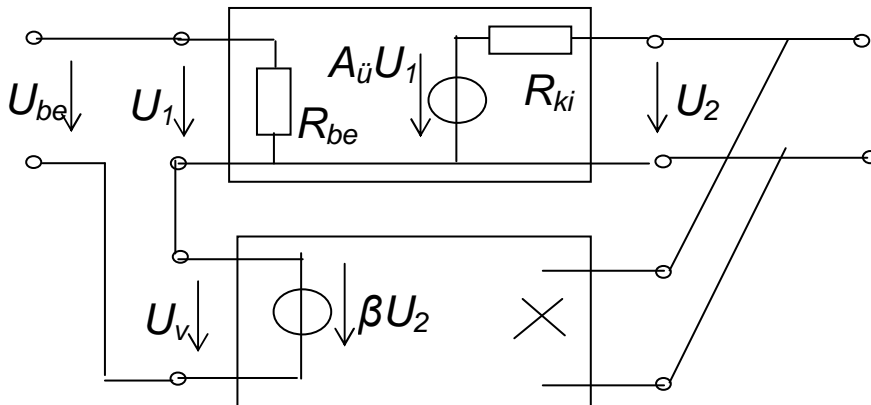


Elektronika 1.	vizsga	2016. 01. 15.	1.	2.	3.	4.	5	Σ
Név:		Neptun:						

1. feladat Három paraméteres (R_{be} , R_{ki} , $A_{\ddot{u}}$) visszahatásmentes lineáris erősítőt olyan visszahatásmentes kétkapuval csatolunk vissza, melynek extrém értékűek (értelemszerűen nulla vagy végtelen) a ki- és bemenő ellenállásai.

- Az adott feltételek mellett rajzolja le a soros feszültség visszacsatolás esetét!
- Milyen dimenziójú a visszacsatoló tag vezérlési tényezője?
- Mutassa meg, mekkora lesz a visszacsatolt erősítő R_{bev} bemenő ellenállása!
- Mutassa meg, mekkora lesz a visszacsatolt erősítő R_{kiv} kimenő ellenállása!

Megoldás:



$$\beta = \frac{U_v}{U_2} \text{ dimenzió nélküli.}$$

$$\text{Hurok erősítés: } H = A_{\ddot{u}} \beta$$

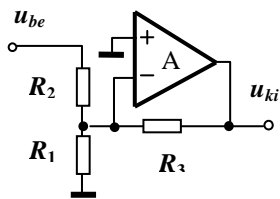
Bemenő ellenállás:

$$R_{bev} = \frac{U_{be}}{I_{be}} = \frac{U_1 + U_v}{I_{be}} = \frac{U_1 + A_{\ddot{u}} \beta U_1}{I_{be}} \Bigg|_{R_{be} = \frac{U_1}{I_{be}}} \quad R_{bev} = R_{be} (1 + H)$$

Kimenő ellenállás:

$$R_{kiv} = \frac{U_{ki\ddot{u}}}{I_{kir}}, \quad U_{ki\ddot{u}} = \frac{A_{\ddot{u}}}{1 + A_{\ddot{u}} \beta} U_{be}, \quad I_{kir} \Bigg|_{U_2 = 0, U_1 = U_{be}} = \frac{A_{\ddot{u}} U_{be}}{R_{ki}}, \quad R_{kiv} = \frac{R_{ki}}{1 + H}$$

2. feladat



$$R_1 = 3 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 1 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 9 \text{ k}\Omega,$$

a.) Mennyi a kimeneti hibafeszültség, ha $A = \infty$ és a műveleti erősítő bemeneti offset feszültség $U_{\text{offbe}} = 10 \text{ mV}$!

b.) Határozza meg az u_{ki}/u_{be} feszültség erősítést, ha a műveleti erősítő ideális, $A = \infty$!

c.) Határozza meg az áramkör R_{ki} és R_{be} ki- és bemenő ellenállását, ha a műveleti erősítő ideális, azaz $A = \infty$!

d.) Ha $A(s) = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)}$, $A_0 = 10^6$; $\omega_1 = 5 \text{ r/s}$, $\omega_2 = 1 \text{ Mr/s}$, akkor mekkora legyen R_1 értéke ahhoz, hogy az kritikus csillapításúra legyen méretezve ($\zeta = 1$)?

