

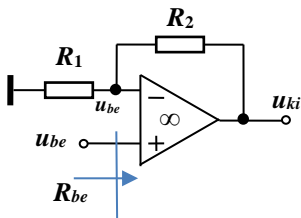
Elektronika 1. 2. vizsga	2019. 01. 04.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
Név:	Neptun:						

1.) Feladat

- a.) Rajzoljon le egy olyan műveleti erősítő kapcsolást, amellyel egy $10mV$ amplitúdójú, $10kHz$ -es szinuszos jelet $1V$ amplitúdójúra fázishelyesen erősíthetünk! A feladatot egy ideális műveleti erősítő alkalmazásával oldja meg. 5p
- b.) Az a. pontbeli erősítő bemenő impedanciája $R_{be} = ?$ 5p
- c.) Az a. pontbeli erősítő esetén mekkora $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$ 5p
- d.) Valós műveleti erősítő esetén mekkora minimális Slew Rate –re van szükség ($\frac{mV}{\mu s}$), hogy az a. pontbeli kimenőjel létrehozható legyen? 5p

Megoldás

a.) Az amplitúdó viszony $A=+100$ -as erősítőt (nem invertáló) határoz meg:



$$A_{id} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Lehetséges ellenállás értékek: $R_2=99k$, $R_1=1k$, $A=1+99=100$. Az u_{be} pontra csatlakozhat az $1k\Omega$ belső ellenállású u_g feszültségű generátor. $u_g = u_{be}$, mivel a bemenő ellenállás végtelen.

b.) $R_{be} = \infty$

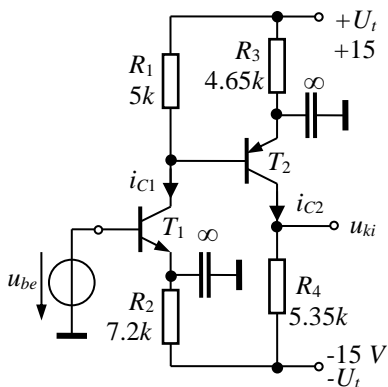
c.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 100$

d.) $SR > \hat{U}\omega = \hat{U}2\pi f = 1V \times 6,28 \times 10000 \frac{1}{s} = \frac{62800V}{s} = 62,8 \frac{mV}{\mu s}$

2.) **Feladat** Az alábbi áramkörben a tranzisztorok adatai:

T_1 : n-p-n $U_{BE0}=0.6$ V, $B_1=\beta_1 = 99$, $U_m=1$ V

T_2 : p-n-p $U_{EB0}=0.6$ V, $B_2=\beta_2 \rightarrow \infty$, $U_m=1$ V



a.) Munkaponti áramok $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$ (2+3p)

b.) A kimenet kivezérelhetősége: $U_{ki}^+ = ?$ $U_{ki}^- = ?$ (3+2p)

c.) A két fokozat együttes erősítése közepes frekvencián: $A=u_{ki}/u_{be}=?$ (5p)

d.) A túlvezérlést még nem okozó bemenő feszültség maximális amplitúdója: $U_{bemax}=?$ (5p)

Megoldás:

