

Elektronika 1. vizsga	2018. 12. 21.	1.	2.	3.	4.	5	$\Sigma$
Név:	Neptun:						

1.

a.) Rajzoljon fel egy kettős tápegységgel működő differenciál erősítőt a következők szerint: minden szempontból egyforma, véges bétájú NPN tranzisztorok alkotják, a bemenet közvetlenül kapcsolódik a bázisokra, a tranzisztorok munkaellenállásai az  $R_1 = R_2 = R$  egyforma ellenállások, a közös emitter kört, egy végtelen bétájú NPN tranzisztorokból felépített áramtükör kimeneti ága táplálja, az áramtükör bemeneti ágának áramát egy  $R_3$  ellenállás határozza meg. A differenciál erősítő kimeneti jelét a differenciálerősítő tranzisztorainak kollektorai között mérjük (a kollektorok feszültségeinek különbségéeként).

5p

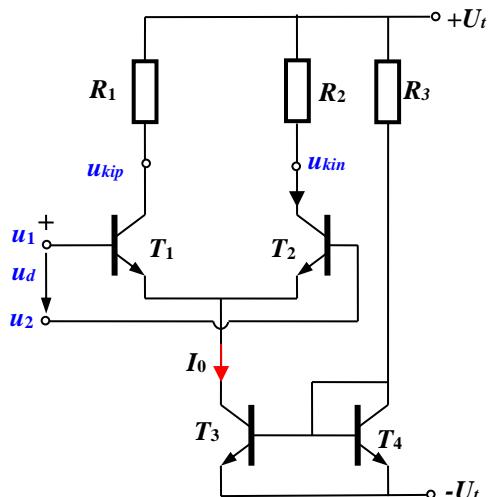
b.) Mekkora a differenciál erősítő differenciális- és közös módusú erősítése, mekkora a közös módusú elnyomás?

c.) Mekkora a differenciál erősítő BIAS árama, offset árama és offset feszültsége?

d.) Mekkora differenciális bemenő feszültséggel lehet az erősítőt felbillenteni, azaz a teljes áramtükör áramot az egyik tranzisztorba vezetni?

Megoldás:

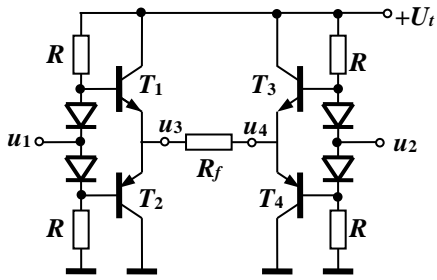
a.)



Lásd 10. előadás

2. Egy autórádió hídkapcsolású végfokozatának kapcsolási rajzát mutatja az ábra. Az  $R_f = 4\Omega$  ellenállás reprezentálja a személyautó hangsugárzóját (fogyasztó). A kapcsolás vezérlése ( $u_1$ ,  $u_2$ ) biztosítja, hogy az ( $u_3$ ,  $u_4$ ) kimenetek feszültségei ellentétes fázisban változzanak és kivezérlés nélkül mindkettő  $U_t/2$  értékű legyen. Mindkét végfokozat **B osztályban** működik.

$$U_t = 12 \text{ V}, \quad R = 1 \text{ kohm.}$$



$$u_1(t) = \frac{U_t}{2} + \frac{u_v(t)}{2} \quad u_2(t) = \frac{U_t}{2} - \frac{u_v(t)}{2}$$

a.) Mekkora a tápegységnek a nyugalmi (vezérlés nélküli), árama? 5p

b.) Szinuszos kimeneti feszültséget feltételezve vázolja fel közös idő diagramban az ( $u_3$ ,  $u_4$ ) pontok feszültségeit. 5p

c.) Mekkora a hangsugárzó maximális szinuszos teljesítménye, ha a tranzisztorok maradék feszültsége:

$$U_m = 1 \text{ V?} \quad 5\text{p}$$

d.) Mekkora lenne a maximális kimenő teljesítmény, ha  $T_3$ ,  $T_4$  tranzisztorokat eltávolítanánk, és az  $u_4$  pontot egy nagy értékű kondenzátoron keresztül a földre kötnénk?

