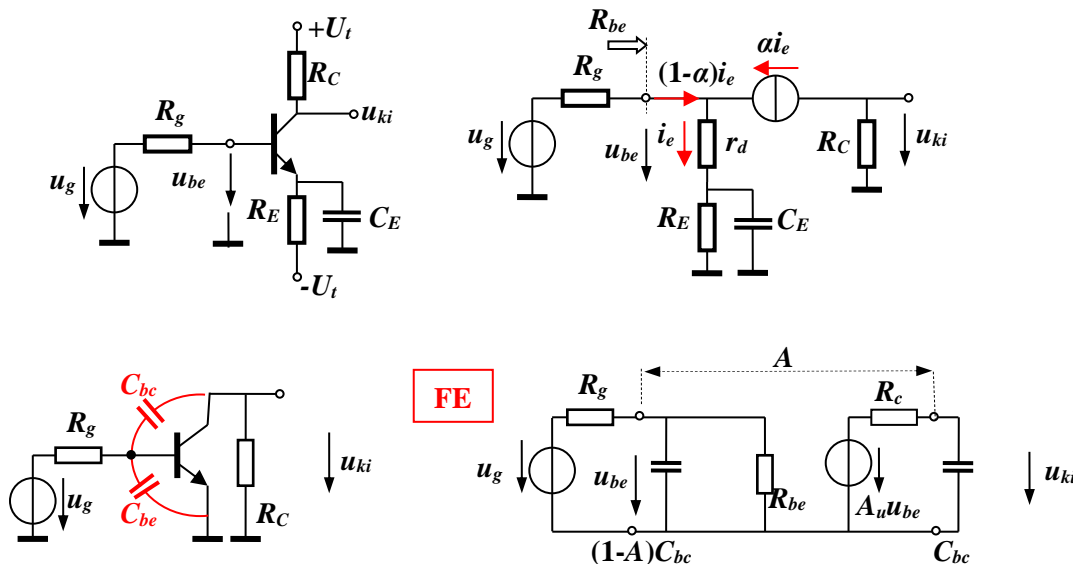


Elektronika 1. 3. vizsga	2020. 1. 17.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ	IMSC
Név:	Neptun:							

1. Feladat.

- a.) Rajzoljon fel nagy erősítésű földelt emitteres alapkapsolást a nagy belső ellenállású R_g meghajtó feszültség generátor (u_g) alkalmazásával, u_{ki} feltüntetésével! 5p
- b.) Rajzolja fel a váltóáramú és a lineáris kisjelű helyettesítő képet a kollektor-bázis szórt kapacitás (C_{bc}) feltüntetésével! A bázis-emitter kapacitást (C_{be}) hanyagolja el! 5p
- c.) Rajzolja fel az erősítő kétkapukra jellemző háromelemes (R_{be} , R_{ki} , A_u) helyettesítő képét a C_{bc} kondenzátorral! A bázis-emitter kapacitást (C_{be}) hanyagolja el! 5p
- d.) Mekkora a feszültségerősítés -3dB-es felső határfrekvenciája? 5p

Megoldás:



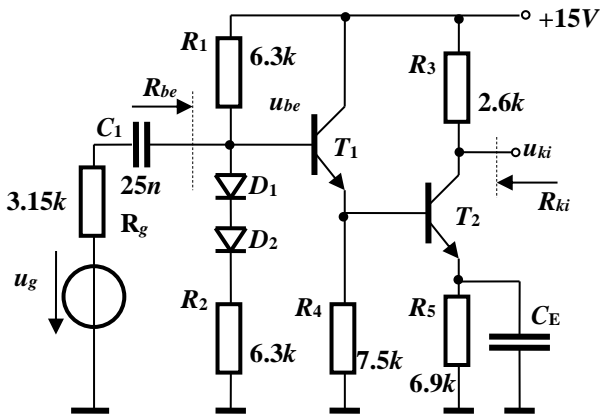
A képletgyűjteményből:

$$\omega_p = \frac{1}{[(1-A)R_1 + R_2]C} = \frac{1}{[(R_g \times R_{be})(1-A) + (R_{ki} \times R_t)]C}, \text{ ahol } C \text{ a kollektor-bázis kapacitás}$$

