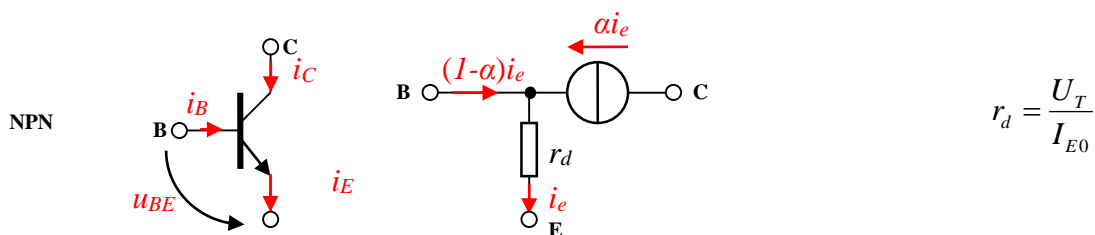
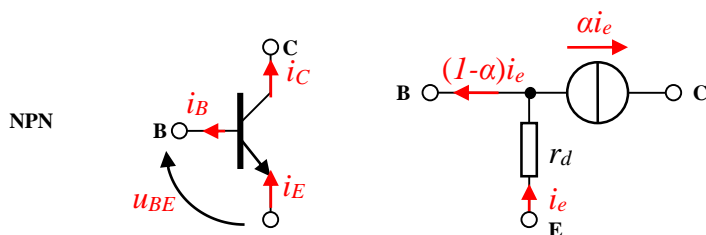


poláris tranzisztorok (BJT) kisjelű helyettesítő képei

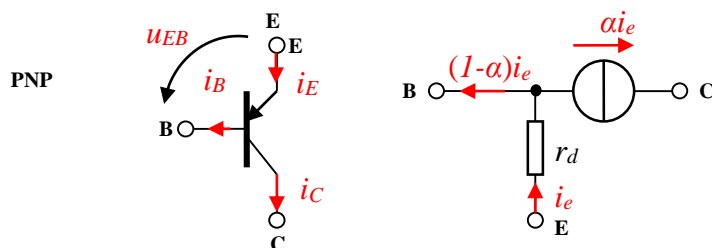
Az előadáson látott, kisjelű, lineáris helyettesítőkép (egy adott munkapontban érvényes):



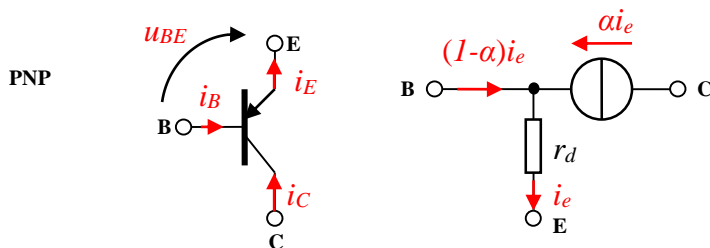
A mérőirányokat megfordítva (pl. a földelt bázisú alapkapsolásnál használtuk így):



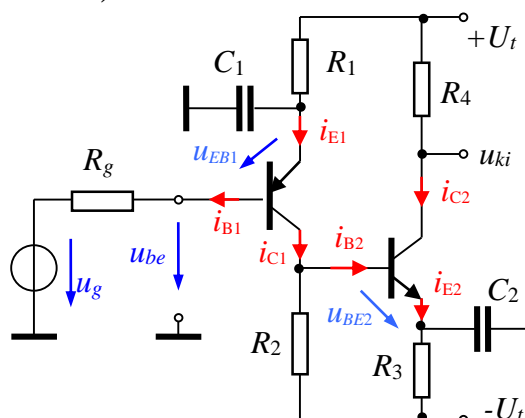
PNP tranzisztor esetén:



A mérőirányokat megfordítva – az első esettel megegyezőre - láthatjuk, hogy a pnp tranzisztor ugyanolyan kisjelű lineáris helyettesítőképű, mint az npn:



1.) Feladat



T_1 : p-n-p tranzisztor, $\beta_1=B_1=99$, $U_{EB0} = 0,6 \text{ V}$
 T_2 : n-p-n tranzisztor, $\beta_2=B_2 \rightarrow \infty$, $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$
 Kérdések:

- A fokozatok típusa?
- $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$,
- $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$,
- $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$, $C_1 \rightarrow 0$, $C_2 \rightarrow \infty$,

$U_t = 15 \text{ V}$, $R_g = 1 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 14,39 \text{ k}\Omega$,
 $R_2 = 5,66 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 15 \text{ k}\Omega$

Megoldás:

a.) Mindkét fokozat földelt emitteres.

b.) $I_{E01}=?$ Munkapont keresésénél a vezérlés: $u_g = 0!$

A T_1 emitter- körre felírható hurokegyenlet: $U_t = I_{E01}(R_1 + (1 - A_1)R_g) + U_{EB0}$

Amiből:

$$I_{E01} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1 + (1 - A_1)R_g} = \frac{15 - 0,6}{14,39 + 0,01} = 1 \text{ mA}$$

$$\alpha_1 = A_1 = \frac{B_1}{1 + B_1} = \frac{99}{100} = 0,99 \quad I_{C01} = \frac{B_1}{1 + B_1} I_{E01} = 0,99 \text{ mA}$$

