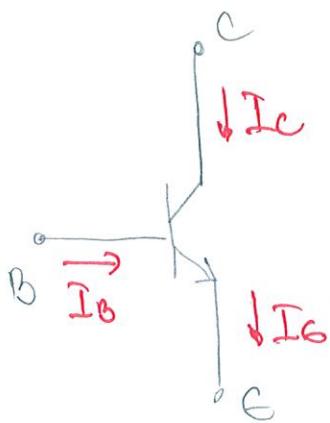


Direktui aktiivni režim

NPN transistor :

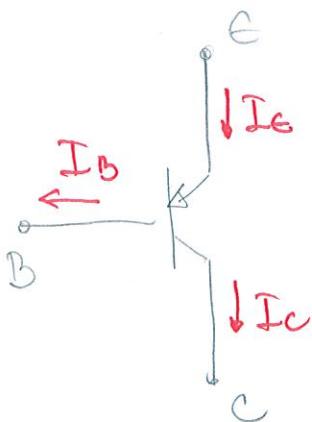


$$I_C = I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_s}{\beta} e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

$$I_E = \frac{I_C}{\alpha} = \frac{\beta+1}{\beta} I_C = \frac{\beta+1}{\beta} I_s e^{\frac{V_{BE}}{V_t}}$$

PNP transistor :



$$V_{BE} \rightarrow V_{EB}$$

$$I_C = \alpha I_E$$

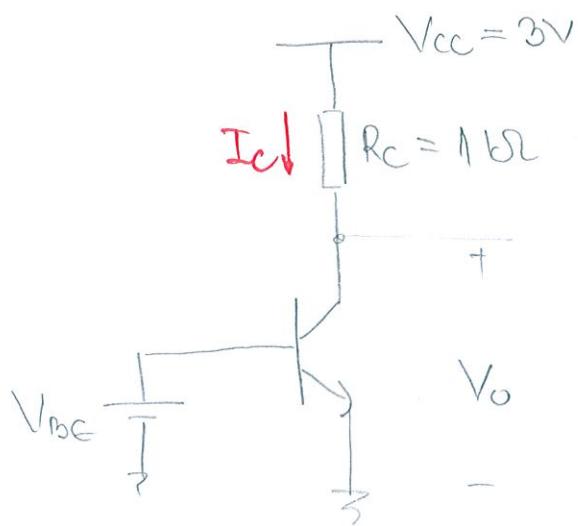
$$I_C = \beta I_B$$

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

PRIMER 1: Odrediti izlazni napon za kolo na slici.

Poznato je $I_S = 5 \cdot 10^{-16} \text{ A}$; $V_{BE} = 750 \mu\text{V}$. Uzeti da je $V_T = 26 \mu\text{V}$.



Pretpostavka je da tranzistor radi u aktivnom režimu.

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = 5 \cdot 10^{-16} \text{ A} \cdot e^{\frac{750 \mu\text{V}}{26 \mu\text{V}}} = 1.69 \mu\text{A}$$

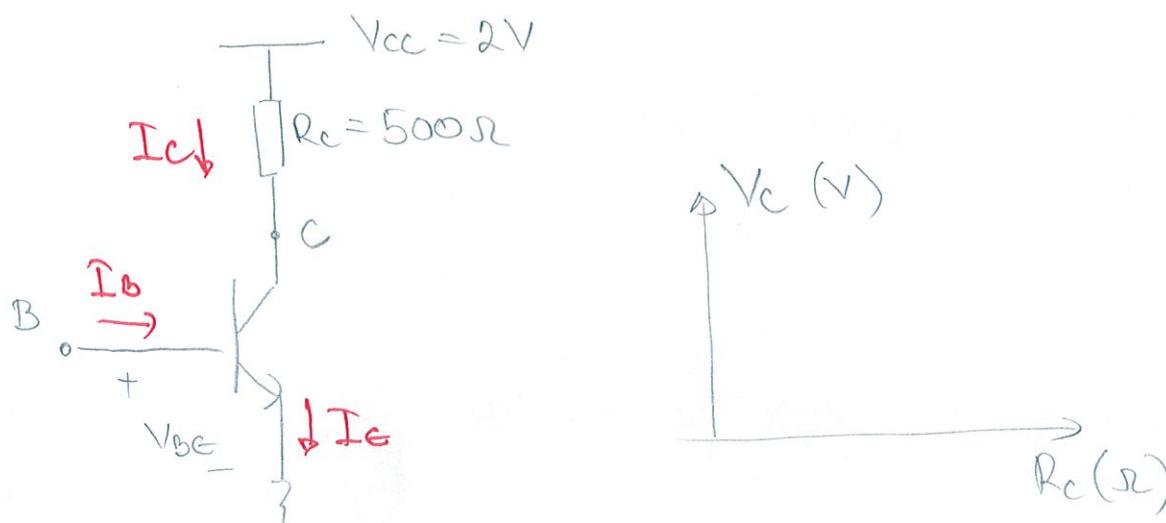
$$V_R = R_C \cdot I_C = 1\text{k}\Omega \cdot 1.69 \mu\text{A} = 1.69 \text{ V}$$

