

Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2021/22

Quarto Appello – 4 febbraio 2023

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, cod. persona, data, “Quarto 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 v_{in} è un generatore di tensione di piccolo segnale e I un generatore di corrente DC di 1mA .

- 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}/v_{in} a bassa frequenza, assumendo che i transistori siano caratterizzati da una resistenza di uscita, $r_0 = \infty$.**
- c) Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/v_{in} a bassa frequenza, assumendo che entrambi i transistori siano caratterizzati da una tensione di Early, in modulo, $|V_A| = 45\text{V}$. (Si trascuri l'impatto sulla polarizzazione).
- d) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/v_{in} , quotandone tutti i punti significativi, assumendo che i transistori siano caratterizzati da una resistenza di uscita, $r_0 = \infty$.

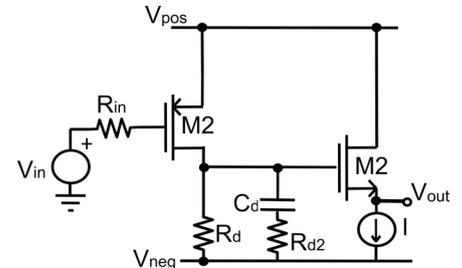


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 V_{pos} &= 2\text{V} & V_{neg} &= -4\text{V} \\
 C_d &= 100\text{pF} & R_{d1} &= 8\text{k}\Omega = R_{d2} \\
 R_{in} &= 100\Omega & V_{Tn} &= |V_{Tp}| = 1\text{V} \\
 k_n &= \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L)_n = 1\text{mA/V}^2 \\
 |k_p| &= \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} (W/L)_p = 0.5\text{mA/V}^2 \\
 I &= 1\text{mA}
 \end{aligned}$$

Esercizio 2

Si consideri il circuito contenente due diodi, mostrato nella Fig. 2. I diodi siano caratterizzati da una tensione di accensione pari a 0.7V . V_{BIAS} sia un generatore di tensione DC che eroga una tensione pari a -2V .

- a) **Tracciare la caratteristica di trasferimento statica V_{out} vs. V_{in} , indicando chiaramente i punti di scatto e le pendenze dei tratti e giustificando la risposta, se V_{in} varia nell'intervallo $[-5\text{V}, +5\text{V}]$.**
- b) Tracciare nuovamente la caratteristica di trasferimento statica V_{out} vs. V_{in} , indicando chiaramente i punti di scatto e le pendenze dei tratti e giustificando la risposta, se V_{in} varia nell'intervallo $[-5\text{V}, +5\text{V}]$ e il diodo D_2 è sostituito con un diodo Zener da 3.3V .

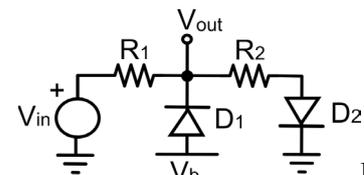


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 V_b &= -2\text{V} \\
 R_1 &= 1\text{k}\Omega \\
 R_2 &= 2\text{k}\Omega
 \end{aligned}$$

Esercizio 3

Si consideri la catena di acquisizione mostrata in Fig. 3. Si assuma che l'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione. v_{in} sia un generatore di tensione di segnale sinusoidale. L'ADC sia del tipo a gradinata, $n = 11\text{bits}$ e frequenza di clock $f_{ck} = 5\text{MHz}$.

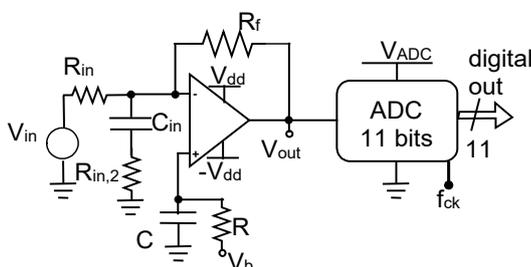


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V_{ADC} &= +3.3\text{V} & V_{dd} &= 5\text{V} \\
 R_{in} &= 10\text{k}\Omega & R_{in,2} &= 10\text{k}\Omega \\
 R_f &= 50\text{k}\Omega & R &= 10\text{k}\Omega \\
 C &= 47\mu\text{F} & C_{in} &= 20\text{pF} \\
 f_{ck} &= 5\text{MHz}
 \end{aligned}$$

- a) **Calcolare il guadagno reale del circuito amplificatore V_{out}/V_{in} a media frequenza, assumendo $A_0 = 85\text{dB}$ e $V_b = 0\text{V}$.**
- b) **Determinare la massima frequenza di un segnale di tensione sinusoidale di ampiezza massima compatibile con la dinamica dell'ADC (si supponga di poter disporre dell'adeguato valore di V_b), che possa essere convertito con un errore non superiore ad 1LSB .**
- c) Determinare la risoluzione in ingresso ottenibile nella conversione di un segnale sinusoidale di ampiezza $A = 180\text{mV}$ (a media nulla!) e frequenza $f = 1\text{Hz}$ ed il valore necessario per la tensione V_b .
- d) Tracciare il diagramma di Bode del modulo della funzione di trasferimento V_{out}/V_{in} nelle ipotesi che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da un prodotto guadagno – larghezza di banda $GBWP = 10\text{MHz}$ (A_0 e f_0 non sono noti separatamente), assumendo $V_b = 0\text{V}$.