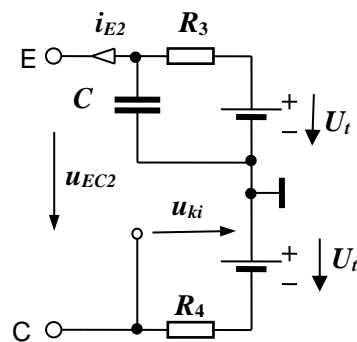
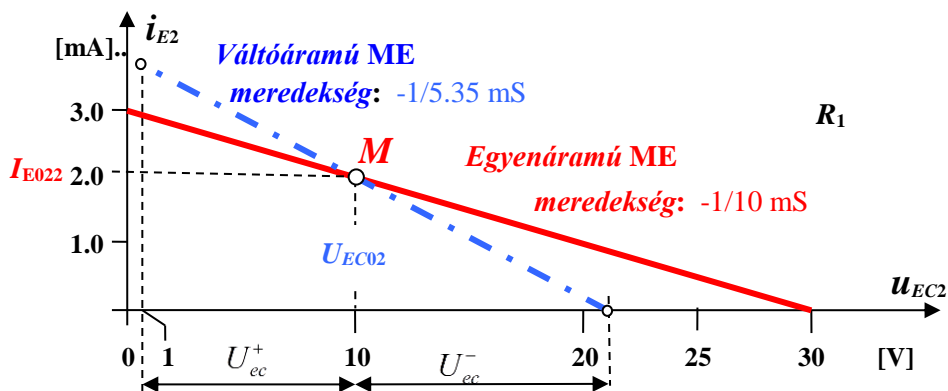
a.) Munkaponti áramok $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$

$$U_t = U_{BE01} + I_{E01}R_2 \quad I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_2} = \frac{15 - 0.6}{7.2} = \boxed{2 \text{ mA}} \quad (2p)$$

$$A_1 I_{E01} R_1 = I_{E02} R_3 + U_{EB02} \quad I_{E02} = \frac{A_1 I_{E01} R_1 - U_{EB02}}{R_3} = \frac{0.99 * 2 * 5 - 0.6}{4.65} = \boxed{2 \text{ mA}} \quad (3p)$$

b.) A kimenet kivezérelhetősége: $U_{ki}^+ = ?$ $U_{ki}^- = ?$ (3+2p)

$$U_t^* = 2U_t = 30 \text{ V}, \quad R_e = R_3 + R_4 = 10 \text{ k}\Omega, \quad R_v = R_4 = 5.35 \text{ k}\Omega$$



$$U_{EC02} = U_t^* - I_{E02}R_e = 30 - 2 * 10 = 10 \text{ V} \quad U_{ki}^+ = U_{ec}^+ = U_{EC02} - U_m = 10 - 1 = \boxed{9 \text{ V}} \quad (3p)$$

$$U_{ki}^- = U_{ec}^- = I_{E02} * R_v = 2 * 5.35 = \boxed{10.7 \text{ V}} \quad (2p)$$

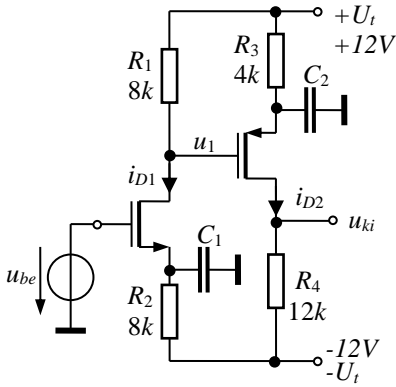
c.) A két fokozat együttes erősítése közepes frekvencián: $A=u_{ki}/u_{be}=?$

$$r_{d1} = r_{d2} = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26}{2} = 13 \Omega \quad A = \left(-\alpha_1 \frac{R_1}{r_{d1}} \right) \left(-\frac{R_4}{r_{d2}} \right) = 0.99 \frac{5000}{13} \frac{5350}{13} = 156701 \quad (5p)$$

d.) A túlvezérlést még nem okozó maximális bemenő feszültség: $U_{bemax}=?$

$$U_{bemax} = \frac{\min\{U_{ki}^+, U_{ki}^-\}}{A} = \frac{9}{156701} = \boxed{57.4 \mu\text{V}} \quad (5p)$$

3.) **Feladat** Az alábbi áramkörben a munkaponti áramok: $I_{D01} = 1 \text{ mA}$, $I_{D02} = 1 \text{ mA}$.
Mindkét tranzisztorra: $I_{D00} = 1 \text{ mA}$, $U_P = 2 \text{ V}$.



