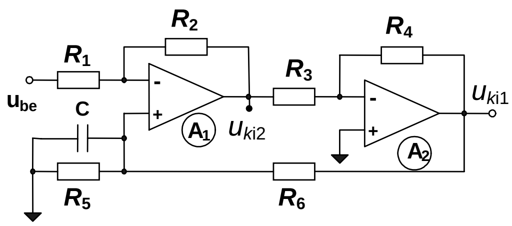
Vizsgapéldák

2010. 06. 09.

1. **Adja meg a differenciálerősítő munkapontbeállításával kapcsolatos legfontosabb fogalmakat (kapcsolási rajz, az U_{off} offset feszültség definíciója, az I_{off} offset áram definíciója, az I_B bias áram definíciója)!**

2. **Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!**



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

a.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, $R_4 = R,\ C = 0,$

b.) $\dfrac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, $R_4 \to \infty,\ C = 0,$

c.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, A_1 ideális, $R_4 \to \infty,\ C = 0,\ A_2(p) = \dfrac{A_0}{1 + p/\omega_0},\ A_0 = 10^5,\ \omega_0 = 10\ rad/s,$

d.) $C = ?,\ \varsigma = \dfrac{1}{2}$, A_1 ideális, $R_4 \to \infty,\ A_2(p) = \dfrac{A_0}{1 + p/\omega_0},\ \omega_0 < \dfrac{2}{CR}$

Megoldás:

a.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, A_1 és A_2 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.) $\dfrac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, $R_4 \to \infty,\ C = 0,$

A második fokozat most –∞ –t erősít, ezért az A_1 erősítő kimenetén zérus nagyságú feszültségnek kell lenni. Ezért:

$$u_{ki2} = 0 \quad \rightarrow \quad \boxed{\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = 0}$$

c.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, A_1 ideális, $R_4 \to \infty,\ C = 0,\ A_2(p) = \dfrac{A_0}{1 + p/\omega_0},\ A_0 = 10^5,\ \omega_0 = 10\ rad/s,$

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

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

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

$$\omega_p = \omega_0(1+A_0) = 10^6\, rad/\sec \qquad (\beta = 1)$$

d.) $C = ?, \varsigma = \dfrac{1}{2},$ A₁ ideális, $R_4 \to \infty,\ A_2(p) = \dfrac{A_0}{1+p/\omega_0},\ \omega_0 < \dfrac{2}{CR}$

A második fokozat most is $-A_2(p)$ –t erősít, ezért az A_1 erősítő kimenetén $-\dfrac{u_{ki}}{A_2(p)}$ 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:

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

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

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

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

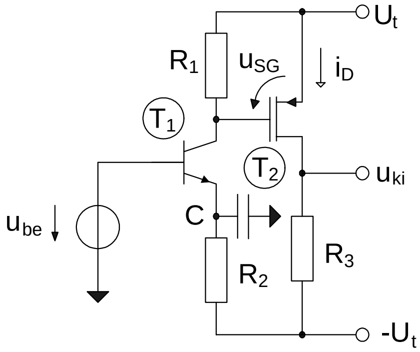
Ha $\varsigma = \dfrac{1}{2}$ és $\omega_z > \omega_0$ akkor: $\sqrt{\dfrac{\omega_z}{\omega_0}} \approx \sqrt{1+A_0}$ ugyan is: $\sqrt{\dfrac{\omega_z}{\omega_0}} >> \sqrt{\dfrac{\omega_0}{\omega_z}} \approx 0$

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

$$\boxed{C \approx \frac{2}{R\omega_0 A_0} = \frac{2}{10^4 10^6} = 200\,pF}$$

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

3. Számítsa ki az alábbi kapcsolás munkaponti adatait és kisjelű paramétereit!



$U_t = 15$ V, T_1: n-p-n tranzisztor, $\beta = B \rightarrow \infty$, U_{BE0}=0,6 V,

