

3. Amplificatore operazionale differenziale

Se modifichiamo il circuito equivalente dell'operazionale ad ingresso singolo come dalla Fig. 1.3, rendendo disponibili entrambe i terminali della impedenza d'ingresso, otteniamo un amplificatore che amplifica una V_D che ora è la differenza ($V_1 - V_2$), che quindi chiameremo amplificatore operazionale differenziale e connettendo a massa il terminale V_1 diventa esattamente lo stesso

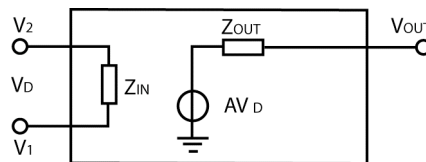


Fig. 1.3

amplificatore per il quale abbiamo calcolato impedenze e guadagno nel paragrafo precedente.

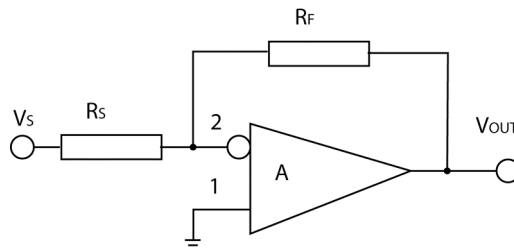


Fig. 2.3

Tuttavia avendo a disposizione due terminali, 1 non invertente e 2 invertente, si può considerare una connessione di carattere molto più generale quale quella di Fig. 3.3. che andremo ad analizzare.

I punti di partenza per l'analisi di un circuito che utilizzi un operazionale differenziale sono *sempre* due:

- cortocircuito virtuale tra terminali d'ingresso, che sono quindi alla stessa tensione V' ;
- assenza di correnti entranti nel cortocircuito virtuale.

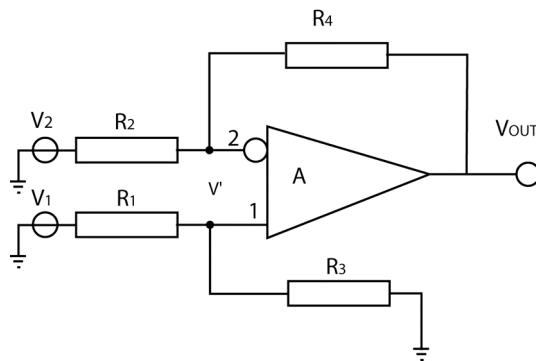


Fig. 3.3

Possiamo pertanto scrivere:

$$V' = \frac{V_1}{R_1 + R_3} R_3 \quad (1.3)$$

e

$$\frac{V_2 - V'}{R_2} = \frac{V' - V_{OUT}}{R_4} \quad (2.3)$$

eliminando V' otteniamo:

$$V_{OUT} = \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} * \frac{R_2 + R_4}{R_2} \right) V_1 - \frac{R_4}{R_2} V_2 \quad (3.3)$$

che conviene commentare.

Ponendo $R_1 = R_2 = R$ e $R_3 = R_4 = R_F$ la (3.3) diventa:

$$V_{OUT} = (V_1 - V_2) \frac{R_F}{R} \quad (4.3)$$

abbiamo pertanto ottenuto un *amplificatore differenziale* a guadagno finito che cioè amplifica $(V_1 - V_2)$.

Questo amplificatore ha tuttavia dei gravi limiti, almeno per ciò che concerne l'impedenza vista dai due generatori di segnale: è facile vedere

che mentre V_1 vede sempre la stessa impedenza che è la serie di R_1 e R_3 , il generatore V_2 vede impedenze diverse al variare di V_1 .

Un vero operazionale differenziale sarà mostrato quando parleremo dei cosiddetti *amplificatori per strumentazione*.

Guardando di nuovo la (3.3) consideriamo il caso che uno dei due generatori, V_2 , sia a segnale nullo. In tal caso il circuito diventa quello di Fig. 4.3. Si vede subito che in questo caso il partitore resistivo sull'ingresso non invertente è inutile, se non dannoso, perchè non fa altro che attenuare il segnale d'ingresso. Tenendo presente poi che non c'è corrente entrante nel terminale 1, il circuito si semplifica come in Fig. 5.3.

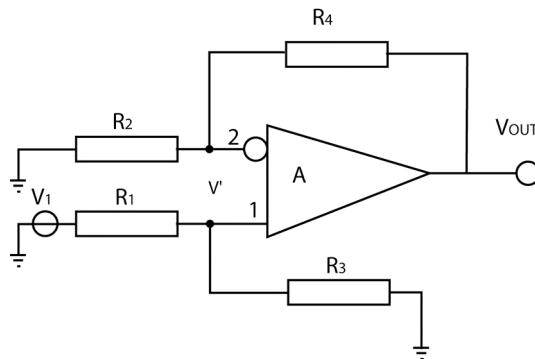


Fig. 4.3

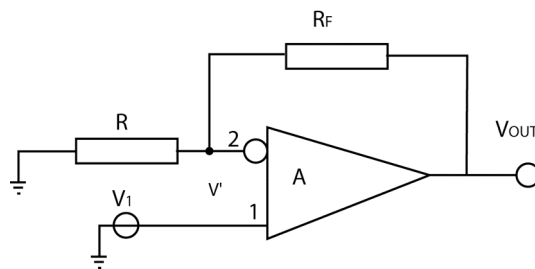


Fig. 5.3

Modificando quindi la (3.3) otteniamo ora:

$$V_{OUT} = \frac{R_F + R}{R} V_1 \quad (5.3)$$

che è la formula del guadagno per l'amplificatore operazionale connesso come *non invertente*. Si vede che la amplificazione

$$A_F = \frac{R_F + R}{R} \quad (6.3)$$

non è mai inferiore ad 1.

Il valore minimo, 1, dell'amplificazione si ottiene o ponendo R uguale ad infinito oppure ponendo R_F uguale a 0. Come mostrato nella Fig. 6.3.

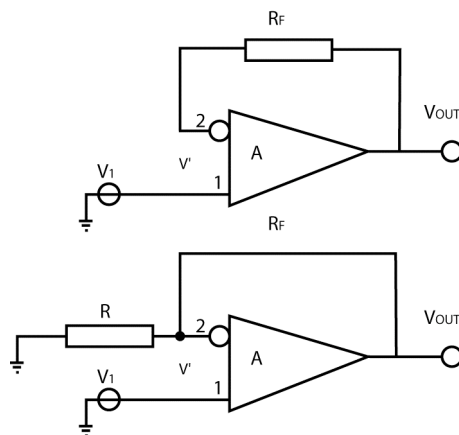


Fig. 6.3

Si vede che, nella parte superiore della figura, la R_F è inutile perchè non è attraversata da alcuna corrente, mentre la R , nella parte inferiore della figura, è come se fosse connessa all'uscita, rappresentando un semplice carico per l'amplificatore. Risulta pertanto che l'amplificatore a guadagno unitario non invertente sarà semplicemente quello della Fig. 7.3.

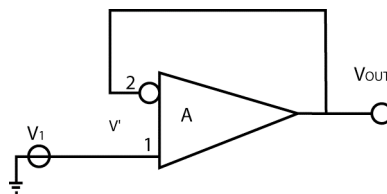


Fig. 7.3

L'amplificatore non invertente di Fig. 5.3 e quello a guadagno unitario presentano un'impedenza d'ingresso infinita essendo nulla la corrente entrante nell'amplificatore. In particolare quello a guadagno unitario è un ottimo *amplificatore d'isolamento* che permette di trasformare un qualsiasi generatore reale di tensione in un generatore ideale o quasi.

