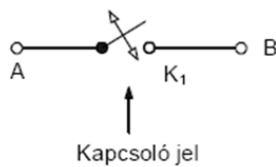


<b>Elektronika 1.</b>	<b>vizsga</b>	<b>2016. 01. 22.</b>	<b>1.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>4.</b>	<b>5.</b>	<b>Σ</b>
Név:	Neptun:							

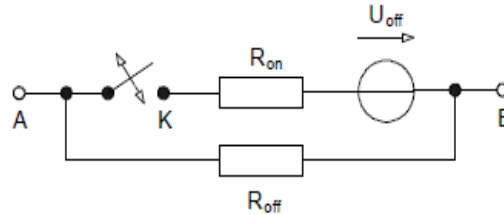
**1. feladat** Rajzolja le elektronikusan vezérelt kapcsoló frekvencia független kisjelű lineáris modelljét, adja meg a paramétereit! Rajzolja le a kapcsoló dinamikus (frekvencia függő) modelljét! Kapacitív terhelésre történő feszültség kapcsolás esetén adja meg (grafikusan és képlettel is) a kimenő feszültség idő függvényét a kapcsolt ( $U_{be}$ ) és a kapcsoló ( $U_k$ ) feszültség amplitúdók függvényeként!

**Megoldás:**

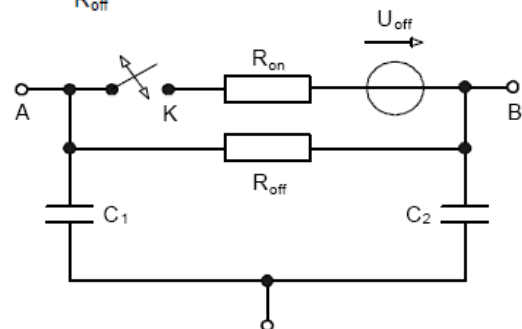
A Kapcsoló:



A lineáris, frekvencia független modell:

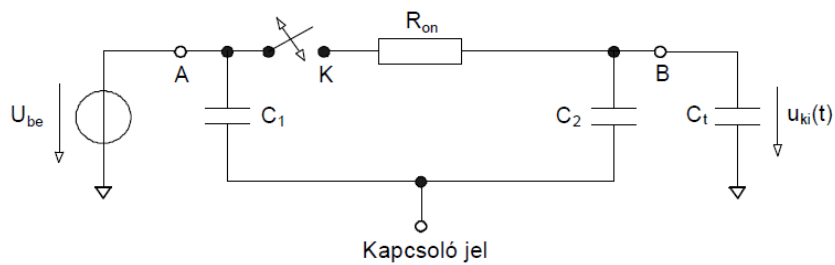


A dinamikus modell:

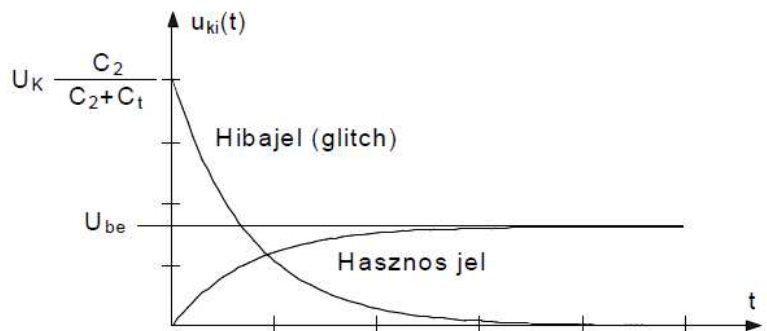


Kapcsoló jel  $u_v(t) = U_k [1(t) - 1(t - T_0)]$

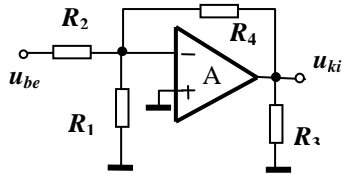
Feszültség kapcsolás kapacitív terhelésre:



$$u_{ki}(t) = U_{be} \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right) + U_k \frac{C_2}{C_2 + C_t} \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right), \quad \tau_2 = (C_2 + C_t)R_{on}$$



