

E1 – Stadi operazionali

Si vuole realizzare un amplificatore a transimpedenza per leggere e amplificare il segnale di corrente generato da un fotodiode, utilizzando l'operazionale AD8063 di cui si fornisce il datasheet. Il fotodiode ha una responsività (rapporto tra potenza ottica incidente e corrente generata) pari 1A/Watt e una capacità parassita tra le giunzioni di 5pF. Il segnale ottico viene ricevuto da un laser che trasmette ON-OFF dati binari con periodo di simbolo pari a 500nsec. Nel caso di trasmissione (ON), la potenza ottica incidente va da un minimo di 50μW ad un massimo di 200μW.

- Disegnare l'amplificatore scegliendo accuratamente le tensioni per il fotodiode e per l'operazionale (tensione di alimentazione pari a 5V) in modo che in assenza di segnale ottico la tensione in uscita sia nulla. Si scelga la resistenza di feedback, R_F , in modo da massimizzare il guadagno considerando i limiti di dinamica di tensione dell'operazionale.
- Dal grafico di Fig. 1, che rappresenta la risposta in frequenza di alcune configurazioni invertenti utilizzando l'operazionale AD8063, si ricavi il GBWP dell'OPAMP. In Fig.1 le risposte in frequenza sono normalizzate al valore del guadagno stesso.
- Si compensi lo stadio mettendo semplicemente in parallelo alla resistenza R_F una capacità C_F in modo da avere un margine di fase di circa 45°. Si consideri per l'operazionale un secondo polo ad una frequenza pari a metà del GBWP. Tra le possibili soluzioni si cerchi quella che consente di avere la frequenza di attraversamento del G_{LOOP} più alta.
- Quanto vale la banda dell'amplificatore a transimpedenza in questo caso? E il tempo di settling? E' sufficiente per l'applicazione in questione?
- Si scelga di utilizzare come resistenza di feedback $R_F=1k\Omega$. Si compensi in questo caso il circuito per avere un margine di fase di circa 60° e una banda al limite per l'applicazione. Si consideri accettabile un tempo di settling pari ad 1/5 del periodo di simbolo. Suggerimento: si valuti prima la banda necessaria, poi la frequenza alla quale deve attraversare il G_{LOOP} per avere $\varphi_m=60^\circ$
- Per ricevere correttamente il segnale digitale-ottico proveniente dal laser è necessario un'ulteriore amplificazione, a valle dello stadio a transimpedenza. Si progetti una configurazione non-invertente, utilizzando lo stesso tipo di operazionale, massimizzando il guadagno che può avere tale configurazione. Si considerino sia limiti di banda sia di dinamica d'uscita dell'operazionale.
- Si dimensionino le resistenze della configurazione non-invertente in modo che il loro rumore sia trascurabile rispetto al contributo serie dell'operazionale.
- Con il dimensionamento di cui al punto precedente, si plotti la densità spettrale di rumore in uscita alla catena di amplificazione per tutti i contributi. Si consideri il filtraggio di entrambi gli stadi.
- Si valuti la potenza di rumore all'uscita dell'intera catena facendo ragionevoli approssimazioni.
- Quanto vale il minimo rapporto segnale-rumore all'uscita dell'intera catena? Si consideri una trasmissione di un segnale digitale 101010.. (cioè lo si approssimi con un'onda quadra) e con potenza ottica minima.

E2 – Elettronica analogica integrata

Si consideri l'OTA mostrato in Figura 2 realizzato in tecnologia CMOS 0.35μm. I parametri della tecnologia sono: $\mu_n C'_{OX}=50\mu A/V^2$, $\mu_p C'_{OX}=25\mu A/V^2$, $V_T=0.6V$, $V_A=7V@L_{min}$, $C'_{OX}=5fF/\mu m^2$, $K_N^{(1/f)}=10^{-25}$ e $K_P^{(1/f)}=10^{-26}$. I transistor hanno le dimensioni indicate in figura. Si consideri la tensione di Early proporzionale al rapporto lunghezza di canale-lunghezza minima.

