

SENSORI



SA

SENSORI

Commutatori meccanici

In questa sezione presenteremo le principali caratteristiche dei sensori attuatori, che sono abitualmente impiegati nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

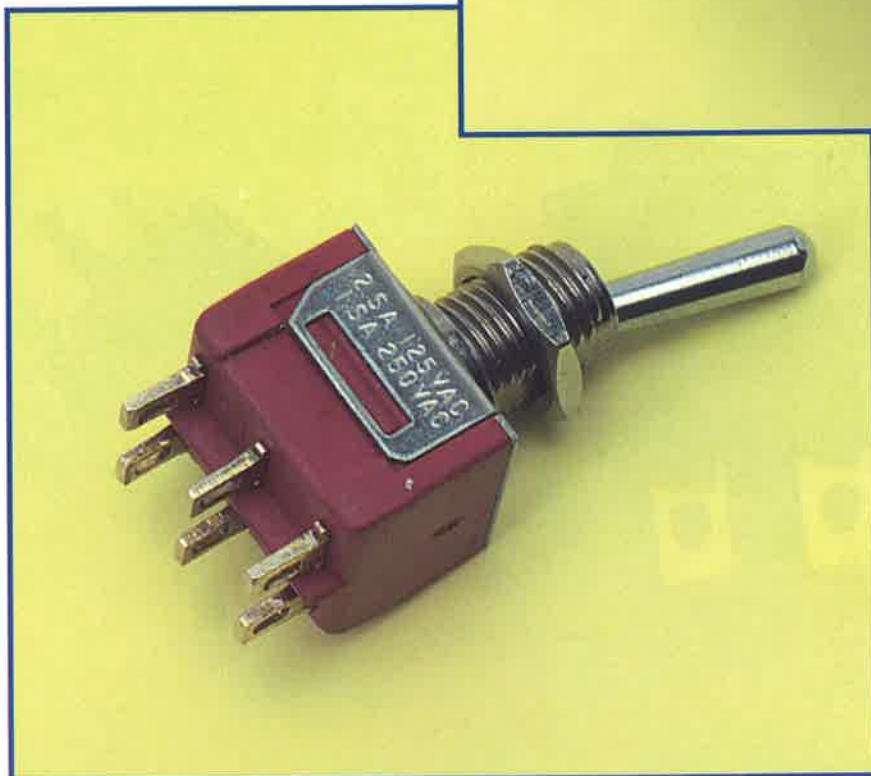
SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Gli interruttori e i commutatori, sono dispositivi che aprono e chiudono la continuità del circuito tra diversi punti, in seguito all'azione meccanica esercitata su un comando.

Esistono vari modelli, da quelli che controllano solo la continuità tra due punti sino a quelli che controllano



Interruttore con indicatore incorporato per confermare la connessione.



Commutatore a leva da due vie e due posizioni.

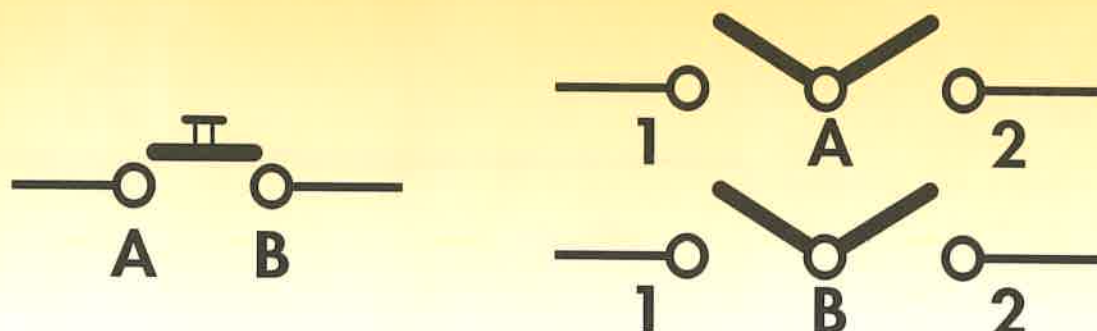
punti multipli di ingresso e di uscita. Si utilizzano per trasmettere ordini o comandi di funzionamento in modo meccanico.

I prezzi sono molto vari, dipendono dalla complessità e dalla qualità, e sono reperibili da numerosi fornitori e produttori.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

L'interruttore dello schema della pagina seguente, apre e chiude il circuito fra A e B.

Se si sposta il commutatore verso un estremo chiude il circuito di A e B



A sinistra si rappresenta lo schema elettrico di un interruttore e a destra quello di un commutatore doppio.

con i punti 1 e se lo si sposta a destra con 2, come illustrato nella figura.

FUNZIONAMENTO

Questo tipo di trasduttori traducono un movimento di tipo meccanico, in apertura e chiusura del circuito tra i due punti che controllano. Sono molto semplici da utilizzare e collegare conoscendo il diagramma dei contatti. La loro durata si misura in numero di attuazioni, e questo è un dato importante, visto che aiuta a selezionare i più convenienti. Devono permettere un contatto molto buono tra le superfici metalliche, inoltre si devono controllare le condizioni ambientali, riferite a temperatura e umidità.

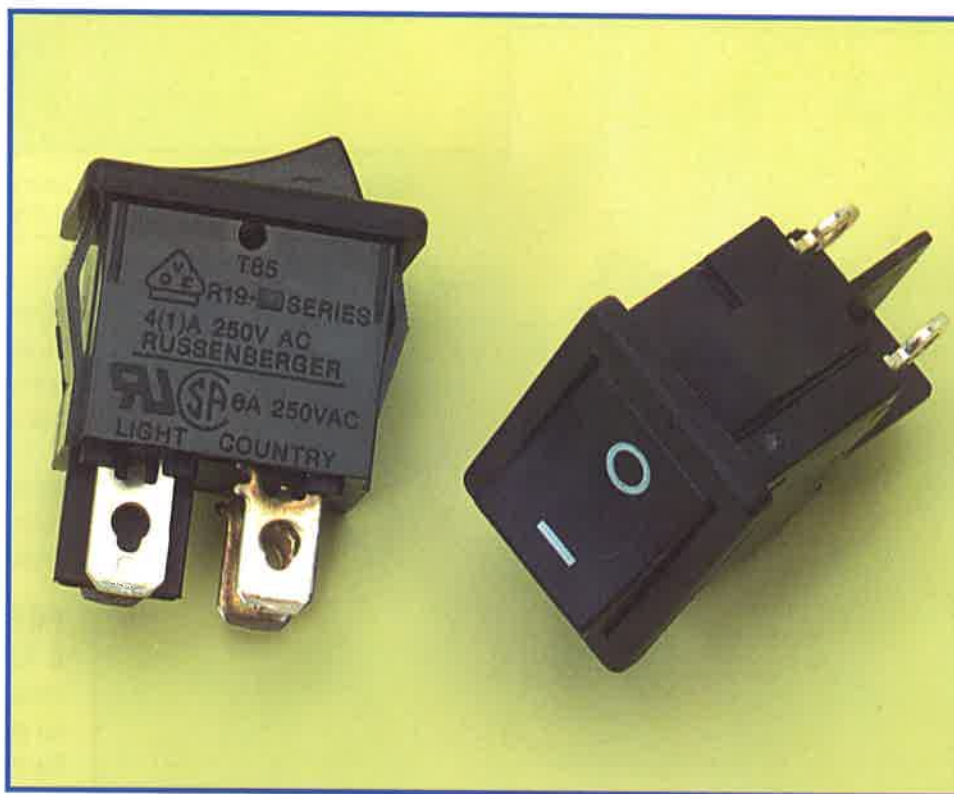
Ci sono due parametri determinanti nell'applicazione di questi dispositivi, che sono la tensione e la corrente massima ammissibile.

