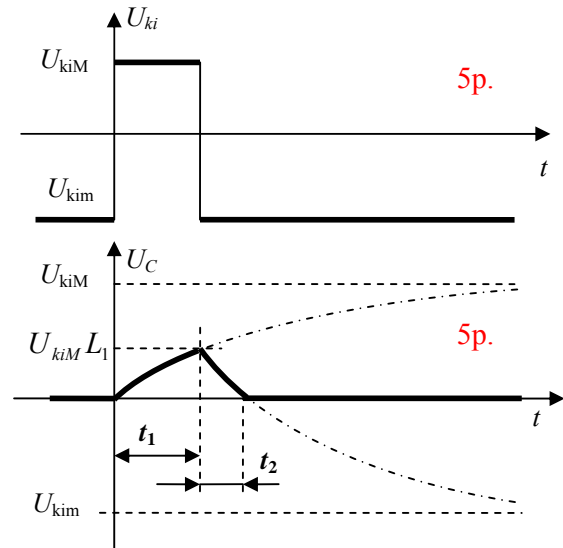
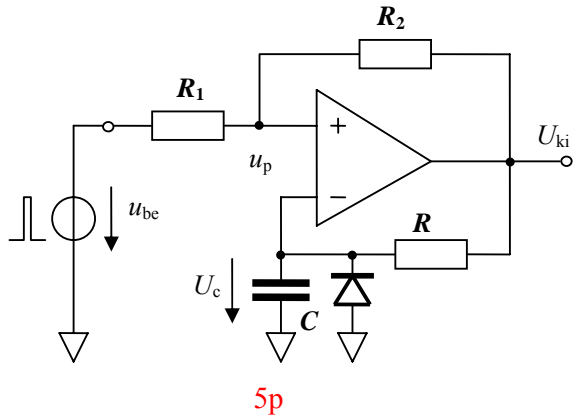


- 1.) **Feladat** Ismertesse a pozitívan visszacsatolt komparátorral felépített monostabil multivibrátor működését (kapcsolási rajz, a kondenzátoron mérhető jel időfüggvénye, a kimeneten mérhető jel időfüggvénye, az impulzucidő értéke)!

Megoldás:



1. A $t < 0$ időben tételezzük fel: $u_{be} = 0$, $U_{ki} = U_{kim} < 0 \rightarrow u_p = U_{kim} L_1 < 0$ és $U_C = 0$.

2. A $t = 0$ -ban a bemenetre jön egy **keskeny**, U_{be0} amplitúdójú impulzus. A komparátor pozitív bemenetének potenciálja ekkor:

$$u_p(t = +0) = U_{kim} L_1 + U_{be0} L_2 > 0 \quad \text{ahol} \quad L_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{és} \quad L_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

3. Ennek hatására a komparátor átbillen, az $U_{ki} = U_{kim}$ állapotba. Ez az állapot átmenetileg stabil marad, még akkor is, ha a bemeneti jel megszűnik.

4. A kondenzátor feszültsége a $t < 0$ időben zérus (az ideális dióda miatt). Az átbillenés után a kondenzátor töltődni kezd pozitív irányban:

$$U_C(t) = U_{kim} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

5. A $t = t_1$ időpontban az U_C feszültség eléri az $U_{kim} L_1$ értéket, és ekkor a komparátor visszabilen az $U_{ki} = U_{kim}$ állapotba.

$$U_C(t_1) = U_{kim} \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC}} \right) = U_{kim} L_1 \quad \text{amiből:} \quad t_1 = RC \ln \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad 5p$$

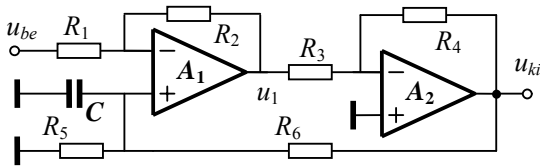
6. Egy U_0 feszültségről U_∞ feszültségre áttöltődő kondenzátor feszültség-idő függvénye:

$$u_c(t) = (U_0 - U_\infty) e^{-\frac{t}{RC}} + U_\infty$$

Esetünkben: $U_C(t) = (U_{kim} L_1 - U_{kim}) e^{-\frac{t}{RC}} + U_{kim}$

7. A visszabilenés után t_2 idő múlva az $U_C(t_2)$ feszültség eléri a zérus értéket, amikor az ideálisnak tekintett dióda kinyit, meggátolva a kondenzátor feszültségének további csökkenését. Ez az állapot stabilan megmarad, az újabb bejövő impulzus érkezéséig.

