

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

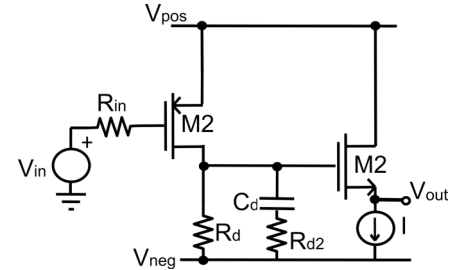
## Quarto Appello – 4 febbraio 2023

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  $1\text{mA}$ .

- 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,  $r_0 = \infty$ .



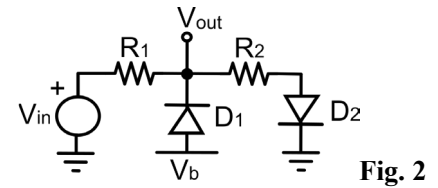
**Fig. 1**

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

### Esercizio 2

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

- 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  $3.3\text{V}$ .

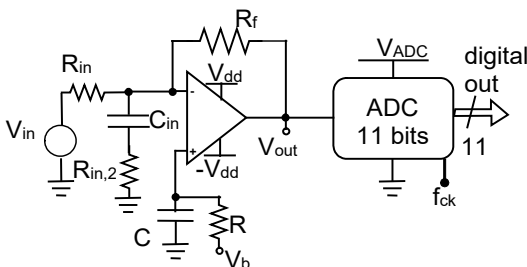


**Fig. 2**

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

### 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  $1\text{LSB}$ .**
- 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  $V_b = 0\text{V}$ .