- Polarizzare il circuito considerando gli ingressi e l'uscita a metà dinamica, completando la tabella dei parametri di piccolo segnale, e valutare la resistenza d'uscita del primo stadio dell'operazionale.
- Si valuti il guadagno in continua dell'operazionale.
- Determinare la banda dell'operazionale, ovvero il primo polo del trasferimento.
- Si valuti il prodotto-guadagno banda dell'operazionale ricavandolo ed esprimendolo nella forma letterale più semplice. Quanto vale invece lo slew-rate interno dell'operazionale?
- Si stimi la frequenza del secondo polo dell'operazionale e quella dello zero. Come è possibile "eliminare" il contributo di quest'ultima singolarità spostandolo a frequenza infinita?
- Determinare la dinamica di modo comune degli ingressi. Scegliere la tensione di polarizzazione $V_{BIAS-CAS}$ che consente di massimizzare la dinamica di modo comune d'ingresso.
- Ricavare il generatore di tensione di rumore bianco riferito all'ingresso, sia in formato letterale sia numerico. Senza modificare il consumo di corrente si riduca di un fattore circa due la densità spettrale di rumore bianco.
- Nelle condizioni ricavate al punto precedente, si valuti la noise corner frequency del rumore riferito all'ingresso. Come è possibile ridurla di un fattore 2 lasciando inalterato la densità spettrale di rumore bianco?
- Se si vuole aumentare il GBWP dell'operazionale su quali parametri è possibile agire senza modificare il consumo di corrente e lo slew-rate? Modificare tali parametri per ottenere un GBWP doppio, partendo dalle condizioni di polarizzazione e dal dimensionamento iniziali. Quale è il massimo valore di GBWP che permette di avere un operazionale compensato internamente (nel caso in cui lo zero sia stato spostato a frequenza infinita)?
- Nell'ipotesi che al nodo d'uscita vi sia una bassa impedenza (cioè che V_{OUT} sia fermo in potenziale anche in presenza di segnale in ingresso) chi limita la dinamica differenziale d'ingresso? La si valuti sempre nelle condizioni di partenza, cioè con le tensioni di bias e il dimensionamento di Figura 1.

T1 – Domanda di teoria

Si disegni un generatore di corrente a bipolari. Quanto vale al limite la resistenza d'uscita? Determinare questo limite con una semplice dimostrazione. E se si considera un generatore di corrente a MOS?

La domanda di teoria è obbligatoria pena l'insufficienza del compito. NON SCRIVERE PIU' DI UNA FACCIATA: la parte in esubero non sarà corretta!