Mivel az erősítés nagy és negatív, ezért a felső határfrekvencia jó közelítéssel:

$$\omega_p \approx \frac{1}{[(R_g \times R_{be})(1-A)]C}$$

2. Feladat. Határozza meg az erősítőfokozat paramétereit.



a. Mekkora a T_1, T_2 munkaponti emitter árama? 5p

b. $R_{be} = ?$, $R_{ki} = ?$ 5p

c. $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$ dB-ben, ha, $r_{d1} = r_{d2} = 26\Omega$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_E \rightarrow \infty$ 5p

d. Rajzolja fel az $\frac{u_{ki}}{u_g}(s)$ komplex átviteli függvény Bode diagramját, az aszimptota és törésponti frekvencia megadásával! $C_1 = 25nF$, $C_E \rightarrow \infty$. 5p

Adatok: $T_1=T_2$: n-p-n tranzisztor $\beta_1 = \beta_2 = \infty$, $U_{BE0}=0.6V$, $D_1=D_2$: Si dióda, $U_{D0}=0.6V$, $R_1 = R_2 = 6,3k\Omega$, $R_3 = 2,6k\Omega$, $R_4 = 27,5k\Omega$, $R_5 = 6,9k\Omega$, $U_t = 15V$

Megoldás:

a.) DC analízis:

$$I_{E10} = \frac{U_t}{R_4} = \frac{15}{7,5} = 1mA, r_{d1} = 26\Omega, I_{E10} = \frac{I_{E10} * R_4 - U_{BE0}}{R_5} = \frac{1 * 7,5 - 0,6}{6,9} = 1mA, r_{d2} = 26\Omega$$

$$I_{D10} = \frac{U_t - 2U_{D0}}{R_1 + R_2} = \frac{15 - 2 * 0,6}{6,3 + 6,3} = 1mA, r_{dD1} = \frac{U_T}{I_{D10}} = 26\Omega, r_{dD2} = \frac{U_T}{I_{D20}} = 26\Omega$$

T_1 Földelt kollektoros, T_2 földelt emitteres alkapcsolás

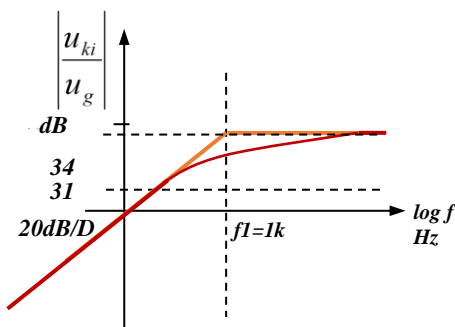
b.) $R_{be} = R_1 * (r_{D1} + r_{D2} + R_2) \approx R_1 * R_2 = 3,15k\Omega$, $R_{ki} = R_3 = 2,6k\Omega$

c.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_{be2}}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_{be2}} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left(\frac{R_4}{r_{d1} + R_4} \right) \left(-\alpha_2 \frac{R_3}{r_d} \right) = \frac{3,15}{3,15 + 3,15} \left(\frac{7,5}{0,026 + 7,5} \right) \left(-1 \frac{2600}{26} \right) = \frac{1}{2} (1) (-100) = -50$
 $A_{dB} = 40 - 6 = 34dB$

d.) A frekvenciafüggő tényező:

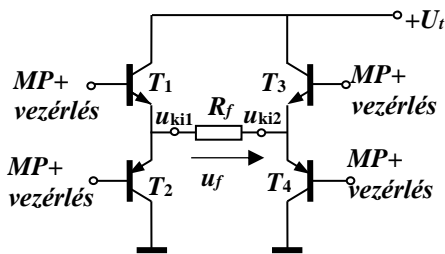
$$\frac{u_{be}}{u_g}(s) = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be} + \frac{1}{sC_1}} = \frac{sC_1 R_{be}}{sC_1 (R_g + R_{be}) + 1} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{sC_1 (R_g + R_{be})}{sC_1 (R_g + R_{be}) + 1} = k \frac{\omega_1}{1 + \frac{s}{\omega_1}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{C_1 (R_g + R_{be})} = \frac{1}{25 * 10^{-9} * 6300} = 6350 rad/s, f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{6350 rad/s}{6,28} = 1kHz$$



3.) Feladat. Egy autórádió *hídkapcsolású* végfokozatának kapcsolási rajzát mutatja az ábra. Az $R_f = 4\Omega$ ellenállás reprezentálja a személyautó hangszugárzóját (fogyasztó). A kapcsolás vezérlése biztosítja, hogy az (u_{ki1} , u_{ki2}) kimenetek feszültségei ellentétes fázisban változzanak és kivezérlés nélkül mindkettő $U_t/2$ értékű legyen: $u_{ki1}(t) = \frac{U_t}{2} + \frac{u_f(t)}{2}$ $u_{ki2}(t) = \frac{U_t}{2} - \frac{u_f(t)}{2}$ Mindkét végfokozat B osztályban működik.

