

ZADACI IZ ELEKTRONIKE

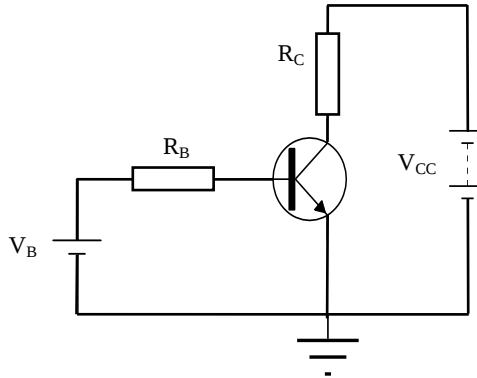
BJT TRANZISTORI

1. Za NPN tranzistor u emitterskom spoju kao na shemi odredite statičku radnu točku pomoću priloženih karakteristika:

$$V_{BB} = 1 \text{ V} \quad R_B = 10 \text{ k}\Omega$$

$$V_{CC} = 20 \text{ V} \quad R_C = 10 \text{ k}\Omega$$

Odredite naponsko pojačanje za izmjenični ulazni napon amplitude 0.2 V. Da li je pojačanje linearno na sobnoj temperaturi?



Rj: $I_B = 50 \mu\text{A}$, $I_C = 0.9 \text{ mA}$, $V_{BE} = 0.483 \text{ V}$, $V_{CE} = 11 \text{ V}$; $A_v = 12.5$; Da

2. Nađite tranzistorske struje u krugu na slici. Tranzistor je silicijev, s faktorom strujnog pojačanja 100 i s padom napona na propusno polariziranom emiter – baza spoju od 0.7 V. Reverzna struja zasićenja se može zanemariti. Otpori i naponi u sklopu iznose:

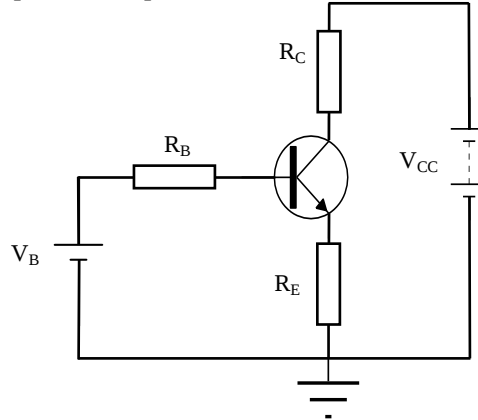
$$V_{BB} = 5 \text{ V}$$

$$V_{CC} = 10 \text{ V}$$

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

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

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



Rj: $I_B = 10.7 \mu\text{A}$, $I_C = 1.07 \text{ mA}$, $I_E = 1.08 \text{ mA}$, $V_{CB} = 3.93 \text{ V}$

3. Odredite Fermijeve nivoe u pojedinim dijelovima PNP tipa tranzistora silicijevog poluvodiča ako je konstantna koncentracija primjesa većinskih nosilaca u:

$$\text{emiteru} \quad N_A = 4 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

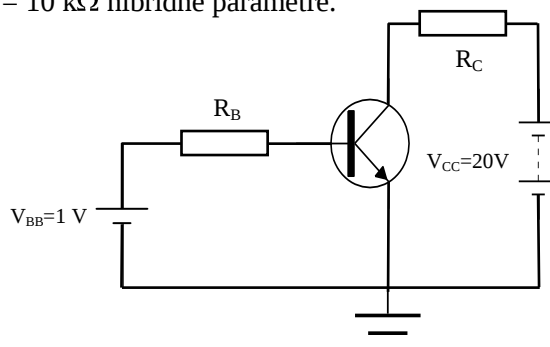
$$\text{bazi} \quad N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$\text{kolektoru} \quad N_A = 5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$$

Širina silicijevog zabranjenog pojasa iznosi $E_G = 1.21 \text{ eV}$. Skicirajte energetski dijagram vrpca za EBC dijelove tranzistora u kratkom spoju i ravnoteži (svi Fermijeve nivoe su izjednačeni a poluvodički dijelovi uzemljeni). Izračunajte visine barijere baza – emiter i kolektor – baza uz polarizaciju $V_{CE} = -5 \text{ V}$, $V_{BE} = -0.5 \text{ V}$. Temperatura je sobna, a intrinzična koncentracija silicija iznosi $n_i = 1.45 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

Rj: emiter $E_{Fp} - E_i = 0.57 \text{ eV}$, baza $E_{Fn} - E_i = 0.41 \text{ eV}$, kolektor $E_{Fp} - E_i = 0.33 \text{ eV}$; $\phi_{BE} = 0.48 \text{ V}$; $\phi_{BC} = 5.24 \text{ V}$

4. Za NPN tranzistor prema shemi odredite statičku radnu točku za tri vrijednosti otpora potrošača (2 k Ω , 5 k Ω i 10 k Ω) pomoću priloženih karakteristika uz otpor u krugu baze od 910 Ω , 3.33 k Ω i 10 k Ω . Odredite grafički pojačanja za sinusni ulazni napon amplitude 0.02 V. Pomoću karakteristika odredite za $R_P = 2$ k Ω i $R_B = 10$ k Ω hibridne parametre.

