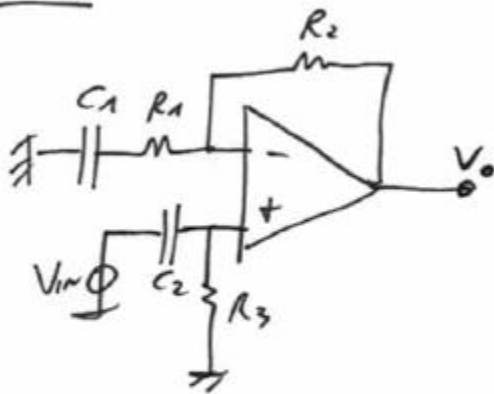


Es 1.



- $R_1 = 10k\Omega$
- $R_2 = 100k\Omega$
- $R_3 = 100k\Omega$
- $C_1 = 1.45nF$
- $C_2 = 16nF$

il quadrupolo

1) determinare V_o/V_{in} e tracciare il diagramma di Bode del modulo

$$V_+ = V_{in} \frac{R_3}{R_3 + \frac{1}{sC_2}} = V_{in} \frac{sC_2 R_3}{1 + sC_2 R_3}$$

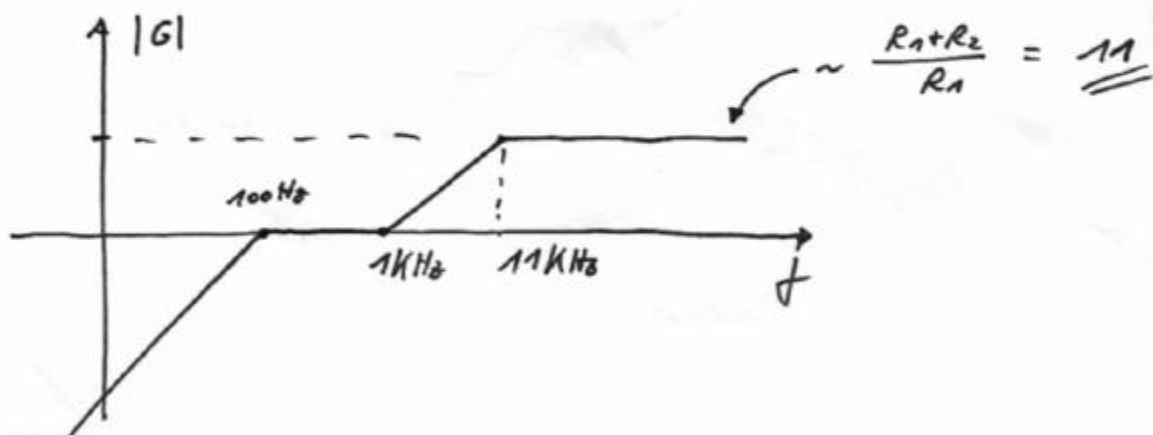
$$V_o = V_+ \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} \right) = V_+ \left(1 + \frac{sC_1 R_2}{1 + sC_1 R_1} \right) =$$

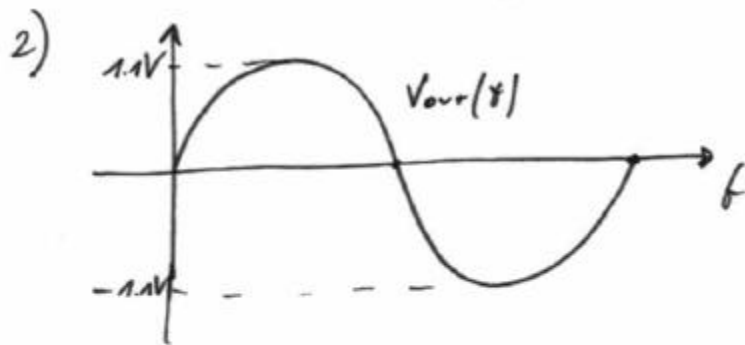
$$= V_{in} \underbrace{\frac{sC_2 R_3}{1 + sC_2 R_3}}_{P_I} \underbrace{\frac{1 + sC_1(R_1 + R_2)}{1 + sC_1 R_1}}_{P_{II}}$$

$$P_I : f_{II} = \frac{1}{2\pi C_2 R_3} = 99.4 \text{ Hz} \sim \underline{\underline{100 \text{ Hz}}}$$

$$P_{II} : f_{II} = \frac{1}{2\pi C_1 R_1} = \underline{\underline{11 \text{ kHz}}}$$

$$z : f_{zer} = \frac{1}{2\pi(R_1 + R_2)C_1} = \underline{\underline{1 \text{ kHz}}}$$



