

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “1<sup>a</sup> prova in itinere”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
3. Scrivere con grafia leggibile e con la penna.
4. Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a)...
5. Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e’ 3 ore.
6. 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 che fluisce nel generatore  $V_{in}$ , quando in ingresso e’ applicato il segnale (periodico) mostrato in Fig. 1b, se  $T = 1\text{ ms}$ .

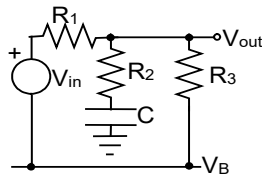


Fig. 1<sup>o</sup>

$R_1 = 5\text{ k}\Omega$   $R_2 = 1\text{ k}\Omega$

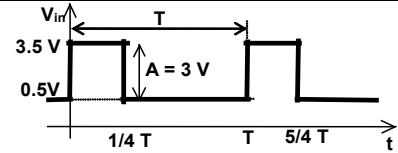


Fig. 1b

$R_3 = 2\text{ k}\Omega$   $C = 1\text{ nF}$   
 $V_B = -3.5\text{ V}$

**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 tensione  $V_{out}(t)$  quando in ingresso e’ applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se  $T = 1\text{ ms}$ . Si giustifichi la risposta.
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l’andamento della tensione  $V_{out}(t)$  quando in ingresso e’ applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se  $T = 20\text{ }\mu\text{s}$ . 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 e  $I_{BIAS}$  e’ un generatore di corrente ideale.

- a) Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).
- b) Determinare il valore della resistenza  $R$  che possa sostituire il generatore di corrente  $I_{BIAS}$  senza alterare la polarizzazione.
- c) Determinare il trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  a bassa frequenza (C circuito aperto) assumendo che i transistori M1 e M2 siano caratterizzati da una resistenza  $r_0 = 75\text{ k}\Omega$ .
- d) Determinare le singularita’ introdotte dalla capacita’ C nel trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$ , assumendo che i transistori M1 e M2 siano caratterizzati da una resistenza  $r_0 = 75\text{ k}\Omega$ .

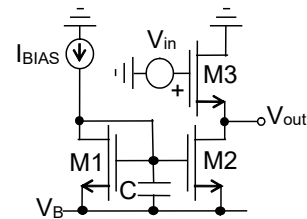


Fig. 2

$V_B = -5\text{ V}$   $I_{BIAS} = 0.1\text{ mA}$   
 $\frac{1}{2}\mu_n C_{ox} = 0.1\text{ mA/V}^2$   $(W/L)_1 = 1$   
 $(W/L)_2 = 10$   $(W/L)_3 = 10$   
 $V_T = 0.7\text{ V}$   $C = 600\text{ pF}$

**Esercizio 3**

Si consideri la porta logica in tecnologia CMOS mostrata in Fig. 3.

- a) Determinare la funzione logica svolta dalla porta e disegnare la rete di pull-up e la rete di pull-down della porta logica complessa in tecnologia CMOS in forma minima che svolge tale funzione logica. Si giustifichino le scelte effettuate.
- b) Determinare il tempo di commutazione della porta quando  $B = C = D = 1$  e A commuta da 0 a 1 sia per la porta di Fig. 3 che per la porta in forma minima. Commentare il risultato.

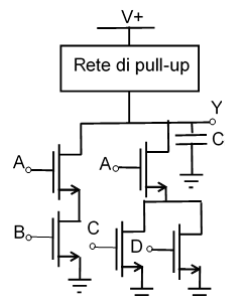


Fig. 3

$V^+ = 3.3\text{ V}$   
 $k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox} (W/L)_n = 800\text{ }\mu\text{A/V}^2$   
 $|k_p| = \frac{1}{2}\mu_p C_{ox} (W/L)_p = 600\text{ }\mu\text{A/V}^2$   
 $|V_{Tp}| = V_{Tn} = 0.7\text{ V}$   
 $C_L = 2.2\text{ pF}$

**Esercizio 4**

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 4a. Il diodo conduce quando e’ polarizzato in diretta con una tensione ai suoi capi pari a  $0.7\text{ V}$ .  $V_{in}$  e’ un segnale di tensione con andamento triangolare, ampiezza picco-picco  $3\text{ V}$  e periodo  $1\text{ ms}$ , come mostrato in Fig. 4b. Disegnare l’andamento della tensione di uscita  $V_{out}(t)$ , quotandone tutti i punti ritenuti significativi e giustificando la risposta.

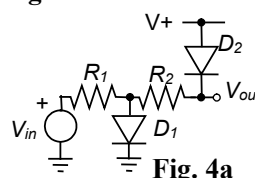


Fig. 4a

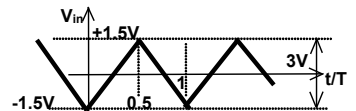


Fig. 4b

$V^+ = +1\text{ V}$   $R_1 = 1\text{ k}\Omega$   $R_2 = 3\text{ k}\Omega$