

Elektronika, második gyakorlat

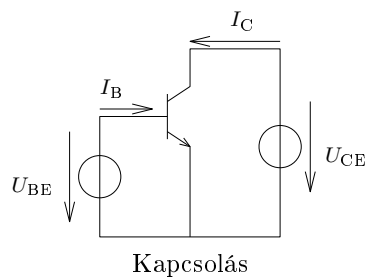
1. A tranzisztor adatlapja

Az előadáson elhangzott adatok a PN2222-es tranzisztor adatlapján

- NPN epitaxial silicon transistor
 - npn-típusú,
 - epitaxiális (növesztéses) kristály,
 - alapagyaga Si,
- maximum ratings (ugyanúgy, mint dióda esetén, az itt megadott értékeket a tranzisztor biztosan tudja)
- figyelni kell az indexeket (feszültségirányokról hordoz információt)
- A különböző dióda (vagy ahhoz hasonló) karakterisztikák jellemzői
 - letörési feszültségek,
 - maximális áramok
- breakdown – letörési feszültség (amikor a tranzisztor tönkremegy, gyakorlatilag a diódák maximális zárófeszültsége és $U_{CE\ max}$.)
- cut-off – lezárt üzemmód, amikor mindkét dióda záróirányban van előfeszítve,
- saturation – telítési üzemmód, amikor mindkét dióda nyitóirányban van előfeszítve,
- hybrid parameters – hibrid (amikor a négypóluskarakterisztika paraméterei nem azonos mértékegységek)
 - h_{fe} – kisjelű erősítés (β)
 - h_{FE} – egyenáramú erősítés (B)
 - a többi h -paraméter ritkábban adott, indexelésük
 - * első $\in \{i,r,f,o\}$, rendre input, reverse, forward, output,
 - * második $\in \{e,b,c\}$, rendre földelt emitterű, bázisú, kollektorú,
- f_T – tranzitfrekvencia (stabil felső határfrekvencia), nagyfrekvenciás viselkedésnél számít, később tanuljuk,
- output capacitance – kimeneti kapacitás.

2. Feladatok

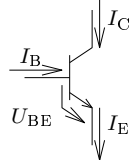
1. Vizsgáljuk a következő sematikus ábrában adott bipoláris tranzisztort.



- (a) Rajzoljátok le a karakterisztikáit!
 (b) Jelöljétek a tranzisztor üzemmódjait, ahol tudjátok!

Megoldás

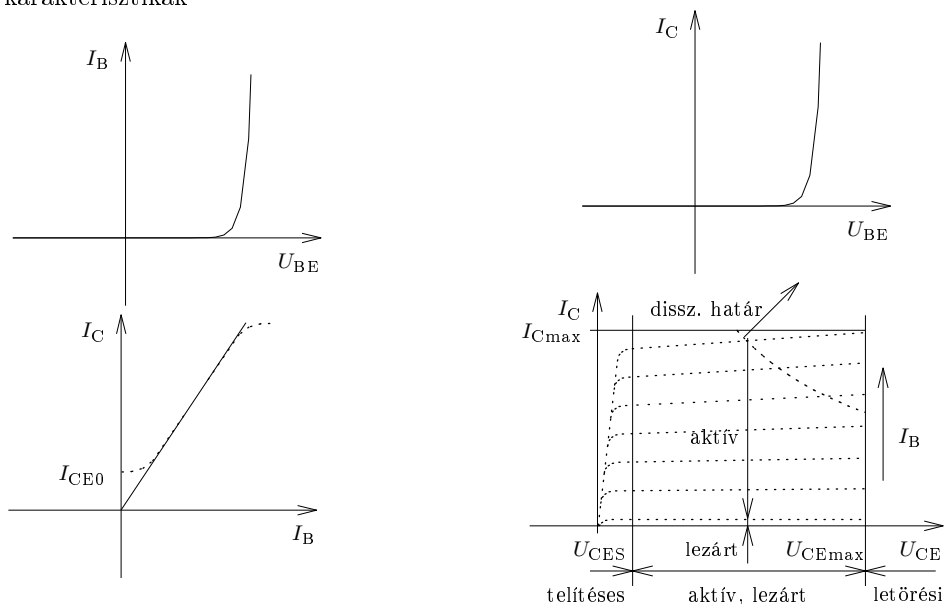
Tekintsük a következő ábra szerinti mérőirányokat!



