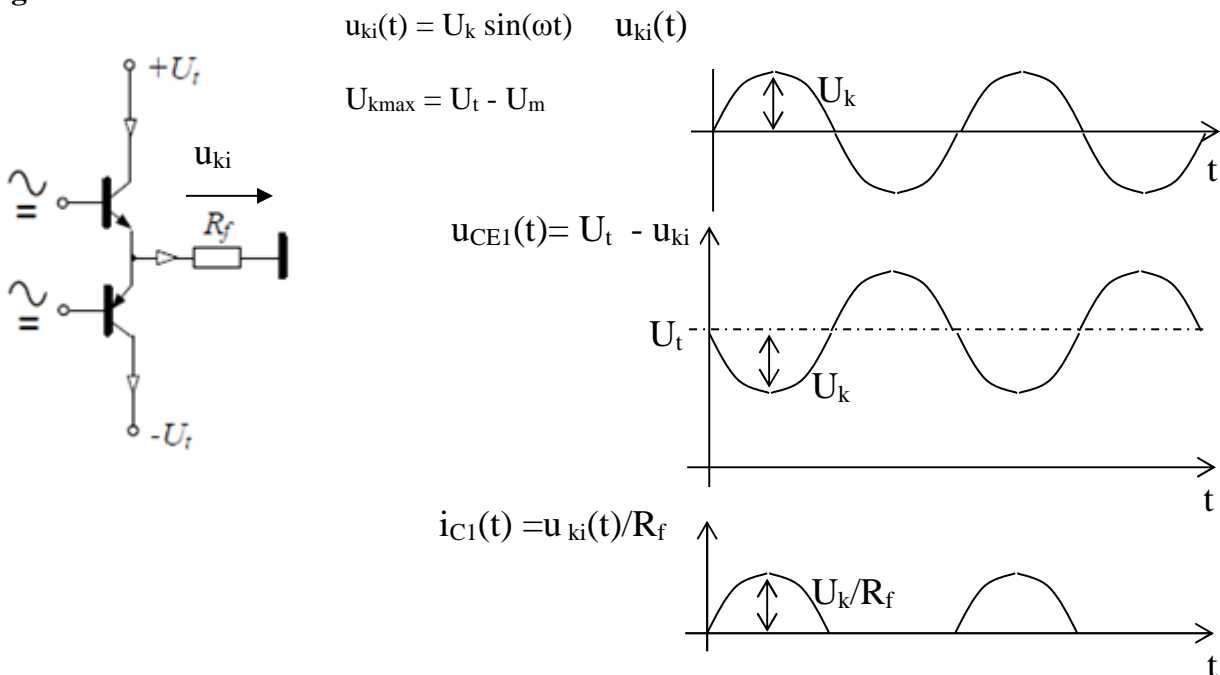


Elektronika 1.	Vizsga	2022. 01. 17.	1.	2.	3.	4.	5	Σ	IMSC
Név:	Neptun:								

### 1. feladat

Rajzolja le a bipoláris, komplementer tranzisztorokból felépülő ellenütemű végfokozatot! Feltételezzük, hogy a végfokozat „B” osztályú és a kimeneti jel  $U_k$  amplitúdójú szinuszos feszültség,  $u_{ki}(t) = U_k \sin(\omega t)$ . Mekkora  $U_k$  lehetséges maximális értéke, hogyan függ a telepfeszültségtől, a tranzisztor kollektor-emitter maradék feszültségétől és a terhelő ellenállástól? Rajzolja le közös léptékű idő-tengelyek felett a kimenő feszültséget, az egyik tranzisztor kollektor-emitter feszültségét, és az áramát! Mekkora  $U_k = U_{kDmax}$  kimeneti amplitúdónál melegendnek legjobban a tranzisztorok?