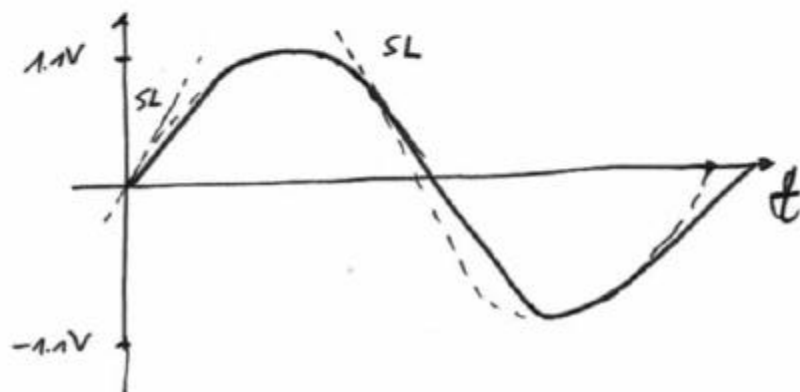


3) aggiungendo una tensione costante di 5V, la $V_{out}(t)$ non cambia perché la 'continua' non passa (vedi diagramma di Bode per $f \rightarrow 0$)

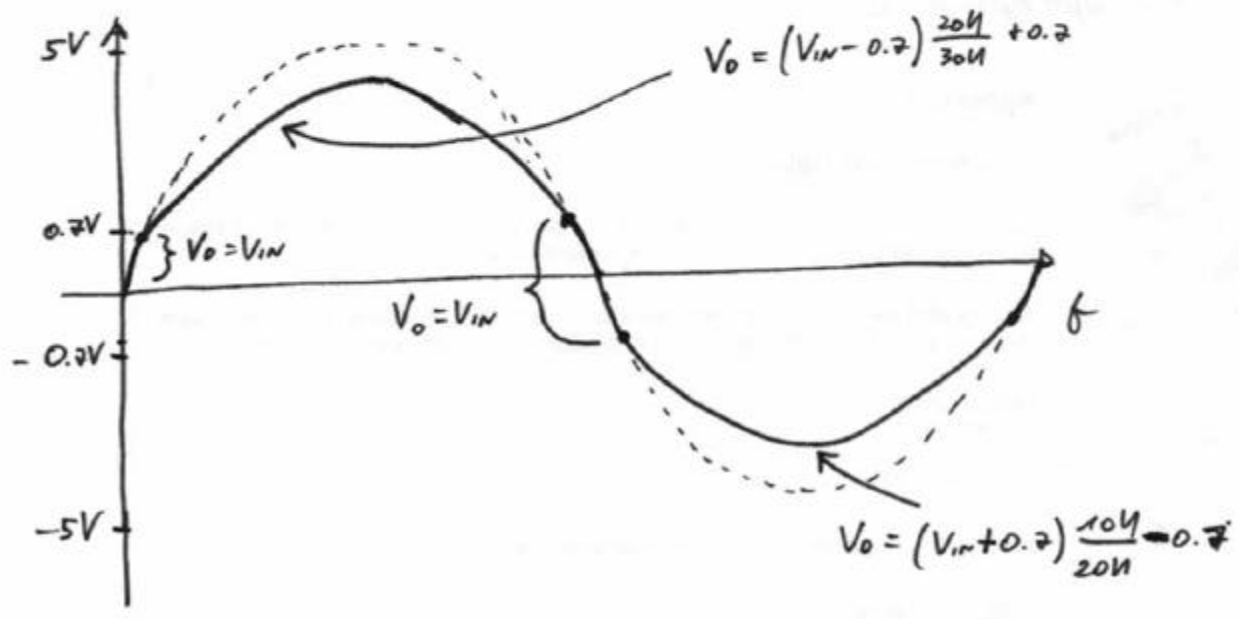
4) $\left. \frac{dV}{dt} \right|_{max} = 1.1V \cdot 2\pi \cdot 100kHz = 6.9 \cdot 10^5 V/s = 0.69 V/\mu s$

