \rightarrow u_{GS}(u_{GS} - 6) = 0 \rightarrow u_{GS} = U_{GS0} = 6 \text{ V}$$

$$\boxed{I_{D0} = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2 = 4 \left(\frac{6 - 4}{4} \right)^2 = 1 \text{ mA}}$$

A BÁZIS munkaponti feszültsége:

$$U_{B0} = U_t - I_{D0} R_3 = 16 - 1 \cdot 8 = 8 \text{ V} \quad \rightarrow \quad U_{B0} = U_{BE0} + I_{E0} R_5$$

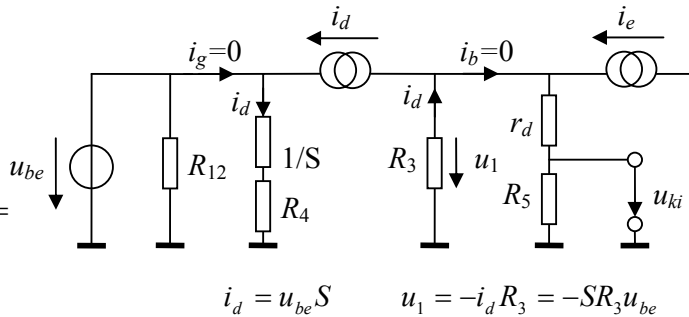
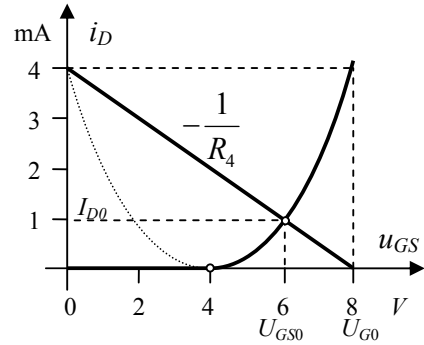
$$\boxed{I_{E0} = \frac{U_{B0} - U_{BE0}}{R_5} = \frac{8 - 0,6}{3,7} = 2 \text{ mA}}$$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$

$C \rightarrow \infty$: $S = 1 \text{ mS}$; $r_d = 13 \Omega$, $R_{12} = R_1 \times R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

$$u_{ki} = \left(-\frac{SR_3}{1 + SR_4} \right) \frac{R_5}{r_d + R_5} u_{be}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left(-\frac{SR_3}{1 + SR_4} \right) \frac{R_5}{r_d + R_5} = A_0 = -\frac{1 \cdot 8 \cdot 3700}{1 + 2 \cdot 3713} = -2,66}$$

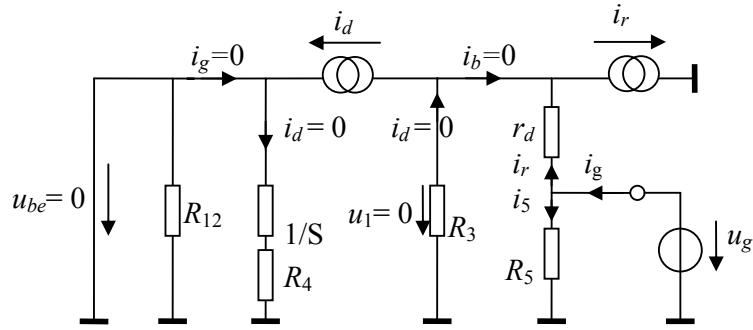


$$i_d = u_{be} S$$

$$u_1 = -i_d R_3 = -SR_3 u_{be}$$

c.) $R_{ki} = ?$

$$R_{ki} = \frac{u_g}{i_g}$$

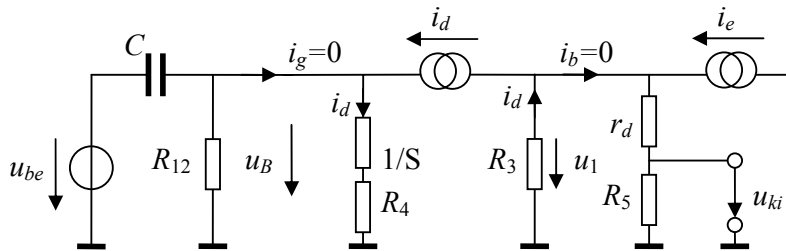


$$i_g = i_r + i_s = \frac{u_g}{r_d} + \frac{u_g}{R_5} = u_g \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{R_5} \right) \quad \boxed{R_{ki} = \frac{u_g}{i_g} = r_d \times R_5 = 13 \times 3700 \approx 13 \text{ k}\Omega}$$

