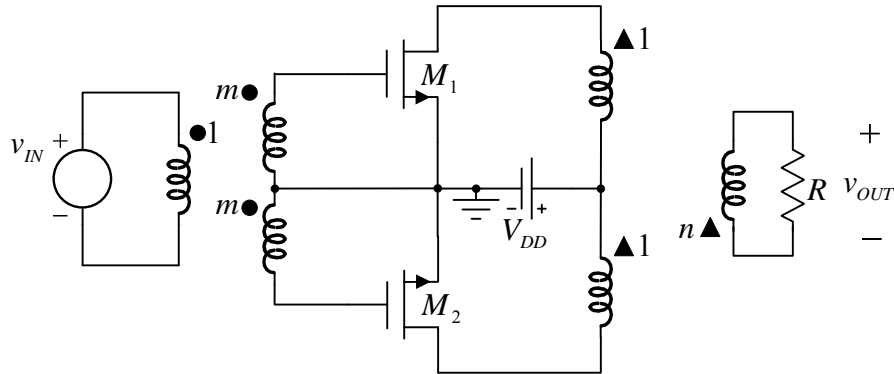


Zadatak 1. Parametri u kolu sa slike 1 su $V_{DD} = 15V$, $B = 0.5A/V^2$, $V_T = 1V$, $R = 50\Omega$, $m = 2$, $n = 4$.



Slika 1.

- [5] Odrediti maksimalno moguću amplitudu neizobličenog signala na izlazu kola, pod uslovom da tranzistori kada vode rade u zasićenju.
- [3] Naći potreban ulazni napon kako bi se na izlazu dobila neizobličena sinusoida maksimalne moguće amplitude, pod uslovom da tranzistori kada vode rade u zasićenju.
- [3] Ako je na ulazu prisutan ulazni napon određen u prethodnoj tački, odrediti i nacrtati vremenske oblike napona v_{IN} , v_{OUT} i v_{DS1} , struje i_{D1} , i snaga P_{D1} , P_{OUT} i P_{DD} .
- [2] Ako je na ulazu prisutan ulazni napon određen u tački a), odrediti srednje snage P_{D1} , P_{OUT} i P_{DD} , i koeficijent korisnog dejstva pojačavača.
- [1] Ako je na ulazu prisutan ulazni napon određen u tački a), nacrtati putanju radne tačke tranzistora M_1
- [3] Ako je signal na izlazu pojačavača neizobličena sinusoida amplitude V_m , odrediti zavisnost koeficijenta korisnog dejstva pojačavača od V_m .
- [3] Ako je na ulazu prisutan ulazni napon određen u tački a), odrediti ukupnu snagu disipacije na tranzistorima pri kratko spojenom izlazu.

Rešenje:

a)

$$i_{D1} = \begin{cases} \frac{B}{2}(mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} > \frac{V_T}{m} \\ 0 & v_{IN} < \frac{V_T}{m} \end{cases}$$

$$i_{D2} = \begin{cases} \frac{B}{2}(-mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} < -\frac{V_T}{m} \\ 0 & v_{IN} > -\frac{V_T}{m} \end{cases}$$

$$i_{D1} - i_{D2} - ni_{OUT} = 0$$

$$i_{OUT} = \frac{i_{D1} - i_{D2}}{n} = \begin{cases} \frac{B}{2n}(mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} > \frac{V_T}{m} \\ 0 & -\frac{V_T}{m} < v_{IN} < \frac{V_T}{m} \\ \frac{B}{2n}(-mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} < -\frac{V_T}{m} \end{cases}$$

$$v_{OUT} = Ri_{OUT} = \begin{cases} \frac{RB}{2n}(mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} > \frac{V_T}{m} \\ 0 & -\frac{V_T}{m} < v_{IN} < \frac{V_T}{m} \\ -\frac{RB}{2n}(-mv_{IN} - V_T)^2 & v_{IN} < -\frac{V_T}{m} \end{cases}$$

