

Elektronika

XII. Bipoláris tranzisztor

12.1. Bipoláris tranzisztor

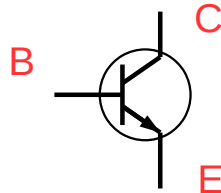
1. Bipoláris tranzisztor felépítése

- BJT bipolar junction transistor
bipoláris mert mindkét féle töltéshordozó szerepet játszik (elektron, lyuk)
- három félvezető rétegből (2 PN átmenet) álló alkatrész (+ külső tokozás és kivezetések)
- áram által vezérelt, három kivezetéses eszköz (első tranzisztor 1948)
- analóg áramkörökben főleg erősítőként használjuk
- digitális áramkörökben vezérelt kapcsolóként

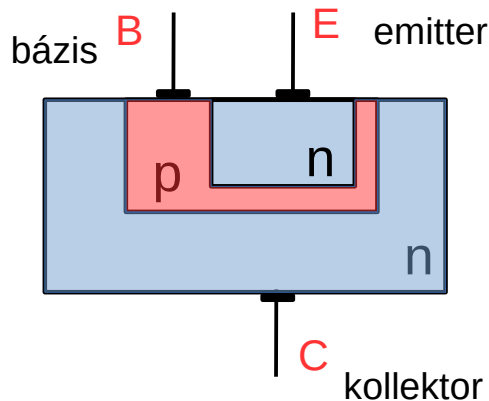
Két típusa

npn

rajzjele

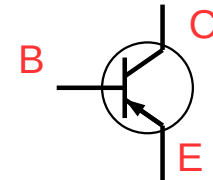


felépítése

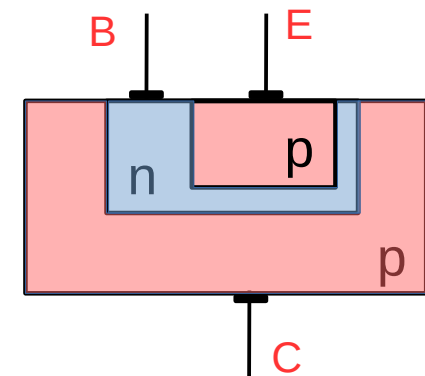


pnp

rajzjele



felépítése



A bázisréteg kevésbé szennyezett és sokkal vékonyabb mint a másik kettő.

Nem szimmetrikus ! →

E és C nem felcserélhető !!

12.1. Bipoláris tranzisztor

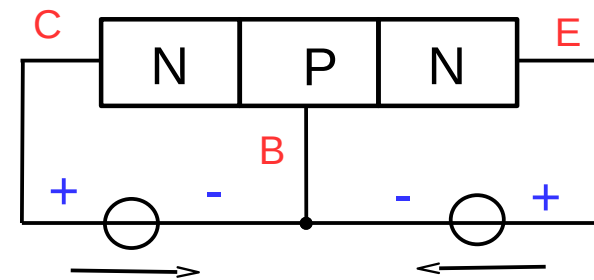
2. Bipoláris tranzisztor üzemmódjai

- 2 darab PN átmenet, és ezek lehetnek nyitva vagy zárva ! →
4 lehetséges variáció → 4 üzemmód

Zárt állapot

Mindkét PN átmenet záró előfeszítést kap →
A tranzisztor lezár, ~ szakadás a kivezetések között.
De nagyon kicsi záró irányú áramok folynak (~nA)

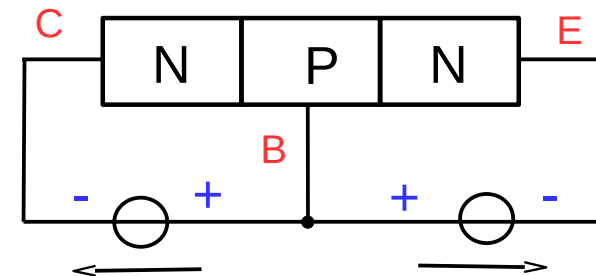
(Pnp tranzisztor esetén ellentétes polaritások)



Telítési állapot

Mindkét PN átmenet nyitó előfeszítést kap →
A tranzisztor telítésben, mindkét PN átmenete nyitva
(a bázis-emitter és a bázis-kollektor dióda is nyit)
→ kollektor-emitter közötti feszültség kicsi (~0,2V)

(Pnp tranzisztor esetén ellentétes polaritások)



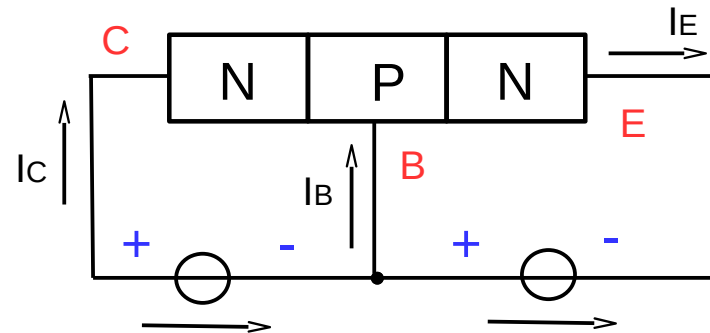
A tranzisztor áramerősítése (β , lásd később) lecsökken !!

12.1. Bipoláris tranzisztor

Normál aktív üzemmód

A bázis-emitter dióda nyitva, a bázis-kollektor dióda zárva ! → kollektor és emitter között mégis áram folyik !!

A bázisárammal tudjuk vezérelni a kollektor áramot !
(Pnp tranzisztor esetén ellentétes polaritások)



Áram erősítési tényező

- Egyenáramú → $B = I_C / I_B$
- Váltakozó áramú → $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$
- $B \approx \beta \approx \text{állandó}$
- B értéke nagy (~ 50 - 500)

Tranzisztor áram egyenletei:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = B * I_B$$

$$I_E = (B + 1) * I_B$$

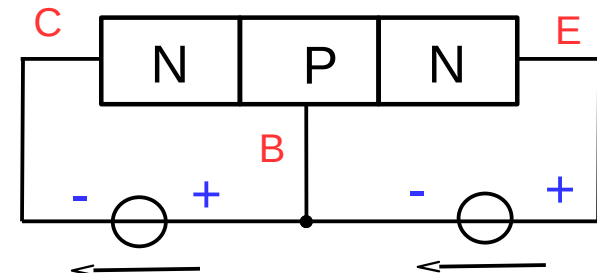
Sokszor közelítünk → $I_E \approx I_C$

Inverz aktív üzemmód

A bázis-emitter dióda zárva, a bázis-kollektor dióda nyitva !

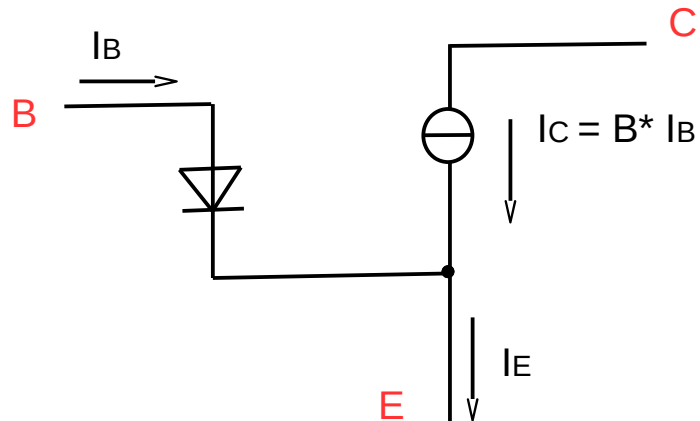
- emitter és kollektor szerepe felcserélődik, DE !
- mivel a tranzisztor felépítése nem szimmetrikus,
- ilyenkor sokkal rosszabb paraméterek,
- B értéke nagyon kicsi lesz (0,1 – 10)

(Pnp tranzisztor esetén ellentétes polaritások)



12.2. Bipoláris tranzisztor modellje

Normál aktív üzemmódban
nagy jelű modell,
árammal vezérelt áramgenerátor



Tranzisztor áram egyenletei:

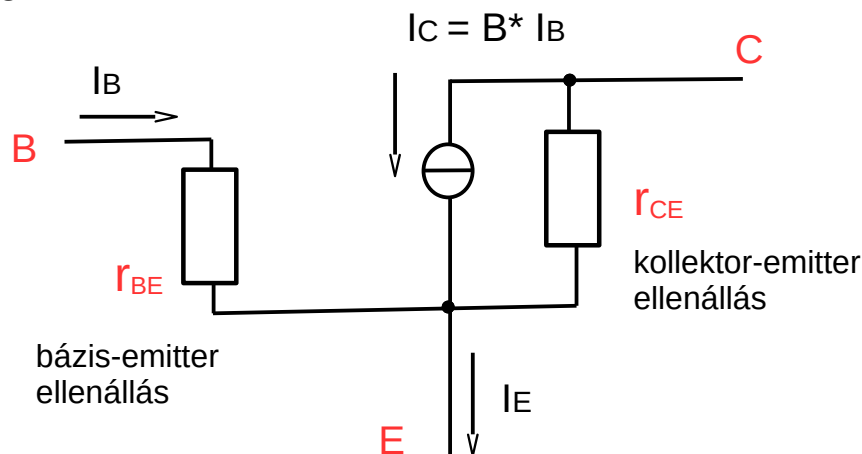
$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = B \cdot I_B$$

$$I_E = (B + 1) \cdot I_B$$

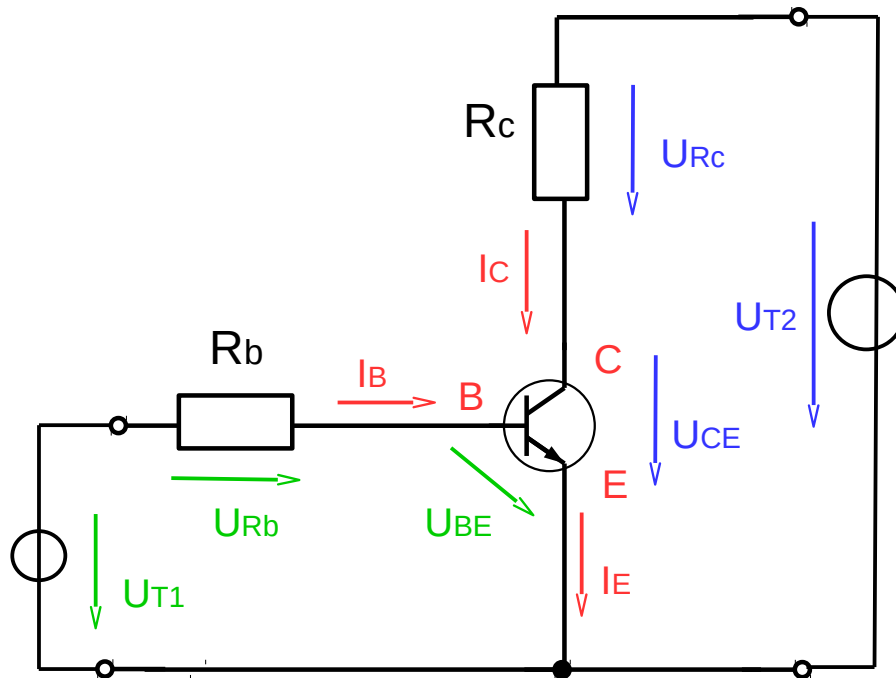
Sokszor közelítünk $\rightarrow I_E \approx I_C$