## 2. feladat



$$R_1 = 3 \text{ k}\Omega, R_2 = 1 \text{ k}\Omega, R_3 = 2 \text{ k}\Omega, R_4 = 3 \text{ k}\Omega,$$

a.) Mekkora a műveleti erősítő bemeneti offset feszültsége ( $U_{offbe} = ?$ ), ha  $A = \infty$  és a kimeneti nullponti hibafeszültség  $U_{ki0} = 200 \text{ mV}$  ?

b.) Határozza meg a  $K = u_{ki}/u_{be}$  kijelű feszültség erősítést, ha a műveleti erősítő ideális,  $A = \infty$ !

c.) Határozza meg az áramkör  $R_{ki}$  és  $R_{be}$  ki- és bemenő ellenállását, ha a műveleti erősítő ideális, azaz  $A = \infty$ !

d.) Rajzolja le az  $K(s) = \frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$  feszültség transzfer függvényhez tartozó amplitúdó- frekvencia

karakterisztika töréspontos Bode diagramját a töréspont, és az aszimptóták meredekségének illetve

értékének meghatározásával, ha a műveleti erősítő differenciális erősítése:  $A(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)}$ ,

ahol  $A_0 = 10^6$ ;  $\omega_1 = 5 \text{ r/s}$ ,  $\omega_2 = 1 \text{ Mr/s}$  !

### Megoldás:

a.)  $u^+ = u^- = U_{offbe} \rightarrow U_{ki0} = U_{offbe} \left(1 + \frac{R_4}{R_1 \times R_2}\right) = U_{offbe} \left(1 + \frac{3}{0.75}\right) = 200 \text{ mV} \rightarrow U_{offbe} = \boxed{40 \text{ mV}}$

b.)  $K_{A=\infty} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} \Big|_{A=\infty} = -\frac{R_4}{R_2} = \boxed{-3}$

c.)  $R_{ki} = 0$ , mert az ideális műveleti erősítő kimenő impedanciája nulla.

$$U^- = 0 = U_{R1} \rightarrow R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{R_2 i_{be}}{i_{be}} = R_2 = \boxed{1 \text{ k}\Omega}$$

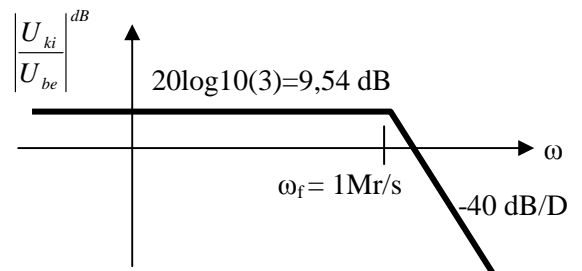
d.) Visszacsatolt erősítés a műveleti erősítő két pólusa esetén:

$$K(s) = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = K_{A=\infty} \frac{\beta A(s)}{1 + \beta A(s)} = K_{A=\infty} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2}$$

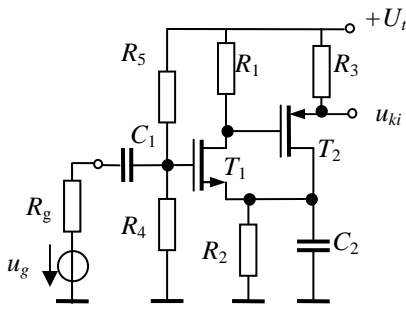
ahol  $\beta = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + R_4} = \frac{0.75}{3.75} = \frac{1}{5} = 0.2$  továbbá

$$\omega_0 = \sqrt{1 + \beta A_0} \sqrt{\omega_1 \omega_2} \cong \sqrt{\beta A_0} \sqrt{\omega_1 \omega_2} = 10^6 \text{ r/s} = \boxed{1 \text{ Mr/s}}$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \beta A_0}} \left( \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} + \sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}} \right) \cong \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\beta A_0}} \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} = 0.5$$