U pitanju je pojačavač u klasi B, to jest nikada neće istovremeno voditi oba tranzistora, tako da se za tranzistor M_1 dobija

$$v_{DS1} = V_{DD} - \frac{v_{OUT}}{n} = V_{DD} - \frac{Ri_{D1}}{n^2}, i_{D1} > 0$$

$$v_{DS1} = V_{DD} - \frac{v_{OUT}}{n}, i_{D1} = 0$$

Granicu izobličenja predstavlja trenutak odlaska tranzistora u zasićenje, to jest uslov glasi:

$$v_{DS1} > \sqrt{\frac{2i_{D1}}{B}}$$

Gašenje tranzistora nije problem jer se u trenutku kada se ugasi transistor M_1 uključuje tranzistor M_2 , i na ovaj način se izobličenja izbegavaju

$$v_{DS1}^2 > \frac{2}{B}i_{D1}$$

$$v_{DS1}^2 + \frac{2}{B} \frac{n^2}{R} v_{DS1} - \frac{2}{B} \frac{n^2}{R} V_{DD} > 0$$

$$v_{DS1} > \frac{n^2}{RB} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2RB}{n^2} V_{DD}} \right) = 3.79V$$

Maksimalna struja je tada:

$$i_{D1} = \frac{Bv_{DS1}^2}{2} = 3.59A$$

Odavde je maksimalno moguća amplituda neizobličenog signala na izlazu kola

$$V_m = n(V_{DD} - v_{DS1\min}) = 44.84V$$

b)

$$v_{OUT} = V_m \sin \omega t = \text{sgn}(v_{IN}) \frac{RB}{2n} (m|v_{IN}| - V_T)^2$$

$$V_m |\sin \omega t| = \frac{RB}{2n} (m|v_{IN}| - V_T)^2$$

$$v_{IN}(t) = \text{sgn}(v_{IN}) \frac{V_T + \sqrt{\frac{2n}{RB} V_m |\sin \omega t|}}{m}$$

$$\text{sgn}(v_{IN}) = \text{sgn}(v_{OUT}) = \text{sgn}(\sin \omega t)$$

$$v_{IN}(t) = \text{sgn}(\sin \omega t) \frac{V_T + \sqrt{\frac{2n}{RB} V_m |\sin \omega t|}}{m}$$

$$v_{IN}(t) = \text{sgn}(\sin \omega t) (0.5 + 1.89 \sqrt{|\sin \omega t|})$$

c)

$$v_{OUT} = V_m \sin \omega t = 44.84 \text{V} \sin \omega t$$

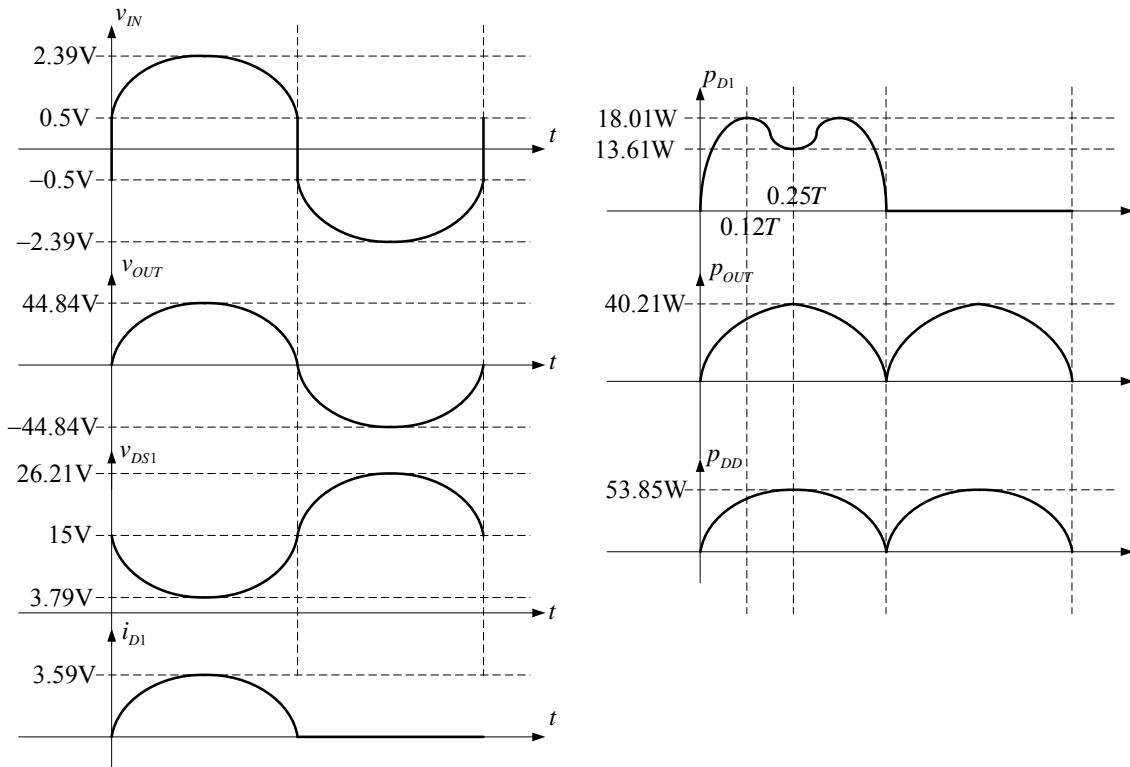
$$v_{DS1} = V_{DD} - \frac{v_{OUT}}{n} = 15 \text{V} - 11.21 \text{V} \sin \omega t$$