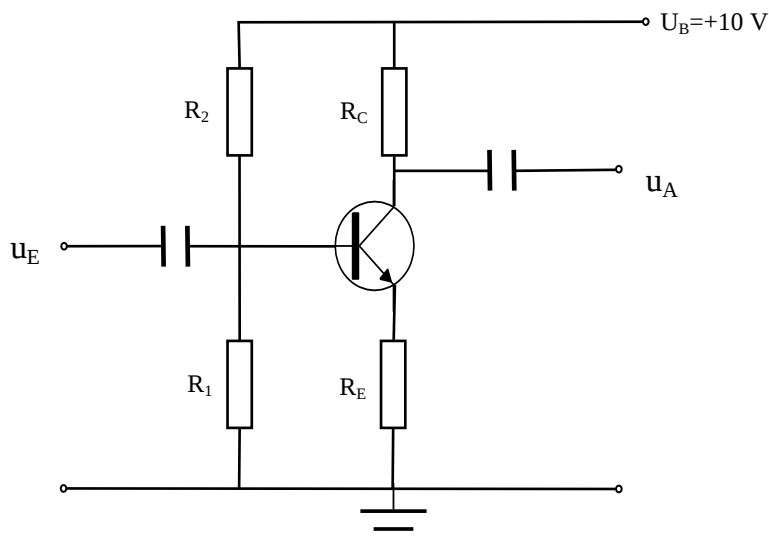


Rj: $h_{fe} = 16$, $h_{oe} = 0.023$ mA/V, $h_{ie} = 2$ k Ω , $h_{re} = 2 \cdot 10^{-3}$

R_P (k Ω)	R_B (k Ω)	I_B (μ A)	V_{BE} (V)	I_C (mA)	V_{CE} (V)
2	0.91	300	0.7	4.4	12
2	3.3	130	0.6	2.2	16
2	10	50	0.5	1.0	18

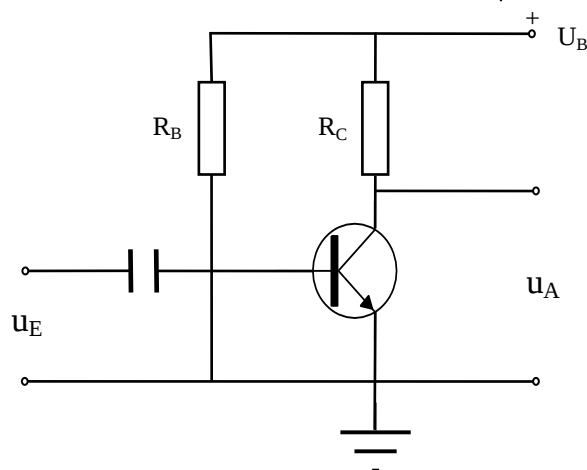
R_P (k Ω)	V_{BE} (V)	A
2	0.5	-20
2	0.6	-30
2	0.7	-60
5	0.5	-37.5
5	0.6	zasićenje
5	0.7	zasićenje
10	0.5	-55
10	0.6	zasićenje
10	0.7	zasićenje

5. Tranzistor danih karakteristika uklopljen je u krug prikazan na slici. Odredite otpore R_1 , R_2 , R_E i R_C za zadanu radnu točku. Pad napona na otporu R_E iznosi 1.2 V, a struja kroz R_1 tri puta je veća od struje baze.



Rj: $R_E = 200$ Ω , $R_1 = 30.5$ k Ω , $R_2 = 102$ k Ω , $R_C = 800$ Ω

6. Zadan je tranzistor u emitorskom spoju kao na slici. Koliki je otpor R_B potreban da bi se uz pojačanje struje $B = 100$ uspostavila kolektorska struja $I_C = 1 \text{ mA}$? Koliki je napon $U_{CE'}$ te ulazni otpor r_{BE} ?
- $U_B = 10 \text{ V}$ $R_C = 3.9 \text{ k}\Omega$ $C = 1 \text{ }\mu\text{F}$ $U_{BE} = 0.6 \text{ V}$

