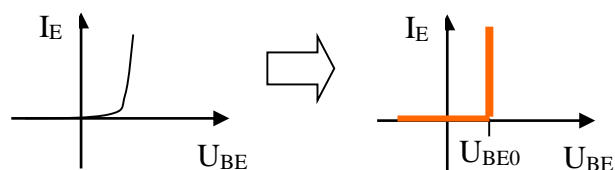


### Bipoláris tranzisztor (BJT) üzembe helyezése, *munkapont* (a folyó egyenáramok, a csomópontok egyenfeszültségei) számítása:

- egyenáramú, gerjesztetlen áramkör analízise
- tranzisztorok normál aktív üzemmódban:
  - bázis-emitter pn átmenet nyitva,
  - bázis-kollektor pn átmenet zárva
- a normál aktív tartományban való maradás feltétele, hogy a kollektor- emitter feszültség nagyobb legyen az  $U_m$  maradék feszültségnél:  $U_{CE} > U_m$ .
- nyitó irányú pn átmenet: feszültség generátorral veendő figyelembe (npn:  $U_{BE0}$ , pnp:  $U_{EB0}$ )
- záró irányú pn átmenet: áram generátorral veendő figyelembe ( $I_{C0} = A \cdot I_{E0}$ )

kézi számítás estén: nemlineáris (exponenciális) transzfer karakterisztika helyettesítése egyparaméteres ( $U_{BE0}$  nyitófeszültség) derékszögű karakterisztikával



#### 1. Feladat

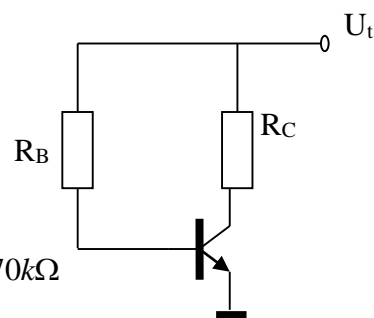
$U_t = 10 \text{ V}$ .

Az npn tranzisztor következő paraméterei adottak:

$U_{BE0} = 0,6 \text{ V}$ ,  $B = 99$ ,  $U_m = 0,5 \text{ V}$

Mekkora legyen  $R_B$  ellenállás értéke, hogy a tranzisztor munkaponti árama,  $I_{E0} = 2 \text{ mA}$  legyen?

$$\text{Válasz: } R_B = \frac{U_t - U_{BE0}}{(1-A)I_{E0}} = \frac{U_t - U_{BE0}}{\frac{I_{E0}}{(1+B)}} = \frac{9,4}{0,02} = 470 \text{ k}\Omega$$

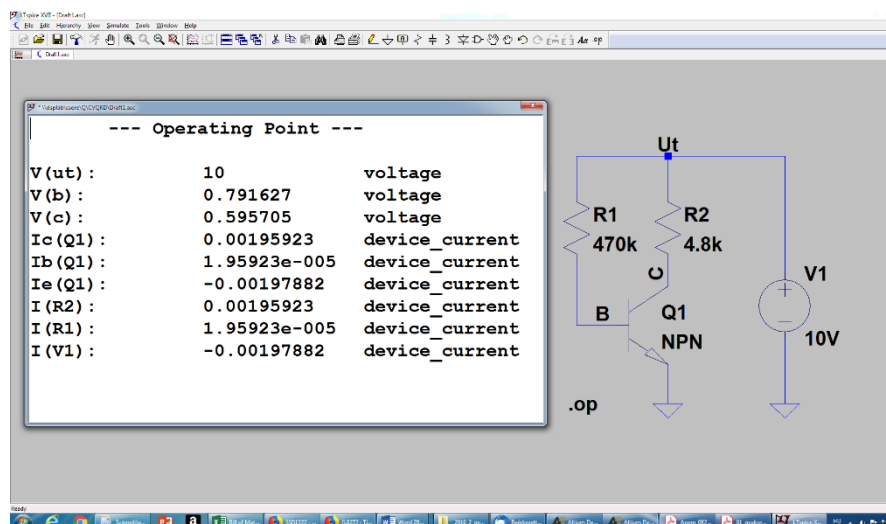


Mekkora lehet  $R_C$  értéke, hogy a tranzisztor a normál aktív tartományban maradjon?