d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$

$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?, C = 1 \mu\text{F},$

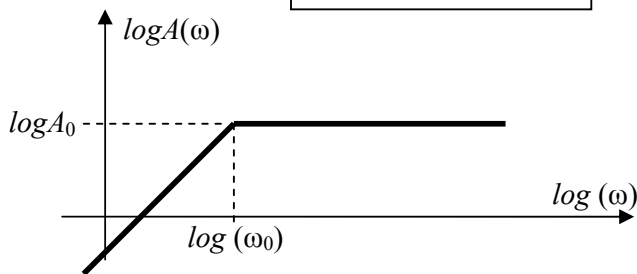
$$R_{12} = R_1 \times R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = \frac{u_B}{u_{be}}(p) \frac{u_{ki}}{u_B} = \frac{u_B}{u_{be}}(p) \left(-SR_3 \frac{R_5}{r_d + R_5} \right) = A_0 \frac{u_B}{u_{be}}(p)$$

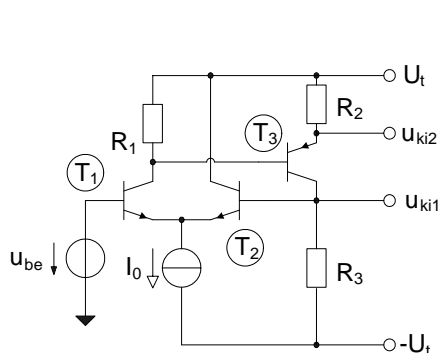
$$\frac{u_B}{u_{be}}(p) = \frac{R_{12}}{R_{12} + \frac{1}{pC}} = \frac{pR_{12}C}{1 + pR_{12}C} = \frac{\frac{p}{\omega_0}}{1 + \frac{p}{\omega_0}} \quad \omega_0 = \frac{1}{R_{12}C} = \frac{1}{10^4 \cdot 10^{-6}} = 100 \text{ rad/sec}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = A_0 \frac{\frac{p}{\omega_0}}{1 + \frac{p}{\omega_0}}}$$



5. Feladat

Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



$$U_t = 15 \text{ V}, \quad R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 15 \text{ k}\Omega, \quad I_0 = 2 \text{ mA},$$

$T_1 \equiv T_2$: n-p-n tranzisztorok, $\beta_1 = \beta_2 \rightarrow \infty$,
 $I_{E01} = I_{E02} = 1 \text{ mA}$,

T_3 : p-n-p tranzisztor, $\beta_3 = \beta_3 \rightarrow \infty$, $I_{E03} = 1 \text{ mA}$

a.) A visszacsatolás típusa U_{ki1} kimenet esetén?

b.) A visszacsatolás típusa U_{ki2} kimenet esetén?

c.) $(\beta A) = ?$,

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

Megoldás:

a.) A visszacsatolás típusa U_{ki1} kimenet esetén: **soros, negatív, feszültség** visszacsatolás.

Soros: mert a vezérlés a T_1 bázisában, a visszacsatolás a T_2 bázisában történik.

Feszültség v.cs.: mert a visszacsatolt jel maga a kimenő feszültség.

