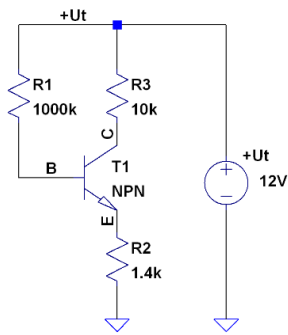


1.) *Feladat.* Az ábrán lévő kapcsolásban  $T_1$ , npn tranzisztor,  $B = \beta = 99$ ,  $U_{BE0} = 0,6V$ ,

$$U_t = 12V, R_1 = 1M\Omega, R_2 = 1,4k\Omega, R_3 = 10k\Omega.$$



*Kérdések:*

- $T_1$  emitter árama,  $I_{E0} = ?$  5p
- $T_1$  emitter potenciálja,  $U_{E0} = ?$  5p
- $T_1$  kollektor potenciálja,  $U_{C0} = ?$  5p
- $T_1$  normál aktív tartományban működik? 5p

*Megoldás*

$$a.) U_t = (1 - A)I_{E0}R_1 + U_{BE0} + I_{E0}R_2, \quad I_{E0} = \frac{U_t - U_{BE0}}{R_2 + (1 - A)R_1} = \frac{12 - 0,6}{1,4 + 0,01 \cdot 1000} = 1mA \quad \mathbf{5p}$$

$$b.) U_{E0} = I_{E0}R_2 = 1 \cdot 1,4 = 1,4V \quad \mathbf{5p}$$

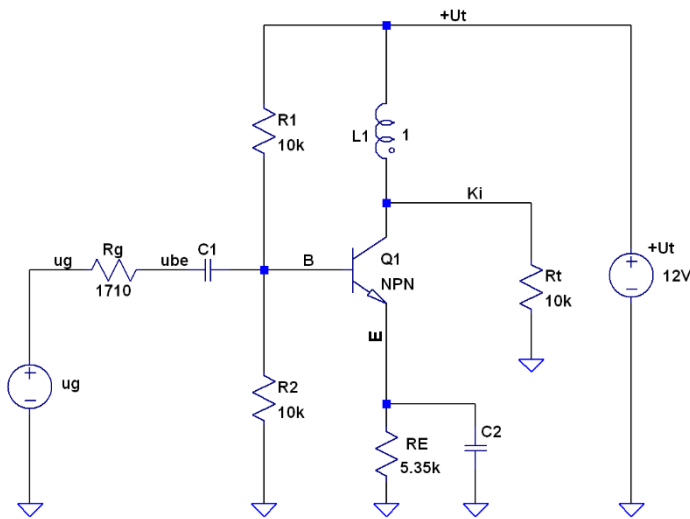
$$c.) U_{C0} = U_t - AI_{E0}R_3 = 12 - 0,99 \cdot 1 \cdot 10 = 2,1V \quad \mathbf{5p}$$

d.) A tranzisztor BE diódája nyitó irányban van előfeszítve.

A BC dióda előfeszítésének vizsgálata:

$U_{CE0} = U_{CE} - U_{E0} = 2,1 - 1,4 = 0,7V$ , tehát a tranzisztor BC diódája záró irányban van előfeszítve, a tranzisztor a normál aktív tartományban van. **5p**

2.) Feladat Határozzuk meg az alábbi erősítőfokozat kijelű paramétereit.



Adatok:  $U_t = 12V$ ,

$R_g = 1710\Omega$ ,  $R_t = 10k\Omega$ ,  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_2 = 10k\Omega$ ,

$L_1 = 1H$ ,  $C_1 = C_2 = \infty$ ,

$Q_1$ : NPN tranzisztor:  $B = \beta = 99$ ,  $U_{BE0} = 0,6V$ ,

$C_{be} = 40pF$ ,  $C_{bc} = 4pF$

a.) Sávközépi kijelű lineáris helyettesítőkép 5p

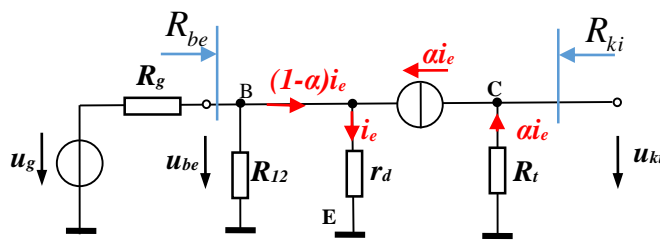
b.)  $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$  sávközépi erősítés dB-ben 5p

c.)  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$  -3dB-es alsó határfrekvenciája Hz-ben 5p

d.)  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$  -3dB-es felső határfrekvenciája Hz-ben 5p

