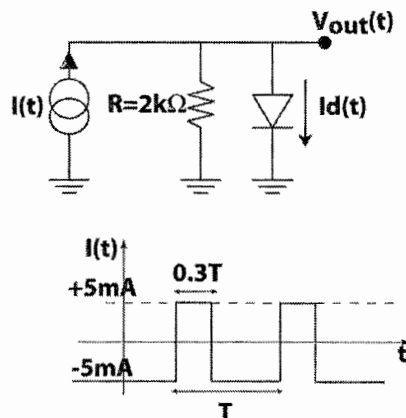


Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a) ...

Esercizio 1

Si considerino il circuito e la forma d'onda periodica di corrente $I(t)$ mostrati in figura. Si assuma che il periodo della forma d'onda sia $T=1\text{ }\mu\text{s}$ e che la tensione di accensione del diodo sia $V_D=0.7\text{ V}$.

- Disegnare su due diagrammi temporali quotati l'andamento di $V_{out}(t)$ e di $I_d(t)$.
- Calcolare la potenza *massima* (di picco) dissipata nel diodo e la potenza *media*.
- Ridisegnare il grafico quotato di $V_{out}(t)$ e di $I_d(t)$ sapendo che la tensione di rottura del diodo è $V_B=6\text{ V}$.
- Aggiungere una capacità $C=100\text{ }\mu\text{F}$ in parallelo al diodo e assumere che la corrente di ingresso sia un gradino da 0 a 10 mA. Dopo $1\text{ }\mu\text{s}$ dall'applicazione del gradino il diodo risulta acceso (assumere C inizialmente scarica)? Giustificare la risposta.

**Esercizio 2**

Si consideri una memoria DRAM alimentata tra 0 e $V_{dd}=2.5\text{ V}$.

- Disegnare la cella elementare della memoria DRAM, costituita dall'elemento di memoria, il pass-transistor, la *WordLine* e la *BitLine*.
- Calcolare il valore alto ("1") di tensione sulla capacità di memoria C_m assumendo che la tensione di soglia del pass-transistor sia 0.5 V .
- Si assuma ora di voler leggere il valore "1" memorizzato sulla capacità di memoria C_m (calcolato al punto precedente). Assumendo che la *BitLine* venga precaricata a $V_{dd}/2$ e che la sua capacità sia pari a $C_b=10\text{ pF}$, determinare il valore minimo di C_m affinché la variazione di tensione della *BitLine*, al termine del transitorio di lettura, sia superiore a 10 mV .
- Si ipotizzi la capacità C_m pari a 1 pF carica al valore alto ("1"). Sapendo che la resistenza di perdita in parallelo a C_m vale $10^9\text{ }\Omega$, calcolare in quanto tempo la capacità perde metà della carica iniziale.

Esercizio 3

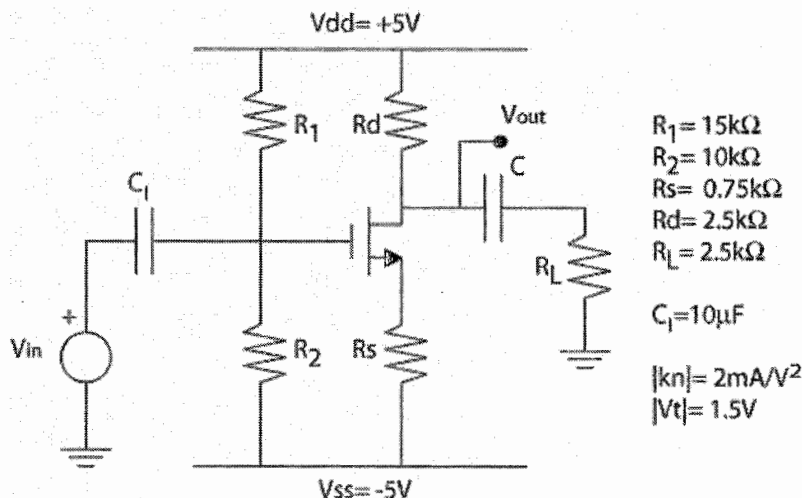
Una porta logica NOT in tecnologia CMOS, alimentata a V_{dd} , commuta alla frequenza f e pilota una capacità C .

