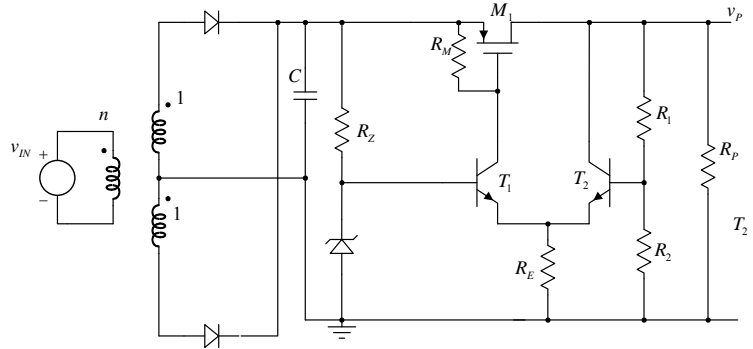


Zadatak. Na slici je prikazan izvor pozitivnog napajanja. Parametri MOSFET tranzistora su $V_T = -2V$, $B = 2A/V^2$. Za bipolarnu tranzistoru je $V_{BE} = 0.7V$. Ostali parametri kola: $V_Z = 4.3V$, $i_{Zmin} = 3mA$, $R_1 = 1.8k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$, $R_E = 1k\Omega$, $R_M = 1k\Omega$, $V_D \approx 0V$. Ulazni napon je $v_{IN} = 220\sqrt{2} \sin(2\pi ft)$, $f = 50Hz$



a) U $v_P - i_P$ ravni ucrtati karakteristiku stabilizatora ako $C \rightarrow \infty$ i ako je

1. $n = 20$
2. $n = 24$

b) Odrediti zavisnost maksimalne struje potrošača u nominalnom režimu rada od n ako $C \rightarrow \infty$. Kolika je maksimalna vrednost n tako da kolo može da kada je neopterećeno na svom izlazu još uvek stvara nominalni napon?

c) Ako je $n = 20$, odrediti minimalnu vrednost kapacitivnosti C tako da napon na izlazu ne zavisi od vrednosti ove kapacitivnosti.

d) Za $n = 20$ i $C = C_{min}$, odrediti graničnu vrednost otpornosti R_Z

e) Ako je $n = 20$, $C \rightarrow \infty$ dimenzionisati po snazi MOSFET tranzistor.

Rešenje:

a)

Napon na izlazu kola je

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

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

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

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

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

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

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

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

Granica dva režima:

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

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

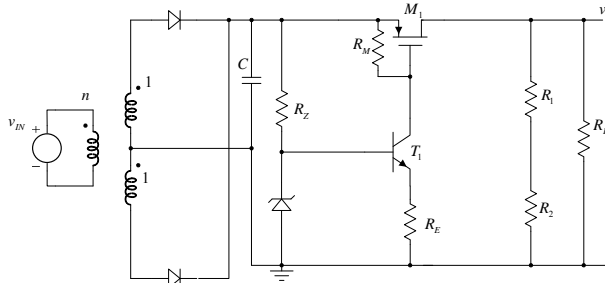
$$\frac{220\sqrt{2}}{n} \geq v_{P\text{nom}} + \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T$$

$$n \leq \frac{220\sqrt{2}}{\left(v_{P\text{nom}} + \frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right)} = 22.88$$

Za $n = 20$ MOSFET je u zasićenju, $v_U = 15.56\text{V}$

Za $n = 24$ MOSFET je u triodnoj oblasti, $v_U = 12.96\text{V}$, $i_{p\max} = 2.15\text{A}$

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 $n = 20$ MOSFET je u zasićenju, struja potrošača je konstantna:

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

Za $n = 24$ MOSFET je u triodnoj oblasti:

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

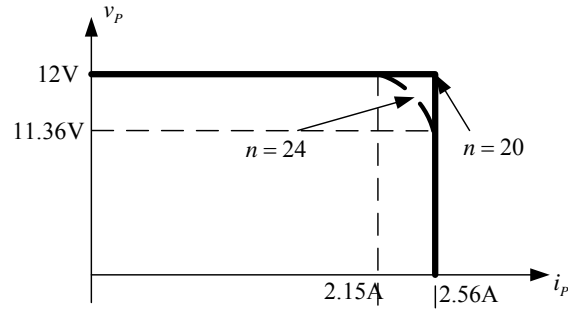
Opadanjem izlaznog napona MOSFET će preći u zasićenje kada je

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

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

i nadalje je struja potrošača opet konstantna

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



b)

Ako je $n \leq 22.88$ 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 $n > 22.88$

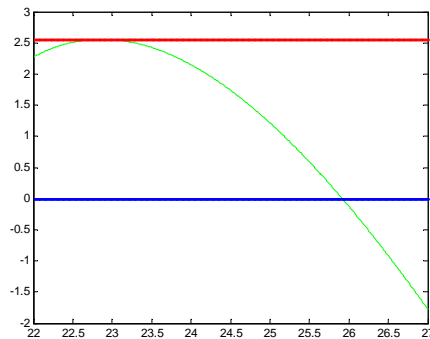
$$i_{P\max} = \frac{B}{2} \left(2 \left(\frac{R_M}{R_E} (V_Z - V_{BE}) - V_T \right) \left(\frac{220\sqrt{2}}{n} - v_{P\text{nom}} \right) - \left(\frac{220\sqrt{2}}{n} - v_{P\text{nom}} \right)^2 \right)$$

$$i_{P\max} = \left(3.2 \left(\frac{311}{n} - 12 \right) - \left(\frac{311}{n} - 12 \right)^2 \right)$$

$$i_{P\max} = \left(3.2 \left(\frac{311}{n} - 12 \right) - \left(\frac{311}{n} - 12 \right)^2 \right)$$

$$i_{P\max} \geq 0 \Rightarrow \left(3.2 \left(\frac{311}{n} - 12 \right) - \left(\frac{311}{n} - 12 \right)^2 \right) \geq 0 \Rightarrow n_{\max} = 25.92$$

$$i_{P\max} \Big|_{v_p=v_{P\text{nom}}} = \begin{cases} 2.56\text{A} & n \geq 22.88 \\ 3.2 \left(\frac{311}{n} - 12 \right) - \left(\frac{311}{n} - 12 \right)^2 & 22.88 < n \leq 25.92 \\ 0 & n > 25.92 \end{cases}$$



c)

$$v_{U\min} = \frac{220\sqrt{2}}{n} - \frac{i_{P\max}}{2fC} \geq 13.6\text{V}$$

$$C \geq \frac{i_{P_{\max}}}{2f \left(\frac{220\sqrt{2}}{n} - 13.6\text{V} \right)} = 13\text{mF}$$

d)

$$\frac{v_{U_{\min}} - V_Z}{R_Z} \geq i_{Z_{\min}}$$

$$R_Z \leq \frac{v_{U_{\min}} - V_Z}{i_{Z_{\min}}} = 3.1\text{k}\Omega$$

e)

U nominalnom režimu rada je

$$P_D = (v_U - v_{P_{\text{nom}}}) i_P = 3.56 i_P$$

Kada se isključi tranzistor T_2 važi

$$P_D = (v_U - v_P) i_{P_{\max}} = (15.56 - v_P) 2.56[\text{W}]$$

