

Esercizio A

1)

$$V_{GS} = +2V > V_T$$

Poiché la V_{GS} è maggiore della V_T , il MOSFET è acceso poiché presenta canale al lato source. Occorre verificare se si è formato canale al lato drain per vedere in quale zona di funzionamento operi il MOSFET.

Ipotizziamo il MOSFET in zona di saturazione e calcoliamo la corrente di drain

Se $R_D = 1k\Omega$, $V_D = 5V - 1k\Omega \cdot 2mA = +3V$ e $V_{GD} = -1V < V_T$. Poiché non c'è canale lato drain il MOSFET opera in zona di saturazione e la corrente di drain è pari a 2mA.

Se $R_D = 2.5k\Omega$, $V_D = 5V - 2.5k\Omega \cdot 2mA = +0V$ e $V_{GD} = 2V > V_T$. Poiché c'è canale lato drain il MOSFET opera in zona ohmica. Calcoliamo la corrente di drain in questo caso. L'espressione che fornisce la corrente di drain di un MOSFET operante in zona ohmica è:

$$I_D = 2k \left[(V_{GS} - V_T) V_{DS} - V_{DS}^2 \right]$$

che deve essere risolta unitamente all'equazione che determina la V_{DS}

$$5V = I_D R_D + V_{DS}$$

Risolvendo il sistema si ottiene come unica soluzione accettabile $V_{DS} = 1.56V$ e corrispondentemente $I_D = 1.37mA$.

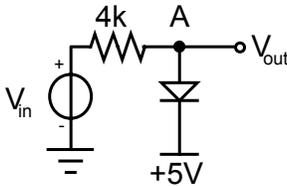
2)

Il passaggio dalla zona di saturazione a quella ohmica avviene per quel valore di resistenza che porta alla formazione di canale anche dal lato drain, cioè per $V_{GD} = V_T$ e cioè $V_D = 1V$.

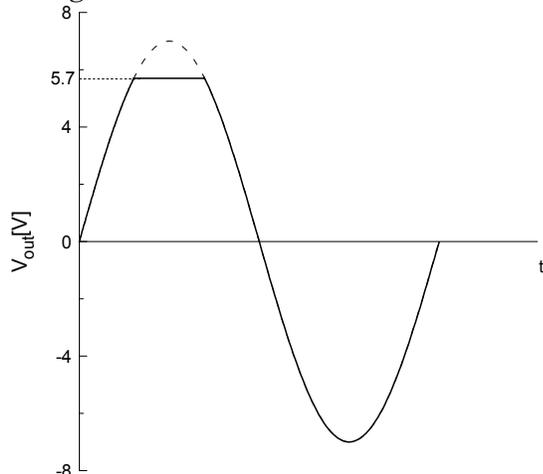
$$V_D = 5V - I_D R_D = 5V - k(V_{GS} - V_T)^2 \text{ da cui si ricava } R_D = 2k\Omega.$$

Esercizio B

1)



Per accendere il diodo è necessario che la tensione ai suoi capi sia pari a 0.7V e, quindi, che la tensione al nodo A uguagli o superi +5.7V. Quando il diodo si accende, esso si comporta come un generatore da +0.7V e la tensione di uscita risulta fissata a +5.7V. Per $V_{in} < +5.7V$ il diodo è sempre spento, nella resistenza non fluisce corrente e la tensione di uscita uguaglia la tensione di ingresso.



2)

La potenza dissipata nel diodo è data da

$$P_D = I_D V_D$$

Quando $V_{in} = +7V$, il diodo e' acceso e la tensione ai suoi capi vale $0.7V$. La tensione ai capi della resistenza vale

$$V_R = 7V - 0.7V = 6.3V$$

e la corrente che la attraversa e' pari a $0.325mA$, uguale alla corrente che attraversa il diodo. La potenza dissipata dal diodo e' pari a $227.5\mu W$.

Quando la tensione in ingresso raggiunge il picco negativo, la corrente circolante attraverso il diodo e' nulla e, quindi, e' nulla la potenza dissipata dal diodo.

