

Indicare chiaramente la domanda a cui si sta rispondendo. Ad esempio 1a)

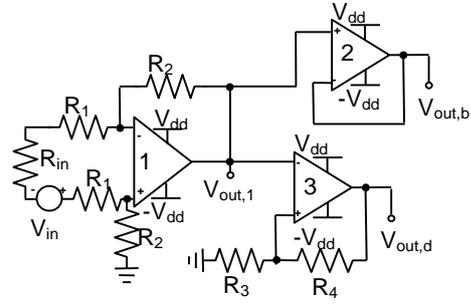
Risolvere per primi i punti in grassetto. La durata della prova e' 3 ore.

Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

Esercizio 1

Si consideri il circuito mostrato in Fig. 1. Si assuma che gli amplificatori operazionali saturino alle tensioni di alimentazione.

- a. **Disegnare l'andamento della caratteristica di trasferimento ingresso-uscita ($V_{out,d}/V_{out,1}$), quotandone tutti i punti significativi e mostrando in dettaglio i calcoli effettuati per determinare l'andamento di tale caratteristica. Determinare, inoltre, il massimo valore r.m.s. del rumore sovrapposto al segnale di ingresso che non causi commutazioni spurie.**
- b. **Determinare l'espressione ed il valore del trasferimento $V_{out,b}/V_{in}$, nelle ipotesi di amplificatori operazionali ideali.**

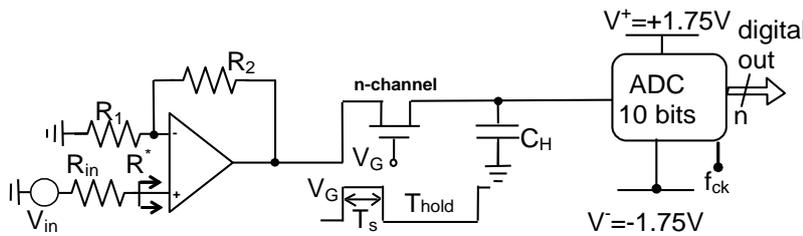


$V_{dd} = 5\text{ V}$
 $R_1 = 500\ \Omega$
 $R_2 = 12\text{ k}\Omega$
 $R_3 = 1\text{ k}\Omega$
 $R_4 = 24\text{ k}\Omega$
 $R_{in} = 100\ \Omega$

Fig.1

- c. **Determinare la frequenza del polo ad anello chiuso del trasferimento $V_{out,1}/V_{in}$ se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da un prodotto guadagno larghezza di banda $GBWP = 60\text{ MHz}$.**

Esercizio 2



$k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 5\text{ mA/V}^2$
 $V_{Tn} = 0.8\text{ V}$
 $C_H = 47\text{ nF}$
 $R_1 = 1\text{ k}\Omega$
 $R_{in} = 50\ \Omega$

Fig.2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata nella Fig. 2. Si assuma che l'amplificatore operazionale saturi alle tensioni di alimentazione e che la tensione di ingresso abbia ampiezze comprese nell'intervallo (-150 mV, +150 mV).

- a. **Determinare il valore (arrotondato al centinaio di ohm) che deve possedere la resistenza R_2 per garantire che i segnali in uscita dall'amplificatore operazionale siano in dinamica per l'ADC. Si determini, quindi, la risoluzione ottenibile in ingresso.**
- b. **Assumendo la tensione di comando del transistor pari a $V_G = 5\text{ V}$ e $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, si determini il minimo tempo di sample che garantisca che l'errore massimo sia strettamente minore di 0.2 LSB .**
- c. **Assumendo $R_2 = 10\text{ k}\Omega$, si determini il valore della resistenza R^* indicata in Fig. 2, se l'amplificatore operazionale e' caratterizzato da una resistenza di ingresso differenziale pari a $R_{id} = 10\text{ M}\Omega$ e l'amplificatore operazionale e' caratterizzato da un guadagno ad anello aperto $A_0 = 80\text{ dB}$.**

Esercizio 3

Si consideri il circuito amplificatore mostrato in Fig. 3, in cui v_{in} e' un generatore di piccolo segnale.

- a. **Calcolare la polarizzazione del circuito (correnti in tutti i rami e tensioni a tutti i nodi), indicando esplicitamente l'intervallo di valori ammesso per la tensione V_{out} .**
- b. **Nelle ipotesi che tutti i transistori siano caratterizzati da una resistenza di uscita $r_0 = 50\text{ k}\Omega$, determinare il trasferimento di piccolo segnale v_{out}/v_{in} a media frequenza (C_s circuito chiuso).**
- c. **Tracciare, quotandone tutti i punti significativi, l'andamento del diagramma di Bode del modulo della funzione di trasferimento $V_{out}(s)/V_{in}(s)$, nelle ipotesi che i transistori M_2 e M_3 siano caratterizzati da una resistenza di uscita $r_0 = 50\text{ k}\Omega$.**
- d. **Nelle ipotesi che i transistori M_2 e M_3 siano caratterizzati da una resistenza di uscita $r_0 = 50\text{ k}\Omega$, determinare l'errore di linearita' che si puo' ottenere con questo stadio se la tensione in ingresso e' un segnale sinusoidale di ampiezza 50 mV e frequenza 10 Hz . Quanto sarebbe l'errore di linearita' se la frequenza del segnale di ingresso fosse 50 kHz ?**

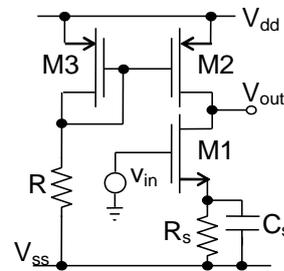


Fig. 3

$R = 4.2\text{ k}\Omega$ $R_s = 1.2\text{ k}\Omega$
 $C_s = 100\text{ nF}$
 $V_{dd} = 3\text{ V}$ $V_{ss} = -3\text{ V}$
 $k_n = \frac{1}{2}\mu_n C_{ox}(W/L)_n = 1\text{ mA/V}^2$
 $|k_p| = \frac{1}{2}\mu_p C_{ox}(W/L)_p = 1\text{ mA/V}^2$
 $V_{Tn} = |V_{Tp}| = 0.8\text{ V}$