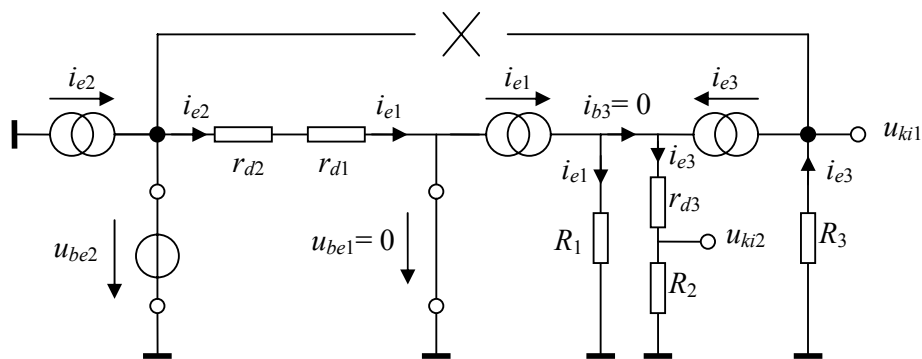
Negatív: mert a T_2 bázisától T_3 kollektoráig a hurok átvitel invertáló jellegű.

b.) A visszacsatolás típusa U_{ki2} kimenet esetén: **soros, negatív, áram** visszacsatolás.

Áram v.cs.: mert a visszacsatolt jel (u_{ki1}) arányos a T_3 kollektor áramával, ami a 2-es kimenet (u_{ki2}) negáltjával arányos.

c.) A hurok erősítés $(\beta A) = ?$

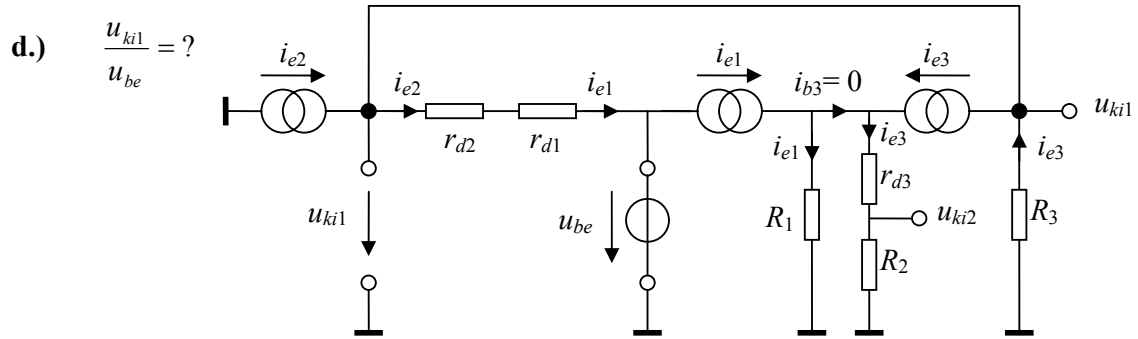
Vágjuk fel a hurkot úgy, hogy a vágatban a terhelési viszonyok ne változzanak! A T_3 kollektora és a T_2 bázisa között ejtsük meg a metszést! (Ezen a vezetéken az elvágás előtt sem folyt áram, mivel $\beta_2 = \beta_2 \rightarrow \infty$.) A T_2 bázisát hajtsa meg az u_{be2} feszültség generátor (miközben $u_{be1} = 0$).



$$i_{e1} = i_{e2} \quad r_{d1} = r_{d2} = r_d = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega \quad r_3 = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$$

Ekkor a hurok erősítés (definíció szerint):

$$\boxed{(\beta A)} = -\frac{u_{ki1}}{u_{be2}} = -\frac{R_1}{2r_d} \left(-\frac{R_3}{r_{d3} + R_2} \right) = \frac{5600}{2 * 26} \frac{15000}{5026} = \boxed{321.4} \quad (\beta = 1)$$



$$i_{e1} = i_{e2} = \frac{u_{ki1} - u_{be}}{2r_d}$$

$$u_{ki1} = -i_{e3}R_3 = -\frac{i_{e1}R_1}{r_{d3} + R_2}R_3 = -(u_{ki1} - u_{be})\frac{R_1}{2r_d}\frac{R_3}{r_{d3} + R_2} = -A(u_{ki1} - u_{be})$$

$$\boxed{\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = \frac{A}{1 + A} = \frac{321.4}{322.4} = 0.997 \approx 1}$$