

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

Secondo Appello – 9 settembre 2022

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, cod. persona, data, “Secondo 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

- a) Determinare la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami), calcolando il valore che deve assumere il fattore di transconduttanza del pMOS per garantire $V_{out} = 0 V$.
- b) Determinare l'espressione ed il valore del guadagno di piccolo segnale v_{out}/v_{in} a bassa frequenza, assumendo che il transistor pMOS sia caratterizzato da una resistenza di uscita, $r_0 = \infty$.
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento di piccolo segnale v_{out}/v_{in} , quotandone tutti i punti significativi, assumendo che il transistor pMOS sia caratterizzato da una resistenza di uscita, $r_0 = \infty$.
- d) Determinare la massima dinamica positiva e negativa del nodo di uscita.

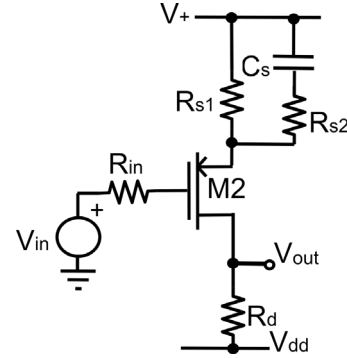


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= -6 V & V_+ &= +5 V & |V_{Tp}| &= 1 V \\
 C_s &= 220 \text{ nF} & R_{s1} &= 1.5 \text{ k}\Omega & R_{s2} &= 200 \text{ k}\Omega \\
 R_{in} &= 100 \Omega & R_d &= 3 \text{ k}\Omega & &
 \end{aligned}$$

Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata nella Fig. 2. L'amplificatore operazionale satura alle tensioni di alimentazione. V_{in} sia un generatore di segnale generico con ampiezza massima $8 \mu A$. L'ADC sia del tipo ad approssimazioni successive con $n = 13 \text{ bits}$.

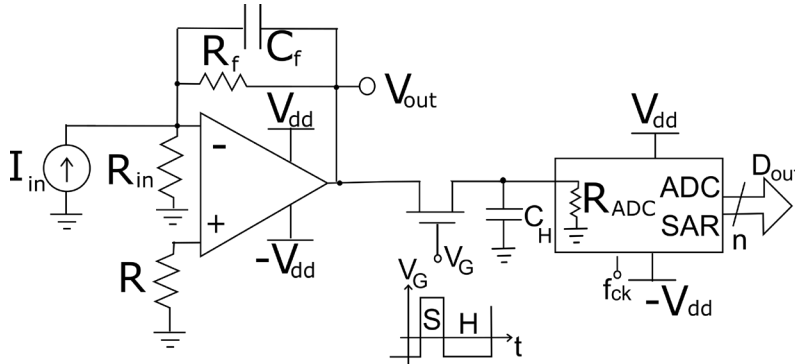


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 V_{Tn} &= +1 V \\
 \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} &= 100 \mu A/V^2 \\
 R_f &= 500 \text{ k}\Omega \\
 R_{in} &= 100 \text{ k}\Omega \\
 R_{ADC} &= 20 \text{ M}\Omega \\
 R &= R_{in} // R_f \\
 C_f &= 2 \text{ pF} \\
 C_H &= 1 \text{ nF} \\
 V_{dd} &= 5 V \\
 f_{ck} &= 50 \text{ MHz} \\
 n &= 13 \text{ bits}
 \end{aligned}$$

- a) Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento ideale V_{out}/I_{in} a bassa frequenza ed il minimo valore del guadagno ad anello aperto A_0 che l'amplificatore operazionale deve possedere perché il guadagno reale sia pari ad almeno il 99.9% del guadagno ideale.
- b) Determinare il fattore di forma (W/L) necessario per il transistor del circuito di S&H, che garantisca una costante di tempo τ di carica o scarica della capacità di Hold pari a un colpo di clock, assumendo una tensione V_G in fase di Sample pari a $+8V$ ed una tensione V_G in fase di Hold pari a $-8V$.
- c) Determinare il minimo valore che deve assumere la capacità di Hold C_H per garantire una risoluzione del 2% in ingresso.
- d) Determinare il margine di fase dello stadio amplificatore se l'amplificatore operazionale è caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda, $GBWP = 20 \text{ MHz}$ (A_0 non è noto separatamente).

Esercizio 3

Si consideri la porta logica in tecnologia CMOS mostrata in Fig. 3 che svolge la funzione logica $Y = \overline{(A \cdot B + D)} + (A + C + B)$.

- a) Disegnare le reti di pull-up e di pull-down della porta logica complessa in tecnologia CMOS e in forma minima che svolga tale funzione logica. Si giustificino le scelte effettuate.
- b) Determinare la massima frequenza di commutazione possibile dalla porta assumendo che tutti gli ingressi siano cortocircuitati tra loro e pilotati da un opportuno clock.

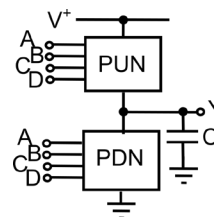


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V^+ &= 3.3 V \\
 k_n &= \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L)_n = 150 \mu A/V^2 \\
 |k_p| &= \frac{1}{2} \mu_p C_{ox} (W/L)_p = 150 \mu A/V^2 \\
 |V_{Tp}| &= V_{Tn} = 0.75 V \\
 C &= 4 \text{ pF}
 \end{aligned}$$