Válasz:  $U_{CE0} > U_m$  azaz  $U_t - R_C I_{C0} > U_m \rightarrow$

$$R_C \leq \frac{U_t - U_m}{A I_{E0}} = \frac{9,5}{1,98} = 4,80 \text{ k}\Omega$$

LTspice szimulációval (3\_gyak\_1\_feladat.asc):



**2. Feladat**

Az adott áramköri paraméterek:

$U_{t1}, U_{t2}, R_{B1}, R_{B2}, R_{C1}, R_{C2}$

T1: npn,  $U_{BE0}, \beta_1, U_{m1}$

T2: pnp,  $U_{EB0}, \beta_2, U_{m2}$

A tranzisztorok munkaponti árama mely ellenállásoktól függ és melyektől nem?

Válasz:  $R_{B1}, R_{B2}$  : ezekről függ,  
 $R_{C1}, R_{C2}$  : ezekről -bizonyos határok közt - nem.

Mekkora a közös munkaponti emitteráram?

$$\text{Válasz: } I_{E01} = I_{E02} = I_{E0} = \frac{U_{t1} - U_{t2} - U_{BE0} - U_{EB0}}{(1 - A_1)R_{B1} + (1 - A_2)R_{B2}} =$$

Ellenőrizzük, hogy mindkét tranzisztor normál aktív üzemmódban van!

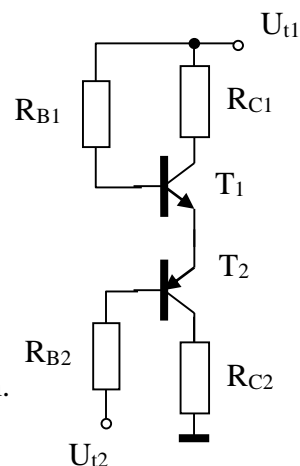
Válasz: a közös emitter potenciálja:

$$U_E = U_{t1} - R_{B1}(1 - A_1)I_{E0} - U_{BE0} (= U_{t2} + R_{B2}(1 - A_2)I_{E0} + U_{EB0})$$

$$\text{T1: } U_{CE01} > U_{m1} \text{ ahol } U_{CE01} = U_{t1} - R_{C1}A_1I_{E0} - U_E,$$

$$R_{C1} < \frac{U_{t1} - U_{m1} - U_E}{A_1I_{E0}}$$

$$\text{T2: } U_{EC02} > U_{m2} \text{ ahol } U_{EC02} = U_E - R_{C2}A_2I_{E0}, \quad R_{C2} < \frac{U_E - U_{m2}}{A_2I_{E0}}$$



### 3. Feladat

Határozzuk meg az áramkör munkaponti adatait!

Ellenőrizzük, normál-aktív tartományban működik-e az áramkör!

Adatok:

$$T: \text{n-p-n } U_{BE0}=0.6 \text{ V}, B=99, U_m=1 \text{ V} \\ R_g=1 \text{ k}\Omega, R_1=20 \text{ k}\Omega, R_2=4.18 \text{ k}\Omega, \\ R_C=5.1 \text{ k}\Omega, R_E=2 \text{ k}\Omega, U_i=15 \text{ V}$$

Megoldás:

Munkapont számítás: nincs vezérlés,  $u_g=0!!!$

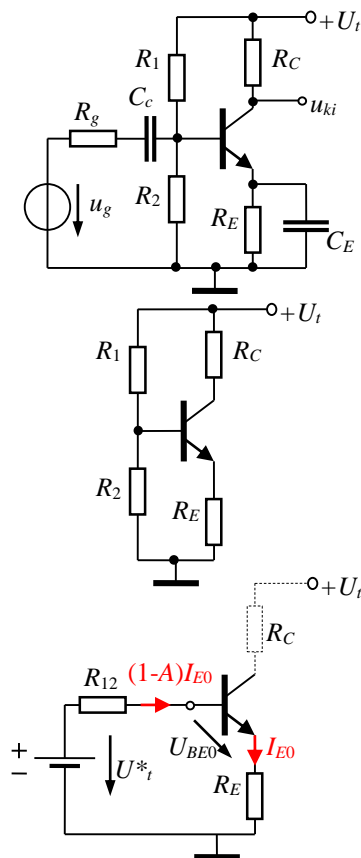
Az áramkörben csak egyenáramok vannak!

Egyenáramon a kapacitások szakadások.

Eltávolítjuk azokat a részeket ahol nem folyik áram.