2.) Példa Határozza meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$$

a.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C=0$ (nincs C), A_1 és A_2 ideális,

ideális,

b.) $U_{kiH} = ?$, A_1 ideális, $U_{off2} = 1 \text{ mV}$,

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$, A_1 és A_2 ideális,

d.) A c.) átvitel Bode-diagramja,
 $R = 10 \text{ k}\Omega$, $C = 2 \text{ nF}$

Megoldás:

a.) Elsőként az u_1 feszültséget számítjuk ki, szuperpozíciót használva:

$$u_1 = -\frac{R_2}{R_1} u_{be} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_5}{R_5 + R_6} u_{ki} = -u_{be} + 2 \frac{1}{2} u_{ki}$$

Másrésről:

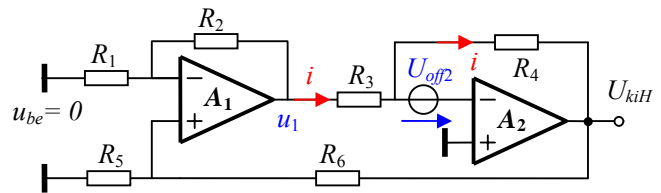
$$u_{ki} = -\frac{R_4}{R_3} u_1 = -u_1 \quad \text{Innen:}$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{1}{2} \quad \text{5p.}$$

b.) $U_{kiH} = ?$, A_1 ideális, $U_{off2} = 1 \text{ mV}$,

$$i = \frac{u_1 - U_{off2}}{R_3} = \frac{U_{off2} - U_{kiH}}{R_4}$$

$$u_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_5}{R_5 + R_6} U_{kiH} = U_{kiH}$$



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R$$

Ezekből:

$$U_{kiH} = U_{off2} = 1 \text{ mV}$$

5p.

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = ?$, A_1 és A_2 ideális,

d.) Az átvitel Bode-diagramja:

R_5 helyébe $Z_5 = R \times \frac{1}{sC} = \frac{R}{1 + sRC}$ -t írva:

$$u_1 = -\frac{R_2}{R_1} u_{be} + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{Z_5}{Z_5 + R_6} u_{ki} =$$

$$= -u_{be} + 2 \frac{R}{R + R_6(1 + sRC)} u_{ki} =$$

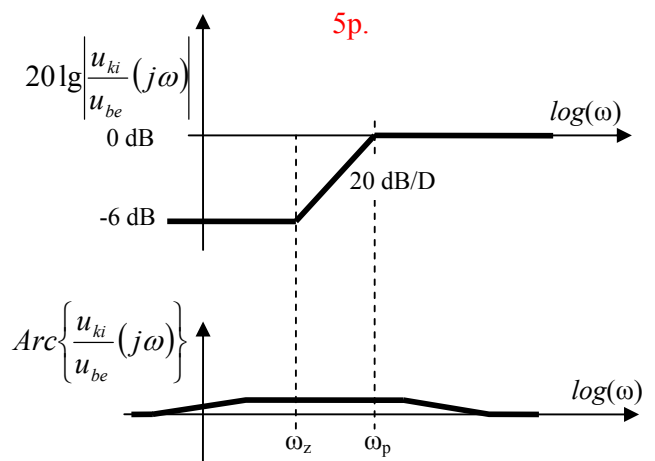
$$= -u_{be} + 2 \frac{1}{2 + sRC} u_{ki} = -u_{ki}$$

Ebből: $u_{ki} \left(1 + \frac{1}{1 + sRC/2}\right) = u_{be}$

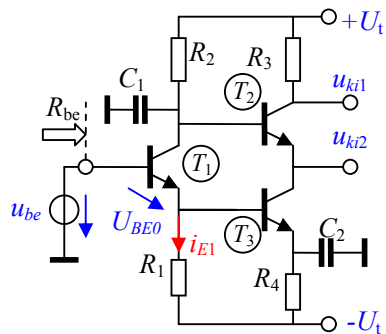
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}}(s) = \frac{1 + sRC/2}{2 + sRC/4} = \frac{1 + s/\omega_z}{2 + s/\omega_p}$$