Esercizio C

1)

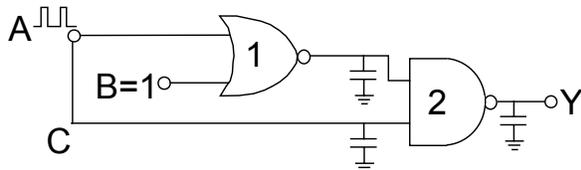
La funzione logica implementata e'

$$Y = \overline{(A+B)} \cdot C = \overline{(A \cdot B)} \cdot C = \overline{(A \cdot B)} + \overline{C} = (A+B) + \overline{C}$$

Tabella della verita'

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

2)



In questa configurazione degli ingressi non commuta ne' la porta 1 ne' la porta 2. Pertanto la potenza dissipata da ciascuna porta e' identicamente nulla.

3)

La potenza dissipata da una porta logica e' legata alla sua frequenza di operazione f dalla seguente relazione:

$$P_D = CV^2 f$$

$$\text{Quindi } f = \frac{P_D}{CV^2} = \frac{P_D}{\frac{C_{old}}{2} \left(\frac{V_{old}}{2}\right)^2} = \frac{P_D}{C_{old} V_{old}^2} \cdot 8 \text{ e, cioe', a parita' di potenza dissipata se la tecnologia}$$

consente di dimezzare la tensione di alimentazione e le capacita' parassite, e' possibile aumentare di 8 volte la frequenza massima di operazione.

Esercizio D

1)

La capacita' e' un circuito aperto in polarizzazione, quindi la resistenza di carico sul drain in polarizzazione vale $1.5k\Omega$. Spegliamo il generatore di segnale in ingresso, quindi il gate si trova a massa.

$V_{GS} = 0 - (-2V) = 2V > V_T$, quindi il MOSFET e' acceso, poiche' c'e' canale formato lato source.

Ipotizziamo che il MOSFET sia polarizzato in zona di saturazione.

$$I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 = 2.25mA$$

$$V_{out} = 5V - 2.25mA \cdot 1.5k\Omega = 1.625V$$

$V_{GD} < V_T$, quindi il canale e' strozzato in corrispondenza del drain ed il MOSFET effettivamente e' polarizzato in zona di saturazione.

La transconduttanza vale $g_m = 2k(V_{GS} - V_T) = 3mS$.

2)

A bassa frequenza la capacita' non e' ancora intervenuta, cioe' e' un circuito aperto. Quindi la resistenza di carico sul drain vale $R = 1.5k\Omega$. La tensione di segnale in ingresso pilota direttamente la v_{gs} del MOSFET, quindi la corrente di drain vale $i_d = g_m v_{gs}$ e la tensione di uscita $v_{out} = -i_d R = -g_m v_{gs} R$. Il guadagno a bassa frequenza e' dato da:

$$G_{low} = v_{out} / v_{in} = -g_m R = -4.5$$

3)

Ad alta frequenza la capacita' e' gia' intervenuta, cioe' si comporta come un corto-circuito. Quindi la resistenza di carico sul drain vale $R = 1.5k\Omega // 1.5k\Omega = 750\Omega$. La tensione di segnale in ingresso pilota direttamente la v_{gs} del MOSFET, quindi la corrente di drain vale $i_d = g_m v_{gs}$ e la tensione di uscita $v_{out} = -i_d R = -g_m v_{gs} R$. Il guadagno a bassa frequenza e' dato da:

$$G_{low} = v_{out} / v_{in} = -g_m R = -2.25$$

4)

La capacita' C introduce un polo ed uno zero.

La costante di tempo del polo e' data da $\tau = C(1.5k\Omega // 1.5k\Omega) = 6\mu s$ e la frequenza e' $f_p = 26.5kHz$.

La capacita' C introduce uno zero quando si annulla l'impedenza del ramo dato dalla capacita' con in serie la resistenza, quindi la costante di tempo dello zero vale $\tau = C(1.5k\Omega) = 3\mu s$ e la frequenza $f_z = 53kHz$.