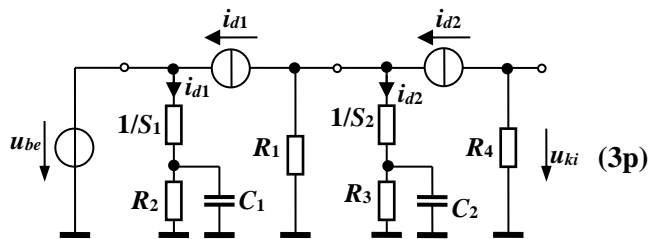
- Rajzolja le a kapcsolás kisjelű helyettesítő képét (2p)
és adja meg S_1 és S_2 értékét! (3p)
 - Számítsa ki mindkét fokozat erősítésének értékét ($\frac{u_1}{u_{be}} = ?$; $\frac{u_{ki}}{u_1} = ?$), ha $C_1 \rightarrow \infty$ és $C_2 \rightarrow \infty$! (5p)
 - Számítsa ki mindkét fokozat erősítésének értékét ($\frac{u_1}{u_{be}} = ?$; $\frac{u_{ki}}{u_1} = ?$), ha $C_1 \rightarrow 0$ és $C_2 \rightarrow 0$! (5p)
 - Adja meg mindkét fokozat $\frac{u_1}{u_{be}}(s) = ?$; $\frac{u_{ki}}{u_1}(s) = ?$ átviteli függvényét, ha $C_1 = C_2 = 100 \mu F$! (5p)
- NMOS: $i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2$

Megoldás:

a.) Rajzolja le a kapcsolás kisjelű helyettesítő képét és adja meg S_1 és S_2 értékét!

$$S = \left. \frac{di_D}{du_{GS}} \right|_{I_{D0}, U_{GS0}} = \frac{2I_{D0}}{U_{GS0} - U_P}$$

$$I_{D0} = I_{D00} \left(\frac{U_{GS0} - U_P}{U_P} \right)^2$$



$$1 = 1 \left(\frac{U_{GS0} - 2}{2} \right)^2 \rightarrow U_{GS01} = U_{GS02} = 4 \text{ V} \quad S_1 = S_2 = \frac{2I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} = \frac{2}{4 - 2} = 1 \text{ mS} \quad (2p)$$

b.) Számítsa ki mindkét fokozat erősítésének értékét ($A_{1\infty}, A_{2\infty}$), ha $C_1 \rightarrow \infty$ és $C_2 \rightarrow \infty$!

$$A_{1\infty} = -\frac{R_1}{1/S_1} = -S_1 R_1 = -1 * 8 = -8 \quad A_{2\infty} = -\frac{R_4}{1/S_2} = -S_2 R_4 = -1 * 12 = -12 \quad (5p)$$

c.) Számítsa ki mindkét fokozat erősítésének értékét (A_{10}, A_{20}), ha $C_1 \rightarrow 0$ és $C_2 \rightarrow 0$!

$$A_{10} = -\frac{R_1}{1/S_1 + R_2} = -\frac{S_1 R_1}{1 + S_1 R_2} = -\frac{1 * 8}{1 + 8} = -\frac{8}{9} = -0.89$$

$$A_{20} = -\frac{R_4}{\frac{1}{S_2} + R_3} = -\frac{S_2 R_4}{1 + S_2 R_3} = -\frac{1 * 12}{1 + 1 * 4} = -2.4 \quad (5p)$$

d.) Adja meg mindkét fokozat $A_1(s), A_2(s)$ átviteli függvényét, ha $C_1 = C_2 = 100 \mu F$!