5p.

$$\omega_z = \frac{2}{RC} = 10^5 \text{ rad/sec} \quad \omega_p = \frac{4}{RC} = 2 \cdot 10^5 \text{ rad/sec}$$



3.) Példa Határozza meg az alábbi kapcsolás munkapontját és kisjelű paramétereit!



T_1 : n-p-n tranzisztor, $\beta_1=B_1=99$, $U_{BE0}=0,6$ V,
 T_2, T_3 : n-p-n tranzisztorok, $\beta_2=B_2=\beta_3=B_3 \rightarrow \infty$,
 $U_{BE0}=0,6$ V,

- a.) $I_{E01}=?$,
 b.) $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$, $r_{d1}=r_{d2}=13 \Omega$,
 c.) $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$, $r_{d1}=r_{d2}=r_{d3}=13 \Omega$,
 d.) $R_{be}=?$, $R_{ki2}=?$, $r_{d1}=r_{d2}=r_{d3}=13 \Omega$,
 $R_1=7,2$ k Ω , $R_2=6$ k Ω , $R_3=5,2$ k Ω , $R_4=6,9$ k Ω
 $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$, $U_t=15$ V,

Megoldás:

a.) $I_{E01}=?$ Munkapont meghatározásnál: $u_{be} = 0$. Így: $U_t = U_{BE0} + I_{E01}R_1$ mivel $I_{B03} = 0$

Ebből:
$$I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE0}}{R_1} = \frac{15 - 0,6}{7,2} = 2 \text{ mA} \quad 5 \text{ p.}$$

b.) $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$, $r_{d1}=r_{d2}=13 \Omega$

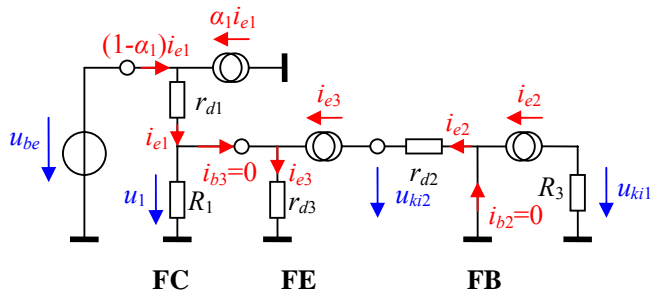
Mivel $i_{b3}=0$

$$u_1 = u_{be} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1}$$

és így:

$$i_{e3} = \frac{u_1}{r_{d3}} = \frac{u_{be}}{r_{d3}} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1}$$

$$u_{ki1} = -i_{e2}R_3 = -i_{e3}R_3 = -\frac{R_3}{r_{d3}} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} u_{be}$$



$$\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = -\frac{R_3}{r_{d3}} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} = -\frac{5200}{13} \frac{7200}{7213} = -399,3$$

5p.

c.) $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$, $r_{d1}=r_{d2}=r_{d3}=13 \Omega$,

$$u_{ki2} = -i_{e2}r_{d2} = -i_{e3}r_{d2} = -\frac{r_{d2}}{r_{d3}} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} u_{be} \quad \frac{u_{ki2}}{u_{be}} = -\frac{r_{d2}}{r_{d3}} \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} = \frac{13}{13} \frac{7200}{7213} = -0,998 \quad 5 \text{ p.}$$

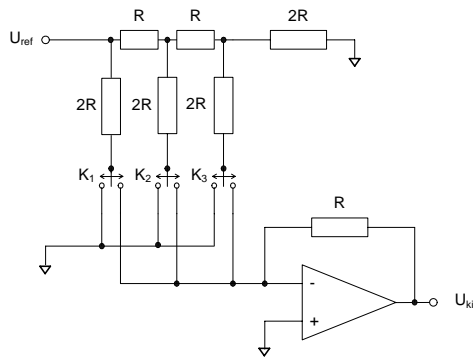
d.) $R_{be}=?$, $R_{ki2}=?$, $r_{d1}=r_{d2}=r_{d3}=13 \Omega$,

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{i_{b1}} = \frac{u_{be}}{(1-\alpha_1)i_{e1}} = (1+\beta_1) \frac{u_{be}}{i_{e1}} = (1+\beta_1)(r_{d1} + R_1) = 100 * 7213 = 721,3 \text{ k}\Omega \quad 2,5 \text{ p.}$$

$$R_{ki2} = r_{d2} = 13 \Omega$$

2,5p.

