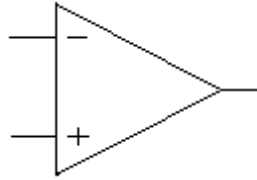


Ultimo Aggiornamento: 28 FEBBRAIO 2011

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI	Pag. 2
UTILIZZO DEGLI AMPLIFICATORI OPERAZIONALI	Pag. 2
COMPARATORI	Pag. 2
AMPLIFICATORI	Pag. 4
CONFIGURAZIONE INVERTENTE	Pag. 4
CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE	Pag. 5
ESEMPI	Pag. 6
SOMMATORE INVERTENTE	Pag. 6
CONVERTITORE DIGITALE ANALOGICO	Pag. 6
CIRCUITI DI CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALI	Pag. 7
CONVERTITORE CORRENTE-TENSIONE	Pag. 7
CALCOLO DELLE RESISTENZE	Pag. 7

AMPLIFICATORI OPERAZIONALI

Gli amplificatori operazionali sono dispositivi elettronici rappresentati dal simbolo:



I due terminali a sinistra del dispositivo sono i terminali di ingresso per i segnali, il terminale di destra è il terminale del segnale in uscita.

I terminali di ingresso sono chiamati Invertente, indicato dal simbolo $-$, e Non Invertente, indicato col simbolo $+$.

Parametri caratteristici degli Amplificatori Operazionali sono:

- Guadagno (differenziale) infinito $G_d = \frac{V_o}{V^+ - V^-} = \infty$. V_o , V^+ , V^- sono la tensione del segnale d'uscita e le tensioni dei segnali posti ai due ingressi non invertente e invertente.
- Resistenza di Ingresso (la resistenza tra i due terminali di ingresso) infinita.
- Resistenza di uscita nulla.

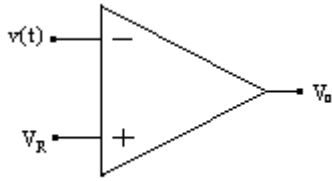
UTILIZZO DEGLI AMPLIFICATORI OPERAZIONALI

Gli Amplificatori Operazionali sono utilizzati come Comparatori, come Amplificatori di segnali e in circuiti Oscillatori.

COMPARATORI

A causa dei suoi parametri caratteristici, l'amplificatore operazionale è facilmente utilizzato come Comparatore, cioè come dispositivo elettronico capace di segnalare, con due tensioni diverse, se il segnale posto all'ingresso invertente è maggiore o minore in ampiezza del segnale posto sull'ingresso non invertente.

Poiché la tensione d'uscita non può superare in valore assoluto le tensioni di saturazione superiore e inferiore (pari a poco meno delle tensioni di alimentazione del dispositivo), una tensione d'uscita positiva indica che il segnale posto all'ingresso $+$ (non invertente) è maggiore di quello posto all'ingresso $-$ (invertente), viceversa se la tensione d'uscita è negativa.



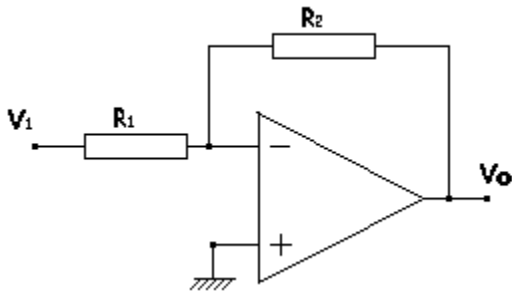
Collegando l'ingresso non invertente con la tensione di riferimento V_R , se la tensione variabile all'ingresso invertente $v(t)$ resta inferiore a V_R , la tensione V_O è uguale alla tensione di saturazione superiore, non appena $v(t)$ supera V_R , la tensione V_O commuta al valore della tensione di saturazione inferiore. Il Comparatore può essere usato per azionare elettronicamente un motore, una elettrovalvola ecc.

AMPLIFICATORI

Per usare gli amplificatori operazionali come Amplificatori di Segnale, occorre inserirli in configurazioni opportune.

In queste configurazioni i transistor, che sono i principali componenti degli amplificatori operazionali, lavorano nella zona lineare attiva della loro caratteristica.

