

Elektronika 1.	Vizsga	2022. 01. 07.	1.	2.	3.	4.	5	Σ	IMSC
Név:	Neptun:								

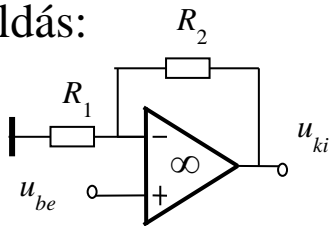
1. feladat

Rajzoljon le egy (egyszerű) fázist nem fordító műveletierősítő kapcsolást!

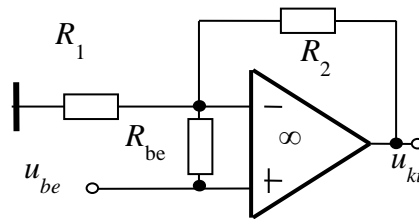
Az Ön által adott áramkörben

- határozza meg a visszacsatolt feszültségerősítést ($u_{ki}/u_{be} = ?$), ha a műveleti erősítő véges R_{be} bemeneti ellenállását figyelembe kell venni, de minden más szempontból ideális a műveleti erősítő!
- határozza meg a hurok erősítést és a visszacsatolt feszültségerősítést ($u_{ki}/u_{be} = ?$), ha a műveleti erősítő véges R_{be} bemeneti ellenállása mellett figyelembe kell venni, a műveleti erősítő véges A_0 erősítését is!
- határozza meg a visszacsatolt feszültségerősítés $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$ transzfer függvényét, ha a műveleti erősítő véges R_{be} bemeneti ellenállása mellett figyelembe kell venni, a műveleti erősítő véges A_0 egyenáramú erősítését és az egy darab ω_0 pólusfrekvenciáját is!
- A fenti feltételek mellett rajzolja le a feszültségerősítés töréspontos amplitúdó Bode-diagramját, feltüntetve a szinteket, meredekségeket, és törésponti frekvenciákat!

Megoldás:



Ideális műveleti erősítővel: $K = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = K_{id}$



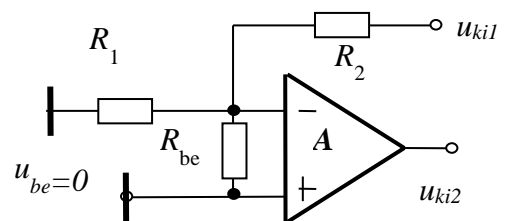
$A = \infty$ és véges R_{be} :

$$u^+ = u^- \rightarrow I_{R_{be}} = 0, \rightarrow \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

Véges A és véges R_{be} esete: A hurok átvitel:

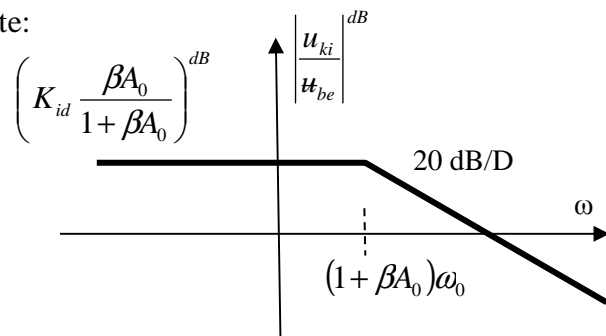
$$H = -\frac{u_{ki2}}{u_{ki1}} \Big|_{u_{be}=0} = -\frac{R_1 \times R_{be}}{R_1 \times R_{be} + R_2} (-A) = \beta A$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = K_{id} \frac{H}{1+H} = K_{id} \frac{\beta A}{1+\beta A} \quad \beta = \frac{R_1 \times R_{be}}{R_1 \times R_{be} + R_2}$$

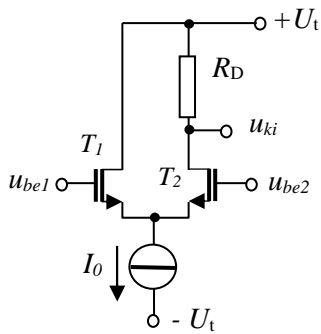


Frekvencia függő $A(s) = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{\omega_0}}$ és véges R_{be} esete:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = K_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + \beta A_0)\omega_0}}$$



2. feladat



$$U_t = 10 \text{ V}, I_0 = 4 \text{ mA}, R_D = 4 \text{ kohm}$$

T_1 azonos T_2 : n csatornás növekményes MOS FET
paraméterei: $U_P = 2 \text{ V}$, $I_{D00} = 8 \text{ mA}$,

- Rajzolja fel a tranzisztorok **transzfer karakterisztikáját** és határozza meg a munkapontok áram és feszültség koordinátáit!
- Határozza meg a kimeneti munkaponti feszültséget! $U_{ki0} = ?$
- Határozza meg a tranzisztorok munkaponti disszipációs teljesítményeit! $P_{tr1} = ?$ $P_{tr2} = ?$
- A **kimeneti karakterisztika** síkján rajzolja be a munkapontokat és ellenőrizze, hogy a tranzisztorok munkapontjai az elzáródás feletti tartományban vannak-e!