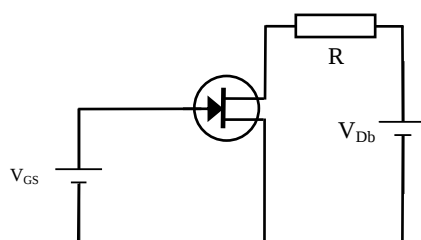


- Rj: $R_B = 940 \text{ k}\Omega$, $U_{CE'} = 6.1 \text{ V}$, $r_{BE} = 2.6 \text{ k}\Omega$
7. Odredi Theveninov ekvivalent za prikazani krug s obzirom na otpor R_4 . Otpori iznose $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 7 \text{ k}\Omega$, dok je naponski izvor $U = 5 \text{ V}$.
8. Odredi Nortonov ekvivalent s obzirom na kondenzator za prikazani krug. Otpori iznose $R_1 = 8 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_5 = 6 \text{ k}\Omega$, $R_7 = 2 \text{ k}\Omega$, naponski izvori su $U_1 = 12 \text{ V}$ i $U_2 = 15 \text{ V}$, a kapacitet kondenzatora $C = 20 \text{ }\mu\text{F}$.
9. Odredite izlazni napon za emitorsko sljedilo prema shemi. Emitorski otpor iznosi $10 \text{ k}\Omega$, $R_g = 100 \text{ k}\Omega$, $v_E = 0.2 \cos \omega t$, a parametri tranzistora iznose $h_{ie} = 1500 \text{ }\Omega$, $h_{re} = 100 \cdot 10^{-10}$, $h_{fe} = 70$, $h_{oe} = 50 \cdot 10^{-10} \text{ }\Omega^{-1}$.

10. Za tranzistorsko pojačalo prema shemi odredite iznos i fazu izlaznog napona. Ulazni napon iznosi 0.01 V pri frekvenciji 1 kHz. Otpori iznose $R_g = 600 \Omega$, $R = 5 \text{ k}\Omega$, $C = 50 \text{ nF}$, $h_{ie} = 1500 \Omega$, $h_{re} = 5 \cdot 10^{-4}$, $h_{fe} = 50$, $h_{oe} = 20 \cdot 10^{-6} \Omega^{-1}$.

11. N-kanalni FET s uzemljenim izvorom ima radnu točku $V_{DS} = 6 \text{ V}$, $I_D = 6 \text{ mA}$, $R_D = 0.5 \text{ k}\Omega$.

- a) Ako se I_D poveća na 10 mA, koliki je novi V_{GS} ?
b) Pri tako određenom V_{GS} i $I_D = 6 \text{ mA}$, koliki treba biti napon baterije?



Rj: $V_{GS} = -0.9 \text{ V}$; $V_{Db} = -4.3 \text{ V}$

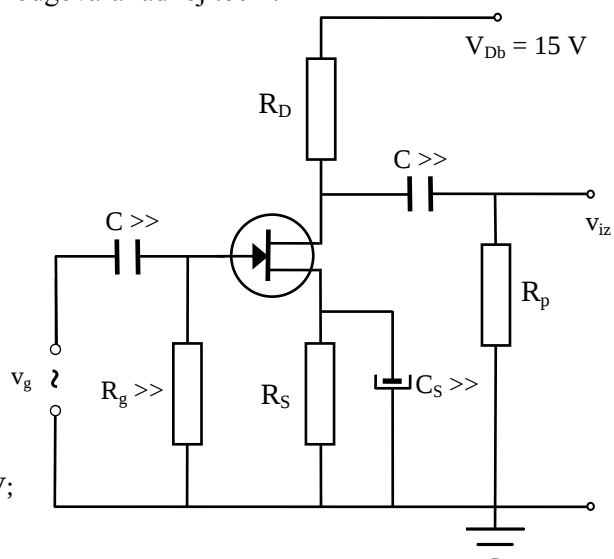
12. Odredi grafički pomoću priloženih strujno-naponskih karakteristika radnu točku i pripadnu strminu (transkonduktanciju g_0) u sklopu prema shemi. Odredi pojačanje sklopa. Spojni FET dobiven je epitaksijalnim rastom silicija s koncentracijom primjesa $N_D = 2.5 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ (vodljivost elektrona iznosi $\mu_n = 1150 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) debljine $7 \mu\text{m}$ na podlozi jako dopiranog monokristala p-tipa ($N_A \approx 10^{19} \text{ cm}^{-3}$). U epitaksijalni sloj udifundiran je planarnom tehnologijom p-tip ($N_A \approx 10^{19} \text{ cm}^{-3}$) do dubine $4.5 \mu\text{m}$ i tako stvoren n-kanal između izvora S i odvoda D tranzistora s omjerom širine prema dužini $Z/L = 170$. Odredi analitički vodljivost i otpor kanala u linearnom području karakteristika za napon vratiju V_G (u kratkom spoju s podlogom) koji odgovara radnoj točki.

$$\epsilon_S = \epsilon' \epsilon_0 = 11.7 \cdot 8.859 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm}$$

$$R_p = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_D = 0.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_S = 0.1 \text{ k}\Omega$$



Rj: $V_D = 5 \text{ V}$, $I_D = 10 \text{ mA}$, $V_G = -1 \text{ V}$; $g_m = 4.6 \text{ mA/V}$;
 $g = 4.3 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$, $R = 232 \Omega$; $A_v = -2.18$