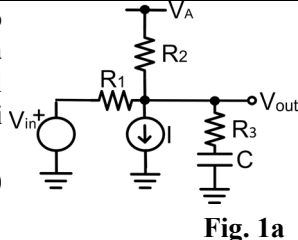


1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “1ª prova in itinere”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
3. Scrivere con grafia leggibile e con la penna.
4. Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a)...
5. Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 2.5 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 tensione di uscita, quando in ingresso e' applicato il segnale (periodico) mostrato in Fig. 1b, se $f = 100 \text{ Hz}$.



- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 5 \text{ k}\Omega$
- $C = 22 \text{ nF}$
- $V_A = +3 \text{ V}$
- $I = 100 \text{ }\mu\text{A}$

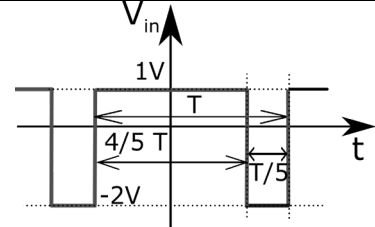


Fig. 1b

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 tensione di uscita, quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b (periodico), se $f_{in} = 100 \text{ Hz}$. Si giustifichi la risposta.
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di uscita $V_{out}(t)$, quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b (periodico), se $f_{in} = 1 \text{ kHz}$. 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 i_{in} e' un generatore di corrente di piccolo segnale.

- a) Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).
- b) Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/i_{in} a bassa frequenza (capacita' circuito aperto), assumendo che il transistor sia caratterizzato da una resistenza di uscita r_0 infinita.
- c) Determinare le singularita' introdotte dalle capacita' nel trasferimento di piccolo segnale v_{out}/i_{in} , assumendo $r_0 = \infty$.
- d) Determinare la massima dinamica positiva e negativa del nodo di uscita V_{out} .

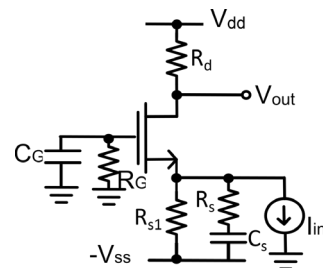


Fig. 2

- $k_n = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L) = 200 \text{ }\mu\text{A/V}^2$
- $V_{Tn} = 0.6 \text{ V}$
- $V_{dd} = 3 \text{ V}$
- $-V_{ss} = -4.2 \text{ V}$
- $C = 22 \text{ pF}$
- $C_G = 100 \text{ }\mu\text{F}$
- $R_{S1} = 2 \text{ k}\Omega$
- $R_S = 5 \text{ k}\Omega$
- $R_G = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_D = 3 \text{ k}\Omega$

Esercizio 3

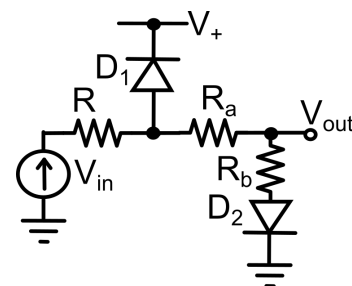
Si consideri il circuito logico in grado di implementare, in una tecnologia CMOS dai parametri indicati, la funzione logica $Y = A+B(C+D)+AB$ (NON NEGATA!). Il circuito pilota un carico capacitivo $C_L = 2 \text{ pF}$ sulla sua uscita Y .

- a) Disegnare il circuito logico completo in tecnologia CMOS, che svolga tale funzione logica in forma minima. Si giustifichino le scelte effettuate.
- b) Determinare il ritardo di propagazione del circuito logico, supponendo che tutti gli ingressi commutino istantaneamente, cortocircuitati tra loro.

- $V_{dd} = 2.1 \text{ V}$
- $\frac{1}{2} \mu_n C_{ox} = 90 \text{ }\mu\text{A/V}^2$
- $(W/L)_n = (W/L)_p = 6$
- $\frac{1}{2} \mu_p C_{ox} = 35 \text{ }\mu\text{A/V}^2$
- $|V_{Tp}| = V_{Tn} = 0.65 \text{ V}$

Esercizio 4

Si consideri il circuito riportato in Fig. 3. I diodi conducono quando sono polarizzati in diretta con una tensione ai loro capi pari a 0.7 V . V_{in} e' un segnale di tensione con andamento ad onda triangolare con escursione tra -12 V e $+12 \text{ V}$ e frequenza 1 kHz . Disegnare in un diagramma, quotandone tutti i punti significativi, la caratteristica di trasferimento tra tensione di uscita e tensione di ingresso. Si giustifichi la risposta.