### 3. feladat



T<sub>1</sub>: n-csatornás MOS FET,  $I_{D00} = 4 \text{ mA}$ ,  $U_p = 4 \text{ V}$

T<sub>2</sub>: p-csatornás MOS FET,  $I_{D00} = 4 \text{ mA}$ ,  $U_p = 4 \text{ V}$

A tranzisztorok munkaponti áramai:  $I_{D01} = 1 \text{ mA}$ ,  $I_{D02} = 1 \text{ mA}$

$U_i = 24 \text{ V}$ ,  $R_1 = 7 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$ ,

$R_4 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R_g = 10 \text{ k}\Omega$

a.) Mekkora az  $u_{ki}/u_g$  feszültségerősítés alsó, 3 dB-es határfrekvenciája, ha  $C_1 = 100 \text{ nF}$  és  $C_2 = 0$ ?

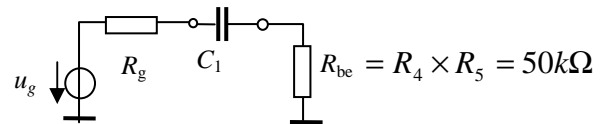
b.) Mekkora a T<sub>1</sub> tranzisztor  $U_{GS0}$  és a T<sub>2</sub> tranzisztor  $U_{SG0}$  feszültségeinek munkaponti értékei?

c.) Mekkora az  $u_{ki}/u_g$  feszültségerősítés értéke, ha  $C_1 = \infty$  és  $C_2 = \infty$ ?

d.) Mennyi a hurok erősítés, ha  $C_1 = \infty$  és  $C_2 = 0$ ?

### Megoldás:

a.) A bemeneti csatoló kondenzátor a bemeneti leosztás felüláteresztő jellegű frekvencia függését eredményezi, melynek törésponti frekvenciája:



$$\omega_a = \frac{1}{C_1(R_g + R_{be})} = \frac{1}{10^{-7}(10 + 100 \times 100)10^3} = \frac{10000}{60} = 166,7 \text{ rad / sec} = 26,5 \text{ Hz}$$

b.)  $U_{GS01} = \frac{R_4}{R_4 + R_5} U_i - R_2(I_{D01} + I_{D02}) = 6 \text{ V}$ ,  $U_{SG02} = R_1 I_{D01} - R_3 I_{D02} = 6 \text{ V}$

c.) A tranzisztorok munkaponti meredekségei:  $S_1 = 2 \frac{I_{D01}}{U_{GS01} - U_p} = 1 \text{ mS} = S_2$

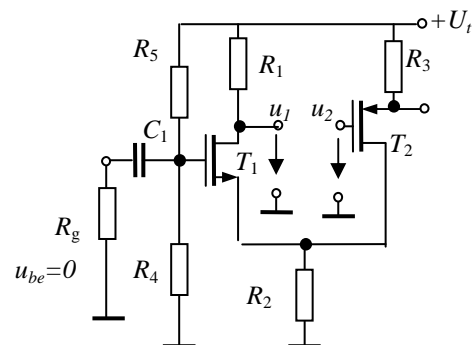
A bemeneti leosztás és a földelt source-ú és földelt drain-ú fokozatok eredő erőstése:

C<sub>2</sub>-vel áthidalt R<sub>2</sub> ellenálás esetén:  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} (-S_1 R_1) \left( \frac{R_3}{\frac{1}{S_2} + R_3} \right) = \frac{50}{60} (-7) \left( \frac{1}{2} \right) = -2,92$

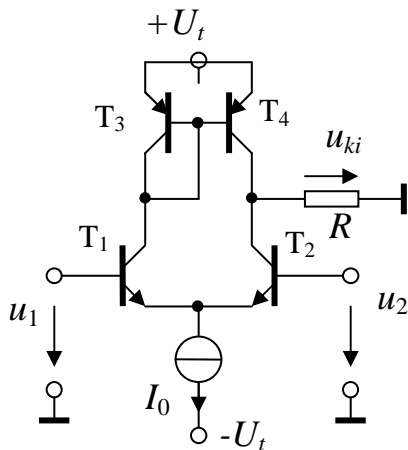
d.)

