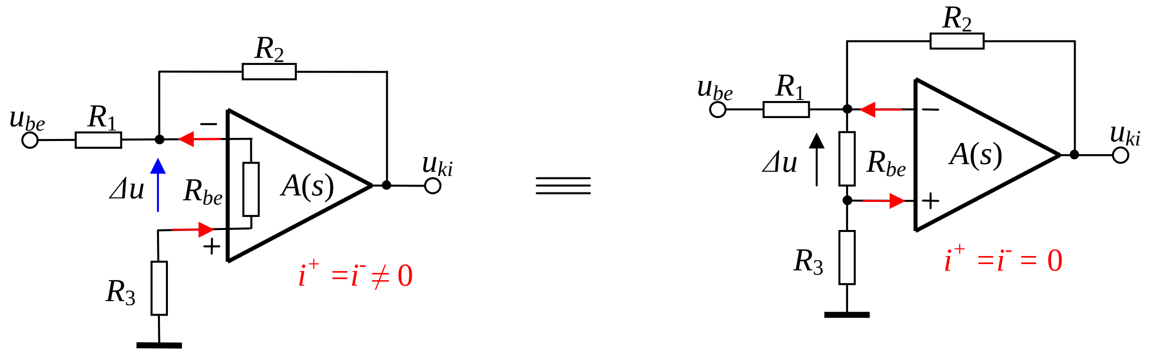
1. Feladat Ismertesse a véges erősítéssel és véges bemeneti ellenállással rendelkező műveleti erősítővel felépített fázisfordító alapkapcsolás visszacsatolt erősítését, ha az erősítő átviteli függvényében két pólus van. (Kapcsolási rajz, a visszacsatolt erősítés általános alakja, a törésponti frekvencia és a csillapítási tényező értéke ?).

Megoldás:

A ***nem ideális*** műveleti erősítő:

a.) $A(s)=\dfrac{A_0}{(1+s/\omega_1)(1+s/\omega_2)}$ $\rightarrow$ $\Delta u \neq 0$ **b.)** $i^+ = i^- \neq 0$ $\rightarrow$ R_{be} **c.)** $R_{ki} \approx 0$



Az R_3 szerepe:
Mivel $i^+ = i^- \neq 0$ az $u_{be} = 0$ esetében az $u_{ki} = 0$ akkor teljesül, ha $\boldsymbol{R_3 = R_1 \times R_2}$ (ofszet mentesítés).

Az átvitelt a szuperpozícó segítségével számítjuk: $u_{ki} = A\Delta u = A(-L_2 u_{be} - L_1 u_{ki})$

Ahol:

$$L_1 = \left.\frac{-\Delta u}{u_{ki}}\right|_{ube=0} = \frac{R_1 \times (R_{be}+R_3)}{R_1 \times (R_{be}+R_3)+R_2}\,\frac{R_{be}}{R_{be}+R_3} = \frac{R_1 R_{be}}{(R_1+R_2)(R_{be}+R_3)+R_1R_2} = \frac{R_1}{R_1+R_2}\,\frac{R_{be}}{R_{be}+2R_3}$$

$$L_2 = \left.\frac{-\Delta u}{u_{be}}\right|_{uki=0} = \frac{R_2 \times (R_{be}+R_3)}{R_2 \times (R_{be}+R_3)+R_1}\,\frac{R_{be}}{R_{be}+R_3} = \frac{R_2 R_{be}}{(R_1+R_2)(R_{be}+R_3)+R_1R_2} = \frac{R_2}{R_1+R_2}\,\frac{R_{be}}{R_{be}+2R_3}$$

$$u_{ki} = A\Delta u = -AL_2 u_{be} - AL_1 u_{ki}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = -\frac{A(s)L_2}{1+A(s)L_1} = -\frac{L_2}{L_1}\,\frac{AL_1}{1+AL_1} = -\frac{L_2}{L_1}\,\frac{A(s)\beta}{1+A(s)\beta} =$$

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

Ahol: $\beta = L_1 = \dfrac{R_1}{R_1+R_2}\,\dfrac{R_{be}}{R_{be}+2(R_1 \times R_2)}$ $\beta = \beta_{id}\,\dfrac{R_{be}}{R_{be}+2(R_1 \times R_2)}$ $\beta_{id} = \dfrac{R_1}{R_1+R_2}$