CONFIGURAZIONE INVERTENTE

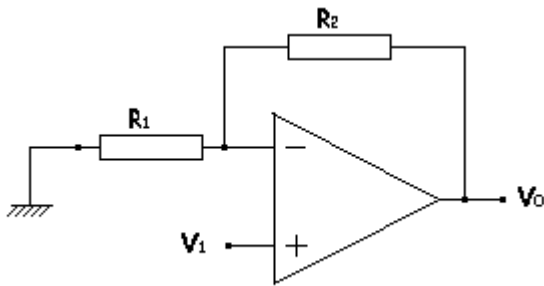


Nella configurazione invertente l'ingresso non invertente è collegato alla massa di riferimento. Il segnale d'ingresso (quello che deve essere amplificato) è collegato all'ingresso invertente tramite la resistenza R_1 . La resistenza R_2 collega il terminale d'uscita all'ingresso invertente producendo una retroazione negativa (questa resistenza viene spesso indicata come resistenza di feedback). L'analisi di questo circuito è molto semplice se si tengono presenti due caratteristiche degli amplificatori operazionali.

1. Il guadagno differenziale infinito impone che l'ingresso invertente e quello non invertente siano alla stessa tensione (in caso contrario i transistor lavorerebbero in zone di saturazione); in questa configurazione l'ingresso invertente viene mantenuto alla tensione della massa di riferimento.
2. La resistenza R_1 è sottoposta alla tensione V_I ed è quindi percorsa dalla corrente $I = \frac{V_I}{R_1}$.
3. La resistenza d'ingresso infinita fa in modo che la corrente I , che percorre la resistenza R_1 , percorra anche la resistenza R_2 causando una caduta di tensione uguale a $-V_O$.
4. Uguagliando le due espressioni di I , si può quindi scrivere: $V_O = -V_I \frac{R_2}{R_1}$. Il guadagno di

tensione, in questa configurazione, è $G_V = \frac{V_O}{V_I} = -\frac{R_2}{R_1}$. Più in generale $G_V = -\frac{Z_2}{Z_1}$, con Z_2 e Z_1 impedenze di retroazione e di ingresso.

CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE



Nella configurazione non invertente il segnale d'ingresso (quello che deve essere amplificato) è collegato all'ingresso non invertente.

L'ingresso invertente è collegato alla massa di riferimento tramite la resistenza R_1 . La resistenza R_2 collega il terminale d'uscita all'ingresso invertente producendo una retroazione negativa (resistenza di feedback).

L'analisi di questo circuito è molto semplice se si tengono presenti due caratteristiche degli amplificatori operazionali.

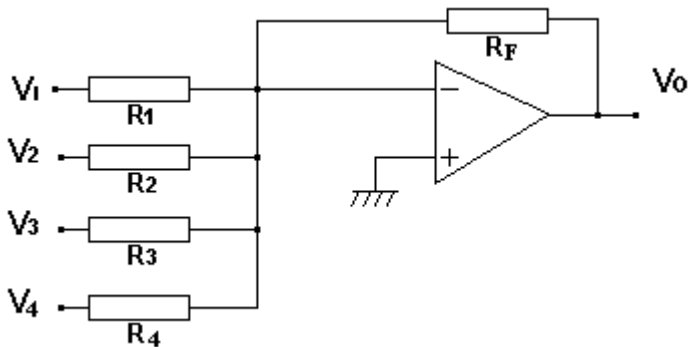
1. Il guadagno differenziale infinito impone che l'ingresso invertente e quello non invertente siano alla stessa tensione (in caso contrario i transistor lavorerebbero in zone di saturazione); in questa configurazione l'ingresso invertente viene mantenuto alla tensione V_I .
2. La resistenza R_1 è sottoposta alla tensione V_I ed è quindi percorsa dalla corrente $I = \frac{V_I}{R_1}$.
3. La resistenza d'ingresso infinita fa in modo che la corrente I , che percorre la resistenza R_1 , percorra anche la resistenza R_2 causando una caduta di tensione uguale a $V_O - V_I$.
4. Uguagliando le due espressioni di I , si può quindi scrivere: $\frac{V_O - V_I}{R_2} = \frac{V_I}{R_1}$ e, con semplici

passaggi: $V_O = V_I \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$. Il guadagno di tensione, in questa configurazione, è

$G_V = \frac{V_O}{V_I} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$. Più in generale $G_V = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$, con Z_2 e Z_1 impedenze di retroazione e di ingresso.

ESEMPI

SOMMATORE INVERTENTE



Come si vede dalla figura, i segnali V_1 , V_2 , V_3 e V_4 sono collegati all'ingresso invertente tramite le resistenze R_1 , R_2 , R_3 e R_4 . Se l'amplificatore operazionale lavora in zona lineare delle caratteristiche dei transistor che lo costituiscono, è applicabile il principio di Sovrapposizione degli Effetti.

