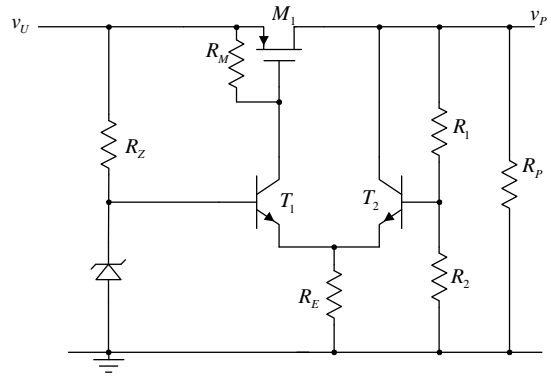


Zadatak. Na slici je prikazan pozitivni naponski regulator. Parametri MOSFET tranzistora su $V_T = -2\text{V}$, $B = 2\text{A/V}^2$. Za bipolarne tranzistore je $V_{BE} = 0.7\text{V}$. Ostali parametri kola: $V_Z = 4.3\text{V}$, $i_{Z\text{min}} = 3\text{mA}$, $R_1 = 1.8\text{k}\Omega$, $R_2 = 1\text{k}\Omega$, $R_E = 1\text{k}\Omega$, $R_M = 1\text{k}\Omega$.



a) U $v_P - i_P$ ravni ucrtati karakteristiku stabilizatora ako je

1. $v_U = 16\text{ V}$
2. $v_U = 13\text{ V}$

b) Odrediti zavisnost maksimalne struje potrošača u nominalnom režimu rada od v_U . Kolika je minimalna vrednost v_U tako da kolo može da kada je neopterećeno na svom izlazu još uvek stvara nominalni napon?

c) Za $v_U = 16\text{ V}$, odrediti graničnu vrednost otpornosti R_Z

d) Ako je $v_U = 16\text{ V}$ dimenzionisati po snazi MOSFET tranzistor.

Rešenje:

a)

Napon na izlazu kola je

$$v_{P\text{nom}} = V_Z \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \approx 12\text{V}$$

Otpornik R_E predstavlja strujni izvor struje

$$i_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

Ako je MOSFET u zasićenju, struja kolektora tranzistora T_1 je

$$i_{C1} = \frac{|V_T| + \sqrt{\frac{2i_P}{B}}}{R_M} \leq i_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

$$i_{P\text{max}} = \frac{B}{2} \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - |V_T| \right)^2 = 2.56\text{ A}$$

Ako je MOSFET u triodnoj oblasti, struja kolektora tranzistora T_1 je

$$i_{C1} = \frac{|V_T| + \frac{\frac{2i_P}{B} + v_{SD}^2}{2v_{SD}}}{R_M} \leq i_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

$$i_{P\text{max}} = \frac{B}{2} \left(2 \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - |V_T| \right) v_{SD} - v_{SD}^2 \right)$$

$$i_{P\text{max}} = \frac{B}{2} \left(2 \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - |V_T| \right) (v_U - v_{P\text{nom}}) - (v_U - v_{P\text{nom}})^2 \right)$$

Granica dva režima:

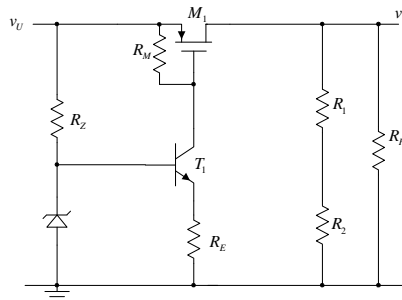
$$v_U - v_{Pnom} \geq \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T$$

$$v_U \geq v_{Pnom} + \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T = 13.6V$$

Za $v_U = 16V$ MOSFET je u zasićenju, $i_{Pmax} = 2.56A$

Za $v_U = 13V$ MOSFET je u triodnoj oblasti, $i_{Pmax} = 2.15A$

Kada se isključi tranzistor T_2 ekvivalentno kolo izgleda kao na sledećoj slici.



Struja kolektora tranzistora je konstantna

$$i_{C1} = \frac{V_Z - V_{BE}}{R_E}$$

Za $v_U = 16V$ MOSFET je u zasićenju, struja potrošača je konstantna:

$$i_P = i_{C1} = \frac{B}{2} \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right)^2 = 2.56A$$

Za $v_U = 13V$ MOSFET je u triodnoj oblasti:

$$i_P = \frac{B}{2} \left(2 \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right) (v_U - v_P) - (v_U - v_P)^2 \right)$$