4.) Példa



Határozza meg az alábbi áramkör paramétereit!

$U_{ref} = 10\text{ V}, R = 1\text{ k}\Omega$

- a.) Milyen áramkör látható az ábrán?
- b.) $U_{ki} = ?$, K_1 a földön, K_2 és K_3 a műveleti erősítő negatív bemenetén, az erősítő ideális
- c.) $U_{ki} = ?$, K_3 a földön, K_1 és K_2 a műveleti erősítő negatív bemenetén, az erősítő ideális
- d.) $U_{ki} = ?$, K_2 és K_3 a földön, K_1 a műveleti erősítő negatív bemenetén, az erősítő offset feszültsége $U_{off} = 1\text{ mV}$

Megoldás:

a.) Milyen áramkör látható az ábrán?

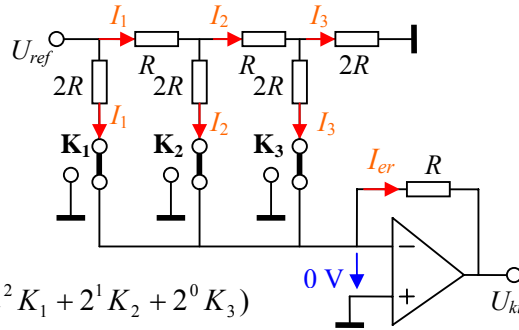
Az ábrán egy 3 bites, unipoláris digitál-analóg átalakító kapcsolási vázlatja látható. 5p.

Vegyük észre, hogy az I_1, I_2, I_3 áramok értéke a kapcsolók állásától független, mivel a műveleti erősítő invertáló bemenete virtuális föld-potenciálán van.

Az R - $2R$ struktúra miatt: $I_1 = 2I_2 = 4I_3$

$$\text{és: } I_1 = \frac{U_{ref}}{2R}$$

$$U_{ki} = -RI_{er} = -R(K_1I_1 + K_2I_2 + K_3I_3) = -RI_3(2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3)$$



Ahol: $K_i = \begin{cases} 0 & \text{ha Direkt föld állásban} \\ 1 & \text{ha Virtuál. föld állásban} \end{cases} \quad (2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3) = \text{Digitális kód}$

$$U_{ki} = -RI_3(2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3) = -\frac{U_{ref}}{8}(2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3)$$

b.) $U_{ki} = ?$, $K_1 = 0, K_2 = K_3 = 1$ [011]

$$U_{ki} = -\frac{U_{ref}}{8}(2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3) = -10 \frac{3}{8} = -3.75\text{ V} \quad \text{5p.}$$

c.) $U_{ki} = ?$, $K_3 = 0, K_1 = K_2 = 1$ [110]

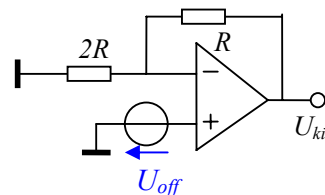
$$U_{ki} = -\frac{U_{ref}}{8}(2^2K_1 + 2^1K_2 + 2^0K_3) = -10 \frac{6}{8} = -7.5\text{ V} \quad \text{5p.}$$

d.) $U_{ki} = ?$, $K_1 = 1, K_2 = K_3 = 0$ az erősítő offset feszültsége $U_{off} = 1\text{ mV}$ [100]

$$U_{ki\text{off}} = U_{off} \left(1 + \frac{R}{2R}\right) = 1.5 * U_{off} = 1.5\text{ mV} \rightarrow U_{ki} = -I_{er}R + U_{ki\text{off}} = -I_1R + U_{ki\text{off}}$$

