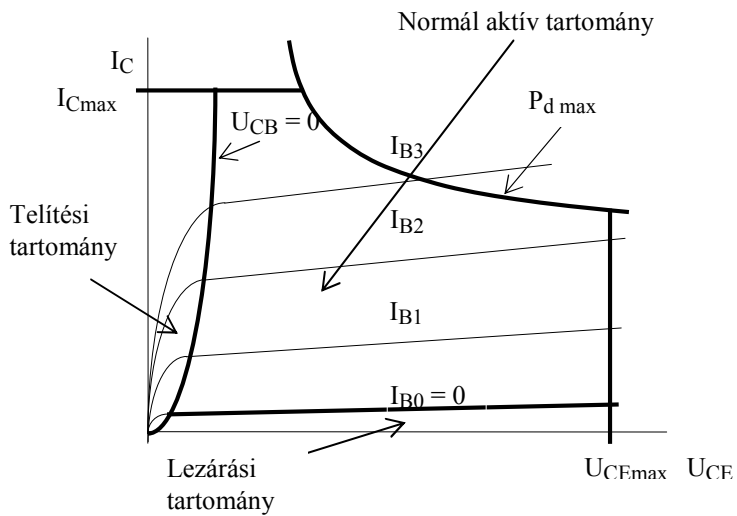


A tranzisztor kimeneti karakterisztikái:



A karakterisztika-görbék paramétere: I_B .

$$I_{B3} > I_{B2} > I_{B1} > I_{B0}$$

Minél nagyobb az I_B , annál magasabban helyezkedik el a karakterisztika-vonal. Az $U_{CB} = 0$, $I_{B0} = 0$, U_{CEmax} , P_{dmax} és I_{Cmax} paraméterekkel jellemzett határvonalak közötti tartomány a normál aktív tartomány. Az erősítők tranzistorai ebben a tartományban működnek.

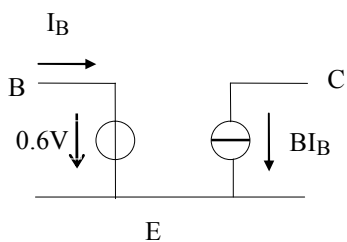
A tranzisztor bemeneti karakterisztikája olyan, mint a diódáé: I_B és U_{BE} kapcsolatát adja meg. A normál aktív tartományban a szokásos áramértékek mellett:

$$I_E \approx I_C = 0.1 \text{ mA} \dots 10 \text{ mA}$$

A bázis és az emitter közötti feszültség (a diódához hasonlóan):

$$U_{BE} \approx 0.6 \text{ V.}$$

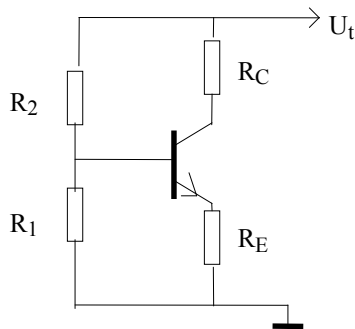
Ez azt jelenti, hogy a tranzisztor egyenáramú helyettesítő képe:



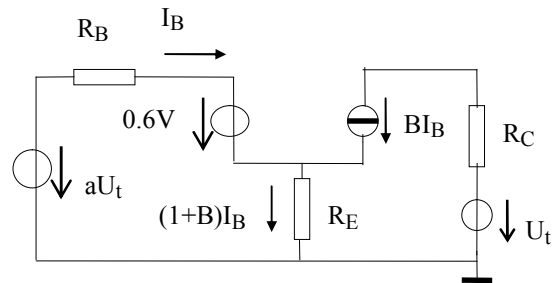
Az egyenáramú helyettesítő kép segítségével a tranzisztor munkapontja határozható meg. A munkaponti adatok: I_C , U_{CE} és néha I_B is (ha nem hanyagolható el).

A munkapont számításának általános módszere

Adott az alábbi kapcsolás.