\Rightarrow la $V_{out}(t)$ è limitata dalla slew rate

qualitativamente:



Es. 2

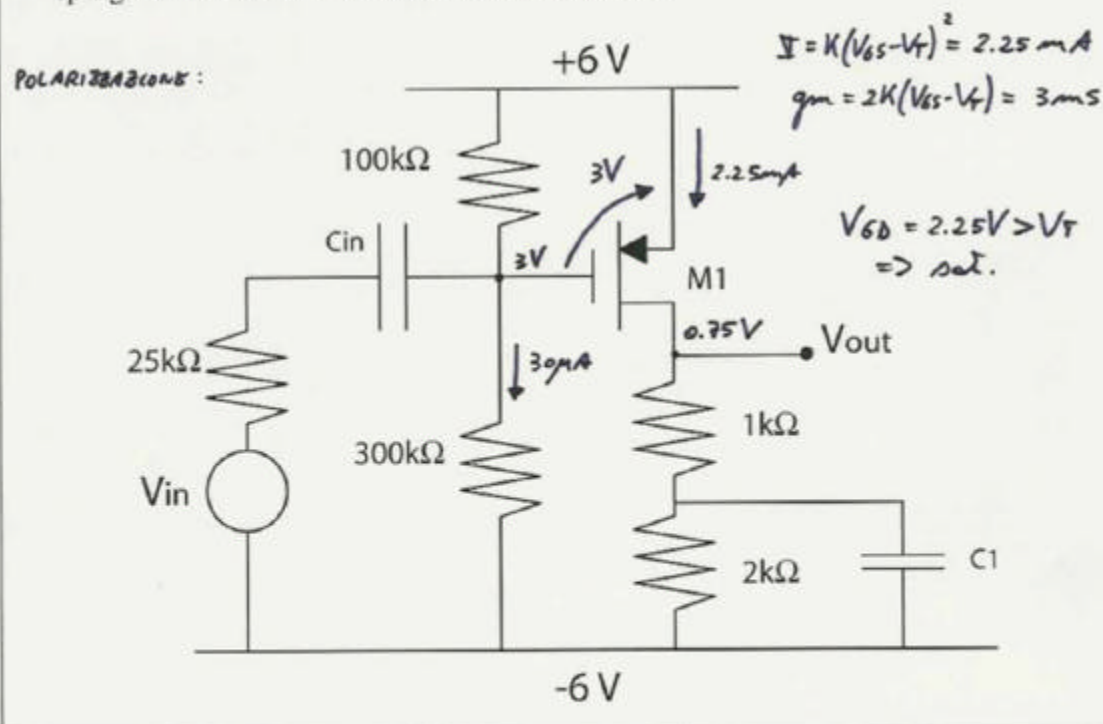


$$V_{o+max} = 3.6V$$

$$V_{o-min} = -2.85V$$

Es. 3 Si consideri il circuito in figura con il MOSFET avente le seguenti caratteristiche: $V_T = -1,5V$, $k = 1/2 \mu C_{ox} W/L = -1mA/V^2$. Si determini:

- 1) la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami, in assenza di segnale) e la zona di funzionamento del transistor (triode/saturazione) giustificando la risposta;
- 2) il guadagno V_{out}/V_{in} a media frequenza (esaurito l'effetto di C_{in} e non ancora intervenuta C_1),
- 3) il guadagno V_{out}/V_{in} ad alta frequenza (esaurito l'effetto sia di C_{in} che di C_1),
- 4) la massima dinamica di ingresso senza che il MOSFET esca dalla zona di saturazione o si spenga nel caso in cui C_1 non sia ancora intervenuta.



$$2) \quad V_G = \frac{100k // 300k}{100k // 300k + 25k} V_{in} = 0.75 V_{in} \quad V_{out} = -g_m (3k) = -9$$