Il segnale di uscita può essere determinato dalla somma di $V_o' = -V_1 \frac{R_F}{R_1}$, $V_o'' = -V_2 \frac{R_F}{R_2}$,

$$V_o''' = -V_3 \frac{R_F}{R_3} \text{ e } V_o'''' = -V_4 \frac{R_F}{R_4}.$$

Per R_1 , R_2 , R_3 e R_4 uguali a R , avremo: $V_o = -\frac{R_F}{R}(V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$

CONVERTITORE DIGITALE ANALOGICO

Un caso interessante di sommatore invertente è costituito dalla configurazione nella quale le resistenze di ingresso sono "pesate" sui valori: R , $2R$, $4R$, $8R$ e le tensioni dei segnali d'ingresso rappresentano i 4 bit di un semibyte (possono cioè assumere valori di tensione uguali a 0 Volt se il bit è 0 o 5 Volt se il bit è 1).

In questo caso, con facili passaggi, si può scrivere l'espressione della tensione d'uscita in questo

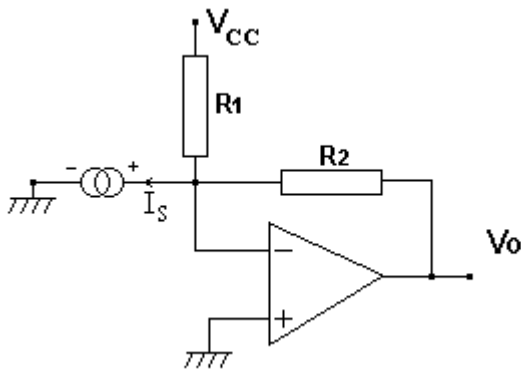
modo: $V_o = -\frac{R_F}{8R}(8B_3 + 4B_2 + 2B_1 + 1B_0)$, dove, appunto B_3 , B_2 , B_1 , B_0 , valgono 5 Volt se il bit è

1, 0 Volt se il bit è 0.

In questo modo la tensione di uscita è proporzionale al numero binario rappresentato dalla combinazione dei bit in ingresso; Può quindi assumere 16 valori diversi, se i bit sono 4, 256 se i bit sono 8, 4096 se i bit sono 12: abbiamo (teoricamente) costruito un DAC (convertitore digitale analogico).

CIRCUITI DI CONDIZIONAMENTO DEI SEGNALI

CONVERTITORE CORRENTE-TENSIONE



Il circuito della figura è un convertitore corrente-tensione, utile anche per condizionare un segnale in corrente.

Il segnale in corrente, in questo caso, è prodotto dal sensore di temperatura integrato AD590 ed ha questa caratteristica: $I_s = 1 \cdot T \frac{\mu A}{0 K}$, dove T è la temperatura misurata in gradi Kelvin. Se la corrente

I_s venisse immessa direttamente nella resistenza R_2 , avremmo una tensione d'uscita V_o proporzionale alla corrente e quindi alla temperatura da controllare. E' facile però verificare che per temperature variabili (per esempio) da -20 a $+50$ gradi centigradi e quindi correnti variabili da 253 a $323 \mu A$, per ottenere tensioni dell'ordine di qualche unità di Volt, dovremmo scegliere resistenze dell'ordine di decine di $K\Omega$. Con una resistenza di $20K\Omega$ otterremo tensioni d'uscita variabili da circa 5 Volt a circa $6,5$ Volt.

Il circuito di condizionamento della figura è in grado di sfruttare l'intero range di tensioni trattato da un circuito ADC (di solito questi circuiti integrati accettano tensioni variabili da 0 a 10 Volt); le resistenze devono essere calcolate per fare in modo che la tensione d'uscita sia 0 Volt per una temperatura di -20 gradi centigradi e di 10 Volt per una temperatura di $+50$ gradi centigradi.

CALCOLO DELLE RESISTENZE

La resistenza R_1 si calcola ipotizzando che la temperatura da misurare sia uguale a -20 gradi centigradi. In questa condizione la tensione V_o deve essere di 0 Volt, cioè non deve circolare corrente nella resistenza R_2 . Allora la corrente circolante nella resistenza R_1 è uguale alla corrente del sensore cioè $253 \mu A$. Per la legge di Ohm $R_1 = \frac{V_{CC}}{I_s}$ la resistenza dovrà essere di $47 K\Omega$.

La resistenza R_2 si calcola ipotizzando che la temperatura da misurare sia uguale a $+50$ gradi centigradi e tenendo conto che la corrente circolante nella resistenza R_1 è stata fissata a $253 \mu A$. In queste condizioni la corrente circolante nella resistenza R_2 sarà di $323 - 253 = 70 \mu A$ e la tensione V_o che è anche la tensione ai capi della resistenza R_2 dovrà essere di 10 Volt. Per la legge di Ohm quindi la resistenza R_2 dovrà essere di $142,8 K\Omega$.