A bázisosztóra Thevenin helyettesítő kapcsolást  
Alkalmazunk, hogy egyszerűsödjön a hálózat.

$$U_t^* = U_i \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 15 \frac{4.18}{20 + 4.18} = 2.63 \text{ V} \\ R_{12} = R_1 \times R_2 = \frac{20 \times 4.18}{24.18} = 3.46 \text{ k}\Omega$$



A bázis - emitter körre felírható hurokegyenlet: (A kollektor kör érdektelen.)

$$U_t^* = (1 - A)I_{E0}R_{12} + U_{BE0} + I_{E0}R_E$$

$$A = \frac{B}{1 + B} = \frac{99}{100} = 0.99$$

$$I_{E0} = \frac{U_t^* - U_{BE0}}{R_E + (1 - A)R_{12}} = \frac{2.63 - 0.6}{2 + 0.01 \times 3.46} = \frac{2.03}{2.0346} \cong 1 \text{ mA}$$

$$I_{C0} = A I_{E0} = 0.99 \times 1 = 0.99 \text{ mA}$$

$$I_{B0} = (1 - A)I_{E0} = 0.01 \times 1 = 10 \text{ }\mu\text{A}$$

Az elektródák feszültségei (a földeléshez képest):

$$U_{E0} = I_{E0}R_E = 1 \times 2 = 2 \text{ V}$$

$$U_{B0} = U_{E0} + U_{BE0} = 2 + 0.6 = 2.6 \text{ V}$$

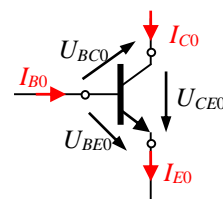
$$U_{C0} = U_i - I_{C0}R_C = 15 - 0.99 \times 5.1 = 9.95 \text{ V}$$

Normál-aktív tartomány ellenőrzése:

$$I_{E0} = 1 \text{ mA} > 0$$

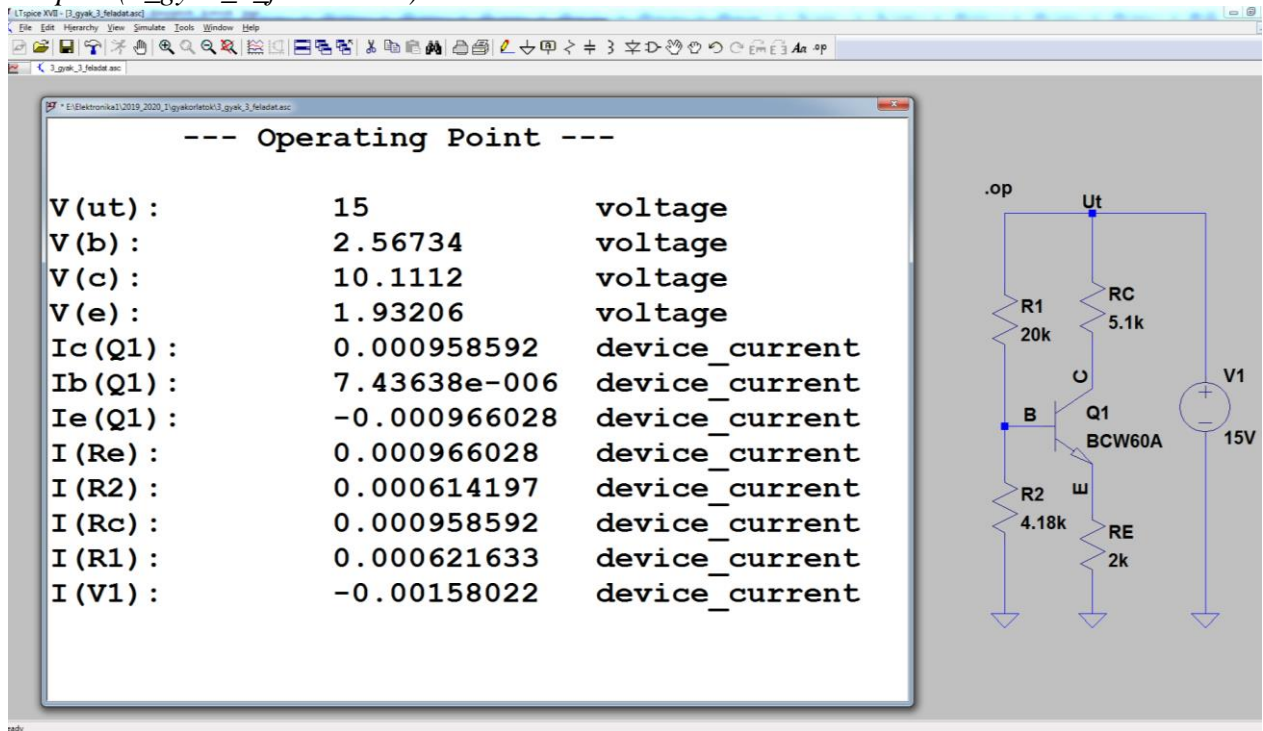
$$U_{BE0} = 0.6 \text{ V} > 0 \quad \text{B-E: nyitó irány}$$

$$U_{BC0} = U_{B0} - U_{C0} = 2.6 - 9.95 = -7.35 \text{ V} < 0 \quad \text{B-C: záró irány}$$



