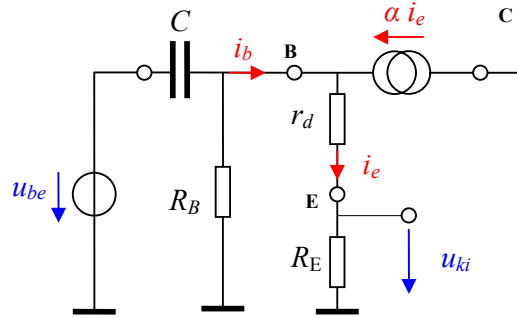
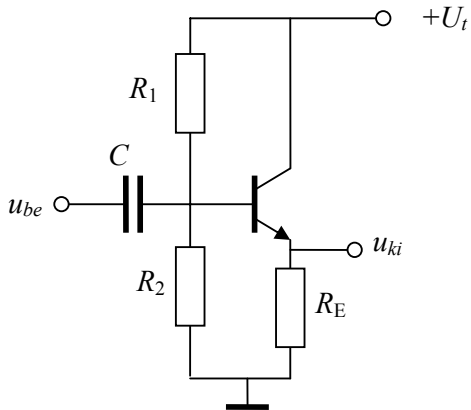


1. Feladat (Földelt kollektoros kapcsolás)



$$R_B = R_1 \times R_2 \quad C \rightarrow \infty$$

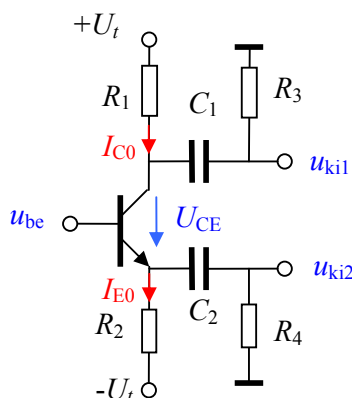
$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_{be}} = \frac{R_E}{R_E + r_d} \cong 1$$

$$A_i = \frac{i_e}{i_b} = 1 + \beta$$

$$R_{be} = R_B \times [(1 + \beta)(r_d + R_E)]$$

$$R_{ki} = R_E \times r_d$$

2.) Példa Határozza meg az alábbi fokozat kivezérelhetőségét!



$U_t = 15 \text{ V}, U_m = 1 \text{ V}, A = 1, I_{E0} = 2 \text{ mA}$
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 5 \text{ k}\Omega,$

Kérdések:

- a.) $U_{ki1}^+ = ?$ $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$
- b.) $U_{ki2}^+ = ?$ $C_1 \rightarrow \infty, C_2$ helyett rövidzár
- c.) $U_{ki1}^- = ?$ $C_1 \rightarrow \infty, C_2$ helyett rövidzár
- d.) $U_{ki2}^- = ?$ C_1, C_2 helyett rövidzár

Megoldás:

A munkaponti áram a feladatban adott: $I_{E0} = I_{C0} = 2 \text{ mA}$ ($A=1$, nagy alfa)

a.) $U_{ki1}^+ = ?$ $C_1 \rightarrow \infty, C_2 \rightarrow \infty$

A két tápfeszültség betáplálási pont közé felírható **egyenáramú** Kirchoff egyenlet:

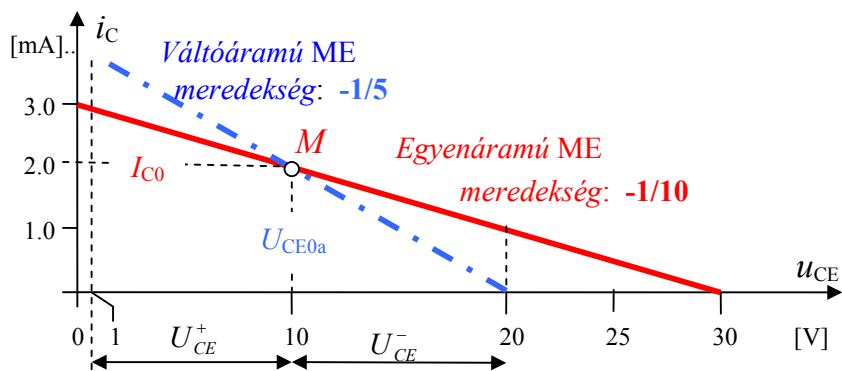
$$2U_t = U_{CE0a} + I_{C0}(R_1 + R_2)$$

Amiből:

$$U_{CE0a} = 2U_t - I_{E0}(R_1 + R_2) = 30 - 2 * 10 = 10 \text{ V}$$

Az **egyenáramú munkaegyenes** meredeksége: $-\frac{1}{R_{Ea}} = \frac{1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{10} \text{ [mS]}$

A **váltóáramú munkaegyenes** meredeksége: $-\frac{1}{R_{Va}} = -\frac{1}{(R_1 \times R_3) + (R_2 \times R_4)} = -\frac{1}{5} \text{ [mS]}$



Az ábra alapján:

$$U_{CEa}^+ = U_{CE0a} - U_m = 10 - 1 = 9 \text{ V},$$

$$U_{CEa}^- = R_{Va} I_{CE0} = 5 * 2 = 10 \text{ V}$$

Leosztás után:

a.)

$$U_{ki1}^+ = U_{CEa}^+ \frac{R_1 \times R_3}{R_2 \times R_4 + R_1 \times R_3} = 9 \frac{2.5}{5} = 4.5 \text{ V}$$

b.) $U_{ki2}^+ = ?$ $C_1 \rightarrow \infty$, C_2 helyett rövidzár

A negatív telep és az $R_2 R_4$ ellenállás-osztó helyettesíthető egy

$$-U_t^* = -U_t \frac{R_4}{R_4 + R_2} = -15 \frac{5}{10} = -7.5 \text{ V -os}$$

teleppel, melynek belső ellenállása: $R_{24} = R_2 \times R_4 = 5 \times 5 = 2.5 \text{ k}\Omega$

Ezzel: $U_t + U_t^* = U_{CE0b} + I_{C0}(R_1 + R_{24})$

Amiből: $U_{CE0b} = U_t + U_t^* - I_{E0}(R_1 + R_{24}) = 22.5 - 2 * 7.5 = 7.5 \text{ V}$

Az előzőkhöz hasonlóan: $U_{CEb}^+ = U_{CE0b} - U_m = 7.5 - 1 = 6.5 \text{ V}$

b.)

$$U_{ki2}^+ = U_{CEb}^+ \frac{R_{24}}{R_{24} + R_1 \times R_3} = 6.5 \frac{2.5}{5} = 3.25 \text{ V}$$

c.) $U_{ki1}^- = ?$ $C_1 \rightarrow \infty$, C_2 helyett rövidzár

A váltóáramú munkaellenállás: $R_{vb} = R_{vc} = R_{24} + R_1 \times R_3 = 2.5 + 2.5 = 5 \text{ k}\Omega$

Az a.)-hoz hasonlóan: $U_{CEc}^- = R_{vc} I_{CE0} = 5 * 2 = 10 \text{ V}$

c.)

$$U_{ki1}^- = U_{CEc}^- \frac{R_1 \times R_3}{R_{24} + R_1 \times R_3} = 10 \frac{2.5}{5} = 5 \text{ V}$$

d.), $U_{ki2}^- = ?$ C_1, C_2 helyett rövidzár

Most a pozitív telepre is végrehajtjuk a Thevenin-helyettesítő (telep-redukciós) eljárást.