Normál aktív üzemmódban
kis jelű modell



Ezek eléggé leegyszerűsített
modellek !!
Vannak sokkal pontosabbak
is

12.3. Bipoláris tranzisztor, alapszámítások



Tranzisztor feszültségei:

U_{BE} → bázis-emitter feszültség
mint dióda esetén → 0,6-0,7V

U_{CE} → kollektor-emitter feszültség
Nagyon változhat
(elméletileg 0 és U_{T2} között)

Hurok törvény:

$$U_{T1} - U_{RB} - U_{BE} = 0$$

Hurok törvény:

$$U_{T2} - U_{RC} - U_{CE} = 0$$

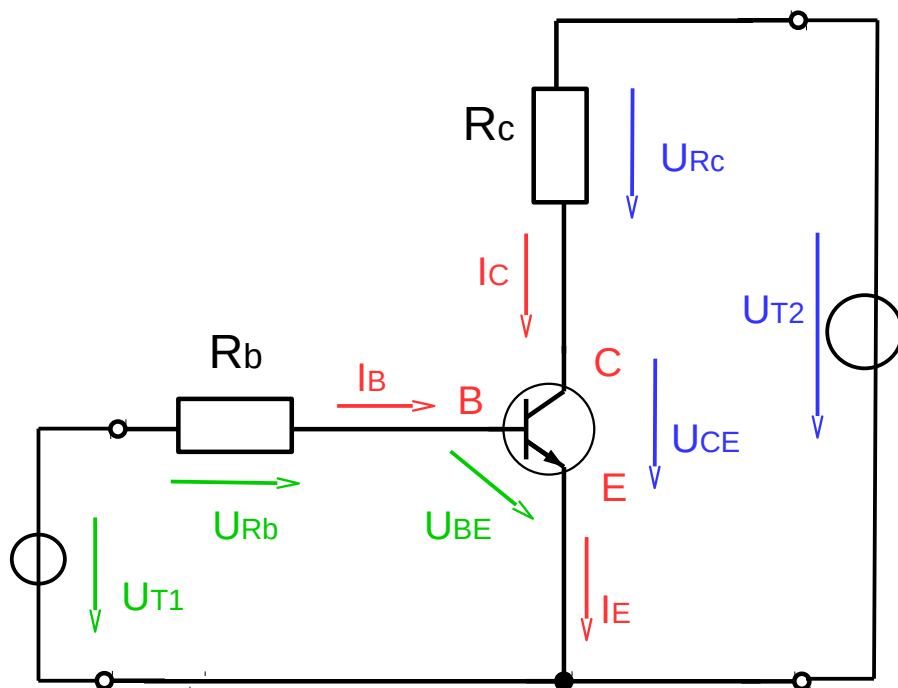
Tranzisztor áram egyenletei:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

12.3. Bipoláris tranzisztor, alapszámítások

1. mintafeladat:



Hurok törvény:

$$U_{T1} - U_{Rb} - U_{BE} = 0$$

Hurok törvény:

$$U_{T2} - U_{Rc} - U_{CE} = 0$$

Tranzisztor áram egyenletei:

$$I_E = I_C + I_B$$

$$I_C = B * I_B$$

$$U_{T1} = 5V$$

$$U_{T2} = 9V$$

$$R_b = 800 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

Bal oldali hurok (hurok és Ohm törvény)

$$U_{Rb} = U_{T1} - U_{BE} = 5 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 4,4 \text{ V}$$

$$I_B = U_{Rb} / R_b = 4,4 \text{ V} / 800 \text{ k}\Omega = 0,0055 \text{ mA}$$

Tranzisztor

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,0055 \text{ mA} = 1,1 \text{ mA}$$

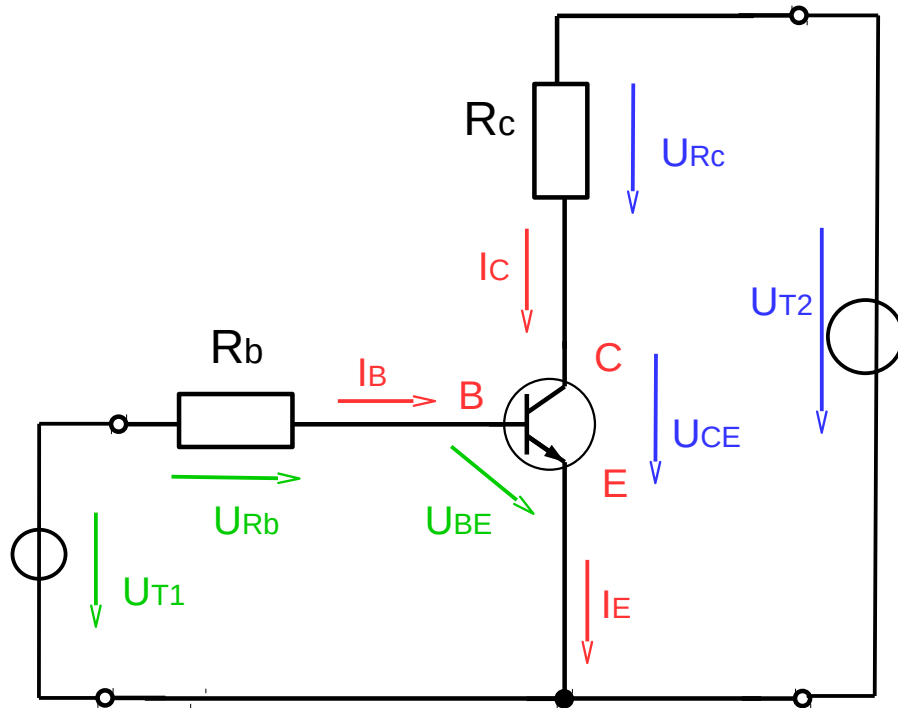
$$I_E = I_C + I_B = 1,1 + 0,0055 \text{ mA} = 1,1055 \text{ mA}$$

Jobb oldali hurok (Ohm és hurok törvény)

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 3 \text{ k}\Omega * 1,1 \text{ mA} = 3,3 \text{ V}$$

$$U_{CE} = U_{T2} - U_{Rc} = 9 \text{ V} - 3,3 \text{ V} = 5,7 \text{ V}$$

12.4. Feladatok



1. feladat:

$$U_{T1} = 5V$$

$$U_{T2} = 9V$$

$$R_b = 400 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

2. feladat:

$$U_{T1} = 5V$$

$$U_{T2} = 9V$$

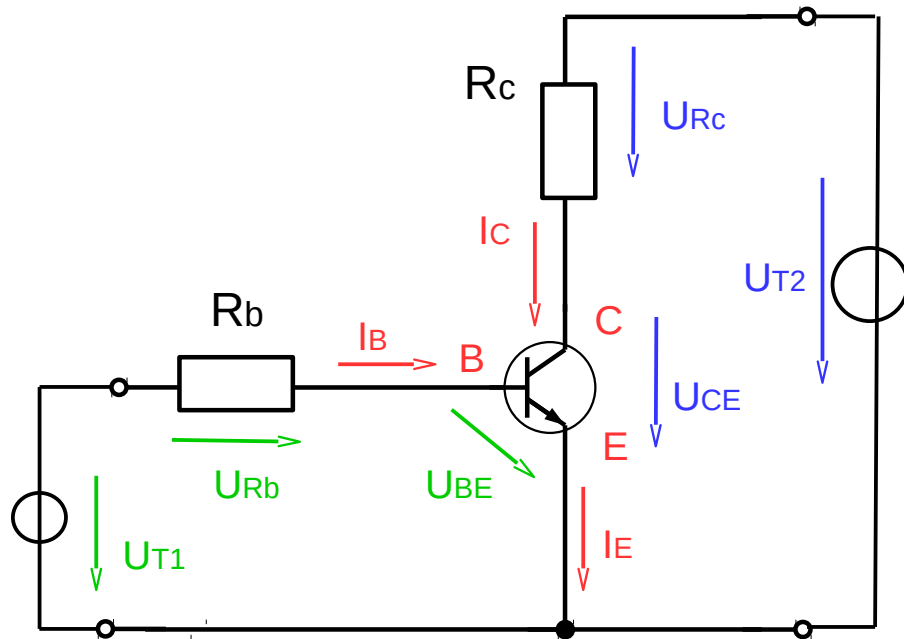
$$R_b = 200 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

12.4. Feladatok



2. feladat, megoldás:

$R_b = 200 \text{ k}\Omega$ és $R_c = 1,2 \text{ k}\Omega$

A többi érték ugyanaz mint az 1. feladatnál

$$U_{Rb} = U_{T1} - U_{BE} = 5 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 4,4 \text{ V}$$

$$I_B = U_{Rb} / R_b = 4,4 \text{ V} / 200 \text{ k}\Omega = 0,022 \text{ mA}$$

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,022 \text{ mA} = 4,4 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 4,4 + 0,022 \text{ mA} = 4,422 \text{ mA}$$

1. feladat, megoldás:

$$U_{T1} = 5 \text{ V}$$

$$U_{T2} = 9 \text{ V}$$

$$R_b = 400 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

$$U_{Rb} = U_{T1} - U_{BE} = 5 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 4,4 \text{ V}$$

$$I_B = U_{Rb} / R_b = 4,4 \text{ V} / 400 \text{ k}\Omega = 0,011 \text{ mA}$$

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,011 \text{ mA} = 2,2 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,2 + 0,011 \text{ mA} = 2,211 \text{ mA}$$

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 3 \text{ k}\Omega * 2,2 \text{ mA} = 6,6 \text{ V}$$

