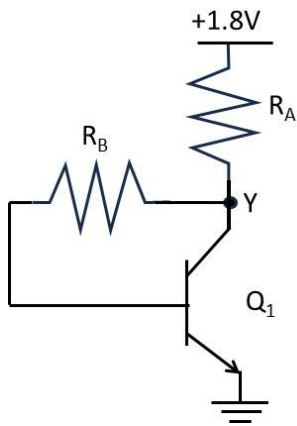


ΘΕΜΑ 1° (2 μονάδες)

- (α) Μία ορθά πολωμένη διόδος έχει ρεύμα 1 mA και πτώση τάσης επάνω της 750 mV και $n=1$. Πόσο είναι το I_S ;
(β) Αν διπλασιαστεί το εμβαδόν της διεπαφής p-n της διόδου πόση πτώση τάσης επάνω στην διόδο θα δώσει πάλι ρεύμα ίσο με 1 mA ;

ΘΕΜΑ 2° (3 μονάδες)



Το τρανζίστορ διπλανό κύκλωμα έχει $\beta=100$, $I_S = 5 \times 10^{-16}$ A. Το $R_B = 50 \cdot R_A$

και το $r_e = \frac{1}{g_m} = 13 \Omega$. Θεωρείστε $(kT/q) \approx 26$ mV.

Να βρεθούν τα: I_C , I_B , V_{BE} , V_Y , R_A , R_B .

ΘΕΜΑ 3° (2 μονάδες)

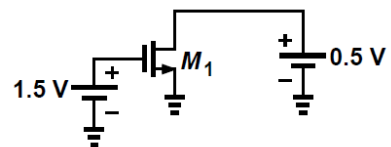
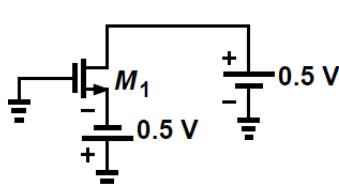
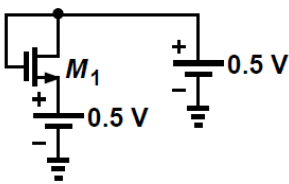
Το NMOS τρανζίστορ στην τριόδο περιοχή λειτουργίας έχει

$$I_D = \mu_n \cdot C_{ox} \cdot \frac{W}{L} \cdot \left[(V_{GS} - V_{TH}) \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right].$$

Ένα NMOS με $\mu_n \cdot C_{ox} = 200 \frac{\mu A}{V^2}$ λειτουργεί στην τριόδο περιοχή και έχει ρεύμα 1 mA με $V_{GS} - V_{TH} = 0.6$ V και 1.6 mA με $V_{GS} - V_{TH} = 0.8$ V. Να βρεθούν το V_{DS} και το $\frac{W}{L}$.

ΘΕΜΑ 4° (3 μονάδες)

Να προσδιορίσετε την περιοχή λειτουργίας του M1 που έχει $V_{TH} = 0.4$ V σε καθένα από τα παρακάτω κυκλώματα:



Λύσεις

Θεμα 1ο

$$(α) \quad I_D = I_S e^{\frac{V_D}{V_T}}, \quad V_T = \frac{kT}{q} \approx 26 \text{ mV} @ 300^\circ \text{K}$$

$$\text{από } I_S = I_D e^{-\frac{V_D}{V_T}} \quad \text{και} \quad I_S = 10^{-3} \text{ A} \cdot e^{-\frac{750}{26}} = 10^{-3} \cdot 2.97 \cdot 10^{-13} \text{ A} = 2.97 \cdot 10^{-16} \text{ A}$$

$$(β) \text{ Σημάσιο εμβαδόν διπλασιάζει } I_S' = 2 \cdot I_S = 5.93 \cdot 10^{-16} \text{ A, από}$$

$$V_D' = V_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S'}\right) = 26 \text{ mV} \cdot \ln\left(\frac{10^{-3}}{5.93 \cdot 10^{-16}}\right) = 26 \text{ mV} \cdot \ln\left(\frac{1}{5.93} \cdot 10^{13}\right)$$

$$V_D' = 26 \text{ mV} \cdot 28.15 = 732 \text{ mV}$$

Θεμα 2ο

$$r_e = \frac{V_T}{I_C} \quad \text{από } I_C = \frac{V_T}{r_e} = \frac{26 \text{ mV}}{13 \Omega} = 2 \text{ mA}, \quad I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2 \text{ mA}}{100} = 0.02 \text{ mA}$$