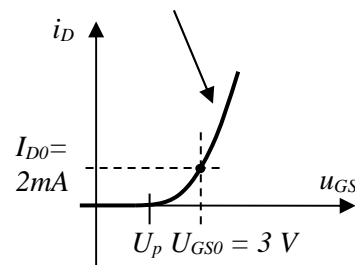
Megoldás:

a.) Munkapont: $u_{be1} = u_{be2} = 0$

$$\text{áramok: } I_{D10} = I_{D20} = I_0 / 2 = \boxed{2 \text{ mA}}$$

$$\text{G-S feszültség: } 2 = 8 \left(\frac{u_{GS} - 2}{2} \right)^2 \rightarrow U_{GS0} = \boxed{3 \text{ V}}$$

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

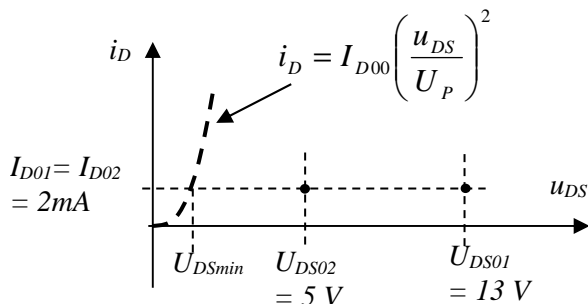


b.) $U_{ki0} = U_t - R_D I_{D20} = 10 - 4 * 2 = \boxed{2 \text{ V}}$

c.) T_1 : $u_{be1} = 0$, $U_{DS01} = U_t + U_{GS01} = 13 \text{ V}$, $P_{tr1} = I_{D10} U_{DS01} = 2 * 13 = \boxed{26 \text{ mW}}$

T_2 : $u_{be2} = 0$, $U_{DS02} = U_t + U_{GS02} - R_D I_{D20} = 10 + 3 - 4 * 2 = 5 \text{ V}$, $P_{tr2} = I_{D20} U_{DS02} = 2 * 5 = \boxed{10 \text{ mW}}$

d.)



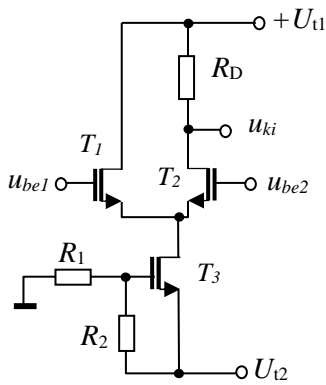
$$i_{D0} = I_{D00} \left(\frac{U_{DSmin}}{U_P} \right)^2$$

$$\text{azaz } 2 = 8 \left(\frac{U_{DSmin}}{2} \right)^2 \rightarrow U_{DSmin} = 1 \text{ V}$$

$U_{DS01} = 13 \text{ V} > U_{DSmin} = 1 \text{ V}$, tehát T_1 munkapontja az elzáródás felett van.

$U_{DS02} = 5 \text{ V} > U_{DSmin} = 1 \text{ V}$, tehát T_2 munkapontja is az elzáródás felett van.

3. feladat



$U_{t1} = 50 \text{ V}$, $U_{t2} = -10 \text{ V}$, $R_1 = 6 \text{ kohm}$, $R_2 = 4 \text{ kohm}$, $R_D = 4 \text{ kohm}$

T_1, T_2, T_3 : n csatornás növekményes MOS FET

paraméterei: $U_p = 2 \text{ V}$, $I_{D00} = 8 \text{ mA}$,

T_1 és T_2 minden paraméterükben azonosak,

T_3 munkaponti árama: $I_{30} = 8 \text{ mA}$

a.) Rajzolja fel a differenciál erősítő váltóáramú, kisjelű (lineáris) helyettesítő képét, adja meg az abban szereplő áramköri elemek paramétereit!

b.) Határozza meg az $A_D = ?$ differenciális feszültségerősítés és az $A_K = ?$ közösmodusú feszültségerősítés értékeit!

c.) Határozza meg a differenciális feszültségerősítés felső 3 dB-es határfrekvenciáját, ha a kimeneten $R_t = 4 \text{ kohm}$ terhelő ellenállást és $C_t = 2 \text{ pF}$ párhuzamos terhelő kapacitást kell figyelembe venni!

d.) A T_3 tranzisztorra mekkora $I_{30} = ?$ munkaponti áramot kellene beállítani ahhoz, hogy az üresjárású differenciális feszültség erősítés 26 dB legyen? Melyik ellenállás változtatásával lehetne ezt elérni?