$$i_{D1} = \begin{cases} n \frac{v_{OUT}}{R} & v_{OUT} > 0 \\ 0 & v_{OUT} < 0 \end{cases} = \begin{cases} 3.59 \text{A} \sin \omega t & \sin \omega t > 0 \\ 0 & \sin \omega t < 0 \end{cases}$$

$$p_{D1} = v_{DS1} i_{D1} = (15 \text{V} - 11.21 \text{V} \sin \omega t) \begin{cases} 3.59 \text{A} \sin \omega t, & \sin \omega t > 0 \\ 0, & \sin \omega t < 0 \end{cases}$$

$$p_{OUT} = \frac{v_{OUT}^2}{R} = 40.21 \text{W} \sin^2 \omega t$$

$$p_{DD} = p_{D1} + p_{D2} + p_{OUT} = 53.85 \text{W} |\sin \omega t|$$



d)

$$P_{D1} = \overline{p_{D1}} = 7.08\text{W}$$

$$P_{OUT} = \overline{p_{OUT}} = 20.105\text{W}$$

$$P_{DD} = \overline{p_{DD}} = 34.28\text{W}$$

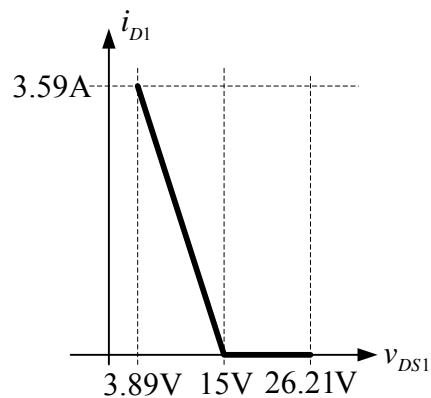
$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{DD}} = 58.65\%$$

e)

Već je izračunato $v_{DS1\min} = 3.89\text{V}$ i $i_{D1\max} = 3.59\text{A}$. Potrebno je naći još:

$$v_{DS1\max} = V_{DD} + (V_{DD} - v_{DS1\min}) = 26.21\text{V}$$

Putanja radne tačke tranzistora M_1 prikazana je na sledećoj slici



f)

$$v_{OUT} = V_m \sin \omega t$$

$$v_{DS1} = V_{DD} - \frac{V_m}{n} \sin \omega t$$

$$i_{D1} = \begin{cases} n \frac{v_{OUT}}{R} & v_{OUT} > 0 \\ 0 & v_{OUT} < 0 \end{cases}$$

$$P_{D1} = v_{DS1} i_{D1} = \left(V_{DD} - \frac{V_m}{n} \sin \omega t \right) \begin{cases} n \frac{V_m}{R} \sin \omega t & \sin \omega t > 0 \\ 0 & \sin \omega t < 0 \end{cases}$$

$$P_{OUT} = \frac{V_m^2 \sin^2 \omega t}{R}$$

$$P_{D1} = \frac{n V_{DD} V_m}{\pi R} - \frac{V_m^2}{4R}$$

$$P_{OUT} = \frac{V_m^2}{2R}$$

$$P_{DD} = 2P_{D1} + P_{OUT} = \frac{2n V_{DD} V_m}{\pi R}$$

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{DD}} = \frac{\pi V_m}{4n V_{DD}}$$

g)

Ulazni napon definiše struje tranzistora:

$$i_{D1} = \begin{cases} 3.59 \text{ A} \sin \omega t & \sin \omega t > 0 \\ 0 & \sin \omega t < 0 \end{cases}$$

Zbog kratkog spoja potrošača:

$$v_{DS1} = V_{DD} - \frac{v_{OUT}}{n} = V_{DD} = 15 \text{ V}$$

$$P_{D1} = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} 15 \text{ V} \cdot 3.59 \text{ A} \sin \omega t dt = 17.14 \text{ W}$$

$$P_D = 2P_{D1} = 34.28 \text{ W}$$