Hosszabb megoldás: (Levezetés)

$$A(s) = -\frac{R_D}{Z_S} \quad Z_S(s) = 1/S + R_S \times \left(\frac{1}{sC} \right) = \frac{1}{S} + \frac{R_S}{1 + sCR_S} = \frac{1 + SR_S + sCR_S}{S(1 + sCR_S)}$$

$$A(s) = -\frac{R_D}{Z_S(s)} = -\frac{SR_D}{1 + SR_S} \frac{1 + sCR_S}{1 + sCR_S / (1 + SR_S)} = A_0 \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

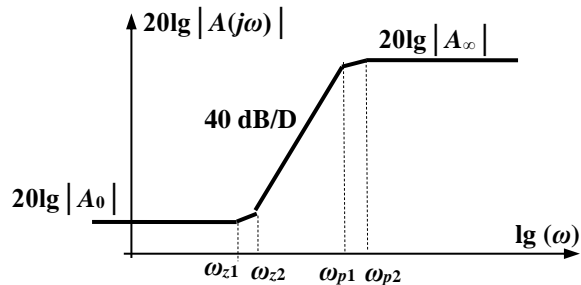
$$A_0 = -\frac{SR_D}{1 + SR_S} \quad \omega_z = \frac{1}{CR_S} \quad \omega_p = \frac{1 + SR_S}{CR_S} = \omega_z (1 + SR_S)$$

$$\boxed{A_1(s) = A_{01} \frac{1 + s/\omega_{z1}}{1 + s/\omega_{p1}}} \quad \boxed{A_2(s) = A_{02} \frac{1 + s/\omega_{z2}}{1 + s/\omega_{p2}}} \quad (5p)$$

$$\omega_{z1} = \frac{1}{C_1 R_2} = \frac{1}{10^{-4} 8 * 10^3} = \frac{1}{0.8} = 1.25 \text{ r/sec} \quad \omega_{z2} = \frac{1}{C_2 R_3} = \frac{1}{10^{-4} 4 * 10^3} = \frac{1}{0.4} = 2.5 \text{ r/sec}$$

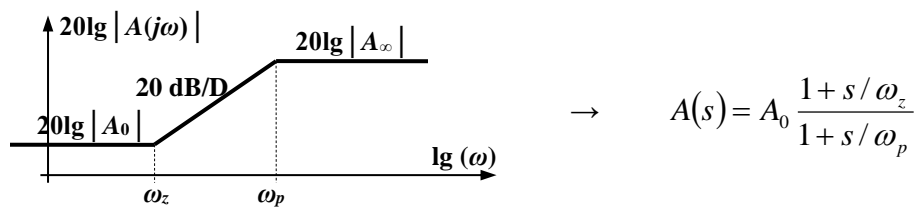
$$\omega_{p1} = \omega_{z1} (1 + S_1 R_2) = 1.25(1 + 8) = 11.25 \text{ r/sec} \quad \omega_{p2} = \omega_{z2} (1 + S_2 R_3) = 2.5(1 + 4) = 12.5 \text{ r/sec}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{01} A_{02} \frac{1 + s/\omega_{z1}}{1 + s/\omega_{p1}} \frac{1 + s/\omega_{z2}}{1 + s/\omega_{p2}}$$



Rövidebb megoldás:

Egy emitter/source kondenzátor hatása az átvitelre: (tudom, mert megtanultam)

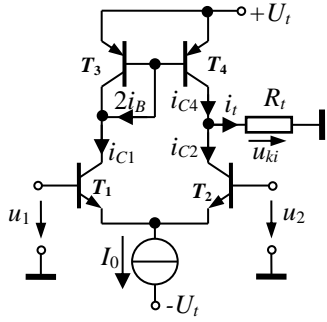


$$\rightarrow A(s) = A_0 \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}$$

$$A_\infty = -SR_D \quad A_0 = -\frac{SR_D}{1 + SR_S} \quad \omega_z = \frac{1}{CR_S}$$

$$20 \text{ dB/D} \rightarrow \frac{\omega_p}{\omega_z} = \frac{A_\infty}{A_0} \rightarrow \omega_p = \omega_z \frac{A_\infty}{A_0} = \omega_z (1 + SR_S)$$

4.) Feladat Az alábbi áramkörben a tranzisztorok adatai:



$T_1=T_2$: n-p-n $\alpha_1=\alpha_2=A_1=A_2=A_{12}=0.99$
 $T_3=T_4$: p-n-p $\alpha_3=\alpha_4=A_3=A_4=A_{34}=1$
 $I_0=2 \text{ mA}$, $R_t=1 \text{ k}\Omega$

a.) Munkaponti áramok:

$I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$, $I_{E03}=?$, $I_{E04}=?$ (5p)

b.) Közös modulusú erősítés: $A_K=?$ (5p)

c.) Differenciális modulusú erősítés: $A_D=?$ (5p)

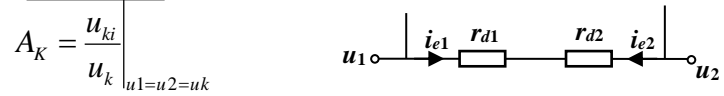
d.) A bemeneti offset feszültség: $U_{off}=?$, (5p)
 ha: $\alpha_3=\alpha_4=A_3=A_4=A_{34}=0.99$

Megoldás:

a.) Munkaponti áramok:

$u_1=u_2=0 \rightarrow I_{E01}=I_{E02}=I_0/2 = \boxed{1 \text{ mA}}$ $A_{34}=1 \rightarrow 2I_B=0$ (2p)
 $A_{34}=1 \rightarrow I_{E03}=I_{E04}=I_{C03}=A_{12} I_{E01} = \boxed{0.99 \text{ mA}}$ (3p)

b.) Közös modulusú erősítés: $A_K=?$



$A_K = \frac{u_{ki}}{u_k} \Big|_{u_1=u_2=u_k}$
 $u_1=u_2=u_k \rightarrow i_{e1}=i_{e2}=0 \rightarrow i_{c1}=i_{c2}=0 \rightarrow i_{c3}=i_{c4}=0$
 $u_{ki} = i_t R_t = (i_{c4} - i_{c2}) R_t = 0 \rightarrow \boxed{A_K = 0}$ (5p)

c.) Differenciális modulusú erősítés: $A_D=?$

$A_D = \frac{u_{ki}}{u_d} \Big|_{u_1-u_2=u_d}$

$u_d = u_1 - u_2 = i_{e1}(r_{d1} + r_{d2}) = 2r_d i_{e1}$ $i_{c2} = -\alpha i_{e1}$ $i_{c3}=i_{c4}=\alpha i_{e1}$

$u_{ki} = i_t R_t = (i_{c4} - i_{c2}) R_t = 2\alpha R_t i_{e1}$

$A_D = \frac{u_{ki}}{u_d} = \alpha \frac{R_t}{r_d} = 0.99 \frac{1000}{26} = \boxed{38.08}$ (5p)

d.) Az offset feszültség: $U_{off}=(u_1-u_2)=?$ azért, hogy: $U_{ki0}=0$ legyen !

$A_3=A_4=A_{34}=0.99 \rightarrow$ nem tökéletes az áramtükör!!!

$I_{C01} = A_{34} I_{E03} + 2(1 - A_{34}) I_{E03} = (2 - A_{34}) I_{E03}$ $I_{C04} = A_{34} I_{E03} = \frac{A_{34}}{2 - A_{34}} I_{C01}$

$U_{ki0} = (I_{C04} - I_{C02}) R_t = 0$ $I_{C02} = I_{C04} = \frac{A_{34}}{2 - A_{34}} I_{C01}$

$I_{C01} = I_{S0} e^{\frac{U_{BE01}}{U_T}}$ $I_{C02} = I_{S0} e^{\frac{U_{BE02}}{U_T}}$ $\frac{I_{C01}}{I_{C02}} = \frac{2 - A_{34}}{A_{34}} = e^{\frac{U_{BE01} - U_{BE2}}{U_T}}$