A hurkot felvágva, a földelt source-ú és a földelt gate-ú lánc eredő erőstése:

$$H = -\frac{u_1}{u_2} = -\left( -\frac{\frac{1}{S_1} \times R_2}{\frac{1}{S_2} + R_3} \right) (S_1 R_1) = \frac{1 \times 3}{1 + 1} \cdot 1 \cdot 7 = \frac{21}{8} = 2,625$$



#### 4. feladat



$$I_0 = 4 \text{ mA}, U_t = 12 \text{ V}, R = 10 \text{ k}\Omega, T_1 \equiv T_2, T_3 \equiv T_4,$$

$T_1, T_2$  n-p-n tranzisztorok,  $\beta_1 = B_1 = \beta_2 = B_2 = \infty, U_{BE0} = 0,6 \text{ V},$

$T_3, T_4$  p-n-p tranzisztorok,  $\beta_3 = B_3 = \beta_4 = B_4 = \infty, U_{EB0} = 0,6 \text{ V},$

- Határozza meg a tranzisztorok munkaponti áramait és a kimeneti feszültség munkaponti értékét!  $I_{E01} = ?, I_{E02} = ?, I_{E03} = ?, I_{E04} = ?, U_{ki0} = ?$
- Mekkora a differenciális erősítés?  $A_D = ?$
- Mekkora a közös modulusú erősítés?  $A_K = ?$
- Határozza meg a tranzisztorok munkaponti áramait és a kimeneti feszültség nullponti hibájának értékét, ha  $B_3 = B_4 = 99$  !  $I_{E01} = ?, I_{E02} = ?, I_{E03} = ?, I_{E04} = ?, U_{ki0} = ?$

#### Megoldás:

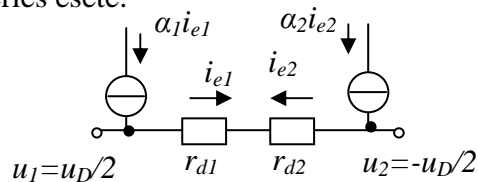
- a.) Mivel  $T_1 \equiv T_2, I_{E01} = I_{E02} = I_0 / 2 = 2 \text{ mA}$  és mivel  $B_1 = B_2 = \infty, I_{C01} = I_{E01} = I_{C02} = 2 \text{ mA}$   
 Mivel  $T_3$  és  $T_4$  áramtükröt alkot és  $B_3 = B_4 = \infty$  ezért  $I_{E03} = I_{E04} = I_{C03} = I_{C04} = 2 \text{ mA}$   
 A kimeneti feszültség:  $U_{ki0} = R(I_{C04} - I_{C02}) = 0$

- b.) A váltóáramú helyettesítőkép alapján a differenciális vezérlés esete:

$$u_{ki} = R(i_{C04} - i_{C02}) = R(i_{C01} - i_{C02})$$

$$i_{e1} = -i_{e2} = \frac{u_D}{r_{d1} + r_{d2}}, \quad \alpha_i = 1,$$

$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_D} = \frac{R 2 i_{e1}}{(r_{d1} + r_{d2}) i_{e1}} = \frac{2 \cdot 10}{2 \cdot 0,013} = 769$$



- c.) Közös módus esete:  $u_1 = u_2 = u_K \rightarrow i_{ei} = 0, i=1,2,3,4 \rightarrow u_{ki} = R(i_{C04} - i_{C02}) = R(i_{C01} - i_{C02}) = 0$

$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_K} = 0$$

- d.) Egyenáramú analízis:

Mivel  $T_1 \equiv T_2, I_{E01} = I_{E02} = I_0 / 2 = 2 \text{ mA}$  és mivel  $B_1 = B_2 = \infty, I_{C01} = I_{E01} = I_{C02} = 2 \text{ mA}$