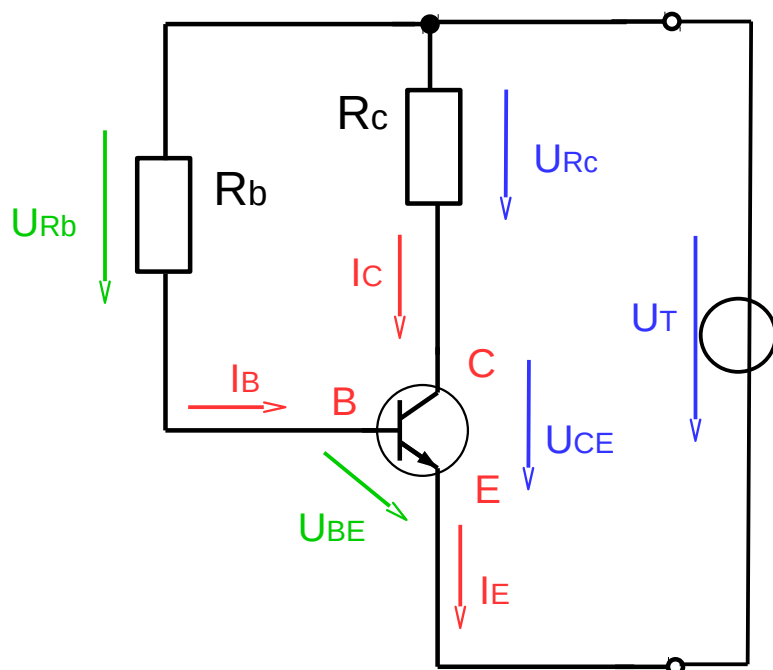
$$U_{CE} = U_{T2} - U_{Rc} = 9 \text{ V} - 6,6 \text{ V} = 2,4 \text{ V}$$

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 1,2 \text{ k}\Omega * 4,4 \text{ mA} = 5,28 \text{ V}$$

$$U_{CE} = U_{T2} - U_{Rc} = 9 \text{ V} - 5,28 \text{ V} = 3,72 \text{ V}$$

12.5. Számítások bipoláris tranzisztorral

1. mintafeladat:



$$U_T = 9V$$

$$R_b = 800 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 2 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

Hurok törvények:

$$U_T - U_{Rb} - U_{BE} = 0$$

$$U_T - U_{Rc} - U_{CE} = 0$$

Tranzisztor áram egyenletei:

$$I_E = I_C + I_B \quad I_C = B * I_B$$

Megoldás

Nagy hurok

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} = 9 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 8,4 \text{ V}$$

$$I_B = U_{Rb} / R_b = 8,4 \text{ V} / 800 \text{ k}\Omega = 0,0105 \text{ mA}$$

Tranzisztor

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,0105 \text{ mA} = 2,1 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 2,1 + 0,0105 \text{ mA} = 2,1105 \text{ mA}$$

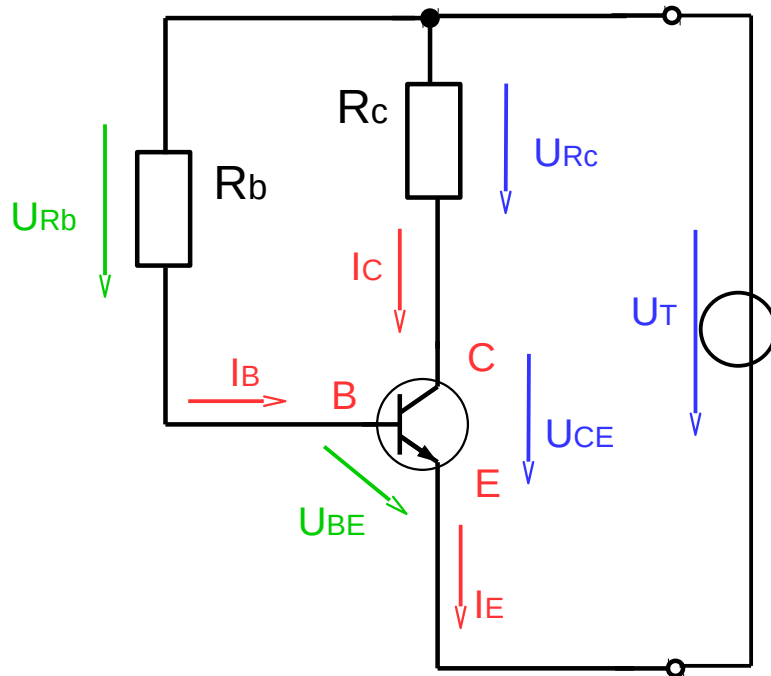
Jobb oldali hurok

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 2 \text{ k}\Omega * 2,1 \text{ mA} = 4,2 \text{ V}$$

$$U_{CE} = U_T - U_{Rc} = 9 \text{ V} - 4,2 \text{ V} = 4,8 \text{ V}$$

12.5. Számítások bipoláris tranzisztorral

2. mintafeladat:



$$U_T = 9V$$

$$R_b = 200 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 2 \text{ k}\Omega$$

$$B = 200$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

Megoldás

Nagy hurok

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} = 9 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 8,4 \text{ V}$$

$$I_B = U_{Rb} / R_b = 8,4 \text{ V} / 200 \text{ k}\Omega = 0,042 \text{ mA}$$

Tranzisztor

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,042 \text{ mA} = 8,4 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 8,4 + 0,042 \text{ mA} = 8,442 \text{ mA}$$

Jobb oldali hurok

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 2 \text{ k}\Omega * 8,4 \text{ mA} = 16,8 \text{ V} !!$$

$$U_{CE} = U_T - U_{Rc} = 9 \text{ V} - 16,8 \text{ V} = -7,8 \text{ V}$$

Valami nem OK !! → túl nagy bázis áram → telítésbe megy a tranzisztor →
B és U_{CE} értéke lecsökken ($U_{CEmin} \approx 0,2V$)

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} = 9V - 0,2V = 8,8V$$

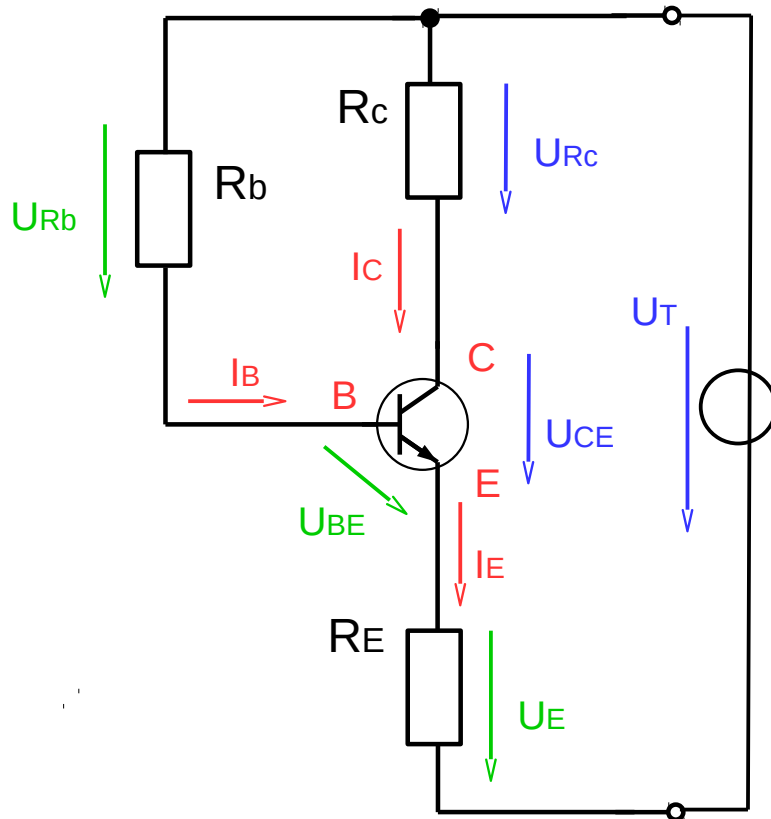
$$I_C = U_{Rc} / R_c = 8,8V / 2 \text{ k}\Omega = 4,4 \text{ mA}$$

$$B = I_C / I_B = 4,4 \text{ mA} / 0,042 \text{ mA} = 104,76 !$$

$$I_E = I_C + I_B = 4,4 + 0,042 \text{ mA} = 4,442 \text{ mA}$$

12.5. Számítások bipoláris tranzisztorral

3. Mintafeladat:



Hurok törvények:

$$U_T - U_{Rb} - U_{BE} - U_E = 0$$

$$U_T - U_{Rc} - U_{CE} - U_E = 0$$

Tranzisztor áram egyenletei:

$$I_C = B * I_B \quad I_E = I_C + I_B = (B + 1) * I_B$$

$$U_T = 9V$$

$$B = 200$$

$$R_b = 800 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 500 \text{ }\Omega$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

Megoldás

Nagy hurok

$$U_T = I_B * R_b + U_{BE} + (B + 1) * I_B * R_E$$

$$I_B = (U_T - U_{BE}) / (R_b + (B + 1) * R_E)$$

$$I_B = 8,4 \text{ V} / (800 \text{ k}\Omega + 201 * 0,5 \text{ k}\Omega)$$

$$I_B = 8,4 \text{ V} / 900,5 \text{ k}\Omega = 0,00933 \text{ mA}$$

$$U_{Rb} = I_B * R_b = 0,00933 \text{ mA} * 800 \text{ k}\Omega = 7,46 \text{ V}$$

$$U_E = U_T - U_{Rb} - U_{BE} = 9 - 7,46 - 0,6 \text{ V} = 0,94 \text{ V}$$

Tranzisztor

$$I_C = B * I_B = 200 * 0,00933 \text{ mA} = 1,866 \text{ mA}$$

$$I_E = I_C + I_B = 1,866 + 0,00933 \text{ mA} = 1,875 \text{ mA}$$

Jobb oldali hurok

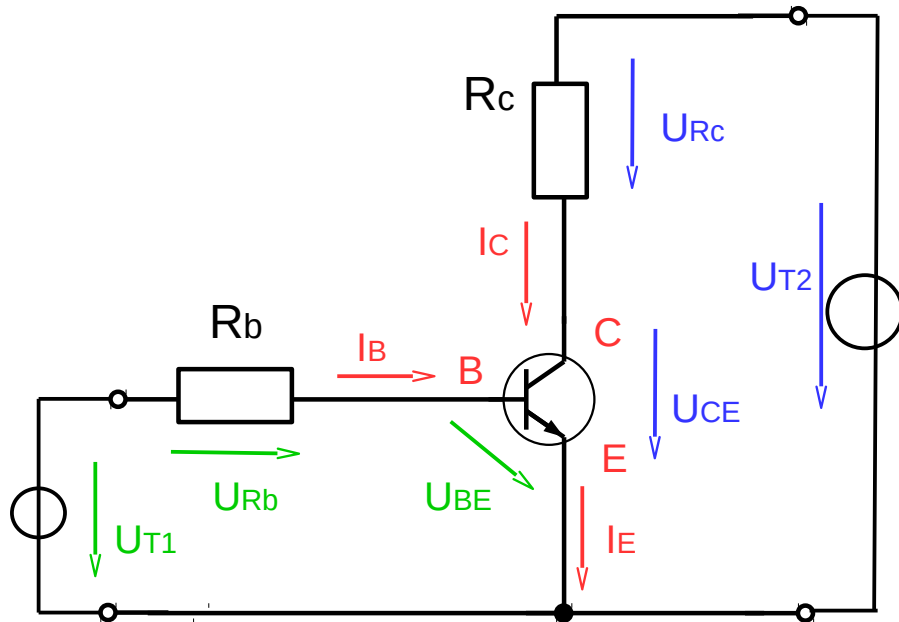
$$U_E = I_E * R_E = 1,875 \text{ mA} * 0,5 \text{ k}\Omega = 0,94 \text{ V}$$

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 2 \text{ k}\Omega * 1,866 \text{ mA} = 3,73 \text{ V}$$

$$U_{CE} = U_T - U_{Rc} - U_E = 9 - 3,73 - 0,94 \text{ V}$$

$$U_{CE} = 4,33 \text{ V}$$

12.6. Feladatok



1. feladat:

$$U_{T1} = 3V$$

$$U_{T2} = 10V$$

$$R_b = 600 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 3 \text{ k}\Omega$$

$$B = 300$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !

