

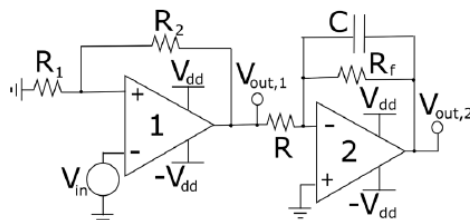
Fondamenti di Elettronica - Tutorato Dicembre 2023/Gennaio 2024

Terzo incontro - 18 Dicembre 2023 - Dr. Maurizio Ghisetti

Aula Alpha – ore 17:00

Esercizio 1

Si consideri il circuito basato su amplificatori operazionali, mostrato in Fig. 3. Gli amplificatori operazionali saturano alle tensioni di alimentazione e V_{in} sia un generatore di tensione di segnale sinusoidale con ampiezza $3.5 V$ e frequenza $10 MHz$.

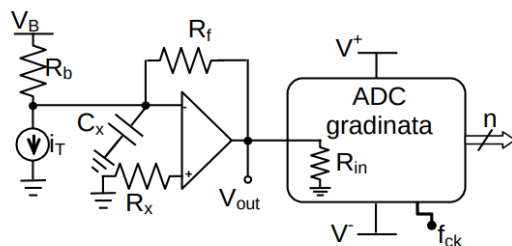


$$R_1 = R_2 = 10k\Omega \quad V_{dd} = 5V \quad R = 6.25k\Omega \quad R_f = 6k\Omega \quad C = 1.5pF$$

- Disegnare in due diagrammi temporali, temporalmente allineati, il segnale di ingresso $V_{in}(t)$ dato e ed il corrispondente segnale $V_{out,1}(t)$, quotandone tutti i punti significativi ed assumendo gli amplificatori operazionali ideali.
- Determinare il massimo valore della resistenza R_f che garantisca che il contributo delle correnti di bias, pari a $100 nA$, sulla tensione di uscita $V_{out,2}$ sia al più $6 mV$.
- Tracciare i diagrammi di Bode del modulo e della fase della funzione di trasferimento $V_{out,2}/V_{out,1}$, assumendo gli amplificatori operazionali ideali.
- Se l'amplificatore operazionale 2 è caratterizzato da uno *Slew-Rate* $SR = 100 V/\mu s$, determinare se la forma d'onda di uscita subisca o meno distorsioni e motivare la risposta.
- Determinare il margine di fase del blocco amplificatore se il prodotto guadagno-larghezza di banda del secondo amplificatore operazionale è pari a $GBWP = 80 MHz$.

Esercizio 2

Si consideri la catena di acquisizione, mostrata in Fig. 3, per la misura della temperatura mediante un sensore *AD590*, in cui la relazione tra la corrente di uscita $i_T(T)$ e la temperatura assoluta T è data dalla relazione $i_T(T) = \alpha T$ dove $\alpha = 1 \mu A/K$, nell'intervallo di temperatura $-55^\circ C - +150^\circ C$. Il convertitore analogico digitale è del tipo a gradinata.



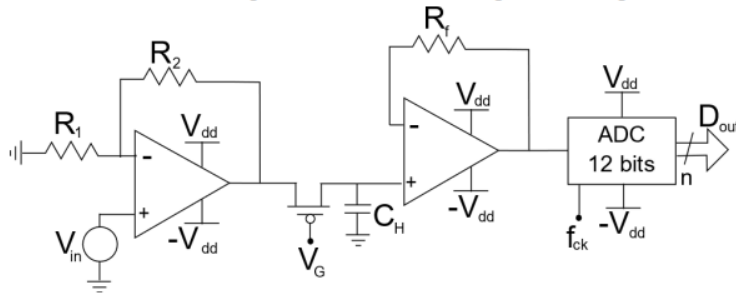
$$\begin{aligned} V_B &= +15V \\ V^+ &= -V = 5V \\ R_{in} &= 50\Omega \\ R_f &= 100k\Omega \\ C_x &= 2.5pF \\ f_{ck} &= 10MHz \\ n &= 8 \text{ bits} \end{aligned}$$