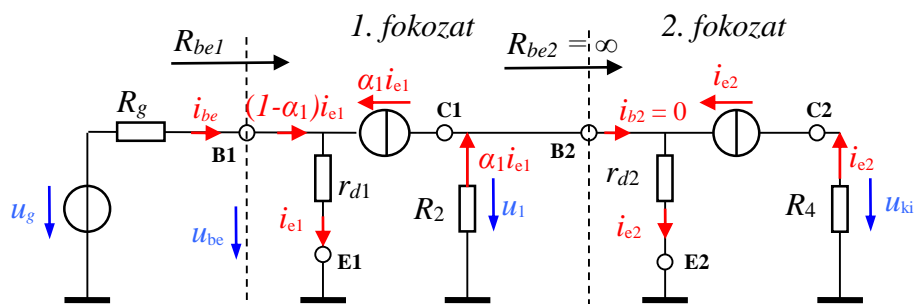
$$r_{d1} = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$$

$I_{E02}=?$

Esetünkben: $B_2 \rightarrow \infty$, ezért i_{C1} teljes egészében R_2 ellenálláson folyik át, a T_2 bázisárama 0.

$$\text{Ezért: } I_{E02} = \frac{I_{C01}R_2 - U_{BE0}}{R_3} = \frac{0,99 * 5,66 - 0,6}{5} = 1 \text{ mA} \quad \text{és} \quad r_{d2} = \frac{U_T}{I_{E02}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$$

c.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$, ($C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$) Rajzoljuk le a lineáris kisjelű helyettesítő képet. (Csak az adott munkapontban érvényes.)



Váltóáramú föld: **mindazon csomópont, amelyen nincs váltóáramú feszültség!!!** (pld. a tápok)

Az első fokozat paraméterei:

$$R_{be1} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{-i_{e1}r_{d1}}{-(1-a_1)i_{e1}} = \frac{r_{d1}}{1-\alpha_1} = (1+\beta_1)r_{d1} = 100 * 0.026 = 2.6 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{u_{be}}{u_g} = \frac{R_{be1}}{R_{be1} + R_g} = \frac{2.6}{2.6+1} = 0.72$$

$$\frac{u_1}{u_{be}} = \frac{-\alpha_1 i_{e1} R_2}{i_{e1} r_{d1}} = -\frac{\alpha_1 R_2}{r_{d1}} = -\frac{0.99 * 5.66}{0.026} = -215.5$$

$$R_{kil} = R_2 = 5.66 \text{ k}\Omega$$

A második fokozat bemenő ellenállása, mivel a T_2 betája végtelen, T_2 bázisárama 0:

$$R_{be2} = \frac{u_1}{i_{b2}} = \infty \quad \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{-i_{e2}R_4}{i_{e2}r_{d2}} = -\frac{R_4}{r_{d2}} = -\frac{15}{0.026} = -577$$

$$R_{kil} = R_2 = 15 \text{ k}\Omega$$

A teljes átviteli függvény:

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = 0.72 * (-215.2) * (-577) = 89\ 800 - \text{nagy erősítés!}$$

d.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$, $C_1 \rightarrow 0$, $C_2 \rightarrow \infty$ Ha a C_1 -et kivesszük az áramkörből, akkor az áramkörben

r_{d1} helyett $r_{d1} + R_1$ -el kell számolnunk:

$$R_{be1} = \frac{u_{be}}{i_{be}} = \frac{i_{e1}(r_{d1} + R_1)}{(1-a_1)i_{e1}} = \frac{r_{d1} + R_1}{1-\alpha_1} = (1+\beta_1)(r_{d1} + R_1) = 100 * 14.41 = 1.44 \text{ M}\Omega$$

$$\frac{u_{be}}{u_g} = \frac{R_{be1}}{R_{be1} + R_g} = \frac{1440}{1440+1} = 1 \quad \text{Nagy lett a bemenő ellenállás, nem osztódik le a}$$

generátor feszültsége.

$$\frac{u_1}{u_{be}} = -\frac{\alpha_1 R_2}{r_{d1} + R_1} = -\frac{0.99 * 5.66}{14.4} = -0.389 \quad \text{Az első fokozat csillapít, nem erősít. Hiányzik az}$$

emitter kondenzátor!

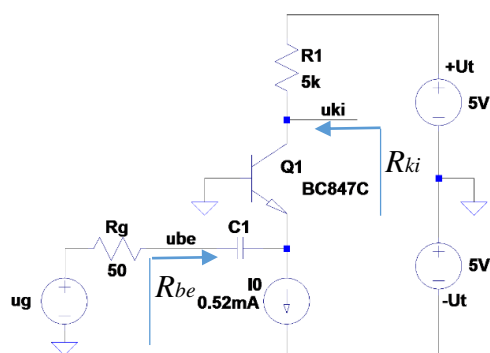
$$R_{kil} = R_2 = 5.66 \text{ k}\Omega$$

A második fokozat nem változott.

