

**Es. A**

1)

$$V_G = \frac{4k}{4k+6k}10V = 4V; I_{divider} = 1mA$$

ipotizzo il MOSFET in saturazione:

$$\begin{cases} I_D = k(V_{GS} - V_T)^2 \\ V_G = V_{GS} + I_D(R_{S_1} + R_{S_2}) \end{cases}$$

$$V_{GS} = \begin{cases} 1V > V_T & \text{ok} \\ -\frac{1}{12}V < V_T & \text{non accettabile} \end{cases}$$

$$I_D = 3mA$$

$$V_S = 3V$$

$$V_D = 10V - I_D R_D = 5.5V$$

$$V_{GD} = -1.5V < V_T \quad \text{ok, il MOSFET e' in saturazione}$$

$$g_m = 2k(V_{GS} - V_T) = 12mA/V$$

$$\frac{1}{g_m} = 83.3\Omega$$

2)

C<sub>1</sub> e' un cortocircuito, C<sub>2</sub> e' un circuito aperto

$$v_{gs} = \frac{1/g_m}{1/g_m + R_{S_1} + R_{S_2}} v_{in}$$

$$i_d = g_m v_{gs}$$

$$v_{out} = -i_d R_D = -\frac{R_D}{1/g_m + R_{S_1} + R_{S_2}} v_{in}$$

$$G = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m(R_{S_1} + R_{S_2})} = -1.385$$

3)

C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> sono un cortocircuito, quindi la resistenza di degenerazione sul source e' costituita dalla sola R<sub>S1</sub>.

$$v_{gs} = \frac{1/g_m}{1/g_m + R_{S_1}} v_{in}$$

$$i_d = g_m v_{gs}$$

$$v_{out} = -i_d R_D = -\frac{R_D}{1/g_m + R_{S_1}} v_{in}$$

$$G = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{g_m R_D}{1 + g_m R_{S_1}} = -2.57$$

4)

C<sub>1</sub> puo' essere considerato un cortocircuito al di sopra della frequenza del polo introdotto dalla capacita' stessa. La costante di tempo di tale polo vale

$$\tau_p = C_1(R_1 // R_2) = 2.4ms$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\tau_p} = 66.3Hz$$

## Es. B

1)

L'uscita e' bassa se sono accesi uno dei due nMOSFET pilotati da A o da B e l'nMOSFET pilotato da C. Per quanto riguarda la rete di pull-up, l'uscita e' alta se sono accesi i due pMOSFET pilotati da A e da B oppure se e' acceso il pMOSFET pilotato da C.

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

2)

Nella transizione ABC=111→ABC=110, si spegne l'nMOSFET pilotato da C e si accende il pMOSFET pilotato da C. L'uscita, pertanto, transisce dal livello logico basso al livello logico alto e la capacita'  $C_L$  e' caricata dal solo pMOSFET pilotato da C. Calcoliamo il tempo di propagazione relativo a questa transizione sia nell'approssimazione a corrente costante che nell'approssimazione ohmica:

- corrente costante (MOSFET saturo)

$$t_{pLH} = \frac{Q}{I} = \frac{C_L \frac{V_{DD}}{2}}{k_p (V_{DD} - V_T)^2} = \frac{2 \text{ pF} \cdot 1.5 \text{ V}}{0.1 \text{ mA/V}^2 (3 \text{ V} - 0.6 \text{ V})^2} = 5.2 \text{ ns}$$

