

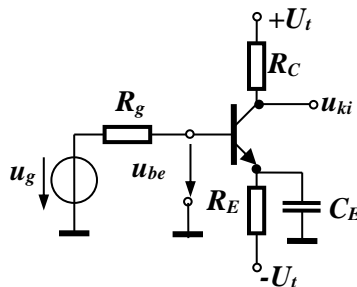
Elektronika 1. 2. vizsga	2020. 1. 10.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ	IMSC
Név:	Neptun:							

1.) Feladat.

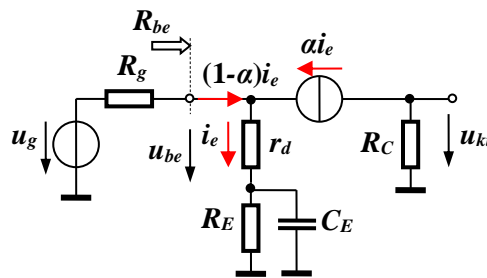
- Rajzolja fel a földelt emitteres alapkacso­lást véges belső impedanciájú feszültség generátorral meghajtva, bipoláris tranzisztorral, kettős tápfeszültséggel, véges emitter kondenzátorral (5p).
- Rajzolja fel az áramkör kisjelű helyettesítőképét (5p)
- Írja fel a feszültség­erősítést 0 és végtelen frekvencián véges β -t feltételezve. (5p)
- Írja fel az $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$ függvényt végtelen β esetére, és ábrázolja Bode diagramban (5p).

Megoldás

a.



b.



c.

$$A_\infty = \left. \frac{u_{ki}}{u_g} \right|_{C_E \rightarrow \infty} = \frac{(1 + \beta)r_d}{R_g + (1 + \beta)r_d} \left(-\frac{\alpha R_C}{r_d} \right) = -\frac{\alpha R_C}{(1 - \alpha)R_g + r_d}$$

$$A_0 = \left. \frac{u_{ki}}{u_{ge}} \right|_{C_E \rightarrow 0} = \frac{(1 + \beta)(r_d + R_E)}{R_g + (1 + \beta)(r_d + R_E)} \left(-\frac{\alpha R_C}{r_d + R_E} \right) = -\frac{\alpha R_C}{(1 - \alpha)R_g + r_d + R_E}$$

d. Frekvenciafüggő vizsgálat:

$$u_g = i_e r_d + i_e \left(R_E \times \frac{1}{s C_E} \right) = i_e \left[r_d + \frac{R_E}{1 + s C_E R_E} \right],$$

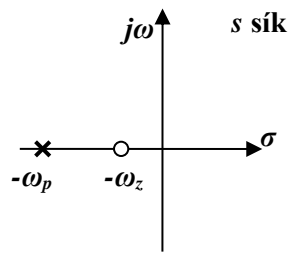
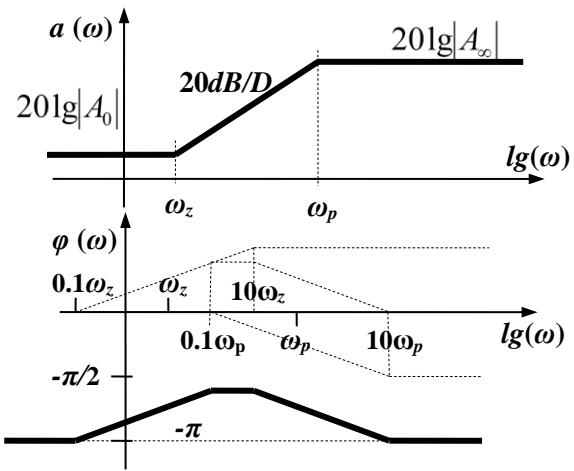
$$u_g = i_e \frac{r_d + R_E + s C_E R_E r_d}{1 + s C_E R_E} = i_e [r_d + R_E] \frac{1 + s \frac{C_E R_E r_d}{r_d + R_E}}{1 + s C_E R_E} = i_e [r_d + R_E] \frac{1 + s/\omega_p}{1 + s/\omega_z},$$

