

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “2<sup>a</sup> prova in itinere”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
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, perche' ritenuti piu' facili. La durata della prova e' 3 ore.
6. Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.

### Esercizio 1

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione.  $V_b$  sia un generatore di tensione DC e  $V_{in}$  un generatore di segnale.

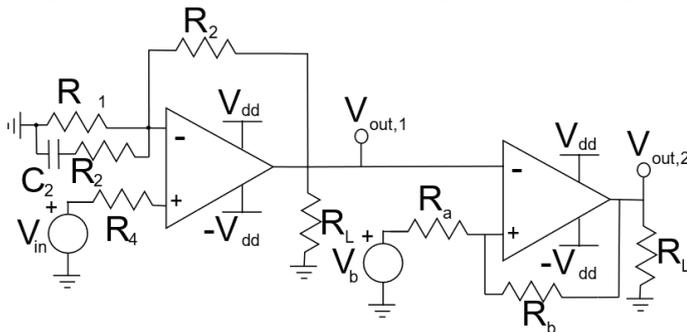


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 6 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 2 \text{ k}\Omega \\
 R_3 &= 18 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 4.5 \text{ k}\Omega \\
 R_L &= 50 \text{ }\Omega \\
 R_a &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_b &= 19 \text{ k}\Omega \\
 V_b &= 0.5 \text{ V} \\
 V_{dd} &= 5 \text{ V} \\
 C_2 &= 470 \text{ pF}
 \end{aligned}$$

- a) **Determinare l'espressione ed il valore del guadagno reale  $V_{out,1}/V_{in}$  a bassa frequenza se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da un guadagno ad anello aperto  $A_{o,1} = 70 \text{ dB}$ . Tracciare, quindi, il diagramma di Bode del modulo del trasferimento ideale  $V_{out,1}/V_{in}$ .**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore delle soglie di scatto del Trigger di Schmitt ed il massimo valore *rms* del rumore sovrapposto al segnale in ingresso che non causi eccessive commutazioni spurie.**
- c) Se entrambi gli amplificatori operazionali sono caratterizzati da una tensione di offset pari a  $12 \text{ mV}$ , determinarne quantitativamente l'effetto sul funzionamento del blocco amplificatore e del trigger di Schmitt.
- d) Determinare il minimo valore della corrente di uscita che deve poter fornire l'amplificatore operazionale 1 per non compromettere il funzionamento del circuito.
- e) Determinare il margine di fase del blocco amplificante se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda,  $GBWP = 50 \text{ MHz}$ .

### Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata in Fig. 2, in cui  $V_{in}$  e' un generatore di segnali sinusoidali di ampiezza massima  $200 \text{ mV}$  e frequenza  $200 \text{ kHz}$ . Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione.

