

I convertitori A/D

I computer in generale, e i microcontroller in particolare, lavorano ed elaborano solamente informazioni digitali. Esprimono una determinata grandezza mediante un insieme di bit, che possono solo assumere due valori: 1 oppure 0. Tanto più alta è la precisione richiesta e maggiore è la grandezza da definire, più alto sarà il numero dei bit che bisognerà utilizzare. La maggior parte dei dati che arriva dal mondo reale è in forma analogica, questo significa che i valori variano fra un minimo e un massimo, passando fra un'infinità di valori possibili fra questi due limiti. La luce, la temperatura, la velocità, la pressione e altri parametri assumono infiniti valori fra il minimo e il massimo. Un'informazione digitale espressa con 10 bit può assumere valori che vanno da un minimo, rappresentato da 10 zeri, sino a un massimo rappresentato da 10 uno, cioè 1024 valori, corrispondenti a 210 combinazioni possibili che si possono ottenere con

10 bit. Le nostre macchine basate su computer sono digitali, però l'informazione che riceviamo, e quella che dobbiamo fornire, sarà analogica. Un sistema basato su un microcontroller deve ricevere l'informazione da elaborare in formato digitale, e i risultati che esso genera dovranno anch'essi avere questo formato. Se desideriamo che questo sistema acquisisca il valore della luce che fornisce un sensore e lo trasformi in suono, dovremo convertire in digitale il segnale del sensore, per fare in modo che il microcontroller lo possa accettare ed elaborare.

Inoltre, i risultati digitali ottenuti elaborando questa informazione con un programma, dovranno essere trasformati in analogici perché possano essere ascoltati tramite un altoparlante. È necessario un convertitore A/D e un altro convertitore D/A, come mostrato nella figura.

La risoluzione di un convertitore

L'operazione più comune nelle applicazioni industriali è la conversione di segnali analogici in segnali digitali, ragion per cui è stato inserito in tutti i modelli della famiglia dei PIC16F87X un convertitore A/D da 10 bit di risoluzione e 5 canali d'ingresso, per i modelli da 28 pin, e 8 canali per quelli da 40 pin. La risoluzione da 10 bit significa che con questo convertitore si potranno ottenere

1024 combinazioni differenti fra il minimo, che sono 10 zeri, e il massimo, che sono 10 uno.

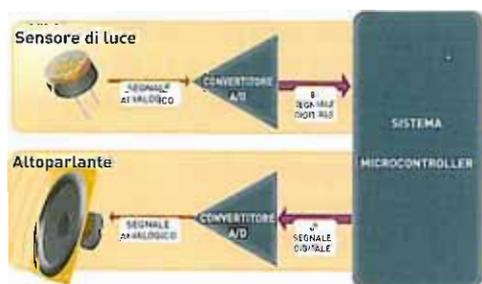
Per passare da un valore digitale da 10 bit a quello successivo si aggiunge un'unità, e questo minimo valore indica la risoluzione per bit che è capace di determinare il convertitore. Con 10 bit il convertitore A/D, che lavora fra una tensione minima e un'altra massima, avrà una risoluzione per bit che sarà la 1024^a parte del range fra i due limiti. Se si vuole lavorare fra un range massimo chiamato Vref+ e un altro minimo che è Vref- e nel caso che Vref+ = +5VDC e Vref- = 0 V, la risoluzione per bit sarà:

$$\text{Risoluzione} = (V_{ref+} - V_{ref-}) / 1024 = (5 - 0) / 1024 = 4,8 \text{ mV/bit}$$

Nell'esempio, per un ingresso analogico da 0 V corrisponde un'uscita del convertitore di 10 zero e per un ingresso analogico di +5VDC corrisponde un'uscita digitale da 10 uno. Fra ogni coppia di valori digitali successivi abbiamo una risoluzione di 4,8 mV.



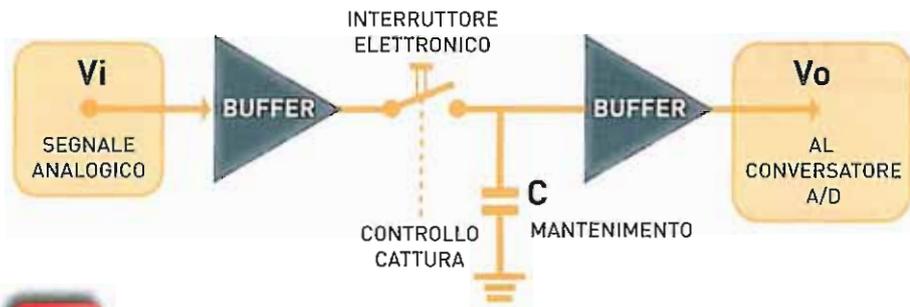
La maggioranza dei parametri e dei dispositivi del mondo reale sono analogici.