Ahol: $\omega_z = \frac{1}{R_E C_E}$ $\omega_p = \frac{1}{(R_E \times r_d) C_E}$

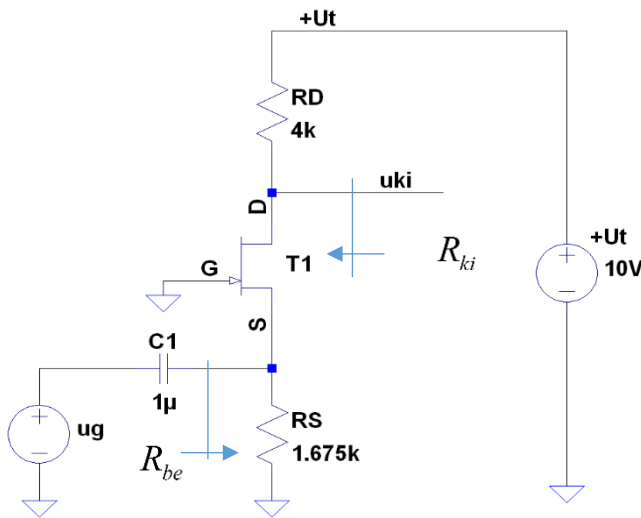
$$\frac{u_{ki}(s)}{u_g} = \frac{-\alpha i_e R_C}{u_g} = -\frac{\alpha R_C}{r_d + R_E} \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p} = A_0 \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

$$\lim_{\omega \rightarrow \infty} \frac{u_{ki}}{u_g}(j\omega) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} A_0 \frac{1 + j\omega/\omega_z}{1 + j\omega/\omega_p} = A_0 \frac{\omega_p}{\omega_z} = A_\infty \quad \rightarrow \quad \omega_p = \omega_z \frac{A_\infty}{A_0}$$

Az alsó -3dB-es határfrekvencia: $\omega_{alsó} = \omega_p$



2. Feladat. Határozza meg az erősítőfokozat paramétereit.



- a. T_1 alapkapcsolásának típusa 3p
 b. $R_{be} = ?$, $R_{ki} = ?$ 6p
 c. $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$ dB-ben $C_1 \rightarrow \infty$ 5p
 d. Rajzolja fel az $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$ komplex átviteli függvény Bode diagramját, az aszimptota és törésponti fr. érték megadásával. $C_1 = 1 \mu F$ 6p

Adatok: $I_{D0} = 1mA$, $I_{DSS} = 68mA$, $U_p = -1,9V$,
 $U_t = 10V$, $R_D = 4k\Omega$, $R_S = 1,675k\Omega$

Megoldás:

DC analízis:

$$I_{D0} = 1mA, S = \frac{2}{|U_p|} \sqrt{I_{D0} I_{D00}} = \frac{2}{1,9} \sqrt{1 * 68} = 8,7mS, \frac{1}{S} = 115\Omega$$

a.) Földelt Gate-ű alapkapcsolás

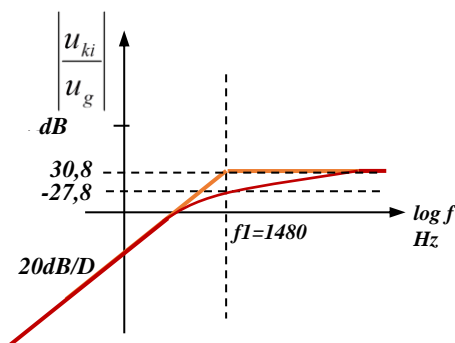
$$b.) R_{be} = \frac{1}{S} \times R_S = 115 \times 1675 = 107,6\Omega \quad R_{ki} = R_D = 4k\Omega$$

$$c.) \frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{R_D}{\frac{1}{S}} = \frac{4000}{115} = 34,8 \quad A_{dB} = 20 \lg \left| \frac{u_{ki}}{u_g} \right| = 30,8dB$$

