

Elektronika 1.	vizsga	2015. 06. 05.	1.	2.	3.	4.	5	$\Sigma$
Név:		Neptun:						

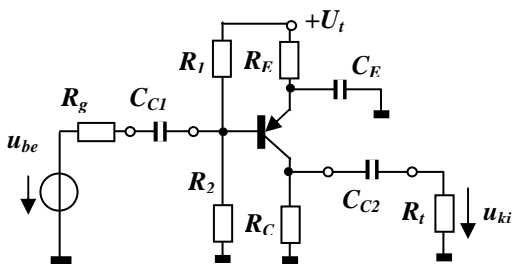
### 1. feladat

Rajzolja le az  $R_g$  generátor ellenállású meghajtó fokozat és az  $R_t$  ellenállású terhelés között működő, mind a bemeneten mind a kimeneten kapacitív csatolású, egytelepes (pozitív telepfeszültségű) munkapont beállítású, alábbi erősítőket:

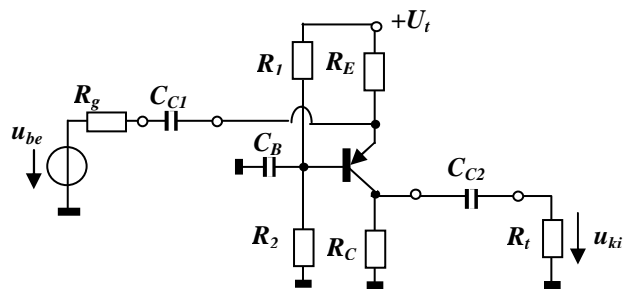
- pnp földelt emitteres erősítő, hidegítő kondenzátorral átblokkolt emitter ellenállással,
- pnp földelt bázisú erősítő,
- pnp tranzisztorokból álló kaszkód erősítő,
- komplementer (pnp FE és npn FB tranzisztorból álló) kaszkód erősítő

### Megoldás:

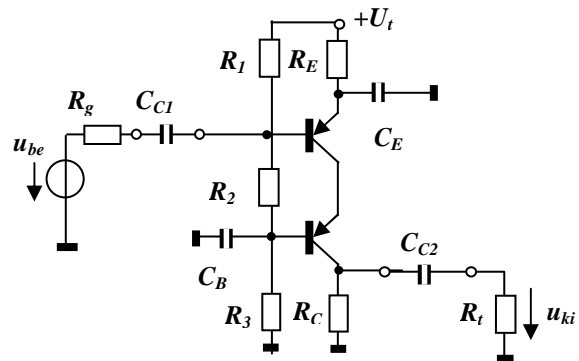
Egyfokozatú, pnp földelt emitteres erősítő:



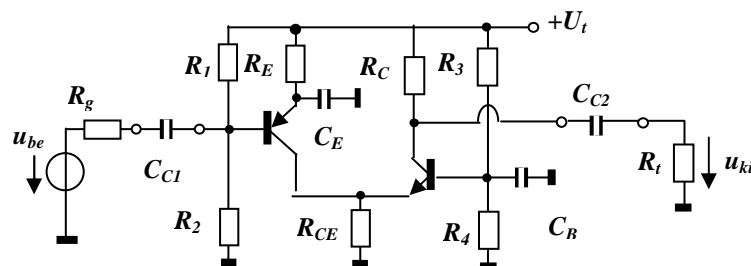
Egyfokozatú, pnp földelt bázisú erősítő:



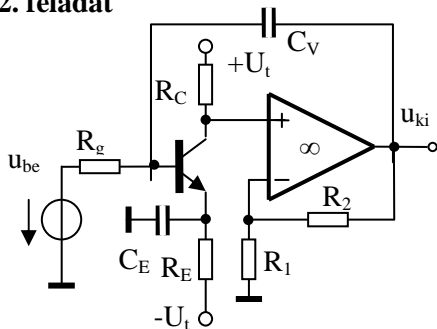
Az pnp tranzisztorokból álló kaszkód erősítő:



A komplementer (pnp és npn tranzisztorból álló) kaszkód erősítő:



## 2. feladat



Az áramkör adatai:

$$R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega, R_g = 2 \text{ k}\Omega, R_E = 4,68 \text{ k}\Omega, R_C = 3 \text{ k}\Omega,$$

$$U_t = 10 \text{ V}, C_E = 10 \text{ }\mu\text{F}. \quad \text{Parazita kapacitás: } C_v = 10 \text{ pF}$$

A műveleti erősítő ideális.

