

scheda integrativa **16B** 1

I comparatori commerciali

La realizzazione di circuiti comparatori usando i normali operazionali comporta alcuni inconvenienti:

- il circuito fornisce come livelli in uscita quelli di saturazione dell'operazionale:

$$\begin{aligned} V_{oH} &= +V_{CC} - (1 \div 3 \text{ V}) \\ V_{oL} &= -V_{CC} + (1 \div 3 \text{ V}) \end{aligned} \quad (1)$$

e questo comporta la necessità di attuare accorgimenti vari per adattare i livelli di uscita a quanto richiesto (per esempio per risultare compatibili TTL o CMOS);

- gli operazionali per uso generale non sempre risultano sufficientemente veloci nella commutazione.

Esistono in commercio appositi integrati, predisposti per l'uso come comparatori, che permettono di superare questi problemi. Si deve comunque sin d'ora osservare che i comparatori, per loro natura, non sono dissimili dagli operazionali e quindi gli IC comparatori si possono in molti casi prestare come alternativa agli operazionali in diverse applicazioni.

Un parametro tipico dei comparatori commerciali, normalmente dichiarato dai costruttori nei data sheet, è il **tempo di risposta** (*response time*), che corrisponde al tempo che intercorre dall'istante di applicazione di un segnale a gradino in ingresso all'istante di conseguente commutazione in uscita. La **figura 1** riporta il circuito tipico per questa misura e le relative modalità.

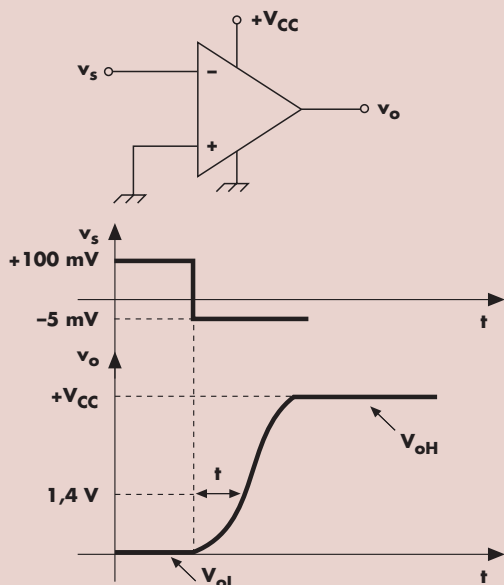


Figura 1 La misura del tempo di risposta di un comparatore.

Fino a quando il segnale all'ingresso – si mantiene a + 100 mV l'uscita del comparatore si mantiene al livello basso V_{oL} (che nell'esempio si suppone pari a zero); appena il gradino in ingresso passa a zero più una piccola quantità (*overdrive*), che nella figura è di 5 mV, il comparatore in uscita commuta al livello alto V_{oH} : il tempo che intercorre dall'applicazione del gradino a quando l'uscita assume un determinato livello (normalmente 1,4 V, ma al riguardo i costruttori danno scarse indicazioni) è il tempo di risposta.

I costruttori forniscono normalmente il dato numerico del tempo di risposta con un gradino di 100 mV e un overdrive di 5 mV (le condizioni della figura 1) e forniscono poi dei grafici del tempo di risposta per diversi valori di overdrive.

Comparatore LM311

Un esempio di comparatore commerciale è l'integrato LM311 che può essere alimentato indifferentemente con tensioni simmetriche rispetto a massa o unipolari.

Per comprendere il funzionamento di questo componente è utile tenere presente che questo è interpretabile come un operazionale seguito da un BJT con *collettore ed emettitore aperti* (**fig. 2a**).

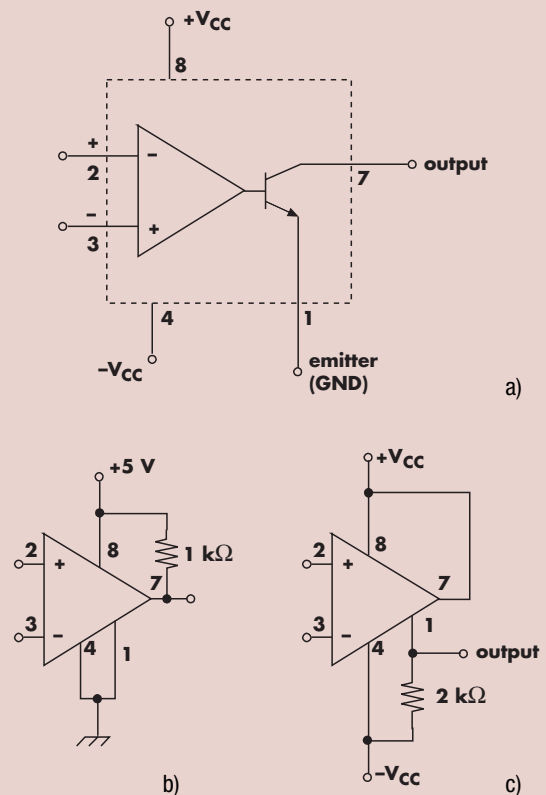


Figura 2 Circuito equivalente del comparatore LM311 (a), suo uso con alimentazione singola (b) e con alimentazione simmetrica (c).

