

# Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2022/23

## Terzo Appello– 23 gennaio 2024

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, cod. persona, data, “Terzo Appello”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome, numero di matricola, cod. persona.
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, perché ritenuti più facili. La durata della prova è 2.5 ore.
6. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

### Esercizio 1

Si consideri il circuito a MOSFET riportato nella Fig. 1, in cui  $i_{in}$  è un generatore di corrente di piccolo segnale. Si assuma l'amplificatore operazionale ideale.

- a) **Determinare il minimo valore di  $V_b$  necessario per il corretto funzionamento dello specchio di corrente nonché la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).**
- b) **Determinare l'espressione del trasferimento  $V_{out}/i_{in}$  a bassa frequenza.**
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del guadagno di corrente di piccolo segnale  $i_{out}/i_{in}$ , quotandone tutti i punti significativi,
- d) Determinare il minimo numero di quadri necessario per la resistenza  $R_{bias}$ , assumendo di disporre, per la realizzazione delle resistenze di un processo di impiantazione di Boro con dose  $D = 1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  oppure di un processo di impiantazione di Arsenico con dose  $D = 8 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ .

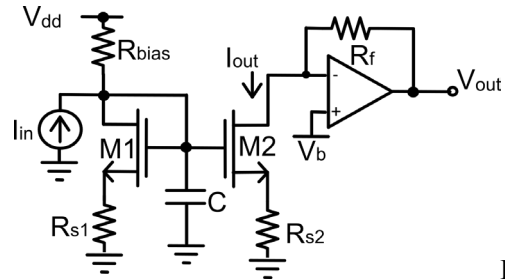


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +4.5 \text{ V} & V_{Tn} &= 1 \text{ V} & \frac{1}{2}\mu_n C_{ox} &= 100 \mu\text{A}/\text{V}^2 \\
 (W/L)_{n1} &= 5 & (W/L)_{n2} &= 10 \\
 r_0 &= \infty & R_{bias} &= 4 \text{ k}\Omega & R_{s1} &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_{s2} &= 500 \Omega & C &= 41 \text{ pF} & R_f &= 700 \Omega \\
 \mu_n &= 1350 \text{ cm}^2/(\text{Vs}) & \mu_p &= 430 \text{ cm}^2/(\text{Vs})
 \end{aligned}$$

### Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata in Fig. 2. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione. L'ADC sia del tipo a doppia rampa.

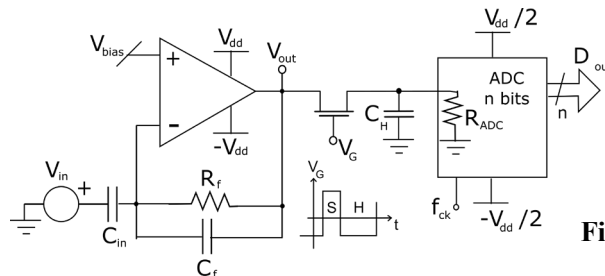


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +5 \text{ V} \\
 V_{Tn} &= 1 \text{ V} \\
 k_n &= \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 10 \text{ mA}/\text{V}^2 \\
 C_{in} &= 8 \text{ pF} \\
 C_f &= 2 \text{ pF} \\
 R_f &= 280 \text{ k}\Omega \\
 C_H &= 470 \text{ pF}
 \end{aligned}$$

- a) **Tracciare l'andamento temporale della tensione di uscita  $v_{out}(t)$ , quotandone tutti i punti significativi, nelle ipotesi di amplificatore operazionale ideale e assumendo un segnale di ingresso a gradino positivo di ampiezza  $A = 90 \text{ mV}$ .**
- b) **Determinare il valore di  $V_{bias}$  ed il numero di bit  $n$  dell'ADC richiesti per garantire una risoluzione di  $100 \mu\text{V}$  per un segnale di ingresso in grado di fornire alla uscita  $V_{out}$  un segnale di ampiezza  $0.9 \times V_{dd}$ .**
- c) Determinare il margine di fase dello stadio amplificatore se l'amplificatore operazionale è caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda,  $GBWP = 30 \text{ MHz}$  ( $A_0$  non è noto separatamente).
- d) Assumendo ora un segnale di ingresso sinusoidale di massima ampiezza compatibile con il funzionamento del circuito e frequenza  $10 \text{ kHz}$  e la relativa  $V_{bias}$  necessaria, determinare la minima frequenza di clock richiesta per la corretta conversione, se l'ADC presenta una resistenza di ingresso  $R_{ADC} = 50 \text{ M}\Omega$  e  $n = 12 \text{ bits}$ .

### Esercizio 3

Si consideri il circuito logico mostrato in Fig. 3.

- a) **Tracciare il grafico di  $Y(t)$  quotandone tutti i punti significativi e calcolare il tempo complessivo necessario perché l'uscita raggiunga il valore di  $V_{dd}/2$  se  $A$  e  $B$  commutano istantaneamente da 11 a 00, assumendo un ritardo di propagazione delle porte AND e OR di  $8 \text{ ns}$ .**
- b) Calcolare la potenza statica e dinamica dissipata nel caso in cui  $A$  e  $B$  siano cortocircuitati tra loro e pilotati da una onda quadra con  $f = 2 \text{ MHz}$  e duty cycle 20%.

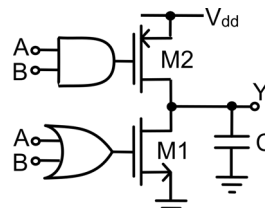


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +3.3 \text{ V} \\
 V_{Tn} &= |V_{Tp}| = 1 \text{ V} \\
 k_n &= \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 200 \mu\text{A}/\text{V}^2 \\
 k_p &= -\frac{1}{2}\mu_p C_{ox}(W/L)_p = 2 \mu\text{A}/\text{V}^2 \\
 C &= 1 \text{ pF}
 \end{aligned}$$