$$V_{BE} = V_T \ln\left(\frac{I_C}{I_S}\right) = 26 \text{ mV} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-16}}\right) = 26 \text{ mV} \cdot \ln\left(\frac{2}{5} \cdot 10^{13}\right)$$

$$= 26 \text{ mV} \cdot 29 = 754 \text{ mV}$$

$$I_{RA} = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta} = 2.02 \text{ mA}$$

$$\frac{1.8 \text{ V} - V_Y}{I_{RA}} = R_A, \quad \frac{V_Y - V_{BE}}{I_B} = R_B = 50 \cdot R_A \quad \text{επομένως}$$

$$1.8 \text{ V} - I_{RA} \cdot R_A = V_Y \quad \text{και} \quad V_Y = R_B \cdot I_B + V_{BE} = 50 \cdot R_A \cdot I_B + V_{BE} \quad \text{από}$$

$$1.8 \text{ V} - 2.02 \text{ mA} \cdot R_A = 50 \cdot R_A \cdot 0.02 \text{ mA} + 0.754 \text{ V} \Leftrightarrow (1.8 - 0.754) \text{ V} = R_A (2.02 + 0.1) \text{ mA}$$

$$\text{και } R_A = \frac{1.046 \text{ V}}{2.12 \text{ mA}} \approx 0.493 \text{ k}\Omega \quad \text{και} \quad R_B = 50 \cdot 0.493 \text{ k}\Omega = 24.67 \text{ k}\Omega$$

$$V_Y = 1.8 \text{ V} - 2.02 \text{ mA} \cdot 0.493 \text{ k}\Omega = 1.8 \text{ V} - 0.996 \text{ V} = 0.804 \text{ V}$$

Θεμα 3

$$\left. \begin{aligned} 1 \text{ mA} &= \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[0.6 \cdot V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \\ 1.6 \text{ mA} &= \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[0.8 V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right] \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{1}{1.6} = \frac{0.6 V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2}{0.8 V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2} = \frac{0.6 - \frac{1}{2} V_{DS}}{0.8 - \frac{1}{2} V_{DS}}$$

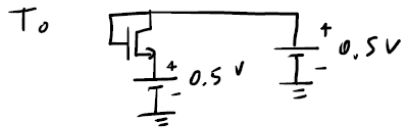
$$0.8 - \frac{1}{2} V_{DS} = 1.6 \cdot 0.6 - \frac{1.6}{2} V_{DS} \Leftrightarrow 0.8 = 0.96 + 0.5 V_{DS} - 0.8 V_{DS} \Leftrightarrow 0.3 V_{DS} = 0.16$$

$$\Leftrightarrow V_{DS} = \frac{0.16}{0.3} \approx 0.533 \text{ V}$$

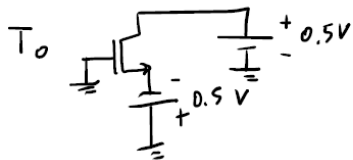
$$\text{και } 1 \text{ mA} = \frac{200 \mu\text{A}}{V^2} \cdot \frac{W}{L} \left(0.6 \cdot 0.533 - \frac{1}{2} (0.533)^2 \right) V^2 \Rightarrow$$

$$\frac{W}{L} = \frac{1 \text{ mA}}{0.2 \text{ mA} \cdot (0.32 - 0.142)} = 28$$

ΘΕΜΑ 4ο



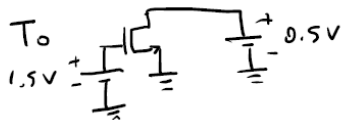
Έχει $V_G = V_D = 0.5V$ και $V_S = 0.5V$ και $V_{GS} = 0V$
και επομένως είναι στην αποκοπή γιατί $V_{GS} < V_{TH}$



Έχει $V_D = 0.5V$, $V_G = 0V$ και $V_S = -0.5V$
αρα $V_{GS} = 0 - (-0.5) = 0.5V$ και

$$V_{DS} = 0.5 - (-0.5) = 1V$$

επομένως $V_{DS} > V_{GS} - V_{TH}$, δηλ στην περιοχή
κορεσμού



Έχει $V_D = 0.5V$, $V_G = 1.5V$, $V_S = 0V$,

$V_{GS} = 1.5V$ και $V_{DS} = 0.5V$ αρα

$V_{GS} - V_{TH} = 1.5V - 0.4V = 1.1V > V_{DS}$, δηλ είναι στην
τρίτη περιοχή