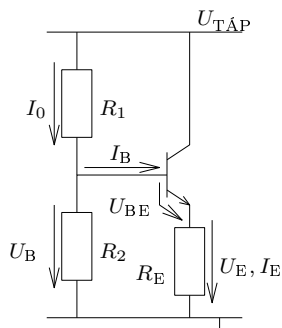
A következő táblázat foglalja össze a lehetséges paramétereket

üzemmód	BE dióda	BC dióda	I_B	I_C	I_E
aktív	nyitva	zárva	> 0	> 0	> 0
lezárt	zárva	zárva	$= 0$	$= 0$	$= 0$
inverz aktív	zárva	nyitva	> 0	< 0	< 0
telítéses	nyitva	nyitva	> 0	–	–

Ekkor a karakterisztikák



2. Vizsgáljuk a következő szilíciumtranzisztoros kapcsolást.



(a) Mekkora a tranzisztor munkaponti áramai, ha a tápfeszültség és az ellenállások nagysága

$$\begin{aligned}U_{\text{TÁP}} &= 15 \text{ V}, & R_1 &= 7 \text{ k}\Omega, & R_E &= 600 \Omega, \\R_2 &= 1 \text{ k}\Omega, & B &= 100.\end{aligned}$$

Megoldás

Először feltételezzük, hogy a bázis nem terheli a bázisosztót, ekkor

$$U_B = \frac{1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 7 \text{ k}\Omega} 15 \text{ V} = 1,875 \text{ V}$$

és az emitterfeszültség (felhasználva, hogy a szilíciumtranzisztor nyitófeszültsége $\simeq 0,6 \text{ V}$)

$$U_E = U_B - 0,6 \text{ V} = 1,275 \text{ V}.$$

Az emitter- és a bázisáram

$$I_E = \frac{U_E}{R_E} = 2,125 \text{ mA},$$

$$I_B = \frac{I_E}{1 + B} = 21,0396 \mu\text{A}.$$

Meg kell még vizsgálnunk, hogy helyesen feltételeztük-e azt, hogy a bázis nem terheli a bázisosztót

$$I_0 > 10I_B$$

$$\frac{U_{\text{TÁP}}}{R_1 + R_2} = 1,875 \text{ mA} > 0,2104 \text{ mA},$$

azaz helyes volt a feltételezés.

(b) Mik, hogy befolyásolnák az előbb kapott eredményt?

Megoldás

Az $I_0 > 10I_B$ feltételezés nem állná meg a helyét, hogyha

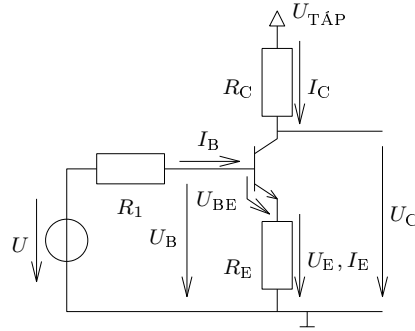
- R_E sokkal kisebb lenne, vagy ha
- a bázisosztó elemei nagyobbak.

Ebben az esetben a bázisosztó $\frac{1}{1+B}$ -szorosára látszana az emitter felől is és az emitteráram számolásánál figyelembe kell venni

$$I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E + \frac{1}{1+B} R_B},$$

ahol $R_B = R_1 \times R_2$. (Előadáson volt.)

3. Vizsgáljuk a következő kapcsolást.



(a) Milyen üzemmódban dolgozik a tranzisztor, ha

$$\begin{aligned} U_{TAP} &= 12 \text{ V}, & R_1 &= 40 \text{ k}\Omega, & R_E &= 1 \text{ k}\Omega, \\ R_C &= 1 \text{ k}\Omega, & U &= 4 \text{ V}, & B &= 100. \end{aligned}$$

Megoldás

Számoljuk ki a kapcsolás paramétereit azt feltételezve, hogy a bázis-emitterátmenet nyitva van. A bázisköri feszültségtörvény

$$\begin{aligned} U - R_1 I_B - U_{BE} - U_E &= 0 \\ U - R_1 I_B - U_{BE} - I_E R_E &= 0 \\ U - R_1 I_B - U_{BE} - B I_B R_E &= 0 \\ 4 - 40 \cdot 10^3 \cdot I_B - 0,6 - 100 \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot I_B &= 0, \end{aligned}$$

Innen

$$I_B = \frac{4 - 0,6}{40 \cdot 10^3 + 100 \cdot 10^3} = \frac{3,4}{140 \cdot 10^3} = 24,2857 \mu\text{A}.$$

Tehát az a feltevés, hogy $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$ helyes, de még nem tudjuk, hogy aktív üzemmódban van-e a tranzisztor, vagy telítésesben.