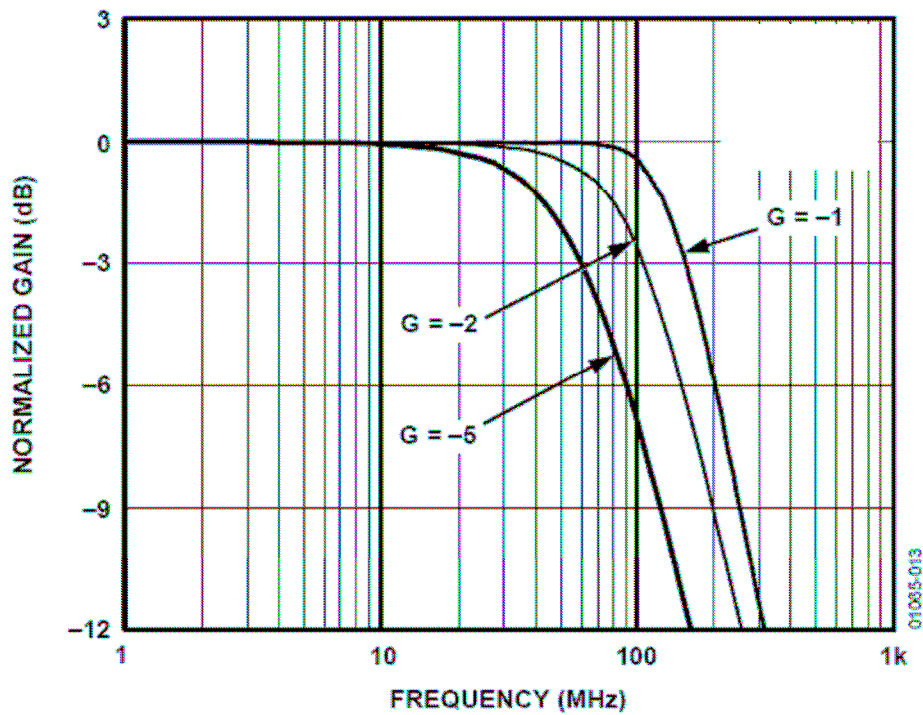


Figura 1: Risposta in frequenza di configurazioni invertenti con guadagno G (la risposta è normalizzata al guadagno stesso della configurazione).

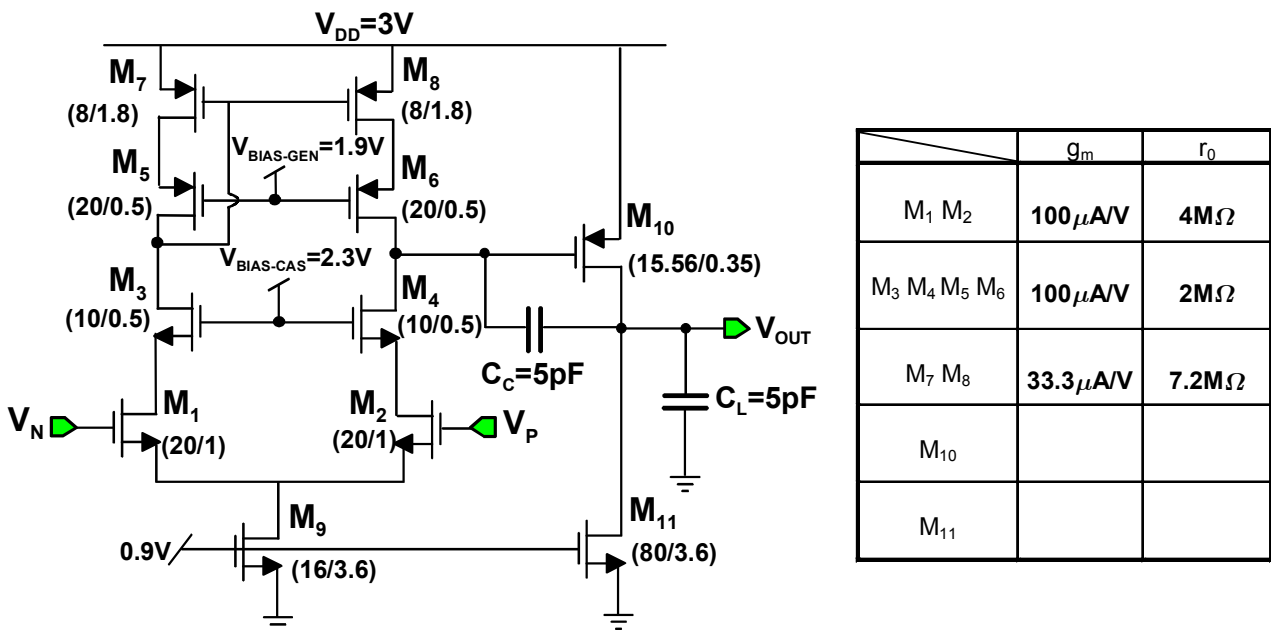


Figura 2: Schematico dell'operazionale a due stadi e tabelle dei parametri di piccolo segnale.