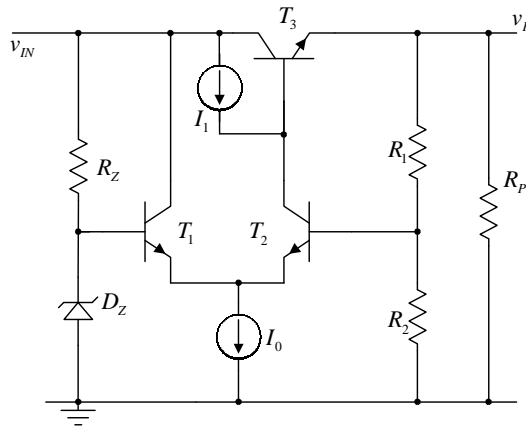


3. Parametri bipolarnih tranzistora u kolu sa slike 3 su $V_T = 25\text{mV}$, $I_S = 10^{-9}\text{A}$, $V_{CES} = 0.2\text{V}$, $\beta = 99$. Parametri zener diode su $V_Z = 4.3\text{V}$, $i_{Z\text{min}} = 1\text{mA}$. Ostali parametri kola: $R_1 = 1.79\text{k}\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $R_Z = 1\text{k}\Omega$, $I_0 = 1\text{mA}$, $I_1 = kI_0$, $k \in [0,1]$.

- a) [9] Ako je $v_{IN} = 14\text{V}$ odrediti i na istom grafiku skicirati zavisnost $v_P(i_P)$, za $k = 0.5$ i $k = 1$.
- b) [4] Ako je $v_{IN} = 14\text{V}$ oceniti kvalitet izvora za napajanje u zavisnosti od parametra k , odredivanjem promene napona na izlazu kola u nominalnom režimu rada, u opsegu mogućih struja potrošača: $\Delta v_{LOAD}(k) = v_P(i_P = i_{P\text{min}})(k) - v_P(i_P = i_{P\text{max}})(k)$.
- c) [3] Ako je $v_{IN\text{max}} = 24\text{V}$, dimenzionisati po snazi redni tranzistor.
- d) [2] Odrediti minimalnu dozvoljenu vrednost napona v_{IN} tako da kolo i dalje radi u nominalnom režimu rada.
- e) [2] Za vrednost napona v_{IN} određenu u prethodnoj tački, odrediti graničnu vrednost otpornosti R_Z tako da kolo uvek radi u nominalnom režimu rada.



Slika 3

Rešenje:

U rešavanju zadatka koristiće se za tranzistor u direktnom aktivnom režimu sledeća zavisnost struje kolektora od napona između baze i emitora.

$$i_C = I_S \left(e^{\frac{v_{BE}}{V_T}} - 1 \right), v_{BE} \geq 0 \quad (1)$$

$$i_C = 0, v_{BE} < 0$$

Ova zavisnost obezbeđuje da struja kolektora može biti pasti na nulu, što se koristi kao granična tačka između direktnog aktivnog režima i isključenja.

$$V_Z - v_{BE1} = \frac{R_2}{R_1 + R_1} v_P - v_{BE2}$$

$$V_Z - V_T \ln \frac{i_1 + I_S}{I_S} = \frac{R_2}{R_1 + R_1} v_P - V_T \ln \frac{i_2 + I_S}{I_S}$$

$$i_1 = I_0 - i_2$$

$$i_2 = kI_0 - \frac{i_P}{1 + \beta}$$

$$v_P = \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \left(V_Z - V_T \ln \frac{(1 + \beta)((1 - k)I_0 + I_S) + i_P}{(1 + \beta)(kI_0 + I_S) - i_P} \right)$$

$$v_P = 12\text{V} - 0.07\text{V} \ln \frac{100((1 - k)I_0 + I_S) + i_P}{100(kI_0 + I_S) - i_P}$$