2. feladat:

$$U_T = 12V$$

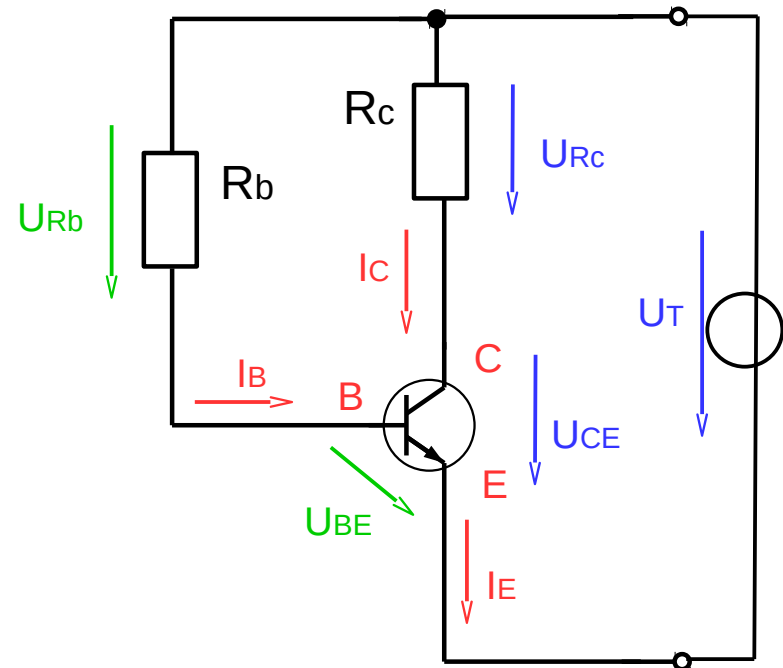
$$R_b = 500 \text{ k}\Omega$$

$$R_c = 2 \text{ k}\Omega$$

$$B = 100$$

$$U_{BE} = 0,72 \text{ V}$$

Számoljuk ki a tranzisztor és ellenállások feszültségeit, áramait !



12.6. Feladatok

3. feladat:

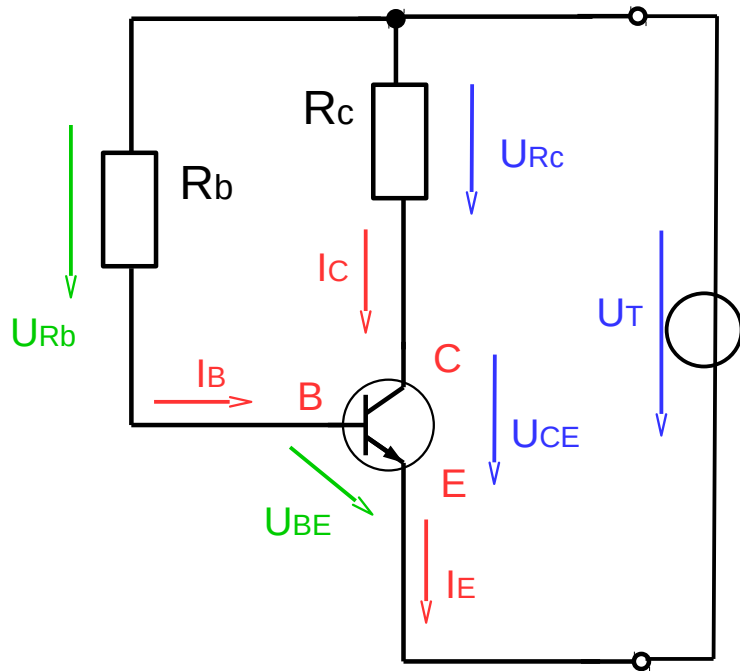
$$U_T = 10V$$

$$B = 300$$

$$I_E \approx I_C = 3mA$$

$$U_{CE} = 5V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !



4. feladat:

$$U_T = 12V$$

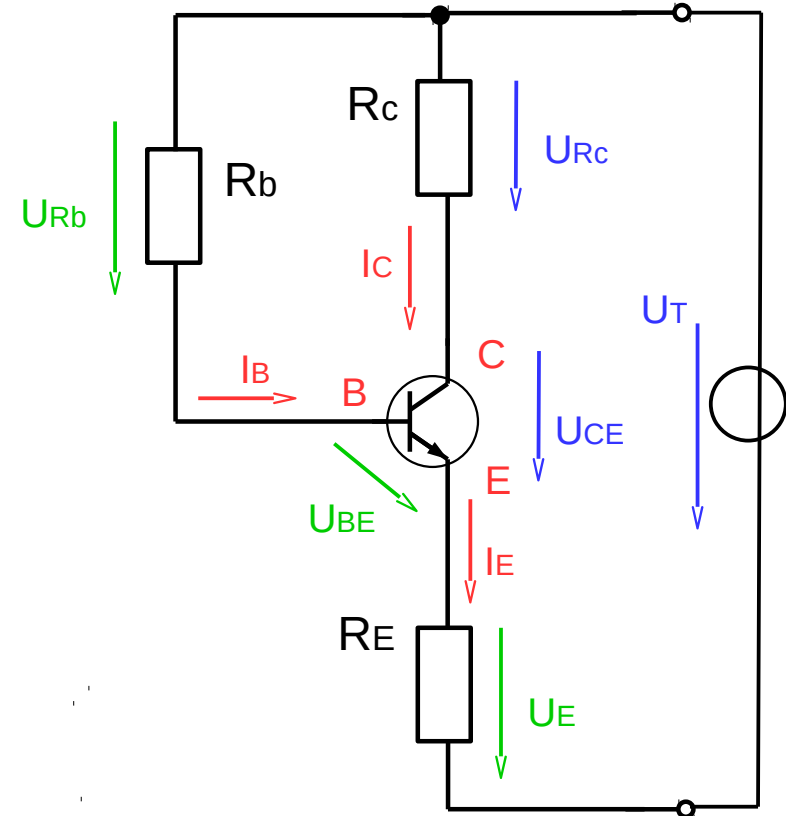
$$B = 250$$

$$I_E \approx I_C = 4mA$$

$$R_E = 0,2 k\Omega$$

$$U_{CE} = 5V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !



12.6. Feladatok

1. feladat, megoldás:

$$U_{Rb} = U_{T1} - U_{BE} = 3 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 2,4 \text{ V}$$
$$I_B = U_{Rb} / R_b = 2,4 \text{ V} / 600 \text{ k}\Omega = 0,004 \text{ mA}$$

$$I_C = B * I_B = 300 * 0,004 \text{ mA} = 1,2 \text{ mA}$$
$$I_E = I_C + I_B = 1,2 + 0,004 \text{ mA} = 1,204 \text{ mA}$$

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 3 \text{ k}\Omega * 1,2 \text{ mA} = 3,6 \text{ V}$$
$$U_{CE} = U_{T2} - U_{Rc} = 10 \text{ V} - 3,6 \text{ V} = 6,4 \text{ V}$$

2. feladat, megoldás:

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} = 12 \text{ V} - 0,72 \text{ V} = 11,28 \text{ V}$$
$$I_B = U_{Rb} / R_b = 11,28 \text{ V} / 0,5 \text{ M}\Omega = 22,56 \text{ }\mu\text{A}$$

$$I_C = B * I_B = 100 * 22,56 \text{ }\mu\text{A} = 2,256 \text{ mA}$$
$$I_E = I_C + I_B = 2,256 + 0,02256 \text{ mA} = 2,2786 \text{ mA}$$

$$U_{Rc} = R_c * I_C = 2 \text{ k}\Omega * 2,256 \text{ mA} = 4,512 \text{ V}$$
$$U_{CE} = U_T - U_{Rc} = 12 \text{ V} - 4,512 \text{ V} = 7,488 \text{ V}$$

3. feladat, megoldás:

$$I_{B0} = I_{C0} / B = 3 \text{ mA} / 300 = 0,01 \text{ mA}$$

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE0} = 10 - 0,7 = 9,3 \text{ V}$$
$$R_b = U_{Rb} / I_{B0} = 9,3 \text{ V} / 0,01 \text{ mA} = 930 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} = 10 - 5 = 5 \text{ V}$$
$$R_c = U_{Rc} / I_{C0} = 5 \text{ V} / 3 \text{ mA} = 1,67 \text{ k}\Omega$$

4. feladat, megoldás:

$$I_B = I_C / B = 4 \text{ mA} / 250 = 0,016 \text{ mA}$$
$$U_{BE} \text{ legyen } 0,7 \text{ V}$$

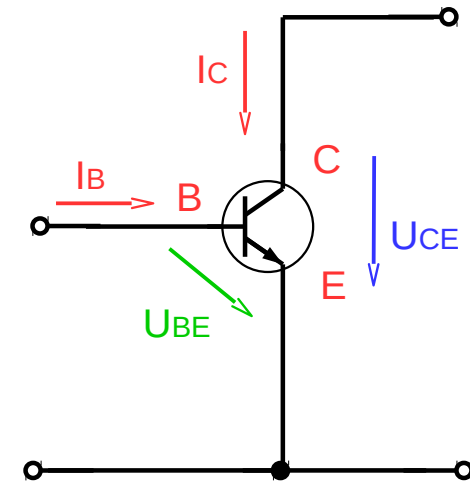
$$U_E = R_E * I_E = 0,2 \text{ k}\Omega * 4 \text{ mA} = 0,8 \text{ V}$$
$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} - U_E = 12 - 0,7 - 0,8 \text{ V} = 10,5 \text{ V}$$
$$R_b = U_{Rb} / I_B = 10,5 \text{ V} / 0,016 \text{ mA} = 656,25 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} - U_E = 12 - 5 - 0,8 \text{ V} = 6,2 \text{ V}$$
$$R_c = U_{Rc} / I_C = 6,2 \text{ V} / 4 \text{ mA} = 1,55 \text{ k}\Omega$$