A pozitív telep és az $R_1 R_3$ ellenállás-osztó helyettesíthető egy

$$+U_t^* = +U_t \frac{R_3}{R_3 + R_1} = +15 \frac{5}{10} = +7.5 \text{ V -os}$$

teleppel, melynek belső ellenállása: $R_{13} = R_1 \times R_3 = 5 \times 5 = 2.5 \text{ k}\Omega$

A két, módosított tápfeszültség betáplálási pont közé felírható **egyenáramú** Kirchoff egyenlet:

$$2U_t^* = U_{CE0d} + I_{C0}(R_{13} + R_{24})$$

Amiből:

$$U_{CE0d} = 2U_t^* - I_{E0}(R_{13} + R_{24}) = 15 - 2 * 5 = 5 \text{ V}$$

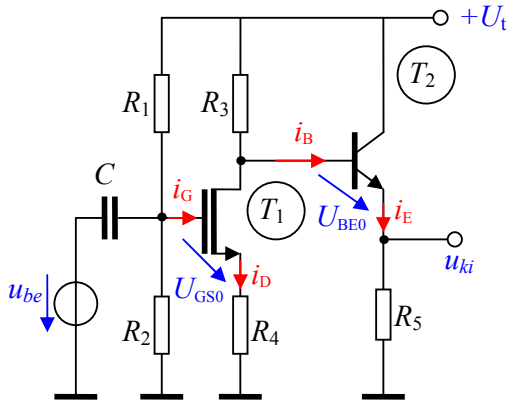
A váltóáramú munkaellenállás: $R_{vd} = R_{24} + R_{13} = 2.5 + 2.5 = 5 \text{ k}\Omega$

Az a.)-hoz hasonlóan: $U_{CEd}^- = R_{vd} I_{CE0} = 5 * 2 = 10 \text{ V}$

d.)

$$U_{ki2}^- = U_{CEd}^- \frac{R_{24}}{R_{24} + R_{13}} = 10 \frac{2.5}{5} = 5 \text{ V}$$

3.) Példa



Számítsa ki a mellékelt kapcsolás kisjelű paramétereit!

T_1 : n csatornás növekményes MOS FET
 T_2 : n-p-n tranzisztor, $\beta=B=99$, $U_{BE0}=0,6$ V,

$$i_D = I_{D00} \left(\frac{u_{GS} - U_P}{U_P} \right)^2, \quad U_P = 2 \text{ V}, \quad I_{D00} = 1 \text{ mA},$$

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

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

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

c.) $\frac{u_{ki}}{u_{be}} = ?$ ha $r_d = 26 \Omega$, $S = 1 \text{ mS}$, $C \rightarrow \infty$,

d.) $R_{ki} = ?$

Megoldás:

a.) $I_{D0} = ?$ Mivel $i_G = 0$, a GATE-elektroda (egyen-) potenciálja: $U_G = U_t \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 6 \text{ V}$

A felírható egyenletek: $U_G = U_{GS0} + I_{D0}R_4$ $I_{D0} = I_{D00} \left(\frac{U_{GS0} - U_P}{U_P} \right)^2$

Célszerű a numerikus adatokat behelyettesíteni (V, mA, kΩ-ban):

$$6 = U_{GS0} + 2I_{D0} \quad I_{D0} = \frac{(U_{GS0} - 2)^2}{4}$$

Amiből: $4I_{D0} = (6 - 2I_{D0} - 2)^2 = 4(2 - I_{D0})^2 \rightarrow I_{D0}^2 - 5I_{D0} + 4 = 0$

Megoldásként a kisebbik (-) gyököt választjuk: $I_{D0} = \frac{5 - \sqrt{25 - 16}}{2} = \frac{5 - 3}{2} = 1 \text{ mA}$