T_2: p csatornás betöltéses MOS FET,

$$i_D = I_{D00}\left(\frac{u_{SG} - U_P}{U_P}\right)^2, \quad U_P = 8\text{ V}, \quad I_{D00} = 4\text{ mA},$$

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

b.) S=?,

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha r_d=13 Ω, S=0,5mS, $C \rightarrow \infty$,

d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha r_d=13 Ω, S=0,5 mS, $C = 0$,

$R_2 = 7{,}2\text{ k}\Omega, \quad R_1 = 6\text{ k}\Omega, \quad R_3 = 15\text{ k}\Omega,$

Megoldások:

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

$$U_t = U_{BE0} + I_{E0}R_2 \quad \rightarrow \quad I_{E0} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_2} = \frac{14.4}{7.2} = 2mA$$

$$U_{SG} = U_{R1} = I_{E0}R_1 = 2*6 = 12V \quad \rightarrow \quad I_{D0} = I_{D00}\left(\frac{U_{SG} - U_P}{U_P}\right)^2 = 4\left(\frac{4}{8}\right)^2 = 1mA$$

b.) S=?,

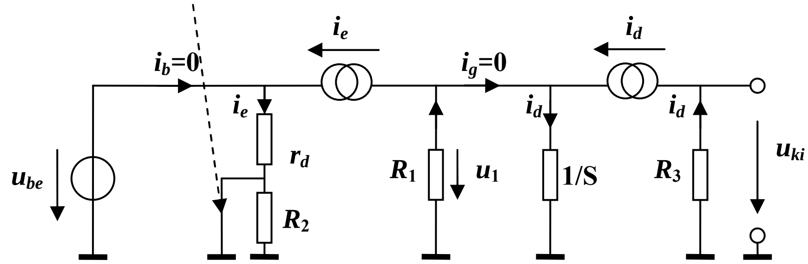
$$S = \left.\frac{dI_{D0}}{du_{SG}}\right|_{U_{SG0}} = 2\frac{I_{D00}}{U_P}\left(\frac{U_{SG0} - U_P}{U_P}\right) = \frac{2*4}{8}\frac{12-8}{8} = 0.5mS$$

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha: r_d=13 Ω, S=0,5mS, $C \rightarrow \infty$,

$$i_e = \frac{u_{be}}{r_d}; \quad u_1 = -i_e R_1 = \left(-\frac{R_1}{r_d}\right)u_{be}; \qquad i_d = \frac{u_1}{1/S} = Su_1; \quad u_{ki} = -i_d R_3 = \left(-SR_3\right)u_1$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left(-\frac{R_1}{r_d}\right)\left(-SR_3\right) =$$

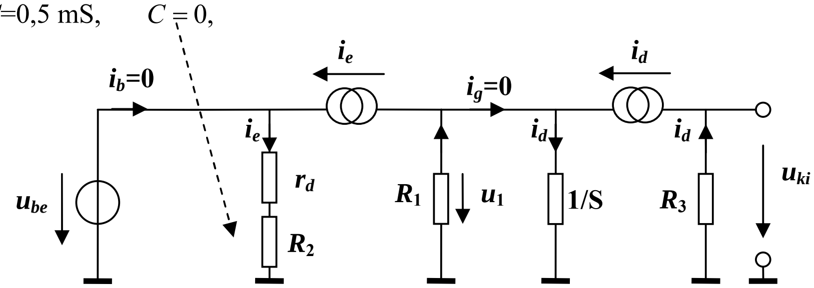
$$= \frac{6000}{13} * 0.5 * 15 = 3461$$



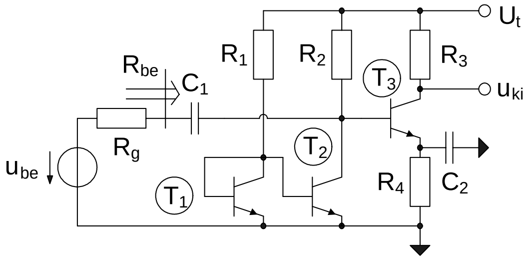
d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha: r_d=13 Ω, S=0,5 mS, $C = 0$,