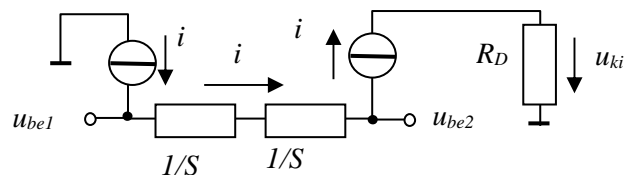
Megoldás:

a.) T_3 nincs vezérelve, tehát egyenáramú áramforrásként hajtja meg a differenciál erősítő T_1, T_2 tranzisztor párját, a váltóáramú helyettesítőképben már nem szerepel.

Munkaponti meredekség:

$$S = \frac{d}{du_{GS}} \left(I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_p}{U_p} \right)^2 \right) =$$

$$= 2 \frac{\sqrt{I_{D00} I_{D0}}}{U_p} = 2 \frac{\sqrt{8 \cdot 4}}{2} = \boxed{5,66 \text{ mS}}$$



b.) Differenciális erősítés: $A_D = \frac{u_{ki}}{u_{be1} - u_{be2}} = \frac{iR_D}{i2 \frac{1}{S}} = \frac{SR_D}{2} = \boxed{11,31}$

Közösmodusú erősítés: $A_K = \frac{u_{ki}}{u_k} \Big|_{u_{be1} = u_{be2} = u_k} \rightarrow i = 0 \rightarrow u_{ki} = 0 \rightarrow A_D = 0$

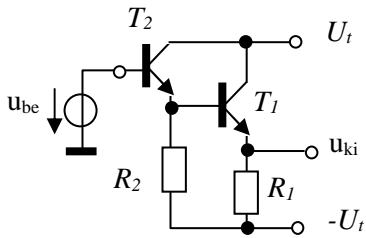
c.) A kimeneti kapacitív terhelés okozta pólusfrekvencia, mely egyúttal a felső határfrekvencia:

$$\omega_p = \frac{1}{C_t(R_D \times R_t)} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^3} = \boxed{250 \text{ Mrad/s}} \quad f_p = \boxed{39,8 \text{ MHz}}$$

d.) 26 dB erősítés $\rightarrow A_D = 20 \rightarrow S = 2A_D/R_D = 10 \text{ mS} \rightarrow I_{D0} = \left(\frac{SU_p}{2} \right)^2 \frac{1}{I_{D00}} = \boxed{12,5 \text{ mA}}$

Ezt a munkaponti áramot az R_1, R_2 feszültségosztóval lehet beállítani.

4. feladat Határozza meg az alábbi kapcsolás munkaponti és kisjelű paramétereit!



T_1, T_2 : n-p -n tranzisztor $U_{BE0} = 0.6 \text{ V}$, $\beta = B = 99$

$R_1 = 6,9 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $U_t = 15 \text{ V}$

a.) $I_{E01} = ?$ $I_{E02} = ?$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ c.) $R_{be} = ?$ d.) $R_{ki} = ?$

Megoldás:

a.) $u_{be} = 0$ $A_1 = A_2 = \frac{B}{1+B} = 0.99$ $I_{E02} = I_1 + I_{B01} = I_1 + (1 - A_1)I_{E01}$

$U_t = 2U_{BE0} + I_{E01}R_1 \rightarrow I_{E01} = \frac{U_t - 2U_{BE0}}{R_1} = \frac{13.8}{6.9} = 2 \text{ mA}$

$U_t = U_{BE0} + I_1R_2 \rightarrow I_1 = \frac{U_t - U_{BE0}}{R_2} = \frac{14.4}{7.2} = 2 \text{ mA}$

$I_{E02} = I_1 + (1 - A_1)I_{E01} = 2.02 \text{ mA}$

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ $I_{E01} = 2 \text{ mA} \rightarrow r_{d1} = \frac{26 \text{ mV}}{I_{E01}} = 13 \text{ }\Omega$ $I_{E02} = 2.02 \text{ mA} \rightarrow r_{d2} = \frac{26 \text{ mV}}{I_{E02}} = 12,87 \text{ }\Omega$

