

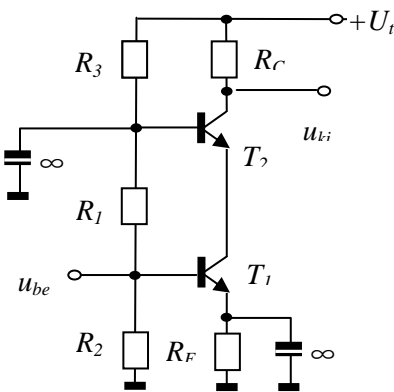
Elektronika 1. vizsga	2016. 01. 27.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
Név:	Neptun:						

### 1. feladat

Rajzoljon fel (a szükséges ellenállásokkal és tápfeszültségekkel együtt) egy **működőképes** kétfokozatú erősítőt, melynek első fokozata földelt emitteres, a második fokozata földelt bázisú! Az Ön által adott rajz jelöléseit használva, határozza meg az eredő erősítést ha a tranzisztoroknak végtelen az áramerősítési tényezője! Határozza meg az eredő erősítést véges  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  áramerősítési tényezők esetére! A tranzisztor bázis-emitter és bázis-kollektor kapacitásait figyelembe véve, hogyan számítható az erősítés várható felső határfrekvenciája véges  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  áramerősítési tényezők esetén?

#### Megoldás:

Például, egy egytelemes megoldás:



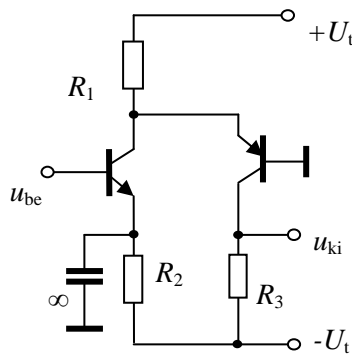
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left( -\alpha_1 \frac{r_{d2}}{r_{d1}} \right) \left( \alpha_2 \frac{R_C}{r_{d2}} \right)$$

$$\omega_{f1} = \frac{1}{\left( C_{be1} + \left( 1 + \alpha_1 \frac{r_{d2}}{r_{d1}} \right) C_{bc1} \right) (R_1 \times R_2 \times (1 + \beta_1) r_{d1})}$$

$$\omega_{f2} = \frac{1}{(C_{bc1} + C_{be2}) r_{d2}} \quad \omega_{f3} = \frac{1}{C_{bc2} R_C}$$

$$\omega_f = \min\{\omega_{f1}, \omega_{f2}, \omega_{f3}\}$$

Például, egy kételemes komplementer tranzisztorokkal:



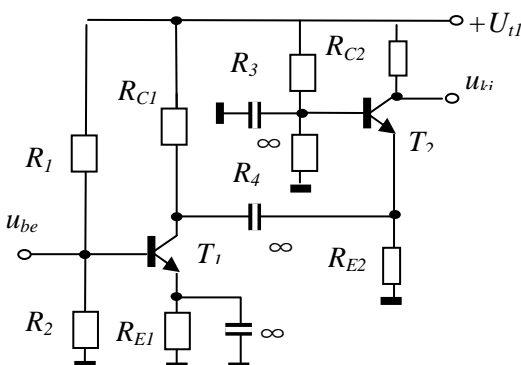
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left( -\alpha_1 \frac{R_1 \times r_{d2}}{r_{d1}} \right) \left( \alpha_2 \frac{R_3}{r_{d2}} \right)$$

$$\omega_{f1} = \frac{1}{\left( C_{be1} + \left( 1 + \alpha_1 \frac{R_1 \times r_{d2}}{r_{d1}} \right) C_{bc1} \right) (1 + \beta_1) r_{d1}}$$

$$\omega_{f2} = \frac{1}{(C_{bc1} + C_{be2}) (R_1 \times r_{d2})} \quad \omega_{f3} = \frac{1}{C_{bc2} R_3}$$

$$\omega_f = \min\{\omega_{f1}, \omega_{f2}, \omega_{f3}\}$$

Egy működőképes, de nem praktikus megoldás:



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left( -\alpha_1 \frac{R_{C1} \times R_{E2} \times r_{d2}}{r_{d1}} \right) \left( \alpha_2 \frac{R_{C2}}{r_{d2}} \right)$$