Egyenáramú helyettesítő-képe:



A helyettesítő-képben:

- R_B a bázisosztó belső ellenállása: $R_B = R_1 \times R_2$
- $a = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

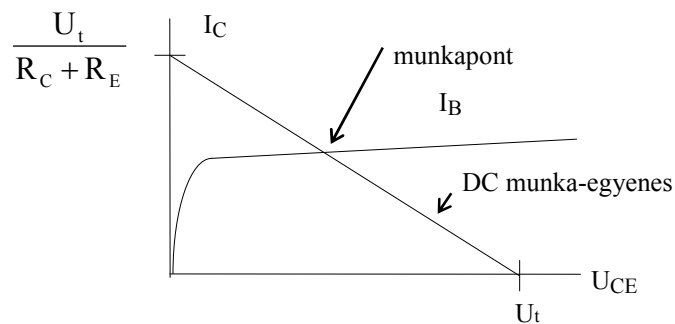
A helyettesítő-kép segítségével: $I_B = \frac{aU_t - 0.6}{R_B + (1+B)R_E}$

$$I_C = BI_B$$

$$U_{CE} \approx U_t - (R_E + R_C)I_C$$

Feltéve, hogy: $I_C \approx I_E$

Grafikusan:



A munkapont számításának gyakorlati módszere:

Közelítés: $I_B \approx 0$ (ellenőrzése: teljesül-e az $[1+B]R_E \gg R_B$ feltétel)

Ezzel: $U_B = aU_t$

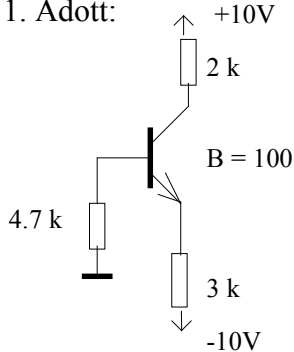
$$U_E = U_B - 0,6V$$

$$I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_E}$$

$$U_{CE} \approx U_t - (R_E + R_C)I_C$$

SZÁMPÉLDÁK

#1. Adott:



A munkapont a gyakorlati módszerrel:

$$I_B = 0 \rightarrow U_B = 0 \rightarrow U_E = -0,6 V$$

Tehát:

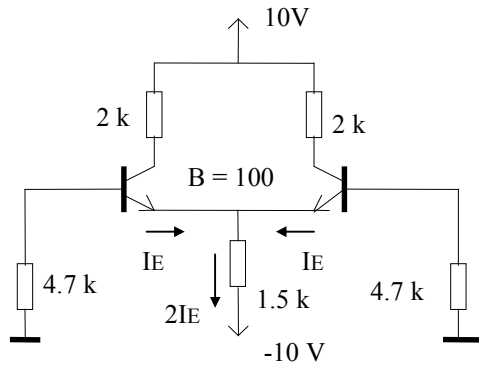
$$I_C \approx I_E = \frac{-0,6 - [-10]}{3} = \underline{3,1 \text{ mA}}$$

$$U_{CE} = 20 - 3,1 \cdot (3 + 2) = \underline{4,5 V}$$

Próba:

$$(1 + 100) 3 \gg 4,7 \quad \checkmark$$

#2. Adott:



A szimmetria miatt a két tranzisztor emitter-árama azonos..

A gyakorlati módszerrel:

$$I_B \approx 0 \text{ V} \rightarrow U_B = 0 \text{ V} \rightarrow U_E = -0.6 \text{ V}$$

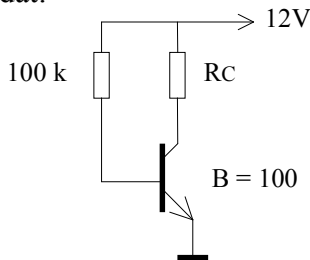
Tehát:

$$2I_E = (-0.6 + 10) / 1.5 = 6.2 \text{ mA}$$

Könnyű belátni, hogy a mostani munkaponti adatok megegyeznek az előző példa adataival:

$$I_E = 3,1 \text{ mA}, U_{CE} = 4,5 \text{ V}$$

#3. Feladat:



Számítsa ki az R_C megengedhető legnagyobb értékét a normál aktív tartományban.