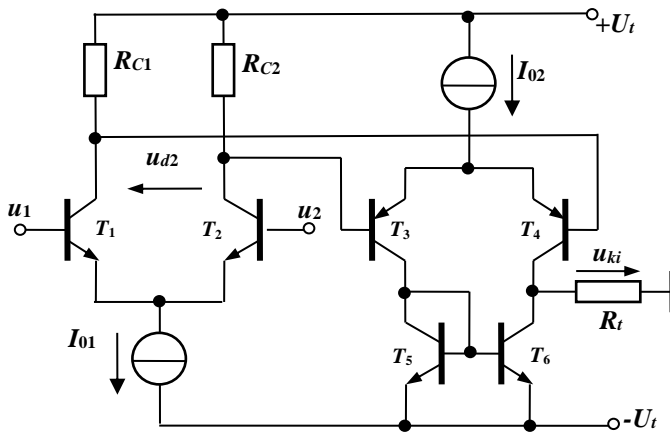
$$d.) \frac{u_{ki}}{u_g}(s) = \frac{R_{be}}{R_{be} + \frac{1}{sC_1}} \frac{R_D}{\frac{1}{S}} = \frac{sC_1 R_{be}}{sC_1 R_{be} + 1} \frac{R_D}{S} = \frac{\frac{s}{\omega_1}}{1 + \frac{s}{\omega_1}} \frac{R_D}{S}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{C_1 R_{be}} = \frac{1}{1 * 10^{-6} * 107,6} = 9294 rad/s$$

$$f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{9294 rad/s}{6,28} = 1480 Hz$$



3.) Feladat.



$T_1=T_2$: $n-p-n$ tranzisztor $\beta_1 = \beta_2 = 99$, $U_{BE0}=0.6V$
 $T_3=T_4$: $p-n-p$ tranzisztor $\beta_3 = \beta_4 = 99$, $U_{EB0}=0.6V$
 $T_5=T_6$: $n-p-n$ tranzisztor $\beta_5 = \beta_6 = \infty$, $U_{BE0}=0.6V$

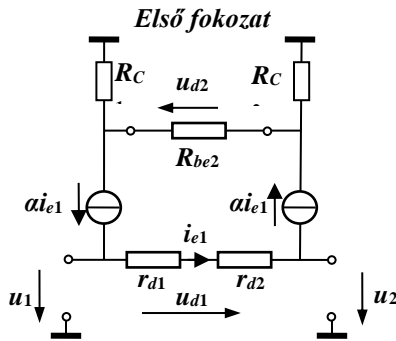
$U_i=15V$, $R_{C1}=R_{C2}=R_t=10\text{ k}\Omega$, $I_{01}=I_{02}=2\text{ mA}$
 $u_d = u_1 - u_2$, $u_K = (u_1 + u_2)/2$

Kérdések:

- $A_K = u_{ki}/u_K = ?$,
- $A_{d1} = u_{d2}/u_d = ?$
- $A_{d2} = u_{ki}/u_{d2} = ?$
- $A_d = u_{ki}/u_d = ?$

Megoldás:

- $A_K = u_{ki}/u_K = 0$. Közös módusú gerjesztésre $u_{d2} = 0$, mert az áram generátor végtelen belső impedanciája miatt nem keletkezik váltó emitter áram, (lásd kisjelű hely. kép.) tehát a kimeneti jel is 0.
- $A_{d1} = ?$,