Ehhez vizsgáljuk meg a kollektor-emitterfeszültséget is

$$\begin{aligned} U_{CE} &= U_{TAP} - R_C I_C - R_E I_E \simeq \\ &\simeq U_{TAP} - R_C I_E - R_E I_E \simeq \\ &\simeq U_{TAP} - R_C B I_B - R_E B I_B = \\ &= 12 \text{ V} - 1 \text{ k}\Omega \cdot 100 \cdot 24,2857 \mu\text{A} - 1 \text{ k}\Omega \cdot 100 \cdot 24,2857 \mu\text{A} = 7,1429 \text{ V} > 0,2 \text{ V} = U_{CES}, \end{aligned}$$

azaz a tranzisztor aktív üzemmódban van!

(b) Mik a munkaponti áramai?

Megoldás

Az előző pont alapján

$$\begin{aligned} I_B &= 24,2857 \mu\text{A} \\ I_C &\simeq I_E \simeq B I_B = 100 \cdot 24,2857 \mu\text{A} = 2,4286 \text{ mA} \end{aligned}$$

(c) És a tranzisztor egyes lábain a feszültség?

Megoldás

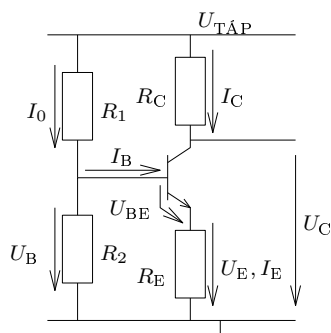
Az áramok segítségével

$$U_B = U - R_1 I_B = 3,0286 \text{ V}$$

$$U_C = U_{T\ddot{A}P} - R_C I_C = 9,5714 \text{ V}$$

$$U_E = R_E I_E = 2,4286 \text{ V}$$

4. Egy R_C soros ellenállást helyezünk a 2-es feladatban vizsgált kapcsolás kollektorkörébe az alábbiak szerint.



(a) Hogy változnak a munkaponti áramok?

Megoldás

A munkaponti áramok nem változnak meg a kollektorköri soros ellenállás hatására.

(b) Mekkora lesz a tranzisztor lábain a feszültség, ha $R_C = 750 \Omega$?

Megoldás

Sem a bázison, sem az emitteren nem változik a feszültség, azaz

$$U_B = 1,875 \text{ V}$$

$$U_E = 1,275 \text{ V},$$

a kollektor feszültsége viszont csökken

$$U_C = U_{T\ddot{A}P} - R_C I_C = 15 \text{ V} - 1,5938 \text{ V} = 13,4063 \text{ V}.$$

(c) Mi szab határt az ellenállás értékének? És mekkora a határ?

Megoldás

Addig marad a tranzisztor aktív tartományban, amíg a kollektor–emitterfeszültség nagyobb, mint $U_{CES} = 0,2 \text{ V}$, tehát a feltétel

$$U_{CE} = U_C - U_E = U_{T\ddot{A}P} - R_C I_C - U_E > U_{CES}$$

$$R_C < \frac{U_{T\ddot{A}P} - U_E - U_{CES}}{I_C} = 6,3647 \text{ k}\Omega.$$

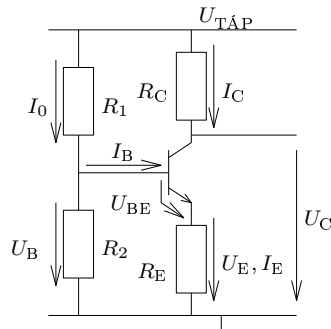
(d) Van másik irányban is határa ennek a paraméternek?

Megoldás

Nem, hiszen a 2-es feladatban láttuk, hogy $R_C = 0$ esetén is az elvárt módon működik a kapcsolás.

