

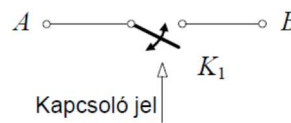
Elektronika 1.	4. vizsga	2017. 01. 20.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ	iMsc
Név:	Neptun:								

1. Feladat

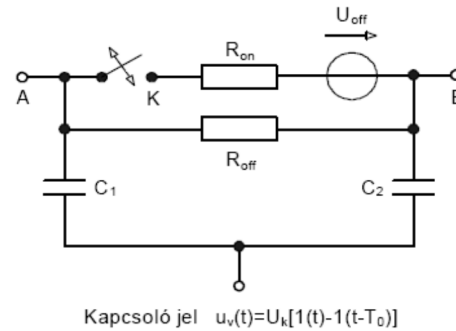
Adja meg elektronikus kapcsolók nem ideális viselkedésének számítására alkalmas lineáris, dinamikus helyettesítő képet és annak paramétereit! U_k amplitúdójú kapcsoló jel hatására U_0 egyen feszültséget ohmos ellenállásra kapcsolunk. Milyen kívánatos és nemkívánatos komponensei vannak a tranzienstnek (idő függvény, kezdő és végértékekkel)? Mitől és hogyan függ a glitch amplitúdója és lecsengésének időállandója?

Megoldás:

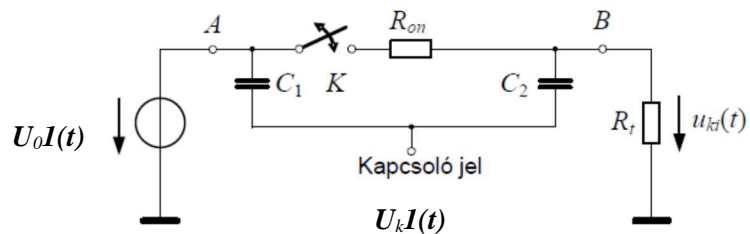
Elektronikusan vezérelt kapcsoló:



Dinamikus (frekvencia függő) modell:



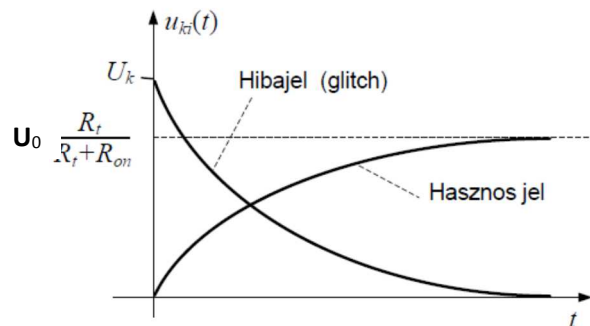
Kapcsolás ohmos terhelésre:



Kimeneti tranzienst:

$$u_{ki}(t) = U_0 \frac{R_t}{R_t + R_{on}} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) + U_k e^{-\frac{t}{\tau}}$$

ahol $\tau = C_2 (R_{on} \times R_t)$



A hibajel (glitch) : $U_k e^{-\frac{t}{\tau}}$

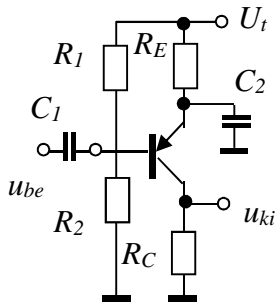
2. Feladat

Az áramkör adatai: $R_E = 2 \text{ k}\Omega$, $R_C = 2,6 \text{ k}\Omega$,

$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$, $C_1 \infty$, $C_2 = 2 \mu\text{F}$

A tranzisztor adatai:

$U_{EB0} = 0,6 \text{ V}$, $U_m = 0,5 \text{ V}$, $B = \beta = \infty$, $I_{E0} = 1 \text{ mA}$



a.) Határozza meg az adott munkaponti áramhoz szükséges U_t tápfeszültség értékét!

b.) Határozza meg a kimeneten a munkapontra szuperponálódó, középfrekvenciás szinuszos feszültség maximális amplitúdóját!

c.) A véges C_2 kapacitást figyelembe véve, határozza meg

$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = 0)$ és $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = \infty)$ feszültség erősítések értékeit!

d.) A véges C_2 kapacitást figyelembe véve, jellegre helyesen rajzolja le $\frac{u_{ki}}{u_{be}}$ abszolút értékének törtvonalas Bode diagramját, a jellemző szintek megadásával (törésponti frekvenciát nem kell kiszámítani)!