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left(-\frac{R_1}{r_d + R_2}\right)\left(-SR_3\right) =$$

$$= \frac{6000}{7213} * 0.5 * 15 = 6.239$$



4. Határozza meg a következő kapcsolás kisjelű paramétereit!



$U_t = 15\,\mathrm{V}$, $R_1 = 43{,}2\ \mathrm{k\Omega}$, $R_2 = 24\,\mathrm{k\Omega}$, $R_3 = 5\,\mathrm{k\Omega}$, $R_4 = 6{,}16\ \mathrm{k\Omega}$

T_1, T_2: n-p-n tranzisztorok, $\beta_1 = B_1 = \beta_2 = B_2 \to \infty$,

T_3: n-p-n tranzisztor, $\beta_3 = B_3 = 99$, $R_g = 2\ \mathrm{k\Omega}$

a.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$, $I_{E03}=?$,

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C_1 = C_2 \to \infty$, c.) $R_{be}=?$, $C_1 = C_2 \to \infty$,

d.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, $\omega_p=?$, $C_1 = 10\ \mu\mathrm{F}$, $C_2 \to \infty$

Megoldások:

a.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$, $I_{E03}=?$,

$$U_t = U_{BE0} + I_{E01}R_1 \quad \rightarrow \quad I_{E01} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1} = \frac{14.4}{43.2} = \frac{1}{3}mA$$

Az áramtükör miatt: $I_{E02} = I_{E01}$. A $\beta_1 = B_1 = \beta_2 = B_2 \to \infty$ miatt: $I_{C02} = I_{E02} = I_{E01}$

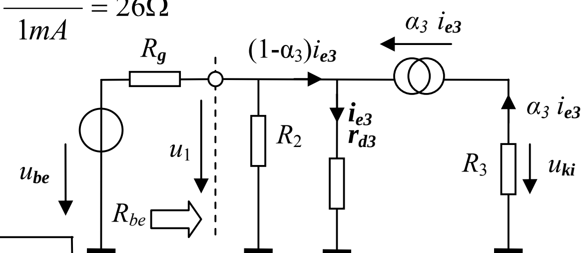
$$U_t = (I_{C02} + I_{B03})R_2 + U_{EB03} + I_{E03}R_4 = I_{C02}R_2 + \left(R_4 + \frac{R_2}{1+B_3}\right)I_{E03} + U_{BE03}$$

$$I_{E03} = \frac{U_t - I_{c02}R_2 - U_{BE03}}{R_4 + \dfrac{R_2}{1+B_3}} = \frac{15 - 0.333*24 - 0.6}{6.16 + 0.24} = \frac{6.4}{6.4} = 1mA$$

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C_1 = C_2 \to \infty$, $r_{d3} = \dfrac{U_t}{I_{E03}} = \dfrac{26mV}{1mA} = 26\Omega$

$$R_{be} = R_2 \times (1+\beta_3)r_{d3} = 24 \times 2.6 = 2.35k\Omega$$

$$u_1 = u_g \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \qquad u_{ki} = -\alpha_3 \frac{R_3}{r_{d3}} u_1$$

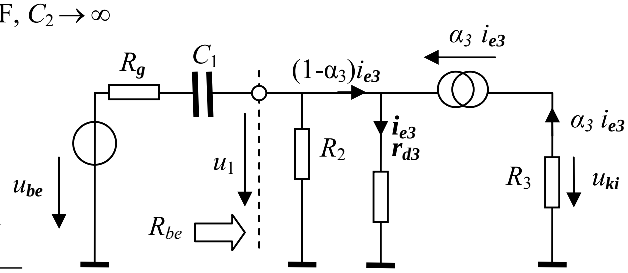


$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}}\left(-\frac{\beta_3}{1+\beta_3}\frac{R_3}{r_d}\right) = -\frac{2.35}{4.35}*\frac{0.99*5000}{26} = -108.5}$$

c.) $R_{be}=?$, $C_1 = C_2 \to \infty$, $\boxed{R_{be} = R_2 \times (1+\beta_3)r_{d3} = 24 \times 2.6 = 2.35k\Omega}$

d.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$ $\omega_p=?$ $C_1 = 10\ \mu\mathrm{F}$, $C_2 \to \infty$

