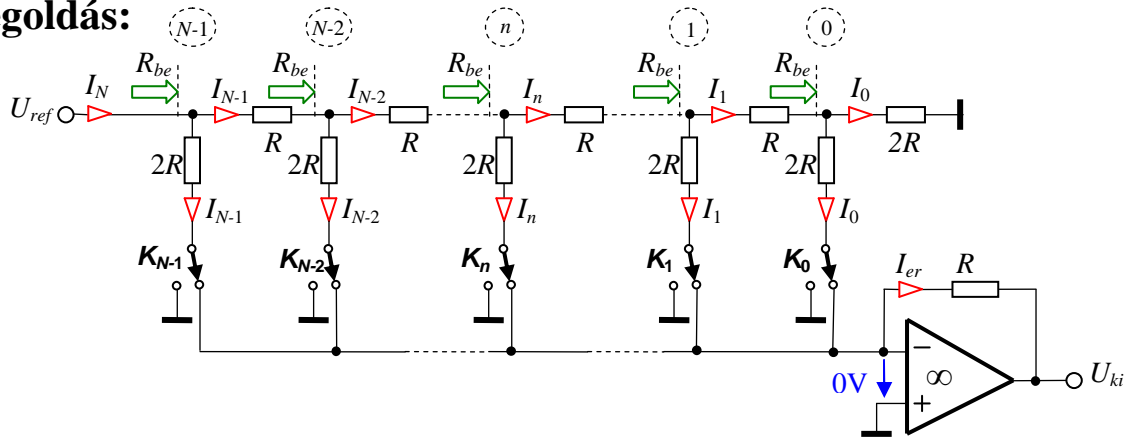


Elektronika 1.	vizsga	2013. 12. 21.	1.	2.	3.	4.	5.	Σ
Név:	Neptun:							

1. Ismertesse az R - $2R$ létrával megvalósított D/A konverter tulajdonságait (kapcsolási rajz, az n -dik ágon folyó áram értéke, a virtuális földpontba folyó eredő áram értéke, a kimeneti feszültség értéke)!

Megoldás:



Az R - $2R$ létra tulajdonságai:

- 1.) A K kapcsolók állásától függetlenül a $2R$ ellenállás alsó vége mindig zérus potenciálon van. (virtuális föld).
- 2.) Minden csomópontban $(0, 1, 2, \dots, N-1)$ $R_{be} = R$
- 3.) Az ág-áramok csomópontról-csomópontra kétszereződnek:

$$I_1 = 2 I_0, \quad I_2 = 2 I_1 = 2^2 I_0, \quad I_n = 2 I_{n-1} = 2^n I_0, \quad \dots \quad I_N = 2 I_{N-1} = 2^N I_0,$$

$$\text{Az eredő áram: } I_{er} = \sum_{n=0}^{N-1} K_n I_n = I_0 \sum_{n=0}^{N-1} K_n 2^n = I_0 D$$

$$\text{Ahol: } K_n = \begin{cases} 0 & \text{ha } K : \text{ direkt föld állásban} \\ 1 & \text{ha } K : \text{ virtuál. föld állásban} \end{cases}$$

$$\text{Mivel: } U_{ki} = -R I_{er} \quad \text{és} \quad I_0 = \frac{I_N}{2^N} = \frac{U_{ref}}{2^N R}$$

A kimenet:

$$U_{ki} = -\frac{U_{ref}}{2^N} \sum_{n=0}^{N-1} K_n 2^n = -\frac{U_{ref}}{2^N} D$$

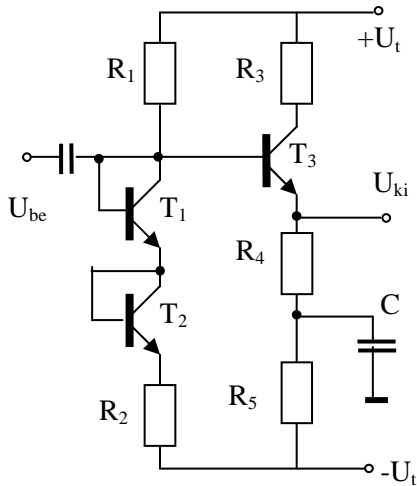
Ahol D egy 2-es számrendszerbeli pozitív egész szám (a kód):

$$D = \sum_{n=0}^{N-1} K_n 2^n = K_{N-1} 2^{N-1} + K_{N-2} 2^{N-2} + \dots + K_1 2 + K_0$$

Ha U_{ref} negatív: az unipoláris (pozitív) kimenet:

$$0 \leq U_{ki} \leq (-U_{ref}) [1 - 2^{-N}]$$

2.



