

AMPLIFICATORE NON INVERTENTE: CORRENTI DI POLARIZZAZIONE

(Esercizio: n°8.19 pag. 421, Jaeger, Blalock: Micr oelettronica)

Descrizione del problema

Dato l'amplificatore non invertente di Fig. 1, si determini il valore delle resistenze R_1 e R_2 in modo da soddisfare la specifica sul guadagno di tensione richiesto e, allo stesso tempo, minimizzare gli effetti delle correnti di polarizzazione d'ingresso. L'amplificatore operazionale è da considerarsi ideale tranne che per la presenza di correnti di polarizzazione I_{B1} e I_{B2} non nulle.

Dati: $A_{vdB} = 40$, $R_s = 10 \text{ k}\Omega$

Soluzione

Le correnti di polarizzazione d'ingresso sono state esplicitate mediante l'utilizzo di due generatori di corrente connessi ciascuno tra un ingresso e massa, come mostrato in Fig. 2. E' importante sottolineare il fatto che il verso di tali correnti è puramente arbitrario in quanto funzione della tipologia degli stadi d'ingresso dell'operazionale. Per il calcolo della tensione di uscita applichiamo il principio di sovrapposizione degli effetti:

$$(1) \quad v_o = v_{o1} + v_{o2} + v_{o3}$$

con v_{o1} tensione di uscita in presenza del solo generatore v_s , v_{o2} tensione di uscita in presenza del solo generatore I_{B1} e v_{o3} tensione di uscita in presenza del solo generatore I_{B2} . I vari contributi si possono ricavare dall'osservazione dei circuiti equivalenti riportati in Fig. 3.

Per quanto riguarda il generatore d'ingresso, il guadagno relativo coincide con l'espressione relativa alla configurazione invertente, in quanto la caduta di tensione su R_s è pari a zero:

$$(2) \quad v_{o1} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_s$$

Con il solo generatore I_{B1} attivo, si osserva che la caduta di tensione ai capi di R_s causata da I_{B1} si configura come una tensione applicata al morsetto non invertente dell'amplificatore il cui guadagno è lo stesso riportato in (2), cioè:

$$(3) \quad v_{o2} = -R_s I_{B1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Infine, per quanto riguarda l'effetto della sola corrente I_{B2} , si osservi che il morsetto non invertente, e, di conseguenza, anche quello invertente, si trova a potenziale nullo. Pertanto, la corrente I_{B2} scorre tutta nella resistenza R_2 , dando luogo alla seguente tensione di uscita:

$$(4) \quad v_{o3} = R_2 I_{B2}$$

La totale tensione di uscita risulta:

$$(5) \quad v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_s - R_s I_{B1} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + R_2 I_{B2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_s - R_2 \left(\frac{R_s}{R_1 // R_2} I_{B1} - I_{B2} \right)$$

Da tale espressione si osserva che, se la condizione

$$(6) \quad \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_s$$

è soddisfatta, l'errore dovuto alle correnti di polarizzazione viene minimizzato e diventa:

$$(7) \quad v_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_s - R_2 (I_{B1} - I_{B2}) = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_s - R_2 I_{OS}$$

avendo indicato con $I_{OS} = I_{B1} - I_{B2}$ la corrente di offset il cui valore è generalmente inferiore alle correnti di polarizzazione. In definitiva, la (2) e la (6) permettono di calcolare in modo univoco R_1 e R_2 data la specifica sul guadagno di tensione, cioè:

$$(8) \quad \begin{cases} A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{R_s} \\ \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_s \end{cases}$$

Da cui si ricava:

$$(9) \quad \begin{cases} R_2 = A_v R_s \\ R_1 = \frac{A_v}{A_v - 1} R_s \end{cases}$$

Dai dati del problema risulta $R_1 = 10.1 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 1 \text{ M}\Omega$.