Devono passare rapidamente da uno stato all'altro, per evitare i rimbalzi che si producono nel momento dell'azionamento e che consistono in rapide sequenze di connessioni e disconnessioni, fino a raggiungere lo stato definitivo.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

Si utilizzano in tutti i sistemi in cui dobbiamo controllare un'azione o un ordine manuale.

La maggior parte dei circuiti dispone di un interruttore d'accensione, che collega la tensione d'alimentazione, e le caratteristiche dipendono dalla corrente che deve lasciare passare.



Fotografia di un tipico interruttore d'alimentazione.

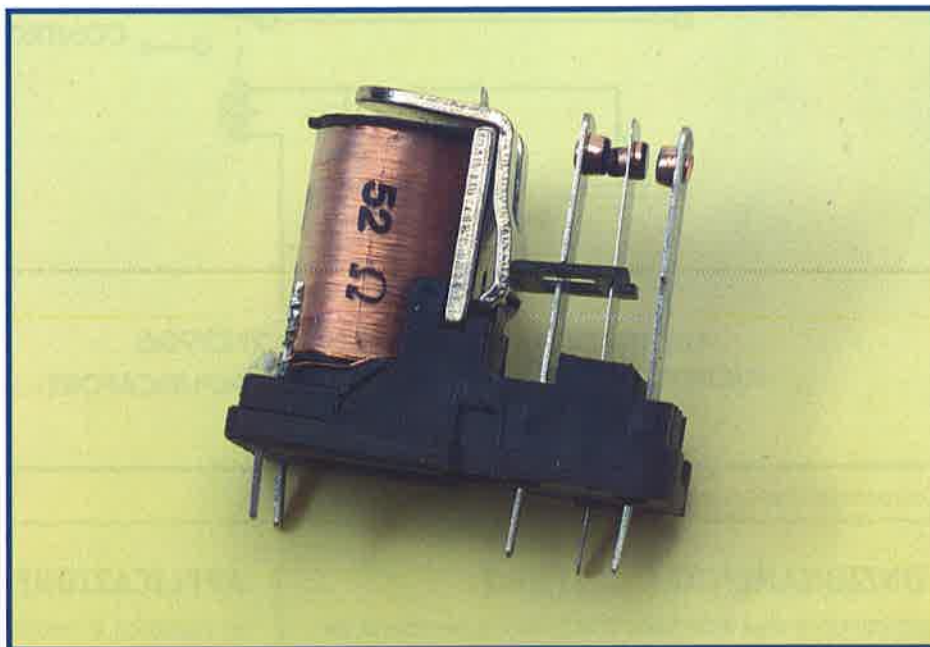
Relé e Micro-relé

In questa sezione presenteremo le principali caratteristiche dei sensori e attuatori impiegati abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

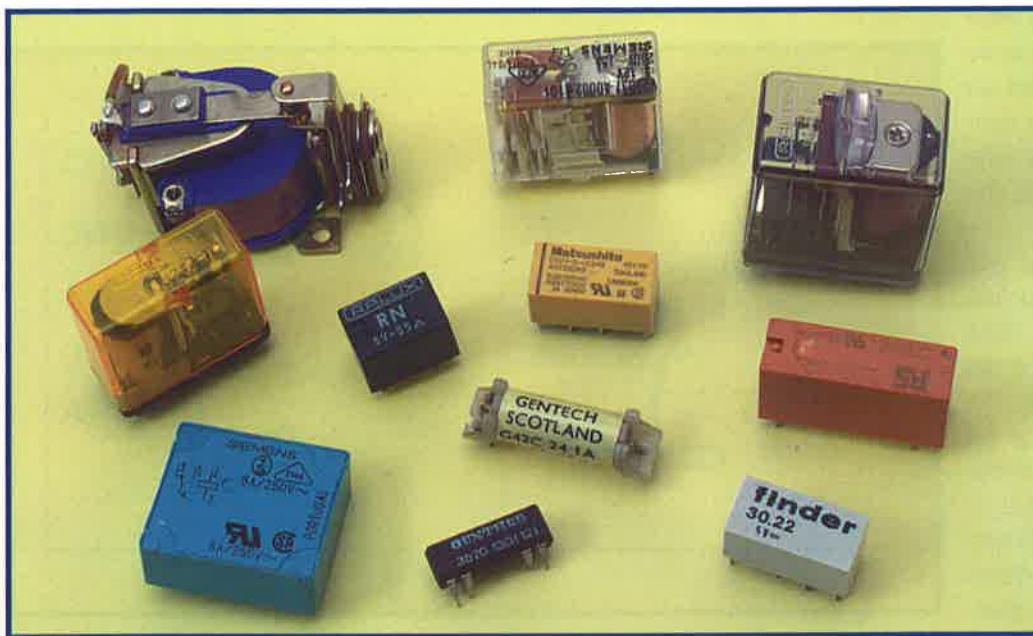
SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Questi attuatori aprono e chiudono circuiti tra i punti che controllano. L'elemento attivatore è una bobina che, quando è attraversata da una corrente elettrica, crea un campo magnetico che sposta la posizione dei contatti.

Esistono molti tipi di relé, a seconda del numero dei contatti da controllare e della corrente



Struttura interna di un relé commutatore.

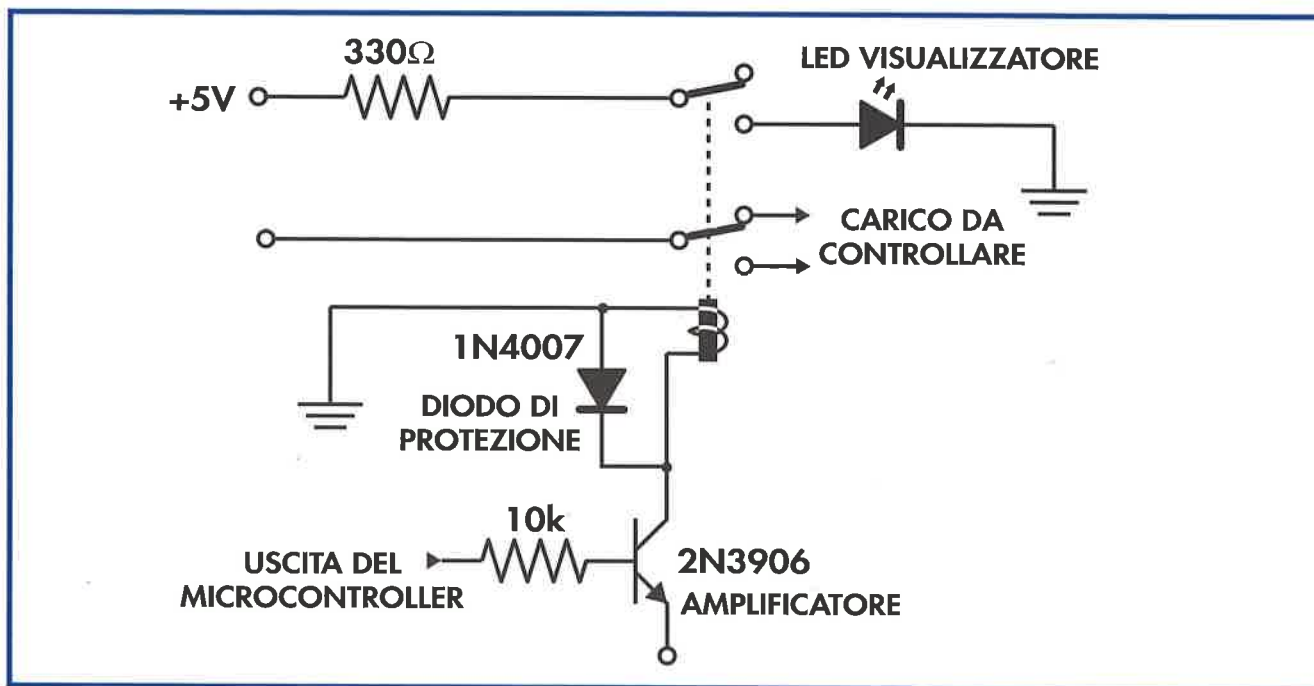


Diversi tipi di relé e micro-relé.

massima che questi sopportano. I prezzi sono in funzione delle caratteristiche e della qualità del prodotto.