### Megoldás:



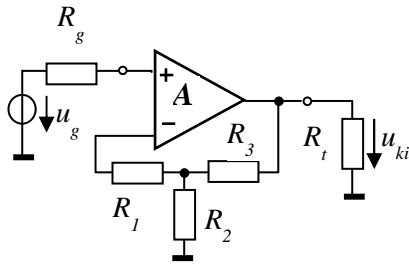
A maximális tranzisztor disszipációhoz tartozó kivezérési amplitúdó meghatározása:

$$P_{Dtr}(U_k) = \overline{u_{CE1}(t)i_{C1}(t)} = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (U_t - U_k \sin(\omega t)) \frac{U_k}{R_f} \sin(\omega t) dt = \frac{U_t U_k}{R_f} \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \sin(\omega t) dt - \frac{U_k^2}{R_f} \frac{1}{T} \int_0^{T/2} \sin^2(\omega t) dt$$

$$P_{Dtr}(U_k) = \frac{1}{\pi} \frac{U_t}{R_f} U_k - \frac{1}{4} \frac{1}{R_f} U_k^2$$

$$P_{Dtr} \text{ max : } U_k = U_{kDmax} : \frac{d}{dU_k} P_{Dtr}(U_k) = 0 \quad \frac{1}{\pi} \frac{U_t}{R_f} = \frac{1}{2} \frac{1}{R_f} U_k \rightarrow U_{kDmax} = \frac{2}{\pi} U_t$$

## 2. feladat



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega, R_3 = 30 \text{ k}\Omega,$$

$$R_g = 10 \text{ k}\Omega, R_t = 10 \Omega,$$

a.) Hány decibel az  $u_{ki}/u_g$  feszültség erősítés, ha a műveleti erősítő ideális,  $A = \infty$  !

b.) Mekkora a nullponti ( $u_g = 0$ ) kimeneti hibafeszültség abszolút értéke, ha  $A = \infty$  és a műveleti erősítő bemeneti offset feszültsége  $U_{off} = 10\text{mV}$  ?  $U_{ki0} = ?$

c.) Legyen  $u_g$  0,2 V amplitúdójú szinuszos jel. Mekkora az  $\{u_g, R_g\}$  jelforrásból felvett és az  $R_t$  terhelésen leadott hatásos teljesítmény, ha a műveleti erősítő ideális, azaz  $A = \infty$ ?

$$P_g = ? , P_t = ?$$

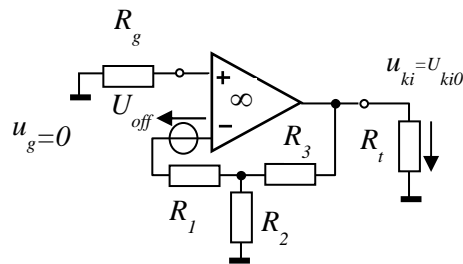
d.) Mekkora az  $u_{ki}/u_g$  feszültségerősítés felső (3 dB-es) határfrekvenciája, ha a műveleti erősítőre alkalmazható az egy-pólusú modell és az erősítés-sávszélesség szorzata:  $GBW = 10 \text{ MHz}$  ?

### Megoldás:

a.)  $A = \infty \rightarrow \Delta u = 0, \rightarrow U^+ = U^- = u_g, I^+ = I^- = 0 \rightarrow I_{R_g} = I_{R_1} = 0$

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = 1 + \frac{R_3}{R_2} = 4 \rightarrow \left( \frac{u_{ki}}{u_g} \right)^{dB} = \boxed{12\text{dB}}$$

b.)  $|U_{ki0}| = \frac{R_3 + R_2}{R_2} |U_{off}| = 4 \cdot 10 = 40\text{mV}$



c.)  $A = \infty : P_g = 0,$  mert a műveleti erősítőbe nem folyik áram.

A kimeneti szinuszos feszültség amplitúdó:

$$U_{Ak} = 4 \cdot 0,2 \text{ V} = 0,8 \text{ V}, \text{ tehát } P_t = \frac{1}{2} \frac{U_{Ak}^2}{R_t} = \dots = \boxed{32\text{mW}}$$

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = K_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + \beta A_0)\omega_0}} = K_0 \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_p}}$ ,

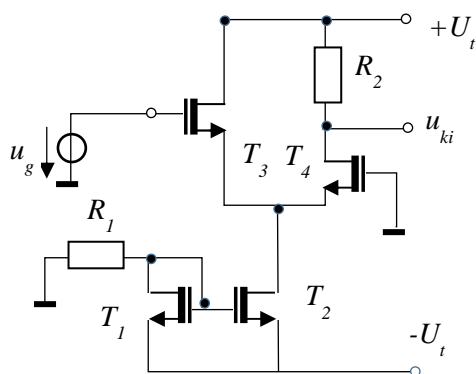
ahol  $\beta = \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{1}{4} = 0,25,$