Adatok: $U_t = 12V$, $U_m = 1V$, $R_f = 4\Omega$



a.) Mekkora a tápegység árama kivezérlés nélkül (csak az ábrán látható tranzisztorokat figyelembe véve)? 5p

b.) Szinuszos kimeneti feszültséget feltételezve vázolja fel közös idő diagramban az (u_{ki1} , u_{ki2}) pontok feszültségeit, és a fogyasztón mérhető feszültséget u_f maximális kivezérlés esetére! 5p

c.) Mekkora a hangszugárzó maximális szinuszos teljesítménye? 5p

d.) Mekkora lenne a maximális kimenő teljesítmény, ha T_3 , T_4 tranzisztorokat eltávolítanánk, és az u_{ki2} pontot egy nagy értékű kondenzátoron keresztül a földre kötnénk?

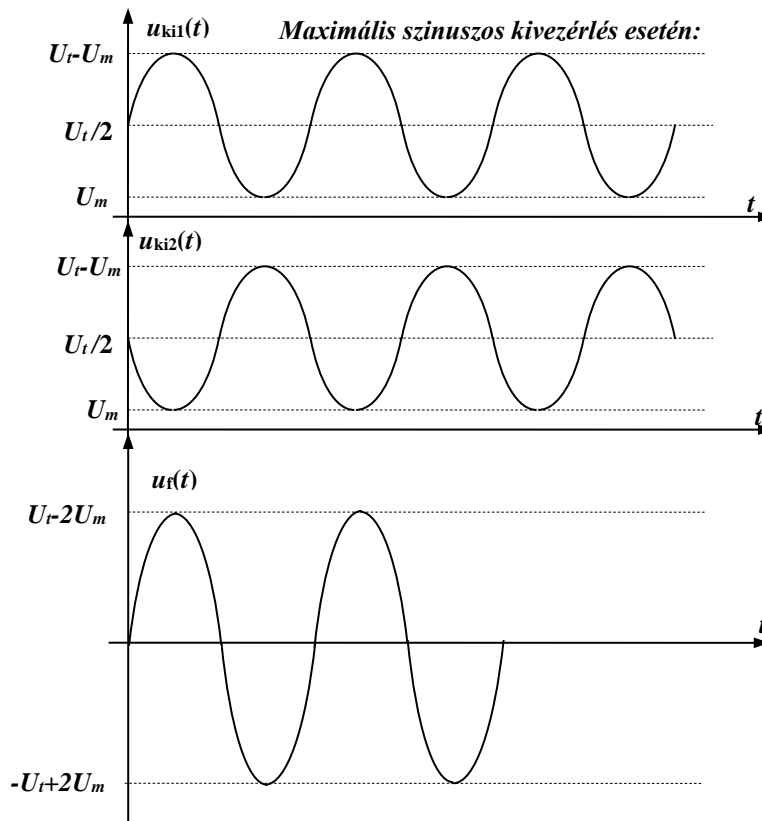
(Nem hídkapcsolás, ekkor: $u_{ki2} = U_t/2$)

5p

Megoldás:

a.) Mivel B osztályú a működés, kivezérlés nélkül a tranzisztorokon nincs áramfelvétel, tehát a tápegység árama 0.

b.)



c.) Mivel a kimeneti jel $U_f = u_{ki1} - u_{ki2}$, ezért a kimeneti feszültség maximális amplitúdója:

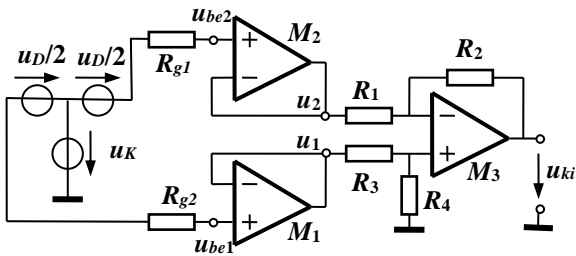
$U_{fMax} = U_t - 2U_m = 10V$, A kimeneti szinuszos teljesítmény maximális értéke:

$$P_{fMax} = \frac{1}{2} \frac{U_{fMax}^2}{R_f} = \frac{1}{2} \frac{100}{4} = 12,5W$$

d.) Nem hídkapcsolás esetén:

$$U_f = u_{ki1} - u_{ki2} = u_{ki1} - \frac{U_t}{2}, U_{fMax} = U_t - U_m - \frac{U_t}{2} = \frac{U_t}{2} - U_m = 6 - 1 = 5V, P_{fMax} = \frac{1}{2} \frac{U_{fMax}^2}{R_f} = \frac{25}{8} = 3.125W$$