Un modello commerciale molto popolare è il "K1S-1120" che è un micro-relé ad un contatto, venduto al dettaglio ad un prezzo approssimato di 2,5 Euro.

La bobina è alimentata da una tensione di 12 VDC e i contatti che controlla sopportano una corrente di 10 A a 250 VAC o 30 VDC.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTI

Collegamenti di relé e micro-relé a semplice e doppio contatto.

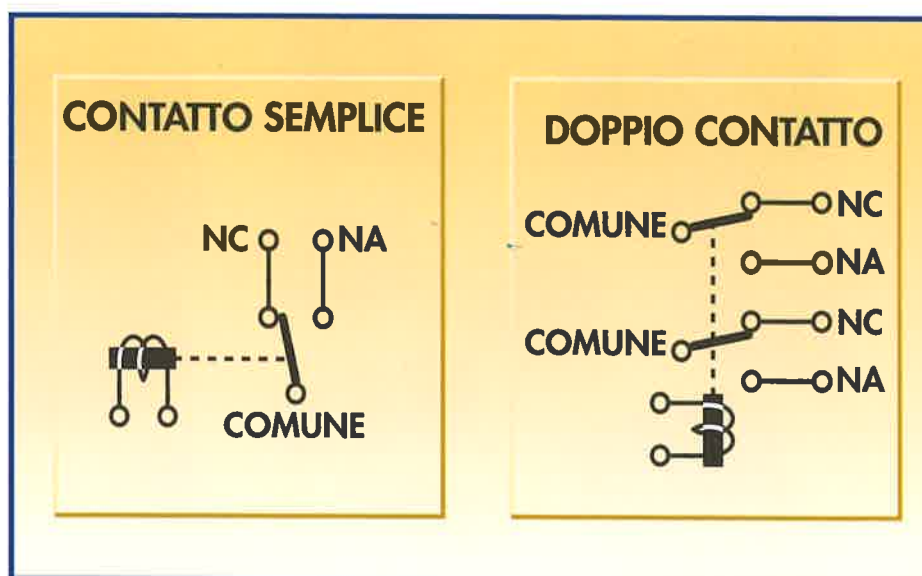
FUNZIONAMENTO E GESTIONE

Applicando ai capi della bobina la tensione necessaria, circola attraverso questa una corrente la quale crea un campo magnetico che attrae le lamine del contatto e apre il circuito NC (Normalmente Chiuso), chiudendo il punto comune con il contatto NA (Normalmente Aperto). Applicando una piccola tensione, e con un ridotto consumo, la bobina controlla il passaggio di una grande corrente attraverso i contatti che comanda.

Nella conservazione dei relé si deve tenere conto della polvere che sporca i contatti, della temperatura, dell'umidità e del ciclo di vita del dispositivo, che garantisce la corretta unione dei suoi contatti, e del deterioramento dovuto al continuo azionamento. Deve sempre esserci un isolamento elettrico perfetto tra il circuito della bobina e quello controllato dai contatti che la bobina stessa gestisce.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

In robotica e microrobotica è molto frequente l'impiego di relé e micro-relé per controllare il passaggio di grandi correnti, pilotandole con piccoli segnali a bassa potenza (vedi figura).



Circuito tipico usato in microrobotica per controllare grandi correnti a partire da segnali di bassa potenza, partendo da linee di uscita di un microcontroller.

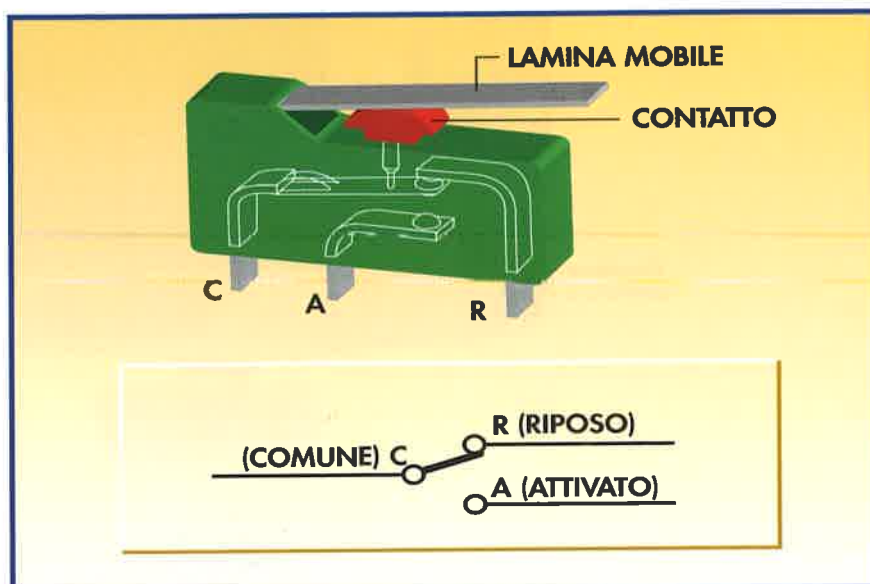
Il finecorsa: Sensore di contatto

In questa sezione presenteremo le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che si utilizzano abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

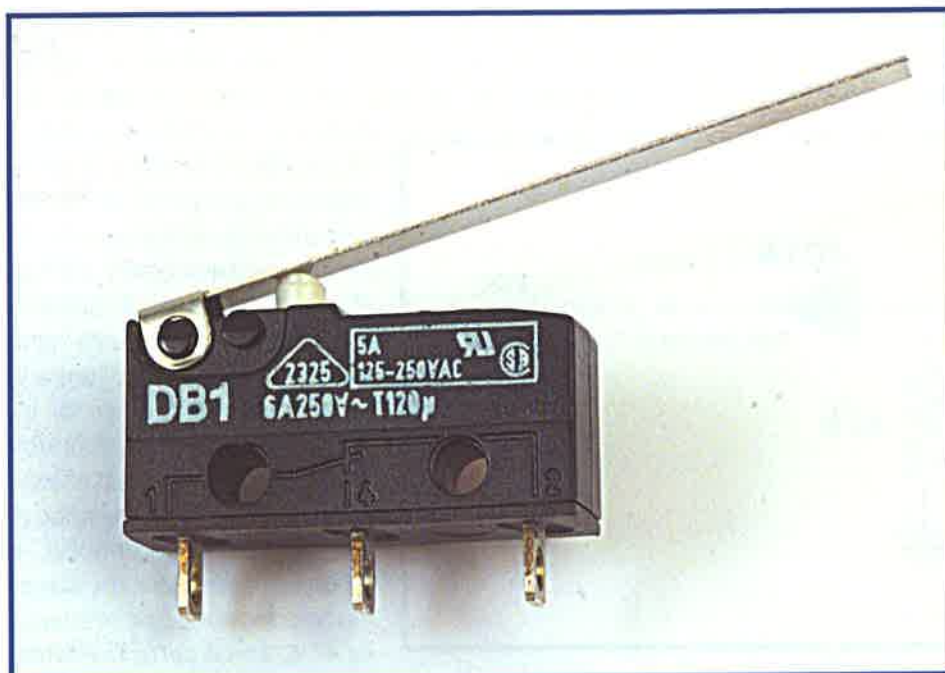
SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Si tratta di un dispositivo di struttura meccanica, con funzionamento semplice ed economico, molto apprezzato e utilizzato in microrobotica, perché permette di rilevare quando si produce un contatto fra la superficie del robot mobile e qualunque ostacolo.