Megoldás:

$$\text{a.) } u^+ = u^- = U_{\text{offbe}} \rightarrow u_{\text{kihiba}} = U_{\text{offbe}} \left(1 + \frac{R_3}{R_1 \times R_2} \right) = 10 \left(1 + \frac{9}{0.75} \right) = 130 \text{ mV}$$

$$\text{b.) } \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_3}{R_2} = -9$$

c.) $R_{ki} = 0$, mert az ideális műveleti erősítő kimenő impedanciája nulla.

$$U^- = 0 = U_{R1} \rightarrow R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{R_2 i_{be}}{i_{be}} = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$$

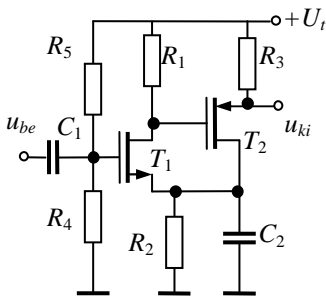
d.) Visszacsatolt erősítés a műveleti erősítő két pólusa esetén:

$$\left. \frac{u_{ki}}{u_{be}} \right|_{A = \frac{A_0}{(1 + s/\omega_1)(1 + s/\omega_2)}} = \left. \frac{u_{ki}}{u_{be}} \right|_{A = \infty} = \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \left(\frac{s}{\omega_0} \right)^2}$$

$$\text{ahol } \beta = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + R_3} \quad \text{és} \quad \zeta = \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + \beta A_0}} \left(\sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} + \sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}} \right) \cong \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{\beta A_0}} \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} \Big|_{\text{kritikus}} = 1$$

$$\beta = \frac{1}{4} \frac{1}{A_0} \frac{\omega_2}{\omega_1} = 0.05 \rightarrow 0.05 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + 9} \rightarrow R_1 \times R_2 = 0.4737 = \frac{1 \cdot R_1}{1 + R_1} \rightarrow R_1 = 0,9 \text{ k}\Omega$$

3. feladat



T₁: n-csatornás növekményes MOS FET, $I_{D00} = 4 \text{ mA}$, $U_p = 4 \text{ V}$

T₂: p-csatornás növekményes MOS FET, $I_{D00} = 4 \text{ mA}$, $U_p = 4 \text{ V}$

$U_t = 24 \text{ V}$, $R_1 = 7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = R_5 = 100 \text{ k}\Omega$

a.) Mekkora T₂ tranzisztor I_{D02} munkaponti árama, ha T₁ munkaponti árama $I_{D01} = 1 \text{ mA}$?

b.) Mekkora T₁ tranzisztor I_{D01} munkaponti árama, ha T₂ munkaponti árama $I_{D02} = 1 \text{ mA}$?

c.) Mennyi a feszültség erősítés, ha $C_1 = \infty$ és $C_2 = \infty$ és $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$?

d.) Milyen típusú a visszacsatolás és mennyi a hurok erősítés, ha $C_1 = \infty$ és $C_2 = 0$ és $I_{D01} = I_{D02} = 1 \text{ mA}$?

Megoldás:

a.) $U_{G01} = \frac{R_4}{R_5 + R_4} U_t = 12 \text{ V}$, $I_{D01} = I_{D00} \left(\frac{U_{G01} - U_p}{U_p} \right)^2 \rightarrow U_{G01} = 6 \text{ V} \rightarrow$
 $\rightarrow \boxed{U_{R2} = U_{G01} - U_{G01} = 6 \text{ V} = R_2 (I_{D01} + I_{D02})} \rightarrow I_{D02} = 1 \text{ mA}$

Más megoldás: $R_1 I_{D01} = R_3 I_{D00} \left(\frac{U_{SG02} - U_p}{U_p} \right) + U_{SG02} \rightarrow \boxed{U_{SG02}^2 - 4U_{SG02} - 12 = 0} \rightarrow U_{SG02} = 6 \text{ V}$
 $\rightarrow I_{D02} = 1 \text{ mA}$

b.) $U_{G01} = U_{G01} + R_2 (I_{D01} + I_{D02})$.