A teljes átviteli függvény:

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = 1(-0.389)(-577) = 224$$

2.) Feladat Határozza meg az áramkör kisjelű paramétereit



$Q_1: \beta_1 = \beta_2 = 99, U_{BE0} = 0.6 \text{ V}$
 $+U_t = 5 \text{ V}, -U_t = -5 \text{ V}, I_0 = 0.52 \text{ mA}$ egyenáramú
 áramgenerátor

$R_1 = 5 \text{ k}\Omega, R_g = 50 \Omega, C_1 \rightarrow \infty$

a.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$

b.) $R_{be} = ?$

c.) $R_{ki} = ?$

d.) Valósítsa meg az I_0 áramgenerátort
 áramtükörrel

e.) $u_{ki0} = ?$

Megoldás

a.) Földelt bázisú alapkapcsolás, (be-, kimenő ellenállás $R_{be} = r_d \parallel R_E$; $R_{ki} = R_C$; feszültségátviteli függvény: $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \alpha \frac{R_C}{r_d}$)

$$r_d = \frac{U_T}{I_{E0}} = \frac{26 \text{ mV}}{0.52 \text{ mA}} = 50 \Omega$$

Mivel R_E végtelen: $R_{be} = r_d = 50 \Omega$

$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = 0.99$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \alpha \frac{R_1}{r_d} = 0.99 \frac{5000}{50} = 99$$

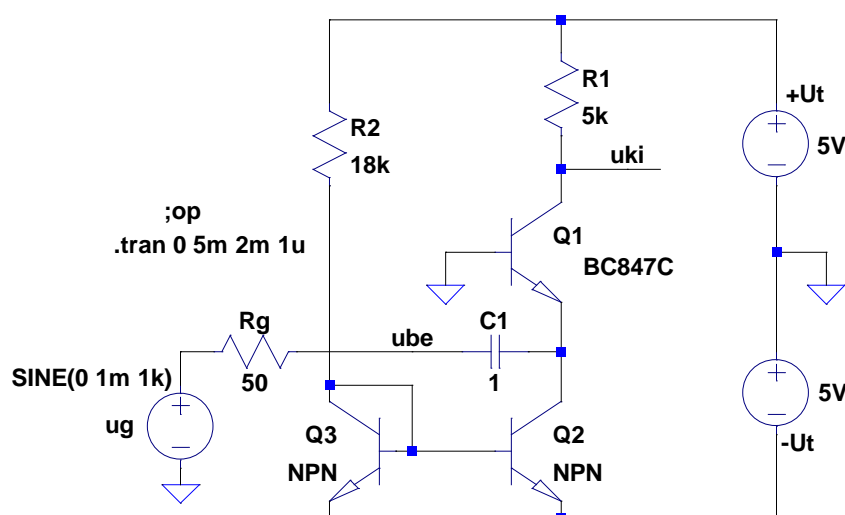
$$\frac{u_{be}}{u_g} = \frac{R_{be}}{R_{be} + R_g} = \frac{r_d}{r_d + R_g} = 0.5$$

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_{ki}}{u_{be}} = 0.5 \cdot 99 = 49.5$$

b.) $R_{be} = r_d = 50 \Omega$

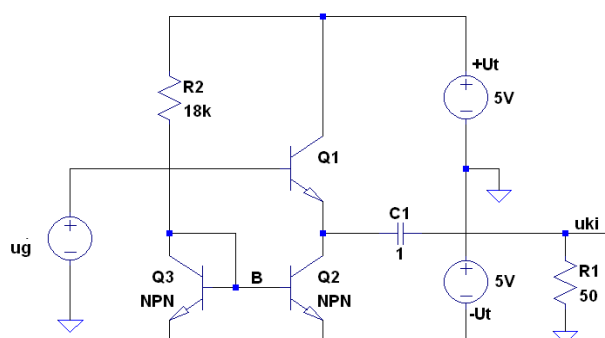
c.) $R_{ki} = R_C = R_1 = 5 \text{ k}\Omega$

d.)



a.) $U_{ki0} = +U_t - I_{C0} R_1 = +U_t - \alpha I_{E0} R_1 = 5 - 0.99 \cdot 0.52 \cdot 5 = 2.43 \text{ V}$

3.) Feladat Az előző áramkört átalakítottuk, határozza meg az új paramétereit.



sQ1, Q2, Q3: $\beta \rightarrow \infty$, $U_{BE0} = 0.6 \text{ V}$

$+U_t = 5 \text{ V}$, $-U_t = -5 \text{ V}$,

$R_2 = 18 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 50 \Omega$, $C_1 \rightarrow \infty$

a.) Tranzisztorok alapkapsolásai

b.) $I_{EQ1} = ?$, $I_{EQ2} = ?$, $I_{EQ3} = ?$

c.) A telepek munkaponti áramai?

c.) Ha $r_{d1} = 50 \Omega$, akkor $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$

d.) R_{be} , $R_{ki} = ?$

Gyors megoldás:

a.) Q2 Q3 áramtükörök, Q1 földelt kollektoros (FC) alapkapsolás végtelen emitter ellenállással (Q2 áramgenerátora)

b.)

$$I_{EQ3} = \frac{2 \times U_t - U_{BE0}}{R_2} = \frac{10 - 0.6}{18} = 0.52 \text{ mA}$$

$$\text{Q3, Q2 áramtükör: } I_{EQ2} = I_{EQ1} = I_{EQ3} = 0.52 \text{ mA}$$

$$\text{c.) } I_{telep0} = I_{EQ3} + I_{EQ1} = 1.04 \text{ mA}$$

Q2 egyenáramú áramgenerátor (Q3, Q2 áramtükör), ezért váltóáramú szakadás. C1 váltóáramú rövidzár, tehát:

$$r_{d1} = \frac{U_T}{I_{EQ1}} = \frac{26 \text{ mV}}{0.52 \text{ mA}} = 50 \Omega$$