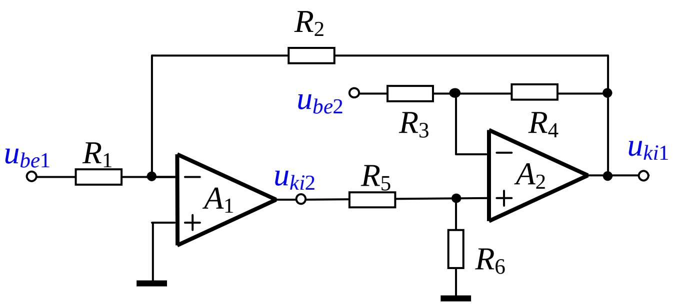
A törésponti frekvencia: $\Omega_0 = \sqrt{(1+A_0\beta)\omega_1\omega_2}$

A csillapítási tényező:

$$\zeta = \frac{1}{2}\,\frac{\sqrt{\dfrac{\omega_1}{\omega_2}}+\sqrt{\dfrac{\omega_2}{\omega_1}}}{\sqrt{1+A_0\beta}} \cong \frac{1}{2}\sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1 A_0\beta}}$$

mivel általában $\omega_1 << \omega_2$

2. Feladat Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$

a.) $\dfrac{u_{ki2}}{u_{be1}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, u_{be2}=0

b.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be2}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, u_{be1}=0

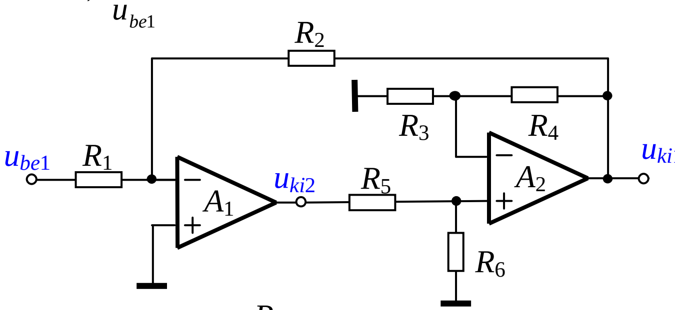
c.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be1}}(s) = ?$, A_2 ideális, u_{be2}=0

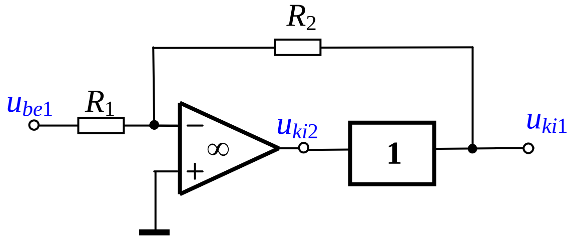
$A_1(s) = \dfrac{A_0}{1+s/\omega_0}$, A_0=2*10^5, ω_0=10 *rad/sec*

d.) U_{ki1H} = ? , A_2 ideális, U_{off1}= 1 *mV*

Megoldás:

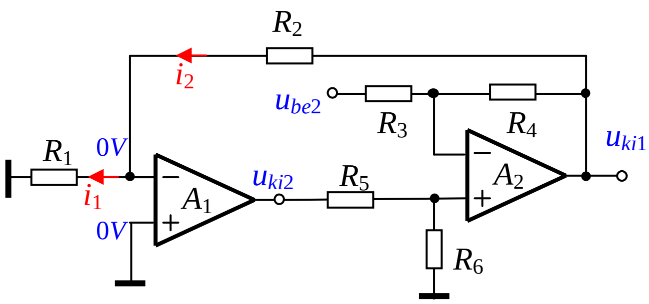
a.) $\dfrac{u_{ki2}}{u_{be1}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, u_{be2}=0 A második fokozat erősítése: $\dfrac{R_6}{R_5+R_6}\left(1+\dfrac{R_4}{R_3}\right) = 1$





$A_{id} = \dfrac{u_{ki1}}{u_{be1}} = -\dfrac{R_2}{R_1} = -1$ Mivel u_{ki1}=u_{ki2}, ezért $\boxed{\dfrac{u_{ki2}}{u_{be1}} = -1}$

b.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be2}} = ?$, A_1 és A_2 ideális, u_{be1}=0