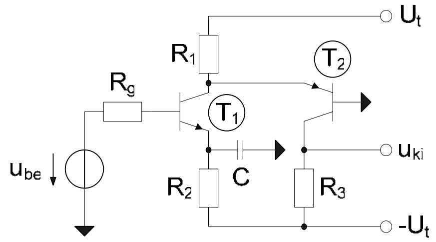
$$u_1 = u_g \frac{R_{be}}{Z_g + R_{be}} = u_g \frac{R_{be}}{R_g + \dfrac{1}{pC_1} + R_{be}} =$$



$$= u_g \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{pC_1(R_g + R_{be})}{1 + pC_1(R_g + R_{be})} = u_g \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{\dfrac{p}{\omega_0}}{1 + \dfrac{p}{\omega_0}}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}}\left(-\frac{\beta_3}{1+\beta_3}\frac{R_3}{r_d}\right)\frac{\dfrac{p}{\omega_0}}{1 + \dfrac{p}{\omega_0}}} \qquad \boxed{\omega_0 = \frac{1}{(R_g + R_{be})C_1} = \frac{1}{4.35*10^3 10^{-5}} = 23rad/\sec}$$

5. Határozza meg az alábbi kapcsolás frekvenciafüggő paramétereit!



T_1: n-p-n tranzisztor, $\beta_1 = B_1 = 99$, $U_{BE0} = 0{,}6$ V
T_2: p-n-p tranzisztor, $\beta_2 = B_2 = 99$, $U_{EB0} = 0{,}6$ V,
$U_t = 12$ V, $R_1 = 11{,}4/1{,}99$ kΩ, $R_2 = 11{,}3$ kΩ,
$R_3 = 10$ kΩ, $R_g = 10$ kΩ,

a.) $I_{E01} = ?$,

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ C \to \infty$,

c.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, ha $C = 10\ \mu$F, a pólus és a zérus értéke = ?
($r_{d1} = r_{d2} = 26\ \Omega$),

d.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, ha $C_{bc1} = 2$ pF, $C_{be1} = 20$ pF,
a T_2 kapacitásait elhanyagoljuk. $C \to \infty$

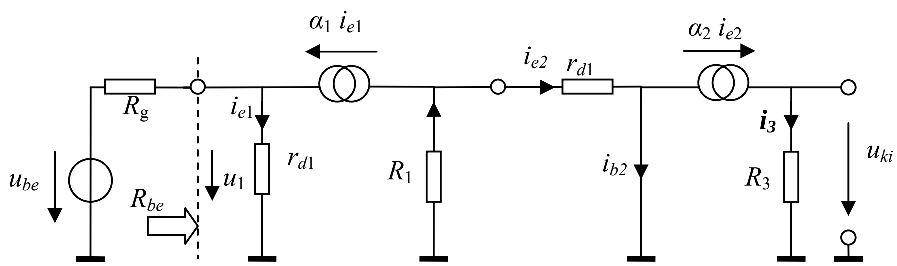
Megoldások:

a.) $I_{E01} = ?$,

$$U_t = I_{B01}R_g + U_{EB01} + I_{E01}R_2 = \left(R_2 + \frac{R_g}{1+B_3}\right)I_{E01} + U_{BE01}$$

$$\boxed{I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE03}}{R_2 + \dfrac{R_g}{1+B_3}} = \frac{12-0.6}{11.3+0.1} = \frac{11.4}{11.4} = 1mA} \qquad r_{d1} = \frac{U_t}{I_{E01}} = \frac{26mV}{1mA} = 26\Omega$$