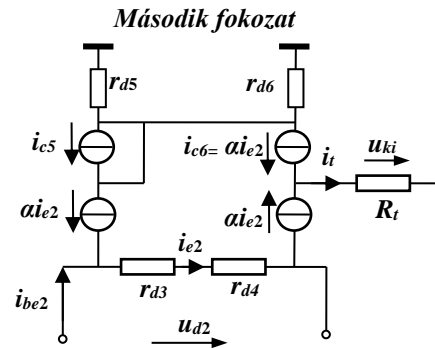
$$I_{E01} = I_{E02} = I_{01} / 2 = 1\text{ mA}$$

$$r_{d1} = r_{d2} = \frac{26\text{ mV}}{I_{E01}} = 26\ \Omega$$

$$R_{be2} = \frac{u_{d2}}{i_{be2}} = (1 + \beta_3)(r_{d3} + r_{d4}) = 100 * 52 = 5.2\text{ k}\Omega$$

$$R_{Cer} = R_{be2} \times (R_{C1} + R_{C2}) = 5.2 \times 20 = 4.13\text{ k}\Omega$$

$$A_{d1} = \frac{u_{d2}}{u_{d1}} = \frac{\alpha i_{e1} R_{Cer}}{i_{e1}(r_{d1} + r_{d2})} = \frac{\alpha R_{Cer}}{r_{d1} + r_{d2}} = \frac{0.99 * 4130}{26 + 26} = 78.6$$



$$I_{E03} = I_{E04} = I_{02} / 2 = 1\text{ mA}$$

$$r_{d3} = r_{d4} = r_d = \frac{26\text{ mV}}{I_{E03}} = 26\ \Omega$$

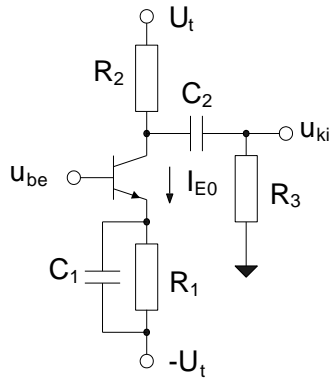
$$c. \quad A_{d2} = \frac{u_{ki}}{u_{d2}} = \frac{2\alpha i_{e2} R_t}{i_{e2}(r_{d3} + r_{d4})} = \frac{\alpha R_t}{r_d} = \frac{0.99 * 10000}{26} = 381 \quad (\beta_{56} \rightarrow \infty, \text{ ideális áramtükör})$$

$$d. \quad A_d = A_{d1} A_{d2} = 78.6 * 381 = 29800$$

4.) Feladat. Határozza meg az alábbi kapcsolás kivezérelhetőségét!

$$U_t = 15 \text{ V}, \quad U_m = 1 \text{ V}, \quad A = 1, \quad I_{E0} = 4 \text{ mA}$$

$$R_1 = 2,5 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 2,5 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 2,5 \text{ k}\Omega,$$



a.) $U_{ki}^+ = ?$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

b.) $U_{ki}^- = ?$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

c.) $U_{ki}^+ = ?$, $C_1 \rightarrow \infty$, C_2 helyett rövidzár van a kapcsolásban

d.) $U_{ki}^+ = ?$, $C_1 = 0$, $C_2 \rightarrow \infty$, nincs C_1 a kapcsolásban

Megoldások:

a.) $U_{ki}^+ = ?$, ha $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

$$U_{CE0} = U_t + |-U_t| - I_{E0}(R_1 + R_2) = 30 - 20 = 10 \text{ V}; \quad U_{ki}^+ = U_{CE0} - U_m = 10 - 1 = \underline{\underline{9 \text{ V}}};$$

b.) $U_{ki}^- = ?$, ha $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

$$U_{ki}^- = I_{E0}(R_2 \times R_3) = 4 \cdot (2,5 \times 2,5) = \underline{\underline{5 \text{ V}}};$$

c.) $U_{ki}^+ = ?$, ha $C_1 \rightarrow \infty$, C_2 rövidzár

$$U_t' = U_t \frac{R_3}{R_2 + R_3} = 15 \frac{2,5}{5} = 7,5 \text{ V}; \quad R_C' = R_2 \times R_3 = 1,25 \text{ k}\Omega;$$