Megoldás :  $I_{E0} = \frac{\frac{U_t}{2} - U_{BE0}}{R_E + (1 - A)R_{12}} = \frac{6 - 0,6}{5,35 + 0,01 \cdot 5} = 1mA$ ,  $r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = 26\Omega$

a.) A lineáris kijelű helyettesítőkép sávközépre (kapacitások:  $C_1$ ,  $C_2$  váltóáramú rövidzár, a parazita kapacitások szakadások, induktivitás szakadás) :



5p

b.)  $R_{be} = R_1 \times R_2 \times (1 + \beta)r_d = 10k\Omega \times 10k\Omega \times 100 \cdot 26\Omega = 1710\Omega$ .

Mivel  $R_{be} = R_g$ , ezért a bemeneti leosztás 6dB.

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_{be}}{R_{be} + R_g} \left( -\alpha \frac{R_t}{r_d} \right) = -\frac{1710}{1710 + 1710} \left( -0,99 \frac{10000}{26} \right) = -190, \quad \frac{u_{ki}}{u_g} \Big|_{dB} = 20 \lg \left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right| = 45,6dB \quad 5p$$

c.) Mivel  $C_1$ ,  $C_2$  végtelen, az alsó határfrekvenciát csak az L induktivitás határozza meg:

$$\omega_a = \frac{R_t}{L_1} = \frac{10000}{1} = 10krad/s, \quad f_a = \frac{\omega_a}{2\pi} = \frac{10krad/s}{2\pi} = 1592Hz \quad 5p$$

d.) A felső határfrekvenciákat a parazita kapacitások hozzák létre, ezek közül a kisebb lesz a felső

határfrekvencia:  $\omega_{p1} = \frac{1}{(R_g \times R_{be})C_{p1}}$ ,  $\omega_{p2} = \frac{1}{R_t C_{p2}}$ ,

$$C_{p1} = C_{be} + (1 - A)C_{bc} = 40 + (1 + 380)4 = 1564 pF,$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{(R_g \times R_{be})C_{p1}} = \frac{1}{1710 \times 1710 \cdot 1564 \cdot 10^{-12}} = 747,8krad/s,$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_t C_{p2}} = \frac{1}{R_t C_{bc}} = \frac{1}{10 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-12}} = 25Mrad/s,$$

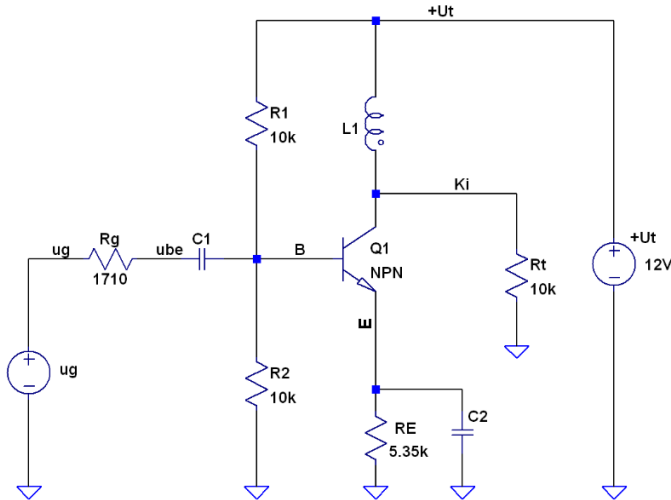
$$f_f = \frac{\omega_{p1}}{2\pi} = \frac{747,8krad/s}{2\pi} = 119kHz \quad 5p$$

3.) *Feladat.* Határozzuk meg az előző példában szereplő erősítőfokozat kivezérelhetőségi paramétereit.

Adatok:  $U_t = 12V$ ,  $R_t = 10k\Omega$ ,

$L_1 = \infty$ ,  $C_1 = C_2 = \infty$ ,

$Q_1$ : NPN tranzisztor:  $B = \infty$ ,  $U_{BE0} = 0,6V$ ,  $U_m = 0,5V$ ,  
 $I_{E0} = 1mA$ .