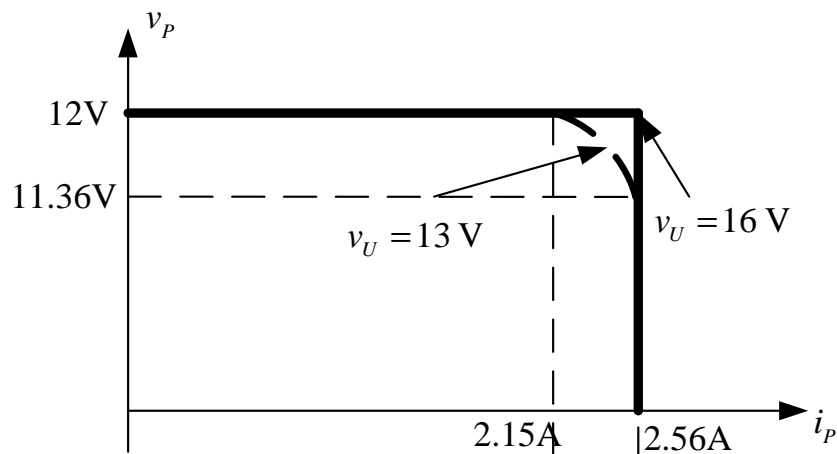
Opadanjem izlaznog napona MOSFET će preći u zasićenje kada je

$$v_U - v_P \geq \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T$$

$$v_P \leq v_U - \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) + V_T = 11.36V$$

i nadalje je struja potrošača opet konstantna

$$i_P = \frac{B}{2} \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right)^2 = 2.56A$$



b)

Ako je $v_U \leq 13.6 \text{ V}$ maksimalna struja potrošača u nominalnom režimu rada je konstantna

$$i_{P\max} = \frac{B}{2} \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right)^2 = 2.56 \text{ A}$$

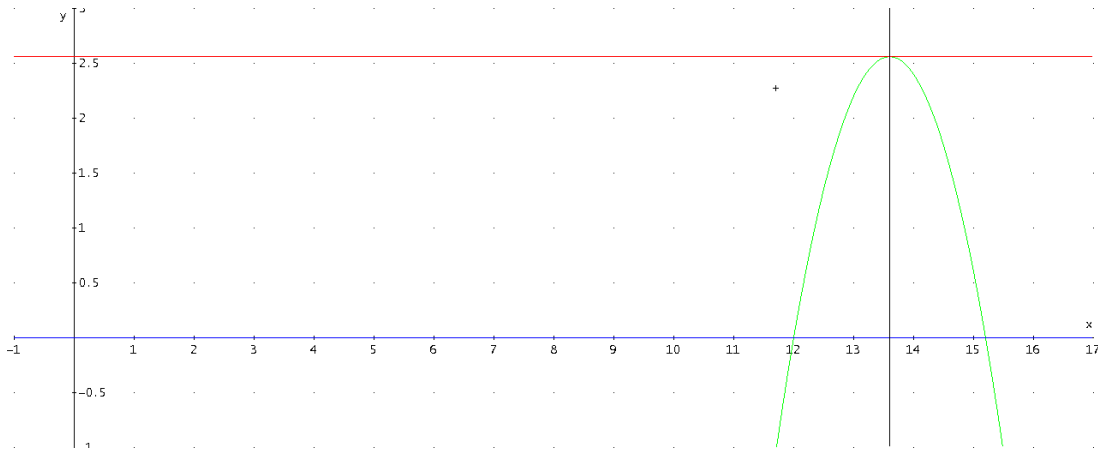
Ako je $v_U > 13.6 \text{ V}$

$$i_{P\max} = \frac{B}{2} \left(2 \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right) (v_U - v_{P\text{nom}}) - (v_U - v_{P\text{nom}})^2 \right)$$

$$i_{P\max} = 3.2(v_U - 12) - (v_U - 12)^2$$

$$i_{P\max} \geq 0 \Rightarrow 3.2(v_U - 12) - (v_U - 12)^2 \geq 0 \Rightarrow v_{U\min} = 12 \text{ V}$$

$$i_{P\max} \Big|_{v_P = v_{P\text{nom}}} = \begin{cases} 2.56 \text{ A} & v_U \geq 13.6 \text{ V} \\ 3.2(v_U - 12) - (v_U - 12)^2 & 12 \text{ V} \leq v_U \leq 13.6 \text{ V} \\ 0 & v_U \leq 12 \text{ V} \end{cases}$$



c)

$$\frac{v_U - V_Z}{R_Z} \geq i_{Z\min}$$

$$R_Z \leq \frac{v_U - V_Z}{i_{Z\min}} = 3.9 \text{ k}\Omega$$

d)

U nominalnom režimu rada je

$$P_D (v_U - v_{P\text{nom}}) i_P = 4 i_P$$

Kada se isključi tranzistor T_2 važi

$$P_D = (v_U - v_P) i_{P\max} = (16 - v_P) 2.56 [\text{W}]$$