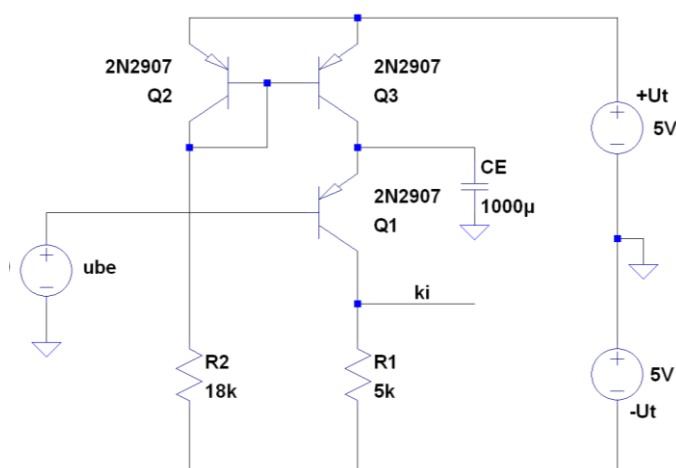
Q1 FC:

$$\frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} = \frac{50}{50 + 50} = 0.5$$

$$\text{d. Mivel a beták végtelenek a bemenő ellenállás: } R_{be} = (1 + \beta)(r_{d1} + R_1) = \infty$$

$$\text{A kimenő ellenállás az } R_1 \text{ terhelés előttről benézve: } R_{ki} = r_{d1} = 50 \Omega$$

4.) Feladat Az első áramkört megint átalakítottuk, határozza meg az új paramétereit.



$Q_1, Q_2, Q_3: \beta = B \rightarrow \infty, U_{BE0} = 0.6 \text{ V}$
 $+U_t = 5 \text{ V}, -U_t = -5 \text{ V},$

$R_2 = 18 \text{ k}\Omega, R_1 = 5 \text{ k}\Omega, C_E \rightarrow \infty$

a.) Tranzisztorok alapkapsolásai

b.) $\frac{u_{ki}}{u_g} = ?$

c.) $R_{be} = ?$

d.) $R_{ki} = ?$

Gyors megoldás:

a.) Q2 Q3 áramtükörök, Q1 földelt emitteres (FE) alapkapsolás végtelen egyenáramú emitter ellenállással (Q3 áramgenerátora), az emitter váltóáramú földeléssel .

b.) Az előzőhöz hasonlóan: $I_{E02} = I_{E01} = I_{E03} = 0,52 \text{ mA}$

Q3 egyenáramú áramgenerátor (Q3, Q2 áramtükör), ezért váltóáramú szakadás. C1 váltóáramú rövidzár, tehát:

$$r_{d1} = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{0,52 \text{ mA}} = 50 \Omega$$

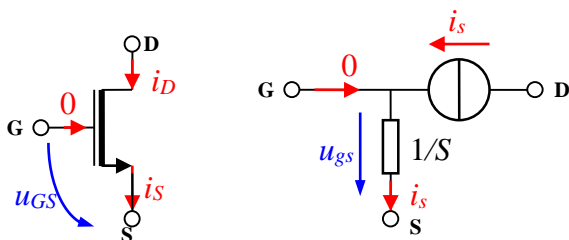
Q1 FE:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -1 \frac{R_1}{r_{d1}} = -\frac{5000}{50} = -100$$

d. Mivel a beták végtelenek a bemenő ellenállás: $R_{be} = (1 + \beta)(r_{d1} + R_1) = \infty$

A kimenő ellenállás: $R_{ki} = R_1 = 5 \text{ k}\Omega$

FET-ek (frekvencia független) kisjelű helyettesítő képei

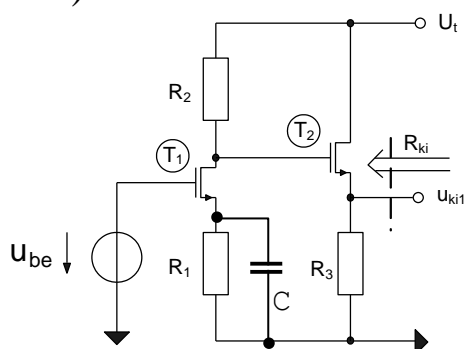


$$S = \frac{2I_{D0}}{U_{GS0} - U_P}$$

$$S = \frac{2}{U_P^2} I_{D00} (U_{GS0} - U_P)$$

$$S = \frac{2}{|U_P|} \sqrt{I_{D0} I_{D00}}$$

5.) Feladat



$$U_t = 10 \text{ V}, \quad R_2 = 5 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 7 \text{ k}\Omega, \quad C \rightarrow \infty.$$

$T_1 \equiv T_2$, n csatornás kiürítéses MOS FET-ek,

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

Kérdések: a.) $R_I = ?$ ha $I_{D01} = 1 \text{ mA}$.

b.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, ha a tranzisztorok meredekségei $S_1 = S_2 = 1 \text{ mS}$.

c.) $R_{be} = ?$, $R_{ki} = ?$, ha a tranzisztorok meredekségei $S_1 = S_2 = 1 \text{ mS}$.