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ C \to \infty$,



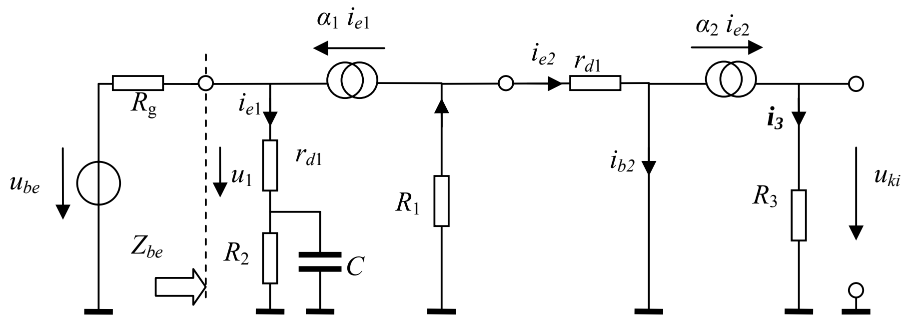
$$R_{be} = (1+\beta_3)r_{d1} = 100 * 26 = 2.6k\Omega$$

$$u_1 = u_{be}\frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \qquad i_{e1} = \frac{u_1}{r_{d1}}$$

$$u_{ki} = i_3 R_3 = \alpha_2 i_{e2} R_3 = -\alpha_1\alpha_2 i_{e1}\frac{R_1}{R_1 + r_{d2}}R_3 = -\alpha_1\alpha_2\frac{R_1}{R_1 + r_{d2}}R_3\frac{u_1}{r_{d1}}$$

$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -A_0 = -\alpha_1\alpha_2\frac{R_{be}}{R_{be}+R_g}\frac{R_1}{R_1 + r_{d2}}\frac{R_3}{r_{d1}} = -0.99^2\,\frac{2.6}{12.6}\,\frac{5.73}{5.756}\,\frac{10^4}{26} = -77.43}$$

c.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, ha $C = 10\ \mu F$, a pólus és a zérus értéke = ? $\qquad (r_{d1} = r_{d2} = 26\ \Omega)$,



$$r_{d1} \quad \rightarrow \qquad Z_e = r_{d1} + R_2 \times \frac{1}{pC} = r_{d1} + \frac{R_2}{1 + pR_2C}$$

$$Z_{be} = (1 + \beta_1) Z_e$$

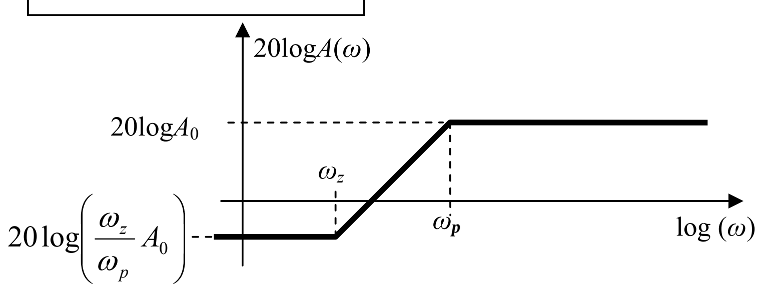
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\alpha_1\alpha_2 \frac{Z_{be}}{Z_{be} + R_g} \frac{R_1}{R_1 + r_{d2}} \frac{R_3}{Z_e} = -\alpha_1\alpha_2 \frac{R_1}{R_1 + r_{d2}} \frac{R_3}{\dfrac{R_g}{1+\beta_1} + Z_e} = -\alpha_1\alpha_2 \frac{R_1}{R_1 + r_{d2}} \frac{R_3}{r_{d1}^* + \dfrac{R_2}{1 + pR_2C}}$$

