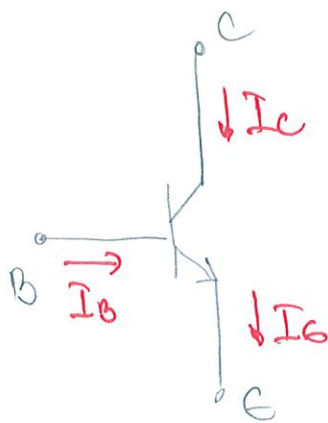


# Direktni aktivni režim

NPN tranzistor :

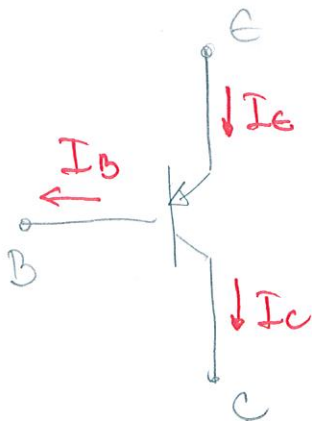


$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_S}{\beta} e^{\frac{V_{BE}}{V_T}}$$

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

PNP tranzistor :



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

$$I_C = \alpha I_E$$

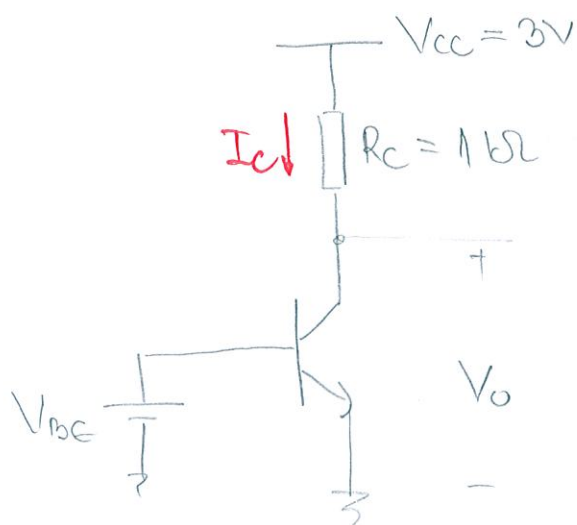
$$I_C = \beta I_B$$

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

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

PRIMER 1: Odrediti izlazni napon za kolo na slici.

Poznao je  $I_s = 5 \cdot 10^{-16} \text{ A}$  ;  $V_{be} = 750 \text{ mV}$ . Uzeti da je  $V_t = 26 \text{ mV}$ .



Pretpostavka je da tranzistor radi u aktivnom režimu.

$$I_c = I_s e^{\frac{V_{be}}{V_t}} = 5 \cdot 10^{-16} \text{ A} \cdot e^{\frac{750 \text{ mV}}{26 \text{ mV}}} = 1.69 \text{ mA}$$

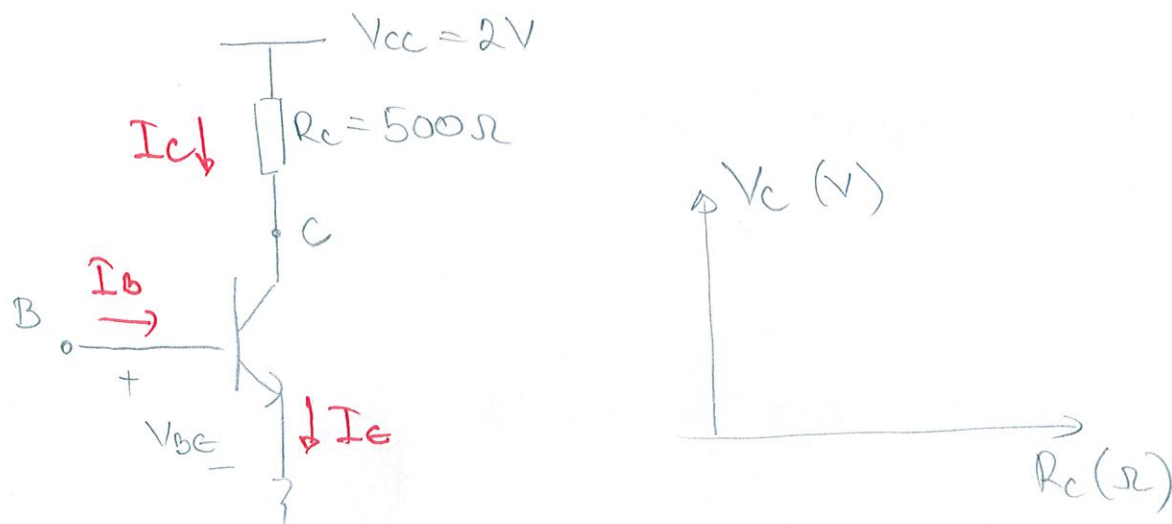
$$V_R = R_c \cdot I_c = 1 \text{ k}\Omega \cdot 1.69 \text{ mA} = 1.69 \text{ V}$$

$$V_o = V_{cc} - V_R = V_{cc} - V_R = 3 \text{ V} - 1.69 \text{ V} = 1.31 \text{ V}$$