12.7. Bipoláris tranzisztor karakterisztikái

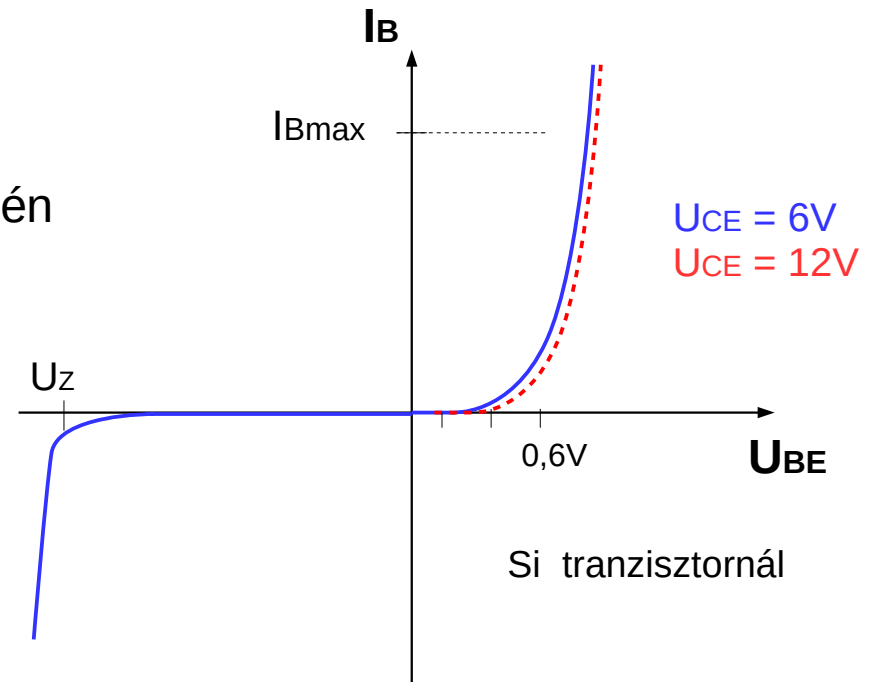
1. Tranzisztor karakterisztikák (jelleggörbék)

- a tranzisztor áramai és feszültségei közötti összefüggéseket írják le
 U_{BE} I_B I_C U_{CE} (I_E)
- a tranzisztort mint négyfólust vizsgáljuk,
→ egyik kivezetés közös
- közös emitteres kapcsolás



2. Bemeneti karakterisztika

- a bázis-emitter feszültség és bázis áram közötti kapcsolatot mutatja ($U_{BE} - I_B$), ha U_{CE} állandó
- a bázis-emitter egy PN átmenet
→ a karakterisztika hasonló mint dióda esetén
- függ egy kicsi U_{CE} értékétől is
nagyobb U_{CE} → jobbra tolódik
- függ a hőmérséklettől is
→ $\Delta U_{BE}/\Delta T \approx -2\text{mV}/^\circ\text{C}$
(balra tolódik 2mV-al fokonként)
- **differentiális bemeneti ellenállás:**
 $r_{BE} = \Delta U_{BE}/\Delta I_B$ ha U_{CE} állandó
 $r_{BE} \rightarrow h_{11e}$ paraméter

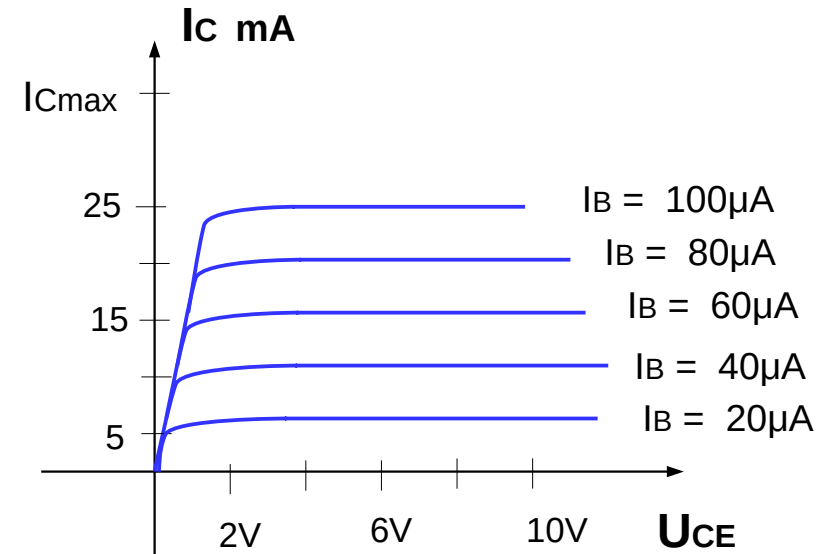


12.7. Bipoláris tranzisztor karakterisztikái

3. Kimeneti karakterisztika

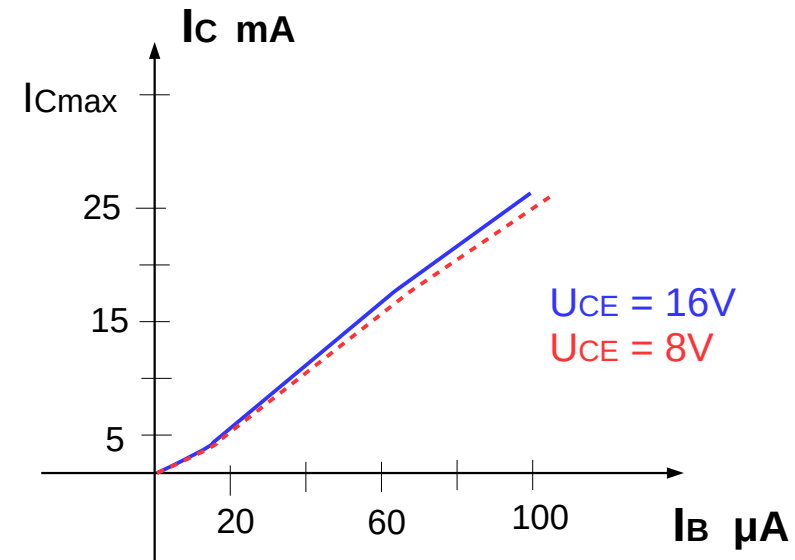
- a kollektor-emitter feszültség és kollektor áram közötti kapcsolatot mutatja ($U_{CE} - I_C$)
ha I_B állandó
- I_C főleg I_B értékétől függ !!
 U_{CE} értékétől lényegében nem függ !!
(csak telítési tartományban)
- **differentiális kimeneti ellenállás:**
 $r_{CE} = \Delta U_{CE} / \Delta I_C$ ha U_{BE} állandó

$1/r_{CE} \rightarrow h_{22e}$ paraméter !!



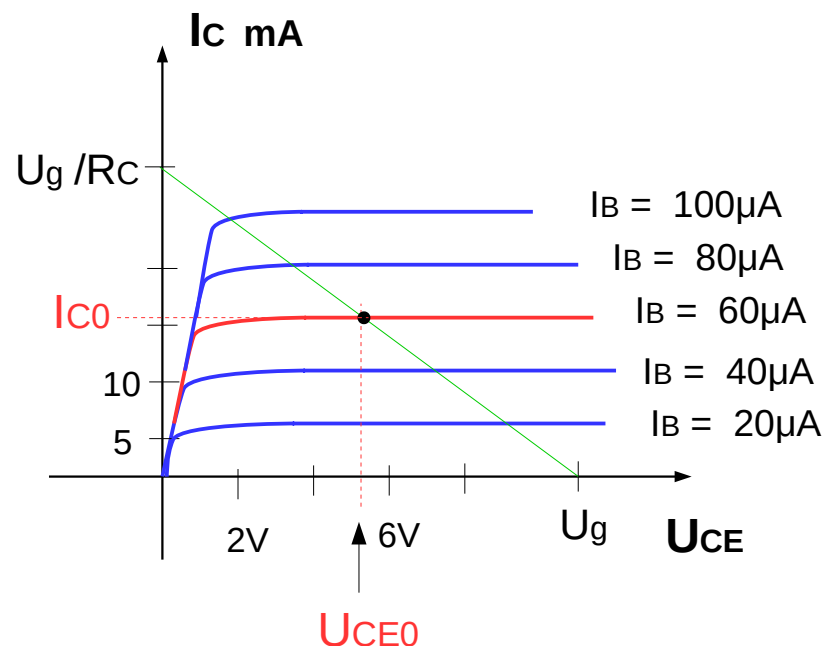
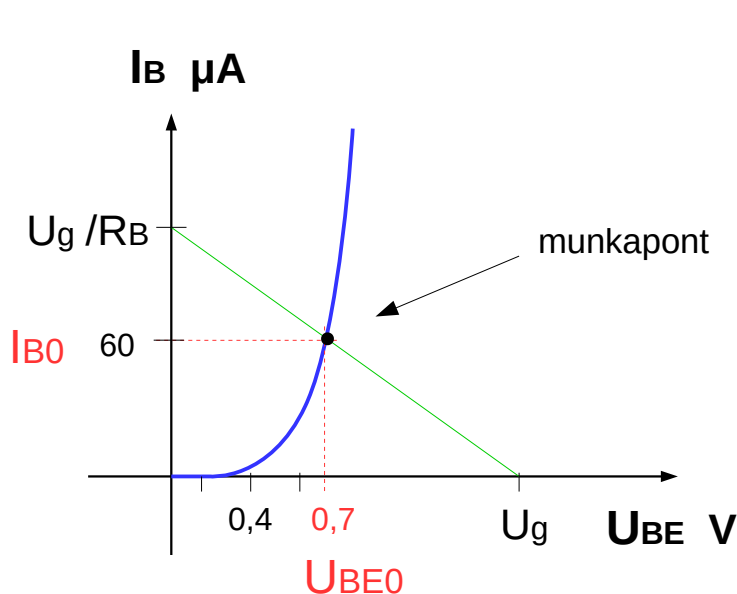
4. Transzfer karakterisztika

- a kollektor áram és a bázis áram közötti kapcsolatot mutatja ($I_B - I_C$)
ha U_{CE} állandó
 - egyenáramú áramerősítési tényező:
 $B = I_C / I_B \rightarrow$ közelítőleg állandó (de nem teljesen !)
 - **differentiális áramerősítési tényező:**
 $\beta = \Delta I_C / \Delta I_B$ ha U_{CE} állandó
- $\beta \rightarrow h_{21e}$ paraméter !!
- B és β értéke függ I_C értékétől !
 \rightarrow kis, és nagy I_C esetén kisebbek