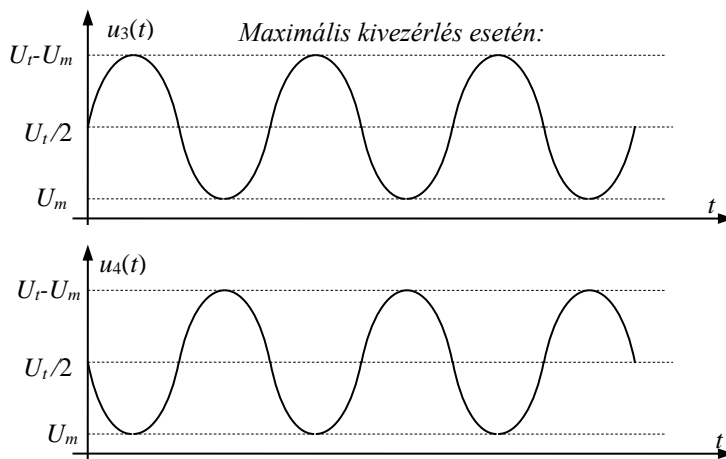
(Nem hídkapcsolás, ekkor:  $u_4 = U_t/2$ ) 5p

Megoldás:

a.) Mivel B osztályú a működés, kivezérlés nélkül a tranzisztorokon nincs áramfelvétel.

$$\text{A diódákon: } 2I_d = 2 \frac{U_t - 2U_D}{2R} = \frac{12 - 1.2}{1} = 10.8 \text{ mA}$$

b.)



c.) Mivel a kimeneti jel  $U_f = u_3 - u_4$ , ezért a kimeneti feszültség maximális amplitúdója:

$$U_{fMax} = U_t - 2U_m = 10 \text{ V}$$

A kimeneti szinuszos teljesítmény maximális értéke:

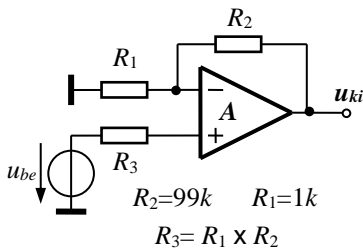
$$P_{fMax} = \frac{1}{2} \frac{U_{fMax}^2}{R_f} = \frac{1}{2} \frac{100}{4} = 12.5 \text{ W}$$

d.) Nem hídkapcsolás esetén:

$$U_f = u_3 - u_4 = u_3 - \frac{U_t}{2} \quad U_{fMax} = U_t - U_m - \frac{U_t}{2} = \frac{U_t}{2} - U_m = 6 - 1 = 5 \text{ V}$$

$$P_{Max} = \frac{1}{2} \frac{U_{fMax}^2}{R_f} = \frac{25}{8} = 3.125 \text{ W}$$

3. Az ábra szerinti kapcsolás egy kompenzált, (nem ideális) műveleti erősítőt tartalmaz, melynek erősítés-sávszélesség szorzata:  $GBW=2600\text{Hz}$ . A műveleti erősítő nyílthurkú erősítése egy elsőfokú pólust tartalmaz.