Megoldás:

a.) Munkapont: $U_t \frac{R_1}{R_1 + R_2} = R_E I_{E0} + U_{EB0} \rightarrow$

$$U_t = \frac{R_1 + R_2}{R_1} (R_E I_{E0} + U_{EB0}) = 3(2 + 0,6) = 7,8 \text{ V}$$

$$U_{EC0} = U_t - (R_C + R_E) I_{E0} = 7,8 - 4,6 = 3,2 \text{ V}$$

b.) Záró irányú kimeneti kivezérelhetőség $U_{EC} = U_{ki}^- = R_C I_{C0} = 2,6 \text{ V}$

Nyitó irányú kimeneti kivezérelhetőség $U_{EC}^+ = U_{ki}^+ = U_{EC0} - U_m = 3,2 - 0,5 = 2,7 \text{ V}$

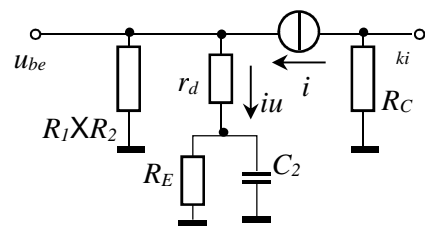
Maximális kimeneti amplitúdó: $\min(2,6 \text{ V}, 2,7 \text{ V}) = 2,6 \text{ V}$

c.) A kisjelű helyettesítő kép: $r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = 26 \Omega$

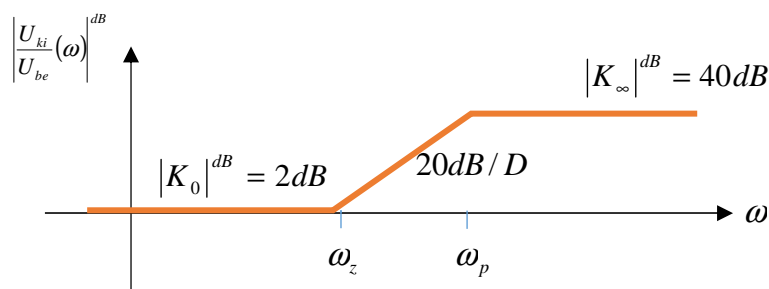
$\omega \rightarrow 0$ $C_2 \rightarrow$ szakadás:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = 0) = -\frac{R_C}{r_d + R_E} = -\frac{2,6}{2,026} = -1,283$$

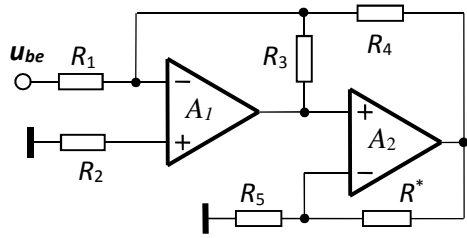
$\omega \rightarrow \infty$ $C_2 \rightarrow$ rövidzár $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = \infty) = -\frac{R_C}{r_d} = -100$



d.)



3. Feladat



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

- a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha $R^* = R$, A_1 és A_2 ideális
- b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha $R^* \rightarrow \infty$, A_1 és A_2 ideális

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$, ha $R^* \rightarrow \infty$, A_1 ideális és $A_2(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)}$, $A_0 = 10^5$, $\omega_1 = 1 \text{ rad/s}$

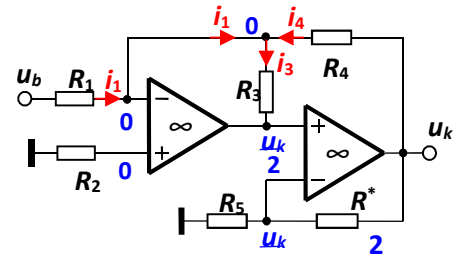
- d.) Határozza meg az U_{ki0} kimeneti munkaponti hibafeszültséget, ha amásodik műveleti erősítő $U_{beoffs2} = 5 \text{ mV}$ bemeneti offset feszültségét vesszük figyelembe! ($R^* \rightarrow \infty$, A_1 és A_2 ideális)

Megoldás:

a.)

