

## ESERCIZIO: CONVERTITORE TENSIONE-CORRENTE

Il circuito mostrato in Figura 1, che impiega un amplificatore operazionale ideale, rappresenta un convertitore tensione-corrente. Determinare l'espressione generale della corrente  $i_L$  e le condizioni che devono essere soddisfatte affinché tale corrente dipenda solo dalla tensione di ingresso  $v_i$ .

Ripetere tale analisi per il circuito di Figura 2.

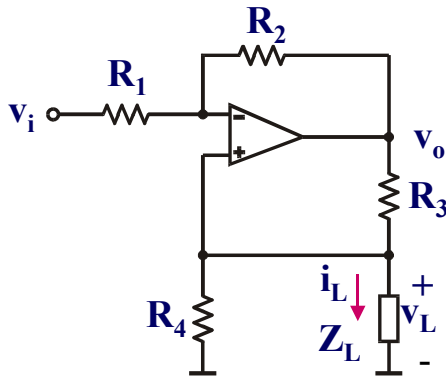


Figura 1

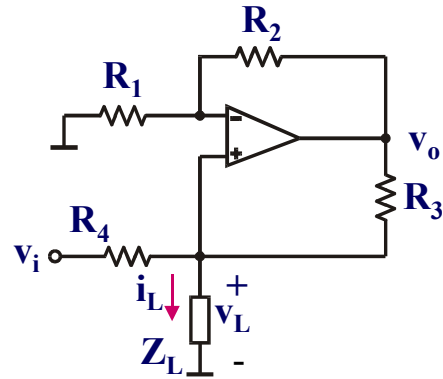


Figura 2

### SOLUZIONE

Dalla figura 1, la corrente sul carico  $i_L$  risulta essere data dalla seguente espressione:

$$i_L = i_3 - i_4 = \frac{v_o - v_L}{R_3} - \frac{v_L}{R_4} \quad (1)$$

La tensione di uscita dell'operazionale  $v_o$  può essere ricavata applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, e cioè considerando l'azione della tensione  $v_i$  e della tensione al morsetto non invertente  $v_L$ , che rappresenta l'uscita utile del convertitore tensione-corrente, agenti una alla volta. In alternativa, ricaviamo  $v_o$  applicando i principi di Kirchhoff e sfruttando le proprietà dell'amplificatore operazionale ideale.

La corrente  $i_1$  si calcola nel seguente modo:

$$i_1 = \frac{v_i - v_-}{R_1} = \frac{v_i - v_L}{R_1} \quad (2)$$

dove per la seconda uguaglianza si è sfruttata la proprietà di guadagno infinito dell'amplificatore operazionale ideale che implica l'uguaglianza delle tensioni ai morsetti di ingresso dello stesso. La tensione di uscita è data da:

$$v_o = -R_2 i_2 + v_- = -R_2 i_1 + v_L \quad (3)$$

Nella (3) si è sfruttata anche la condizione che le correnti di polarizzazione agli ingressi di un amplificatore operazionale ideale sono nulle. Sostituendo la (2) nella (3) otteniamo:

$$v_o = -\frac{R_2}{R_1} v_i + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) v_L \quad (4)$$

in cui si vede come la tensione  $v_i$  venga amplificata di una quantità pari al guadagno di uno stadio invertente, mentre la tensione  $v_L$  viene moltiplicata per il guadagno dello stadio non invertente.

Sostituendo la (4) nella (1) ricaviamo l'espressione generale della corrente  $i_L$ :

$$i_L = -\frac{R_2}{R_1 R_3} v_i + \left(\frac{R_2}{R_1 R_3} - \frac{1}{R_4}\right) v_L \quad (5)$$

Affinché la corrente  $i_L$  non dipenda dalla tensione ai capi del carico  $Z_L$ , deve essere verificata la seguente condizione:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_4} \quad (6)$$

In tal caso possiamo scrivere:

$$i_L = -\frac{v_i}{R_4} \quad (7)$$

che rappresenta il risultato cercato. Se l'impedenza di carico  $Z_L$  è un condensatore, considerando l'uscita  $v_L$ , si ottiene un circuito integratore invertente.