Zavisnost važi pod uslovom:

$$\frac{i_P}{1 + \beta} \leq kI_0$$

$$i_P \leq (1 + \beta)kI_0 = 0.1\text{kA} = i_{P\text{max}}$$

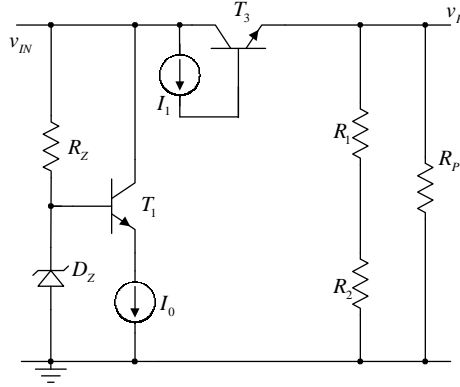
Karakteristične tačke:

$$v_p(i_p = 0) = 12 \text{ V} - 0.07 \text{ V} \ln \frac{(1-k)I_0 + I_S}{kI_0 + I_S}$$

$$v_p\left(i_p = \frac{i_{p\max}}{2}\right) = 12 \text{ V} - 0.07 \text{ V} \ln \frac{100I_0\left(1 - \frac{k}{2}\right) + 100I_S}{100I_0\frac{k}{2} + 100I_S}$$

$$v_p(i_p = i_{p\max}) = 12 \text{ V} - 0.07 \text{ V} \ln \frac{I_0 + I_S}{I_S}$$

Ekvivalentna šema kada se dostigne maksimalna struja potrošača izgleda kao na slici 3.a

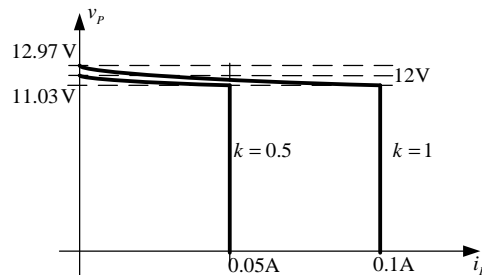


Slika 3.a

Kolo radi kao strujni izvor struje

$$i_p = i_{p\max} = (1 + \beta)kI_0 = 0.1 \text{ kA}$$

Zavisnost $v_p(i_p)$ za $k=1$ i $k=0.5$ prikazana je na slici 3.b



Slika 3.b

b)

$$\Delta v_{PLOAD}(k) = v_p(i_p = i_{p\min})(k) - v_p(i_p = i_{p\max})(k) = \left[12 \text{ V} - 0.07 \text{ V} \ln \frac{(1-k)I_0 + I_S}{kI_0 + I_S} \right] \text{ V} - 11.03 \text{ V}$$

$$\Delta v_{PLOAD}(k) = 0.97 \text{ V} - 0.07 \text{ V} \ln \frac{(1-k)I_0 + I_S}{kI_0 + I_S}$$

$$\Delta v_{PLOAD}(k=1) = 1.94 \text{ V}$$

$$\Delta v_{PLOAD}(k=0.5) = 0.97 \text{ V}$$

c) U opštem slučaju je disipacija rednog tranzistora

$$p_D = (v_U - v_p) i_p$$

Bez detaljne provjere, jasno je da je ovaj izraz maksimalan kada je izlaz u kratkom spoju:

$$p_{D\max} = v_{U\max} i_{p\max} = 2.4 \text{ W}$$

(Disipacija u nominalnom režimu rada je sigurno manja od $v_{p\max} i_{p\max} = 1.297 \text{ W}$. Ovakav skraćeni postupak je opravdan time što se kolo u drugom delu karakteristike ponaša kao idealni strujni izvor).

d) Potrebno je da redni tranzistor uvek radi u zasićenju:

$$v_{CE3} = v_U - v_p \geq V_{CES}$$

$$v_U \geq v_p + V_{CES}$$

$$v_{U\min} = v_{p\max} + V_{CES} = 13.17 \text{ V}$$

e)

$$i_z = \frac{v_U - V_Z}{R_Z} \geq i_{z \min}$$

$$R_Z \leq \frac{v_U - V_Z}{i_{z \min}}$$

$$R_{Z \max} = \frac{v_{U \min} - V_Z}{i_{z \min}} = 8.87 \text{ k}\Omega$$

Predlog za vežbu: Probati uraditi zadatak koristeći zavisnost

$$i_C = I_S e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$$

i izvesti zaključak zašto je potrebno koristiti zavisnost (1).