

# Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2024/25

## Terzo Appello – 15 gennaio 2026

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 amplificatore, mostrato nella Fig. 1.

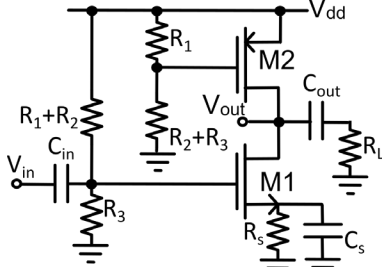


Fig. 1

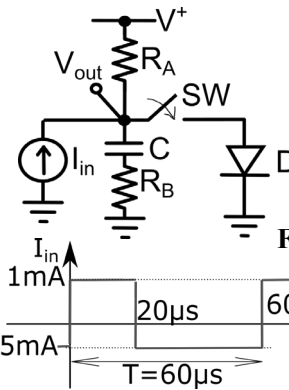
$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +9 \text{ V} \\
 V_{Tn} &= |V_{Tp}| = 1 \text{ V} \\
 k_p &= -\frac{1}{2}\mu_p C_{ox}(W/L)_p = -1 \text{ mA/V}^2 \\
 k_n &= \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 1 \text{ mA/V}^2 \\
 C_{out} &= 1 \mu\text{F} & C_{in} &= 470 \mu\text{F} \\
 C_s &= 10 \text{ nF} & R_L &= 10 \text{ k}\Omega \\
 R_s &= 2 \text{ k}\Omega & R_1 &= 200 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 300 \text{ k}\Omega & R_3 &= 400 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

- a) **Calcolare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami), specificando l'intervallo di valori in DC ammesso per il nodo di uscita  $V_{out}$ , per garantire il corretto funzionamento del circuito.**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  ad alta frequenza, se i transistori sono caratterizzati da una resistenza di uscita di valore infinito.**
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale  $v_{out}/v_{in}$  se il solo transistor  $M2$  è caratterizzato da una resistenza di uscita di valore finito,  $r_o = 50 \text{ k}\Omega$ .

### Esercizio 2

Si consideri il circuito contenente un diodo, mostrato nella Fig. 2a. Il diodo conduce quando è polarizzato in diretta con una tensione ai suoi capi pari a  $0.7 \text{ V}$ .  $I_{in}$  è un segnale di corrente con andamento ad onda quadra, mostrato in Fig. 2b.  $SW$  sia un interruttore ideale.

- a) **Disegnare in un diagramma, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di uscita nel tempo, quando l'interruttore  $SW$  è aperto. Si giustifichi la risposta.**
- b) **Disegnare in un diagramma, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di uscita nel tempo, quando l'interruttore  $SW$  è chiuso. Si giustifichi la risposta.**



$$\begin{aligned}
 V^+ &= 2 \text{ V} \\
 C &= 1 \text{ nF} \\
 R_A &= R_B = 1 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

Fig. 2a

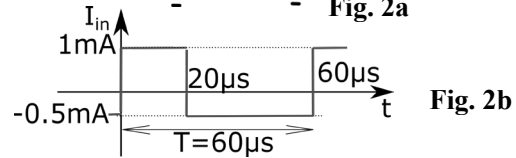


Fig. 2b

### Esercizio 3

Si consideri la catena di acquisizione riportata nella Fig. 3. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione.  $v_{in}$  sia un generatore ideale di tensione di segnale sinusoidale che eroga segnali con frequenza pari a  $f = 500 \text{ Hz}$  e ampiezza  $A$  compresa nell'intervallo  $20 \text{ mV} - 200 \text{ mV}$ .

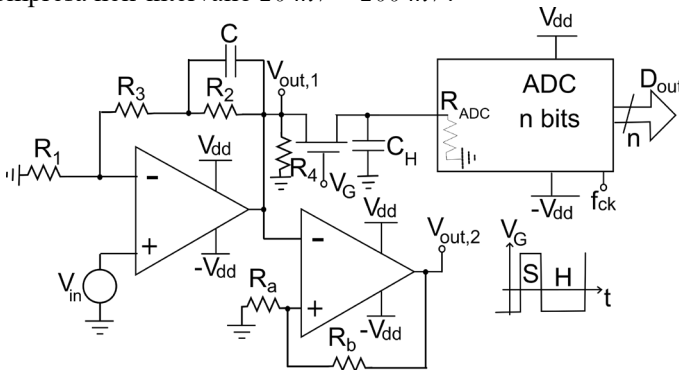


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +5 \text{ V} \\
 R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 5 \text{ k}\Omega = R_3 \\
 R_a &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_b &= 99 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 2 \text{ k}\Omega \\
 C &= 2 \text{ nF} \\
 C_H &= 2 \text{ nF} \\
 V_{Tn} &= 1 \text{ V} \\
 k_n &= \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 10 \text{ mA/V}^2 \\
 n &= 12 \text{ bits}
 \end{aligned}$$

- a) **Tracciare, in un diagramma temporale, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento della tensione di ingresso e della tensione in uscita dal primo stadio  $V_{out,1}$ , assumendo l'amplificatore operazionale ideale.**
- b) **Determinare il minimo valore che deve assumere la frequenza dell'ADC, supposto di tipo *tracking*, per garantire il corretto funzionamento della catena di acquisizione.**
- c) Determinare le soglie di scatto del *trigger di Schmitt*, presente in Fig. 3.
- d) Determinare il minimo errore commesso nella misura della ampiezza della sinusoide, se l'ADC fosse del tipo a gradinata, con  $R_{ADC} = 100 \text{ M}\Omega$  e frequenza di clock pari a  $f_{ck} = 10 \text{ MHz}$ .
- e) Determinare il margine di fase del circuito amplificatore, se l'amplificatore operazionale è caratterizzato da un prodotto guadagno - larghezza di banda,  $GBWP = 10 \text{ MHz}$ .