Az áramkör adatai:

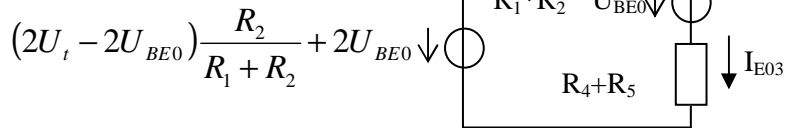
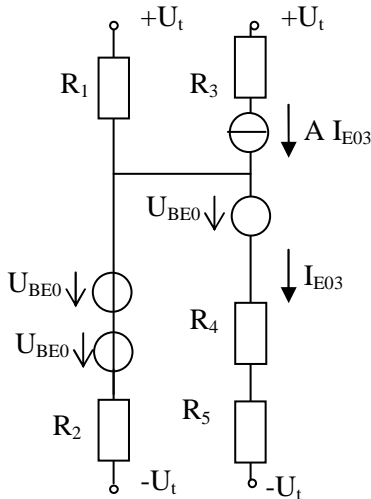
$T_1, T_2, T_3 : U_{BE0}=0,6 \text{ V}, U_m=0,5 \text{ V}, A=1$

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

- $I_{E03} = ?$, ha $R_3 = R_4 = R_5 = 2,5 \text{ k}\Omega$
- $U_{CE3}^+ = ?$ (nyitó irányú kivezérelhetőség),
ha $R_3 = R_4 = R_5 = 5 \text{ k}\Omega, I_{E03} = 1 \text{ mA}$.
- $U_{CE3}^- = ?$ (záró irányú kivezérelhetőség),
ha $R_3 = R_4 = R_5 = 5 \text{ k}\Omega, I_{E03} = 1 \text{ mA}$.
- Mekkora a kimeneten megjelenő szinusz maximális amplitúdója, ha $R_3 = R_4 = R_5 = 5 \text{ k}\Omega, I_{E03} = 1 \text{ mA}$?

Megoldás:

- a) T_1, T_2 nyitó irányban előfeszített diódákon $U_{be0} = 0,6 \text{ V}$ feszültség esik, tehát az egyenáramú helyettesítő kép és a bázis osztó Thevenin helyettesítő képe:



$$I_{E03} = \frac{(2U_t - 2U_{BE0}) \frac{R_2}{R_1 + R_2} + 2U_{BE0}}{R_4 + R_5 + (1-A)R_1 * R_2} \bigg|_{R_1 = R_2, A = 1} = \frac{U_t}{R_4 + R_5}$$

$$I_{E03} = 2 \text{ mA}$$

- b) T_3 egyenáramú lezárása: $R_e = R_3 + R_4 + R_5 = 15 \text{ k}\Omega \rightarrow U_{CE03} = 2 U_t - R_e I_{E03} = 5 \text{ V}$

$$U_{CE3}^+ = U_{CE03} - U_m = 4,5 \text{ V}$$

- c) T_3 váltóáramú lezárása: $R_v = R_3 + R_4 = 10 \text{ k}\Omega \rightarrow$

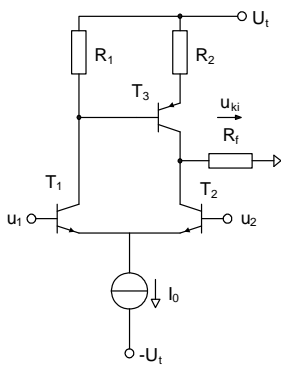
$$U_{CE3}^- = R_v I_{E03} = 10 \text{ V}$$

- d) tranzisztor szimmetrikus kivezérelhetősége: $\min(U_{CE3}^+, U_{CE3}^-) = 4,5 \text{ V}$

kimeneti kivezérelhetőség: $U_{ki} = \frac{R_4}{R_3 + R_4} U_{CE3}$

$$\text{kimeneti szinusz amplitúdó: } 4,5/2 = 2,25 \text{ V}$$

3.



$T_1 \equiv T_2 \equiv T_3, \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = B_1 = B_2 = B_3 \rightarrow \infty, U_{EB0} = 0,6 V$

$I_0 = 2 mA, R_1 = 8,3 k\Omega, R_2 = 7 k\Omega, R_f = 10 k\Omega, U_t = 15 V$

a.) Diferenciális erősítés: $A_D = ?$,

b.) Közös módusú erősítés: $A_K = ?$,

c.) Kimeneti offset feszültség (ha $u_1 = u_2$): $U_{kioff} = ?$,

d.) Bemeneti offset feszültség (ha $u_{ki} = 0$): $U_{off} = ?$,

Megoldás:

a.) $A_D = ?$, $u_1 = \frac{u_d}{2}$, $u_2 = -\frac{u_d}{2}$, $u_1 - u_2 = u_d$

$$i_{e1} = \frac{u_d}{2r_{d1}}$$

$$I_{E01} = I_{E02} = \frac{I_0}{2} = 1 mA \rightarrow r_{d1} = r_{d2} = 26\Omega$$