- a.) Mekkora az  $u_{ki}/u_{be}$  kisjelű erősítés kis frekvencián  $dB$ -ben? 5p  
 b.) Írja fel az  $u_{ki}/u_{be}$  kisjelű komplex átviteli függvényt, és ábrázolja az abszolút értékét Bode diagramban! 5p  
 c.) Vázolja fel a kimeneti feszültség időfüggvényét, ha  $u_{be}=1\text{ mV}$  egységugrás jel. 5p  
 d.) Mekkora a nyugalmi munkaponti kimeneti hibafeszültség, ha a műveleti erősítő offset feszültsége és offset árama elhanyagolható, a BIAS árama viszont számottevő:  $1\mu A$ . 5p

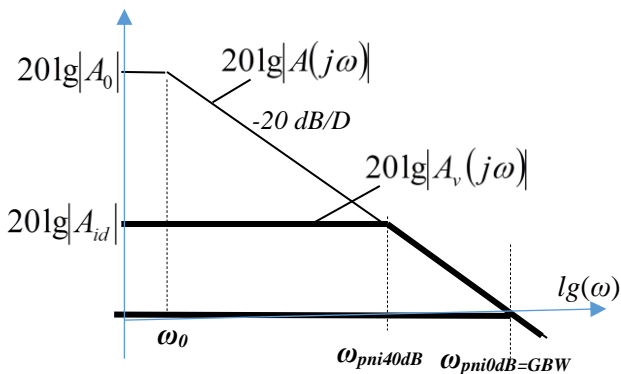
Megoldás:

a.) Nem invertáló alapkacsolás, erősítése:  $A_{id} = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 100 \rightarrow 40\text{ dB}$

$$b.) \frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = A_v(s) = A_{id} \frac{A(s)\beta}{1 + A(s)\beta} = A_{id} \frac{\frac{A_0\beta}{1 + s/\omega_0}}{1 + \frac{A_0\beta}{1 + s/\omega_0}} = A_{id} \frac{A_0\beta}{1 + A_0\beta} \frac{1}{1 + s/\omega_p}$$

$$A_v(s) = A_{id} \frac{A_0\beta}{1 + A_0\beta} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \cong A_{id} \frac{1}{1 + s/\omega_p} \quad \beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad A_{id} = 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{\beta}$$

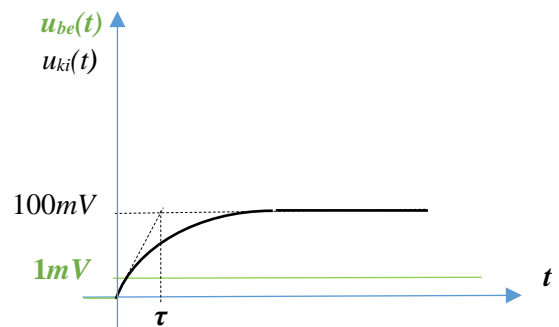
$$GBW = A_0\omega_0 \quad \omega_p = \omega_0(1 + A_0\beta) \cong \omega_0 A_0\beta = GBW/100 = 2 * \pi * 26\text{Hz}$$



c.) A komplex átviteli függvény így is felírható:

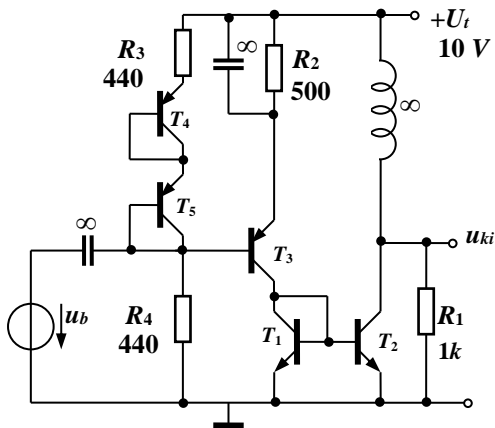
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) \approx A_{id} \frac{1}{1 + s\tau}, \quad \text{ahol } \tau = 1/\omega_p = \frac{1}{2 * \pi * 26} = 6\text{ms}$$

$$u_{ki}(t) = U_\infty + (U_0 - U_\infty)e^{-\frac{t}{\tau}} = 100\text{mV}(1 - e^{-\frac{t}{6\text{ms}}})$$



c.) Mivel  $R_3=R_2 \times R_1$ , ezért a műveleti erősítő BIAS árama kompenzált, így a kimeneti hibafeszültséget csak az offset feszültség és áram hozza létre, amik itt nullák. Tehát a kimeneti hibafeszültség 0.