$$V_O = V_{CC} - V_R = V_{CC} - V_R = 3\text{V} - 1.69\text{V} = 1.31\text{V}$$

PRIMER 2: Za kolo na sluci pozvao je $I_S = 5 \cdot 10^{-17} A$ i $V_{BE} = 800 \mu V$. Pretpostaviti da je $B = 100$.

a) Odrediti napon i struje na prethodnoj strukturi i provjeriti da li tranzistor radi u aktinom redu.

b) Odrediti maksimalnu vrednost otpornosti R_C koja omogućava rad tranzistora u aktinom redu



a) izvorno stanje:

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{kT}} = 5 \cdot 10^{-17} A \cdot e^{\frac{800 \mu V}{26 \mu V}} = 1.153 \mu A$$

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{1.153 \mu A}{100} = 11.53 \mu A$$

$$I_E = \frac{B+1}{B} \cdot I_C = \frac{100+1}{100} \cdot 1.153 \mu A = 1.165 \mu A$$

+22mo napon:

- potencijal emisora $V_E = 0V$

- potencijal baze $V_B = 800 \mu V$

$$- \text{potencijol klevbera: } V_C = V_{CC} - R_C I_C \\ = 2V - 0.5k\Omega \cdot 1.153 \mu A = 1.424V$$

$$V_{BE} = V_B - V_E = 800mV = 0.8V$$

$$V_{BC} = V_B - V_C = 0.8V - 1.424V = -0.624V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 1.424V$$

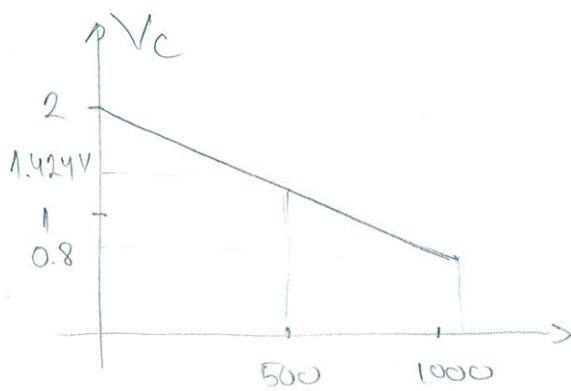
BC directus polarisasi
BC inverzus polarisasi } aktions sljlost

b) Sa porastom otpornosti R_C , opada napon V_C , tj. V_O .
Noremo bitstki da tranzistor radi na granici oktive i slanski i sljlosti raznopravno kada napon V_{CE} pada na nulu, odnosno kada je