Mivel $i_1 = i_2 = 0$ és $u_{ki1} = i_2 R_2$

Ezért u_{ki1} = 0 függetlenül u_{be2}-től

Így: $\boxed{\dfrac{u_{ki1}}{u_{be2}} = 0,}$

c.) $\dfrac{u_{ki1}}{u_{be1}}(s) = ?$, A_2 ideális, u_{be2}=0

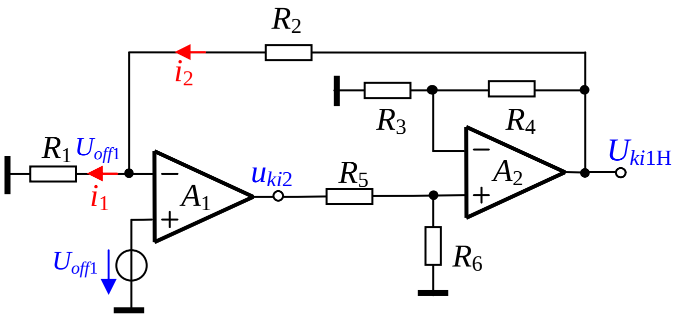
$$\frac{u_{ki1}}{u_{be1}}(s) = A_{id}\frac{A(s)\beta}{1+A(s)\beta} = \boxed{A_{id}\frac{A_0\beta}{1+A_0\beta}\frac{1}{1+s/\Omega_0}}$$

Ahol: $A_{id} = -\dfrac{R_2}{R_1} = -1$, $\beta = \dfrac{R_1}{R_1+R_2} = \dfrac{1}{2}$, $\dfrac{A_0\beta}{1+A_0\beta} \cong 1$, $\Omega_0 = \omega_0(1+A_0\beta) \boxed{\cong 10^6\ rad/\sec}$

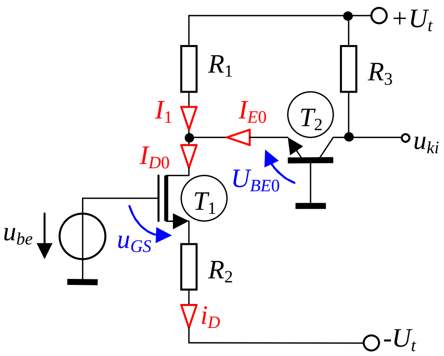
d.) U_{ki1H} = ? , A_2 ideális, U_{off1}= 1 *mV*

$$i_1 = i_2 \rightarrow \frac{U_{off1}}{R_1} = \frac{U_{ki1H} - U_{off1}}{R_2}$$

$$U_{ki1H} = U_{off1}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) \boxed{= 2\ \ mV}$$



3. Feladat Határozza meg az alábbi kapcsolás munkapontját és kisjelű paramétereit !



T_1: n-csatornás, növekményes MOS FET

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

T_2: n-p-n tranzisztor, U_{BE0}=0.6 V $\quad \beta = B \rightarrow \infty$

R_1=10.6 $k\Omega$, R_2=2 $k\Omega$, R_3=5 $k\Omega$, $\acute{U}_t$=10 V

a.) I_{D0} = ?, **b.)** I_{E0} = ? , **c.)** $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}$ = ? r_d=26 Ω, S = 2 mS

d.) ΔI_{E0}=? , ha ΔT =10 C^0 (Csak T_2 nyitófesz.-e változik)

Megoldás:

a.) I_{D0} = ? $\rightarrow$ u_{be} = 0 $\qquad U_t = u_{GS} + i_D R_2 \rightarrow i_D = \dfrac{1}{2}(10 - u_{GS})$

$$i_D = I_{D00}\left(\frac{u_{GS}-U_P}{U_P}\right)^2 = 8\left(\frac{u_{GS}-4}{4}\right)^2 = \frac{1}{2}(10-u_{GS}) \qquad u_{GS}^2 - 8u_{GS} + 16 = 10 - u_{GS}$$

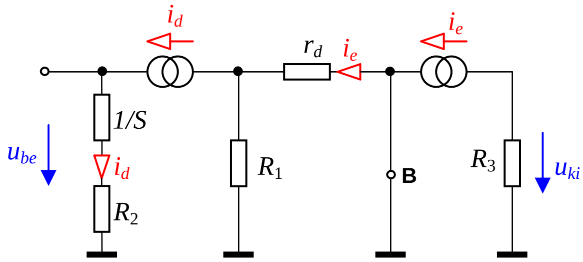
$$u_{GS}^2 - 7u_{GS} + 6 = 0 \rightarrow u_{GS} = U_{GS0} = \frac{7+\sqrt{49-24}}{2} \boxed{= 6\ V} \ (>U_P),\ I_{D0} = \frac{1}{2}(10-U_{GS0}) \boxed{= 2\ mA}$$