A tranzisztor adatai:  $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$ ,  $U_m = 1 \text{ V}$ ,  $\beta = B = 99$

a.) Mekkora a tranzisztor munkaponti árama?  $I_{E0} = 2 \text{ mA}$

b.) Mekkora a frekvenciafüggetlen (középfrekvenciás) feszültség erősítés?  $u_{ki}/u_{be} = -180$

c.) Mekkora és milyen típusú a  $C_E$  hidegítő kondenzátor okozta határfrekvencia?  $\omega_E = 3,05 \text{ kr/s}$

d.) Mekkora és milyen típusú a  $C_v$  parazita visszacsatoló kapacitás okozta határfrekvencia?  $\omega_v = 0,277 \text{ Mr/s}$

### Megoldás:

a.) Munkapont:  $u_{be} = 0 \rightarrow U_t = R_g(1-A)I_{E0} + U_{BE0} + R_E I_{E0}$ ,  $A = \frac{B}{1+B} = 0,99$

$$I_{E0} = \frac{U_t - U_{BE0}}{R_E + (1-A)R_g} = \frac{9,4}{4,68 + 0,01 \cdot 2} = 2 \text{ mA}$$

b.) Kisjelű analízis:  $r_d = \frac{U_t}{I_{E0}} = 13 \Omega$

Középfrekvencia: ahol  $C_E$  már rövidzárként és  $C_v$  még szakadásként viselkedik.

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_B}{u_{be}} \frac{u_C}{u_B} \frac{u_{ki}}{u_C}$$

A bemeneti leosztás:  $\frac{u_B}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} = \frac{(1+\beta)r_d}{R_g + (1+\beta)r_d} = \frac{1,3}{2 + 1,3} = 0,394$

A tranzisztor erősítése:  $\frac{u_C}{u_B} = -\alpha \frac{R_C}{r_d} = -0,99 \frac{3000}{13} = -228,5$

A visszacsatolt neminvertáló műveleti erősítő átvitele:  $\frac{u_{ki}}{u_C} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = 2$

Tehát:  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_B}{u_{be}} \frac{u_C}{u_B} \frac{u_{ki}}{u_C} = -180$

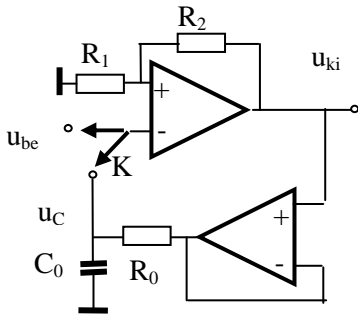
c.)  $C_E$  hidegítő kondenzátor okozta **alsó** határfrekvencia:

$$\omega_E = \frac{1}{C_E (R_E \times R_{Eki})} = \frac{1}{C_E (R_E \times (r_d + (1-\alpha)R_g))} = \frac{1}{10^{-5} (4680 \times 33)} = \frac{1}{10^{-5} \cdot 32,77} = 3,05 \text{ krad/s} = 486 \text{ Hz}$$

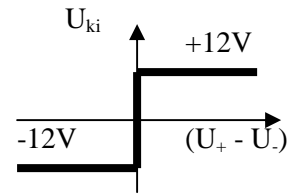
c.)  $C_v$  parazita visszacsatoló kapacitás okozta **felső** határfrekvencia a Miller hatás alapján:

$$\omega_E = \frac{1}{C_v \left(1 - \frac{u_{ki}}{u_B}\right) (R_g \times R_{bei})} = \frac{1}{C_v \left(1 - \frac{u_{ki}}{u_B}\right) (R_g \times (1+\beta)r_d)} = \frac{1}{10^{-11} (1 + 228,5 \cdot 2) (2000 \times 1300)} = \frac{10^{11}}{458 \cdot 788} = 0,277 \text{ Mrad/s} = 44 \text{ kHz}$$

### 3. feladat



Az ideális műveleti erősítők karakterisztikája:



$$R_1 = R_2 = R_0 = 10 \text{ k}\Omega, \quad C_0 = 10 \text{ nF}$$

a.) Rajzolja fel az  $U_{ki} - U_{be}$  karakterisztikát ha a K kapcsoló  $u_{be}$  állásban van!

b.) Határozza meg az a.) pontbeli karakterisztika hiszterézisét!

$$U_H = 12 \text{ V}$$

c.) Rajzolja le  $u_{ki}(t)$  és  $u_c(t)$  feszültségek lépték helyes idő függvényét, ha K kapcsoló  $u_c$  állásban van!

d.) A K kapcsoló  $u_c$  állásában mekkora a kimenő jel frekvenciája?