$$V_{BC} = 0 \Rightarrow V_B = V_C \Rightarrow V_C = 0.8V$$

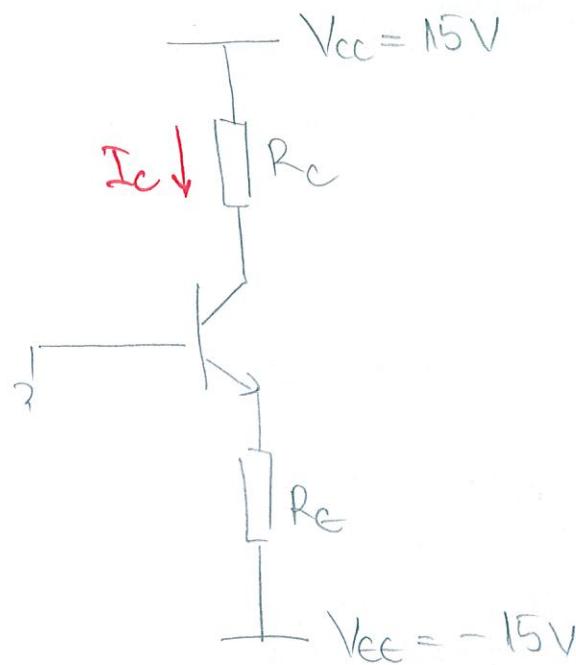
$$I_2 \quad V_{CC} = R_C I_C + V_C \Rightarrow R_{C\max} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C}$$

$$R_{C\max} = \frac{2V - 0.8V}{1.153 \mu A} \approx 1041 \Omega$$



Postoji ograničenje po pitanju
radiosimetrije većnosti otpornosti
 R_C da bi tranzistor radio
u aktivnu sljlost

PRIMER 3: Transistor u kolu sa slike ima $\beta=100$ i $I_{C1}=1\text{mA}$ za $V_{BE1}=0.7\text{V}$. Prekidačni tok struje kola baze za kolektora bude 2mA i napon na kolektoru 5V .



Sa simetričnim napajanjem kao na slici, potencijol $V_B=0$ zahteva da transistor radi u aktivnom režimu.

Da bi bilo $V_C=5\text{V}$, napon na otporniku R_C je

$$V_R = V_{CC} - V_C = 15\text{V} - 5\text{V} = 10\text{V}$$

Za zahtevani struju $I_{C2}=2\text{mA}$, otpornost R_C je:

$$V_R = R_C I_{C2} \Rightarrow R_C = \frac{V_R}{I_{C2}} = \frac{10\text{V}}{2\text{mA}} = 5\text{k}\Omega,$$

Promena kolektorske struje je ustala uved prethvorne naponu V_{BC} .

$$I_{C1}=1\text{mA} \quad V_{BE1}=0.7\text{V}$$

$$I_{C2}=2\text{mA} \quad V_{BC2}=?$$

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{I_{C1} \frac{V_{BE1}}{V_T}}{I_{C2} \frac{V_{BE2}}{V_T}} \Rightarrow V_{BC2} = V_{B1} - V_T \ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}}$$

$$= 0.7\text{V} - 0.026\text{V} \cdot \ln \frac{1\text{mA}}{2\text{mA}} \approx 0.718\text{V}$$

Potencijol emitora je:

$$V_{BE} = V_B - V_E \Rightarrow V_E = V_B - V_{BE} = 0 - 0.718V = -0.718V$$

§ druge strane, potencijol emitora je

$$V_E = R_E I_E + V_{CE}$$

Emitorska struja je:

$$I_E = \frac{\beta+1}{\beta} I_C = \frac{101}{100} \cdot 2 \mu A = 2.02 \mu A$$

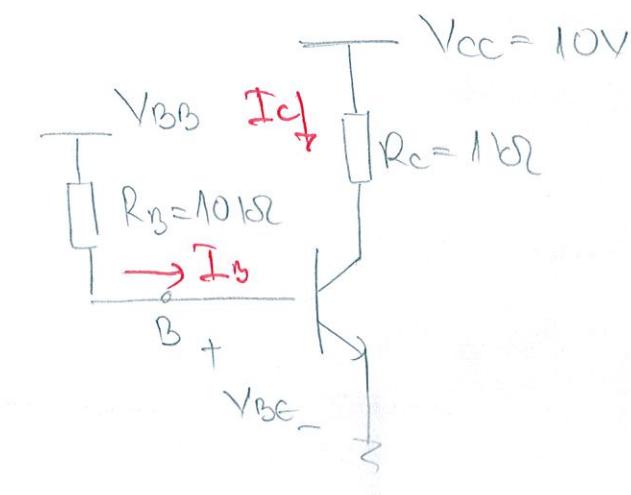
Sada je otpornost emitora:

$$R_E = \frac{V_E - V_{CE}}{I_E} = \frac{-0.718V - (-15V)}{2.02 \mu A} = 7.07 k\Omega$$