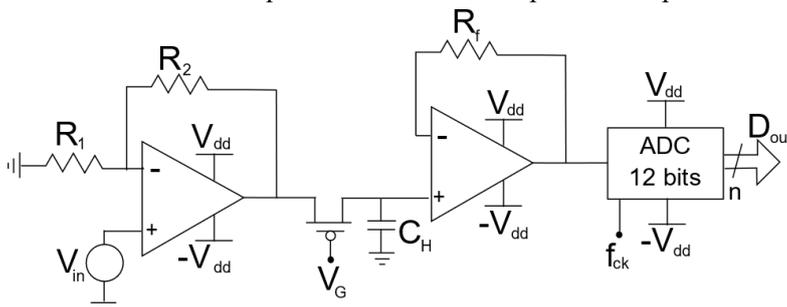


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 V_{Tp} &= -1 \text{ V} \\
 |k_p| &= 5 \text{ mA/V}^2 \\
 R_f &= 100 \text{ k}\Omega \\
 R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 9 \text{ k}\Omega \\
 V_{dd} &= 5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- a) **Determinare la risoluzione ottenibile in ingresso espressa in *mV*. Quale sarebbe il valore ottimale della resistenza  $R_f$ ? Motivare la risposta.**
- b) **Determinare le tensioni di comando del *gate* del *pMOS* che garantiscano una resistenza  $R_{ds,on}$  minore di  $10 \text{ }\Omega$  in fase di *Sample* e *pMOS* spento con  $2 \text{ V}$  di margine in fase di *Hold*.**
- c) **Assumendo una durata del tempo di *Sample* pari a  $T_{Sample} = 200 \text{ ns}$  e la frequenza di campionamento pari a  $1 \text{ MHz}$ , determinare il minimo valore che deve assumere la frequenza di *clock*,  $f_{ck}$ , dell'ADC, supposto ad approssimazioni successive, che sia compatibile con il corretto funzionamento della catena.**
- d) Assumendo che gli amplificatori operazionali siano caratterizzati da un valore medio delle correnti di *bias* uscenti dall'amplificatore operazionale pari a  $I_B = 200 \text{ nA}$ , determinare quali valori puo' assumere la capacita' di *Hold*. Si assuma una tensione di comando al *gate* pari a  $V_G = -6 \text{ V}$  ed una frequenza di *clock* pari a  $30 \text{ MHz}$ .
- e) Determinare il minimo valore dello *Slew-Rate* che deve possedere il secondo amplificatore operazionale per non incorrere in limitazioni da *Slew-Rate*. Si assuma una capacita' di *Hold*  $C_H = 122 \text{ pF}$  ed una tensione di comando al *gate* pari a  $V_G = -6 \text{ V}$ .

# Fondamenti di Elettronica - Ingegneria Elettronica – a.a. 2018/19

## Appello Zero – 28 giugno 2019

1. Riportare sulla prima pagina del foglio protocollo nome, cognome, numero di matricola, data, “Appello Zero”, numero totale di fogli consegnati.
2. Numerare tutti i fogli e riportare su ciascuno almeno nome, cognome e numero di matricola.
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, perche' ritenuti piu' facili. La durata della prova e' 3 ore.
6. **Non sono ammessi libri o appunti o altro materiale, eccetto la calcolatrice.**

### Esercizio 1

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 1. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione.  $V_b$  sia un generatore di tensione DC e  $V_{in}$  un generatore di segnale.

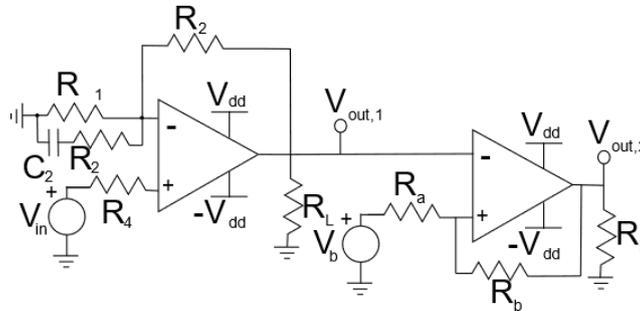


Fig. 1

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 6 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 2 \text{ k}\Omega \\
 R_3 &= 18 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 4.5 \text{ k}\Omega \\
 R_L &= 50 \Omega \\
 R_a &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_b &= 19 \text{ k}\Omega \\
 V_b &= 0.5 \text{ V} \\
 V_{dd} &= 5 \text{ V} \\
 C_2 &= 470 \text{ pF}
 \end{aligned}$$

- a) **Determinare l'espressione ed il valore del guadagno reale  $V_{out,1}/V_{in}$  a bassa frequenza se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da un guadagno ad anello aperto  $A_{0,1} = 70 \text{ dB}$ . Tracciare, quindi, il diagramma di Bode del modulo del trasferimento ideale  $V_{out,1}/V_{in}$ .**
- b) **Determinare l'espressione ed il valore delle soglie di scatto del Trigger di Schmitt ed il massimo valore rms del rumore sovrapposto al segnale in ingresso che non causi eccessive commutazioni spurie.**
- c) Determinare il margine di fase del blocco amplificante se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da un prodotto guadagno-larghezza di banda,  $GBWP = 50 \text{ MHz}$ .

### Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione mostrata in Fig. 2, in cui  $V_{in}$  e' un generatore di segnali sinusoidali di ampiezza massima  $200 \text{ mV}$  e frequenza  $200 \text{ kHz}$ . Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione.

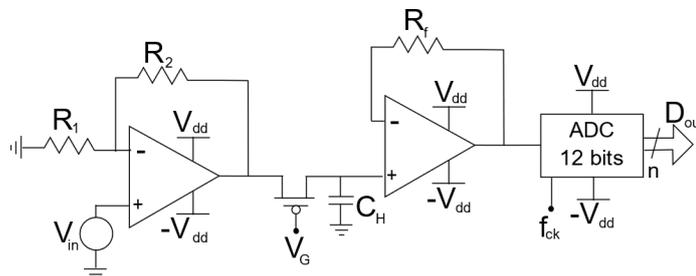


Fig. 2

$$\begin{aligned}
 V_{Tp} &= -1 \text{ V} \\
 |k_p| &= 5 \text{ mA/V}^2 \\
 R_f &= 100 \text{ k}\Omega \\
 R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 9 \text{ k}\Omega \\
 V_{dd} &= 5 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- a) **Determinare la risoluzione ottenibile in ingresso espressa in mV. Quale sarebbe il valore ottimale della resistenza  $R_1$ . Motivare la risposta.**
- b) **Assumendo una durata del tempo di Sample pari a  $T_{Sample} = 200 \text{ ns}$  e la frequenza di campionamento pari a  $1 \text{ MHz}$ , determinare il minimo valore che deve assumere la frequenza di clock,  $f_{ck}$ , dell'ADC, supposto ad approssimazioni successive, che sia compatibile con il corretto funzionamento della catena.**
- c) Assumendo che gli amplificatori operazionali siano caratterizzati da un valore medio delle correnti di bias uscenti dall'amplificatore operazionale pari a  $I_B = 200 \text{ nA}$ , determinare quali valori puo' assumere la capacita' di Hold. Si assuma una tensione di comando al gate pari a  $V_G = -6 \text{ V}$  ed una frequenza di clock pari a  $30 \text{ MHz}$ .

### Esercizio 3

Si consideri il circuito a transistori mostrato in Fig. 3.

- a) **Determinare la funzione logica svolta dalla porta ed il valore analogico della tensione di uscita  $V_{out}$  nel caso in cui  $A = B = C = D = 1$  e nel caso in cui  $A = 0$  e  $B = C = D = 1$ .**
- b) Disegnare l'andamento temporale della tensione di uscita  $V_{out}$  a seguito della commutazione degli ingressi da  $A = 1, B = C = 0, D = 1$  a  $A = 0, B = 1, C = D = 0$ , quotandone tutti i punti significativi.
- c) Disegnare la corrispondente porta logica in tecnologia CMOS, giustificando tutte le scelte effettuate.
- d) Determinare la massima ampiezza di un disturbo sulla alimentazione positiva che non faccia variare il valore analogico della tensione di uscita di piu' di  $V_{dd}/4$ . Si facciano le dovute approssimazioni.

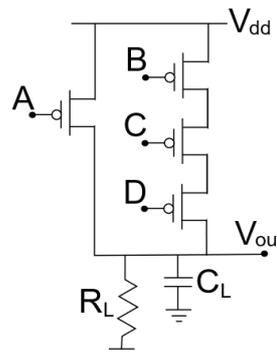


Fig. 3

$$\begin{aligned}
 V_{Tp} &= -0.9 \text{ V} \\
 V_{Tn} &= 0.9 \text{ V} \\
 |k_p| &= 0.5 \mu\text{n} C_{ox} W/L = 0.5 \text{ mA/V}^2 \\
 k_n &= 0.5 \mu\text{n} C_{ox} W/L = 0.5 \text{ mA/V}^2 \\
 C_L &= 5 \text{ pF} \\
 R_L &= 4 \text{ k}\Omega \\
 V_{dd} &= 2.7 \text{ V}
 \end{aligned}$$