Sfruttando questa caratteristica è possibile ottenere un circuito con alimentazione singola e uscite $V_{OH} \approx +V_{CC}$ e $V_{OL} \approx 0\text{ V}$; in particolare la **figura 2b** indica le condizioni per una uscita compatibile TTL o CMOS con $V_{DD} = 5\text{ V}$. Per comprendere questo circuito basta osservare che, quando l'operazionale è a livello alto, il BJT è saturo e quindi l'uscita è bassa e praticamente nulla, quando l'operazionale è a livello basso il BJT è interdetto e l'uscita è alta e praticamente coincidente con $+V_{CC}$. Si noti come il BJT, comportandosi da invertitore, provoca l'inversione degli ingressi + e - del comparatore rispetto a quelli dell'operazionale interno.

Ragionando in modo analogo si può comprendere il circuito di **figura 2c**, che permette un livello di uscita sia positivo che negativo (ma con un ruolo invertito degli ingressi + e - perché il BJT non inverte l'uscita, visto che il segnale è prelevato dall'emettitore).

Altra caratteristica di questo integrato è l'esistenza del pin 6 di *strobe*: quando viene posto a livello basso tramite un resistore, che limita la corrente (tipicamente $1\text{ k}\Omega$), il comparatore ha l'uscita bloccata a livello alto, se invece il pin 6 è a $+V_{CC}$, o scollegato, il comparatore funziona normalmente.

La **figura 3a** riporta un tipico circuito di comando dello strobe tramite segnale digitale. La **figura 3b** indica il circuito per la regolazione dell'offset.

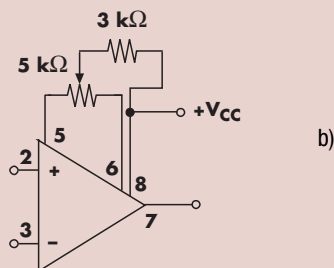
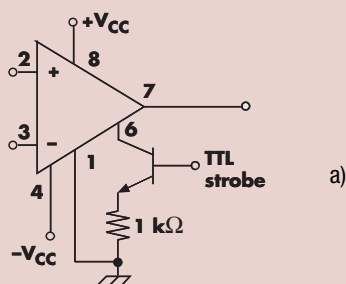


Figura 3 Uso del comando strobe del 311 (a) e regolazione dell'offset (b).

Comparatore LM339

Un altro integrato commerciale abbastanza interessante è l'LM339, che contiene 4 comparatori con i BJT di uscita a collettore aperto (gli emetti-

tori sono già posti a massa) usabile in modo sostanzialmente simile al precedente, ma privo di strobe e di regolazione dell'offset.

Il driver per LED LM3914

Si tratta di un IC che merita attenzione perché è un esempio significativo di uso dei comparatori e permette di realizzare un semplice voltmetro con visualizzatore a LED.

Per la sua descrizione si osservi il circuito interno riportato in **figura 4**.

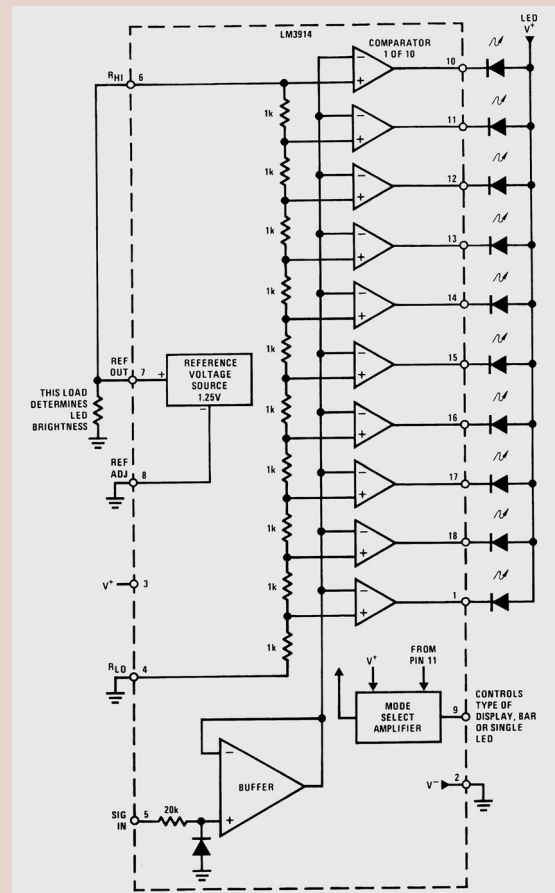


Figura 4 Schema interno dell'LM3914.