$$U_{CE0} = U_t + |U_t'| - I_{E0}(R_C' + R_3) = 22,5 - 4 \cdot (1,25 + 2,5) = 22,5 \text{ V} - 15 \text{ V} = 7,5 \text{ V}$$

$$U_{ki}^+ = U_{CE0} - U_m = \underline{\underline{6,5 \text{ V}}};$$

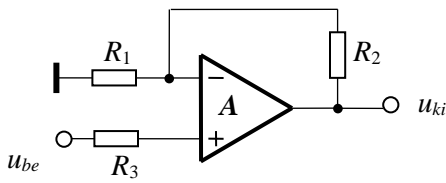
d.) $U_{ki}^+ = ?$ ha $C_1 = 0$, $C_2 \rightarrow \infty$,

$$U_{CE0} = U_t + |-U_t| - I_{E0}(R_1 + R_2) = 30 - 2 \cdot 10 = 10 \text{ V};$$

$$U_{ki}^+ = (U_{CE0} - U_m) \frac{R_C'}{R_C' + R_1} = (10 - 1) \frac{1,25}{1,25 + 2,5} = 9 \cdot \frac{1}{3} = \underline{\underline{3 \text{ V}}}$$

5.) Határozza meg az alábbi nem invertáló műveleti erősítő kapcsolás paramétereit.

$$A(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)(1 + s/\omega_3)}, \quad f_1 = 1\text{Hz}, \quad f_2 = 50\text{kHz}, \quad f_3 = 1\text{MHz}, \quad A_0 = 120\text{dB}.$$



a.) Rajzolja fel a műveleti erősítő *nyílthurkú* feszültségerősítését Bode diagramban (töréspontos közelítés, abszolút érték, fázis), valamint rajzolja fel a közelítőleg 45 fokos fázistartalékhoz beállított *hurokerősítés* Bode diagramját (töréspontos közelítés, abszolút érték, fázis). 5p

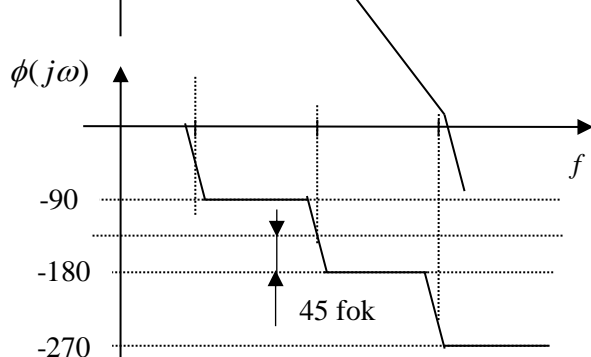
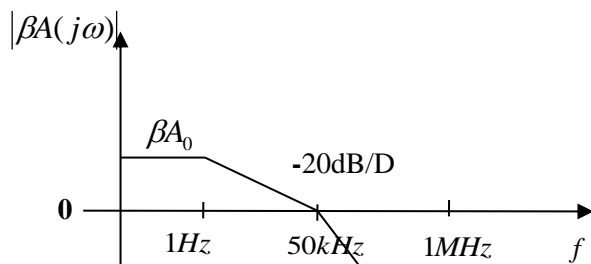
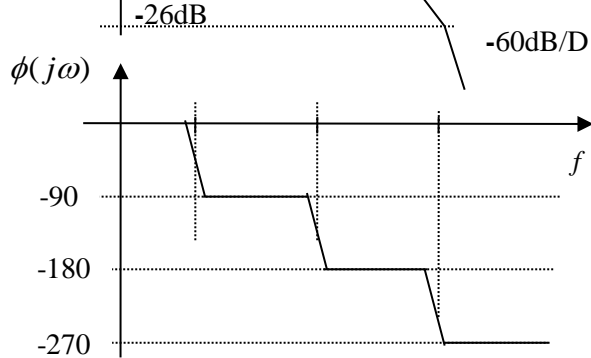
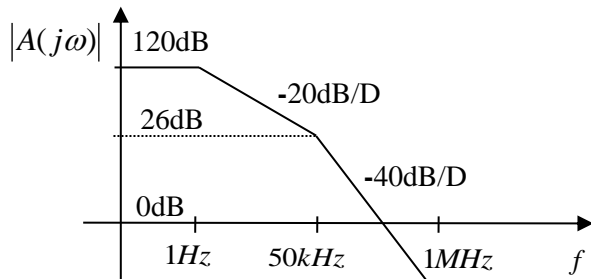
b.) Mekkora legyen a visszacsatolási tényező, és a zárthurkú rendszer kisfrekvenciás feszültség erősítése közelítőleg 45 fokos fázistartalék esetén? 5p