$$G_{TOT} = -6.75$$

$$3) \quad V_{or} = 0.75 (-g_m 1k) = -2.25$$

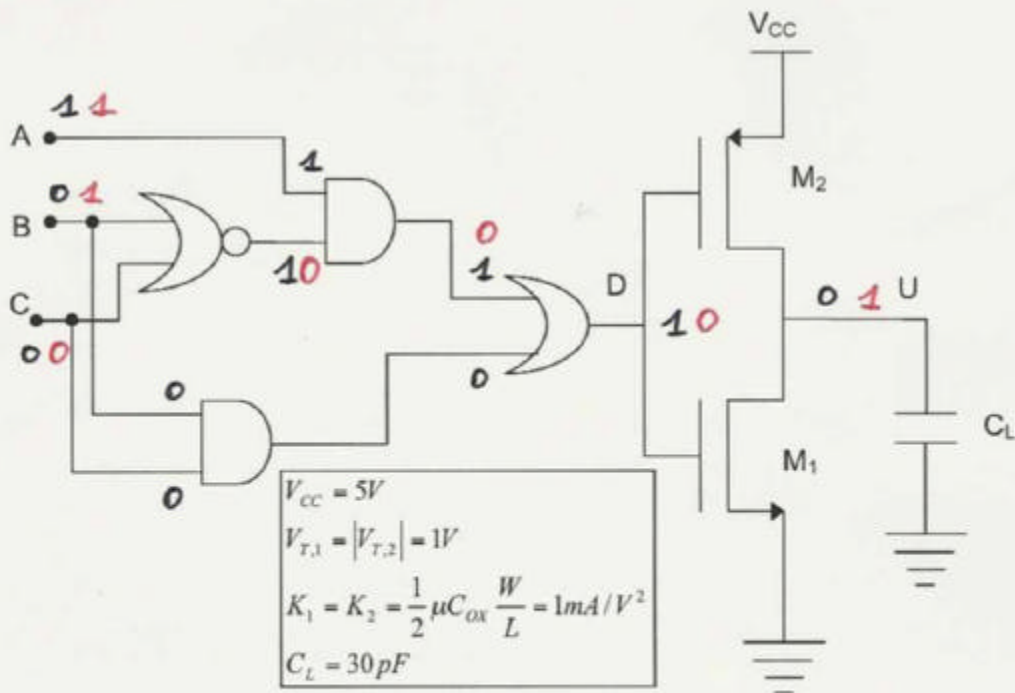
$$4) \quad V_{GD} = 2.25 \quad V_{GD \text{ limite}} = -1.5V \Rightarrow \Delta V_{GD} = -3.75V$$

$$\Delta V_G (1 + g_m 3k) = 3.75 \quad \Delta V_G = 375 \text{ mV} \quad \Delta V_{in \downarrow \text{ max}} = 0.5V$$

$$\Delta V_G \uparrow \text{ max} = 1.5V \quad \Delta V_{in \uparrow \text{ max}} = 2V$$

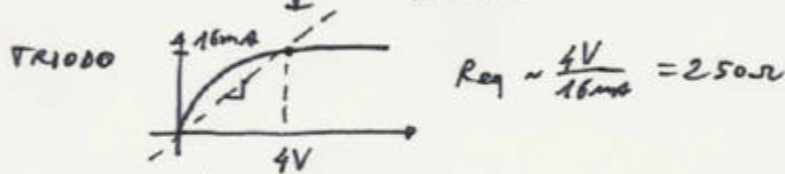
Es. 4

- Con riferimento alla figura 4 e supponendo che le porte logiche siano alimentate alla tensione V_{CC} , determinare il valore della tensione al nodo D per le seguenti combinazioni degli ingressi: 1) $A=1$ $B=0$ $C=0$ e 2) $A=1$ $B=1$ $C=0$.
- Calcolare il tempo necessario affinché la tensione al nodo U vari di $0.5V_{CC}$ supponendo che gli ingressi passino dallo stato logico 1) allo stato logico 2) del punto precedente.
- Sulla base del ritardo calcolato al punto b), stimare la massima frequenza di funzionamento del circuito digitale.



in 1) $\rightarrow D = 1$
 in 2) $\rightarrow D = 0$

b) sat. $I = K(5V - 1V)^2 = 16mA$ $\Delta V_U = 5V - 1V = 4V$
 $\Delta T = \frac{C \Delta V}{I} = 1.9ms$



$\tau = 7.5ms$ $f = \tau \ln \frac{4}{2.5} = 3.5ms$
 $\Rightarrow T_{TOT} = 1.9ms + 3.5ms = 5.4ms$

c) $f_{max} \ll \frac{1}{T_{TOT}}$ ad esempio: $f_{max} \sim \frac{1}{10} \frac{1}{T_{TOT}} \approx 18.5 MHz$