Come si vede, sono presenti 10 comparatori che funzionano in modalità invertente: la tensione di ingresso applicata al pin 5 (SIG IN) viene trasferita agli ingressi - dei comparatori attraverso un buffer a guadagno unitario; le tensioni di riferimento ai pin + dei comparatori sono ottenute attraverso un partitore di tensione realizzato con 10 resistori di $1\text{ k}\Omega$. Il partitore è alimentato dalla tensione presente tra i pin 6 (R_{HI}) e 4 (R_{LO}).

La disposizione indicata in questa figura è la più semplice possibile: la tensione di riferimento interna di $1,25\text{ V}$, presente tra i pin 7 (REF OUT) e 8 (REF ADJ), coincide con la tensione ai capi del partitore resistivo e determina quindi le tensioni di

riferimento ai singoli comparatori. Appena la tensione di ingresso supera il valore:

$$V_+ = \frac{1,25}{10\text{ k}} 1\text{ k} = 0,125\text{ V}$$

il comparatore più in basso porta l'uscita a livello basso e il relativo LED si accende. Se la tensione in ingresso sale ulteriormente e raggiunge il valore:

$$V_+ = \frac{1,25}{10\text{ k}} 2\text{ k} = 0,25\text{ V}$$

anche il comparatore successivo porta l'uscita a livello basso e il relativo LED si accende.

La situazione si ripete in maniera analoga con un passo di 0,125 V fino al raggiungimento della massima tensione di ingresso misurabile di 1,25 V.

Il pin 9 (MODE) permette di scegliere tra l'accensione del singolo LED o l'ottenimento di una barra luminosa: la prima situazione si ottiene lasciando scollegato questo pin, la seconda collegandolo al pin 3 (V^+ è il pin della tensione di alimentazione). La tensione di alimentazione massima dell'IC è 25 V. Analogo limite ha la tensione di alimentazione dei LED.

La **figura 5** riporta un circuito più elaborato che permette di aumentare il range di misura del voltmetro: la tensione di riferimento interna di 1,25 V

è applicata ai capi di R_1 che quindi risulta attraversata dalla corrente:

$$I = \frac{1,25}{R_1}$$

Trascurando la corrente proveniente dal pin 8 (I_{ADJ} tipicamente 75 μA) si può quindi ritenere la tensione tra i pin 7 (REF OUT) e 2 (V_-) pari a:

$$V = I(R_1 + R_2) = \frac{1,25}{R_1}(R_1 + R_2) = 1,25\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Questa è la nuova tensione disponibile ai capi del partitore e quindi il nuovo valore di fondo scala del voltmetro: se le due resistenze si sostituiscono con un trimmer, è possibile una regolazione continua del fondo scala.

Con i valori indicati nella **figura 5** il fondo scala è di 5 V abbondanti (potete verificarlo).

Volendo ottenere un range di misura che non inizi da zero, si rende necessario porre il pin 4 (R_{LO}) a un valore non nullo: è quello che è stato fatto nella *non solo teoria 1* dell'unità F2, alla quale si rimanda.

Si tenga infine presente che è possibile aumentare il numero di LED per la visualizzazione usando più LM3914 in contemporanea (al riguardo si rinvia alla documentazione del costruttore).

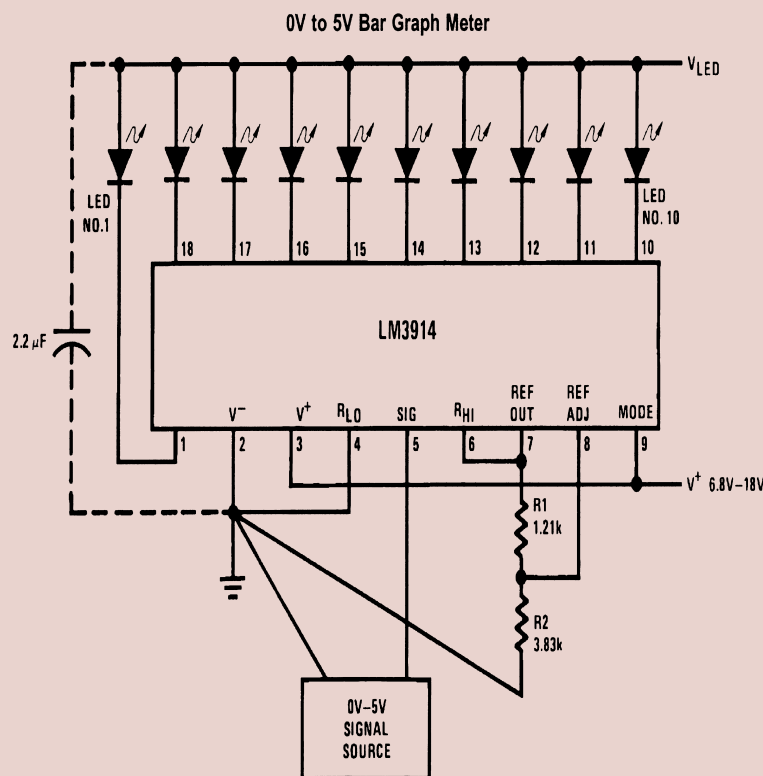


Figura 5 Come modificare il range di funzionamento del voltmetro.