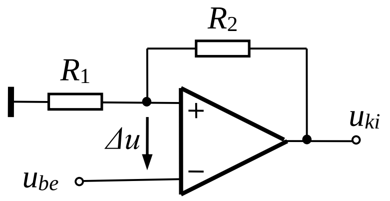
1.) *Feladat* Ismertesse a fázisfordító hiszterézises (pozitív visszacsatolású) komparátor jellemzőit:

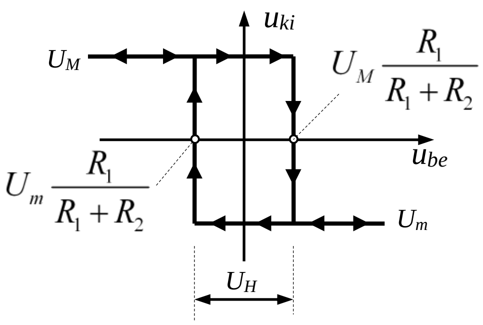
a.) kapcsolási rajz, 5p
b.) $u_{be} - u_{ki}$ transzfer karakterisztika, 5p
c.) a billenési küszöbértékek, 5p
d.) az U_H (hiszterézis hurok feszültség) értéke. 5p

Megoldás:

a.)



b.)



c.) Az $U_m \to U_M$ billenés feltétele:

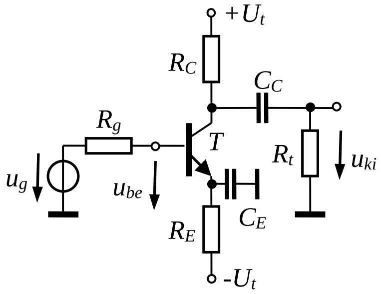
$$\Delta u = U_m \frac{R_1}{R_1+R_2} - u_{be} > 0 \qquad u_{be} < U_m \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

Az $U_M \to U_m$ billenés feltétele:

$$\Delta u = U_M \frac{R_1}{R_1+R_2} - u_{be} < 0 \qquad u_{be} > U_M \frac{R_1}{R_1+R_2}$$

d.) $U_H = \left(U_M - U_m\right)\dfrac{R_1}{R_1+R_2}$

2.) Feladat Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



T: npn tranzisztor, $U_{BE0}=0.6\ V$, $U_m=0{,}5V$, $\beta=B=99$, $R_g=2{,}6k\Omega$, $R_E=4{,}374k\Omega$, $R_C=0{,}26k\Omega$, $R_t=2.6k\Omega$, $U_t=5V$, $C_E=C_C=\infty$, $C_{bc}=5pF$.

a.) I_{E0}=?, U_{ki0}=?, r_d=? 2+2+1p

b.) Közepes frekvenciás erősítés: $A_0=\dfrac{u_{ki}}{u_g}=?$ 5p

c.) Maximális kimenőjel amplitúdó: U_{kimax}=? 5p

d.) Az $\left|\dfrac{u_{ki}}{u_g}\right|$ -3 dB-es felső határfrekvenciáját 1,5 MHz -nek mérjük.

Mekkora a bázis-emitter kapacitás értéke C_{be}=? 5p

Megoldás:

a.) $$I_{E0}=\frac{U_t-U_{BE0}}{R_E+(1-\alpha)R_g}=\frac{5-0{,}6}{4{,}374+0{,}01\cdot 2{,}6}=1\ mA \qquad U_{ki0}=0V \quad r_d=\frac{U_T}{I_{E0}}=26\ \Omega$$

b.) $$A_0=\frac{u_{ki}}{u_g}=L_{be}A_{ü}L_{ki}$$

$$R_{be}=(1+\beta)r_d=100\cdot 26=2{,}6\ k\Omega\,,\quad L_{be}=\frac{R_{be}}{R_g+R_{be}}=\frac{2.6}{2.6+2.6}=\frac{1}{2}$$

$$A_{ü}=-\frac{\alpha R_C}{r_d}=-0{,}99\frac{260}{26}=-9{,}9$$

$$L_{ki}=\frac{R_t}{R_C+R_t}=\frac{2.6}{0{,}26+2{,}6}=0{,}91 \qquad A_0=\frac{u_{ki}}{u_g}=L_{be}A_{ü}L_{ki}=-0{,}5\cdot 9{,}9\cdot 0{,}91=-4{,}5$$

