

E1 – Stadi operazionali

Si vuole progettare un amplificatore non invertente a guadagno variabile utilizzando l'operazionale LMH6622 della National Semiconductor (alimentazione $\pm 6V$) utilizzando un trimmer, ovvero un resistore variabile, in reazione. Il segnale da amplificare ha banda di 1MHz e ampiezza massima di 100mV (si consideri una sinusoide). Siano R_1 la resistenza fissa e R_V quella variabile in reazione.

- Ricavare dal datasheet il GBWP dell'operazionale in questione. Giustificare la risposta riferendosi alla Figura 1, che rappresenta il trasferimento in modulo e fase dell'operazionale (si considerino le curve relative a 25°C).
- Quanto vale il margine di fase dell'LMH6622 se fosse reazionato a buffer? E' compensato internamente?
- Quanto vale il massimo guadagno dell'amplificatore progettato in modo da soddisfare i requisiti di banda e dinamica d'uscita? Si ipotizzi di volere un'amplificazione costante su tutta la banda del segnale.
- Supponendo di volere un margine di fase non inferiore a 75°, si individui il guadagno minimo che può assumere la configurazione. Quanto vale la banda dell'amplificatore in questo caso?
- Si determini la densità spettrale di rumore all'uscita dell'amplificatore in funzione del guadagno G della configurazione e della resistenza R_1 , senza approssimazioni.
- Nell'ipotesi che R_1 e R_V siano sufficientemente piccole da considerare dominante il contributo serie dell'OPAMP, la potenza di rumore all'uscita è maggiore nelle condizioni di guadagno massimo o minimo? Quantificare il rapporto e giustificare bene il risultato ottenuto.
- Si determini il range di valori per R_1 in modo che il contributo al rumore d'uscita legato alle resistenze sia veramente trascurabile rispetto a quello dell'operazionale.
- Nell'ipotesi di cui al punto (g), cioè di rumore delle resistenze trascurabile rispetto al contributo serie dell'operazionale, il rapporto segnale-rumore è maggiore nel caso di amplificazione massima o minima? Quanto vale l'SNR nei due casi considerato un segnale d'ingresso di 100 μ V?
- Quanto vale il minimo valore di R_1 compatibile con il limite di dinamica di corrente dell'operazionale? Si consideri anche una resistenza di carico di 100 Ω .
- Quanto vale il tempo di salita (10%-90%) nel caso in cui il guadagno della configurazione è 10? Si ragioni nell'ipotesi di piccolo segnale e amplificatore a polo dominante.

E2 – Elettronica analogica integrata

Si consideri l'OTA mostrato in Figura 2 realizzato in tecnologia CMOS 0.35 μ m. I parametri della tecnologia sono: $\mu_n C'_{OX}=50\mu A/V^2$, $\mu_p C'_{OX}=25\mu A/V^2$, $V_T=0.6V$ e $V_A=7V@L_{min}$. 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. Si determinino le correnti in tutti i rami e le tensioni in tutti i nodi indicandole sullo schematico dell'OTA.
- Si consideri il primo stadio dell'operazionale, escludendo lo stadio source comune costituito da M_7 - M_8 . Si valuti la resistenza d'uscita, identificata in figura come R_A . Si tenga conto di eventuali reazioni locali, come in uno stadio differenziale tradizionale con carico a specchio.
- Si valuti il guadagno del primo stadio, V_A/V_d e quello complessivo dell'operazionale.
- Determinare la banda dell'operazionale, ovvero il primo polo del trasferimento (si consideri che la capacità C_C è posta a ponte tra 2 nodi di guadagno!).
- Si valuti il prodotto-guadagno banda dell'operazionale ricavandolo ed esprimendolo nella forma letterale più semplice. Quanto vale invece lo slew-rate (si intende lo slew-rate interno dell'operazionale)?
- Si ricavino le frequenze del secondo polo dell'operazionale e dello zero. Come è possibile "eliminare" il contributo di quest'ultima singolarità?
- Determinare la dinamica di modo comune degli ingressi. Come è possibile aumentarla verso il basso di ulteriori 100mV?
- Ricavare il generatore di tensione di rumore riferito all'ingresso, sia in formato letterale sia numerico. Alla luce del risultato ottenuto giustificare perché gli NMOS M_5/M_6 hanno rapporto di forma molto inferiore ai PMOS M_1/M_2 .
- Giustificare l'introduzione dei transistor cascode M_3/M_4 considerando il risultato ottenuto nel punto (b) e in base alla considerazione sul rumore fatta nel punto (h). Che W e L avrebbero dovuto avere M_1/M_2 per avere analoghe prestazioni in termini di rumore, transconduttanza e resistenza d'uscita R_A in assenza di cascode?
- 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. 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)?

T1 – Domanda di teoria

Si consideri uno stadio differenziale con ingresso a PMOS e carico a specchio di corrente. Si determini il generatore equivalente serie considerando il contributo di rumore bianco di tutti i transistor. Fissata la corrente di polarizzazione come è possibile ridurre il contributo dei MOS d'ingresso? E quello dello specchio? Si scriva, infine, il generatore serie di rumore in ingresso considerando il rumore flicker dei MOS evidenziando la dipendenza dai parametri geometrici dei transistor.

