

4.16 Circuito d'interfaccia tra analogico e digitale

Dopo l'elaborazione di segnali analogici capita sovente di dover trasferire detti segnali nell'ambito della circuitazione digitale a scopi più diversi; le modalità di trasferimento tra analogico e digitale sono di due tipi:

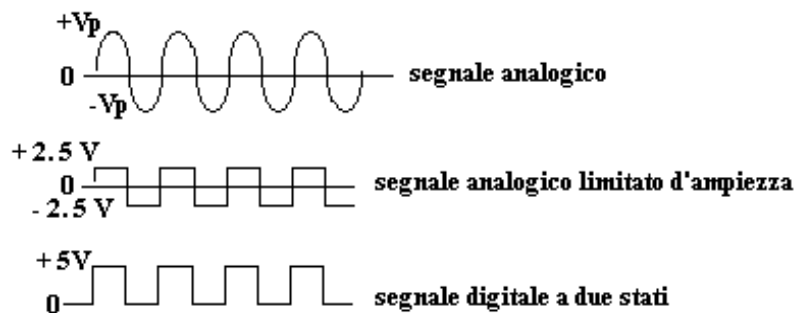
Trasferimento dei segnali analogici mediante conversione A/D (analogica/digitale) che consente di trasformare i primi in numeri binari adatti ad essere trattati, ad esempio, da un computer.

Trasferimento dei segnali analogici mediante conversione di stato che consente di trasformare i segnali analogici in segnali digitali che rappresentano soltanto la polarità dei primi (anche questo tipo di conversione può essere richiesto, ad esempio, per introdurre dati particolari in un computer).

Dei due tipi di trasferimento dei segnali analogici in digitale ci occuperemo soltanto del secondo dato che il primo riguarda quasi esclusivamente le tecniche digitali che non fanno parte del presente manuale.

Prendiamo in esame il caso in cui sia da convertire, in due stati, un segnale analogico al fine di inserirlo in un circuito digitale che, come tale, lo richieda a livelli compresi tra 0V e +5V. Per comprendere di quale operazione fisica si tratti e quali siano le forme d'onda che intervengono in questo tipo di operazione analizziamo la figura 4.35.

figura 4.35



Nella figura 4.35 è tracciato, in alto, un segnale analogico a caratteristica sinusoidale che si sviluppa tra il massimo di tensione di picco positiva, $+V_p$, ed il massimo di tensione di picco negativa $-V_p$; sotto il segnale sinusoidale è tracciato ciò che resta di esso dopo il “taglio” in ampiezza, sia dei picchi positivi, sia dei picchi negativi.

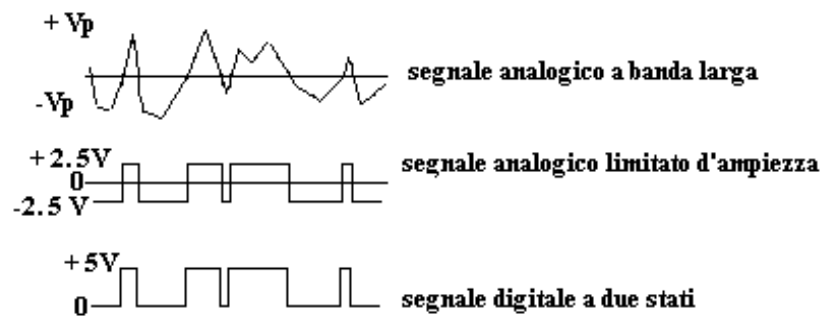
Questo nuovo segnale, detto “segnale analogico limitato d'ampiezza”, se da un lato perde le informazioni legate al profilo dell'ampiezza del segnale originale ne mantiene però una caratteristica fondamentale costituita dai tempi di passaggio del segnale stesso attraverso lo zero.

I circuiti logici non accettano, però, il “segnale analogico limitato d'ampiezza” dato che esso si sviluppa tra livelli positivi e negativi, detto segnale deve ulteriormente essere modificato affinché le sue caratteristiche elettriche siano adatte alla circuitazione digitale.

Con una opportuna traslazione di livello, verso le tensioni positive, il segnale limitato assume la caratteristica del “segnale digitale a due stati” che, sviluppandosi tra livello zero e livello +5V, è adatto ad essere trasferito alla circuitazione digitale; anche questo segnale porta l'informazione dei tempi di passaggio per lo zero del segnale originale.

Se il segnale analogico è costituito da una banda di frequenze il processo di trattamento ed i concetti esposti in precedenza sono identici, un'indicazione grafica di questo caso è illustrata in figura 4.36.

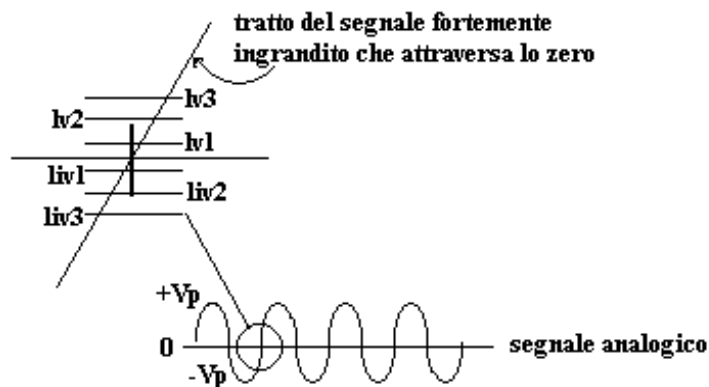
figura 4.36



In questo nuovo esempio grafico è mostrato il segnale analogico che, essendo a larga banda, è caratterizzato da un'onda irregolare fluttuante, casualmente nel tempo, sia in ampiezza che in polarità; la limitazione d'ampiezza di questo segnale genera un'onda rettangolare che, riportando fedelmente gli intervalli di passaggio per lo zero dell'onda originale, presenta, per questa ragione, semiperiodi di durata diversa tra loro, infine il segnale digitale a due stati ottenuto per traslazione d'ampiezza dal segnale limitato.