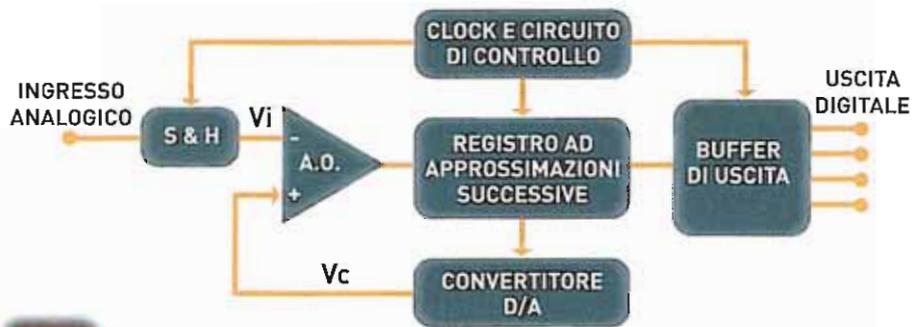
I convertitori trasformano i segnali analogici in digitali e viceversa.

Struttura e funzionamento di un convertitore A/D

Nell'ingresso di un convertitore A/D troviamo un circuito di "cattura e mantenimento" (S & H: Sample and Hold) che ha il compito di campionare il segnale analogico in un momento preciso e mantenerne il valore all'interno di un condensatore. Nella figura è riportato lo schema di un circuito S&H tipico, formato da un interruttore che quando si chiude campiona un segnale, e un condensatore che mantiene il valore campionato.



Schema semplificato del circuito di cattura e mantenimento (S&H) presente all'ingresso del convertitore A/D.



Schema a blocchi del convertitore A/D ad approssimazioni successive.

Convertitore A/D ad approssimazioni successive

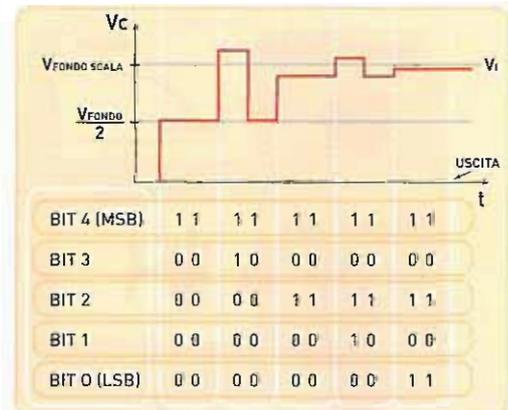
Questo tipo di convertitore A/D è quello che posseggono i PIC16F87X, e nella figura ne è riportato lo schema a blocchi. All'ingresso abbiamo un circuito S&H seguito da un comparatore, che confronta il segnale analogico d'ingresso con quello in arrivo da un convertitore D/A. In base a quale tra i due valori sarà maggiore, si cambia il valore di uno dei due bit del registro ad approssimazioni successive, sino a far coincidere entrambi i valori.

Il registro ad approssimazioni successive inizia prendendo il valore medio, cioè imposta a 1 il bit più significativo e gli altri li lascia a 0. In questo modo forma il valore 10000 se è composto da 5 bit. Questo valore è trasformato in segnale analogico dal convertitore D/A e portato all'ingresso del comparatore. Se $V_c > V_i$ il comparatore genera un'uscita 1, che permette al registro

ad approssimazioni successive di "accorgersi" che il suo valore è maggiore di quello dell'ingresso e che deve abbassarlo. A questo punto passa a 0 il bit più significativo e viene impostato a 1 quello successivo, generando il valore 01000. Si torna a comparare, e se a questo punto $V_c < V_i$ il comparatore genera uno 0 che indica al registro ad approssimazioni successive che il valore posseduto è minore di quello dell'ingresso.

Di conseguenza il registro eleva il suo valore e imposta a 1 il bit successivo generando il valore 01100. Si procede allo stesso modo con i 5 bit del registro e alla fine si ottiene, sul registro stesso, il valore digitale corrispondente a quello analogico dell'ingresso. Se il valore del registro supera quello dell'ingresso, torna a 0 il bit impostato per ultimo e passa a 1 quello successivo. Se il

valore del registro è inferiore a quello d'ingresso, si pone a 1 il bit successivo che deve essere comparato. Con 5 comparazioni un registro ad approssimazioni successive da 5 bit termina la conversione. Il tempo di conversione è fisso e non dipende dalla grandezza da convertire.



Valori che assume un registro ad approssimazioni successive da 5 bit durante una conversione.