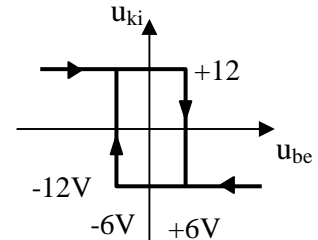
$$f = 4,55 \text{ kHz}$$

### Megoldás:

a.) Fázisfordító pozitív visszacsatolású komparátor:

$$\text{Kimeneti feszültség szintek: } \pm U_M = \pm 12 \text{ V}$$

$$\text{Billenési feszültség szintek: } \frac{R_1}{R_1 + R_2} \pm U_M = \pm 6 \text{ V}$$

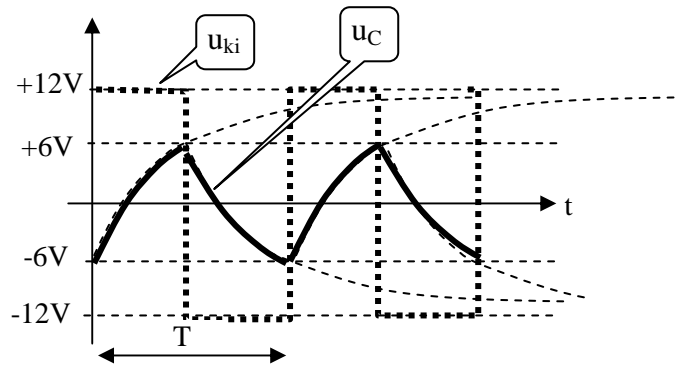


b.) Hiszterézis, a billenési szintek különbsége:

$$U_H = \frac{R_1}{R_1 + R_2} (U_{kiM} - U_{kim}) = \frac{10}{20} (12 - (-12)) = 12 \text{ V}$$

c.) A kimenet  $\pm 12 \text{ V}$  szintek közt billeg,

a  $C_0$  kondenzátor a  $-6 \text{ V}$  ( $+5 \text{ V}$ ) billenési szintről a  $+12 \text{ V}$  ( $-12 \text{ V}$ ) kimeneti feszültségre töltődik  $R_0$  ellenálláson keresztül  $\tau = R_0 C_0$  időállandóval  $T/2$  ideig, amikor eléri a  $+6 \text{ V}$  billenési szintet és a kimenet  $-12 \text{ V}$ -ra billen.

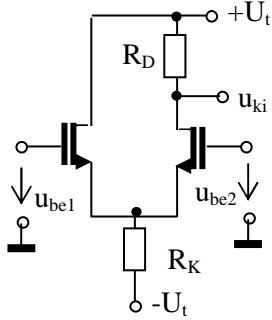


$$d.) \quad \tau = \frac{1}{R_0 C_0} = \frac{1}{10^4 10^{-8}} = 10^{-4} = 100 \mu\text{s}$$

$$t \in [0 : T/2]: \quad u_c(t) = -6 + (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})(12 - (-6)) = 12 - 18e^{-\frac{t}{\tau}} \Big|_{t = \frac{T}{2}} = 6$$

$$12 - 18e^{-\frac{T}{2\tau}} = 6 \quad \rightarrow \quad e^{\frac{T}{2\tau}} = 3 \quad T = 2\tau \ln 3 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 1,0986 = 220 \mu\text{s} \quad f = 4,55 \text{ kHz}$$

#### 4. feladat



$$U_t = 10 \text{ V}, R_K = 3,5 \text{ k}\Omega, R_D = 2 \text{ k}\Omega,$$

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

a.) Határozza meg a tranzisztorok munkaponti áramát ( $u_{be1} = u_{be2} = 0$ )!

$$I_{D01} = 1 \text{ mA}$$

$$I_{D02} = 1 \text{ mA}$$

b.) Határozza meg a differenciál erősítő differenciális feszültség erősítését, ha a tranzisztorok munkaponti meredeksége  $2 \text{ mS}$ !  $A_D = 2$

c.) Határozza meg a differenciál erősítő közös módusú feszültség erősítését, ha a tranzisztorok munkaponti meredeksége  $2 \text{ mS}$ !  $A_K = -0,222$

d.) Határozza meg a kimeneti ellenállást, ha a tranzisztorok munkaponti meredeksége  $2 \text{ mS}$ !  $R_{ki} = 2 \text{ k}\Omega$

#### Megoldás:

$$a.) I_{D01} = I_{D02} = I_{D0}, \quad U_t = U_{GS0} + 2I_{D0}R_K = U_{GS0} + 2I_{D0} \left( \frac{U_{GS0} - U_p}{U_p} \right)^2 R_K$$

