

Elektronika 1.	vizsga	2014. 01. 08.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
Név:		Neptun:						

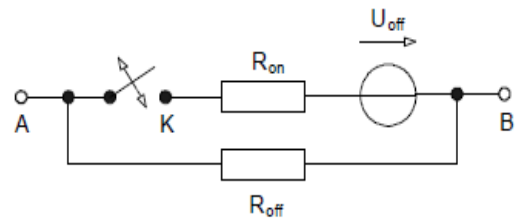
1. Rajzolja le elektronikus analóg kapcsoló frekvencia független kisjelű lineáris modelljét, adja meg a paramétereit! Rajzolja le a kapcsoló dinamikus (frekvencia függő) modelljét! Ohmos terhelésre történő feszültség kapcsolás esetén adja meg (grafikusan és képlettel is) a kimenő feszültség idő függvényét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

### Megoldás:

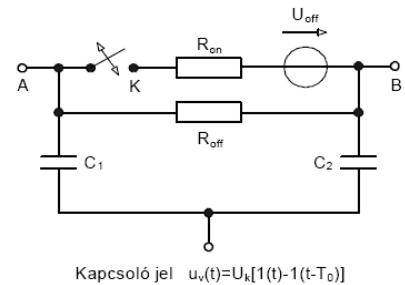
A Kapcsoló:



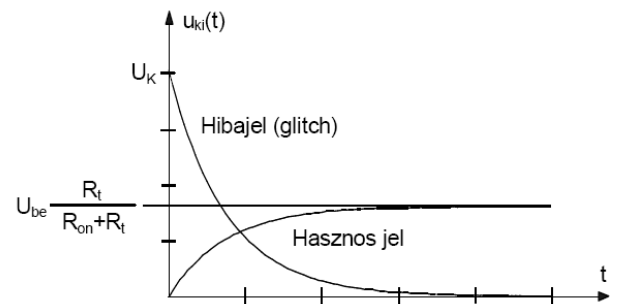
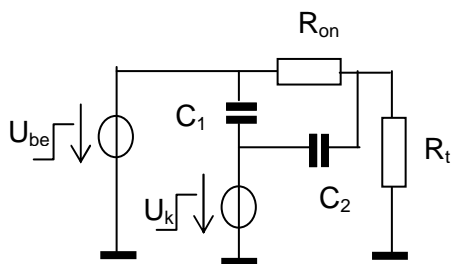
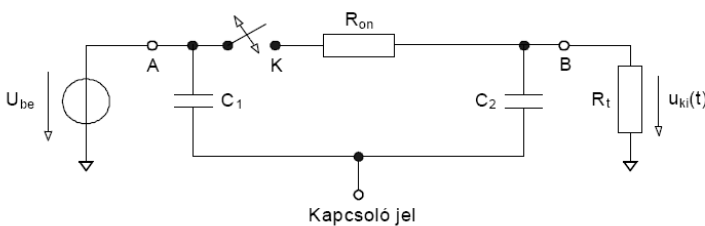
A lineáris modell:



A dinamikus modell:

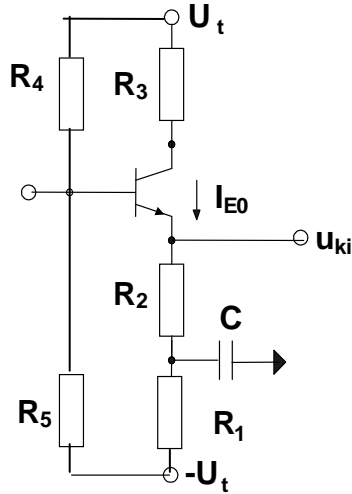


Feszültség kapcsolás ohmos terhelésre:



$$u_{ki}(t) = U_{be} \frac{R_t}{R_{on} + R_t} \left( 1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) \right) + U_k \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right), \quad \tau_1 = C_2(R_{on} \times R_t)$$

2.



n-p-n tranzisztor:

$$U_{BE0}=0.6V \quad U_m = 1 V ; \quad \alpha = A = 1, \quad I_{E0} = 1 \text{ mA}$$

$$U_t = 15 \text{ V}; \quad R_1 = 10 \text{ k}\Omega; \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega ; \quad R_3 = 5 \text{ k}\Omega ; \\ R_4 = 50 \text{ k}\Omega \quad C \rightarrow \infty$$

a)  $R_5 = ?$

b)  $U_{CE}^+ = ?$  (nyitó irányú kivezérelhetőség)

c)  $U_{CE}^- = ?$  (záró irányú kivezérelhetőség)

d) Mekora a kimeneten megjelenő szinusz maximális amplitúdója?