Orientativamente il prezzo di uno



Collegamenti del contatto di finecorsa mostrato nella fotografia.



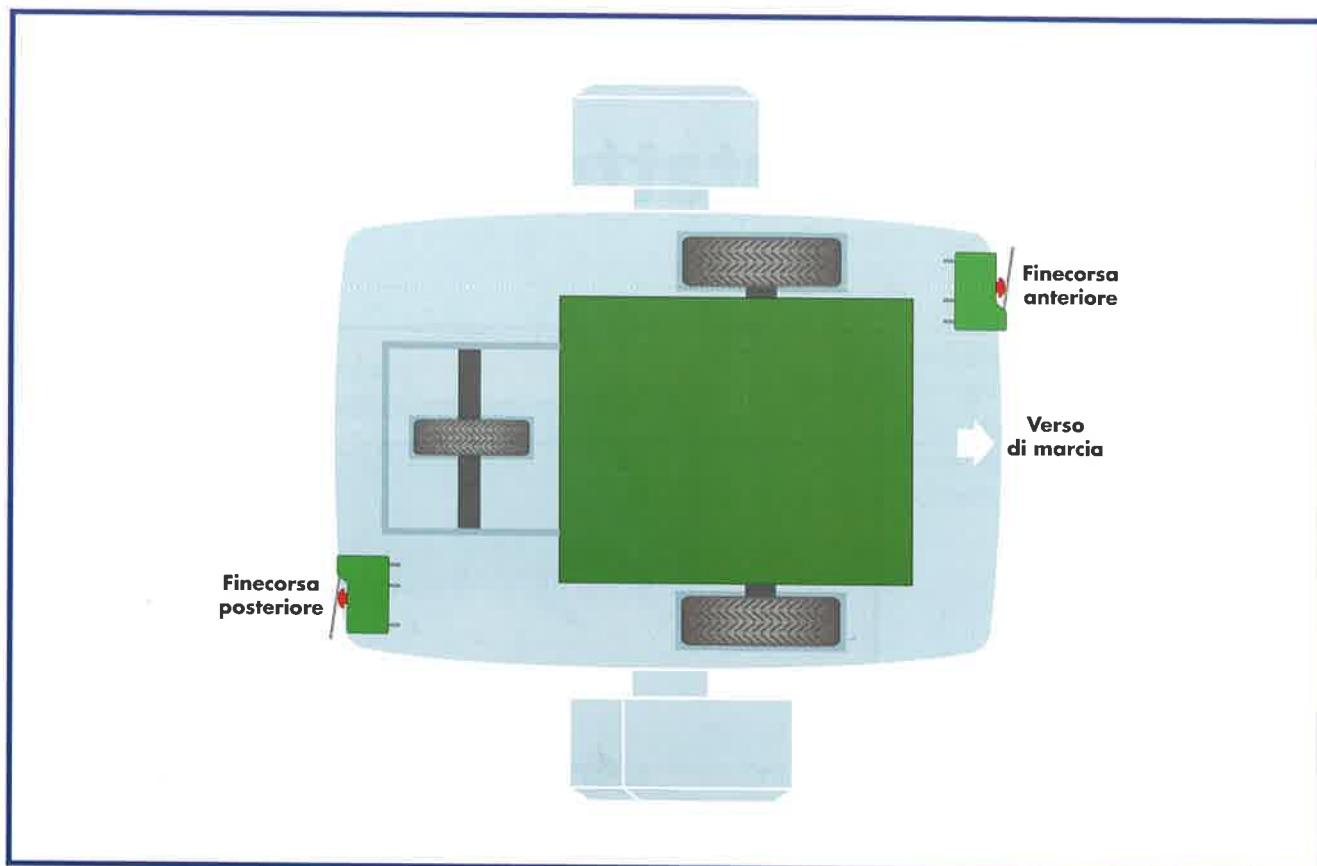
Fotografia di un modello di finecorsa molto utilizzato nei microrobots.

di questi sensori di contatto può essere di circa 2 Euro, facendo riferimento al modello commerciale "dh 11.503" capace di sopportare sui suoi contatti una tensione da 250 VAC e 3 A.

FUNZIONAMENTO E GESTIONE

Come si può vedere dallo schema della figura, il terminale comune (C) del finecorsa è permanentemente collegato al contatto di riposo (R), questa è la condizione di riposo.

Quando si preme la leva e si chiude il contatto, il terminale C si collega al terminale A (Attivato) e nello stesso istante si scollega da R.



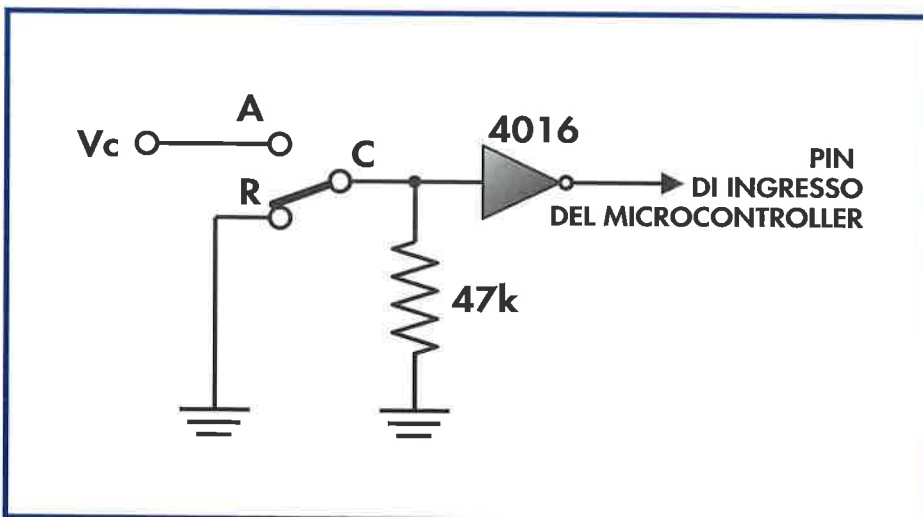
Il posizionamento dei finecorsa sulla superficie del microrobot, permette di rilevare la presenza e la situazione relativa degli ostacoli.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

La collocazione di diversi finecorsa sulla superficie del microrobot, permette la rivelazione degli ostacoli, ed anche di conoscerne la localizzazione degli stessi, ri-

spetto alla posizione relativa del robot. In questo modo il programma di controllo dei motori che guida le ruote motrici del nostro robot, terrà conto della situazione degli ostacoli per determinare la direzione adeguata per realizzare il compito assegnato.