Az R_E szerepe: a munkapont stabilizálása negatív visszacsatolással. Ha a hőmérséklet változik, eltérő bázis-emitter feszültség tartozik ugyanakkora kollektor-áramhoz. Ezt a következő, a hőmérsékletfüggést megadó tényező írja le:

$$\frac{dU_{BE}}{dT} = -2 \dots -2.2 \frac{mV}{^\circ C}$$

Például a hőmérséklet növekedése esetén ugyanakkora áramhoz kisebb U_{BE} tartozik. Ha a bázis potenciálja a hőmérsékletváltozás ellenére változatlan marad, és a kapcsolásban nincs R_E ellenállás, a tranzisztor árama megnő. A nagyobb áram nagyobb teljesítményt jelent a tranzisztoron, ami azt "fűti" és még nagyobb áramot eredményez stb. Ez a folyamat a tranzisztor tönkremenéséhez vezethet. Ha viszont van R_E ellenállás, a nagyobb áram nagyobb feszültséget ejt rajta, ami az U_{BE} feszültséget csökkenti (soros áram-visszacsatolás), és az R_E ellenállás megfelelő értékével a katasztrofális túlmelegedés elkerülhető.

Az emitter-ellenállás megfelelő megválasztására szolgáló "ökölszabály":

$$R_E I_E \geq 1 \text{ V.}$$

A munkapont párhuzamos feszültség-visszacsatolással is stabilizálható: Erre egy példa:

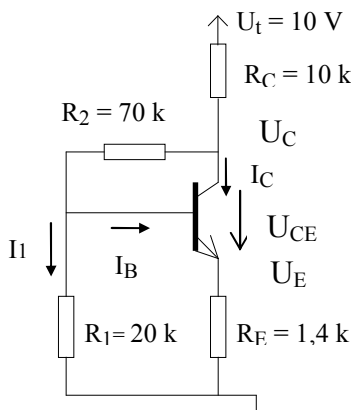
A munkaponti adatok számítása:

Feltételezés: $I_B \approx 0$.

A következő egyenleteket írhatjuk fel:

$$1. \quad U_C = U_t - (I_C + I_1)R_C = I_1(R_1 + R_2)$$

$$2. \quad I_C = I_E = \frac{U_E}{R_E} = \frac{U_B - 0,6}{R_E} = \frac{I_1 R_1 - 0,6}{R_E}$$



A számadatokkal:

Az 1. egyenletből: $I_1 = (U_t - R_C I_C) / (R_1 + R_2 + R_C) = \dots = 0,1 - 0,1 I_C$

A 2. egyenletbe helyettesítve: $I_C = ([0,1 - 0,1 I_C] 20 - 0,6) / 1,4$

Ebből kiszámítható az I_C áram: $I_C \equiv \dots = \underline{0,412 \text{ mA}}$

Az eredményt I_1 egyenletébe helyettesítve: $I_1 = 0,1 - 0,1 \cdot 0,412 = 0,059 \text{ mA}$

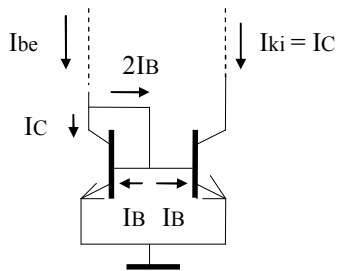
Az ennek megfelelő kollektor-emitter feszültség: $U_{CE} = 10 - 10(0,412 + 0,059) - 0,412 \cdot 1,4 = \underline{4,74 \text{ V}}$

A számítás, ha I_B nem hanyagolható el ($I_B \neq 0$, feltételezés: $B = 100$).

(Végeredmények: $I_C = 0,41 \text{ mA}$, $U_{CE} = 4,75 \text{ V}$, [$I_1 = 0,055 \text{ mA}$].)