4.) Feladat. Az ábrán látható ideális műveleti erősítő kapcsolás egy kis feszültségű, nagy belső ellenállású (R_{g1} , R_{g2}) szenzor kimenő feszültségét (u_D) erősíti. A kicsi szenzorjelre közös módusban szuperponálódik rá az u_K zavaró jel, ami sokkal nagyobb, mint a hasznos jel.



a.) Irja fel az $\frac{u_1}{u_{be1}}$, $\frac{u_2}{u_{be2}}$ erősítéseket. 5p

b.) Irja fel az u_{ki} feszültséget az u_1 , u_2 feszültségekkel kifejezve. 5p

c.) Irja fel az, $\frac{u_{ki}}{u_D}$, $\frac{u_{ki}}{u_K}$ erősítéseket. 5p

d. Rajzolja fel az $u_{ki}(t)$ időfüggvényt 5mV-os amplitúdójú, 1kHz frekvenciájú szinuszos szenzorjel, illetve 1V amplitúdójú 50Hz frekvenciájú zavaró jel esérére. 5p

Megoldás

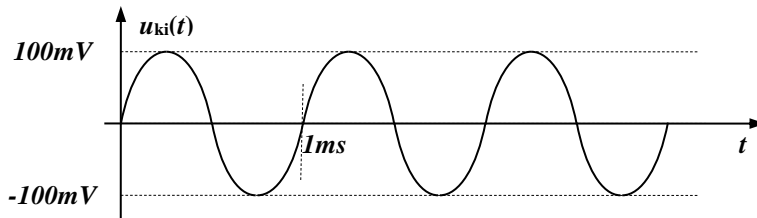
a.) M1, M2 követő erősítő: $\frac{u_1}{u_{be1}} = \frac{u_2}{u_{be2}} = 1$

b. $u_{ki} = u_1 \frac{R_4}{R_3 + R_4} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) - u_2 \frac{R_2}{R_1} = u_1 \frac{20}{1+20} \left(1 + \frac{20}{1}\right) - u_2 \frac{20}{1} = 20(u_1 - u_2)$

c. Mivel a műveleti erősítő ideális, bemeneti ellenállása végtelen, a bemeneten nincs leosztás, éppen emiatt alkalmazzuk az M1 M2 erősítőket: $\frac{u_{ki}}{u_D} = \frac{u_{ki}}{u_1 - u_2} = 20$

Mivel a kimenő feszültség csak a bemenetekre adott feszültség különbségétől függ: $\frac{u_{ki}}{u_K} = 0$

d.) A hasznos jel amplitúdója $5 \cdot 20 \text{mV}$, a zavaró jel, mivel közös módusú, nem hoz létre kimenő feszültséget:



5.) Feladat. a.) Rajzoljon fel egy invertáló erősítő alapkapsolást *ideális* műveleti erősítővel és két ellenállással 5p

b.) Legyen $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -1$. Válassza meg az egyik ellenállás értékét, ha a másik 1kOhmos, a műveleti erősítő ideális! 5p

c.) Írja fel az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ átviteli függvényt, ha a műveleti erősítő nyílthurkú erősítése jól közelíthető az egypólusú modellel, és $GBW = 5 \cdot 10^5 \frac{rad}{s}$! 5p

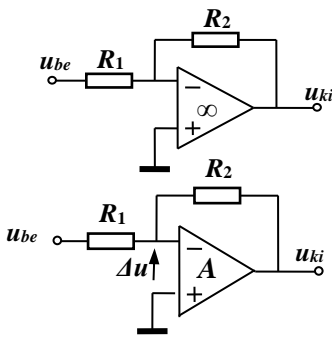
d.) Ábrázolja az $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s)$ átviteli függvény abszolút értékét Bode diagramban a töréspont és aszimptota megadásával! 5p

Megoldás:

a.)