PRIMER 4: Odrediti vrednost napona V_{BB} tako da tranzistor radi:

- u aktionom režimu sa $V_{CE} = 5V$,
- na granici zavrećenja,
- duboko u zavrećenju sa prepočetkom $B_S = 10$

Prestpostaviti da je V_{BE} konstantno i iznosi $V_{BE} = 0.7V$. Za taj tranzistor specificirano je $\beta = 50$.



a) sa $V_{CE} = 5V$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{10V - 5V}{1k\Omega} = 5\mu A$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{5\mu A}{50} = 0.1\mu A$$

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} = 0.1\mu A \cdot 10k\Omega + 0.7V = 1.7V$$

b) Uzemo da je na granici zavrećenja $V_{CE} = 0.3V$. Tada je:

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} = \frac{10V - 0.3V}{1k\Omega} = 9.7\mu A$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{9.7\mu A}{50} = 0.194\mu A$$

(na granici zavrećenja β je 50, jer je tranzistor imao aktione i oblasti zavrećenja)

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} = 0.194 \mu A \cdot 10 k\Omega + 0.7 V = 2.64 V$$

c) Duboko u zavojju je, na prvič, $V_{CES} = 0.2 V$

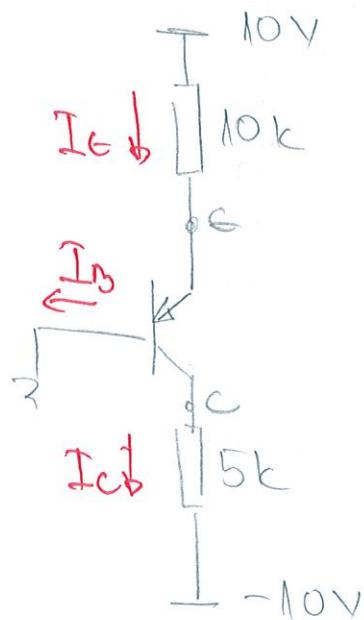
$$I_{CS} = \frac{V_C - V_{CES}}{R_C} = \frac{10 V - 0.2 V}{1 k\Omega} = 9.8 \mu A$$

$$I_{BS} = \frac{I_{CS}}{\beta_S} = \frac{9.8 \mu A}{10} = 0.98 \mu A$$

$$V_{BB} = R_B \cdot I_{BS} + V_{BE} = 0.98 \mu A \cdot 10 k\Omega + 0.7 V = 10.5 V$$

Kada je tranzistor u zavojju, povećaje se V_{BB} i I_B rezultujući neustojim promjenama struje I_C , dok se i napon V_{CES} množi manja.

PRIMER 5: Za kdo na slui odrediti struje tranzistoru; naponne, ako je ponutba $V_{EB} = 0.7V$ i $B = 100$.



Potencijal baze je $V_B = 0$

Potencijal emitora je: $V_E = V_{EB} + V_B = 0.7V + 0V = 0.7V$

Struja emitora je:

$$I_E = \frac{10V - 0.7V}{10k\Omega} = 0.93\mu A$$

Struja kolektora je:

$$I_C = \frac{B}{1+B} I_E = \frac{100}{1+100} \cdot 0.93\mu A \approx 0.92\mu A$$

Struja baze je:

$$I_B = I_E - I_C = 0.93\mu A - 0.92\mu A = 0.01\mu A = 10\mu A$$

Potencijal kolektora je:

$$V_C = R_C I_C - 10V = 0.92\mu A \cdot 5k\Omega - 10V = -5.4V$$

Napon emitora je:

$$V_{EC} = V_E - V_C = 0.7V - (-5.4V) = 6.1V$$