

## I comparatori di tensione

Un comparatore è un circuito la cui uscita può assumere solamente due livelli di tensione diversi e in modo esclusivo.

Uno di essi vicino al massimo dell'alimentazione e l'altro vicino al minimo. Ha due terminali di ingresso e, come indica il suo nome, compara il livello di tensione di un ingresso con quello dell'altro. Quando il livello dell'uscita è alto, il livello dell'ingresso non invertente è maggiore del livello dell'ingresso invertente, al contrario se il livello di tensione applicato all'ingresso invertente supera quello dell'altro ingresso l'uscita sarà a livello basso.

### Simbologia

Il simbolo del comparatore è praticamente lo stesso di quello di un amplificatore operazionale. Infatti un comparatore si può costruire con un amplificatore operazionale. In pratica è la configurazione dei collegamenti che si utilizza a determinare se il componente funzionerà come

comparatore o come amplificatore. Se prendiamo in considerazione il simbolo vedremo che, come per gli operazionali, si tratta di un triangolo e su uno dei lati sono posti i due ingressi segnati con il segno + per l'ingresso non invertente e - per l'ingresso invertente. Le tensioni di ingresso si chiamano  $V_{IN+}$  e  $V_{IN-}$  rispettivamente. La tensione di uscita si chiama  $V_{OUT}$ .

### Circuiti integrati

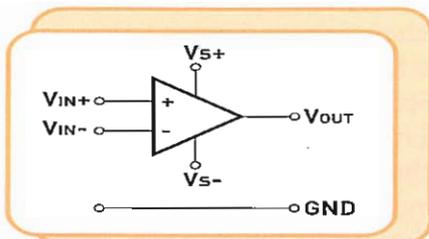
Esistono circuiti integrati che si utilizzano in modo specifico come comparatori, fra i quali uno dei più comuni è il LM339, che contiene al suo interno quattro comparatori e si può alimentare fra 2 e 36 volt di tensione continua.

### Alimentazione

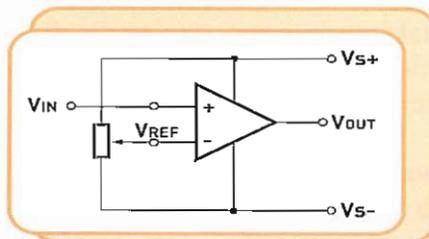
I circuiti integrati progettati come comparatori si alimentano normalmente in modo asimmetrico, cioè utilizzano una

sorgente di alimentazione unica.

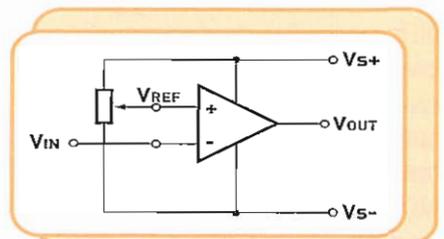
Il loro livello basso di tensione è molto vicino a 0 volt, mentre il loro livello di uscita alto è circa la tensione che si utilizza per alimentare il circuito integrato. Normalmente l'uscita di questi comparatori è di tipo a collettore aperto, e quindi il livello basso è vicino a 0 volt, tuttavia quando si utilizzano amplificatori operazionali come comparatori, in genere non si dispone di questo tipo di uscita e dovremo distinguere due casi: quando l'operazionale si alimenta in modo simmetrico e quando si alimenta in modo asimmetrico. Nel primo caso i due possibili livelli di tensione di uscita si avvicinano ai massimi assoluti di ognuna delle due sorgenti di alimentazione utilizzate, cioè se il circuito si alimenta con  $\pm 5$  V l'uscita potrà prendere praticamente un valore molto vicino a +5 V, o a -5 V. Quando si utilizza alimentazione asimmetrica, cioè un solo alimentatore, di solito succede che i due livelli di tensione di uscita raggiungano rispettivamente un valore vicino al massimo dell'alimentazione per il livello



Comparatore.



Comparatore con riferimento collegato all'ingresso invertente.