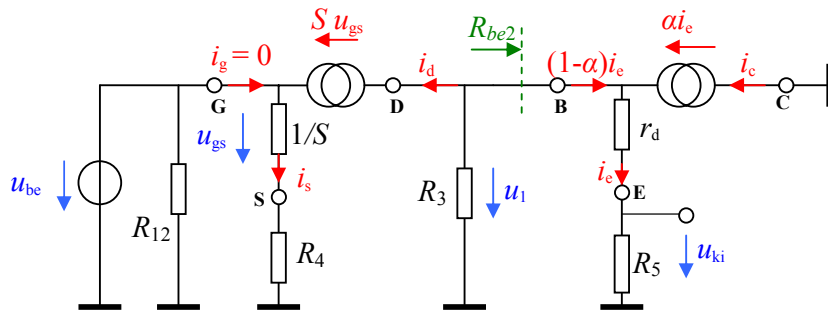
b.) $I_{E0} = ?$

Az R_3 árama: $I_{D0} + I_{B0} = I_{D0} + (1 - \alpha)I_{E0}$. A felírható hurok egyenlet:

$$U_t = (I_{D0} + (1 - \alpha)I_{E0})R_3 + U_{BE0} + I_{E0}R_5 \quad \alpha = \frac{\beta}{1 + \beta} = 0.99$$

Ebből: $I_{E0} = \frac{U_t - I_{D0}R_3 - U_{BE0}}{R_5 + (1 - \alpha)R_3} = \frac{12 - 2 - 0.6}{9.38 + 0.02} = \frac{9.4}{9.4} = 1 \text{ mA}$

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



$$u_1 = -i_d(R_3 \times R_{be2}) \cong -i_d R_3$$

ahol: $R_{be2} = (1 + \beta)(r_d + R_5) = 100(9.38 + 0.026) \cong 1 \text{ M}\Omega \gg R_3 = 2 \text{ k}\Omega$

A helyettesítő kép alapján:

$$i_s = i_d = \frac{u_{be}}{1/S + R_4} = u_{be} \frac{S}{1 + SR_4}$$

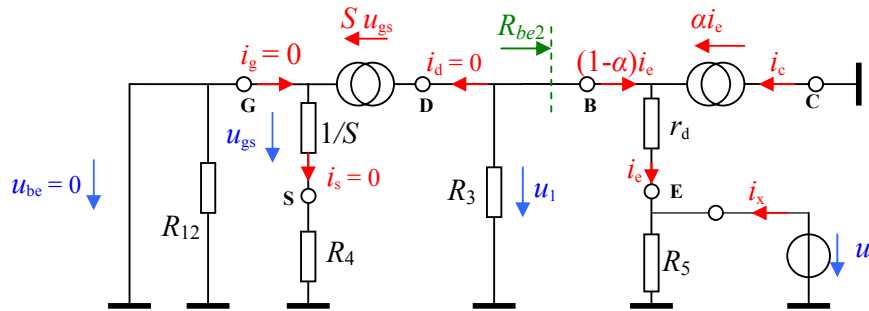
Az első fokozat erősítése:
$$\frac{u_1}{u_{be}} = -\frac{SR_3}{1 + SR_4} = -\frac{2}{1 + 2} = -\frac{2}{3}$$

Az u_{ki} -t az u_1 leosztásával számítjuk ki:
$$u_{ki} = u_1 \frac{R_5}{r_d + R_5} = u_1 \frac{9.38}{9.38 + 0.026} = 0.9972u_1$$

Ezzel:
$$\frac{u_{ki}}{u_{be}} = -\frac{SR_3}{1 + SR_4} \frac{R_5}{r_d + R_5} = -0.9972 \frac{2}{3} = -0.665$$

d.) $R_{ki}=?$

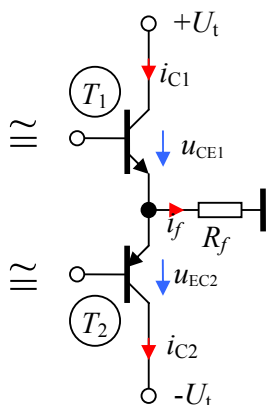
Az $u_{be} = 0$ feltétel mellett keressük az: $R_{ki} = \frac{u_x}{i_x}$ értéket.



