

Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a) ....  
 Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 3 ore. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

**ESERCIZIO 0 - DA RISOLVERE OBBLIGATORIAMENTE IN MANIERA ESATTA**  
 (pena la non correzione dei restanti esercizi)

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1a.

**Determinare la costante di tempo del circuito ed il valore medio della corrente in  $R_2$ , quando in ingresso e' applicato il segnale (periodico di periodo  $T$ ) mostrato in Fig. 1b, se  $T = 24\text{ ms}$ .**

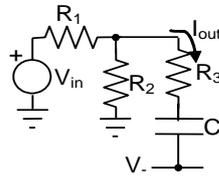


Fig. 1a

- $R_1 = 5\text{ k}\Omega$
- $R_2 = 10\text{ k}\Omega$
- $R_3 = 15\text{ k}\Omega$
- $C = 47\text{ nF}$
- $V_s = -2\text{ V}$

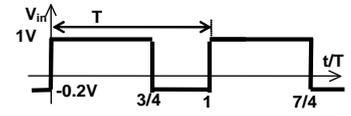


Fig. 1b

**Esercizio 1**

Si consideri nuovamente il circuito riportato nella Fig. 1a.

- a) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della corrente  $I_{out}(t)$  quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b (periodico di periodo  $T$ ), se  $T = 24\text{ ms}$ . Si assuma il circuito a regime e si giustifichi la risposta.
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della corrente  $I_{out}(t)$  quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b (periodico di periodo  $T$ ), se  $T = 8\text{ ms}$ . Si assuma il circuito a regime e si giustifichi la risposta.

**Esercizio 2**

Si consideri il circuito a MOSFET riportato nella Fig. 2, in cui  $v_{in}$  e' un generatore di tensione di piccolo segnale.

- a) **Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami) ed indicare l'intervallo di tensioni che puo' assumere il nodo  $V_{out}$  per mantenere il corretto funzionamento di tutti i transistori.**
- b) **Determinare il trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  ad alta frequenza ( $C$  e  $C_{out}$  cortocircuitati).**
- c) Determinare le singularita' introdotte dalle capacita'  $C$  e  $C_{out}$  nel trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$ , assumendo che il solo transistoro  $M2$  sia caratterizzato da una resistenza di uscita  $r_{o,2} = 40\text{ k}\Omega$ .
- d) Se alla alimentazione negativa  $V$  fosse sovrapposto un disturbo, supposto sinusoidale alla frequenza di  $50\text{ Hz}$  e con ampiezza  $20\text{ mV}$ , determinarne l'effetto sulla tensione di uscita, nelle ipotesi che il solo transistoro  $M2$  sia caratterizzato da una resistenza di uscita  $r_{o,2} = 40\text{ k}\Omega$ .

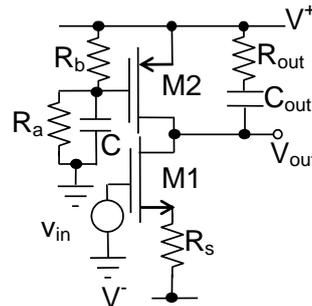


Fig. 2

- $V = -4.75\text{ V}$
- $V_+ = 5\text{ V}$
- $|k_p| = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} (W/L)_p = 1\text{ mA/V}^2$
- $k_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L)_n = 1\text{ mA/V}^2$
- $V_{Tn} = |V_{Tp}| = 1\text{ V}$
- $R_a = R_b = 2.5\text{ M}\Omega$
- $R_s = 1\text{ k}\Omega$
- $C = 1\text{ }\mu\text{F}$
- $C_{out} = 470\text{ pF}$
- $R_{out} = 20\text{ k}\Omega$
- $r_o = \infty$

**Esercizio 3**

Si consideri la porta logica in tecnologia CMOS mostrata in Fig. 3, che svolge la funzione logica  $Y = A + A \cdot B + A + C \cdot D$ .

- a) **Disegnare la rete di pull-up e la rete di pull-down, giustificando le scelte effettuate, per ottenere la funzione logica con una porta in tecnologia CMOS in forma minima.**
- b) Determinare il minimo tempo di transizione basso-alto dal 10% al 90% dell'escursione che la porta e' in grado di garantire, se la capacita' di carico  $C_L$  e' pari a  $5\text{ pF}$ .

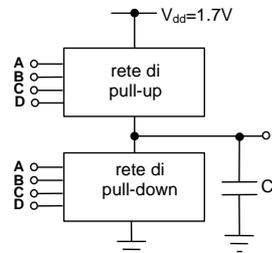


Fig. 3

- $k_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L)_n = 400\text{ }\mu\text{A/V}^2$
- $|k_p| = \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} (W/L)_p = 600\text{ }\mu\text{A/V}^2$
- $|V_{Tp}| = V_{Tn} = 0.7\text{ V}$

**Esercizio 4**

Si consideri il circuito riportato in Fig. 4. Il diodo conduce quando e' polarizzato in diretta con una tensione ai suoi capi pari a  $0.7\text{ V}$  e va in breakdown quando la tensione inversa ai suoi capi supera i  $7\text{ V}$ .

**Disegnare la caratteristica di trasferimento  $V_{out}$  vs.  $V_{in}$ , quotandone tutti i punti significativi e giustificando la risposta, assumendo che la tensione  $V_{in}$  vari nell'intervallo  $[-5\text{ V}; 3\text{ V}]$ .**

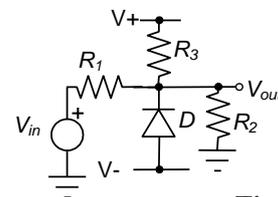


Fig. 4a

- $V_+ = 5\text{ V}$
- $V_- = -1\text{ V}$
- $R_1 = 3\text{ k}\Omega$
- $R_2 = 2\text{ k}\Omega$
- $R_3 = 1\text{ k}\Omega$