$R_{be1} = R_2 \times [(1 + \beta)(r_{d1} + R_1)] = 7.2 \times 691,3 \cong 7.2 \text{ k}\Omega$

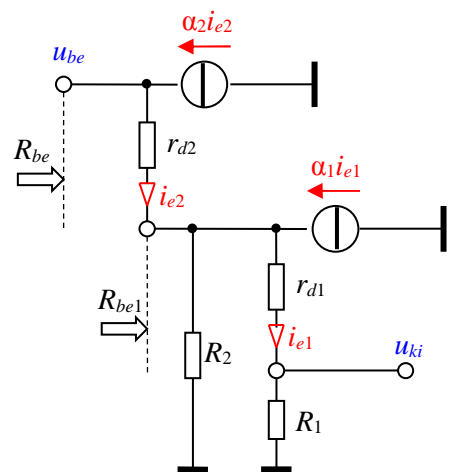
$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \frac{R_{be1}}{r_{d2} + R_{be1}} = \frac{6,9}{6.913} \frac{7.2}{7.213} \cong 1$

c.) $R_{be} = ?$

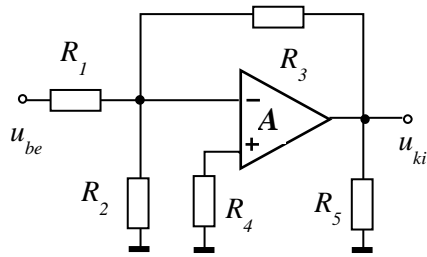
$R_{be} = (1 + \beta)(r_{d2} + R_{be1}) = 100 * 7.213 = 721.3 \text{ k}\Omega$

d.)

$R_{ki} = R_1 \times (r_{d1} + (1 - \alpha)(R_2 \times r_{d2})) = 6900 \times (13 + 0.01(7200 \times 12,87)) = 13,10 \text{ }\Omega$



5. feladat



$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega, R_2 = 10 \text{ k}\Omega, R_3 = 20 \text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 10 \text{ k}\Omega, R_5 = 10 \text{ k}\Omega,$$

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

b.) Mekkora a kimeneti hibafeszültség abszolút értéke, ha $A = \infty$ és a műveleti erősítő bemeneti offset feszültsége $U_{off} = 10 \text{ mV}$?

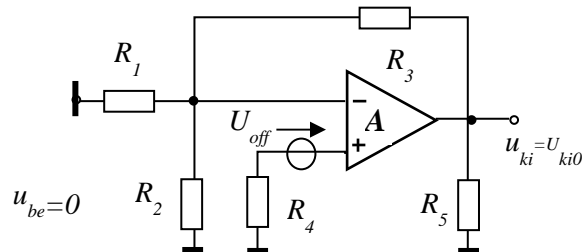
c.) Határozza meg az áramkör R_{ki} és R_{be} ki- és bemenő ellenállását, ha a műveleti erősítő ideális, azaz $A = \infty$!

d.) Hány decibel a feszültségerősítés nulla frekvenciás értéke és mekkora a (3 dB-es) határfrekvenciája, ha a műveleti erősítő egyenáramú erősítése $A_0 = 5 \cdot 10^5$, és egyetlen figyelembe veendő törésponti frekvenciája $\omega_0 = 5 \text{ rad/s}$?

Megoldás:

a.) $A = \infty \rightarrow \Delta u = 0, I^+ = I^- = 0 \rightarrow U^+ = U^- = 0 \rightarrow \frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_3}{R_1} = -2$

b.) $|U_{ki0}| = \frac{R_3 + (R_1 \times R_2)}{R_1 \times R_2} |U_{off}| = \frac{25}{5} 10 = 50 \text{ mV}$



c.) $A = \infty: R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{u_{be}}{u_{be}/R_1} = R_1 = 10 \text{ kohm} \quad R_{ki} = 0$

d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = K_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} \frac{1}{1 + \frac{s}{(1 + \beta A_0)\omega_0}}$ ahol $\beta = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2 + R_3} = \frac{5}{25} = 0.2$

Egyen áramú erősítés: $K_{id} \frac{\beta A_0}{1 + \beta A_0} = -2 \frac{10^5}{1 + 10^5} \approx -2 \rightarrow 6 \text{ dB}$

Felső határfrekvencia: $(1 + \beta A_0)\omega_0 = 500 \text{ krad/sec} = 79,6 \text{ kHz}$