Megoldás:

a.)

$$I_{D01} = I_{DSS} \left(\frac{U_{GS01} - U_P}{U_P} \right)^2 \Rightarrow 1 = 4 \left(\frac{U_{GS01} + 4}{4} \right)^2 \Rightarrow \frac{U_{GS01} + 4}{4} = \pm \frac{1}{2} \Rightarrow U_{GS01} = \begin{cases} -2 \\ -6 \end{cases} \Rightarrow U_{GS01} = -2 \text{ V}$$

$$I_{D01} = -\frac{U_{GS01}}{R_1} \Rightarrow R_1 = 2 \text{ k}\Omega$$

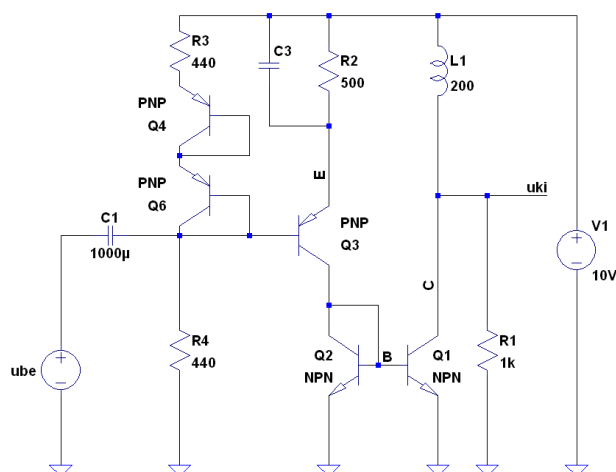
b.) A földelt source-ú és földelt drain-ú fokozatok eredő feszültség erősítése, az első fokozatot a második nem terheli:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = \left(-\frac{R_2}{\frac{1}{S_1}} \right) \left(\frac{R_3}{\frac{1}{S_2} + R_3} \right) = \dots = -4.375$$

d.)

$$R_{be} = \infty \quad R_{ki} = R_3 \times \frac{1}{S_2} = \dots = 0.875 \text{ k}\Omega$$

6.) Feladat Az ábrán látható kapcsolási rajz szerinti áramkör adatai: $C3, L1 = \infty$,



minden tranzisztorra: $B = \beta = \infty$
 $U_{BE0} = U_{EB0} = 0.6V, V_1 = 10V$

a.) Milyen célt szolgálnak a Q4 Q6 tranzisztorok, a Q1 Q2 tranzisztorok, és a Q3 tranzisztor?

b.) Mekkora a kisjelű uki/ube erősítés?

Megoldás:

- a.) Q4, Q6 hőmérséklet független munkapont beállítás Q3 számára. Q1, Q2 áramtükörök Q3 kollektoráram Q1 be másolására. Q3 FE alapkapsolású erősítő, aminek váltóáramú kollektor ellenállása R1.

Mivel Q4 Q6 egyforma, ugyanaz az áram folyik át rajtuk, ezért Q4 kollektorán a tápfeszültség fele van. Ugyanez a feszültség mérhető az E ponton is. Tehát Q3 munkaponti árama:

$$I_{E03} = \frac{V_1}{2 \cdot R_2} = \frac{10}{1} = 10mA \quad r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = 2.6\Omega$$

Ez az áram a bemenő árama az áramtükörnek:

$$I_{E02} = I_{E03} = 10mA$$

Az áramtükör kimenő árama:

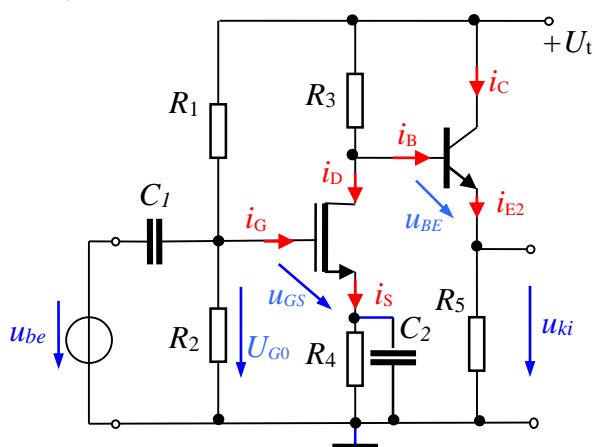
$$I_{E01} = I_{E02} = 10mA$$

A Q3 tranzisztor kisjelű emitter árama a bemenő feszültség és az r_{d3} hányadosa, mivel az emitter váltóáramú földön van. Ennek az emitter áramnak α szorosa folyik a kollektorkör áramgenerátorán. Ez az áram másolódik be az áramtükör segítségével a Q1 tranzisztor emitterébe, majd folyik ki a Q1 kollektor körén, majd az R1 ellenálláson, mivel az induktivitás váltóáramú szakadás. Minden $\alpha=1$.