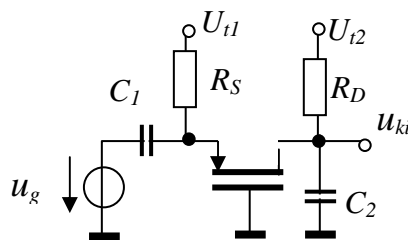
$$\omega_{f1} = \frac{1}{\left( C_{be1} + \left( 1 + \alpha_1 \frac{R_{C1} \times R_{E2} \times r_{d2}}{r_{d1}} \right) C_{bc1} \right) (R_1 \times R_2 \times (1 + \beta_1) r_{d1})}$$

$$\omega_{f2} = \frac{1}{(C_{bc1} + C_{be2}) (R_{C1} \times R_{E2} \times r_{d2})} \quad \omega_{f3} = \frac{1}{C_{bc2} R_{C2}}$$

$$\omega_f = \min\{\omega_{f1}, \omega_{f2}, \omega_{f3}\}$$

**2. feladat** Az áramkör adatai:  $R_S = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_D = 8 \text{ k}\Omega$ ,  
 $U_{I2} = -12 \text{ V}$ ,  $U_{I1} = +4 \text{ V}$   $C_1 = 1 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 2 \text{ pF}$   
 A p csatornás, növekményes FET adatai:

$$I_{D00} = 4 \text{ mA}, U_p = 2 \text{ V}, I_D = I_{D00} \left( \frac{U_{SG} - U_p}{U_p} \right)^2$$



- a.) Mekkora a tranzisztor munkaponti  $S$  meredeksége, ha  $U_{I1} = +8 \text{ V}$ ?  
 b.) Mekkora az  $u_{ki} / u_g$  feszültség erősítés felső határfrekvenciája, ha  $S = 2 \text{ mS}$ ?  
 c.) Mekkora az  $u_{ki} / u_g$  feszültség erősítés alsó határfrekvenciája, ha  $S = 2 \text{ mS}$ ?  
 d.) Írja fel az  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$  feszültség transzferfüggvény Bode-normált alakját és rajzolja le az amplitúdó töréspontos Bode-diagramját, ha  $S = 2 \text{ mS}$ !

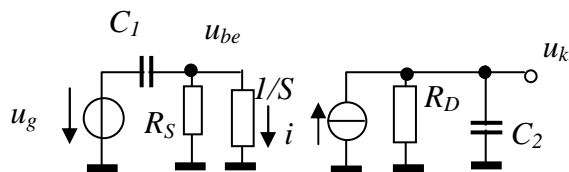
**Megoldás:**

a.) Munkapont analízis:  $U_{I1} = R_S I_{D00} \left( \frac{U_{SG} - U_p}{U_p} \right)^2 + U_{SG}$

$$8 = 4 \left( \frac{U_{SG} - 2}{2} \right)^2 + U_{SG} \quad 8 = (U_{SG} - 2)^2 + U_{SG}$$

$$U_{SG}^2 - 3U_{SG} - 4 = 0 \quad U_{SG0} = 4\text{V} \quad I_{D0} = 4\text{mA} \quad S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{SG0} - U_p} = \boxed{4\text{mS}}$$

Kisjelű helyettesítő kép:



b.)  $\omega_f = \frac{1}{C_2 R_D} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-12} 8 \cdot 10^3} = \boxed{62,5 \text{ Mrad/sec}}$

mert  $C_2$  párhuzamos terhelő kapacitás nagyfrekvenciás hatása a feszültség erősítésre:

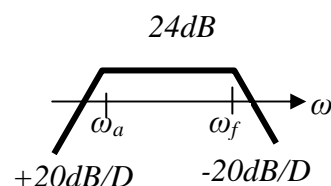
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = S \left( \frac{1}{sC_1} \times R_D \right) = \frac{SR_D}{1 + sC_1 R_D} = SR_D \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_f}}$$

c.)  $\omega_a = \frac{1}{C_1 \left( R_S \times \frac{1}{S} \right)} = \frac{1}{10^{-6} (1 \times 0,5) 10^3} = \boxed{3 \text{ krad/sec}}$

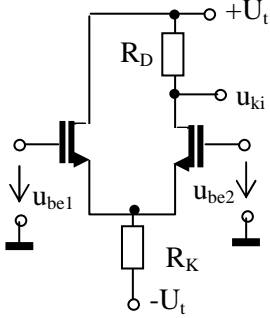
mert  $C_1$  csatoló kondenzátor kisfrekvenciás hatása a bemeneti leosztásra:

$$\frac{u_{be}}{u_g}(s) = \frac{R_S \times \frac{1}{S}}{\frac{1}{sC_1} + \left( R_S \times \frac{1}{S} \right)} = \frac{sC_1 R_S \times \frac{1}{S}}{1 + sC_1 \left( R_S \times \frac{1}{S} \right)} = \frac{\frac{s}{\omega_a}}{1 + \frac{s}{\omega_a}}$$

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s) = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_{ki}}{u_{be}} = SR_D \frac{\frac{s}{\omega_a}}{\left( 1 + \frac{s}{\omega_a} \right) \left( 1 + \frac{s}{\omega_f} \right)} = \boxed{16 \frac{\frac{s}{3 \cdot 10^3}}{\left( 1 + \frac{s}{3 \cdot 10^3} \right) \left( 1 + \frac{s}{62,5 \cdot 10^6} \right)}}$