Le piccole dimensioni, il basso prezzo, la semplicità di funzionamento e la facilità con cui i finecorsa possono essere adattati alle strutture dei robot mobili, ci permettono di montarne tanti quanti ne desideriamo, l'unica limitazione sono le linee di ingresso digitale del microcontroller. Il circuito elettrico di adattamento del finecorsa al piedino di ingresso del microcontroller, è molto semplice, dato che dovremo solo montare una resistenza da 47 K, e una porta invertente, come mostrato nello schema della figura.



Schema di adattamento e conformazione del livello TTL del finecorsa, ad un pin di ingresso del microcontroller.

Sensore ottico a raggi infrarossi a riflessione

In questa particolare sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e degli attuatori che sono abitualmente impiegati nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

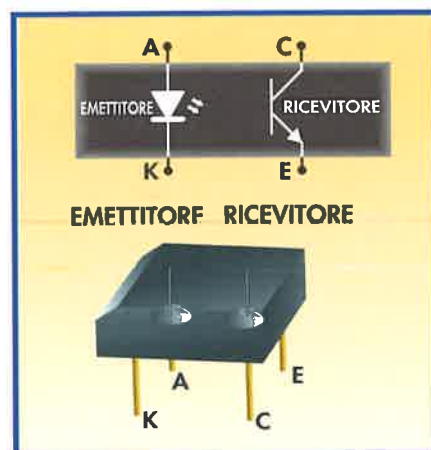
SCHEMA TECNICO E COMMERCIALE

Si tratta di uno dei sensori più utilizzati in microrobotica, dato il suo basso costo, e le svariate applicazioni pratiche. Abituamente è utilizzato se si desidera che il robot mobile segua un percorso segnato da una linea sul pavimento. Come tipico prodotto commerciale con costo inferiore a 1 Euro, possiamo citare il modello "CNY 70".

FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

All'interno della capsula di questo sensore è montato un diodo LED che emette raggi infrarossi, invisibili

all'occhio umano. Il diodo è dotato di due terminali, l'anodo (A) ed il catodo (K). Sulla stessa superficie è ubicato un fototransistor che ha la proprietà di condurre corrente fra l'emettitore (E) e il collettore (C), proporzionale alla quantità di luce che incide sulla sua base.

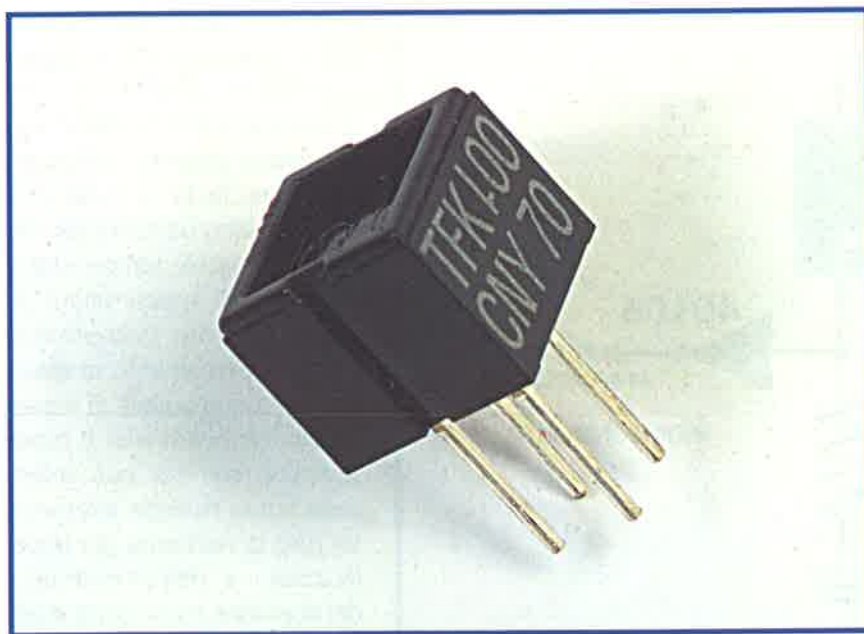


Schema interno e diagramma dei collegamenti dei piedini del CNY 70.

Dato che sia l'emettitore sia il ricevitore dei raggi sono disposti sulla stessa superficie, è necessario che davanti ad entrambi sia presente una superficie riflettente, per fare in modo che il fototransistor possa ricevere i raggi che genera il LED. La superficie riflettente deve essere situata a pochi millimetri da quella su cui sono montati emettitore e ricevitore, per far sì che i raggi riflessi abbiano sufficiente intensità.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

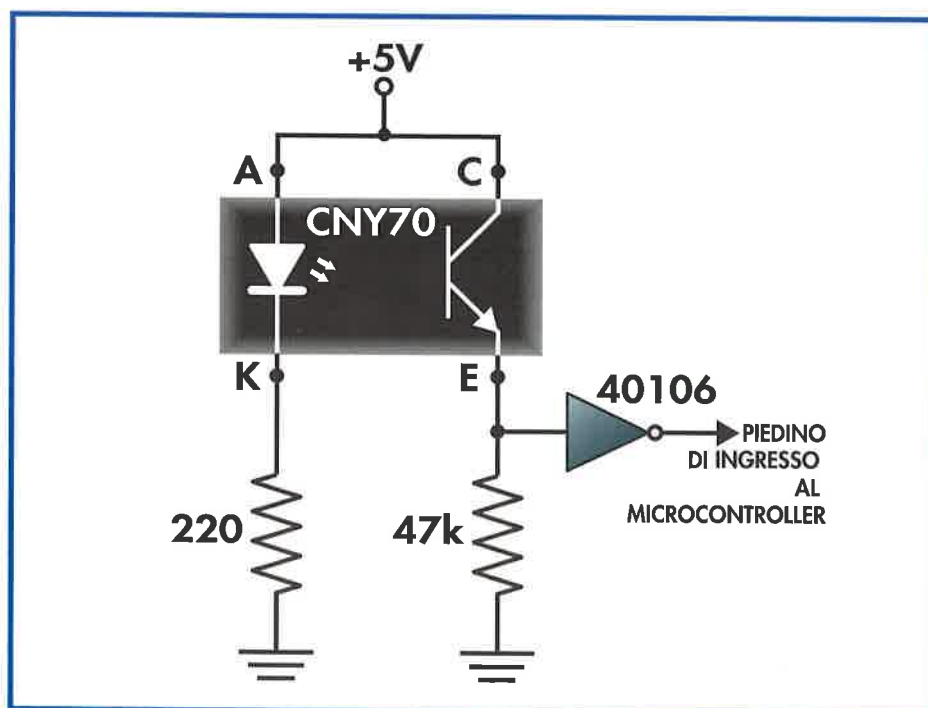
L'applicazione più comune in microrobotica è l'inseguimento di una linea nera su di uno sfondo bianco, o viceversa. Montando due di questi sensori vicini alla testa del robot mobile e orientandoli verso il suolo, ad una distanza di pochi millimetri, si possono inviare al microcontroller le informa-



Fotografia del sensore a raggi infrarossi CNY 70.



Una delle applicazioni più comuni dei sensori a raggi infrarossi per riflessione, è l'inseguimento di una linea disegnata sul pavimento.



Collegamenti elettrici del CNY 70 ad uno dei piedini di ingresso digitale del microcontroller.

zioni necessarie per capire se entrambi sono sulla linea, oppure uno o tutti e due sono sul fondo. L'elaborazione di queste informazioni genererà i comandi adeguati per far sì che le ruote motrici possano continuare sulla linea che fa da guida. Inoltre si possono utilizzare per rilevare gli ostacoli, sempre che la superficie di questi ultimi sia molto riflettente. Il circuito elettrico di collegamento di questi sensori con una linea di ingresso del microcontroller è molto semplice, come si può vedere dalla figura richiede solamente un paio di resistenze per la polarizzazione dell'emettitore e del ricevitore, e una porta invertente per adattare il segnale al livello TTL.