Tehát:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{R_1}{r_{d3}} = -\frac{1000}{2.6} = -385$$

7.) Feladat



T_1 : n csatornás növekményes MOS FET

$$U_P = 2 \text{ V} \quad I_{D00} = 1 \text{ mA}$$

T_2 : $n-p-n$ tranzisztor, $\beta_2 = B_2 = 99$, $U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$

Kérdések:

a.) A fokozatok típusa ?

b.) $I_{D0}=?$, $I_{E0}=?$, $S=?$, $r_d=?$

c.) A kisjelű helyettesítő kép ?

d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ha: $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

Adatok:

$$U_t = 12 \text{ V}, \quad R_1 = 100 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 100 \text{ k}\Omega,$$

$$R_3 = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_4 = 2 \text{ k}\Omega, \quad R_5 = 9.38 \text{ k}\Omega$$

Megoldás:

a.) Az első fokozat: földelt source, a második: földelt kollektor

b.) $I_{D0}=?$

A FET GATE elektródáján nem folyik egyenáram ($I_{G0} = 0$), tehát az $R_1 - R_2$ feszültség osztó terheletlen. Ezért a GATE potenciálja: $U_{G0} = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ V}$

A G-S körre felírható hurokegyenlet: 1.) $U_{G0} = u_{GS} + i_S R_4 \rightarrow 6 = u + 2i$

A FET DRAIN árama:

$$2.) \quad i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2 \rightarrow i = \frac{1}{4} (u - 2)^2$$

Ez egy kétismeretlenes egyenletrendszer, melynek megoldása a munkaponti áram és feszültség: $i = I_{D0}$, $u = U_{GS0}$

Az első egyenletet a másodikba helyettesítve:

$$i = \frac{1}{4} (6 - 2i - 2)^2 = \frac{1}{4} (4 - 2i)^2 = 4 - 4i + i^2$$

$$i^2 - 5i + 4 = 0 \rightarrow i = I_{D0} = \frac{5 - \sqrt{25 - 16}}{2} = 1 \text{ mA}$$

$$u = U_{GS0} = 6 - 2i = 4 \text{ V}$$

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

$I_{E0}=?$ Az $n-p-n$ tranzisztor munkaponti bázis-árama: $I_{B0} = (1 - A)I_{E0}$

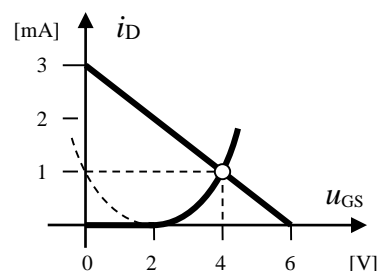
A felírható hurok egyenlet:

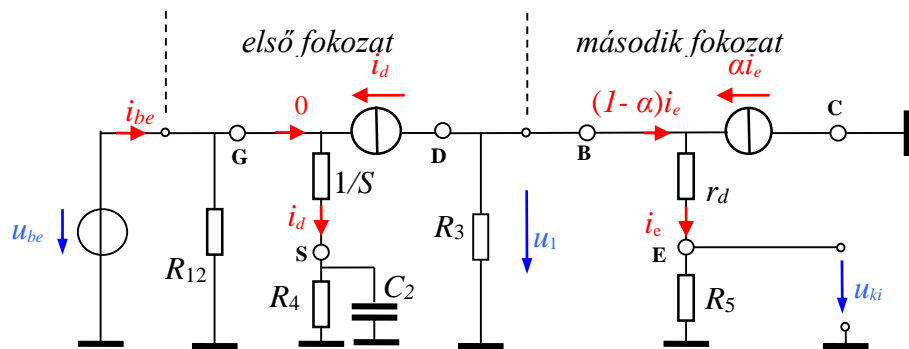
$$U_t = (I_{D0} + (1 - A)I_{E0})R_3 + U_{BE0} + I_{E0}R_5$$

Ebből az emitter-áram:

$$I_{E0} = \frac{U_t - I_{D0}R_3 - U_{BE0}}{R_5 + (1 - A)R_3} = \frac{12 - 2 - 0.6}{9.38 + 0.02} = 1 \text{ mA} \quad r_{d2} = \frac{U_T}{I_{E02}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$$

c.) A kisjelű helyettesítő kép:





d.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

Az első fokozat paraméterei:

$$R_{be1} = R_{12} = R_1 \times R_2 = 50 \text{ k}\Omega$$

Ha $C_2 = 0$

$$A_{ü1} = \frac{u_1}{u_{be}} = -\frac{R_3}{1/S + R_4} = -\frac{SR_3}{1 + SR_4} = -\frac{2}{1 + 2} = -0.667$$

Ha $C_2 \rightarrow \infty$

$$A_{ü1} = \frac{u_1}{u_{be}} = -\frac{R_3}{1/S} = -SR_3 = -2$$

$$R_{ki1} = R_3 = 2 \text{ k}\Omega$$

A második fokozat paraméterei:

$$R_{be2} = (1 + \beta)(r_d + R_5) = 100 * (9.38 + 0.026) = 940.6 \text{ k}\Omega$$

$$A_{ü2} = \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_5}{r_d + R_5} = \frac{9.38}{9.406} = 0.997 \approx 1$$

$$R_{ki2} = [r_d + (1 - \alpha)R_{ki1}] \times R_5 = [0.026 + 0.02] \times 9.38 \approx 46 \text{ }\Omega$$

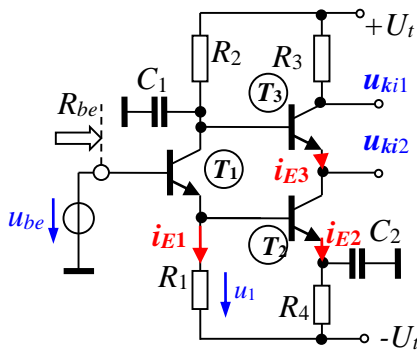
A teljes átvitel szempontjából leosztás csak a két fokozat között lép fel, így:

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{ü1} \frac{R_{be2}}{R_{ki1} + R_{be2}} A_{ü2} = -2 \frac{940.6}{2 + 940.6} 0.997 = -1.99$$

$$R_{be} = R_{be1} = 50 \text{ k}\Omega$$

$$R_{ki} = R_{ki2} = 46 \text{ }\Omega$$

8.) Feladat



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

Kérdések:

a.) A fokozatok típusa?

b.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$, $I_{E03}=?$

c.) A kisjelű helyettesítő kép ?

d.) $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$ $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$ ha: $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

$R_1 = 7.2$ 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.) 1. fokozat: Földelt kollektoros (C_1), 2. fokozat: Földelt emitteres (C_2)
 3. fokozat: Földelt bázisú (C_1)

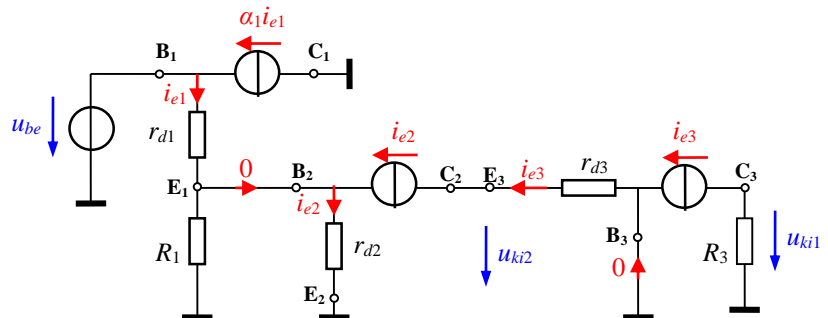
b.) MP: $u_{be}=0$!

$$U_t = U_{BE01} + I_{E01}R_1 \quad (I_{B02}=0!) \rightarrow I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{15 - 0.6}{7.2} = 2 \text{ mA}$$

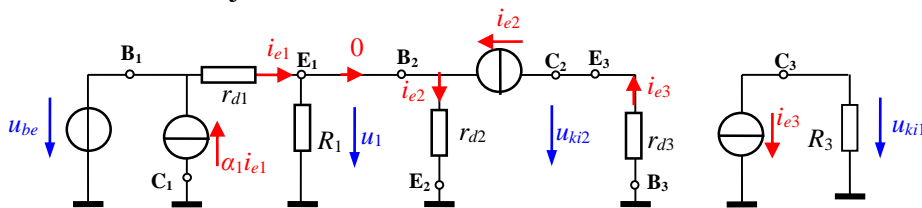
$$I_{E01}R_1 = U_{BE02} + I_{E02}R_4 \rightarrow I_{E02} = \frac{I_{E01}R_1 - U_{BE02}}{R_4} = \frac{14.4 - 0.6}{6.9} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{E03} = I_{C02} = A_2 I_{E02} = 2 \text{ mA} \quad (A_2=1)$$

c.) A kisjelű helyettesítő kép:



Létrahálózattá ábrázolva:

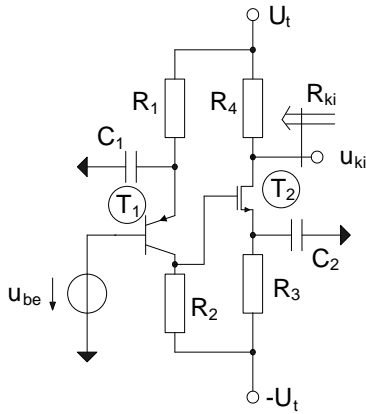


d.) $\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = ?$ $\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = ?$ Kell még: $r_{d1} = \frac{U_T}{I_{E01}} = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$ $r_{d2} = r_{d3} = 13 \Omega$

$$\frac{u_{ki2}}{u_{be}} = \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki2}}{u_1} = \frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \frac{(-i_{e2}r_{d3})}{i_{e2}r_{d2}} = -\frac{R_1}{r_{d1} + R_1} \frac{r_{d3}}{r_{d2}} = -\frac{7.2}{7.2 + 0.013} \frac{13}{13} \approx -1$$

$$\frac{u_{ki1}}{u_{be}} = \frac{u_{ki2}}{u_{be}} \frac{u_{ki1}}{u_{ki2}} = -1 \frac{(-i_{e3}R_3)}{(-i_{e3}r_{d3})} = -\frac{R_3}{r_{d3}} = -\frac{5200}{13} = -400$$

9.) Feladat



T_1 : $p-n-p$ tranzisztor, $\beta=B \rightarrow \infty$, $U_{EB0}=0,6 \text{ V}$

T_2 : n csatornás kiürítéssel MOS FET,

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

Kérdések:

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 $r_d = 13 \Omega$, $S = 1 \text{ mS}$, $C_1 \rightarrow \infty$, $C_2 \rightarrow \infty$

Adatok: $U_t = 15 \text{ V}$,

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

Megoldás:

a.) $I_{E0} = ?$ MP: $u_{be} = 0$!

