

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, cod. persona, data, “seconda prova in itinere”, 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 la catena di acquisizione mostrata in Fig. 1. L'amplificatore operazionale satura alle tensioni di alimentazione. V_{in} sia un generatore di segnale generico.

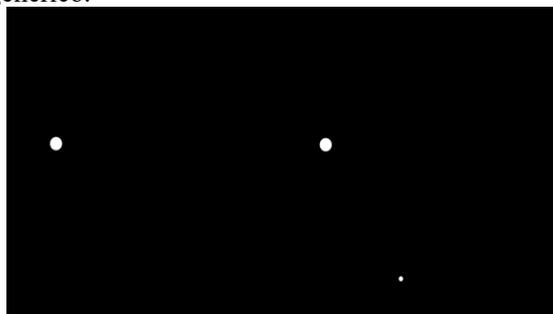


Fig. 1

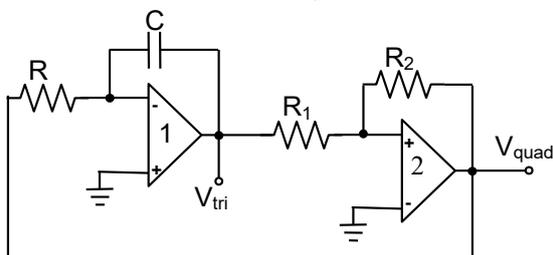
$$n=11 \quad R_1 = 100 \text{ k}\Omega \quad R_2 = 400 \text{ k}\Omega \quad R_A = 1 \text{ k}\Omega \quad R_B = 9 \text{ k}\Omega$$

$$f = 4.5 \text{ MHz} \quad V_{dd} = 6 \text{ V} \quad C = 220 \text{ pF} \quad R_{ADC} = 50 \text{ }\Omega$$

- a) **A seguito dell'applicazione di un gradino in ingresso positivo di ampiezza $A = 100 \text{ mV}$, tracciare il diagramma quotandone tutti i punti significativi della tensione $V_{out}(t)$. Calcolare espressamente i valori di $V_{out}(t)$ a $t = 0^+$ e per $t \rightarrow +\infty$ (si assuma C scarica per $t < 0$).**
- b) Assumendo che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da un guadagno ad anello aperto in continua $A_0 = 60 \text{ dB}$ e da una resistenza di ingresso differenziale $R_{diff} = 10 \text{ k}\Omega$, si determini la resistenza equivalente (R_{eq}) vista dal morsetto positivo.
- c) **Determinare il tempo necessario per raggiungere una codifica di tutti 1 in uscita dall'ADC, supposto del tipo *tracking*, se in ingresso fosse applicato un segnale sinusoidale di ampiezza $A = 500 \text{ mV}$ e frequenza $f = 100 \text{ Hz}$. Si assuma $C = \infty$.**
- d) Se l'amplificatore operazionale fosse caratterizzato da un prodotto guadagno-banda $GBWP = 1 \text{ MHz}$ e da uno *SlewRate* di $1 \text{ V}/\mu\text{s}$, disegnare il grafico temporale di V_{out} in risposta ad un gradino di 100 mV applicato direttamente al morsetto non invertente. Motivare la risposta.
- e) Determinare la minima corrente di uscita che deve possedere l'amplificatore operazionale per pilotare correttamente l'ADC, nel caso di segnali di massima dinamica.
- f) Se l'ADC è caratterizzato da una $DNL = 0.8 \text{ LSB}$, determinare la minima variazione di tensione continua in ingresso che può essere correttamente rilevata.

Esercizio 2

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 2, in grado di generare onde quadre e triangolari. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione, $\pm V_{dd} = \pm 10 \text{ V}$.



$$R = 50 \text{ k}\Omega$$

$$C = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$$

$$R_1 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 20 \text{ k}\Omega$$

Fig. 2

- a) **Determinare l'espressione ed il valore delle soglie di commutazione del trigger di Schmitt.**
- b) **Determinare la frequenza dell'onda triangolare alla uscita V_{tri} .**
- c) Determinare la variazione delle soglie di commutazione causata da una tensione di *offset* dell'amplificatore operazionale 2 pari a 15 mV .
- d) Se l'amplificatore operazionale 2 è caratterizzato da $A_0 = 80 \text{ dB}$ e per tutto il resto ideale, determinare il tempo di salita e discesa dell'onda quadra.

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

Primo Appello – 15 luglio 2022

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, cod. persona, data, “Primo 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 $v_{in,1}$ e $v_{in,2}$ sono generatori di tensione di piccolo segnale

- a) **Determinare il valore che deve assumere la resistenza R_s per garantire una tensione di uscita, V_{out} , nulla in DC. Determinare, quindi, la polarizzazione del circuito (tensioni a tutti i nodi e correnti in tutti i rami).**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore del guadagno differenziale di piccolo segnale $v_{out}/(v_{in,2} - v_{in,1})$ a bassa frequenza.**
- c) Tracciare il diagramma di Bode del modulo del trasferimento differenziale di piccolo segnale del guadagno differenziale di piccolo segnale $v_{out}/(v_{in,2} - v_{in,1})$, quotandone tutti i punti significativi.
- d) Nelle ipotesi di disporre, per la realizzazione delle resistenze di un processo di impiantazione di Boro con una dose $D = 1.4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$, determinare il numero di quadri necessario per ciascuna delle resistenze R_d .