Sensore ottico di raggi infrarossi diretti

All'interno di questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che sono impiegati abitualmente nelle applicazioni di Robotica e Microrobotica.

SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Come succedeva per il sensore a raggi infrarossi per riflessione, anche questo è composto da un diodo emettitore e un ricevitore, in questo caso messi uno di fronte all'altro.

Quando si interpone un corpo fra l'emettitore e il ricevitore, si impedisce che il fototransistor riceva raggi e quindi non conduce.

Sono piccoli, economici e molto utilizzati per rilevare il passaggio di un corpo in una determinata posizione. Facciamo riferimento in modo particolare al noto modello commerciale H21A1 che ha un prezzo approssimativo di 1 Euro.

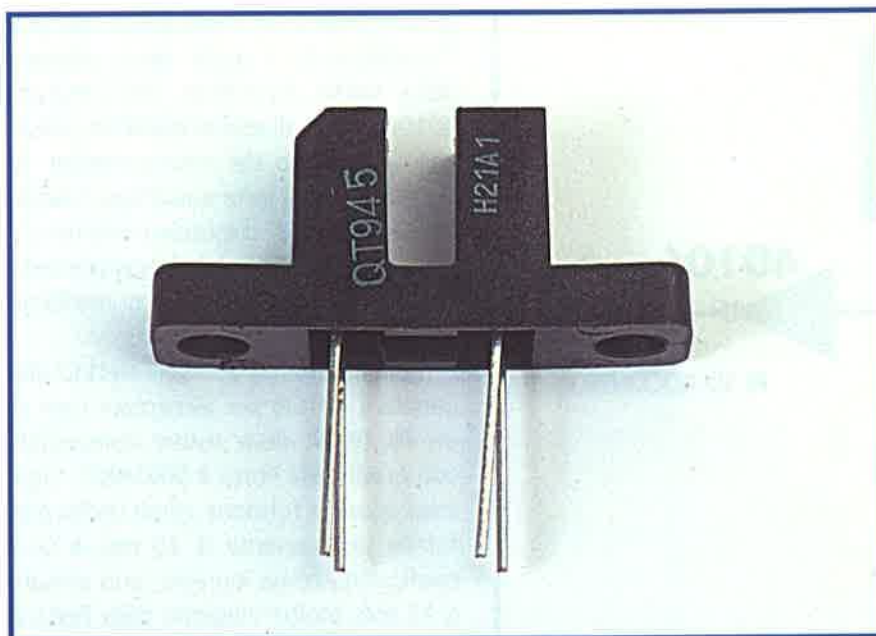
FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

Questo sensore dispone internamente di un diodo LED emettitore a raggi infrarossi messo di fronte ad un fototransistor, che funziona come ricevitore dei suddetti raggi, che incidendo sulla sua Base producono una corrente tra Emittitore e Collettore.

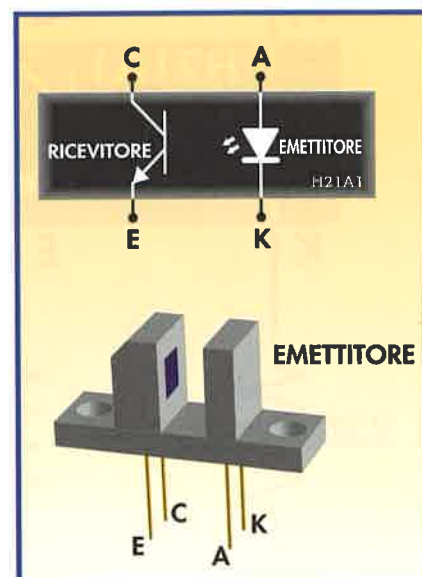
Per ottenere una corrente apprezzabile si pone l'emettitore a circa 3 mm dal ricevitore. Ogni volta che si interpone un corpo tra emettitore e ricevitore vengono interrotti i raggi, e il fototransistor smette di condurre.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

L'applicazione più comune di questo sensore è quella di "encoder" per misurare la velocità dei giri degli assi dei motori. Per attendere a questo compito, si collega all'asse del motore un disco di materiale opaco con delle scanalature distribuite simmetricamente e in modo radiale sulla sua superficie. Conoscendo il numero di que-



Fotografia di un sensore a raggi infrarossi H21A1.



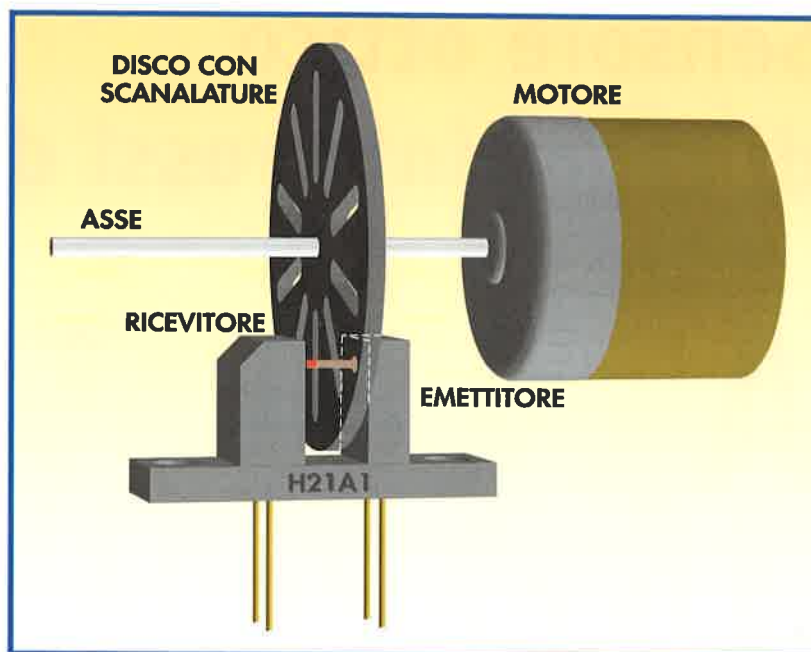
Schema interno e diagramma dei piedini del sensore H21A1.

ste scanalature, si conosce il numero di volte che si taglierà il raggio di luce infrarossa per ogni giro, e contando gli impulsi nel fototransistor si otterrà il numero di giri eseguiti nell'unità di tempo. Per informare il microcontroller dell'esistenza di un corpo tra l'emettitore e il ricevitore, si utilizza un piedino di ingresso digitale che riceverà un diverso livello logico a seconda se i raggi dell'emettitore incideranno sul ricevitore o se saranno interrotti da un corpo.