$u_1 = U_{BE01} - U_{BE02} + u_2$ $U_{BE01} - U_{BE02} = u_1 - u_2$

$U_{off} = u_1 - u_2 = U_T \ln \frac{2 - A_{34}}{A_{34}} = 26 \ln \frac{1.01}{0.99} = 26 \ln(1.02) = 26 * 0.02 = \boxed{0.52 \text{ mV}}$ (5p)

Megoldás 2

Az áramtükörre: $\frac{i_{C4}}{i_{C1}} = \frac{A_{34}}{2 - A_{34}} = 0.98$, a 0 kimeneti feszültséghez: $\frac{i_{C4}}{i_{C2}} = 1$

Fentiekből a T_1, T_2 áramainak aránya: $\frac{i_{C1}}{i_{C2}} = \frac{i_{C4}}{\frac{i_{C4}}{0.98}} = \frac{1}{0.98}$; $i_{C1} = \frac{\frac{u_{off}}{2} + I_{E10}}{\frac{r_{d1}}{U_{off}} + I_{E10}} = \frac{1}{0.98}; I_{E10} = I_{E20} = 1 \text{ mA}$;

$r_{d1} = r_{d2} = 26 \Omega$; Ebből kifejezve: $U_{off} = 0.52 \text{ mV}$

Megoldás 3

A munkaponti kollektor áramok:

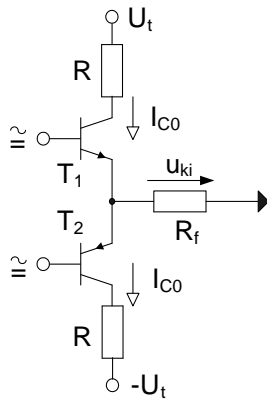
$I_{C10} = A_{12} I_{E10} = 0.99 \times 1 = 0.99 \text{ mA} = I_{C20}$; $I_{C40} = I_{C10} \times 0.98 = 0.9702 \text{ mA}$

A kimeneti hibafeszültség: $U_{kiH} = (I_{C40} - I_{C20}) R_t = -0.0198 \text{ V}$

A bemeneti offset feszültség (pozitív): $U_{off} = \frac{U_{kiH}}{A_D} = \frac{19.8 \text{ mV}}{38.08} = 0.52 \text{ mV}$

5.) Feladat

Határozza meg az alábbi "A" osztályú végfokozat paramétereit szinuszos kimeneti jel esetére.



$$U_t = 15 \text{ V}, R_f = 14 \ \Omega, A = 1, U_m = 1 \text{ V}$$

a.) $P_{f \max} = ?$, $R = 0$, I_{C0} optimális,

b.) $P_{D \max} = ?$, egy tranzisztorra, $R = 0$, I_{C0} optimális,

c.) $P_{T \max} = ?$, $R = 0$, I_{C0} optimális,

d.) $P_{f \max} = ?$, $R = 1 \ \Omega$, I_{C0} optimális.

Megoldások:

$$I_{c0 \text{ opt}} 2R_f = U_t - U_m$$

$$I_{c0 \text{ opt}} = \frac{U_t - U_m}{2R_f} = \frac{15 - 1}{28} = \underline{\underline{0,5 \text{ A}}};$$

a.) $P_{f \max} = 0,5(2I_{c0})^2 R_f = 0,5 \cdot 1 \cdot 14 = \underline{\underline{7 \text{ W}}};$

b.) $P_{D \max} = I_{c0 \text{ opt}} U_t = 7,5 \text{ W}$ (1 tranzisztorra)

$P_{T \max} = I_{c0} (2U_t) = \underline{\underline{15 \text{ W}}};$

c.) $I_{c0 \text{ opt}} 2(R_f + R) = U_t - U_m$

$$I_{c0 \text{ opt}} = \frac{U_t - U_m}{2(R_f + R)} = \frac{15 - 1}{30} = \underline{\underline{0,47 \text{ A}}};$$

d.) $P_{f \max} = 0,5(2I_{c0})^2 R_f = 0,5 \cdot 0,94^2 \cdot 14 = 6,1852 \text{ W}$