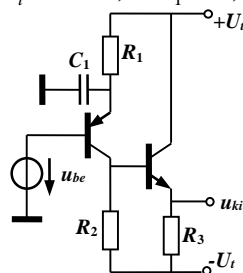
$$U_{CE0} = U_t - I_{C0}R_C - I_{E0}R_E = 15 - 5.05 - 2 = 7.95 \text{ V} > U_m = 1 \text{ V}$$

LTspice (3\_gyak\_3\_feladat.asc):



#### 4.) Feladat Határozzuk meg az alábbi kapcsolás paramétereit!

$$U_t = 12 \text{ V}, \quad R_1 = 5,7 \text{ k}\Omega, \quad R_2 = 2 / 0,99 \text{ k}\Omega, \quad R_3 = 2,7 \text{ k}\Omega$$



$T_1$ : p-n-p tranzisztor,  $\beta_1 = B_1 = 99$ ,  $U_{EB0} = 0,6 \text{ V}$

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

a.)  $I_{E01} = ?$ ,  $U_{EC01} = ?$

b.)  $I_{E02} = ?$ ,  $U_{CE02} = ?$

c.)  $U_{ki0} = ?$

Megoldás:

a.) Munkapont számítás:  $u_{be} = 0$

$$U_t = I_{E01} R_1 + U_{EB0}$$

$$I_{E01} = \frac{U_t - U_{EB0}}{R_1} = \frac{12 - 0,6}{5,7} = 2 \text{ mA}$$

$$2U_t = I_{E01} R_1 + U_{EC01} + A_1 I_{E01} R_2$$

$$U_{EC01} = 2U_t - I_{E01} R_1 - A_1 I_{E01} R_2 = 24 - 11,4 - 0,99 \cdot 2 \cdot 2 / 0,99 = 8,6 \text{ V}$$

( $I_{B02} = 0$  mert  $B_2 \rightarrow \infty$ )

b.)  $I_{E02} = ?$

$T_2$  emitterkörére felírható hurokegyenlet:

$$I_{E01} R_2 = U_{BE02} + I_{E02} R_3$$

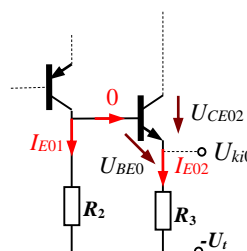
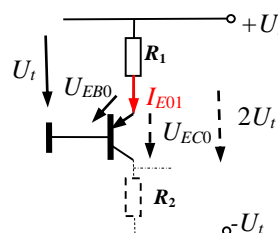
$$I_{E02} = \frac{I_{E01} R_2 - U_{BE02}}{R_3} = \frac{4 - 0,6}{2,7} = 1,26 \text{ mA}$$

A kollektor-emitter feszültség munkaponti értéke:

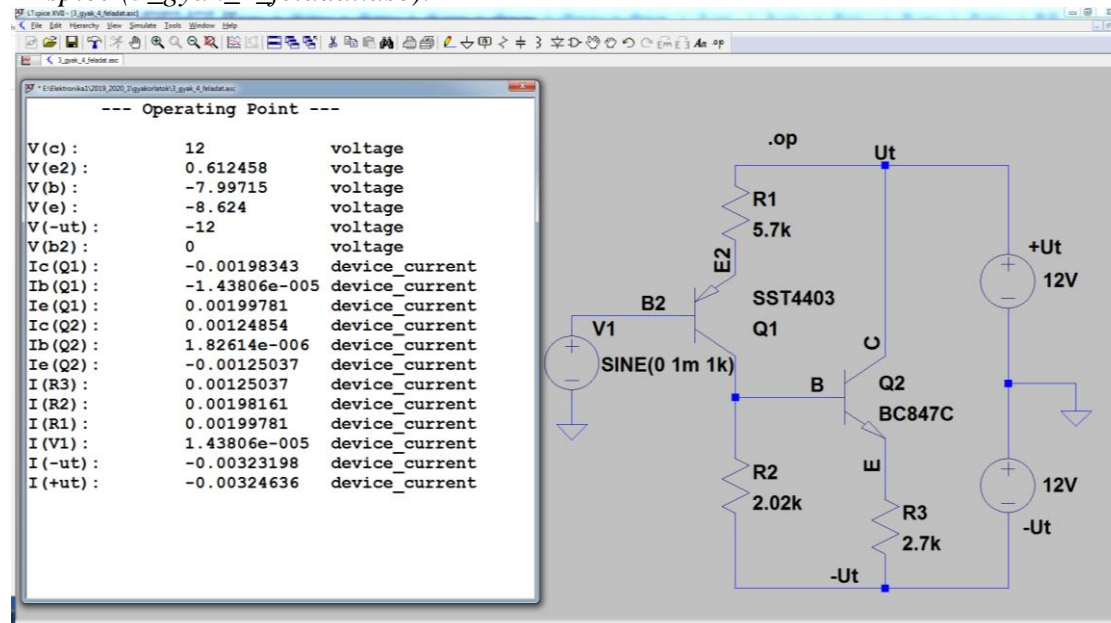
$$U_{CE02} = 2U_t - I_{E02} R_3 = 24 - 1,26 \cdot 2,7 = 20,6 \text{ V}$$