In questo particolare trattamento dei segnali analogici è di fondamentale importanza trasferire con precisione alla circuitazione digitale la durata dei tempi tra i diversi passaggi per lo zero del segnale analogico originale; questa caratteristica si può ottenere soltanto se il circuito, che trasforma il segnale originale nel segnale limitato d'ampiezza, è sufficientemente sensibile alle piccole tensioni che si verificano attorno ai passaggi dello zero ed è sufficientemente veloce nel rispondere a tali eventi, così come è mostrato nella figura 4.37.

figura 4.37



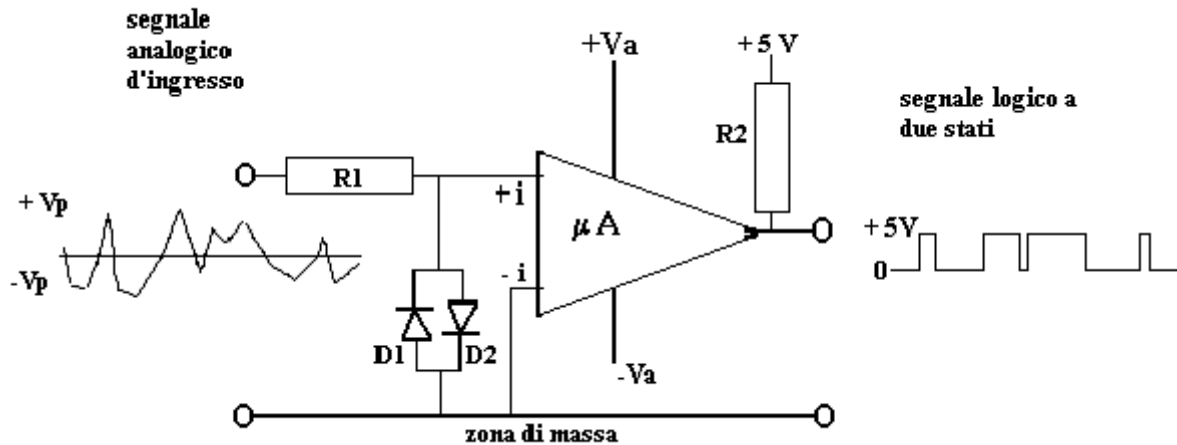
Nella figura 4.37 è mostrato, in basso, un segnale analogico, ed in alto, un ingrandimento ideale che consente di vedere come può avvenire la discriminazione del livello da parte di un adatto circuito.

Il segmento inclinato, tracciato nell'ingrandimento, è la porzione di segnale che attraversa lo zero, il segmento verticale a tratto spesso ne rappresenta la posizione di passaggio, le righe parallele, indicate con i simboli liv1, liv2, liv3, rappresentano, a titolo dimostrativo, i diversi livelli di sensibilità raggiungibili.

Se per trasferire il tempo di passaggio per lo zero si utilizza un comparatore (si veda paragrafo 4.13) con un errore $\Delta = liv3$, l'errore sarà sensibile; se il comparatore consentirà un errore $\Delta = liv2$, l'errore nel trasferimento del tempo sarà inferiore del precedente, in ultimo con un $\Delta = liv1$, potremo avere la migliore condizione di rilevamento tra le tre indicate.

Per questo tipo di comparazione sono disponibili in commercio particolari microamplificatori ad elevata velocità di transizione e bassi errori; l'impiego di uno di questi circuiti integrati è mostrato in figura 4.38.

figura 4.38



In figura 4.38 è riportato lo schema elettrico d'impiego di un comparatore tipo LM139A che, come si può osservare, è estremamente semplice; l'integrato riceve, tramite R1, il segnale analogico da trasformare in due stati sull'ingresso non invertente, questo ingresso è protetto con i diodi D1 e D2 qualora il segnale analogico superi i livelli massimi ammessi dall'integrato. L'ingresso non invertente è collegato a massa; in questo caso la massa rappresenta il livello di riferimento $V_{ref} = 0$ poiché la comparazione avviene per livelli di tensione prossimi allo zero.

Il terminale d'uscita dell'integrato è connesso, all'interno dello stesso, a un transistor a collettore aperto che consente di avere in uscita il livello logico voluto grazie alla resistenza R2 collegata alla tensione di alimentazione del circuito digitale servito (nella figura il livello logico fornito è di 5 V). Le tensioni d'alimentazione $+V_a$ e $-V_a$ possono essere scelte in una ampia gamma di valori compresi tra +2V a +36 V.

I valori del fuori zero di LM139A, dichiarati dal costruttore, sono di ± 2 mV e il ritardo nella risposta è inferiore a 1.5 μ Sec.

Tra i molti pregi di questo integrato s'aggiunge il fatto che all'interno di un unico contenitore sono disponibili quattro sezioni funzionali uguali che consentono, se necessario, un notevole risparmio di spazio nella realizzazione di circuiti di comparazione multipli.

Le caratteristiche generali rendono questo circuito idoneo per molte applicazioni; data la sua naturale semplicità nessun esempio di calcolo è necessario per il suo impiego.

Una particolarità interessante del circuito di figura 4.38 deriva invece dal fatto che la tensione d'alimentazione $-V_a$ può essere eliminata collegando il terminale negativo a massa, con un modesto decadimento della precisione di comparazione; questa soluzione può essere d'aiuto nei casi in cui sia dispendioso disporre di doppie tensioni d'alimentazione, come ad esempio negli apparati portatili con circuiti alimentati a batterie.