

Convertitore corrente - tensione con Op-Amp

Obiettivo: l'Op-Amp come convertitore corrente-tensione;

Requisiti: teoria delle reti, principi dell'Op-Amp.

Note: necessita di allestimenti meccanici.

Per una maggiore efficacia nello svolgimento dell'esercitazione è consigliato attenersi scrupolosamente alle indicazioni date qui di seguito.

1. CONVERTITORE CORRENTE-TENSIONE

Un circuito convertitore corrente-tensione è utile per la misura di un segnale in corrente e può essere realizzato in vari modi; il più immediato di essi è rappresentato da un semplice resistore che, attraversato dalla corrente, fornisce una d.d.p. ai suoi capi proporzionale alla corrente stessa, secondo la ben nota legge di Ohm:

$$v = R \times i .$$

Questa tecnica viene utilizzata, per esempio, nella misura delle correnti dei motori, grazie a resistori di tipo *current-sensing*, solitamente di valore estremamente basso e preciso.

La tecnica con resistore presente alcuni inconvenienti che la rendono inapplicabile in certi casi; quando, per esempio, occorre misurare correnti di valore estremamente basso è necessario ricorrere a valori di resistenza elevati per ottenere un segnale di tensione significativo. Ma la resistenza di uscita di un tale circuito convertitore è pari proprio al valore del resistore utilizzato: otteniamo, quindi, un generatore di tensione di bassa qualità (elevata resistenza interna).

Per ovviare a questo problema si può ricorrere al circuito convertitore corrente-tensione con Op-Amp (vedi Figura 1).

Il vantaggio immediato di tale circuito è rappresentato dalla resistenza di uscita dell'Op-Amp reazionato negativamente che risulta molto bassa.

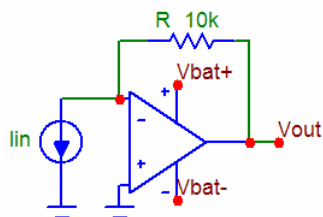


Figura 1 – convertitore I-V con Op-Amp

La funzione di trasferimento di tale circuito è molto semplice; la tensione di uscita, infatti, è pari al prodotto del valore di corrente d'ingresso per il valore della resistenza di reazione:

$$V_{out} = I_{in} \times R .$$

La dimostrazione teorica di quanto appena detto si basa sul principio di corto circuito virtuale, presente agli ingressi dell'Op-Amp in reazione negativa, e sull'impedenza elevatissima in ingresso allo stesso Op-Amp che impone alla corrente del generatore di fluire attraverso la resistenza di reazione. Applicando, quindi, Kirchoff alla maglia di uscita si ottiene la relazione ingresso-uscita di cui sopra.

Notiamo che essendo la configurazione invertente, al fine di ottenere una tensione in uscita di valore positivo è necessario che il verso della corrente in ingresso sia come indicato in Figura 1.

Degno di nota è il fatto che il generatore di corrente, per il collegamento virtuale operato dall'Op-Amp, vede una d.d.p. nulla ai suoi capi. Il circuito si comporta, cioè, da amperometro ideale. I limiti di un tale strumento possono essere visti nelle lezioni teoriche di approfondimento.

Tale tipo di circuito è anche noto come amplificatore di transimpedenza (*TransImpedance Amplifier* o *TIA*), dato che il guadagno (dato dal rapporto tra l'uscita in tensione e l'ingresso in corrente) non è un numero puro ma ha la dimensione di un'impedenza; nel circuito di Figura 1 il guadagno è pari a 10kΩ. Realizziamo una soluzione di montaggio su breadboard come quella mostrata in Figura 2. Misuriamo innanzitutto il valore reale

della resistenza da 10kΩ e annotiamolo (nel nostro caso abbiamo riscontrato un valore pari a 9.81kΩ).

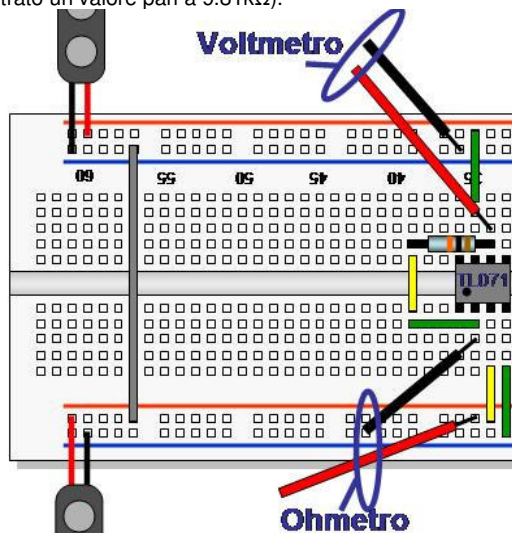


Figura 2 - montaggio convertitore I-V con Op-Amp

In seguito utilizziamo un primo DMM come ohmetro, variando il fondo scala da 20MΩ a 200Ω, annotando di volta in volta i valori di tensione misurati con un secondo DMM impostato come voltmetro. Una volta registrate tutte le letture, riportandole in una tabella si otterranno risultati simili a quelli seguenti:

Ohmetro [Ω]	Voltmetro [V]
20M	1.6m
200k	193.3m
20k	1.411
2000	6.82 (saturazione)
200	6.79 (saturazione)

Notiamo che oltre un certo valore della corrente d'ingresso (legata al fondo scala dell'ohmetro) l'uscita dell'Op-Amp, ad essa proporzionale, satura poiché giunge a valori prossimi alla tensione di alimentazione.

Approfondimenti: realizzare un convertitore I-V a guadagno variabile sostituendo la resistenza da 10kΩ con un trimmer da 50kΩ multigiro, come mostrato in Figura 3.

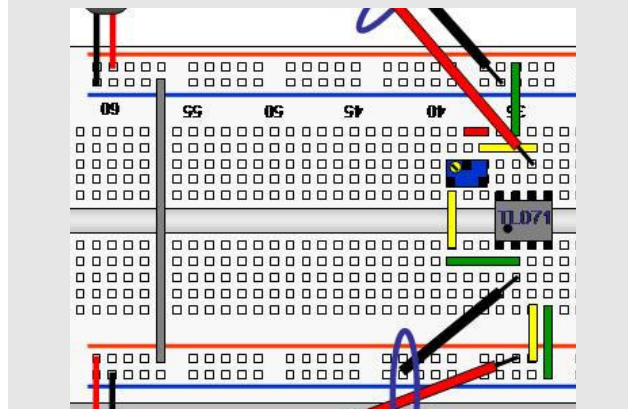


Figura 3 - montaggio convertitore I-V regolabile