### Megoldás:

a)  $A=1 \rightarrow B=\infty \rightarrow$  nincs bázis áram,

$$U_{E0} = -U_t + (R_1 + R_2) I_{E0} = -15 + 15 = 0 \text{ V}$$

$$U_{B0} = U_{E0} + U_{BE0} = 0.6 \text{ V} = -U_t + R_5 / (R_5 + R_4) 2U_t$$

$$R_5 / R_4 = (U_{BE0} - (-U_t)) / (U_t - U_{BE0}) \rightarrow R_5 = 15,6 / 14,4 * 50 = \boxed{54,17 \text{ k}\Omega}$$

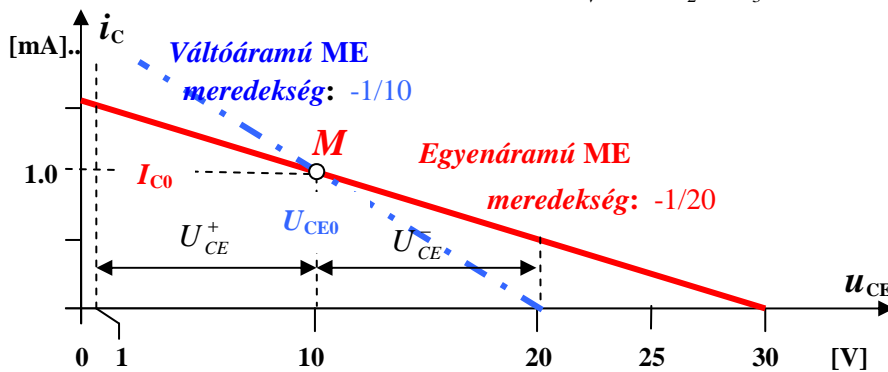
b,c) Tranzisztor kivezérelhetősége:

Egyenáramú analízis:  $2U_t = U_{CE} + I_C (R_1 + R_2 + R_3)$

$$I_{C0} = I_{E0} = 1 \text{ mA} \rightarrow U_{CE0} = 2U_t - I_{E0} (R_1 + R_2 + R_3) = 30 - 1 * 20 = 10 \text{ V}$$

Az egyenáramú munkaegyenes meredeksége:  $-\frac{1}{R_E} = -\frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} = -\frac{1}{20} \text{ [mS]}$

A váltóáramú munkaegyenes meredeksége:  $-\frac{1}{R_V} = -\frac{1}{R_2 + R_3} = -\frac{1}{10} \text{ [mS]}$



Az ábra alapján:  $U_{CE}^+ = U_{CE0} - U_m = 10.6 - 1 = \underline{\underline{9 \text{ V}}}$ ,

$$U_{CE}^- = R_V I_{CE0} = 15 * 1 = 10 \text{ V}$$

d.) Kimeneti kivezérelhetőség:  $U_{ki2}^- = U_{CE}^- \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 10 \frac{5}{10} = 5 \text{ V}$

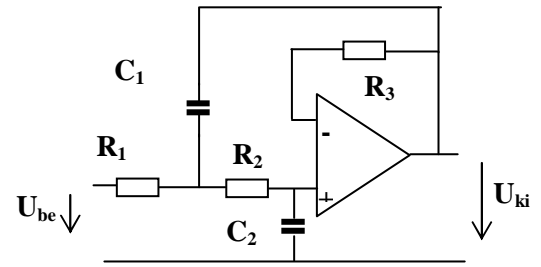
$$U_{ki2}^+ = U_{CE}^+ \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \dots = 4,5 \text{ V}$$

szimmetrikus kimeneti kivezérelhetőség:  $U_{ki \text{ max}} = \min(U_{ki}^+, U_{ki}^-) = \underline{\underline{4,5 \text{ V}}}$

3. A műveleti erősítő ideális.

$$R_1 = R_2 = R_3 = 10 \text{ kohm}, \quad C_1 = C_2 = 10 \text{ nF}$$

- Egyenáramú feszültség erősítés ( $U_{ki}/U_{be}(\omega=0)$ ) ?
- $U_{ki}/U_{be}(s)=?$
- Bode-normált gyöktényező paraméterei:  $\omega_0=?$ ,  $\xi=?$
- Rajzolja fel az amplitúdó és fázis Bode diagrammot?



