

# Tecnologie Digitali - Relazione: convertitore di impedenza negativa e circuito Howland

Salvatore Bottaro<sup>1</sup> and Lorenzo M. Perrone<sup>2</sup>

<sup>1</sup>salvo.bottaro@hotmail.it

<sup>2</sup>lorenzo.perrone.lmp@gmail.com

**Sommario**—In questa relazione mostriamo le caratteristiche e i limiti di un convertitore di impedenza negativa e la sua applicazione nel circuito Howland.

## I. CONVERTITORE DI IMPEDENZA NEGATIVA

Si consideri il circuito in figura 1.

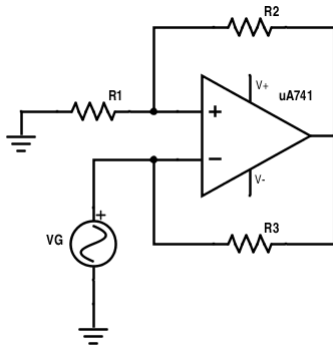


Figura 1: Convertitore di impedenza negativa

Si mostri in che senso esso sia un convertitore di impedenza negativa applicando le regole d'oro dell'op-amp e risolvendo le equazioni del circuito. Come si vede in figura 1 la tensione  $V_{In+}$  all'ingresso non-invertente dell'op-amp è la tensione  $V_g$  del generatore VG. Per le regole d'oro dell'op-amp si ha la stessa tensione all'ingresso invertente ed essendo l'op-amp in configurazione non-invertente, tale tensione viene amplificata di un fattore  $1 + \frac{R_2}{R_1}$ , da cui:

$$V_{out} = (1 + \frac{R_2}{R_1})V_{in} \quad (1)$$

Pertanto la corrente che scorre da  $V_{In+}$  a  $V_{out}$  è data da:

$$I = \frac{V_{In+} - V_{out}}{R_3} = -\frac{R_2}{R_1 R_3} V_g \rightarrow V_g = -\frac{R_1 R_3}{R_2} I \quad (2)$$

da cui si evince come il generatore "veda" un'impedenza equivalente negativa.

Poiché l'espressione della resistenza equivalente segue direttamente dall'equazione 1 si ha che un modo per verificare il corretto comportamento del circuito è verificare se l'op-amp si comporta correttamente in configurazione non-invertente e dunque cercare di delineare i limiti di tale configurazione.

Per quanto riguarda il dimensionamento di  $R_1$  e  $R_2$  si ha che ovviamente esse devono essere tali che  $V_{out}$  non sia troppo

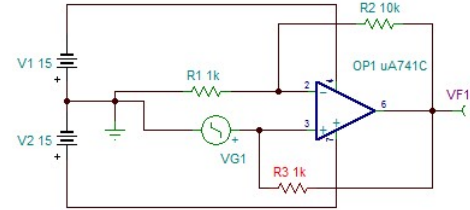


Figura 2: Convertitore realizzato con TINA

alto in rapporto alle tensioni di alimentazione. Come si legge dal foglio di specifiche, il *Maximum peak output voltage swing* al massimo è  $\pm 12 \div 14$  V, pertanto deve risultare:

$$V_{in} (1 + \frac{R_2}{R_1}) \leq 12 \sim 14V \quad (3)$$

Ad esempio si confrontino le simulazioni fatte con TINA (vedi figura 2) in cui sono stati impiegati Gain all'invertente  $G = 11$  (figura 3)  $G = 101$  (figura 4). Si nota come nel primo caso il convertitore funzioni correttamente nel range di tensione scelto, nel secondo caso invece satura appena supera i 12 V.

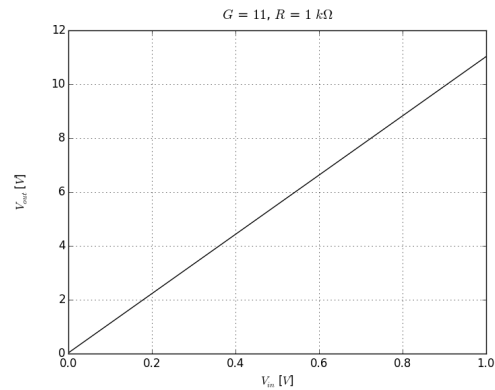


Figura 3: Simulazione del convertitore per G=11

Per quanto riguarda  $R_3$  invece, essa deve essere scelta in modo tale che non scorra troppa corrente verso il ramo non-invertente cosicché l'op-amp non riesca a stabilire il giusto feedback e dunque uguagliare le tensioni ai due ingressi, ovvero non deve essere troppo piccola. In figura 5 si vede come per tensioni vicine a 1 V si perda l'andamento lineare.