$$u_1 = i_{e1}R_1 = i_{e3}(r_{d3} + R_2) \rightarrow i_{e3} = i_{e1} \frac{R_1}{r_{d3} + R_2}$$

$$u_{ki} = i_f R_f = (i_{e3} + i_{e1})R_f = i_{e1} \left(1 + \frac{R_1}{r_{d3} + R_2} \right) R_f = \frac{R_1 + R_2 + r_{d3}}{R_2 + r_{d3}} \frac{R_f}{2r_{d1}} u_d$$

$$I_{E01}R_1 = I_{E03}R_2 + U_{EB0} \rightarrow I_{E03} = \frac{I_{E01}R_1 - U_{EB0}}{R_2} = \frac{8,3 - 0,6}{7} = 1,1 mA \rightarrow r_{d3} = 23,6 \Omega$$

$$A_D = \frac{u_{ki}}{u_d} = \frac{R_1 + R_2 + r_{d3}}{R_2 + r_{d3}} \frac{R_f}{2r_{d1}} = \frac{15,3236}{7,0236} \frac{10000}{52} = 419,6$$

b.) $A_K = ?$, $u_1 = u_2 = u_K$

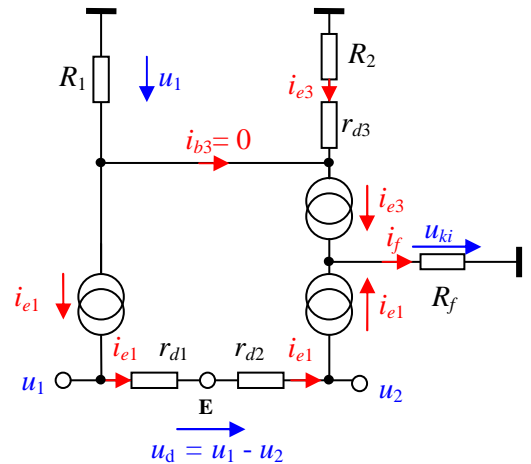
$$A_K = \frac{u_{ki}}{u_K} = 0$$

c.) $U_{kioff} = ?$, (kimeneti offset feszültség, ha $u_1 = u_2 = 0$) ($I_{C03} = I_{E03}$, $I_{C02} = I_{E02}$)

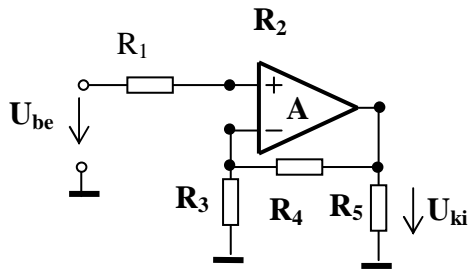
$$U_{kioff} = I_{f0}R_f = (I_{C03} - I_{C02})R_f = (1,1 - 1)10 = 1 V$$

d.) $U_{off} = ?$,

$$U_{off} = u_1 - u_2 = \frac{U_{kioff}}{A_D} = \frac{1000}{419,6} = 2,38 mV$$



4.



$$R_1 = R_2 = 9 \text{ k}\Omega$$

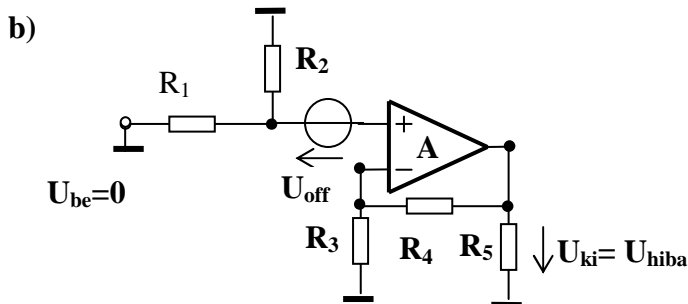
$$R_3 = R_4 = 5 \text{ k}\Omega$$

$$R_5 = 9 \text{ k}\Omega$$

- a) Mekkora a feszültség erősítés (U_{ki} / U_{be}), ha a műveleti erősítő ideális ($A = \infty$)?
 b) Mekkora a műveleti erősítő bemeneti offset feszültsége, ha a kimeneti hibafeszültség abszolút értéke 20 mV ($U_{be} = 0$, $A = \infty$)?
 c) Mekkora az erősítő 3 dB-es határfrekvenciája, ha a műveleti erősítő differenciális erősítésének frekvencia függése: $A = \frac{A_0}{1 + \frac{s}{\omega_1}}$, $A_0 = 10^5$, $\omega_1 = 10 \text{ rad/s}$?
 d) Milyen típusú visszacsatolás van az áramkörben?