Az áramtűkör (tipikus integrált áramköri kapcsolás bipoláris tranzisztorokkal)

- Alapkapcsolás



A tranzisztorok egyformák ("illesztettek"), ezért kollektor-áramaik egyenlők:

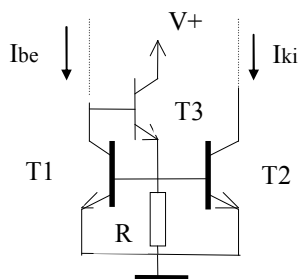
$$I_{ki} = I_{be} - 2 I_B = I_{be} \left(1 - \frac{2 I_B}{I_C + 2 I_B} \right) = I_{be} \left(1 - \frac{2}{B + 2} \right)$$

Az egységnyi áramátviteli tényezőtől való eltérés (relatív hiba):

$$h = - \frac{2}{2 + B},$$

vagyis tipikusan 2 %.

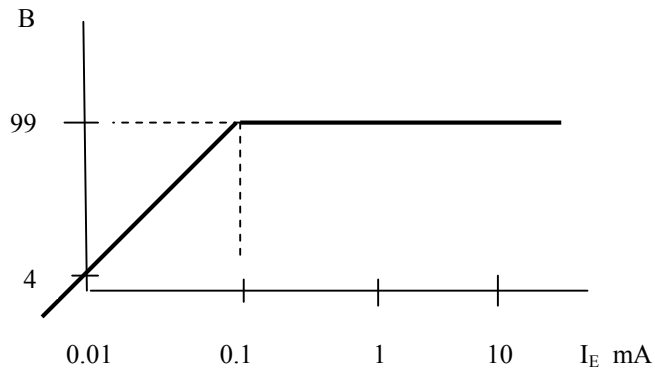
- 1. javított áramtűkör



Alapgondolat: a 3. tranzisztor bázisárama kisebb lehet, mint az áramtűkör-tranzisztorok bázisáramainak összege még akkor is, ha a 3. tranzisztor áramát az R ellenálláson folyó áram megnöveli, mivel ennek szerepe a T5 áramerősítésének megnövelése, és az áramerősítés nagyobb mértékben növekedhet, mint az áram, így a bázisáram kisebb lehet R jelenlétében, mint nélküle. Ezzel mintegy egy nagyságrendnyi javulás érhető el az áramtűkör hibájában, vagyis a hiba most kb. 0,1 %.

Számszerű illusztráció (olvasmány):

Tételezzük fel, hogy az áramerősítés az ábra szerint függ az emitter-áramtól és $U_{BE}=0,63\text{ V}$ (ha. $I_E \geq 0,1\text{ mA}$).



Ha T1 és T2 emitter-árama pl. $I_E = 0.5\text{ mA}$, bázisáramaik:

$$I_B = 0.5\text{ mA} / (1+99) = 5\text{ }\mu\text{A}.$$

Így T3 emitter-árama, ha $R = \infty$:

$$I_{E3} = 2 I_B = 10\text{ }\mu\text{A} = 0.01\text{ mA}$$

Ennél az emitter-áramnál: $B = 4$ (lásd az ábrát), ezért T3 bázisárama, amely az áramtükör hibáját okozza:

$$I_{B3} = 10 / (1+4) = 2\text{ }\mu\text{A}.$$

Ha $R \neq \infty$ és R -et úgy méretezzük, hogy:

$$\frac{0.63}{R} = 90\text{ }\mu\text{A} \text{ (vagyis } R = 7\text{ k),}$$

akkor a T3 teljes emitter-árama:

$$10 + 90 = 100\text{ }\mu\text{A} = 0.1\text{ mA}.$$

Ennél az emitter-áramnál $B = 99$ (lásd ábra), ezért T3-nak a hibát okozó bázisárama most:

$$I_{B3} = 100 / (1+99) = 1\text{ }\mu\text{A}.$$

Vagyis a hibaáram megfeleződött.

(Az olvasmány vége.)