c.) $$U_t^*=2U_t=10\ V\,,\quad R_e=R_C+R_E=0{,}26+4{,}374=4{,}634\ k\Omega\,,\quad R_v=R_C\times R_t=236\ \Omega$$

$$U_{ki}^+=U_{ce}^+=U_{CE0}-U_m=U_t^*-I_{E0}R_e-U_m=10-4.634-0.5=4.86\ V$$

$$U_{ki}^-=U_{ce}^-=I_{E0}R_v=1\cdot 0{,}236=0{,}236\ V \qquad U_{ki\max}=\min\left(U_{ki}^+,U_{ki}^-\right)=0{,}236\ V$$

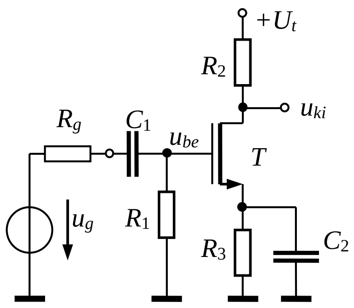
d.) $$R_p=R_g\times R_{be}=2{,}6\times 2{,}6=1{,}3\ k\Omega \qquad \omega_p=2\pi f_p=6{,}28\cdot 1{,}5\cdot 10^6=9{,}42\ Mrad/\sec$$

$$C_p=\frac{1}{\omega_p R_p}=\frac{10^{-6}10^{-3}}{9{,}42\cdot 1{,}3}=81{,}66\ pF=C_{be}+(1-A)C_{bc}$$

$$A=A_{ü}L_{ki}=-9.9\cdot 0{,}91=-9$$

$$C_{be}=C_p-(1-A)C_{bc}=81{,}66-10\cdot 5=31{,}66\ pF$$

3.) Feladat Határozza meg az áramkör paramétereit.



T: *n*-csatornás, kiürítéses MOS FET, I_{D00}=4 mA, U_P= -2 V
$R_1=1M\Omega$, $R_2=7{,}2k\Omega$, $R_g=1k\Omega$, $U_t=20V$, $C_1=1nF$, $C_2=\infty$.

a.) R_3=?, ha I_{D0}=1 mA értéket akarunk beállítani 5p

b.) Sávközépi erősítés $\dfrac{u_{ki}}{u_g}=?$ 5p

c.) $\left|\dfrac{u_{ki}}{u_g}\right|$ alsó határfrekvenciája $f_a=?$ 5p

d.) Ha R_3=1kΩ, mekkora a zárási irányú kivezérelhetőség U_{ki}^{-}=? 5p

Megoldás:

a.) Mivel R_1-en nem folyik munkaponti áram, ezért:

$$1.)\ u_{GS}+i_DR_3=0$$

Másrészt:

$$2.)\ i_D=I_{D00}\left(\frac{u_{GS}-U_P}{U_P}\right)^2$$

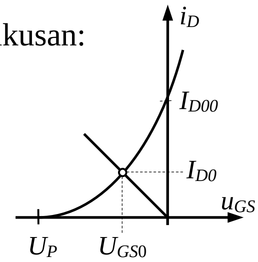
Numerikusan:

$$I_{D0}=1\ mA=4\left(\frac{U_{GS0}+2}{-2}\right)^2 \quad\rightarrow\quad (U_{GS0}+2)^2=1$$

$U_{GS0}+2=\pm1 \;\rightarrow\; U_{GS0}$= -2+1=-1 V > U_P=-2 V

1.)-ből: $$R_3=-\frac{u_{GS}}{i_D}=-\frac{U_{GS0}}{I_{D0}}=-\frac{-1V}{1mA}=1\,k\Omega$$

Grafikusan:



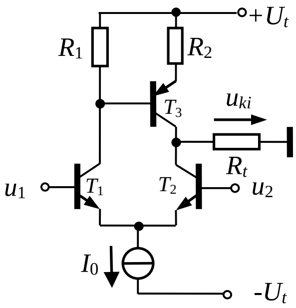
$$S=\left|\frac{2}{U_P}\right|\sqrt{I_{D0}I_{D00}}=\left|\frac{2}{-2}\right|\sqrt{1\cdot4}=2mS$$

b.) $$\frac{u_{ki}}{u_g}=\frac{u_{be}}{u_g}\frac{u_{ki}}{u_{be}}=\frac{R_1}{R_1+R_g}\left(-\frac{R_2}{\frac{1}{S}}\right)\approx-\frac{R_2}{\frac{1}{S}}=-SR_2=-2\cdot7{,}2=-14{,}4$$

c.) $$\omega_a=\frac{1}{(R_g+R_1)C_1}=\frac{1}{(10^3+10^6)10^{-9}}=999rad/s \qquad f_a=\frac{\omega_a}{2\pi}=\frac{999}{2\pi}=159Hz$$

d.) $$U_{ki}^{-}=I_{D0}R_v=I_{D0}R_2=1\cdot7{,}2=7{,}2V$$

4.) Feladat Határozza meg az áramkör paramétereit.



T_1=T_2: *n-p-n* tranzisztorok U_{BE0}=0,6 V, $\beta_1 = \beta_2 = B_1 = B_2 = \infty$,
T_3: *p-n-p* tranzisztor U_{EB0}=0,6 V, $\beta_3 = B_3 = \infty$
R_1=2,8 kΩ, R_2=2 kΩ, R_t=10 kΩ, I_0 =2 mA, U_t =5V.

a.) Munkaponti áramok: I_{E01}=?, I_{E02}=?, I_{E03}=? 5p
b.) Munkaponti kimenő feszültség: U_{ki0}=? 5p
c.) Differenciális erősítés: A_D=? 5p
d.) *KME, CMRR=?* 5p

Megoldás:

a.) $I_{C01} = I_{E01}$, $I_{C02} = I_{E02}$, $I_{C03} = I_{E03}$

Munkapont: $u_1 = u_2 = 0 \rightarrow U_{BE01} = U_{BE02} \rightarrow I_{E01} = I_{E02} = I_0/2 = 1\ mA$ $(I_{E01} + I_{E02} = I_0)$ **5p**

$$I_{C01}R_1 = I_{E03}R_2 + U_{EB03} \rightarrow I_{E03} = I_{C03} = \frac{I_{C01}R_1 - U_{EB03}}{R_2} = \frac{I_{E01}R_1 - U_{EB03}}{R_2} = \frac{2{,}8 - 0{,}6}{2} = 1{,}1\ mA$$

b.) U_{ki0}=? $$U_{ki0} = (I_{C03} - I_{C02})R_t = (I_{E03} - I_{E02})R_t = (1{,}1 - 1)10 = 1\ V$$ **5p**

c.) A_D=?

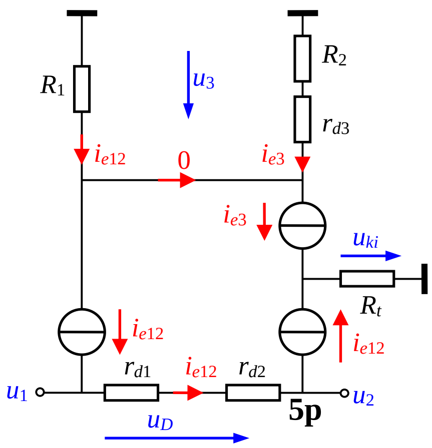
$$r_{d1} = r_{d2} = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26}{1} = 26\Omega \qquad r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = \frac{26}{1{,}1} = 23{,}6\Omega$$

$$u_3 = i_{e12}R_1 = i_{e3}(R_2 + r_{d3})$$

$$\frac{i_{e3}}{i_{e12}} = \frac{R_1}{R_2 + r_{d3}} = \frac{2{,}8}{2 + 0{,}0236} = 1{,}38$$

$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_D} = \frac{(i_{e12} + i_{e3})R_t}{i_{e12}(r_{d1} + r_{d2})} = \left(1 + \frac{i_{e3}}{i_{e12}}\right)\frac{R_t}{r_{d1} + r_{d2}}$$

$$A_D = \left(1 + \frac{i_{e3}}{i_{e12}}\right)\frac{R_t}{r_{d1} + r_{d2}} = (1 + 1{,}38)\frac{10000}{52} = 457{,}7$$



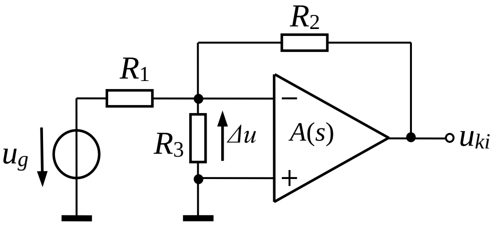
5p

d.) $$KME = CMRR = \left|\frac{A_D}{A_K}\right| = \frac{457{,}7}{0} = \infty$$ **5p**

5.) **Feladat** Határozza meg az áramkör kisjelű paramértereit.