Az ábrából láthatóan az R_5 -el párhuzamosan kapcsolódik az $r_d + (1-\alpha)R_3$ ellenállás:

$$R_{ki} = R_5 \times [r_d + (1-\alpha)R_3] = 9.38 \times [0.026 + 0.02] \cong 0.046 \text{ k}\Omega = 46 \Omega$$

4.) Példa



Határozza meg a mellékelt ábra szerinti, „B” osztályú, ellenütemű végfokozat paramétereit! (Szinuszos kimeneti jel!)

$$U_t = 15 \text{ V}, \quad U_m = 1 \text{ V}, \quad A = 1, \quad R_f = 14 \Omega$$

T₁ : npn , T₂ : pnp (komplementer pár)

- $P_{f \max} = ?$
- $P_{T \max} = ?$
- $P_{DMax(1tr)} = ?$
- $\eta_{T \max} = ?$

Megoldás:

A maximális kollektor-áram amplitúdó:

$$I_{C \max} = I_{f \max} = \frac{U_t - U_m}{R_f} = \frac{15 - 1}{14} = 1 \text{ A}$$

a.) $P_{f \max} = ?$

A fogyasztón fellépő maximális teljesítmény:

$$P_{f \max} = \frac{1}{2} (I_{f \max})^2 R_f = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 14 = 7 \text{ W}$$

b.) $P_{T \max} = ?$

Maximális kivezéréskor a telepekből felvett teljesítmény:

$$P_{T \max} = 2U_t \bar{i}_C = 2U_t \frac{I_{C \max}}{\pi} = \frac{2}{\pi} U_t I_{C \max} = \frac{2}{\pi} 15 \cdot 1 = 9.55 \text{ W}$$

c.) $P_{DMax(1tr)} = ?$

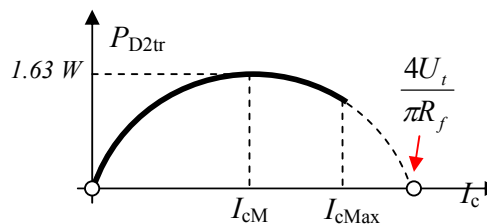
A tranzisztorokon az eldisszipált teljesítmény az áram amplitúdó függvényében:

$$P_{D2tr} = P_T(I_c) - P_f(I_c) = \frac{2}{\pi} U_t I_c - \frac{1}{2} I_c^2 R_f = \frac{R_f}{2} I_c \left[\frac{4U_t}{\pi R_f} - I_c \right]$$

Ha a kivezérés:

$$I_c = I_{cM} = \frac{2 U_t}{\pi R_f} = \frac{2 \cdot 15}{\pi \cdot 14} = 0.682 \text{ A}$$

a teljesítmény maximális:



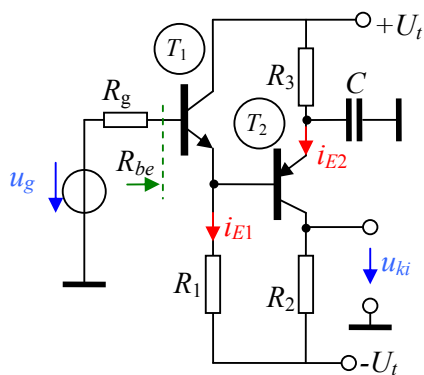
$$P_{DMax(1tr)} = \frac{R_f}{4} I_c \left[\frac{4U_t}{\pi R_f} - I_c \right] = \frac{R_f}{4} \frac{2 U_t}{\pi R_f} \left(\frac{2 U_t}{\pi R_f} \right) = \frac{1}{\pi^2} \frac{U_t^2}{R_f} = \frac{15^2}{14 \cdot \pi^2} = 1.63 \text{ W}$$

d.) $\eta_{T \max} = ?$

A max. teljesítményhez tartozó telep-hatásfok:

$$\eta_{T \max} = \frac{P_{f \max}}{P_{T \max}} = \frac{7}{9.55} = 0.733 = 73.3\%$$

5.) Példa



Határozza meg a mellékelt kapcsolás kisjelű paramétereit!