- $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$
- $R_3 = 7 \text{ k}\Omega$
- $V_A = +2 \text{ V}$

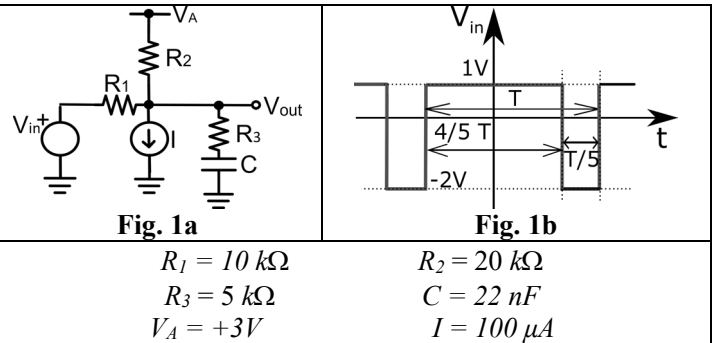
Fig. 3

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “Appello Straordinario”, 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' 2.5 ore.
6. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

Esercizio 1

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1a.

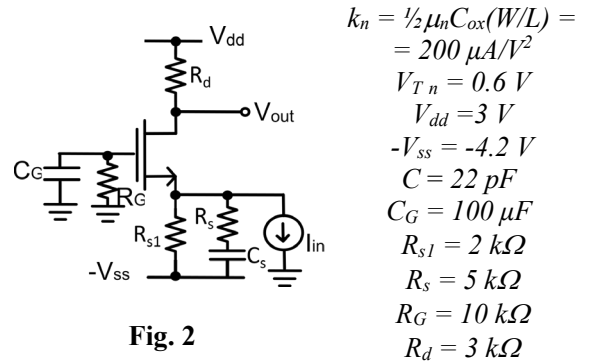
- a) **Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di uscita, quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se $f_{in} = 100 \text{ Hz}$. Si giustifichi la risposta.**
- b) Disegnare in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di uscita $V_{out}(t)$, quando in ingresso e' applicato il segnale di Fig. 1b. (periodico), se $f_{in} = 1 \text{ kHz}$. Si assuma il circuito a regime e si giustifichi la risposta.



Esercizio 2

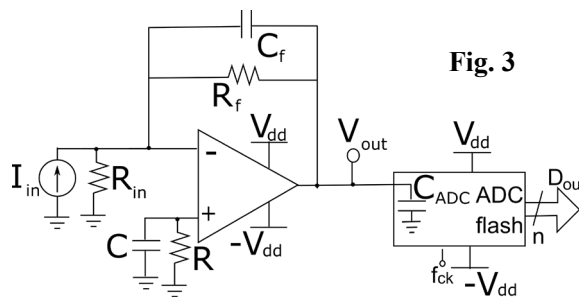
Si consideri il circuito a MOSFET riportato nella Fig. 2, in cui i_{in} e' un generatore di corrente di piccolo segnale.

- a) **Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/i_{in} a bassa frequenza (capacita' circuito aperto), assumendo che il transistor sia caratterizzato da una resistenza di uscita r_0 infinita.**
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/i_{in} , assumendo $r_0 = \infty$.
- d) Determinare la massima dinamica positiva e negativa del nodo di uscita V_{out} .



Esercizio 3

Si consideri la catena di acquisizione riportata nella Fig. 3. L'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione, I_{in} sia un generatore di corrente di segnale ad onda quadra a media nulla, con ampiezza massima pari a $80 \mu\text{A}$. Il convertitore analogico digitale sia del tipo flash con un numero n di bits.



- | |
|--------------------------------------|
| $R_f = R_{in} = 100 \text{ k}\Omega$ |
| $R = R_f // R_{in}$ |
| $C_f = 1 \text{ pF}$ |
| $C = 47 \mu\text{F}$ |
| $n = 11 \text{ bits}$ |
| $V_{dd} = 10 \text{ V}$ |
| $C_{ADC} = 100 \text{ pF}$ |
| $f_{ck} = 33 \text{ MHz}$ |

- a) **Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento ideale V_{out}/I_{in} a bassa frequenza ed il valore del guadagno ad anello aperto dell'amplificatore operazionale (A_0) che garantisca un errore statico di guadagno dello 0.03 %. Si determini, quindi, la risoluzione in ingresso ottenibile, assumendo l'amplificatore operazionale ideale.**
- b) **Determinare se possa essere impiegato per questa catena un amplificatore operazionale caratterizzato da una corrente di uscita massima pari a 35 mA , senza alterare le prestazioni complessive.**
- c) Determinare il margine di fase dello stadio amplificatore, se l'amplificatore operazionale e' caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda pari a 33 MHz (A_0 e f_0 non sono noti separatamente).
- d) Se l'ADC e' caratterizzato da un rapporto segnale rumore inferiore di 5 dB rispetto a quello che avrebbe se fosse ideale, determinare la minima variazione di ampiezza in ingresso alla catena, che provochi la commutazione di 1 LSB in uscita.