$$U_t = I_{E0} R_1 + U_{EB0} \rightarrow I_{E0} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1} = \frac{15 - 0,6}{7,2} = 2 \text{ mA}, \quad r_d = \frac{26 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 13 \Omega$$

b.) $I_{D0} = ?$

$$1.) \quad I_{E0} R_2 = u_{GS} + i_D R_3 \rightarrow 12 = u + 14i$$

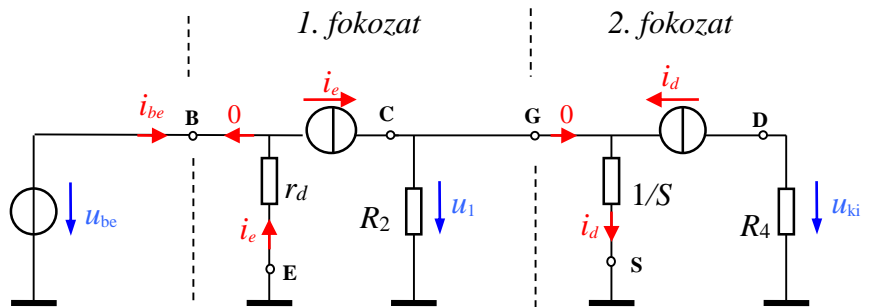
$$2.) \quad i_D = I_{DSS} \left(\frac{u_{SG} - U_P}{U_P} \right)^2 \rightarrow i = \frac{1}{4} (u + 4)^2 = \frac{1}{4} (12 - 14i + 4)^2$$

$$4i = (16 - 14i)^2 \quad i = (8 - 7i)^2 = 64 - 112i + 49i^2 \quad 49i^2 - 113i + 64 = 0$$

$$i = I_{D0} = \frac{113 - \sqrt{113^2 - 49 \cdot 256}}{98} = \frac{113 - 15}{98} = 1 \text{ mA} \quad u = U_{GS0} = 12 - 14i = -2 \text{ V}$$

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

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



$$R_{be1} = \infty \quad A_{i1} = -\frac{R_2}{r_d} = -\frac{6000}{13} = -461 \quad R_{ki1} = R_2 = 6 \text{ k}\Omega$$

$$R_{be2} = \infty \quad A_{i2} = -\frac{R_4}{1/S} = -10 \quad R_{ki2} = R_4 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = A_{1i} A_{2i} = 4610 \quad (L_{be} = L_{12} = L_{ki} = 1)$$

d.) $R_{ki} = R_{ki2} = 10 \text{ kohm}$

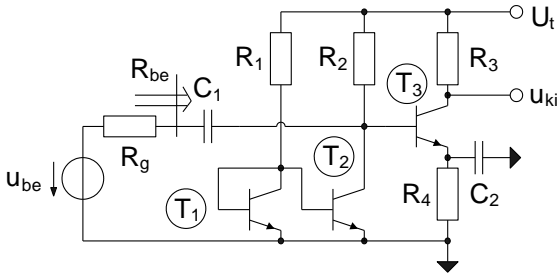
10.) Feladat

T_1, T_2 : n - p - n tranzisztorok, $\beta_1=B_1=\beta_2=B_2 \rightarrow \infty$, $U_{BE0}=0.6$ V

T_3 : n - p - n tranzisztor, $\beta_3=B_3=99$, $U_{BE0}=0.6$ V

Kérdések:

- a.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$
 b.) $I_{E03}=?$
 c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C_1=C_2 \rightarrow \infty$
 d.) $R_{be}=?$, $C_1=C_2 \rightarrow \infty$



Adatok:

$$U_t = 15 \text{ V}, \quad R_1 = 43,2 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 24 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 5 \text{ k}\Omega,$$

$$R_4 = 6,16 \text{ k}\Omega, \quad R_g = 2 \text{ k}\Omega,$$

Megoldás:

- a.) $I_{E01}=?$, $I_{E02}=?$ (T_1, T_2 : nem kap vezérlést, csak T_3 MP-jának beállítását szolgálja.)

$$U_t = I_{E01} R_1 + U_{BE01} \quad I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE01}}{R_1} = \frac{15 - 0.6}{43.2} = 0.333 \text{ mA}$$

$$I_{E02} = I_{E01} = 0.333 \text{ mA} \quad \text{mert: } (U_{BE01} = U_{BE02})$$

- b.) $I_{E03}=?$

$$U_t = [I_{E02} + (1 - A_3) I_{E03}] R_2 + U_{BE03} + I_{E03} R_4$$

$$I_{E03} = \frac{U_t - I_{E02} R_2 - U_{BE03}}{R_4 + (1 - A_3) R_2} = \frac{15 - 24/3 - 0.6}{6.16 - 0.01 \cdot 24} = \frac{6.4}{6.4} = 1 \text{ mA}$$

- d.) $R_{be}=?$, $C_1=C_2 \rightarrow \infty$ $r_{d3} = \frac{U_T}{I_{E03}} = \frac{26 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 26 \Omega$

$$R_{be} = R_2 \times [(1 + \beta_3) r_{d3}] = 24 \times 2.6 = 2.34 \text{ k}\Omega$$

- c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$, $C_1=C_2 \rightarrow \infty$

$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = L_{be} A_{ii} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \left(-\alpha_3 \frac{R_3}{r_{d3}} \right) = -\frac{2.34}{2 + 2.34} \frac{0.99 \cdot 5}{0.026} = -102.6$$