b.) I_{E0} = ? , $\quad U_t + U_{BE0} = I_1 R_1 \qquad I_1 = \dfrac{U_t + U_{BE0}}{R_1} = \dfrac{10.6}{10.6} = 1\ mA,$ $\quad \boxed{I_{E0} = I_{D0} - I_1 = 1\ mA}$

c.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}$ = ? r_d=26 Ω, S = 2 mS

$$i_e = i_d \frac{R_1}{R_1 + r_d} = i_d \frac{10.6}{10.626} \cong i_d$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{-i_e R_3}{i_d (R_2 + 1/S)} = -\frac{SR_3}{1+SR_2} = -\frac{2*5}{1+2*2} \boxed{= -2}$$

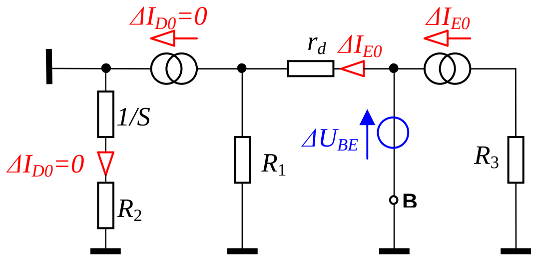


d.) ΔI_{E0}=? , ha ΔT =10 C^0 (Csak T_2 nyitófeszültsége változik)

$$\Delta U_{BE} + \Delta I_{E0}(r_d + R_1) = 0$$

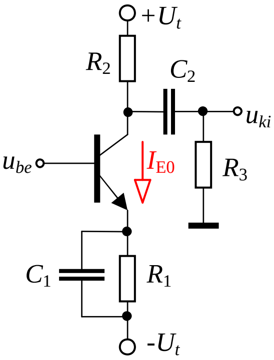
$$\Delta U_{BE} = (-2\,mV/C^0)\Delta T$$

$$\Delta I_{E0} = \frac{-(-2\,mV/C^0)\Delta T}{r_d + R_1} = \frac{20\ \ mV}{10.626\ k\Omega} \boxed{\cong 2\ \mu A}$$



4. Feladat

Határozza meg az alábbi áramkör kivezérelhetőségét !



U_t= 12 V, U_m= 1 V, A =1, I_{E0}= I_{C0}= 2 mA

a.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2 \to \infty,$ nyitó irányú vezérlés

b.) $U_{ki}^{-}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2 \to \infty,$ záró irányú vezérlés

c.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2$ helyett rövidzár van, nyitó irányú vezérlés

d.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 = 0,\, C_2 \to \infty,$ nyitó irányú vezérlés

$R_1 = R_2 = R_3 = 4\ k\Omega$

Megoldás:

a.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2 \to \infty,$

$R_e = R_1 + R_2 = 8\ k\Omega,\quad R_v = R_2 \mathrm{x} R_3 = 2\ k\Omega,\quad U_t^{*} = 2U_t = 24\ V$

$U_{CE0} = U_t^{*} - I_{C0} R_e = 24 - 16 = 8\ V \qquad U_{ce}^{+} = U_{CE0} - U_m = U_{ki}^{+} = 8 - 1 \boxed{= 7\ \ V}$

b.) $U_{ki}^{-}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2 \to \infty, \qquad U_{ce}^{-} = I_{C0} R_v = U_{ki}^{-} = 2 * 2 \boxed{= 4\ \ V}$

c.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 \to \infty,\, C_2$ helyett rövidzár:

$$U_t^{*} = U_t \frac{R_3}{R_2 + R_3} + U_t = 1.5 U_t = 18V,\quad R_e = R_1 + R_2 \times R_3 = 6k\Omega,\quad R_v = R_2 \times R_3 = 2k\Omega$$

$U_{CE0} = U_t^{*} - I_{C0} R_e = 18 - 12 = 6\ V, \qquad U_{ce}^{+} = U_{CE0} - U_m = U_{ki}^{+} = 6 - 1 \boxed{= 5\ \ V}$

d.) $U_{ki}^{+}=?,\quad C_1 = 0,\, C_2 \to \infty,$ nyitó irányú vezérlés

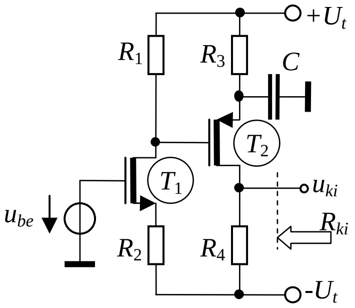
$R_e = R_1 + R_2 = 8\ k\Omega,\quad R_v = R_1 + R_2 \mathrm{x} R_3 = 6\ k\Omega,\quad U_t^{*} = 2U_t = 24\ V$