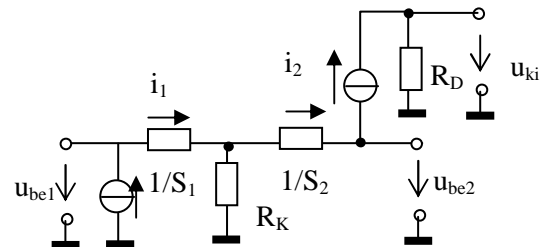
$$10 = U_{GS0} + 2 \cdot 4 \cdot 3,5 \left( \frac{U_{GS0} - 2}{2} \right)^2 = U_{GS0} + 7(U_{GS0}^2 - 4U_{GS0} + 4)$$

$$7U_{GS0}^2 - 27U_{GS0} + 18 = 0 \rightarrow U_{GS0} = \begin{cases} 3 \text{ V} \\ 0,86 \text{ V} \end{cases} \rightarrow I_{D0} = 4 \left( \frac{3-2}{2} \right)^2 = 1 \text{ mA}$$

$$\text{A tranzisztorok munkaponti meredekségei: } S_1 = S_2 = S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_p} = 2 \text{ mS}$$

b.) Differenciális erősítés:

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

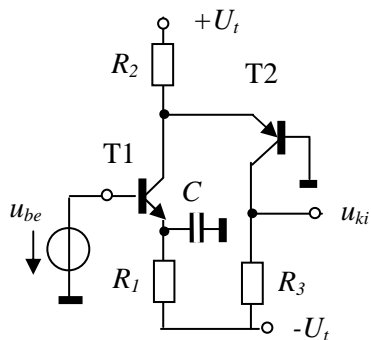


c.) Közös módusú erősítés:

$$A_K = \frac{u_{ki}}{u_K} \Big|_{u_{be1} = u_{be2} = u_K} = -\frac{1}{2} \frac{R_D}{R_K + \frac{1}{2S}} = -\frac{1}{2} \frac{2}{3,5 + 1} = -\frac{1}{4,5} = -0,222$$

d.)  $R_{ki} = R_D = 2 \text{ k}\Omega$

## 5. feladat



Az áramkör adatai:

$$U_t = 10,2 \text{ V}, R_1 = 9,6 \text{ k}\Omega, R_2 = 3,2 \text{ k}\Omega, R_3 = 2,6 \text{ k}\Omega, C \rightarrow \infty$$

T1 adatai:  $U_{BE01} = 0,6 \text{ V}$ ,  $B = \beta = \infty$ ,  $U_m = 0,5 \text{ V}$

T2 adatai:  $U_{EB02} = 0,6 \text{ V}$ ,  $B = \beta = \infty$ ,  $U_m = 0,5 \text{ V}$

a.) Határozza meg T2 munkaponti áramát!

$$I_{E02} = 2 \text{ mA}$$

b.) Határozza meg T2 disszipációs teljesítményét, ha  $u_{be} = 0$ !

$$P_{Dtr2} = 11,2 \text{ mW}$$

c.) Számítsa ki a feszültségerősítést!

$$u_{ki}/u_{be} = -100$$

d.) Figyelembe véve a tranzisztorok nyitófeszültségének  $-2\text{mV}/\text{C}^\circ$  szerinti hőmérséklet érzékenységet, melyik tranzisztor munkapontja érzékenyebb a hőmérséklet változásra és miért?

## Megoldás:

$$\text{a.) } u_{be}=0, B = \infty \rightarrow U_t = U_{BE01} + R_1 I_{E01} \rightarrow I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{10,2 - 0,6}{9,6} = 1 \text{ mA}$$

$$I_{C01} = I_{E01}, U_t - U_{EB02} = R_2 (I_{E01} + I_{E02}) \rightarrow I_{E02} = \frac{U_t - U_{EB02}}{R_2} - I_{E01} = \frac{10,2 - 0,6}{3,2} - 1 = 2 \text{ mA}$$

$$\text{b.) } U_{EC02} = U_{EB02} + U_t - R_3 I_{E02} = 0,6 + 10,2 - 2,6 \cdot 2 = 5,6 \text{ V}, P_{Dtr2} = U_{EC02} I_{E02} = 11,2 \text{ mW}$$

$$\text{c.) } r_{d1} = \frac{U_T}{I_{E01}} = 26 \Omega, r_{d2} = \frac{U_T}{I_{E02}} = 13 \Omega$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left( -\frac{R_2 \times r_{d2}}{r_{d1}} \right) \left( \frac{R_3}{r_{d2}} \right) \cong -\frac{R_3}{r_{d1}} = -\frac{2600}{26} = -100$$

d.) Figyelembe véve, hogy  $I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1}$ , a hőmérséklettel nő T1 árama.

Ugyanakkor  $I_{E02} = \frac{U_t - U_{EB02}}{R_2} - I_{E01}$  alapján láthatjuk, hogy T2 áramának változása, T1

áramának változása (bizonyos mértékben) kompenzálja, tehát T1 érzékenyebb a hőmérséklet változásra.