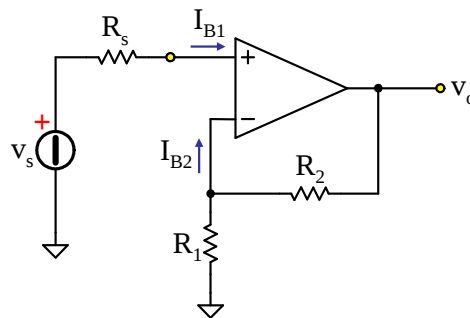


Fig. 1– Amplificatore in configurazione non invertente

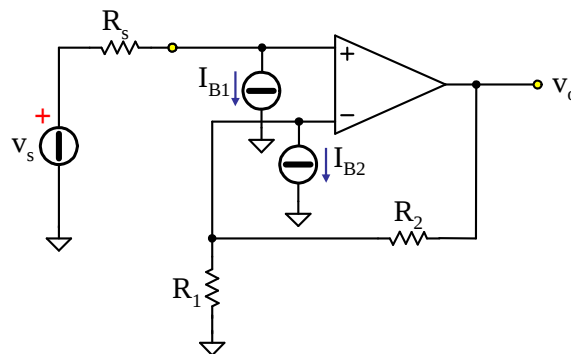
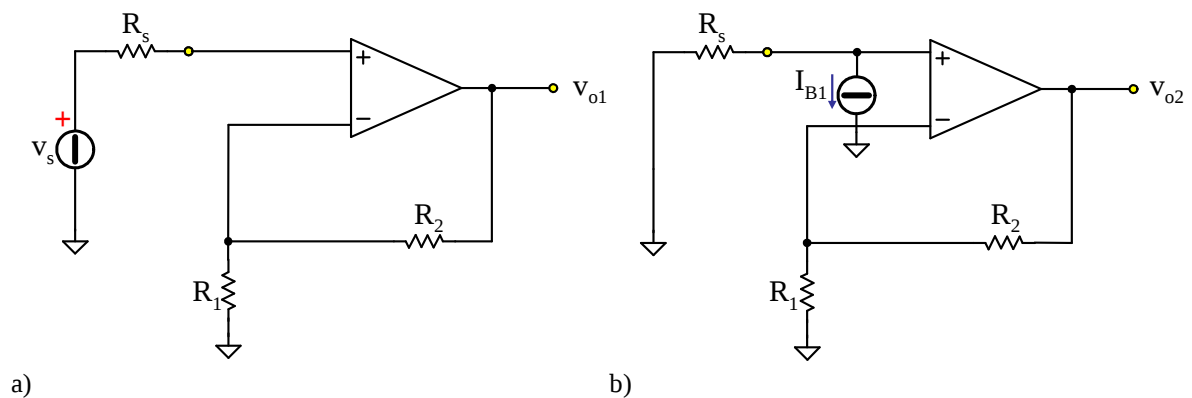


Fig. 2– Modello circuitale dell'amplificatore in configurazione non invertente con correnti di polarizzazione dei circuiti d'ingresso



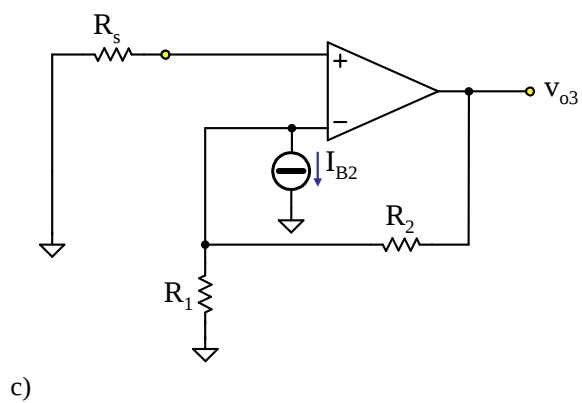


Fig. 3– Circuiti equivalenti per il calcolo dei diversi contributi alla tensione di uscita; a) effetto del solo generatore d'ingresso v_s ; b) effetto del generatore I_{B1} ; c) effetto del solo generatore I_{B2}