Az $i_1 + i_4 = i_3$ csomóponti egyenletet a csomópontok potenciáljával felírva:

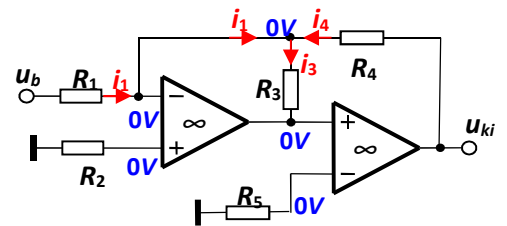
$$\frac{u_{be} - 0}{R_1} + \frac{u_{ki} - 0}{R_4} = \frac{0 - u_{ki}/2}{R_3} \quad u_{be} = -\frac{3}{2} u_{ki} \quad \boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{2}{3}}$$



b.)

A csomópontok potenciáljaiból következően: $i_3 = 0$

$$\frac{u_{be} - 0}{R_1} + \frac{u_{ki} - 0}{R_4} = 0 \quad \boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{id} = -\frac{R_4}{R_1} = -1}$$



c.)

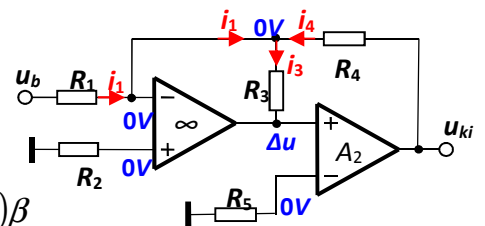
$$i_1 + i_4 = i_3 \rightarrow \frac{u_{be} - 0}{R_1} + \frac{u_{ki} - 0}{R_4} = \frac{0 - \Delta u}{R_3} \leftarrow \Delta u = \frac{u_{ki}}{A_2}$$

$$\frac{u_{be}}{R_1} = -\frac{u_{ki}}{R_4} - \frac{u_{ki}}{A_2 R_3} = -u_{ki} \frac{R_4 + A_2 R_3}{A_2 R_3 R_4}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = -\frac{A_2 R_3 R_4}{R_1 (R_4 + A_2 R_3)} = -\frac{R_4}{R_1} \frac{A_2 R_3 / R_4}{1 + A_2 R_3 / R_4} = A_{id} \frac{A_2(s) \beta}{1 + A_2(s) \beta}$$

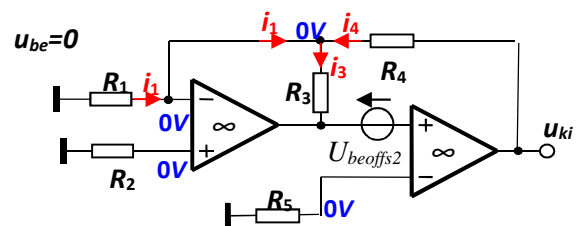
ahol: $\beta = \frac{R_3}{R_4} = 1$ $\boxed{\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = A_{id} \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + \frac{s}{\Omega_0}}}$

$$\boxed{\Omega_0 = (1 + \beta A_0) \omega_1 = 10^5 \text{ rad/sec}}$$



d.)

$i_1 = 0$, $i_4 = i_3$, $\boxed{U_{ki0} = U_{beoffs2} = 5 \text{ mV}}$



4. Feladat

T1≡T2: n-csatornás növekményes MOS FET

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

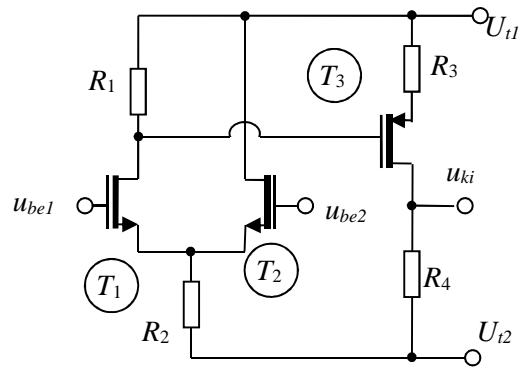
Munkaponti áramok: $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$

T3: p-csatornás növekményes MOS FET

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

Munkaponti áram: $I_{D03} = 1 \text{ mA}$

$$R_1 = 8 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 16 \text{ k}\Omega, \quad U_{i1} = 16 \text{ V}$$



- Az adott munkaponti áramokhoz határozza meg U_{i2} tápfeszültség értékét!
- Ellenőrizze, hogy T3 tranzisztor munkapontja az elzáródás feletti tartományban van!
- Határozza meg az erősítő A_D differenciális erősítés értékét!
- Határozza meg az erősítő A_K közös modulusú erősítés értékét és a KME^{dB} értékét decibelben!