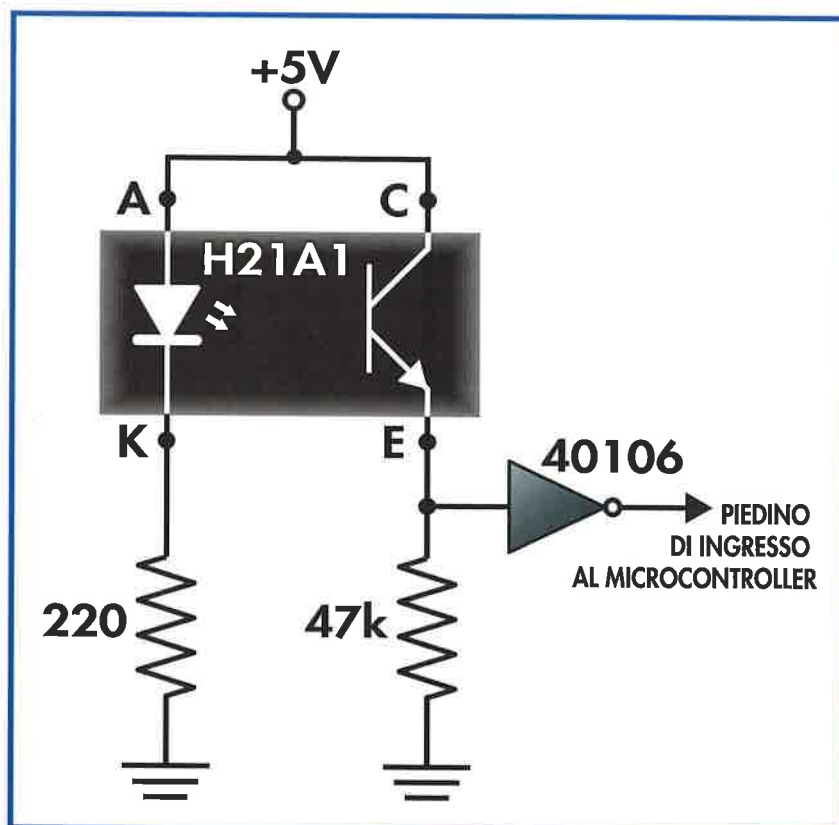
Per adattare i segnali al livello TTL del microcontroller si utilizza una porta invertente 40106, come rappresentato nello schema della figura.

Un'altra applicazione molto interessante dei sensori ottici, fa riferimento alla necessità di isolare elettricamente il dispositivo generatore di segnale dal piedino del microcontroller.

In molti casi sono il rumore e le interferenze che rendono necessario questo disaccoppiamento. In questo caso, facendo riferimento allo schema della fi-



Encoder per calcolare il numero di giri e la velocità dell'asse di un motore.



Collegamento del sensore H21A1 con il pin di ingresso del microcontroller.

gura, il dispositivo esterno applicherebbe all'anodo dell'emettitore, cioè nel punto A, il livello logico da trasmettere. Quando riceve un livello logico alto, l'emettitore genera un raggio luminoso che arriva al ricevitore, il quale genera una corrente che attraversa la resistenza di polarizzazione dello schema.

Questa corrente produce una caduta di potenziale e un livello logico alto nell'emettitore E, il quale viene adattato dalla porta invertente dell'integrato 40106, prima di essere applicato alla linea di ingresso del microcontroller. In questo modo si evita qualunque relazione elettrica fra il dispositivo esterno e il microcontroller, perché il trasferimento di informazione è realizzato mediante un'onda luminosa.

L'adattamento dei livelli elettrici che genera il 40106 per alimentare i pin di un PIC16F84 deve essere compatibile con quelli della Porta B (RB0-RB7). Ogni linea quando funziona come uscita può fornire una corrente di 20 mA, e se è configurata come ingresso, può arrivare a 25 mA. Inoltre l'insieme della Porta B può assorbire un massimo di 150 mA, ed erogare un totale di 100 mA.

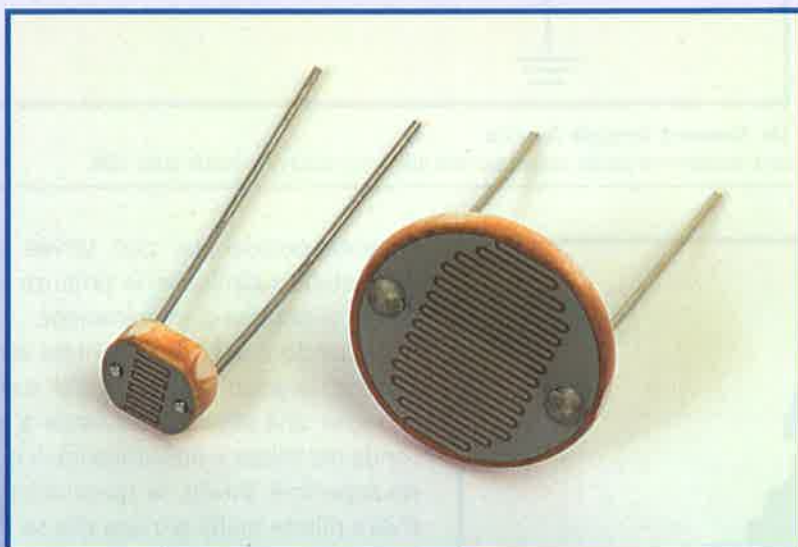
LDR: Sensore di luminosità

All'interno di questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che sono impiegate abitualmente nelle applicazioni di Robotica e Microrobotica.

SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

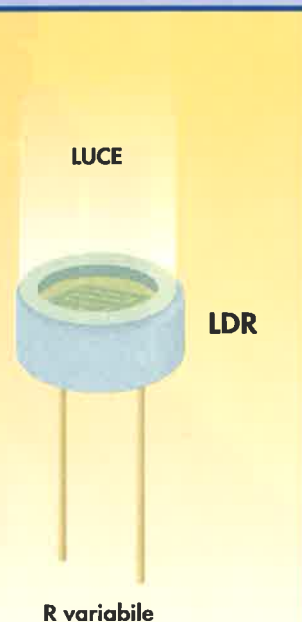
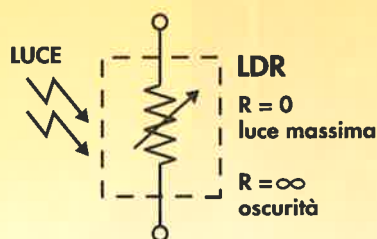
La LDR è un piccolo sensore capace di rilevare il grado di luminosità che incide sulla sua superficie. È molto apprezzato in tutte quelle applicazioni in cui il parametro da misurare è la quantità di luce. È economico e molto

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO



Fotografia di una LDR.

Simbolo e collegamento di una LDR.



facile da installare. Il modello commerciale che descriviamo è molto comune ed ha un costo approssimato di circa 1 Euro.

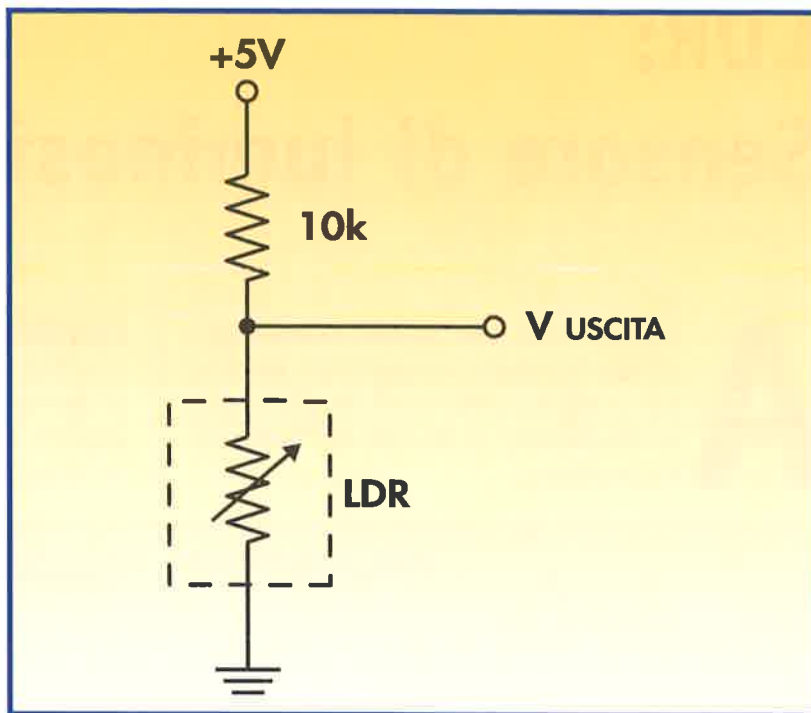
FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

Il comportamento della LDR è quello di una resistenza che varia il suo valore in modo inversamente proporzionale alla quantità di luce che incide sulla sua superficie sensibile. Con la luminosità massima, la resistenza ai suoi capi è estremamente bassa, in caso di oscurità, invece, vale alcuni milioni di Ohm.