### Megoldás:

a) Mivel kondenzátorok szakadások,  $I_+ = I_- = 0$ ,  $U_{+-} = 0$  ezért  $U_{ki} = U_{be}$ , azaz  $\frac{U_{ki}}{U_{be}} = 1$ .

b)

$$I_{R3} = 0 \rightarrow U_- = U_+ = U_{ki} \rightarrow I_{R2} = I_{C2} = sC_2 U_{ki} \rightarrow$$

$$\rightarrow U = (R_2 + \frac{1}{sC_2})sC_2 U_{ki} = (1 + sC_2 R_2)U_{ki}$$

$$I_{R1} = I_{C1} + I_{C2}$$

$$\frac{U_{be} - (1 + sC_2 R_2)U_{ki}}{R_1} = sC_1 ((1 + sC_2 R_2)U_{ki} - U_{ki}) + sC_2 U_{ki}$$

$$U_{be} = (1 + sC_2 R_2)U_{ki} + R_1 (sC_1 sC_2 R_2 + sC_2)U_{ki} =$$

$$U_{be} = (1 + sC_2 (R_1 + R_2) + s^2 C_1 C_2 R_1 R_2)U_{ki}$$

$$\frac{U_{ki}}{U_{be}}(s) = \frac{1}{1 + sC_2 (R_1 + R_2) + s^2 C_1 C_2 R_1 R_2} = \frac{1}{1 + 2\xi \frac{s}{\omega_0} + \left(\frac{s}{\omega_0}\right)^2}$$

c)

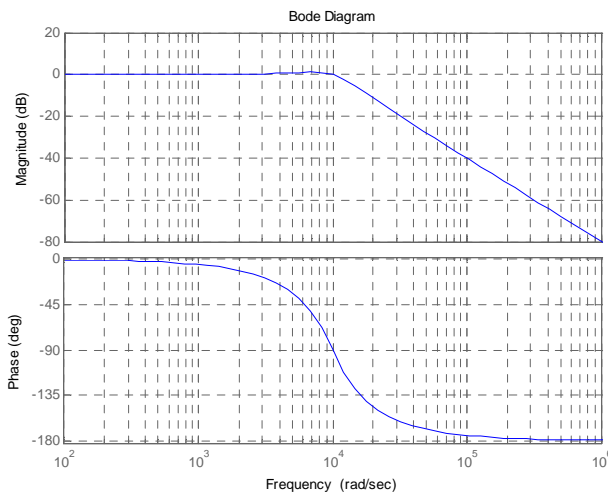
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}},$$

$$2\xi \sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2} = C_2 (R_1 + R_2) \rightarrow \xi = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$$

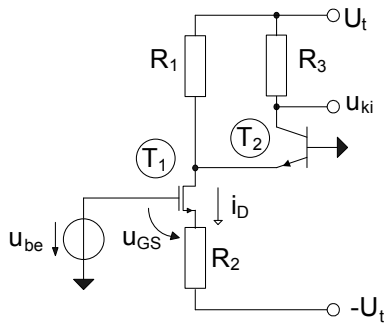
$$\omega_0 = 10 \text{ krad/s} \quad f_0 = 1.59 \text{ kHz}$$

$$\xi = 1$$

d)



4.



$T_1$ : n-csatornás növekményes MOS FET,  $U_P = 4V$ ,

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

$T_2$ : n-p-n tranzisztor,  $\beta_2 = B_2 = \rightarrow \infty$ ,  $U_{EB0} = 0,6 \text{ V}$ ,

$U_t = 10 \text{ V}$ ,  $R_1 = 10,6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$ ,

a.)  $I_{D0} = ?$ ,

b.)  $I_{E0} = ?$ ,

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ , ha  $S = 2 \text{ mS}$ ,  $r_d = 26 \Omega$ ,

d.)  $R_{ki} = ?$ , ha  $S = 2 \text{ mS}$ ,  $r_d = 26 \Omega$ .