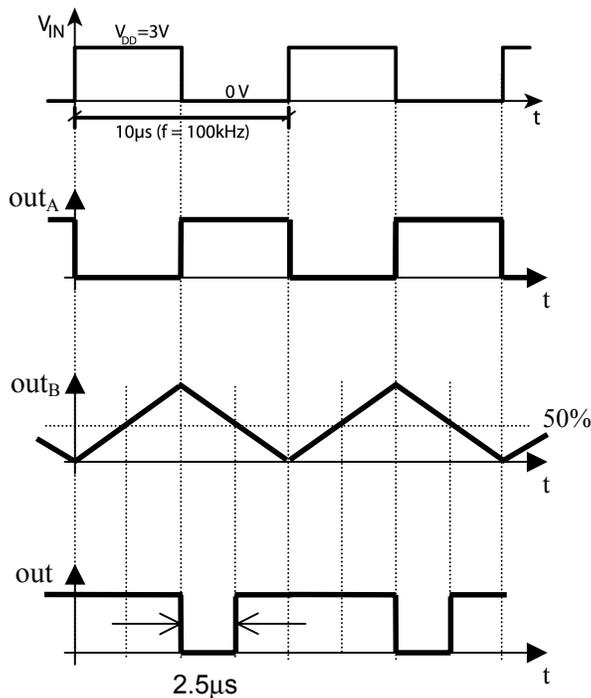
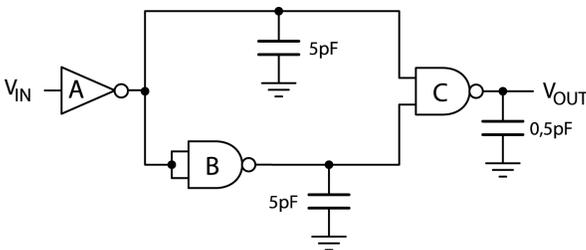
- ohmica

$$R_{DS_{on}} = \frac{1}{2k_p (V_{DD} - V_T)} = \frac{1}{2 \cdot 0.1 \text{ mA/V}^2 \cdot 2.4 \text{ V}} = 2.1 \text{ k}\Omega$$

$$t_{pLH} = 0.69 \cdot R_{DS_{on}} \cdot C_L = 2.9 \text{ ns}$$

## Es. C

1)



2)

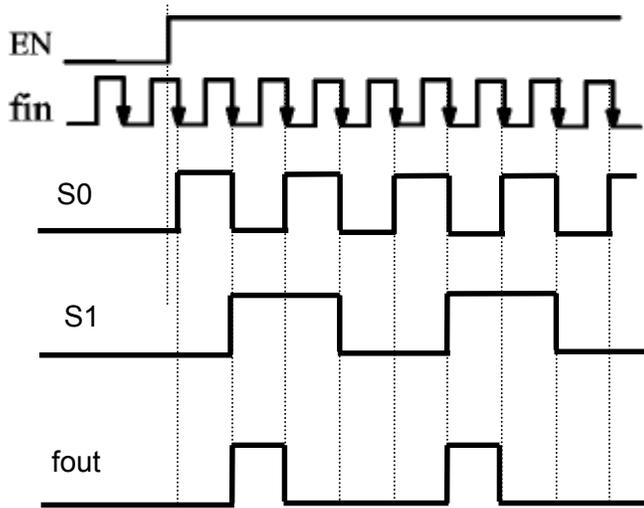
La tensione ai capi di tutte e tre le capacita' commuta con frequenza  $f$ , quindi la potenza dissipata e' data da:

$$P_{diss} = (C_1 + C_2 + C_3) V^2 f = 9.45 \mu \text{ W}$$

### Es. D

1 e 2)

Il clock che arriva in ingresso al contatore e' l'AND tra il segnale di enable ed il segnale  $f_{in}$ . Il segnale in uscita dal bit meno significativo (S0) del contatore ha frequenza pari alla meta' della frequenza di clock, il segnale S1 pari a un quarto, il segnale S2 pari ad un ottavo ed il segnale S3 pari ad un sedicesimo. L'uscita del comparatore va ad uno quando le due parole in ingresso sono uguali bit a bit e cioe'  $A_0=B_0$ ,  $A_1=B_1$ ,  $A_2=B_2$ ,  $A_3=B_3$ .



### Es. E

1)

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 2.8V - 2.4V = 0.4V$$

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 0.8V - 0.4V = 0.4V$$

2)