12.8. Tranzisztor munkapont beállítása

1. Munkapont

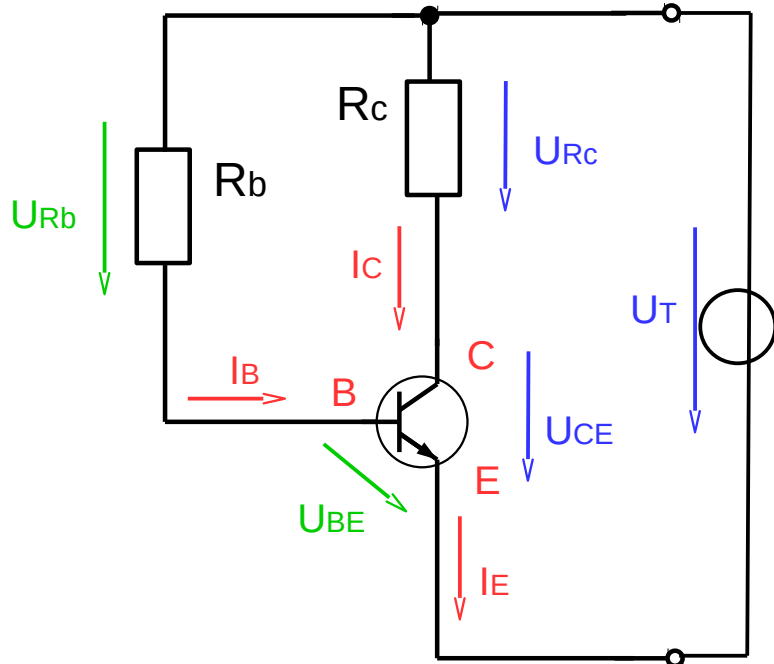


Munkapont:

- megfelelő áramok és feszültségek (I_B I_C U_{BE} U_{CE} I_E) beállítása, hogy a tranzisztor stabilan nyitva legyen (általában a normál aktív tartományban) \rightarrow (I_{B0} I_{C0} U_{BE0} U_{CE0} I_{E0})
- a generátor feszültség (U_g) és a bázisköri, kollektorköri ellenállások (R_B , R_C) által meghatározott munkaegyenesen mozoghatunk
- U_{CE0} értékét (amely U_t és 0 között lehet) általában célszerű a tápfeszültség fele közelébe belőni (erősítő esetén így lesz nagy a kivezérelhetőség !)

12.8. Tranzisztor munkapont beállítása

2. Munkapont beállítás bázis árammal



1. mintafeladat

$$U_T = 12V$$

$$I_{B0} = 0,06 \text{ mA}$$

$$U_{BE0} = 0,7 \text{ V}$$

$$B = 260$$

$$(I_{E0} \approx I_{C0})$$

$$U_{CE} = 6V$$

Számoljuk ki a szükséges ellenállások értékeit !

Megoldás

Tranzisztor

$$I_{C0} = B \cdot I_{B0} = 260 \cdot 0,06 \text{ mA} = 15,6 \text{ mA}$$

$$I_{E0} = I_{C0} + I_{B0} = 15,6 + 0,06 = 15,66 \text{ mA}$$

Nagy hurok

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE0} = 12 - 0,7 = 11,3 \text{ V}$$

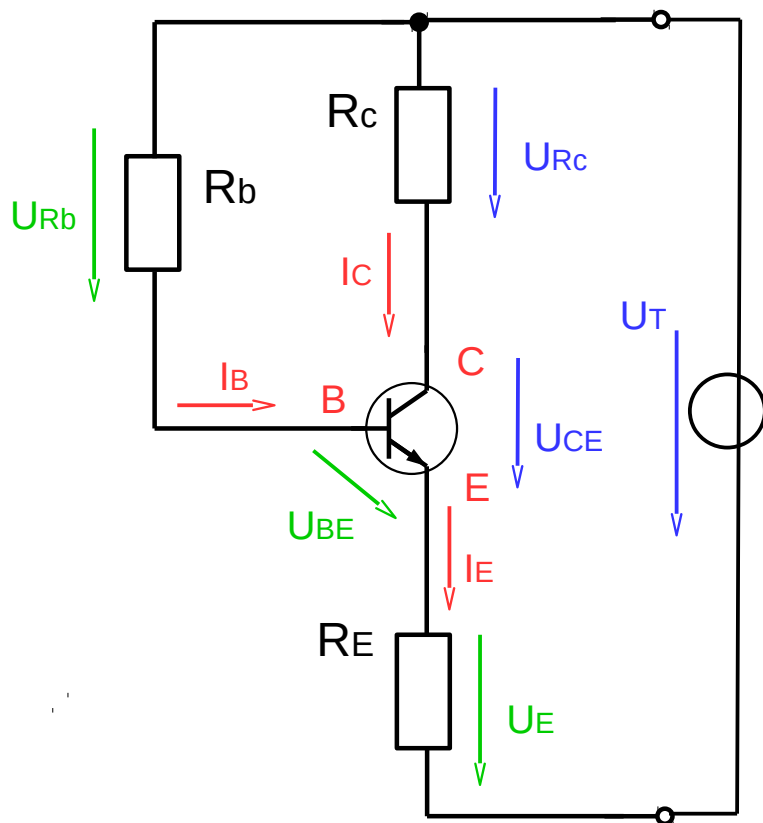
$$R_b = U_{Rb} / I_{B0} = 11,3 \text{ V} / 0,06 \text{ mA} = 188,33 \text{ k}\Omega$$

Jobb oldali hurok

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} = 12 - 6 = 6 \text{ V}$$

$$R_c = U_{Rc} / I_{C0} = 6 \text{ V} / 15,6 \text{ mA} = 0,385 \text{ k}\Omega$$

12.8. Tranzisztor munkapont beállítása



R_E szerepe

Soros negatív áram visszacsatolást valósít meg → munkapont stabilizáló hatása van (hőmérséklet nő → I_B nő → I_C nő → U_E nő → U_{BE} csökken → I_B csökken → I_C csökken)

2. Mintafeladat:

$$U_T = 10V$$

$$B = 250$$

$$I_E \approx I_C = 2mA$$

$$U_E = 1,4V$$

$$U_{CE} = 5V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !

Megoldás

Tranzisztor

$$I_B = I_C / B = 2 \text{ mA} / 250 = 0,008 \text{ mA}$$

$$U_{BE} \text{ legyen } 0,6 \text{ V}$$

Nagy hurok

$$R_E = U_E / I_E = 1,4 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 0,7 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} - U_E = 10 - 0,6 - 1,4 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

$$R_b = U_{Rb} / I_B = 8 \text{ V} / 0,008 \text{ mA} = 1000 \text{ k}\Omega$$

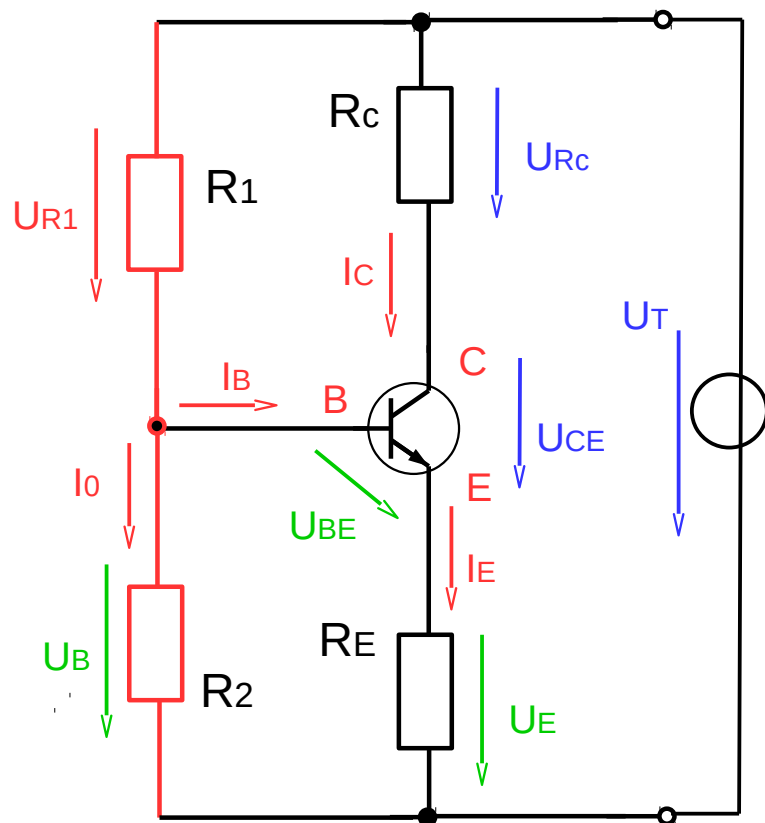
Jobb oldali hurok

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} - U_E = 10 - 5 - 1,4 \text{ V} = 3,6 \text{ V}$$

$$R_c = U_{Rc} / I_C = 3,6 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 1,8 \text{ k}\Omega$$

12.8. Tranzisztor munkapont beállítása

3. Munkapont beállítás bázisosztóval



R_1 és R_2 alkotja a feszültség osztót, amely a tápfeszültségből előállítja a bázis számára szükséges kisebb feszültséget.

Akkor jó ha $I_0 > I_B$ (legalább 10-szer legyen nagyobb) → a feszültségosztó közel terheletlen

3. Mintafeladat:

$$U_T = 10V$$

$$B = 150$$

$$I_E \approx I_C = 3mA$$

$$U_E = 1V$$

$$U_{CE} = 5V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !

Megoldás

Tranzisztor U_{BE} legyen $0,6V$

$$I_B = I_C / B = 3mA / 150 = 0,02mA$$

$$I_0 = 10 * I_B = 10 * 0,02mA = 0,2mA$$

kis hurok

$$U_{BE} + U_E - U_B = 0$$

$$R_E = U_E / I_E = 1V / 3mA = 0,33k\Omega$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,6 + 1V = 1,6V$$

$$R_2 = U_B / I_0 = 1,6V / 0,2mA = 8k\Omega$$

Nagy hurok

$$U_{R1} = U_T - U_B = 10 - 1,6 = 8,4V$$

$$R_1 = U_{R1} / (I_0 + I_B) = 8,4V / 0,22mA = 38,2k\Omega$$

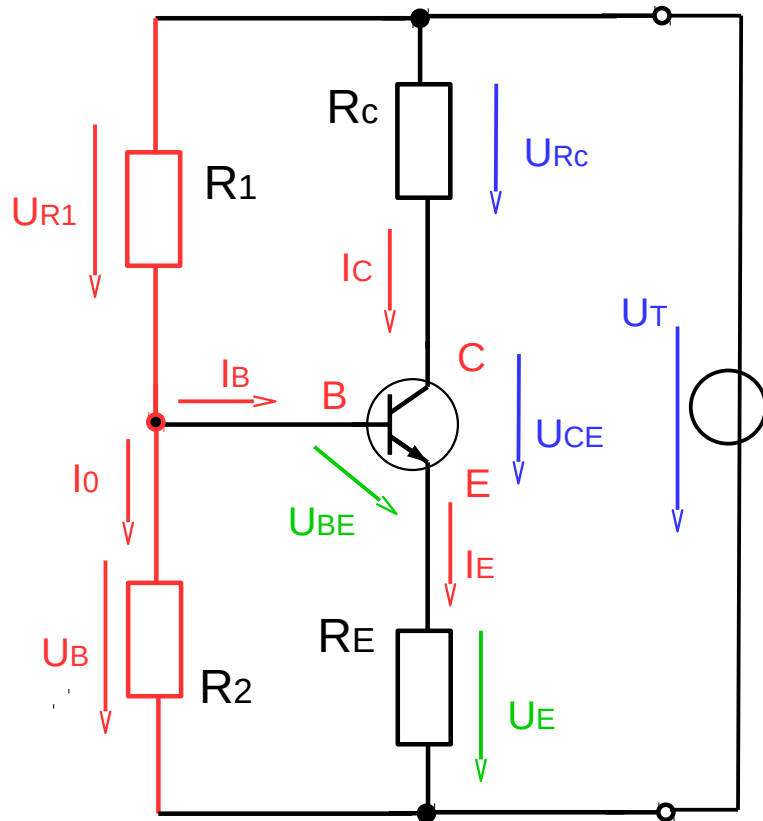
Jobb oldali hurok

$$U_{RC} = U_T - U_{CE} - U_E = 10 - 5 - 1V = 4V$$

$$R_C = U_{RC} / I_C = 4V / 3mA = 1,33k\Omega$$

12.9. Feladatok

1. feladat:



$$U_T = 15V$$

$$B = 300$$

$$I_E \approx I_C = 4,5mA$$

$$U_E = 1,5V$$

$$U_{CE} = 7V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !

2. feladat:

$$U_T = 12V$$

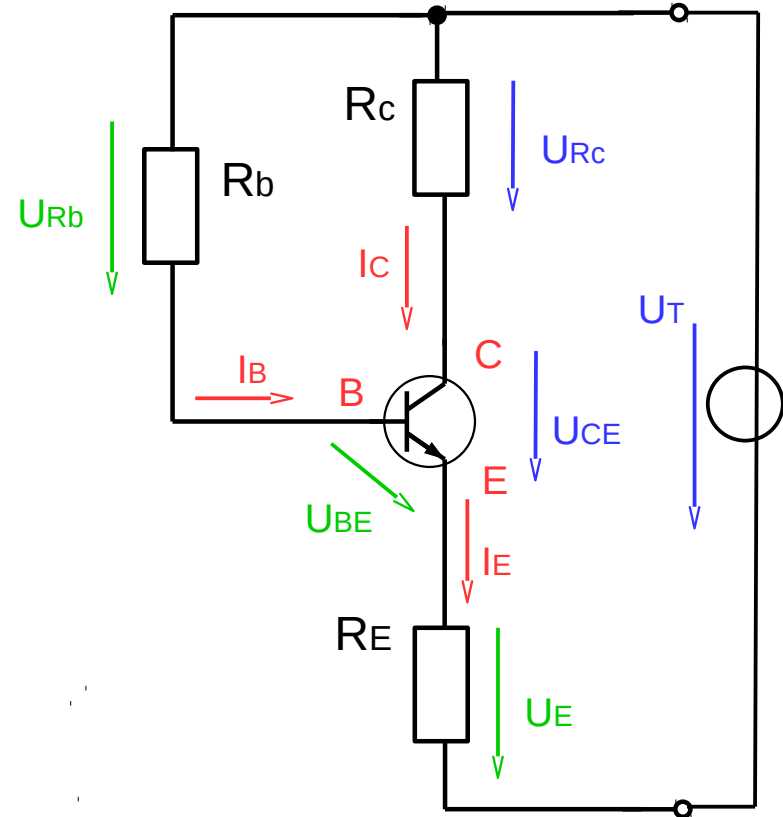
$$B = 200$$

$$I_E \approx I_C = 2mA$$

$$U_{CE} = 6V$$

$$U_E = 1V$$

Számoljuk ki a hiányzó feszültségek, áramok értékeit, és a szükséges ellenállásokat !



12.9. Feladatok

1. feladat, megoldás:

U_{BE} legyen 0,7 V

$$I_B = I_C / B = 4,5 \text{ mA} / 300 = 0,015 \text{ mA}$$

$$I_0 = 10 * I_B = 10 * 0,015 \text{ mA} = 0,15 \text{ mA}$$

$$R_E = U_E / I_E = 1,5 \text{ V} / 4,5 \text{ mA} = 0,33 \text{ k}\Omega$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 0,7 + 1,5 \text{ V} = 2,2 \text{ V}$$

$$R_2 = U_B / I_0 = 2,2 \text{ V} / 0,15 \text{ mA} = 14,67 \text{ k}\Omega$$

$$U_{R1} = U_T - U_B = 15 - 2,2 = 12,8 \text{ V}$$

$$R_1 = U_{R1} / (I_0 + I_B) = 12,8 \text{ V} / 0,165 \text{ mA}$$

$$R_1 = 77,58 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} - U_E = 15 - 7 - 1,5 \text{ V} = 6,5 \text{ V}$$

$$R_c = U_{Rc} / I_C = 6,5 \text{ V} / 4,5 \text{ mA} = 1,44 \text{ k}\Omega$$

2. feladat, megoldás:

$$I_B = I_C / B = 2 \text{ mA} / 200 = 0,01 \text{ mA}$$

U_{BE} legyen 0,7 V

$$R_E = U_E / I_E = 1 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 0,5 \text{ k}\Omega$$

$$U_{Rb} = U_T - U_{BE} - U_E = 12 - 0,7 - 1 \text{ V} = 10,3 \text{ V}$$

$$R_b = U_{Rb} / I_B = 10,3 \text{ V} / 0,01 \text{ mA} = 1030 \text{ k}\Omega$$

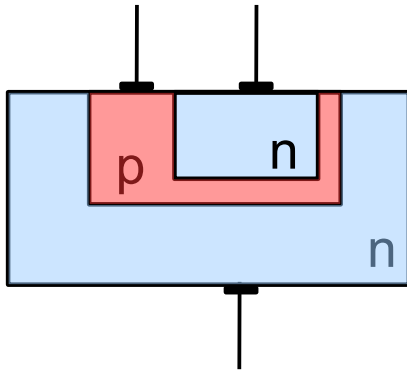
$$U_{Rc} = U_T - U_{CE} - U_E = 12 - 6 - 1 \text{ V} = 5 \text{ V}$$

$$R_c = U_{Rc} / I_C = 5 \text{ V} / 2 \text{ mA} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

12.10. Ismétlő kérdések, feladatok

1. Jelöld meg a kivezetéseket, melyik az emitter, bázis és a kollektor ?

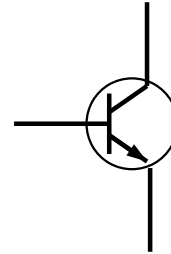
2. Mikor van a tranzisztor normál aktív üzemmódban ?



3. Rajzold le a bipoláris tranzisztor bemeneti és kimeneti karakterisztikáját !

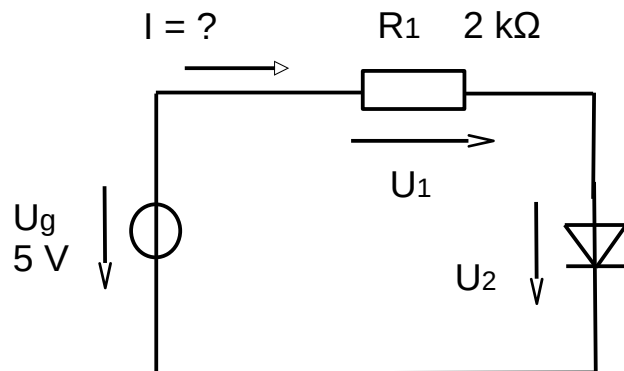
12.10. Ismétlő kérdések, feladatok

4. Jelöld a rajzon a tranzisztor áramait !
Milyen összefüggéseket ismerünk közöttük ?



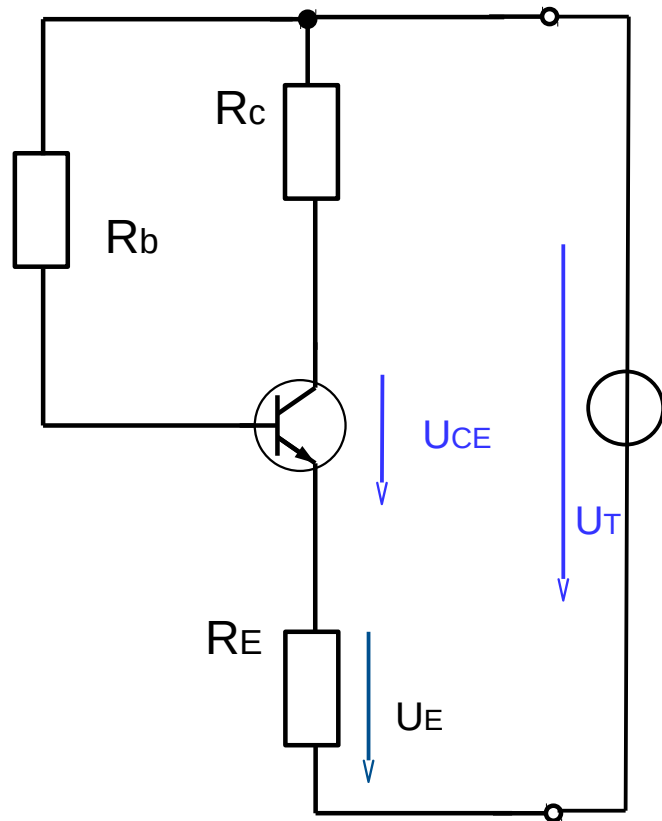
5. Rajzolj le egy bázisosztós munkapont beállító kapcsolást !