$I_{D02} = 1 \text{ mA}$, $\rightarrow 12 = U_{G01} + 3 \cdot 4 \cdot \left(\frac{U_{G01} - 4}{4} \right)^2 + 3 \cdot 1 \rightarrow U_{G01} = 6 \text{ V} \rightarrow I_{D02} = 1 \text{ mA}$.

c.) A tranzisztorok munkaponti meredekségei: $S_1 = 2 \frac{I_{D01}}{U_{G01} - U_p} = 1 \text{ mS} = S_2$

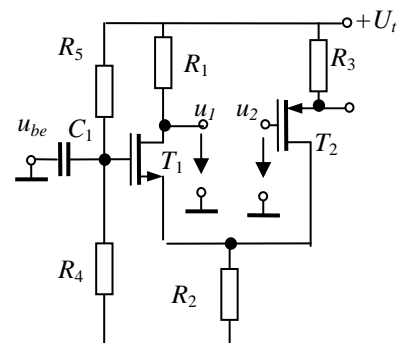
Földelt source-ú és földelt drain-ú fokozatok eredő erőstése:

C_2 -vel áthidalt R_2 ellenálás esetén: $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = (-S_1 R_1) \left(\frac{R_3}{\frac{1}{S_2} + R_3} \right) = -7 \cdot 0,5 = -3,5$

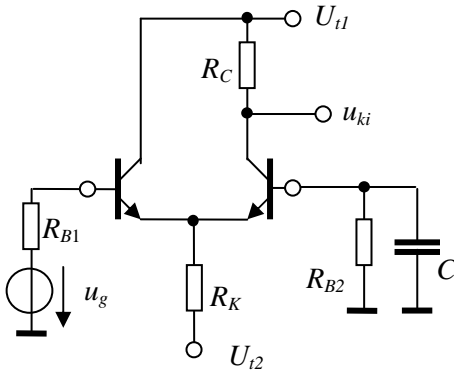
d.) A visszacsatolás típusa: **negatív, soros áram visszacsatolás.**

A hurkot felvágva, a földelt source-ú és a földelt gate-ú lánc eredő erőstése:

$$H = -\frac{u_1}{u_2} = -\left(-\frac{\frac{1}{S_1} \times R_2}{\frac{1}{S_2} + R_3} \right) (S_1 R_1) = \frac{1 \times 1}{1 + 3} \cdot 1 \cdot 7 = \frac{7}{8} = 0,875$$



4. feladat



$T_1 \equiv T_2$: n-p-n tranzisztorok, $\beta_1 = \beta_2 = 99$, $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$,
 $U_{t1} = 15 \text{ V}$, $U_{t2} = -10 \text{ V}$, $C \rightarrow \infty$
 $R_K = 9,4 \text{ k}\Omega$, $R_C = 10 \text{ k}\Omega$, $R_{B1} = R_{B2} = 1 \text{ k}\Omega$

a.) Határozza meg a tranzisztorok munkaponti emitter áramának pontos értékét!

b.) Határozza meg a differenciál erősítőnek a differenciális erősítését, ha $I_{E01} = I_{E02} = 0,5 \text{ mA}$! ($A_D = ?$)

c.) Határozza meg a differenciál erősítőnek a közös módusú erősítését, ha $I_{E01} = I_{E02} = 0,5 \text{ mA}$! ($A_K = ?$)

d.) Határozza meg az $\frac{u_{ki}}{u_g}$ feszültség erősítést, ha $I_{E01} = I_{E02} = 0,5 \text{ mA}$? ($\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$)