c.) Rajzolja fel a zárt hurkú rendszer feszültség erősítésének Bode diagramját (abszolút érték). $R_1=1\text{k}, R_2=19\text{k}, R_3=0,95\text{k}$ (Ebben az esetben a 3. pólus hatása elhanyagolható.) 5p

d.) Mekkora a kimeneti hibafeszültség, ha a műveleti erősítő offset feszültsége $U_{\text{off.}}=5\text{mV}$, Bias árama: $I_{\text{BIAS}}=0,1\text{mA}$, Offszet árama nulla: $I_{\text{OFFSET}}=0, R_1=1\text{k}, R_2=19\text{k}, R_3=0,95\text{k}$. 5p

Megoldás:

a.)



b.) $A_0 = 10^6 \leftarrow 120dB$

$$\frac{\beta A_0}{1} = \frac{50000}{1}, \quad \beta = \frac{50000}{A_0} = 0,05$$

$$u_{ki} = \left(u_{be} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{ki} \right) A > \quad \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad > \quad \alpha = 1, \quad \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{\alpha \beta A}{\beta 1 + \beta A} = \frac{1 \beta A}{\beta 1 + \beta A}$$

A **kisfrekvenciás** erősítés jó közelítéssel:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{1}{\beta} = 20$$

c.)

A harmadik pólus hatása elhanyagolható.

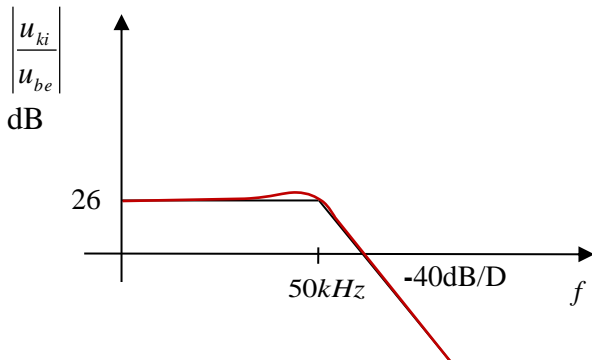
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{1}{\beta} \frac{\beta A}{1 + \beta A} = \frac{1}{\beta} \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + 2\zeta(s/\Omega_0) + (s/\Omega_0)^2}$$

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + 19} = \frac{1}{20} = 0,05$$

$$\Omega_0 = \sqrt{(1 + \beta A_0) \omega_1 \omega_2} \cong \sqrt{(0,05 * 10^6) 50000} = 50kHz,$$

$$\zeta = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\omega_2/\omega_1} + \sqrt{\omega_1/\omega_2}}{\sqrt{1 + \beta A_0}} \cong \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega_2}{\beta A_0 \omega_1}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{50000}{0,05 * 10^6}} = \frac{1}{2}, \text{ ami a 45 fokos fázistartalék esete.}$$

A zárt hurkú erősítés frekvenciamenete:



d.) Mivel $R_3 = R_1 \times R_2$ és az offset áram 0: $u_{kiH} = u_{off} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = 100mV$