### 3. feladat



$$U_t = 10 \text{ V}, \quad R_D = 2 \text{ k}\Omega,$$

A két tranzisztor egyforma, paramétereik:  $U_p = 2 \text{ V}$ ,  $I_{D00} = 4 \text{ mA}$

a.) Határozza meg  $R_K$  értékét úgy, hogy a tranzisztorok munkaponti árama  $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$  legyen!

b.) Határozza meg a differenciál erősítő differenciális feszültség erősítését, ha a tranzisztorok munkaponti meredeksége  $4 \text{ mS}$  és  $R_K = 750 \Omega$  !

c.) Határozza meg a differenciál erősítő közös módusú feszültség erősítését, ha a tranzisztorok munkaponti meredeksége  $4 \text{ mS}$  és  $R_K = 750 \Omega$  !

d.) Határozza meg a tranzisztorok munkaponti disszipációs teljesítményét, ha a tranzisztorok munkaponti árama  $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$ !

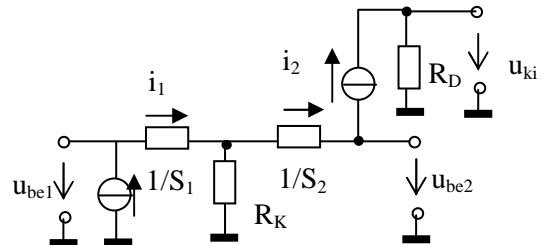
### Megoldás:

$$a.) \quad , \quad I_{D0} = I_{D00} \left( \frac{U_{GS0i} - U_p}{U_p} \right)^2 \rightarrow 1 = 4 \left( \frac{U_{GS0} - 2}{2} \right)^2 \rightarrow U_{GS0} = 3 \text{ V}$$

$$U_t = U_{GS0} + R_K \cdot 2 \cdot I_{D0} \rightarrow R_K = \frac{10 - 3}{2} = 3,5 \text{ k}\Omega$$

b.) Differenciális erősítés:

$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_D} \bigg|_{u_{be1} = -u_{be2} = u_{D/2}} = \frac{R_D}{\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}} = \frac{1}{2} S R_D = 4$$



c.) Közös módusú erősítés:

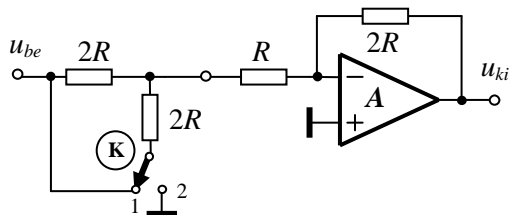
$$A_K = \frac{u_{ki}}{u_K} \bigg|_{u_{be1} = u_{be2} = u_K} = -\frac{1}{2} \frac{R_D}{R_K + \frac{1}{2S}} = -\frac{1}{2} \frac{2}{0,75 + \frac{1}{8}} = -\frac{1}{4,5} = -1,143$$

d.)  $P_{\text{tranzisztor}} = U_{DS0} I_{D0} \rightarrow$

$$P_{\text{rbal}} = (10 + 3) \text{ V} \cdot 1 \text{ mA} = 13 \text{ mW}$$

$$P_{\text{rjobb}} = (10 + 3 - 2) \text{ V} \cdot 1 \text{ mA} = 11 \text{ mW}$$

#### 4. feladat



$$R = 100 \text{ k}\Omega$$

a.)  $U_{ki0hiba} = ?$ , ha  $K \rightarrow 1$ ,  $A = \infty$ ,  $U_{beoffs} = 10 \text{ mV}$ .

b.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ , ha  $K \rightarrow 1$ ,  $A = \infty$ ,

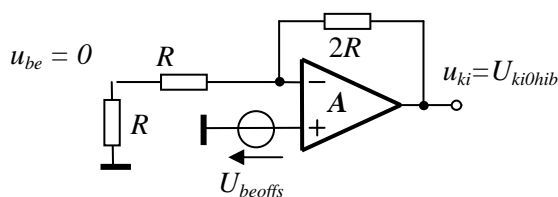
c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ , ha  $K \rightarrow 2$ ,  $A = \infty$ ,

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$ ,  $K \rightarrow 2$ , ha  $A = A(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)}$ ,  $A_0 = 2 \cdot 10^4$ ,  $\omega_1 = 5 \text{ rad/s}$ ,  $\omega_2 = 5 \cdot 10^4 \text{ rad/s}$ .