- Elencare i diversi tipi di potenze dissipate dalla porta e darne una spiegazione sintetica.
- Si supponga ora di sostituire la porta logica con un'altra avente rapporti (W/L) doppi (per entrambi i transistori). Come variano le potenze elencate al punto precedente? Giustificare la risposta.

Esercizio 4

Si consideri l'amplificatore in figura.

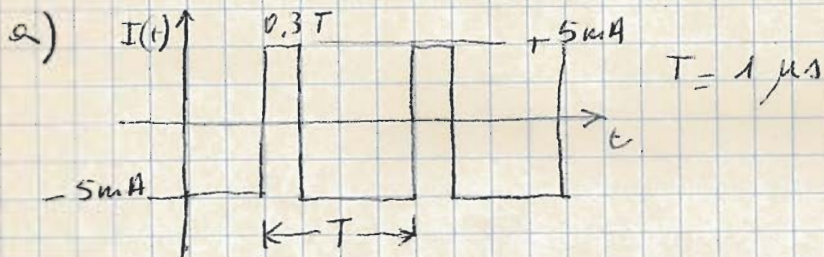
- Polarizzare il circuito.
- Quale è la frequenza del segnale di ingresso oltre la quale la capacità C_i può essere considerata un cortocircuito? Giustificare la risposta.
- Assumendo che C_i sia in cortocircuito, calcolare il guadagno di piccolo segnale v_{out}/v_{in} a bassa frequenza e ad alta frequenza.
- Nel secondo caso del punto c (frequenza del segnale molto alta), sapendo che il segnale di ingresso v_{in} ha ampiezza di picco pari a 10 mV , calcolare il valore di picco della corrente di segnale che scorre in C .



Fondamenti di elettronica - Prova del 24/11/2005 ^{1/4}

Traccia delle soluzioni

Esercizio 1



Il diodo è acceso solo negli intervalli $0.3T$ quando $I(t) = +5 \text{ mA}$.

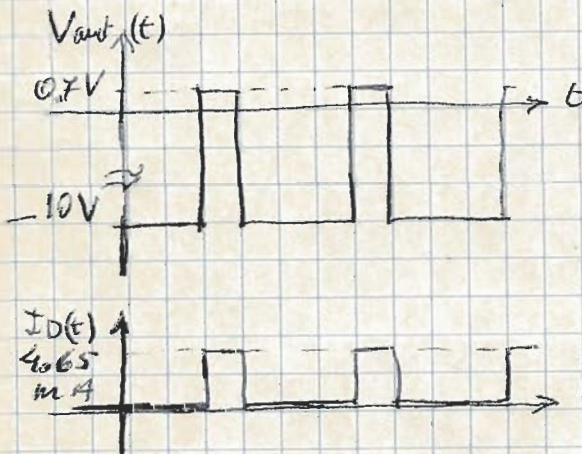
A diodo acceso $V_{\text{out}}(t) = 0.7 \text{ V}$

$$I_R = \frac{0.7}{2k} = 0.35 \text{ mA}$$

$$I_D = 5 - 0.35 = 4.65 \text{ mA}$$

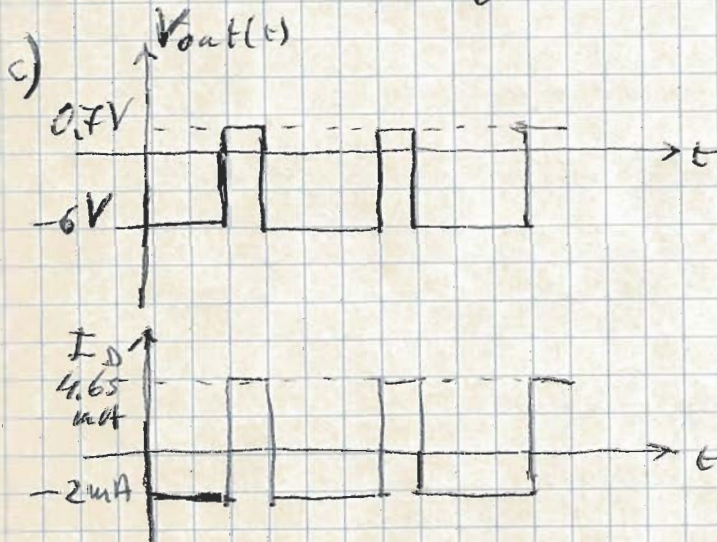
A diodo spento $I(t)$ fluisce solo in R , $\Rightarrow V_{\text{out}} = -10 \text{ V}$