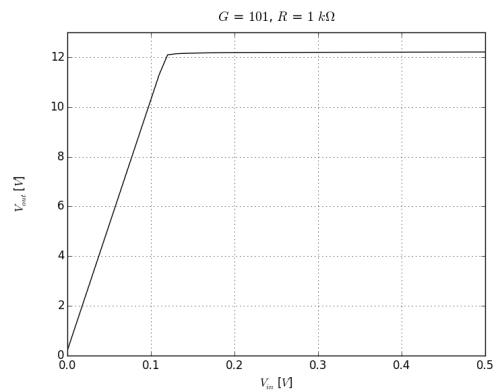


Figura 4: Simulazione del convertitore con  $G=101$

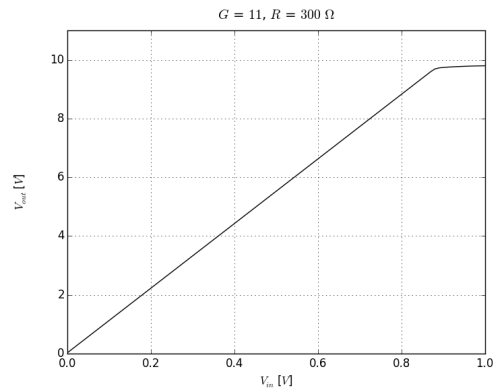


Figura 5: Simulazione del convertitore con  $G=11$  e  $R=300\text{ }\Omega$

Se si osserva il grafico in figura 6 si vede come per  $V_{in} = 1\text{ V}$  il segnale in  $V_{out}$  non dipenda da  $R_3$  a partire dai  $380\text{ }\Omega$  circa.

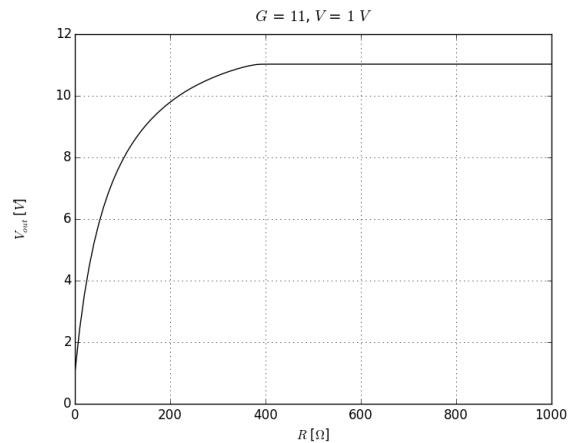


Figura 6: Dipendenza del segnale in uscita da  $V_{out}$  in funzione di  $R_3$  con  $G=11$

Non disponendo di equazioni o modelli per dimensionare correttamente  $R_3$ , in base a varie prove effettuate possiamo fornire in tabella I dei valori minimi indicativi per  $R_3$  in funzione del gain  $G$  con una tensione di ingresso di 1 V.

Tabella I: Valori minimi indicativi per  $R_3$

G	R
11	380
10	230
9	150
8	110
7	80
6	60

La possibilità di disporre di un circuito con impedenza equivalente negativa ha trova molte applicazioni, una di queste è il circuito di Howland.

II. CIRCUITO DI HOWLAND

Lo schema del circuito di Howland è in figura 7.

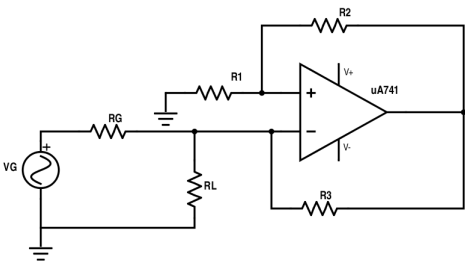


Figura 7: Circuito Howland