#### Megoldás:

a.)

$$U_{ki0hiba} = U_{beoffs} \frac{4R}{2R} = 20 \text{ mV}$$



A bemeneti Thevenin helyettesítő kapcsolás:

b.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ,  $K \rightarrow 1$ ,  $A$  ideális,

$$u_{be}^* = u_{be}, \quad R^* = (2R \times 2R) + R = 2R$$

$$A_{id1} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{2R}{R^*} = -1$$

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ,  $K \rightarrow 2$ ,  $A$  ideális,

$$u_{be}^* = \frac{u_{be}}{2}, \quad R^* = (2R \times 2R) + R = 2R$$

$$A_{id2} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_{ki}}{2u_{be}^*} = -\frac{1}{2} \frac{2R}{R^*} = -\frac{1}{2}$$

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$ ,  $K \rightarrow 2$ ,

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = A_{id2} \frac{\beta A(s)}{1 + \beta A(s)} = A_{id2} \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + 2\zeta s/\Omega_0 + (s/\Omega_0)^2}$$

Ahol:  $\beta = \frac{R_1^{**}}{R_1^{**} + R_2} = \frac{2R}{2R + 2R} = \frac{1}{2}$

$$A_0 \beta = 10^4 \quad \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \cong 1$$

$$\Omega_0 = \sqrt{(1 + A_0 \beta) \omega_1 \omega_2} \cong \sqrt{A_0 \beta \omega_1 \omega_2} = 5 \cdot 10^4 \text{ rad/sec}$$

$$\zeta \cong \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega_2}{A_0 \beta \omega_1}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{5 \cdot 10^4}{5 \cdot 10^4}} = \frac{1}{2}$$

5. feladat Határozza meg az alábbi kapcsolás munkaponti, kivezérlési és kisjelű paramétereit!

$$U_t = 10\text{V}, \quad R_1 = 47\text{ k}\Omega, \quad R_2 = 37\text{ k}\Omega, \quad R_3 = 3\text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 2\text{ k}\Omega, \quad R_g = 2\text{ k}\Omega, \quad C_1 = C_2 \rightarrow \infty,$$

Tranzisztorok:  $\beta_i = B_i = \infty, i=1,2,3, U_{BE0} = 0.6\text{V},$

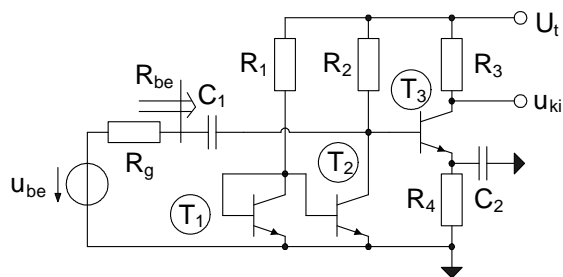
$$U_m = 0.5\text{V}, \quad T_1 = T_2$$

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

b.) Határozza meg a kimeneti nyitó-irányú kivezérelhetőséget!

c.) Határozza meg a kimeneti záró-irányú kivezérelhetőséget!

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



Megoldás:

a.)  $U_t = I_{C01}R_1 + U_{BE01} \rightarrow I_{E01} = I_{C01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{9,4}{47} = 0,2\text{ mA}$

T1 = T2 áramtükör:

$$I_{E02} = I_{C02} = I_{C01} = 0,2\text{ mA}$$

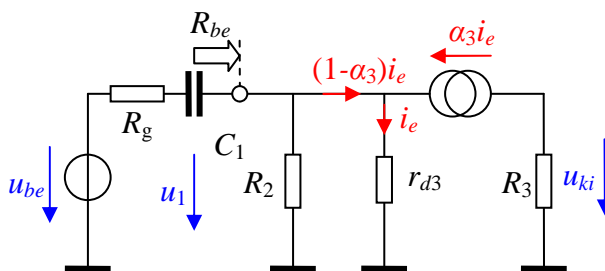
$$U_t = I_{C02}R_2 + U_{BE03} + I_{E03}R_4 \quad I_{E03} = \frac{U_t - U_{BE03} - I_{C02}R_2}{R_4} = \frac{10 - 0,6 - 0,2 \cdot 37}{2} = 1\text{ mA}$$

b.)  $U_{ki}^+ = U_{CE3}^+ = U_{CE03} - U_m = U_t - (R_3 + R_4)I_{C30} - U_m = 10 - 5 \cdot 1 - 0,5 = 4,5\text{V}$

b.) Váltóáramú analízis:  $U_{ki}^- = U_{CE3}^- = R_3 I_{C30} = 3 \cdot 1 = 3\text{V}$

d.)  $R_{be} = R_2 \times [(1 + \beta_3)r_{d3}] \Big|_{\beta_3 = \infty} = R_2 = 37\text{ k}\Omega$

$$r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = 26\ \Omega$$



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left( -\frac{\alpha_3 R_3}{r_{d3}} \right) = -\frac{R_2 R_3}{(R_g + R_2) r_{d3}} = -\frac{37 \cdot 3}{39 \cdot 0,026} = -109,5$$