- a.) Kimenő feszültség kivezérlés nélkül,  $U_{ki0} = ?$  5p  
 b.) Kimenet kivezérelhetősége,  $U_{ki}^+ = ?$ ,  $U_{ki}^- = ?$ , 5p  
 c.) Rajzolja fel a maximális amplitúdójú 10kHz-es szinuszos kimeneti feszültség időfüggvényét egyenfeszültség helyesen. 5p  
 d.) Mekkora kivezérlés nélkül a telepből felvett áram?  $I_{Ut} = ?$  5p

*Megoldás*

$$R_e = R_E = 5,35k\Omega, \quad R_v = R_t = 10k\Omega$$

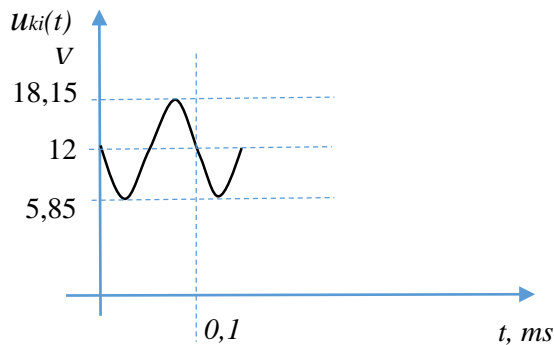
$$U_{CE0} = U_t - R_e I_{E0} = 12 - 5,35 \cdot 1 = 6,65V$$

a.)  $U_{ki0} = U_t = 12V$       **5p**

b.)  $U_{CE}^+ = U_{CE0} - U_m = 6,65 - 0,5 = 6,15V$ ,       $U_{CE}^- = I_{E0} R_v = 1 \cdot 10 = 10V$

$U_{ki}^+ = U_{CE}^+ = 6,15V$       **2,5p**,       $U_{ki}^- = U_{CE}^- = 10V$       **2,5p**

c.)  $\hat{U}_{ki} = U_{ki}^+ = 6,15V$       **5p**



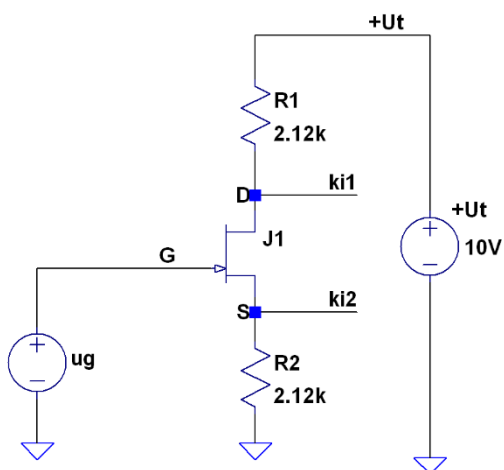
d.)  $I_{Ut} = I_{E0} + \frac{U_{ki0}}{R_t} + \frac{U_t}{R_1 + R_2} = 1 + \frac{12}{10} + \frac{12}{20} = 2,8mA$       **5p**

4.) *Feladat.* Határozzuk meg az alábbi erősítőfokozat kisjelű paramétereit.

Adatok:  $U_t = 10V$ ,  $R_1 = R_2 = 2,12k\Omega$ ,

$J_1$ : n csatornás JFET :  $U_p = -3V$ ,  $I_{DSS} = 11,8mA$ ,

$U_{ki20} = 2,12V$



a.)  $U_{ki10} = ?$  5p

b.)  $\frac{u_{ki1}}{u_g} = ?$  5p

c.)  $\frac{u_{ki2}}{u_g} = ?$  5p

d.)  $R_{be} = ?$ ,  $R_{ki1} = ?$ ,  $R_{ki2} = ?$  5p

*Megoldás*

$$I_{D0} = \frac{U_{ki20}}{R_2} = \frac{2,12}{2,12} = 1mA,$$

$$S = \frac{2}{|U_p|} \sqrt{I_{D0} I_{D00}} = \frac{2}{3} \sqrt{1 \cdot 11,8} = 2,29mS, \quad \frac{1}{S} = 437\Omega$$

a.)  $U_{ki10} = U_t - I_{D0} R_1 = 10 - 1 \cdot 2,12 = 7,88V$  **5p**

b.)  $\frac{u_{ki1}}{u_g} = -\frac{R_1}{R_2 + \frac{1}{S}} = -\frac{2120}{2120 + 437} = -0,83$  **5p**

c.)  $\frac{u_{ki2}}{u_g} = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{S}} = \frac{2120}{2120 + 437} = 0,83$  **5p**