$U_{CE0} = U_t^{*} - I_{C0} R_e = 24 - 16 = 8\ V \qquad U_{ce}^{+} = U_{CE0} - U_m = 8 - 1 = 7\ \ V$

$$U_{ki}^{+} = U_{ce}^{+} \frac{R_2 \times R_3}{R_1 + R_2 \times R_3} = 7 \frac{2}{4+2} \boxed{= 2.33\ \ V}$$

5. Feladat

Határozza meg az alábbi kapcsolás frekvenciafüggő paramétereit !



T_1: n-csatornás MOS FET, S_1= 1 mS

T_2: p-csatornás MOS FET, S_2= 1 mS

U_t = 10 V, R_1 = 10 $k\Omega$, R_2 = 4 $k\Omega$, R_3 = 4 $k\Omega$, R_4 = 10 $k\Omega$,

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

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?,\ C = 20\,\mu F \quad \omega_0 = ?,\ \ \omega_p = ?$

c.) Az átviteli függvény Bode-diagramja ?, **d.)** R_{ki} = ?

Megoldás:

a.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = ?,\ C \to \infty$ Az első fokozat: $A_1 = -\dfrac{R_1}{R_2 + 1/S_1} = -\dfrac{R_1 S_1}{1 + R_2 S_1} = -\dfrac{10}{1+4} = -2$

A második fokozat: $A_2 = -\dfrac{R_4}{1/S_2} = -R_4 S_2 = -10$ $\qquad \dfrac{u_{ki}}{u_{be}} = A_1 A_2 = \boxed{A_\infty = 20}$

b.) $\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?,\ C = 20\,\mu F$

A második fokozat kis frekvenciákon: $A_{20} = -\dfrac{R_4}{R_3 + 1/S_2} = -\dfrac{R_4 S_2}{1 + R_3 S_2} = -\dfrac{10}{1+4} = -2$

Az eredő erősítés egészen kicsi frekvenciákon: $\boxed{A_0 = A_1 A_{20} = 4}$

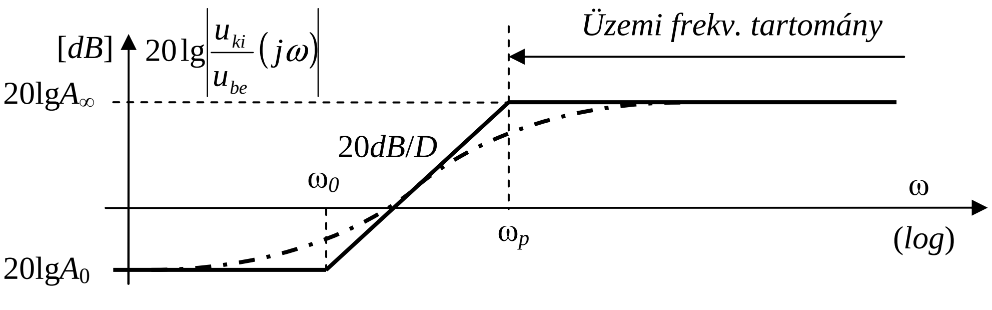
Az átvitel: $\boxed{\dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = A_0 \dfrac{1 + s/\omega_0}{1 + s/\omega_p}}$ $\qquad \lim\limits_{\omega \to \infty} \dfrac{u_{ki}}{u_{be}}(j\omega) = A_0 \dfrac{\omega_p}{\omega_0} = A_\infty$

Ahol:

$\omega_0 = \dfrac{1}{R_3 C} = \dfrac{1}{4 * 10^3 * 20 * 10^{-6}} = \dfrac{10^3}{80} = \boxed{12.5\ rad/\sec}$ $\qquad \approx 2\ \ Hz$

$\omega_p = \omega_0 \dfrac{A_\infty}{A_0} = 12.5 \dfrac{20}{4} = \boxed{62.5\ rad/\sec}$ $\qquad \approx 10\ \ Hz$

c.) Az átviteli függvény Bode-diagramja



d.) R_{ki} = ?

$\boxed{R_{ki} = R_4 = 10\ \ k\Omega}$