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

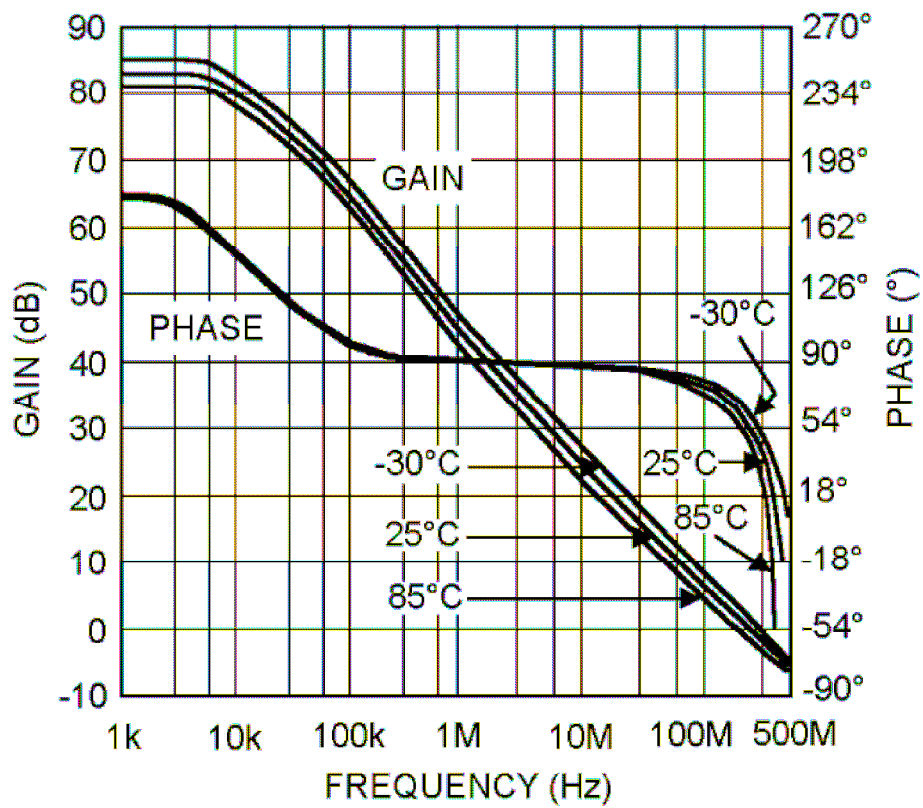
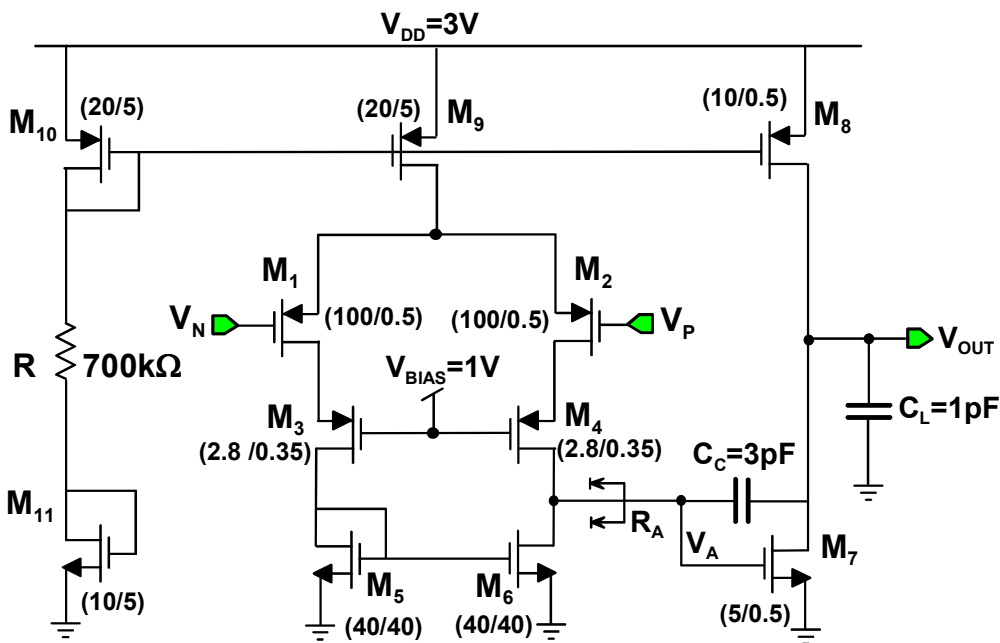


Figura 1: modulo e fase dell'operazionale LMH6622



	g_m	r_o
$M_1 M_2$	$100 \mu A/V$	$10 M\Omega$
$M_3 M_4$	$20 \mu A/V$	$7 M\Omega$
$M_5 M_6$	$10 \mu A/V$	$800 M\Omega$
$M_7 M_8$	$100 \mu A/V$	$1 M\Omega$

Figura 2: schematico dell'operazionale a due stadi