Ahol: $\qquad r_{d1}^* = r_{d1} + \dfrac{R_g}{1+\beta_1} = 26 + 100 = 126\Omega$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\alpha_1\alpha_2 \frac{R_1}{R_1 + r_{d2}} \frac{R_3}{r_{d1}^* + R_2} \frac{1 + pR_2C}{1 + pr_{d1}^* \times R_2C} = -\alpha_1\alpha_2 \frac{R_1}{R_1 + r_{d2}} \frac{R_3}{r_{d1}^* + R_2} \frac{1 + p/\omega_z}{1 + p/\omega_p}$$

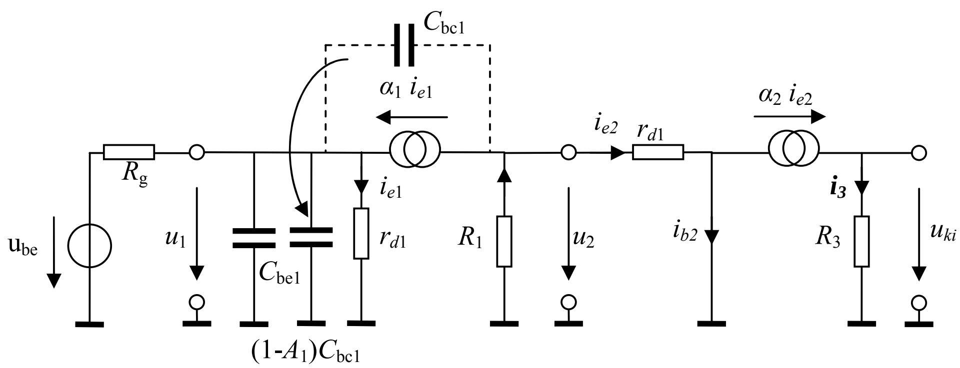
$$\omega_z = \frac{1}{R_2C} = \frac{1}{11.310^3 10^{-5}} = 8.85 rad/\sec \qquad \omega_p = \frac{1}{r_{d1}^* \times R_2C} \approx \frac{1}{r_{d1}^* C} = \frac{1}{1.2610^2 10^{-5}} = 796 rad/\sec$$

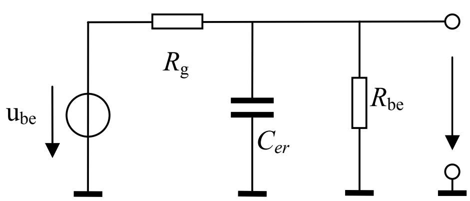
$$\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = -A_0 \frac{\omega_z}{\omega_p} \frac{1 + \dfrac{p}{\omega_z}}{1 + \dfrac{p}{\omega_p}}}$$



d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(p) = ?$, ha C_{bc1} = 2 pF, C_{be1} = 20 pF, a T_2 kapacitásait elhanyagoljuk. $C \to \infty$

A C_{bc1} –t **Miller-kapacitásként** kezeljük: $C_{bc1} \rightarrow (1\text{-}A_1)C_{bc1}$





Ahol: $A_1 = \frac{u_2}{u_1} = -\alpha_1 \frac{R_1 \times r_{d2}}{r_{d1}} \approx -\alpha_1 \frac{r_{d2}}{r_{d1}} = -1$ az első fokozat erősítése.

A párhuzamos eredő kapacitás értéke:

$$C_{er} = C_{be1} + (1 - A_1)C_{bc1} = 20 + 2*2 = 24\,pF$$

Az ellenállásokból és a párhuzamos kapacitásból származó frekvencia függő leosztás:

$$\frac{u_1}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{1}{1 + pR_g \times R_{be}C_{er}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{1}{1 + \frac{p}{\omega_f}}$$

Ahol: $$\omega_f = \frac{1}{R_g \times R_{be}C_{er}} = \frac{1}{2.0610^3 2410^{-12}} = 2.02*10^7\ rad/\sec$$

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