PRIMER 2: Za kole na slici poznato je  $I_S = 5 \cdot 10^{-17} \text{ A}$  i  $V_{BE} = 800 \text{ mV}$ . Pretpostaviti da je  $\beta = 100$ .

a) Odrediti napone i struje na priključcima tranzistora i proveriti da li tranzistor radi u aktivnom režimu.

b) Odrediti maksimalnu vrednost otpornosti  $R_C$  kada smo priključeni kod tranzistora u aktivnom režimu



a) prvo struje:

$$I_C = I_S e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} = 5 \cdot 10^{-17} \text{ A} \cdot e^{\frac{800 \text{ mV}}{26 \text{ mV}}} = 1.153 \text{ mA}$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1.153 \text{ mA}}{100} = 11.53 \text{ μA}$$

$$I_E = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot I_C = \frac{100 + 1}{100} \cdot 1.153 \text{ mA} = 1.165 \text{ mA}$$

prvo napone:

- potencijal emitera  $V_E = 0 \text{ V}$

- potencijal baze  $V_B = 800 \text{ mV}$

— potencijol kolektora:  $V_c = V_{cc} - R_c I_c$   
 $= 2V - 0.5k\Omega \cdot 1.153mA = 1.424V$

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

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

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

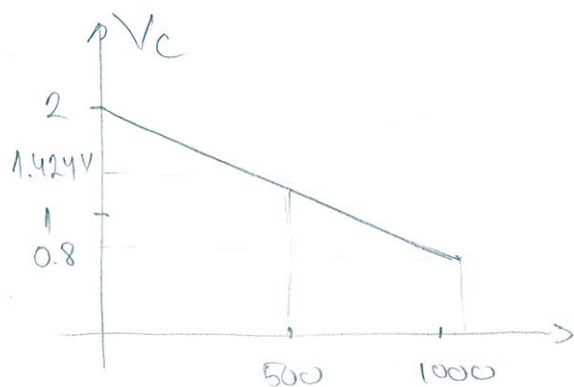
BE direktno polarisan } aktivna oblast  
 BC inverzno polarisan }

b) Sa porastom otpornosti  $R_c$ , opada napon  $V_c$ , tj.  $V_o$ .  
 Možemo smatrati da tranzistor radi na granici aktivne oblasti i oblasti zasićenja kada napon  $V_{BC}$  pada na nulu, odnosno kada je

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

$$I_z \quad V_{cc} = R_c I_c + V_c \Rightarrow R_{cmax} = \frac{V_{cc} - V_c}{I_c}$$

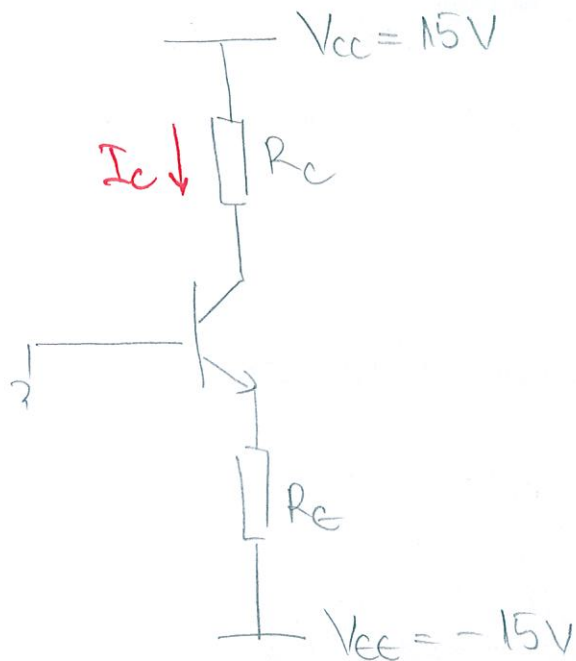
$$R_{cmax} = \frac{2V - 0.8V}{1.153mA} \approx 1041\Omega$$



Postoji ograničenje po pitući maksimalne vrednosti otpornosti  $R_c$  da bi tranzistor radio u aktivnoj oblasti.