és a felső határfrekvencia:

$$\omega_p = (1 + \beta A_0)\omega_0 \approx \beta A_0 \omega_0 = \beta 2\pi GBW = 0,25 \cdot 62,8 \text{ Mrad/sec} = 15,7 \text{ Mrad/sec}$$

azaz  $f_p = \boxed{2,5 \text{ MHz}}$

### 3. feladat



$$U_t = 12 \text{ V}, R_1 = ?, R_2 = 3 \text{ k}\Omega$$

A tranzisztorok adatai:

$$T_1 \equiv T_2: U_{p12} = 4 \text{ V}, I_{D0012} = 8 \text{ mA},$$

$$T_3 \equiv T_4: U_{p34} = 4 \text{ V}, I_{D0034} = 4 \text{ mA}$$

továbbá  $T_3$  és  $T_4$  munkaponti áramai:

$$I_{D03} = I_{D04} = 1 \text{ mA}.$$

Kérdések:

a.)  $T_1$  munkaponti árama:  $I_{D01} = ?$

b.)  $R_1 = ?$

c.) Munkaponti disszipációk:  $P_{tr10} = ?$   $P_{tr20} = ?$

d.) Munkaponti disszipációk:  $P_{tr30} = ?$   $P_{tr40} = ?$

Megoldás:

a.)  $I_{D02} = I_{D03} + I_{D04} = 2 \text{ mA}$ , áramtükör:  $I_{D01} = I_{D02} = \boxed{2 \text{ mA}}$

b.)  $I_{D01} = I_{D001} \left( \frac{U_{GS01} - U_{p1}}{U_{p1}} \right)^2$ ,  $\left( \frac{U_{GS01} - U_{p1}}{U_{p1}} \right) = \sqrt{\frac{I_{D01}}{I_{D001}}}$ ,  $\left( \frac{U_{GS01} - 4}{4} \right) = \sqrt{\frac{2}{8}} = \frac{1}{2}$ ,

$$U_{GS01} = U_{DS01} = 6 \text{ V} \quad U_t = I_{D01} R_1 + U_{DS01}, \quad R_1 = \frac{U_t - U_{GS01}}{I_{D01}} = \frac{6}{2} = \boxed{3 \text{ k}\Omega}$$

Munkaponti disszipációk:

c.)  $P_{tr10} = U_{DS01} I_{D01} = U_{GS01} I_{D01} = 6 \cdot 2 = \boxed{12 \text{ mW}}$

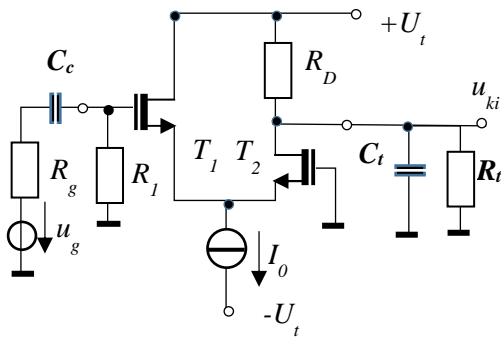
$$\left( \frac{U_{GS03} - U_{p3}}{U_{p3}} \right) = \sqrt{\frac{I_{D03}}{I_{D003}}}, \quad \left( \frac{U_{GS01} - 4}{4} \right) = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}, \quad U_{GS03} = 6 \text{ V}$$

$$P_{tr20} = U_{DS02} I_{D02} = (U_t - U_{GS03}) I_{D02} = (12 - 6) 2 = \boxed{12 \text{ mW}}$$

d.)  $P_{tr30} = U_{DS03} I_{D03} = (U_t + U_{GS03}) I_{D03} = (12 + 6) 1 = \boxed{18 \text{ mW}}$

$$P_{tr40} = U_{DS04} I_{D04} = (U_t + U_{GS03} - R_2 I_{D04}) I_{D04} = (12 + 6 - 3) 1 = \boxed{15 \text{ mW}}$$

#### 4. feladat



$$U_t = 12 \text{ V}, I_0 = 2 \text{ mA}$$

$$R_l = 8 \text{ k}\Omega, R_D = 5 \text{ k}\Omega, R_g = 2 \text{ k}\Omega, R_t = 5 \text{ k}\Omega$$

beépített, csatoló kondenzátor:  $C_c = 1 \mu\text{F}$

parazita, terhelő kapacitás:  $C_t = 2 \text{ pF}$

A tranzisztorok adatai:

$$T_1 \equiv T_2 : \text{ munkaponti meredekség: } S_1 = S_2 = 1 \text{ mS}$$

Kérdések:

a.) Rajzolja le az erősítő szélessávú, kisjelű, lineáris helyettesítő képét!