c.) A kimenő feszültség munkaponti értéke  $U_{ki0}$ :

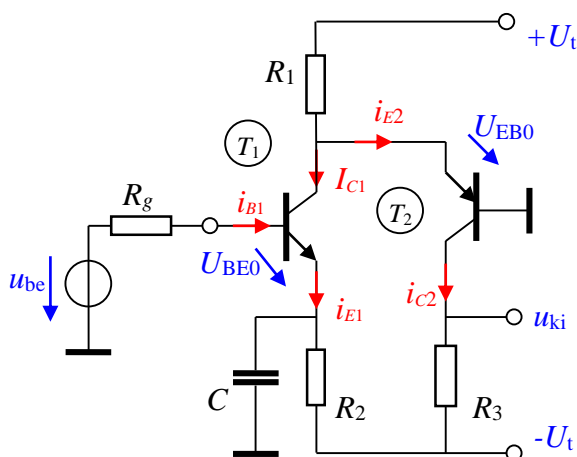
$$U_{ki0} = -U_t + I_{E02} R_3 = -12 + 1,26 \cdot 2,7 = -8,6 \text{ V}$$



LTspice (3\_gyak\_4\_feladat.asc):



### 5.) Feladat Határozzuk meg az alábbi kapcsolás paramétereit!



$T_1$ : n-p-n,  $T_2$ : p-n-p

$B_1=B_2=99$ ,  $U_{BE0} = U_{EB0} = 0.6 \text{ V}$

$U_t = 12 \text{ V}$ ,

$R_1 = 5.73 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 11.3 \text{ k}\Omega$ ,

$R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_g = 10 \text{ k}\Omega$

a.)  $I_{E01} = ?$

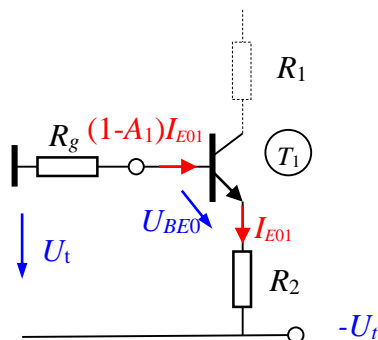
b.)  $I_{E02} = ?$

Megoldás:

a.)  $I_{E01} = ?$

$$U_t = (1 - A_1)I_{E01}R_g + U_{BE0} + I_{E01}R_2$$

$$I_{E01} = \frac{U_t - U_{BE0}}{R_2 + (1 - A_1)R_g} = \frac{12 - 0.6}{11.3 + 0.1} = 1 \text{ mA}$$

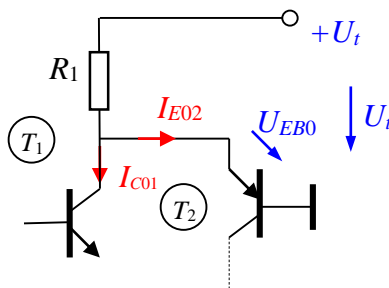


b.)  $I_{E02} = ?$

$$U_t = (I_{C01} + I_{E02})R_1 + U_{EB0}$$

$$I_{E02} = \frac{U_t - A_1 I_{E01} R_1 - U_{EB0}}{R_1} =$$

$$= \frac{12 - 0.99 \cdot 5.73 - 0.6}{5.73} = 1 \text{ mA}$$



LTspice (3\_gyak\_5\_feladat.asc):