### Megoldás:

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

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

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

b.)  $I_{E0} = ?$ ,  $U_t + U_{BE0} = I_1 R_1 \quad I_1 = \frac{U_t + U_{BE0}}{R_1} = \frac{10,6}{10,6} = 1 \text{ mA}$ ,  $I_{E0} = I_{D0} - I_1 = 1 \text{ mA}$

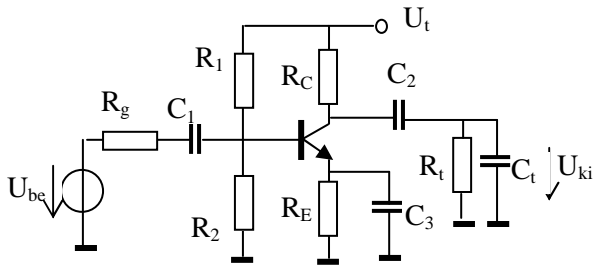
c.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ? \quad r_d = 26 \Omega, S = 2 \text{ mS}$

$$i_d = \frac{u_{be}}{(R_2 + 1/S)}, \quad i_e = i_d \frac{R_1}{R_1 + r_d} = i_d \frac{10,6}{10,626} \cong i_d, \quad u_{ki} = -i_e R_3$$

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

d.)  $R_{ki} = R_3 = 5 \text{ k}\Omega$

5.



Az áramkör adatai:

$$U_t = 15 \text{ V}, R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega,$$

$$R_E = 6,9 \text{ k}\Omega, R_C = 5,2 \text{ k}\Omega,$$

$$R_g = 5 \text{ k}\Omega, R_t = 5,2 \text{ k}\Omega, C_t = 10 \text{ pF}$$

$$C_1 = 10 \mu\text{F}, C_2 = 10 \mu\text{F}, C_3 = \infty$$

Tranzisztor:

$$U_{BE0} = 0,6 \text{ V}, B = \beta = \infty, C_{be} = 20 \text{ pF}, C_{bc} = 2 \text{ pF}$$

- a) Munkaponti áram,  $I_{E0} = ?$   
 b) Középfrekvenciás erősítés?  $U_{ki}/U_{be} = ?$ , ha a kis- és nagyfrekvenciás hatásokat elhanyagoljuk.  
 c) Alsó határ frekvencia?  $\omega_a = ?$   
 d) Felső határ frekvencia?  $\omega_f = ?$

## Megoldás:

a)  $U_{B0} = R_2/(R_1+R_2) U_t = 7,5 \text{ V}$        $U_{E0} = U_{B0} - U_{BE0} = 6,9 \text{ V}$        $I_{E0} = U_{E0}/R_E = 1 \text{ mA}$   
 $r_d = U_T/I_{E0} = 26 \Omega$

b)  $C_1, C_2, C_3$  : rövidzár,       $C_{be}, C_{bc}, C_t$  : szakadás  
 bemeneti leosztás:  $R_{12} = R_1 \parallel R_2 = 5 \text{ k}\Omega$ ,       $R_{12} / (R_g + R_{12}) = 0,5$   
 FE erősítés:  $-(R_C \times R_t) / r_d = -100$ ,

$$U_{ki}/U_{be} = -50$$

c)  $C_1$  csatoló miatt:  $\omega_{a1} = 1/(C_1(R_g + R_{12})) = 10 \text{ rad/sec} = 1,6 \text{ Hz}$   
 $C_2$  csatoló miatt:  $\omega_{a2} = 1/(C_2(R_C + R_t)) = 9,62 \text{ rad/sec} = 1,53 \text{ Hz}$   
 alsó határfrekvencia:  $\max(\omega_{a1}, \omega_{a2}) = 1,6 \text{ Hz}$

d)

$C_{be}, C_t$  : párhuzamos terhelő kapacitások a bemeneten és kimeneten:

$C_{bc}$  :  $A = -100$  erősítést áthidaló kapacitás, Miller hatás: 101-szeres a bemeneten, 1-szeres a kimeneten:

A bemeneten létrejövő törésponti frekvencia:

$$\omega_{f1} = \frac{1}{C_{p1} R_{p1}} = \frac{1}{(C_{be} + (1 - (-100))C_{bc})(R_g * R_{12})} = 1,8 \text{ Mrad/sec} = 287 \text{ kHz}$$

A kimeneten létrejövő törésponti frekvencia:

$$\omega_{f2} = \frac{1}{C_{p2} R_{p2}} = \frac{1}{(C_{bc} + C_t)(R_C * R_t)} = 17,48 \text{ Mrad/sec} = 2,78 \text{ MHz}$$

Felső határfrekvencia:  $\min(\omega_{f1}, \omega_{f2}) = 1,8 \text{ M rad/sec} = 287 \text{ kHz}$