T_1 : n-p-n tranzisztor $U_{BE0} = 0.6 V$, $\beta_1 = B_1 = 99$
 T_2 : p-n-p tranzisztor $U_{EB0} = 0.6 V$, $\beta_2 = B_2 \rightarrow \infty$
 $U_t = 12 V$, $R_g = 10 k\Omega$, $I_{E01} = 1 mA$, $I_{E02} = 2 mA$
 $R_1 = 14.3 k\Omega$, $R_2 = 5 k\Omega$, $R_3 = 7.25 k\Omega$

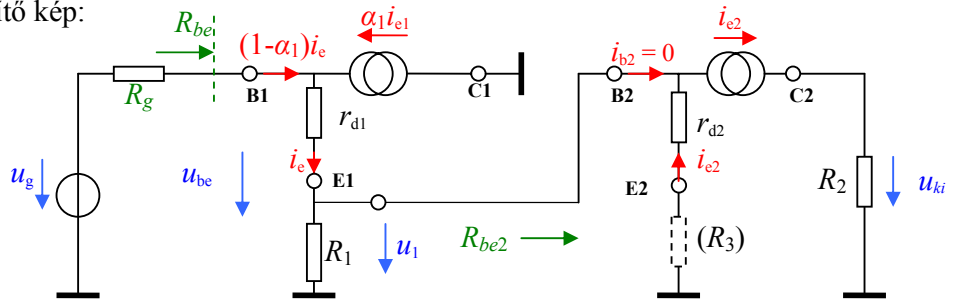
Kérdések:

- a.) A T_1 és T_2 alapkapsolások típusa?
- b.) $A_u = ?$ ha $C \rightarrow \infty$
- c.) $R_{be} = ?$ ha $C \rightarrow \infty$
- d.) $A_u = ?$ ha $C = 0$

Megoldás:

- a.) T_1 : földelt KOLLEKTOR-OS (FC), T_2 : földelt EMITTERES (FE) kapcsolás.

A kisjelű helyettesítő kép:



Először célszerű kiszámítani:

- c.) $R_{be} = ?$ ha $C \rightarrow \infty$

$$R_{be} = \frac{u_{be}}{(1-\alpha_1)i_{e1}} = \frac{1}{1-\alpha_1} \frac{(r_{d1} + R_1)i_{e1}}{i_{e1}} = (1 + \beta_1)(r_{d1} + R_1) = 100 * 14.326 = 1.43 M\Omega$$

Az $R_{be2} \rightarrow \infty$ mivel: $i_{b2} = 0$, $\alpha_1 = \frac{\beta_1}{1 + \beta_1} = 0.99$ $r_{d1} = \frac{26mV}{I_{E01}} = 26\Omega$ $r_{d2} = 13\Omega$

- b.) $A_u = ?$ ha $C \rightarrow \infty$

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{R_1}{R_1 + r_{d1}} \left(-\alpha_2 \frac{R_2}{r_{d2}} \right) = \frac{1.43}{1.44} \frac{14.3}{14.326} \left(-\frac{5000}{13} \right) = -381.2$$

- d.) $A_u = ?$ ha $C \rightarrow 0$

$$A_u = \frac{u_{ki}}{u_g} = \frac{u_{be}}{u_g} \frac{u_1}{u_{be}} \frac{u_{ki}}{u_1} = \frac{R_{be}}{R_g + R_{be}} \frac{R_1}{R_1 + r_{d1}} \left(-\alpha_2 \frac{R_2}{r_{d2} + R_3} \right) = \frac{1.43}{1.44} \frac{14.3}{14.326} \left(-\frac{5000}{7263} \right) = -0.6823$$