Fig. 3

- Determinare il valore della resistenza R_b che consenta di avere $V_{out} = 0V$, quando $T=0^\circ C=273K$. Determinare, quindi, la relazione tra la tensione di uscita e la temperatura in gradi centigradi, assumendo l'amplificatore operazionale ideale.
- Determinare il massimo ed il minimo valore di temperatura che possono essere correttamente misurati e la risoluzione minima ottenibile, assumendo che il sensore abbia una accuratezza e una precisione infinite.
- Determinare il valore della resistenza R_x che garantisca di minimizzare l'effetto delle correnti di bias. Determinare, inoltre, il massimo *offset* ammissibile per le correnti di bias perché l'effetto in uscita non pesi più di $LSB/10$.
- Determinare il margine di fase dello stadio a transimpedenza, se è collegata una capacità $C = 1pF$ tra il morsetto invertente e l'uscita dell'amplificatore operazionale e l'amplificatore operazionale è caratterizzato da un prodotto guadagno larghezza di banda $GBWP = 10 MHz$.

Esercizio 3

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



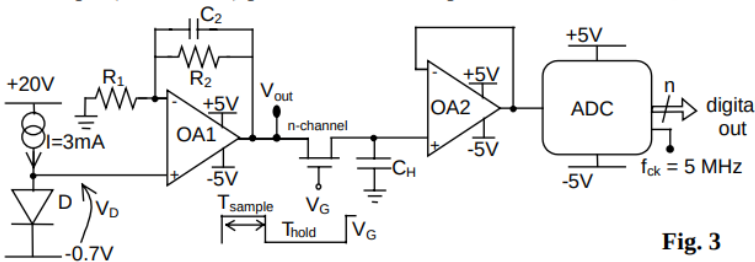
$$\begin{aligned} V_{Tp} &= -1V \\ |k_p| &= 5\text{ mA/V}^2 \\ R_f &= 100\text{ k}\Omega \\ R_1 &= 1\text{ k}\Omega \\ R_2 &= 9\text{ k}\Omega \\ V_{dd} &= 5\text{ V} \end{aligned}$$

Fig. 2

- Determinare la risoluzione ottenibile in ingresso espressa in mV . Quale sarebbe il valore ottimale della resistenza R_1 ? Motivare la risposta.
- Determinare le tensioni di comando del *gate* del *pMOS* che garantiscano una resistenza $R_{ds,on}$ minore di $10\ \Omega$ in fase di *Sample* e *pMOS* spento con 2 V di margine in fase di *Hold*.
- Assumendo una durata del tempo di *Sample* pari a $T_{Sample} = 200\text{ ns}$ e la frequenza di campionamento pari a 1 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.
- 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 MHz .
- 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 $V_G = -6\text{ V}$.

Esercizio 4

Si consideri il circuito riportato nella Fig. 3, che sfrutta la dipendenza dalla temperatura della tensione ai capi di una giunzione *pn* ($-1.8\text{ mV}/^\circ\text{C}$) per misurare la temperatura. Si assuma $V_D = 0.7\text{ V}$ per una temperatura di 0°C .



$$\begin{aligned} R_1 &= 1\text{ k}\Omega \\ R_2 &= 30\text{ k}\Omega \\ C_2 &= 10\text{ pF} \\ V_T &= 1.2\text{ V} \\ k_n &= \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} (W/L) = 5\text{ mA/V} \\ C_H &= 10\text{ nF} \end{aligned}$$

Fig. 3

- Scrivere l'espressione della tensione di uscita V_{out} in funzione della temperatura a bassa frequenza.
- Determinare il numero minimo di bit dell'ADC necessario per garantire una risoluzione di $\pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Determinare l'errore dovuto al *droop* (espresso in LSB) se l'amplificatore operazionale 2 e' caratterizzato da una corrente di *bias* $I_b = 500\text{ nA}$ e la fase di *Hold* ha una durata pari a $T_{hold} = 18\ \mu\text{s}$.
- Determinare la tensione di comando V_G da applicare al *gate* dell'interruttore *NMOS* per garantire una resistenza virtualmente infinita durante la fase di *Hold* ed una resistenza non superiore a $R_{ds,on} = 10\ \Omega$ nella fase di *Sample* se la temperatura varia nell'intervallo $\pm 50^\circ\text{C}$.
- Determinare per via grafica l'andamento in frequenza del trasferimento reale V_{out}/V_D se l'amplificatore operazionale 1 e' caratterizzato da $GBWP = 30\text{ MHz}$.