b.) $R_1 = R_2 = 1k\Omega$

Invertáló alapkapsolás



$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}$$

c.) $u_{ki} = A\Delta u = \left(-\frac{R_2}{R_1 + R_2} u_{be} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_{ki} \right) A$, $u_{ki} = (\alpha u_{be} - \beta u_{ki}) A$

$$\alpha = -\frac{R_2}{R_1 + R_2}, \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{A\beta}{1 + A\beta} = A_{vid} \frac{A\beta}{1 + A\beta}, A_{vid} = \frac{\alpha}{\beta} = -\frac{R_2}{R_1}$$

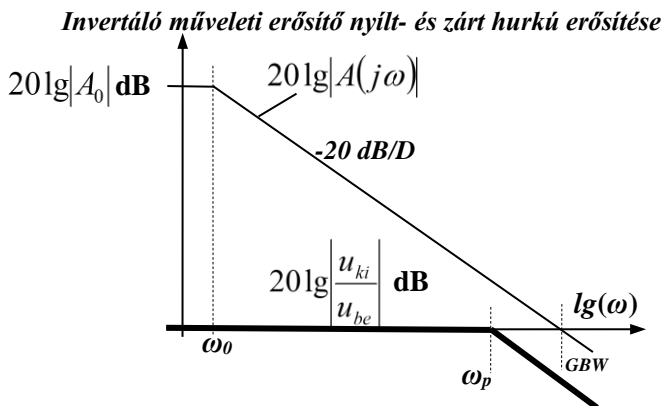
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A(s)}{1 + \beta A(s)} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta \frac{A_0}{1 + s/\omega_0}}{1 + \beta \frac{A_0}{1 + s/\omega_0}} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + \beta A_0)\omega_0}}$$

A képletgyűjteményből ugyanez:

$$A_v(s) = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} = A_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id} \frac{1}{1 + s/\omega_p},$$

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

d.)



$$\omega_p = \beta GBW = \frac{R_1}{R_1 + R_2} GBW = \frac{1}{2} GBW = 0,5 \cdot 5 \cdot 10^5 = 250 \cdot 10^3 = 250 \frac{krad}{s}$$

Képletgyűjtemény

$$i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$$

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

$$i_E = I_{S0} \left(e^{\frac{u_{BE}}{U_T}} - 1 \right)$$

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}}$$

$$A = \frac{B}{1+B}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

$$B = \frac{A}{1-A}$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\mathbf{T}_J = \mathbf{T}_A + \mathbf{P}_D \mathbf{R}_{thCA} + \mathbf{P}_D \mathbf{R}_{thJC}$$

$$\frac{\mathbf{u}_{ki}}{\mathbf{u}_{be}} = -\alpha \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_d}$$

$$\frac{\mathbf{u}_{ki}}{\mathbf{u}_{be}} = \alpha \frac{\mathbf{R}_C}{\mathbf{r}_d}$$

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}}, \quad R_{ki} = \frac{u_{ki}}{i_{ki}}, \quad u_{be} = 0$$

$$C_{be} + C_{bc} = \alpha_0 \frac{1}{r_d \omega_T}$$

$$\frac{u_{ki}(s)}{u_g} = L_{be} \frac{A + sCR_2}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be} A \frac{1 - s \frac{CR_2}{-A}}{1 + sC[(1-A)R_1 + R_2]} = L_{be} A_u L_{ki} \frac{1 - s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

$$A_0 = L_{be} A = L_{be} A_u L_{ki} \quad A = A_u L_{ki} \quad L_{be} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}}, \quad L_{ki} = \frac{R_t}{R_{ki} + R_t}$$

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

$$A_v(s) = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} = A_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id} \frac{1}{1 + s/\omega_p}$$

$$\frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \cong 1 \quad A_{id} = \frac{\alpha}{\beta} \quad \omega_p = (1 + \beta A_0) \omega_0 \cong \beta A_0 \omega_0$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{\beta A}{1 + \beta A} = \frac{\alpha}{\beta} \frac{A_0 \beta}{1 + A_0 \beta} \frac{1}{1 + 2\zeta(s/\Omega_0) + (s/\Omega_0)^2}, \quad \Omega_0 = \sqrt{(1 + \beta A_0) \omega_1 \omega_2}, \quad \zeta = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{\omega_2/\omega_1} + \sqrt{\omega_1/\omega_2}}{\sqrt{1 + \beta A_0}}$$