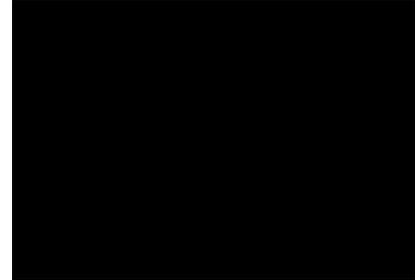


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 V_{dd} &= +6 \text{ V} & V_{Tn} &= 1 \text{ V} \\
 k_n &= \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L) = 1 \text{ mA/V}^2 \\
 C_{ovr} &= 47 \text{ nF} & R_{in} &= 50 \text{ } \Omega \\
 \mu_n &= 1200 \text{ cm}^2/(\text{Vs}) & \mu_p &= 450 \text{ cm}^2/(\text{Vs}) \\
 R_d &= 6 \text{ k}\Omega & R_L &= 1 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata in Fig. 2. L'amplificatore operazionale è saturato alle tensioni di alimentazione. V_{in} sia un generatore di segnale generico.

- a) **A seguito dell'applicazione di un gradino in ingresso positivo di ampiezza $A = 100 \text{ mV}$, tracciare il diagramma quotandone tutti i punti significativi della tensione $V_{out}(t)$. Calcolare espressamente i valori di $V_{out}(t)$ a $t = 0^+$ e per $t \rightarrow +\infty$ (si assuma C scarica per $t < 0$).**
- b) **Assumendo che l'amplificatore operazionale sia caratterizzato da un guadagno ad anello aperto in continua $A_0 = 60 \text{ dB}$ e da una resistenza di ingresso differenziale $R_{diff} = 10 \text{ k}\Omega$, si determini la resistenza equivalente (R_{eq}) vista dal morsetto positivo.**
- c) Se l'amplificatore operazionale fosse caratterizzato da un prodotto guadagno-banda $GBWP = 1 \text{ MHz}$ e da uno SlewRate di $1 \text{ V}/\mu\text{s}$, disegnare il grafico temporale di V_{out} in risposta ad un gradino di 100 mV applicato direttamente al morsetto non invertente. Motivare la risposta.
- d) Determinare il tempo necessario per raggiungere una codifica di tutti 1 in uscita dall'ADC, supposto del tipo tracking, se in ingresso fosse applicato un segnale sinusoidale di ampiezza $A = 500 \text{ mV}$ e frequenza $f = 100 \text{ Hz}$. Si assuma $C = \infty$.

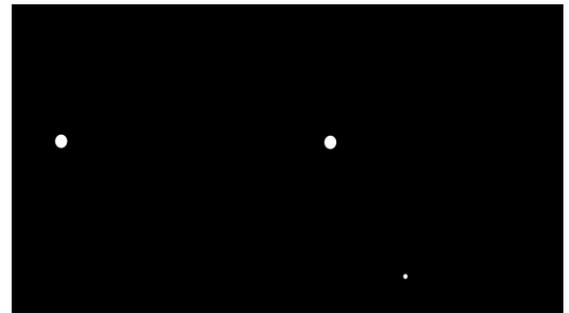


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 100 \text{ k}\Omega & R_2 &= 400 \text{ k}\Omega \\
 R_A &= 1 \text{ k}\Omega & R_B &= 9 \text{ k}\Omega \\
 n &= 11 & f &= 4.5 \text{ MHz} \\
 V_{dd} &= 6 \text{ V} \\
 C &= 220 \text{ pF} & R_{ADC} &= 50 \text{ } \Omega
 \end{aligned}$$

Esercizio 3

Si consideri il circuito contenente due diodi mostrato in Fig. 3. Per i diodi si assuma una tensione di accensione pari a 0.7 V . V_{in} sia un segnale sinusoidale di ampiezza $A = 3 \text{ V}$ e frequenza $f = 100 \text{ Hz}$.

- a) **Tracciare la caratteristica di trasferimento V_{out} vs. V_{in} quotandone tutti i punti significativi.**
- b) Determinare la massima potenza dissipata dai diodi assumendo che essi siano caratterizzati da una tensione di breakdown $V_{BD} = -5 \text{ V}$.

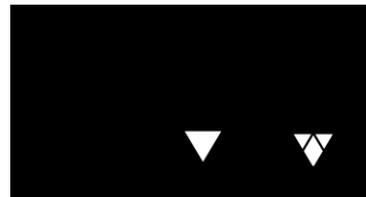


Fig. 3

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