5. Számold ki az alábbi kapcsolásban a munkaponti adatokat, az alkatrészek következő értékei mellett

$$\begin{aligned} U_{T\dot{A}P} &= 10 \text{ V}, & U_{BE} &= 0,7 \text{ V}, & R_E &= 2 \text{ k}\Omega, \\ R_C &= 5 \text{ k}\Omega, & R_1 &= 73 \text{ k}\Omega, & R_2 &= 27 \text{ k}\Omega, \\ B &= 300. \end{aligned}$$



Megoldás

A bázisfeszültség a bázisosztó segítségével

$$U_B = U_{T\dot{A}P} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2,7 \text{ V},$$

a báziskörben a feszültségtörvényből az emitterfeszültség (0,7 V-nak tekintve a dióda nyitófeszültségét)

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

ennek segítségével az emitteráram

$$I_E = \frac{U_E}{R_E} = 1 \text{ mA}.$$

Ellenőrizzük, hogy helyesen feltételeztük-e, hogy a bázisáram nem terheli a bázisosztót. Ehhez a bázisosztó árama

$$I_0 = \frac{U_{T\dot{A}P}}{R_1 + R_2} = 0,1 \text{ mA},$$

a bázisáram

$$I_B = \frac{I_E}{1 + B} = 3,3223 \mu\text{A}.$$

A feltétel teljesül

$$I_0 = 0,1 \text{ mA} > 10 I_B = 0,0332 \text{ mA}.$$

A kollektoráram kb. egyezik az emitterárammal

$$I_C = \alpha I_E \simeq I_E = 0,1 \text{ mA}.$$

(Miért? Mert $A = \frac{B}{B+1} = 0,9967 \simeq 1$.)

És végül a kollektorfeszültség

$$U_C = U_{T\dot{A}P1} - I_C R_C = 5 \text{ V}.$$

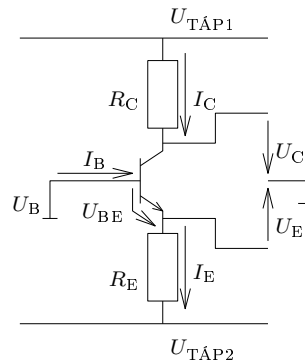
Milyen üzemmódban van a tranzisztor? Aktívban, hiszen nyitottnak feltételezett BE dióda mellett a bázisáram nemnulla, illetve $U_{CE} = U_C - U_E = 5 \text{ V} - 2 \text{ V} = 3 \text{ V} > 0,2 \text{ V} = U_{CES}$

6. Vizsgáljuk az alábbi kapcsolást, az alkatrészek következő értékei mellett

$$U_{T\dot{A}P1} = 15 \text{ V}, \\ R_E = 3 \text{ k}\Omega,$$

$$U_{T\dot{A}P2} = -5 \text{ V}, \\ R_C = 5,1 \text{ k}\Omega,$$

$$U_{BE} = 0,6 \text{ V}, \\ B = 300.$$



(a) Számold ki a munkaponti adatokat!

Megoldás

A bázisfeszültség

$$U_B = 0,$$

a báziskörben a feszültségtörvényből az emitterfeszültség

$$U_E = U_B - U_{BE} = -0,6 \text{ V},$$

ennek segítségével az emitteráram

$$I_E = \frac{U_E - U_{T\dot{A}P2}}{R_E} = 1,4667 \text{ mA}.$$

A bázisáram

$$I_B = \frac{I_E}{1 + B} = 4,8726 \mu\text{A}.$$

A kollektoráram kb. egyezik az emitterárammal

$$I_C = A I_E \simeq I_E = 1,4667 \text{ mA}.$$

(Miért? Mert $A = \frac{B}{B+1} = 0,9967 \simeq 1$.)

És végül a kollektorfeszültség

$$U_C = U_{T\dot{A}P1} - I_C R_C = 7,52 \text{ V}.$$

(b) Melyik üzemmódban van a tranzisztor?

Megoldás

Ehhez meg kell vizsgálni a kollektor–emitterfeszültséget

$$U_{\text{CE}} = U_{\text{C}} - U_{\text{E}} = 8,12 \text{ V} > 0,2 \text{ V},$$

azaz a kollektor–emitterfeszültség nagyobb, mint a szaturációs feszültség, a kollektor zárva van a tranzisztor így aktív üzemmódban van.