4. Az ábrán látható kapcsolási rajz szerinti áramkör adatai minden tranzisztorra:



$$\beta = B = \infty \quad U_{BE0} = U_{EB0} = 0.6 \text{ V}$$

a.) Milyen célt szolgálnak a  $T_4$   $T_5$  tranzisztorok, a  $T_1$   $T_2$  tranzisztorok, és a  $T_3$  tranzisztor? 5p

b.) Mekkora a nyugalmi munkaponti áramai, és a tápegységből felvett áram? 5p

c.) Mekkora a kisjelű  $u_{ki}/u_{be}$  erősítés dB-ben? 5p

d.) Mekkora a kimenőfeszültség kivezérrelhetősége

$U_{ki}^+ = ?$ ,  $U_{ki}^- = ?$ , ha  $T_1$  maradékfeszültsége 500mV? Vázolja fel a legnagyobb kimeneti jel feszültség idő függvényét szinuszos jel feltételezve. 5p

Megoldás:

a.)  $T_4$ ,  $T_5$  hőmérséklet független munkapont beállító elem  $T_3$  számára.  $T_1$ ,  $T_2$  áramtükör  $T_3$  kollektor áramának  $T_1$  be másolására.  $T_3$  FE alapkapcsolású erősítő.

b.)  $T_4$ ,  $T_5$ :

$$I_{E04} = I_{E05} = \frac{U_t - 2U_{BE0}}{R_3 + R_4} = \frac{10 - 1.2}{0.88} = 10 \text{ mA}$$

Mivel  $T_4$  és  $T_5$  egyforma és ugyanaz az áram folyik át rajtuk a végtelen beta miatt, ezért  $T_4$  kollektorán a tápfeszültség fele van. Ugyanez a feszültség mérhető az  $T_3$  emitterén is. Tehát  $T_3$  munkaponti árama:

$$I_{E03} = \frac{U_t / 2}{R_2} = \frac{5}{0.5} = 10 \text{ mA}$$

Az áramtükör kimenő árama:  $I_{E01} = I_{E02} = I_{E03} = 10 \text{ mA}$

$R_1$  árama:  $I_{R1} = \frac{U_t}{R_1} = \frac{10}{1} = 10 \text{ mA}$

A tápegységből felvett áram:  $I_t = I_{E01} + I_{E02} + I_{E04} + I_{R1} = 40 \text{ mA}$

c.) A  $T_3$  tranzisztor kisjelű emitter árama a bemenő feszültség és az  $r_{d3}$  hányadosa, mivel az emitter váltóáramú földön van. Ennek az emitter áramnak  $\alpha$  szorosa folyik a kollektor kör áramgenerátorán. Ez az áram másolódik be az áramtükör segítségével a  $T_1$  tranzisztor emitterébe, majd folyik ki a  $T_1$  kollektor körén, majd az  $R_1$  ellenálláson. Minden  $\alpha=1$ .

$$r_{d3} = \frac{U_t}{I_{E03}} = \frac{26mV}{10mA} = 2.6 \text{ } \Omega$$

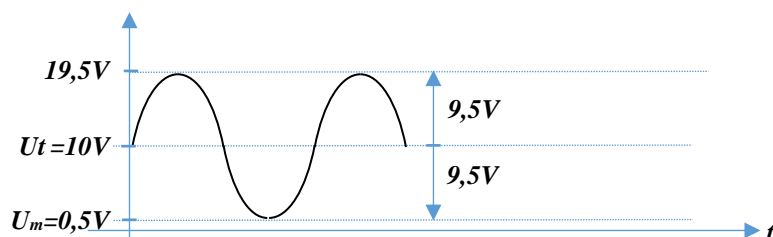
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_1}{r_{d3}} = -\frac{1000}{2.6} = -385 \quad 20 \lg 385 = 51.7 \text{ dB}$$

d.)