Megoldás:

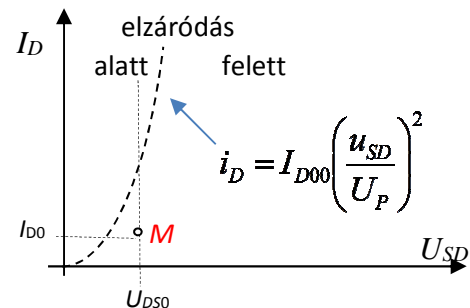
a.) Munkapont: $u_{be1} = u_{be2} = 0$, $I_{D01} = I_{D00} \left(\frac{U_{GS01} - U_P}{U_P} \right)^2 = 4 \left(\frac{U_{GS01} - 4}{4} \right)^2 = 1 \rightarrow U_{GS01} = 6 \text{ V}$

$$U_{i2} = 0 - U_{GS01} - R_2(I_{D01} + I_{D01}) = -16 \text{ V},$$

b.) $U_{SD03} = U_{i1} - U_{i2} - I_{D03}(R_3 + R_4) = 14 \text{ V}$

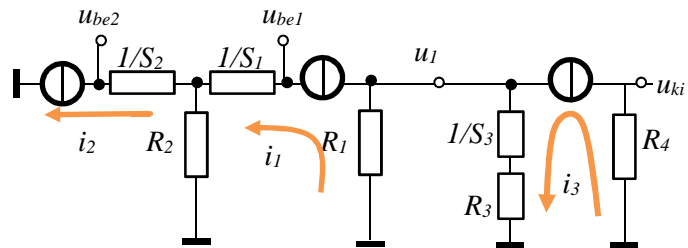
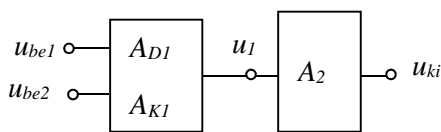
Az elzáródás létrejöttének feltétele:

$$1 \text{ mA} = I_{D03} < I_{D00} \left(\frac{U_{SD03}}{U_P} \right)^2 = 4 \left(\frac{14}{4} \right)^2$$



d.) Munkaponti meredekségek: $S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} \dots S_1 = S_2 = S_3 = 1 \text{ mS}$

Az erősítőt két fokozatra bonthatjuk: diff. erősítő (T1 és T2) majd FS erősítő (T3):



$$A_2 = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_4}{R_3 + 1/S_3} = -\frac{16}{3}$$

$$A_{D1} = \frac{u_1}{u_D} \left| \begin{array}{l} u_{be1} = u_D \\ u_{be2} = -u_D \end{array} \right. = -\frac{R_1}{\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}} = -4$$

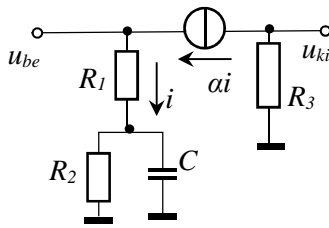
$$A_{K1} = \frac{u_1}{u_K} \left| \begin{array}{l} u_{be1} = u_K \\ u_{be2} = u_K \end{array} \right. = -\frac{R_1}{\frac{1}{S_1} + 2R_2} = -\frac{8}{11}$$

$$A_D = A_{D1} A_2 = \frac{64}{3} = 21,3$$

$$A_K = A_{K1} A_2 = \frac{128}{33} = 3,88$$

$$KME^{dB} = 20 \log_{10}(A_D/A_K) = 14,8 \text{ dB}$$

5. Feladat



Az áramkör adatai:

$$R_1 = 26 \Omega, R_2 = 2 \text{ k}\Omega, R_3 = 2,6 \text{ k}\Omega,$$

$$C = 2 \mu\text{F}, \alpha = 1$$

- a.) Határozza meg $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = 0)$ és $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = \infty)$ feszültség erősítés értékeket!

- b.) Határozza meg az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ transzfer függvény Bode-normált alakját és annak paramétereit!

- c.) Rajzolja le $\frac{u_{ki}}{u_{be}}$ abszolút értékének törtvonalas Bode diagramját, a jellemző szint és töréspont értékek megadásával!

- d.) Határozza meg $Z_{be}(s)$ Bode-normált alakját, ha $\alpha = 0,9$!