6. Mennyi áram fog folyni az alábbi áramkörökben ?



12.10. Ismétlő kérdések, feladatok

7. Számítsd ki az ellenállások értékét !



$$U_T = 12V$$

$$I_C = 4mA$$

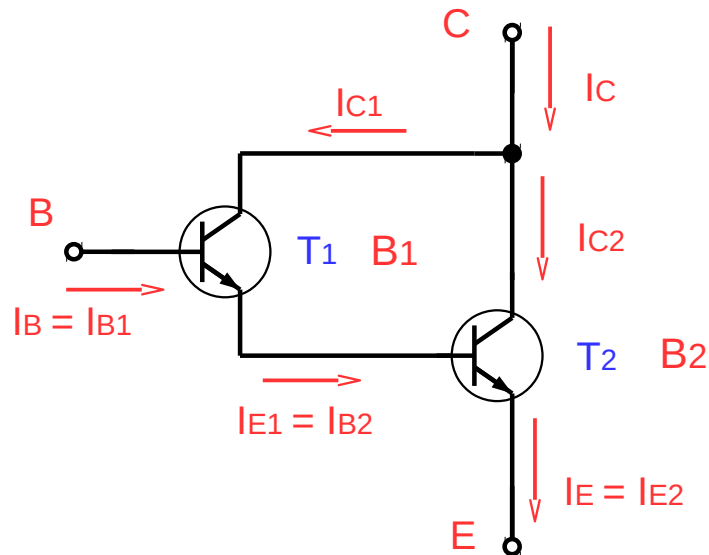
$$U_E = 1V$$

$$U_{CE} = 5V$$

$$B = 100$$

12.11. Speciális tranzisztoros kapcsolások

1. Darlington kapcsolás



Eredő áram erősítési tényező

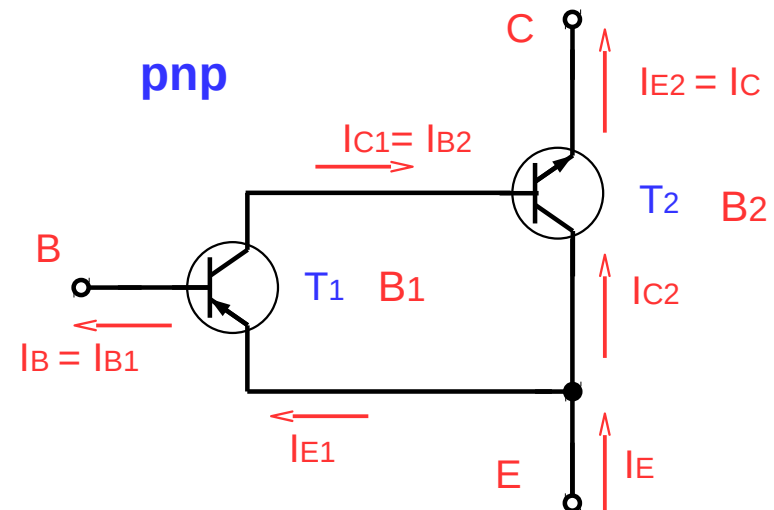
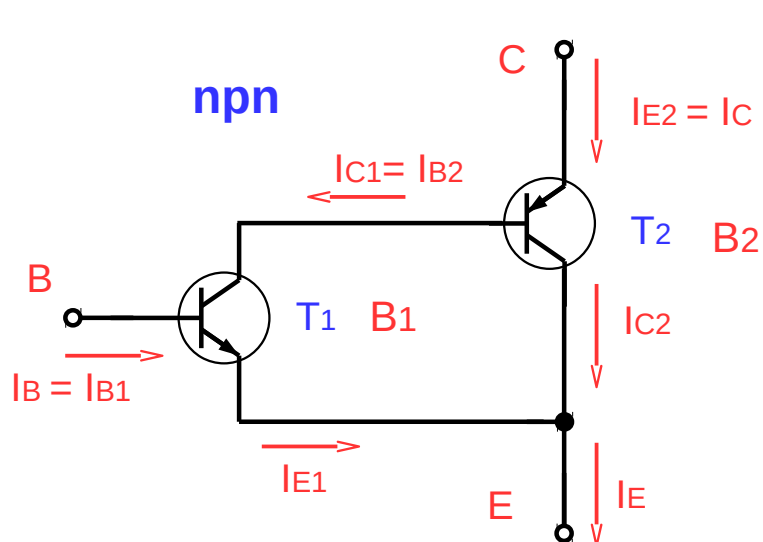
$$B = I_C / I_B \rightarrow$$

$$B_e = B_1 * B_2$$

Jellemzői:

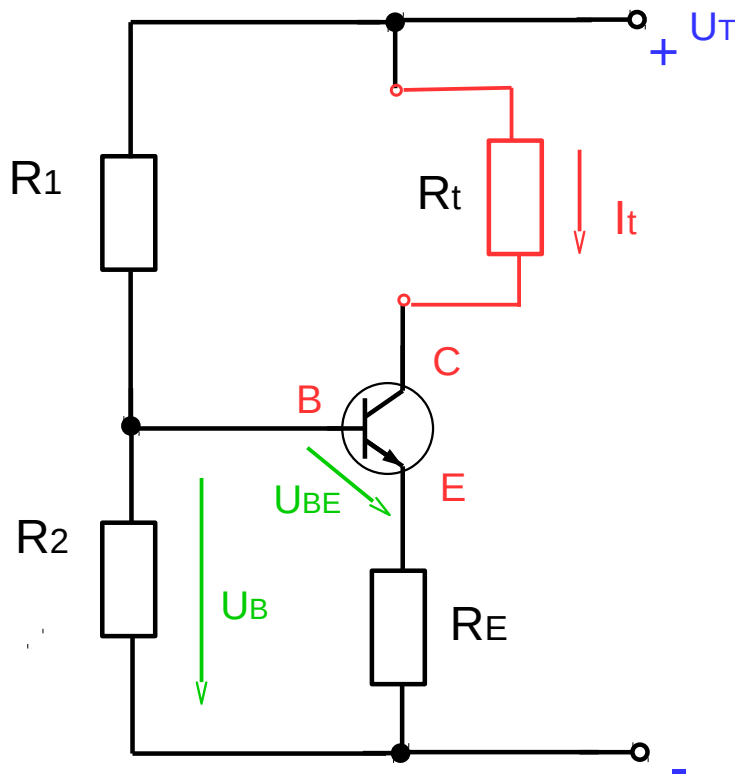
- nagy áram erősítés ! →
- I_B nagyon kicsi lehet
- hátrány: nagyobb zaj mint egy tranzisztor esetén

2. Komplementer Darlington kapcsolás



12.11. Speciális tranzisztoros kapcsolások

3. egyszerű áramgenerátor



R_1 és R_2 feszültségosztó közel állandó bázis feszültséget állít be
→ emitter feszültség is közel állandó
→ emitter, kollektor áram is közel állandó

Hátránya:

U_B erősen függ a tápfeszültségtől és a hőmérséklettől

$$I_t = I_C = (U_B - U_{BE}) / R_E$$

$$R_b = 1/h_{22e} * (1 + h_{21e} * R_E / h_{11e})$$

Minta feladat

$$R_1 = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_E = 760 \text{ }\Omega$$

$$U_T = 9 \text{ V}$$

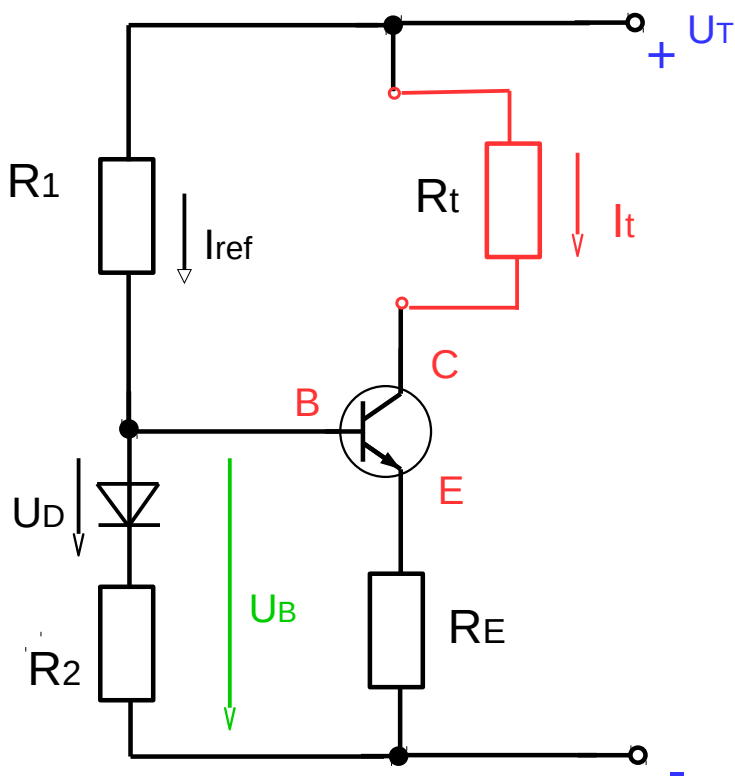
$$U_B \approx U_T * R_2 / (R_1 + R_2) = 3 \text{ V}$$

$$U_E = U_B - U_{BE} = 2,3 \text{ V}$$

$$I_t = I_C \approx I_E = U_E / R_E = 2,3 \text{ V} / 760 \text{ }\Omega = 3 \text{ mA}$$

12.11. Speciális tranzisztoros kapcsolások

4. áramgenerátor, hőmérséklet függés csökkentéssel

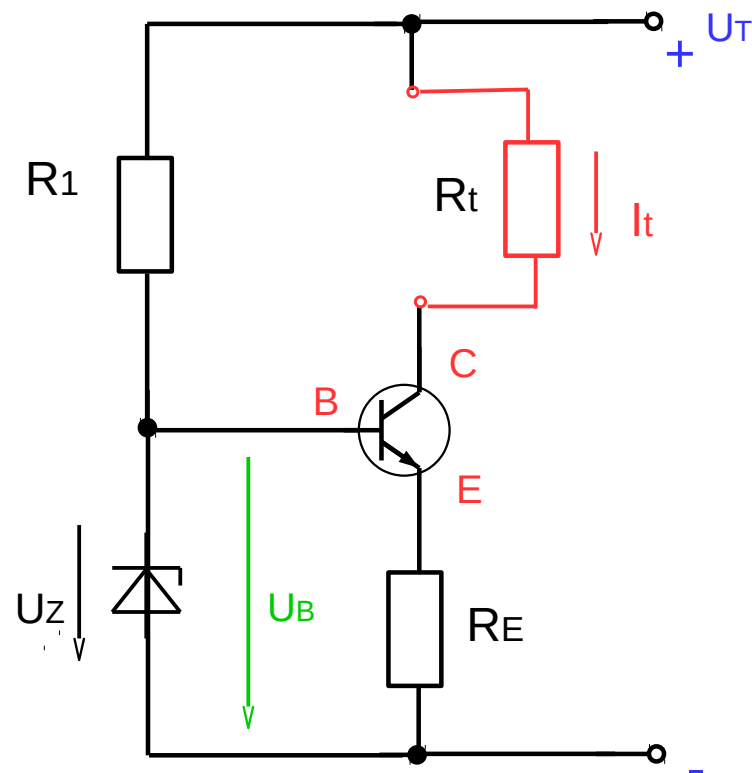


$$I_t = I_C = (U_B - U_{BE}) / R_E$$

$$R_{be} = 1/h_{22e} * (1 + U_E / U_T)$$

$$I_t \approx I_{ref} * R_2 / R_E$$

5. áramgenerátor, tápfeszültség függés csökkentéssel



$$I_t = I_C = (U_B - U_{BE}) / R_E$$

$U_B = U_Z$!! tápfeszültségtől
függetlenül