Megoldás:

a.) $U_{t2} = R_{B1}(1 - A)I_{E01} + U_{BE0} + R_K(I_{E01} + I_{E02})$ szimmetria miatt: $I_{E01} = I_{E02} = I_{E0}$

$$I_{E0} = \frac{U_{t2} - U_{BE0}}{R_{B1}(1 - A) + 2R_K} = 0,4997 \text{ mA}$$

b.) $r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = 52 \Omega$ $A_D = \alpha \frac{R_C}{2r_d} = 0,99 \frac{10}{0,104} = 95,23$

c.) $A_K = -\alpha \frac{R_C}{2R_K + r_d} = -0,525$

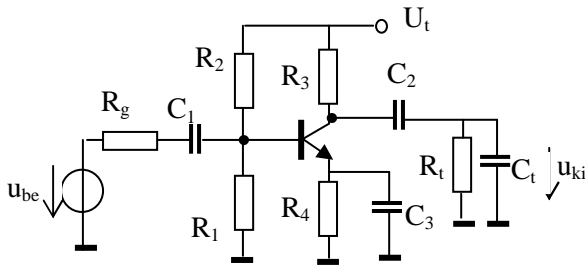
d.) T2 emitterén: $R_{be2} = r_{d2} = 52 \Omega$,

T1 bázisán: $R_{be1} = (1 + \beta)(r_{d1} + R_K \times R_{be2}) = 100(52 + 51,7) = 10,37 \text{ k}\Omega$

bemeneti leosztás, földelt kollektoros fokozat, földelt bázisú fokozat eredője:

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{R_{be1}}{R_{B1} + R_{be1}} \frac{R_K \times R_{be2}}{r_{d1} + R_K \times R_{be2}} \left(\alpha_2 \frac{R_C}{r_{d2}} \right) = 0,9121 \cdot 0,4986 \cdot 190,38 = 86,58$$

5. feladat



Az áramkör adatai:

$$U_t = 15 \text{ V}, R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 6,9 \text{ k}\Omega, R_3 = 5,2 \text{ k}\Omega,$$

$$R_g = 5 \text{ k}\Omega, R_t = 5,2 \text{ k}\Omega, C_t = 10 \text{ pF}$$

$$C_1 = 10 \mu\text{F}, C_2 = \infty, C_3 = \infty$$

Tranzisztor:

$$U_{BE0} = 0,6 \text{ V}, B = \beta = \infty$$

- Határozza meg az u_{ki}/u_{be} feszültség erősítés alsó határ frekvenciáját!
- Határozza meg az u_{ki}/u_{be} feszültség erősítés felső határ frekvenciáját!
- Mekkora a középfrekvenciás erősítés, ha a kis- és nagyfrekvenciás hatásokat elhanyagoljuk?
- Rajzolja le az amplitúdó- és a fázis karakteristika töréspontos Bode diagramját a töréspontok, és az aszimptóták meredekségének illetve értékének megjelölésével!

Megoldás:

- a.) $R_{be} = R_{12} = R_1 \times R_2 = 5 \text{ k}\Omega$,
 C_1 csatoló miatt felül áteresztő jellegű frekvencia függő bemeneti leosztás:

$$\frac{U_{bázis}}{U_{be}}(s) = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{\frac{s}{\omega_a}}{1 + \frac{s}{\omega_a}} \quad \text{ahol} \quad \omega_a = 1/(C_1(R_g + R_{12})) = 10 \text{ rad/sec} = 1,6 \text{ Hz}$$

- b.) C_t : párhuzamos terhelő kapacitás a kimeneten: $\frac{U_{ki}}{U_{bázis}}(s) = -\frac{R_3 \times R_t}{r_d} \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_f}}$

ahol az alul-áteresztő jellegű törésponti frekvencia: $\omega_f = \frac{1}{C_t(R_3 * R_t)} = 38,46 \text{ Mr/s} = 6,12 \text{ MHz}$

- c.) Munkaponti áram: $U_{B0} = R_1/(R_1+R_2) U_t = 7,5 \text{ V}$ $U_{E0} = U_{B0} - U_{BE0} = 6,9 \text{ V}$ $I_{E0} = U_{E0}/R_4 = 1 \text{ mA}$
 dióda ellenállás: $r_d = U_T/I_{E0} = 26 \Omega$

C_1, C_2, C_3 : rövidzár, C_t : szakadás

bemeneti leosztás: $R_{12} = R_1 \times R_2 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_{12} / (R_g + R_{12}) = 0,5$

FE erősítés: $-(R_3 \times R_t) / r_d = -100$,

$A_k = u_{ki}/u_{be} = -50$

d.)
$$\frac{U_{ki}}{U_{be}}(s) = A_k \frac{\frac{s}{\omega_a}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_a}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_f}\right)}$$