A műveleti erősítő nyilthurkú erősítése jól közelíthető a kétpólusú modellel:

$A(s) = A_0 \dfrac{1}{1+s/\omega_1} \dfrac{1}{1+s/\omega_2}$, ahol: $A_0=10^6$, $\omega_1=10\,rad/sec$, $\omega_2=1M\,rad/sec$. A műveleti erősítő egyéb paraméterei ideálisak. $R_1=2k\Omega$, $R_2=4k\Omega$, $R_3=2k\Omega$.



a.) Ábrázolja a nyilthurkú erősítést töréspontos közelítésű Bode diagramban 5p

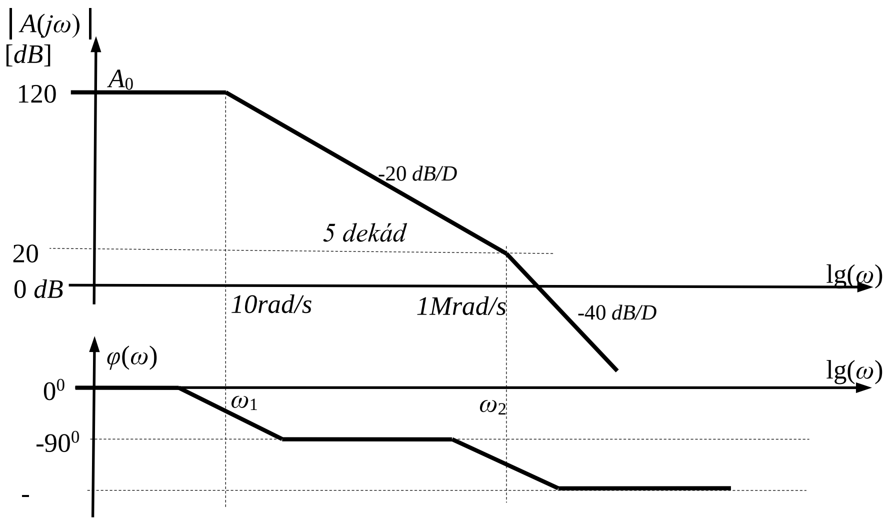
b.) Mekkora az α becsatolási és a β visszacsatolási tényező, mekkora a rendszer ideális feszültség erősítése $A_{id} = ?$ 5p

c.) Mekkora a visszacsatolt rendszer ω_p pólus frekvenciája? 5p

d.) Ábrázolja az $\dfrac{u_{ki}}{u_g}(j\omega)$ abszolút értékét Bode diagramban töréspontos közelítéssel 5p

Megoldás:

a.)



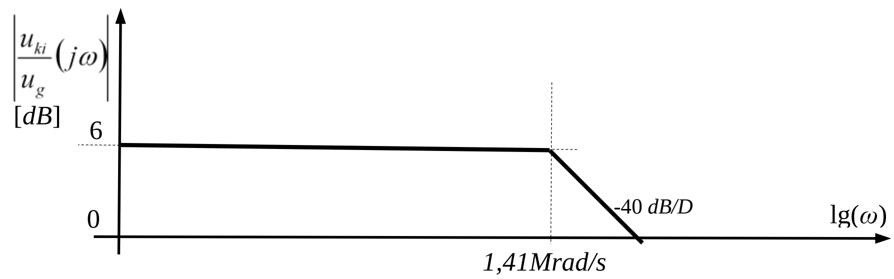
b.) $u_{ki} = \left(-u_g \dfrac{R_2 x R_3}{R_1 + R_2 x R_3} - u_{ki} \dfrac{R_1 x R_3}{R_2 + R_1 x R_3} \right) A = \left(\alpha u_g - \beta u_{ki} \right) A$