PRIMER 3: Transistor u kolu na slici ima  $\beta = 100$  i  $I_{C1} = 1 \text{ mA}$  za  $V_{BE1} = 0.7 \text{ V}$ . Projektovati kolo tako da struja kolektora bude  $2 \text{ mA}$  i napon na kolektoru  $5 \text{ V}$ .



Da simetričnim napajanjem kao na slici, potencijal  $V_B = 0$  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 zahtevanu 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 nastala usled promene napona  $V_{BE}$ .

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

$$I_{C2} = 2 \text{ mA} \quad V_{BE2} = ?$$

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

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

Potencijal emitora je:

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

§ druge strane, potencijal emitora je

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

Emitorska struja je:

$$I_E = \frac{\beta + 1}{\beta} \cdot I_{C2} = \frac{101}{100} \cdot 2 \mu A = 2.02 \mu A$$

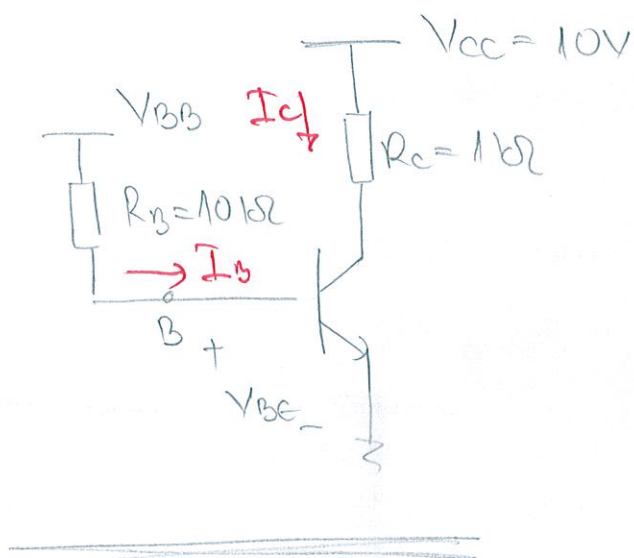
Sada je otpornost emitora:

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

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

- a) u aktivnom režimu sa  $V_{CE} = 5V$ ,
- b) na granici zasićenja,
- c) duboko u zasićenju sa pojačanjem  $\beta_S = 10$

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



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

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

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

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

b) Uzmemo da je na granici zasićenja  $V_{CE} = 0.3V$ . 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 zasićenja  $\beta$  je 50, jer je tranzistor izvan aktivne i slabish zasićenja)

$$V_{BB} = R_B I_B + V_{BE} = 0.134 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega + 0.7 \text{ V} = 2.04 \text{ V}$$

c) Duboko u zatacuje je, na primer,  $V_{CEs} = 0.2 \text{ V}$

$$I_{Cs} = \frac{V_{CC} - V_{CEs}}{R_C} = \frac{10 \text{ V} - 0.2 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 9.8 \text{ mA}$$

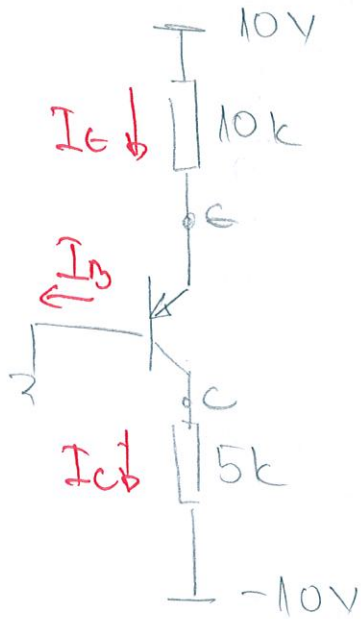
$$I_{Bs} = \frac{I_{Cs}}{\beta_s} = \frac{9.8 \text{ mA}}{10} = 0.98 \text{ mA}$$

$$V_{BB} = R_B \cdot I_{Bs} + V_{BE} = 0.98 \text{ mA} \cdot 10 \text{ k}\Omega + 0.7 \text{ V} = 10.5 \text{ V}$$

Kada je tranzistor u zatacuju, ravnanje  $V_{BB}$  i  $I_B$  rezultuje poznatim rešenjem za  $I_C$ , dok se i poznaj  $V_{CEs}$  nako naci.



PRIMER 5: Za kolo na slici odrediti struje tranzistora i napone, ako je porušio  $V_{EB} = 0.7V$  i  $\beta = 100$ .



Potencijal baze je  $V_B = 0$

Potencijal emitora je:  $V_{EB} = V_E - V_B \Rightarrow V_E = V_{EB} + V_B = 0.7V$

Struja emitora je:

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

Struja kolektora je:

$$I_C = \frac{\beta}{1+\beta} I_E = \frac{100}{101} \cdot 0.93 \mu A \approx 0.92 \mu A$$

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  $V_{EC}$  je:

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