$$R_e = 0; \quad R_v = R_1 = 1 \text{ k}\Omega; \quad U_{CE0} = U_t = 10V;$$

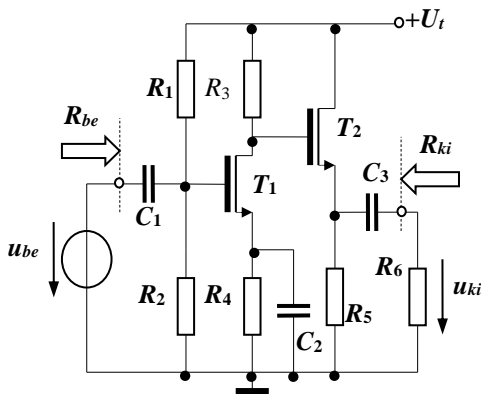
$$U_{ki}^+ = U_{CE}^+ = U_{CE0} - U_m = 10 - 0.5 = 9.5V$$

$$U_{ki}^- = U_{CE}^- = I_{C0} * R_v = 10 * 1 = 10V$$



5.

T1,T2: n-csatornás növekményes MOS FET



$$i_D = I_{D00} \left( \frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2, \quad I_{D00} = 4 \text{ mA}, \quad U_P = +4 \text{ V}$$

Munkaponti áramok:  $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$

$R_2 = 30 \text{ k}\Omega, R_3 = 4 \text{ k}\Omega, R_4 = 6 \text{ k}\Omega, R_5 = R_6 = 10 \text{ k}\Omega,$

$C_1, C_2, C_3 \rightarrow \infty \quad U_t = +20 \text{ V},$

- Mekkorára válasszuk  $R_1$  - et, hogy  $I_{D01} = 1 \text{ mA}$  legyen ?
- Rajzolja le az áramkör váltóáramú, kiszelű helyettesítő képét ! Adja meg a helyettesítőkép elemértékeit, ha  $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$  !
- $u_{ki}/u_{be} = ?$
- $R_{be} = ?, R_{ki} = ?,$  ha  $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$

**Megoldás:**

a.) Mekkorára válasszuk  $R_1$  - et, hogy  $I_{D01} = 1 \text{ mA}$  legyen ?

$$U_{S01} = I_{D01} R_4 = 1 * 6 = 6 \text{ V}, \quad I_{D01} = I_{D00} \left( \frac{U_{GS01} - U_P}{U_P} \right)^2 = 4 \left( \frac{U_{GS01} - 4}{4} \right)^2 = 1 \rightarrow U_{GS01} = 6 \text{ V}$$

$$U_{G01} = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = U_{GS01} + U_{S01} = 12 \text{ V}, \quad R_1 = R_2 \left( \frac{U_t}{U_{G01}} - 1 \right) = 30 \left( \frac{20}{12} - 1 \right) = 20 \text{ k}\Omega$$

b.) Rajzolja le az áramkör váltóáramú, kiszelű helyettesítő képét ! Adja meg a helyettesítőkép elemértékeit, ha  $R_1 = 20 \text{ k}\Omega$  !

$$R_{12} = R_1 \times R_2 = \frac{20 * 30}{50} = 12 \text{ k}\Omega$$

$$S_1 = S_2 = 2 \frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} = 1 \text{ mS}$$

c.)  $u_{ki}/u_{be} = ?$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = (-S_1 R_3) \frac{R_5 \times R_6}{R_5 \times R_6 + 1/S_2} = -1 * 4 \frac{5}{5 + 1} = -\frac{20}{6} = -3.33$$

d.)

$$R_{be} = R_{12} = 12 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = \frac{1}{S_2} \times R_5 = 1 \times 10 = 0.91 \text{ k}\Omega$$