Megoldás:

$$\text{a) } \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{R_3 + R_4}{R_3} = 1$$



$$U_{hiba} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} U_{off} = 20 \text{ mV}$$

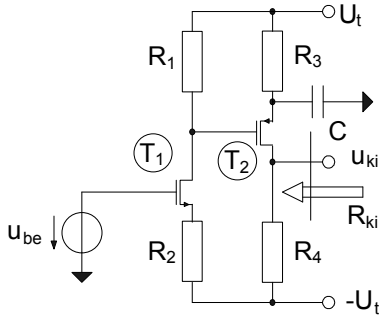
$$U_{off} = 10 \text{ mV}$$

$$\text{c) } U_{ki} = A \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{be} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} U_{ki} \right) \rightarrow \frac{U_{ki}}{U_{be}} = A \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{1}{1 + A \frac{R_3}{R_3 + R_4}} = K_0 \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_h}}$$

$$\omega_h = \left(1 + A_0 \frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) \omega_1 = (1 + 10^5 \cdot 0,5) \cdot 10 \text{ rad/s} \cong 0,5 \text{ Mrad/s}$$

- d) Visszacsatolás: Negatív, soros, feszültség visszacsatolás

5.



T_1 : n-csatornás MOS FET, $I_{DSS}=1\text{mA}$, $U_p=2\text{V}$,

T_2 : p-csatornás MOS FET, $I_{DSS}=1\text{mA}$, $U_p=2\text{V}$,

$U_t = 10\text{V}$, $R_1 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 6\text{k}\Omega$, $R_4 = 10\text{k}\Omega$,

a.) Mekkora legyen R_2 ahhoz, hogy T_1 munkaponti árama $I_{D0}=1\text{mA}$ legyen?

b.) Mekkora T_2 munkaponti árama, ha T_1 munkaponti árama $I_{D0}=1\text{mA}$?

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C \rightarrow \infty$,

d.) Mennyi $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(\omega)$ alsó határfrekvenciája, ha $C = 10\text{ }\mu\text{F}$?

Megoldás:

a.) FET: $I_S = I_D = I_{DSS} \left(\frac{U_{GS} - U_p}{U_p} \right)^2$, $U_{GS} \geq U_p \rightarrow I_{D0} = 1\text{mA} \rightarrow U_{GS0} = 4\text{V}$

Munkapont: $U_{be}=0$, $\rightarrow U_{GS0} + I_{D0} R_2 = U_t \rightarrow R_2 = \frac{U_t - U_{GS0}}{I_{D0}} = \underline{\underline{6\text{k}\Omega}}$

b.) $U_{R1} = R_3 I_{D02} + U_{GS02}(I_{D02}) = R_3 I_{D02} + U_p \left(1 + \sqrt{\frac{I_{D02}}{I_{DSS}}} \right) \rightarrow$

$10 = 6I_{D02} + 2(1 + \sqrt{I_{D02}}) \rightarrow 3I_{D02} + \sqrt{I_{D02}} - 4 = 0 \rightarrow \sqrt{I_{D02}} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 4 \cdot 3 \cdot 4}}{6} = \frac{-1 \pm 7}{6} = 1 \quad I_{D02} = \underline{\underline{1\text{mA}}}$

c.) A FETek meredeksége: $S = \left. \frac{\partial}{\partial U_{GS}} I_D(U_{GS}) \right|_{U_{GS}=U_{GS0}} = 2 \frac{I_{D0}}{(U_{GS0} - U_p)}$

$I_{D01}=I_{D02}= 1\text{mA}$, $U_{GS01}=U_{GS02}= 4\text{V} \rightarrow S_1 = 1\text{mS}$, $S_2 = 1\text{mS}$

Az első fokozat erősítése:

$A_{10} = \frac{u_1}{u_{be}} = \frac{-R_1 i_{d1}}{(1/S_1 + R_2) i_{d1}} = -\frac{S_1 R_1}{1 + S_1 R_2} = -\frac{1 \cdot 10}{1 + 1 \cdot 6} = -\frac{10}{7} = -1,43$

A második fokozat erősítése ha $C \rightarrow \infty$: $A_{2\infty} = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{-R_4 i_{d2}}{(1/S_2) i_{d2}} = -S_2 R_4 = -1 \cdot 10 = -10$

Tehát: $A_\infty = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{10} A_{2\infty} = \underline{\underline{14,3}}$

d.) Ha $C = 10\text{ }\mu\text{F}$: source hidegítő kondenzátor hatása:

$\omega_p = \frac{1}{C \left(R_3 \times \frac{1}{S_2} \right)} = \frac{1}{10^{-5} \cdot (6 \times 1) 10^3} = \frac{7}{6} 10^2 = \underline{\underline{116,7\text{ rad/sec}}}$