$$I_D(t) = 0$$



b) $P_{\text{max}} = V_D \cdot I_{D\text{max}} = 0.7 \cdot 4.65 = 3.255 \text{ mW}$ (nell'intervallo $0.3T$)

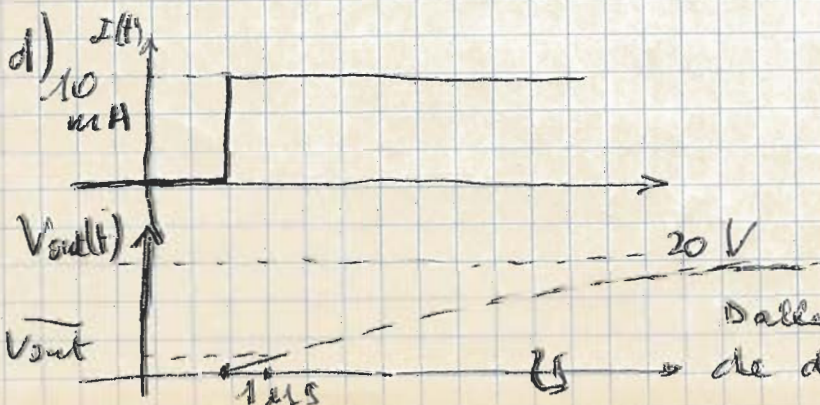
$$P_{\text{media}} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) \cdot dt = 0.3 P_{\text{max}} = 0.976 \text{ mW}$$



Con $V_B = 6 \text{ V}$, nell'intervallo $0.7T$ (quando $I = -5 \text{ mA}$)

V_{out} viene limitata dal diodo a -6 V . Di conseguenza

$$I_R = -3 \text{ mA} \text{ e } I_D = -2 \text{ mA}$$

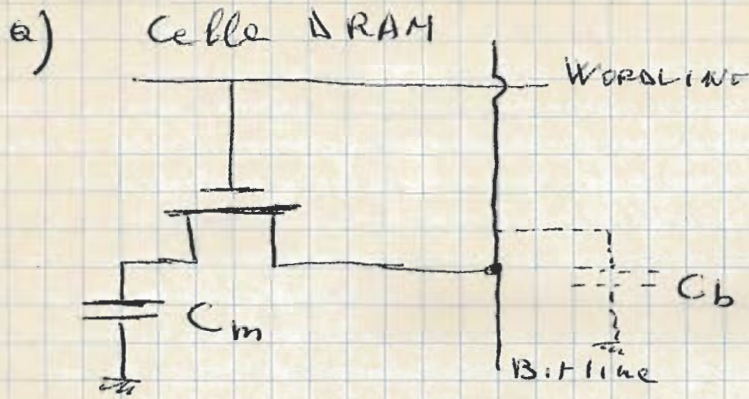


Il condensatore si carica verso 20 V con una

$$\tau = 2 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = 200 \text{ ms}$$

Dalla $V_{\text{out}}(t) = 20 (1 - e^{-t/\tau})$ si trova

che dopo $1 \mu\text{s}$ $V_{\text{out}} = 10^{-4} \text{ V} \Rightarrow$ diodo spento

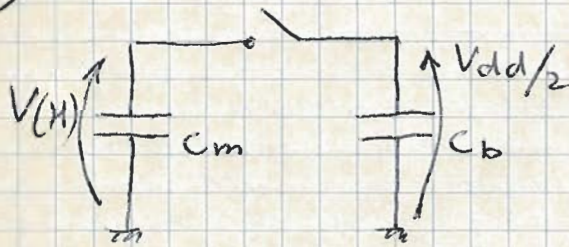


b)