$\alpha = -\dfrac{R_2 x R_3}{R_1 + R_2 x R_3} = -\dfrac{4x2}{2+4x2} = -0{,}4$, $\quad\quad \beta = \dfrac{R_1 x R_3}{R_2 + R_1 x R_3} = \dfrac{2x2}{4+2x2} = 0{,}2$

$u_{ki} = \alpha u_g A - \beta u_{ki} A$, $\quad u_{ki} + \beta u_{ki} A = \alpha u_g A$, $\quad \dfrac{u_{ki}}{u_g} = \dfrac{\alpha}{\beta} \dfrac{\beta A}{1+\beta A} = A_{id} \dfrac{\beta A}{1+\beta A}$, $\; A_{id} = \dfrac{\alpha}{\beta} = -\dfrac{0{,}4}{0{,}2} = -2$

c.) $\omega_p \cong \sqrt{A_0 \beta \omega_1 \omega_2} = \sqrt{10^6 \cdot 0{,}2 \cdot 10 \cdot 10^6} = 1.41\ Mrad/\sec$

d.) $\dfrac{u_{ki}}{u_g}(s) = A_{id} \dfrac{A(s)\beta}{1+A(s)\beta} = A_{id} \dfrac{A_0\beta}{1+A_0\beta} \dfrac{1}{1+2\varsigma s/\omega_p + (s/\omega_p)^2} \approx A_{id} \dfrac{1}{1+2\varsigma s/\omega_p + (s/\omega_p)^2}$



5p

(

A megoldáson túl: az $\frac{\alpha}{\beta}$ hányados – ideális erősítés - nem függ R_3-tól, csak α és β:

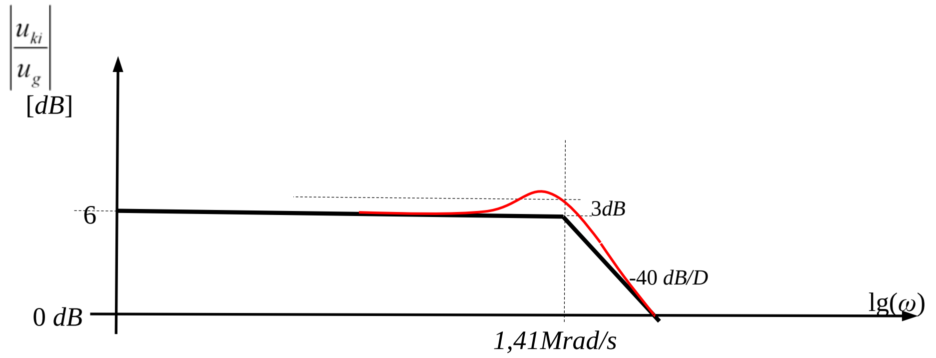
$$A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} = -\frac{\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}}{R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3}} \frac{R_2 + \frac{R_1R_3}{R_1+R_3}}{\frac{R_1R_3}{R_1+R_3}} = -\frac{\frac{R_2R_3}{R_2+R_3}}{\frac{R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3}{R_2+R_3}} \frac{\frac{R_2R_1+R_2R_3+R_1R_3}{R_1+R_3}}{\frac{R_1R_3}{R_1+R_3}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

a pontos görbe számításhoz:

$$\varepsilon^{dB}(\omega_p) = 20\lg\left|\frac{u_{ki}}{u_{be}}(j\omega_p)\right| - 20\lg\left|\frac{u_{ki}}{u_{be}}(0)\right| = 20\lg\left|\frac{1}{1+j2\varsigma-1}\right| = 20\lg\frac{1}{2\varsigma}$$

$$2\varsigma \cong \sqrt{\frac{\omega_2/\omega_1}{A_0\beta}} = \sqrt{\frac{10^5}{10^6 \cdot 0{,}2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \qquad \varepsilon^{dB}(\omega_p) = 20\lg\frac{1}{2\varsigma} = 20\lg\sqrt{2} = 10\lg 2 = 3\ dB$$

Szélsőérték számítások után a kiemelés maximuma az $\omega_{\max} = \frac{\sqrt{3}}{2}\omega_p \cong 0{,}86\omega_p$ frekvencián van és itt értéke: $\varepsilon^{dB}(\omega_{\max}) = 3{,}59\ dB$



)