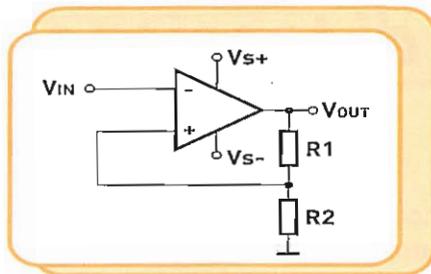


Riferimento all'ingresso non invertente.

alto, e per il livello basso si arriva a un valore che in alcuni casi non scende al di sotto di 3 V, secondo il modello di amplificatore operazionale utilizzato. Questo è dovuto al tipo di circuito interno dell'amplificatore operazionale che, anche se funziona come comparatore, ha un livello basso di uscita abbastanza elevato; ciò va tenuto presente al momento della progettazione, per evitare le brutte sorprese tipiche di chi inizia il percorso in questo interessante mondo dell'elettronica.

## Funzionamento

Negli schemi è facile identificare un comparatore, perché normalmente uno degli ingressi è chiaramente collegato a un livello fisso di tensione che viene chiamato riferimento di tensione, che corrisponde esattamente alla tensione con cui viene comparata la tensione dell'altro ingresso. La tensione di riferimento applicata su uno dei due ingressi deve essere all'interno dei limiti dell'alimentazione del circuito integrato. Questo limite è indicato dal costruttore di ogni integrato, però se non lo conosciamo dobbiamo applicare una tensione agli ingressi che non si avvicini mai a meno di 1,5 volt sotto la tensione di alimentazione. Il riferimento di tensione può essere collegato all'ingresso invertente o a quello non invertente. Tutto dipende dal risultato che vogliamo avere sull'uscita. Supponiamo che la tensione di riferimento sia collegata all'ingresso invertente (-), fissiamo un determinato livello di tensione per  $V_{IN-}$ , se la tensione sull'altro ingresso supera questa tensione di riferimento, l'uscita prenderà un



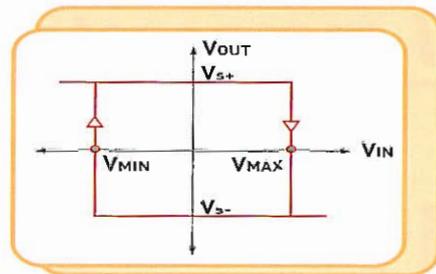
Comparatore con isteresi.

livello alto, cioè sarà molto vicina alla tensione di alimentazione, mentre se non lo supererà sarà a livello basso. Entrambi gli stati sono quindi esclusivi.

## Utilizzo

I comparatori hanno molte applicazioni in elettronica, tuttavia in alcuni casi comportano qualche problema dopo aver terminato il progetto. Facciamo un esempio per chiarire: supponiamo di utilizzare un comparatore per confrontare la tensione di riferimento con quella fornita da un sensore di temperatura il cui segnale di uscita è una tensione che varia con la temperatura stessa e che l'uscita di questo comparatore venga utilizzata per collegare o scollegare la resistenza di un apparato di riscaldamento. Il funzionamento appare molto semplice, dato che quando la tensione fornita dal sensore raggiunge quella di riferimento, l'uscita del comparatore cambia stato.

Ad esempio, quando si rileva un aumento di temperatura si spegne la resistenza del riscaldatore. Il problema è che il comparatore è un elemento molto sensibile, e un minimo abbassamento di temperatura tornerà a far



Tensioni in un comparatore con isteresi.

collegare la resistenza, e se queste commutazioni sono molto rapide, in alcuni casi anche diverse volte al secondo, probabilmente il dispositivo di commutazione che controlla la resistenza si guasterà. Questo problema trova soluzione con l'utilizzo di un circuito con isteresi.

## Comparatori con isteresi

Tornando all'esempio precedente, possiamo pensare a un comparatore che, ad esempio, scolleghi la resistenza quando si raggiunge la tensione corrispondente a 25° C e che colleghi nuovamente la resistenza quando si abbassa la temperatura, però con un piccolo margine, ad esempio di 0,5° C. Con questo si evitano commutazioni molto vicine e non necessarie.

Il comparatore di tensione con isteresi riceve il nome tipico di flip-flop di Schmitt o di Trigger Schmitt. In questo comparatore il riferimento è diverso a seconda che la tensione di ingresso vari in modo ascendente o discendente. L'uscita del comparatore cambia quando la tensione di ingresso raggiunge in un caso la tensione  $V_{MAX}$  e nell'altro  $V_{MIN}$ .