C_m si carica a $V(H)$, che vale

$$V(H) = V_{dd} - V_T = 2V$$

c) Prima della lettura



Dopo la lettura



Imponendo la conservazione della carica, e d essendo

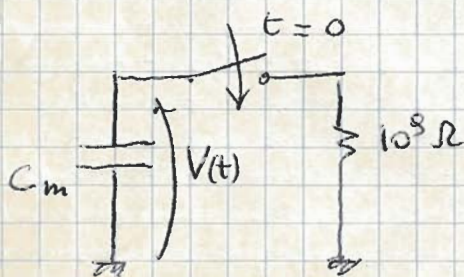
$$V_f \geq \frac{V_{dd}}{2} + 10 \text{ mV} \quad (\text{per i dati del problema 2})$$

si può avere che

$$V(H) C_m + \frac{V_{dd}}{2} C_b = V_f (C_m + C_b)$$

da cui $C_m \geq 0.13 \text{ pF}$

d)



Sappiamo che $V(t) \Big|_{t=0^-} = 2V$

Vale la relazione $V(t) = 2V e^{-t/\tau}$

con $\tau = 1 \text{ pF} \times 10^9 \Omega = 1 \text{ ns}$

Essendo $Q = C V$, se si dimezza la carica si dimezza anche la tensione, quindi si può trovare a quale istante \tilde{E} si dimezza la tensione imponendo che

$$\frac{V(0^-)}{2} = V(0^-) e^{-\tilde{E}/\tau} \quad \text{da cui } \tilde{E} = 0.69 \text{ ms}$$

a) Trascurando le correnti di leakage, possiamo dire che l'invertitore CMOS dissipere solo potenza dinamica, cioè in commutazione. Due sono le cause di dissipazione di potenza

I) la carica e scarica della capacità pilotata C

$$P = C V_{dd}^2 f$$

II) la potenza di cross-conduzione (vedere testo)

b) Il raddoppio del fattore di forma comporta l'aumento della sola potenza di cross-conduzione.

Esercizio 4

$$a) V_G = V_{SS} + V_{R_2} = -5 + \frac{10}{25} \cdot 10K = -1V$$

$$V_S = V_{SS} + V_{R_5} = V_{SS} + R_5 \cdot I_D \quad I_D = k_n (V_{GS} - V_T)^2$$

$$V_{GS} = V_G - V_S \quad \text{Sostituendo e risolvendo l'eq. di}$$

2° grado avente come incognita (per esempio) V_S , si trovano per V_S due valori: $-0.8V$ e $-3.5V$.

Il primo è da mettere in conto perché darebbe $V_{GS} = -0.2 < 0$, MOS spento. Il secondo è accettabile e porta a una $V_{GS} = 2.5V$ e quindi un overdrive di $1V$, da cui $I_D = 2mA$. I consueti controlli confermano che il MOS lavora in saturazione. Si trova poi che $\tau_{on} = 4ms = [250 \Omega]^{-1}$

b) La rete di ingresso corrisponde a un polo alto la cui

$$\tau = C_I \cdot R_1 // R_2 = 60ms \Rightarrow f_{pole} = 2.65Hz \left(= \frac{1}{240s} \right)$$

C_I è un c.c. per segnali con frequenza $\gg 10 f_{pole}$.

c) Basse frequenze : C si può considerare aperto 4/4

$$G_L = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_D}{\frac{1}{g_m} + R_S} = - \frac{2.5}{0.25 + 0.75} = -2.5$$

Alta frequenze : C è in cortocircuito

$$G_H = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_D // R_L}{\frac{1}{g_m} + R_S} = \frac{-1.25}{1} = -1.25$$

$$\begin{aligned} d) \quad i_{picco} &= \frac{V_{out \text{ picco}}}{R_L} = \frac{V_{in \text{ picco}} \cdot G_H}{R_L} = \frac{10 \cdot (-1.25) \cdot 10^{-6}}{2.5} = \\ &= 5 \mu A \end{aligned}$$