Megoldás:

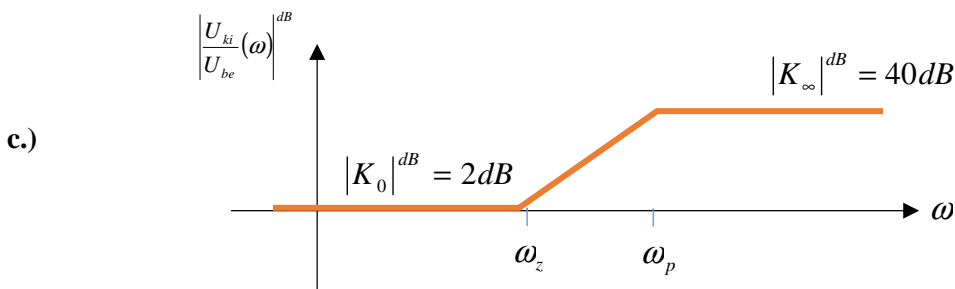
a.) $\omega \rightarrow 0, C \rightarrow \text{szakadás: } \frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = 0) = -\alpha \frac{R_3}{R_1 + R_2} = -1,283$

$\omega \rightarrow \infty, C \rightarrow \text{rövidzár } \frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega = \infty) = -\alpha \frac{R_3}{R_1} = -100$

b.)
$$i = \frac{u_{be}}{R_1 + R_2 \times \frac{1}{sC}} = \frac{1 + sR_2C}{R_1 + R_2 + R_1R_2sC} u_{be} = \frac{1}{R_1 + R_2} \frac{1 + sR_2C}{1 + \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} sC} u_{be} \quad u_{ki} = -R_3 \alpha i$$

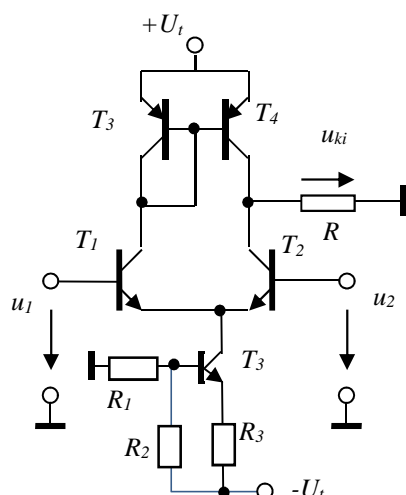
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\alpha \frac{R_3}{R_1 + R_2} \frac{1 + sR_2C}{1 + s(R_1 \times R_2)C} = K_0 \frac{1 + \frac{s}{\omega_z}}{1 + \frac{s}{\omega_p}}, \quad \text{ahol} \quad K_0 = -\alpha \frac{R_3}{R_1 + R_2} = -1,283$$

$$\omega_z = \frac{1}{R_2C} = 250 \text{ rad/sec}, \quad \omega_p = \frac{1}{(R_1 \times R_2)C} = 19,48 \text{ krad/sec}$$



d.)
$$Z_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{1}{1 - \alpha} \left(R_1 + R_2 \times \frac{1}{sC} \right) = \frac{R_1 + R_2}{1 - \alpha} \frac{1 + s(R_1 \times R_2)C}{1 + sR_2C} = R_{be0} \frac{1 + \frac{s}{\omega_p}}{1 + \frac{s}{\omega_z}}, \quad R_{be0} = 20,26 \text{ k}\Omega$$

iMsc Feladat



$$U_t = 12V, R = 2k\Omega, R_1 = 10k\Omega, R_2 = 20k\Omega,$$

T_1, T_2, T_3 n-p-n tranzisztorok, $\beta = B = \infty$, $U_{BE0} = 0,6V$

T_3, T_4 p-n-p tranzisztorok, $\beta = B = \infty$, $U_{EB0} = 0,6V$

Mekkora legyen R_3 értéke ahhoz, hogy a differenciális erősítés 100 legyen!

Megoldás:

T_3 nem vezérelt, kollektora I_0 áramgenerátorként szolgál.
$$I_0 = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_t - U_{BE0}}{R_3}$$

A differenciális erősítő erősítése:
$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_1 - u_2} = \frac{R}{r_d} = \frac{2000}{r_d} = 100,$$

ahol $r_d = r_{d1} = r_{d2} = \frac{U_T}{I_0/2} = 20\Omega$. Tehát
$$I_0 = \frac{2U_T}{r_d} = 2,6mA$$

$$R_3 = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_t - U_{BE0}}{I_0} = \frac{7,4}{2,6} k\Omega = 2,85k\Omega$$