Mivel  $T_3 \equiv T_4$ , és áramtükr:  $B = 99, A = 0,99$

$$I_{E03} = I_{E04}$$

$$I_{C03} = I_{C04} = A I_{E04}, \quad I_{B03} = I_{B04} = (1 - A) I_{E04}$$

$$I_{C01} = I_{C03} + I_{B03} + I_{B04} = A I_{E04} + 2(1 - A) I_{E04} = (2 - A) I_{E04} \rightarrow I_{E04} = \frac{I_{C01}}{2 - A} = \frac{I_{C02}}{2 - A}$$

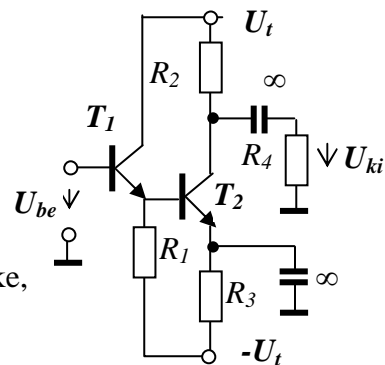
$$I_{E03} = I_{E04} = \frac{I_{E01}}{2 - A} = 1,98 \text{ mA}$$

$$U_{ki0} = R(I_{C04} - I_{C02}) = R \left( \frac{A}{2 - A} - 1 \right) I_{E02} = R \left( \frac{2A - 2}{2 - A} \right) I_{E02} = 10 \frac{-0,02}{1,001} 2 = -0,396 \text{ V}$$

### 5. feladat

A tranzisztorok adatai:  $U_{BE0} = 600 \text{ mV}$ ,  $U_m = 0.5 \text{ V}$ ,  $B = \beta = \infty$   
 $U_t = 10 \text{ V}$ ,  $R_1 = 9,4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 4,4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 3 \text{ k}\Omega$ .

- Mekkora a kimeneti nyitó irányú kivezérelhetőség? ( $U_{ki}^+ = ?$ )
- Mekkora a kimeneti záró irányú kivezérelhetőség? ( $U_{ki}^- = ?$ )
- Milyen  $R_3$  ellenállásértéknél maximális a szimmetrikus kivezérelhetőség?
- Mekkora az  $u_{ki}/u_{be}$  kisjelű feszültség erősítés középfrekvenciás értéke, ha  $I_{E20} = 2 \text{ mA}$  és  $I_{E10} = 1 \text{ mA}$ ?



### Megoldás:

a.) Egyenáramú analízis:  $I_{C20} = I_{E20} = \frac{U_t - 2U_{BE0}}{R_3} = 2 \text{ mA}$

$$U_{ki}^+ = U_{CE2}^+ = U_{CE0} - U_m = 2U_t - (R_2 + R_3)I_{C20} - U_m = 20 - 7,4 \cdot 2 - 0,5 = 4,7 \text{ V}$$

b.) Váltóáramú analízis:  $U_{ki}^- = U_{CE2}^- = (R_2 \times R_4)I_{C20} = 1,5 \cdot 3 = 3 \text{ V}$

c.) Maximális szimmetrikus kivezérelhetőség:  $U_{ki}^- = U_{ki}^+$

$$(R_2 \times R_4)I_{C20opt} = 2U_t - (R_2 + R_3)I_{C20opt} - U_m \rightarrow I_{C20opt} = \frac{2U_t - U_m}{(R_2 \times R_4) + (R_2 + R_3)} = \frac{U_t - 2U_{BE0}}{R_3}$$

$$\rightarrow \frac{19,5}{1,5 + 3 + R_3} = \frac{8,8}{R_3} \rightarrow 10,7R_3 = 4,5 \cdot 8,8 = R_3 = 3.7009 \text{ k}\Omega$$

d.) Földelt kollektoros és földelt emitteres fokozatok eredő feszültség erősítése:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left( \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \right) \left( - \frac{R_2 \times R_4}{r_{d2}} \right) = - \frac{9,4}{0,026 + 9,4} \cdot \frac{3 \times 3}{0,013} = -0,997 \cdot 115,38 = -115,1$$