b.) Rajzolja le az erősítő középfrekvenciás, rezisztív

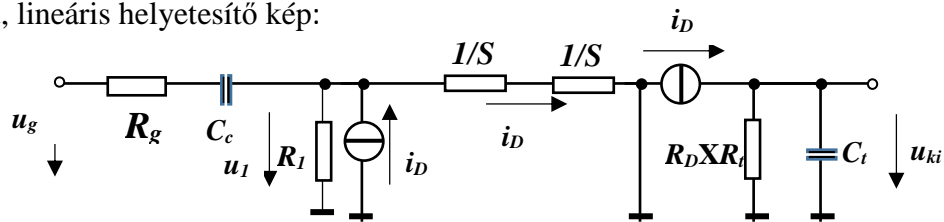
(frekvencia független), kisjelű, lineáris helyettesítő képét! Adja meg az  $u_{ki} / u_g$  feszültségerősítés középfrekvenciás, (az üzemi sávon belüli) értékét!

c.) Milyen típusú és milyen értékű határfrekvenciát okoz  $u_{ki} / u_g$  feszültségerősítés frekvencia menetében a beépített, nagy értékű  $C_c = 1 \mu\text{F}$  csatoló kondenzátor?

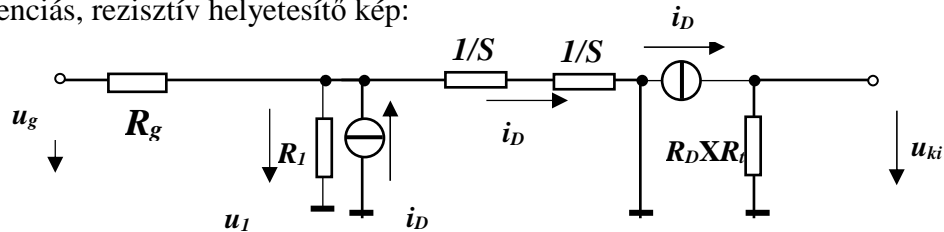
d.) Milyen típusú és milyen értékű határfrekvenciát okoz  $u_{ki} / u_g$  feszültségerősítés frekvencia menetében a parazita, kis értékű  $C_t = 2 \text{ pF}$  kapacitás?

#### Megoldás:

a.) Szélessávú, lineáris helyettesítő kép:



b.) Középfrekvenciás, rezisztív helyettesítő kép:



$$\left. \frac{u_{ki}}{u_g} \right|_{C_c = \infty, C_t = 0} = A_0 = \frac{u_1}{u_g} \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_1}{R_g + R_1} \frac{R_D \times R_t}{2 \frac{1}{S}} = \frac{8}{10} \frac{2,5}{2} = 1$$

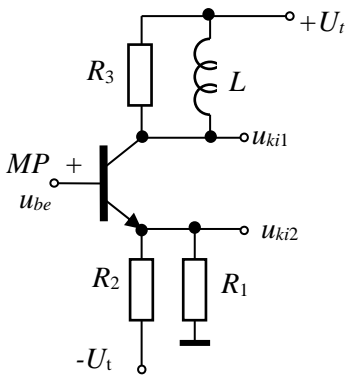
c.) Csatolókondenzátor okozta **alsó** határfrekvencia:

$$\omega_a = \frac{1}{C_c (R_g + R_{be})} \Big|_{R_{be} = R_1} = \frac{1}{10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3} = 100 \text{ rad/sec} = 15,9 \text{ Hz}$$

d.) Párhuzamos terhelő kapacitás okozta **felső** határfrekvencia:

$$\omega_f = \frac{1}{C_c (R_{ki} \times R_t)} \Big|_{R_{ki} = R_D} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-12} \cdot 2,5 \cdot 10^3} = \frac{1}{5} 10^9 = 200 \cdot 10^6 = 200 \text{ Mrad/sec} = 30,8 \text{ MHz}$$

## 5. feladat



$$U_t = 15 \text{ V}, U_m = 1 \text{ V}, U_{BE0} = 1 \text{ V}, I_{E0} = 2 \text{ mA}, A = 1$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_3 = 5 \text{ k}\Omega \quad L \rightarrow \infty$$