d.)  $R_{be} = \infty$ , **1p**

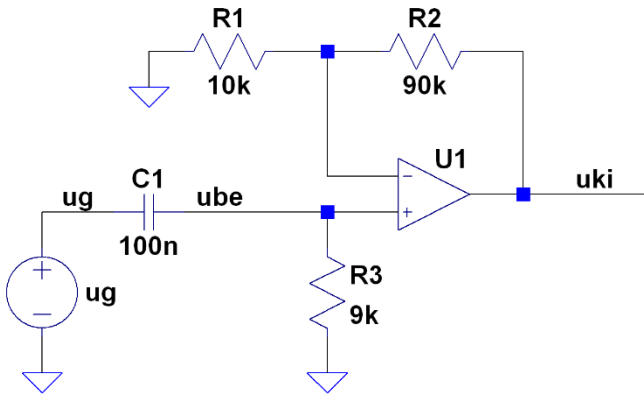
$R_{ki1} = R_1 = 2,12k\Omega$ , **1p**

$R_{ki2} = R_2 \times \frac{1}{S} = 2120 \times 437 = 362\Omega$  **3p**

5.) *Feladat.* Az ábrán látható kapcsolás JFET bemenetű műveleti erősítőjének nyílt hurkú erősítése jól közelíthető az egypólusú modellel.

Erősítés sávszélesség szorzata:  $GBW = 8MHz$ , Slew Rate-je:  $SR = 20 \frac{V}{\mu s}$ .

További adatok:  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_2 = 90k\Omega$ ,  $R_3 = 9k\Omega$ ,  $C_1 = 100nF$



- $\frac{u_{ki}}{u_g}$  sávközepi feszültség erősítés dB-ben 5p
- Mekkora  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$  -3dB-e alsó határfrekvenciája? 5p
- Mekkora  $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$  -3dB-es felső határfrekvenciája? 5p
- Mekkora a 800kHz-es szinuszos kimenőjel maximális amplitúdója? 5p

*Megoldás:*

a.) Sávközépen:  $\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{90}{10} = 10$ ,  $\frac{u_{ki}}{u_g} |_{dB} = 20 \lg \left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right| = 20dB$  **5p**

b.) A csatoló RC tag határozza meg az alsó határfrekvenciát, mivel a JFET bemenetű erősítő bemeneti impedanciája igen nagy:

$$\omega_a = \frac{1}{R_3 C_1} = \frac{1}{9 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{9 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-9}} = 1111 rad/s,$$

$$f_a = \frac{\omega_a}{2\pi} = \frac{1111 rad/s}{2\pi} = 177 Hz. \quad \mathbf{5p}$$

c.) Az erősítés sávszélesség szorzat:  $GBW = \omega_0 A_0$

A visszacsatolási tényező:  $\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{10}{10 + 90} = 0,1$

A visszacsatolt műveleti erősítő pólusfrekvenciája (-3dB-es frekvencia):

$$\omega_p = (1 + A_0 \beta) \omega_0 \approx \omega_0 A_0 \beta = GBW \cdot \beta$$

$$f_{-3dB} = f_p = GBW \beta = 8 \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 800 kHz. \quad \mathbf{5p}$$

d.)  $u_{ki} = \hat{U} \sin \omega t$ ,  $\frac{du_{ki}}{dt} = \hat{U} \omega \cos \omega t$   $SR = \hat{U} \omega$   $\hat{U} = \frac{SR}{\omega} = \frac{20 \cdot 10^6 \frac{V}{s}}{2\pi \cdot 800 \cdot 10^3} = 3,98V$  **5p**

### Képletgyűjtemény

$$i_E = I_{S0} \left( e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} - 1 \right) \quad r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} \quad A = \frac{B}{1+B} \quad \alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \quad B = \frac{A}{1-A} \quad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$S = \frac{2}{|U_p|} \sqrt{I_{D0} I_{D00}}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\alpha \frac{R_C}{r_d}, \quad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \alpha \frac{R_C}{r_d}, \quad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}, \quad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}}, \quad R_{be} = (1+\beta)r_d, \quad R_{ki} = \frac{u_{ki}}{i_{ki}}, \quad u_{be} = 0$$

$$\omega_z = \frac{-A}{R_2 C} = \frac{-A_u L_{ki}}{R_2 C} \quad \omega_p = \frac{1}{[(1-A)R_1 + R_2]C} = \frac{1}{[(R_g \cdot x R_{be})(1-A) + (R_{ki} \cdot x R_t)]C}$$

$$\omega_p = (1+A_0\beta)\omega_0 \approx \omega_0 A_0 \beta \quad SR = \hat{U}\omega$$