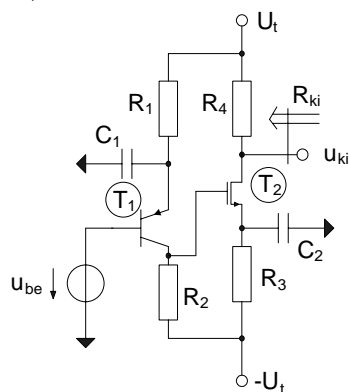
Mivel most $I_{er} = I_1$

$$U_{ki} = -I_1R + U_{ki\text{off}} = -\frac{U_{ref}}{2R}R + U_{ki\text{off}} = -5 + 0.0015\text{ V} \quad \text{5p.}$$



5.) Példa

Számítsa ki az alábbi kapcsolás munkaponti adatait és kisjelű paramétereit!



$U_t = 15 \text{ V}$, T_1 : p-n-p tranzisztor, $\beta=B \rightarrow \infty$, $U_{EB0}=0,6 \text{ V}$,
 T_2 : n csatornás kiürítéses MOS FET,

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

a.) $I_{E0}=?$, b.) $I_{D0}=?$, c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}=?$, ha $r_d=13 \Omega$,

$S = 1 \text{ mS}$, $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

d.) $R_{ki}=?$, ha $r_d=13 \Omega, S=1 \text{ mS}$, $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

$R_1 = 7,2 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 14 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$

Megoldás:

a.) $I_{E0}=?$, $U_t = I_{E0}R_1 + U_{EB0}$

$$I_{E0} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1} = \frac{15 - 0,6}{7,2} = 2 \text{ mA}$$

5p.

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$$

b.) $I_{D0}=?$, $I_{E0}R_2 = u_{GS} + i_D R_3 \Rightarrow 12 = u_{GS} + 14i_D$ és $i_D = 4 \frac{(u_{GS} + 4)^2}{(-4)^2}$

$$(16 - 14i_D)^2 = 4i_D$$

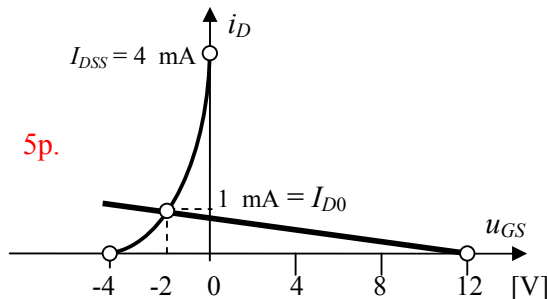
$$196i_D^2 - 452i_D + 256 = 0$$

$$49i_D^2 - 113i_D + 64 = 0$$

$$i_D = I_{D0} = \frac{113 - \sqrt{12769 - 12544}}{98} = 1 \text{ mA}$$

$$u_{GS} = U_{GS0} = 12 - 14I_{D0} = -2 \text{ V}$$

$$S = 2 \frac{I_{D0}}{U_{GS0} - U_P} = \frac{2}{4 - 2} = 1 \text{ mS}$$

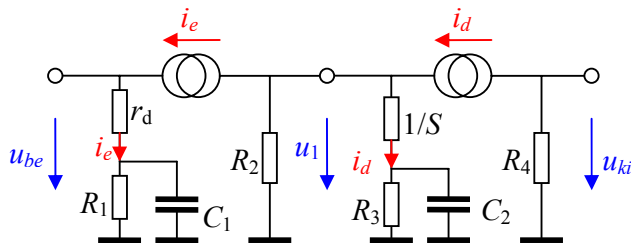


5p.

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}}=?$, ha $r_d=13 \Omega$, $S = 1 \text{ mS}$, $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = \left(\frac{-i_e R_2}{i_e r_d} \right) \left(\frac{-i_d R_4}{i_d 1/S} \right) = \left(-\frac{R_2}{r_d} \right) (-SR_4) = \frac{6000}{13} 10 * 1 = 4615$$

5p.



d.) $R_{ki}=?$, ha $r_d=13 \Omega, S=1 \text{ mS}$, $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

$$R_{ki} = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

5p.