- A kimeneti karakterisztika síkján léptékhelyesen rajzolja be a munkapontot, az egyenáramú és a váltóáramú munkaegyeneseket!
- Határozza meg a tranzisztor nyitó- és záróirányú kivezérelhetőségét!  $U_{CE}^+ = ?$   $U_{CE}^- = ?$
- Határozza meg a kimeneti nyitó- és záróirányú kivezérelhetőségeket!  $U_{ki1}^+ = ?$   $U_{ki1}^- = ?$   $U_{ki2}^+ = ?$   $U_{ki2}^- = ?$
- Határozza meg a kisjelű, váltóáramú feszültségerősítés értékeit!  
 $u_{ki1} / u_{be} = ?$   $u_{ki2} / u_{be} = ?$

Megoldás:

a.)

lezáró hálózat

Egyenáramú h.k.  
 $L$ : rövidzár

Váltóáramú h.k.  
 $L$ : szakadás

Egyenáram:

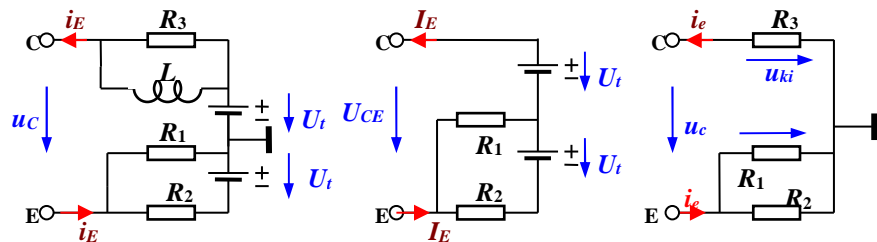
$$R_e = R_1 \times R_2 = 5 \text{ kohm}$$

$$U_t^* = U_t + U_t \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 22,5 \text{ V}$$

$$U_{CE0} = 12,5 \text{ V}$$

Váltó áram:

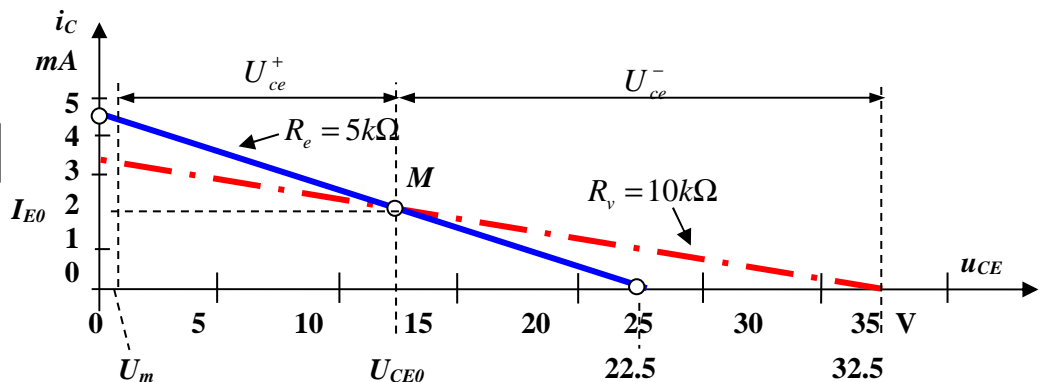
$$R_v = R_1 \times R_2 + R_3 = 10 \text{ kohm}$$



b.)

$$U_{ce}^+ = U_{CE0} - U_m = 12,5 - 1 = 11,5 \text{ V}$$

$$U_{ce}^- = I_{E0} R_v = 2 \times 10 = 20 \text{ V}$$



$$c.) \quad K_{ki1} = \frac{R_3}{R_1 \times R_2 + R_3} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$U_{ki1}^+ = K_{ki1} U_{ce}^+ = 5,75 \text{ V} \quad U_{ki1}^- = K_{ki1} U_{ce}^- = 10 \text{ V}$$

$$K_{ki2} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + R_3} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$U_{ki2}^+ = K_{ki2} U_{ce}^+ = 5,75 \text{ V} \quad U_{ki2}^- = K_{ki2} U_{ce}^- = 10 \text{ V}$$

$$d.) \quad r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \text{ ohm}$$

$$\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = - \frac{R_3}{r_d + R_1 \times R_2} = - \frac{5000}{5013} = -0,997$$

$$\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = \frac{R_1 \times R_2}{r_d + R_1 \times R_2} = \frac{5000}{5013} = 0,997$$