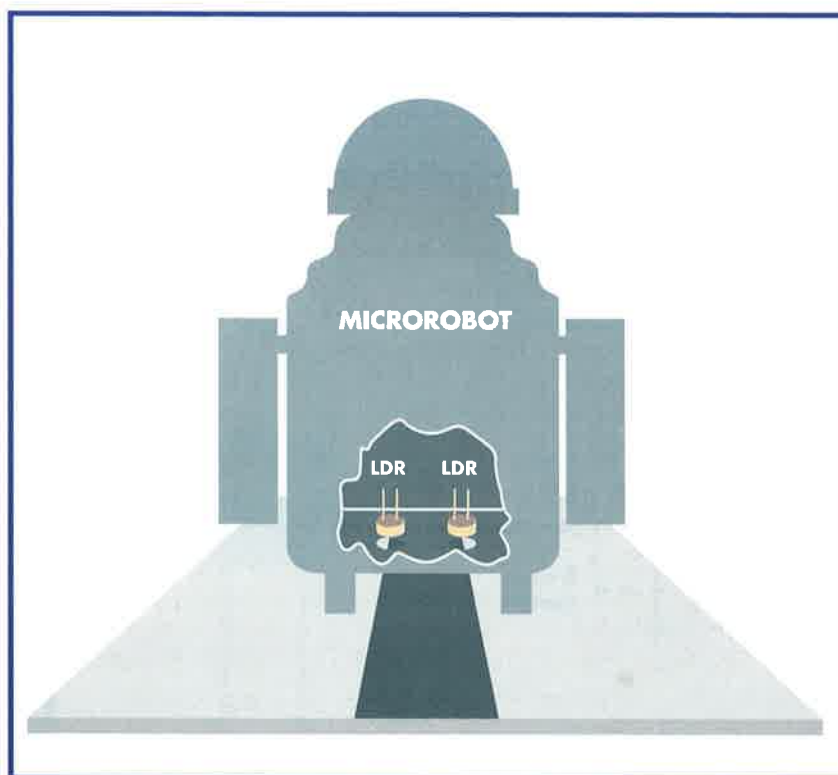
Il valore è puramente resistivo e non ha polarità.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

La regolazione dell'accensione di luci e lampade, può essere uno dei principali settori di impiego di questi sensori. Il valore della resistenza di una LDR è in funzione della luce ambiente, e se è corret-



Un divisore di tensione fornisce una tensione di uscita proporzionale alla luminosità che incide sulla LDR.



Con due LDR si può seguire una striscia di tonalità diversa dalla superficie del pavimento.

tamente posizionata, può servire per aumentare o diminuire la potenza applicata al sistema di illuminazione.

Quando una LDR è orientata verso il basso, a pochi millimetri dal suolo, presenta una diversa resistenza a seconda del colore e della tonalità di questa superficie. Infatti, se quest'ultima è chiara riflette molta più luce che se fosse scura. Molti microrobot commerciali, come il GROWBOT della società Parallax, dispongono di due LDR sulla parte anteriore, con le quali possono seguire una traccia segnata sul pavimento.

Il circuito di adattamento elettrico di una LDR è molto semplice, consiste in un partitore di tensione. Basta collocare una resistenza in serie per ottenere una tensione di uscita analogica proporzionale alla luminosità che incide sulla LDR.

Per applicare questo segnale analogico al microcontroller è necessario l'utilizzo di un convertitore A/D.

Sensori di temperatura: LM35 DZ e LM335 A

In questa sezione, come già abbiamo detto, presenteremo le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che vengono utilizzati abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

I sensori di temperatura forniscono, generalmente, una

tensione di uscita proporzionale alla temperatura alla quale essi sono sottoposti. La regolazione della temperatura è una delle applicazioni industriali e domestiche più diffuse nella pratica.

Sia la dimensione sia il prezzo di questi sensori è ridotto, e pertanto sono molto adatti ad essere montati su microrobots.

Descriveremo due modelli commerciali molto popo-

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

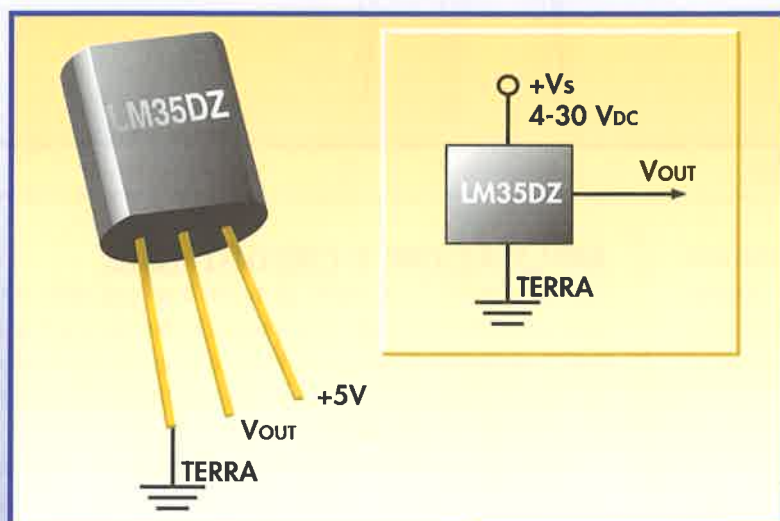
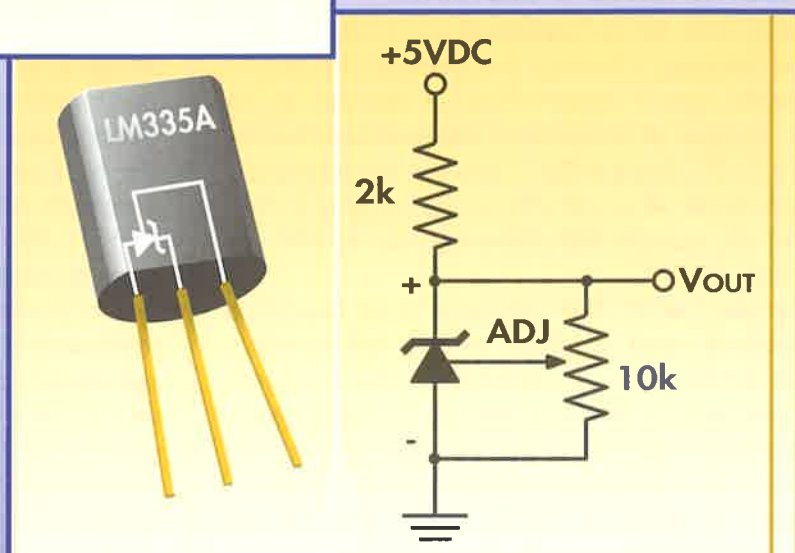
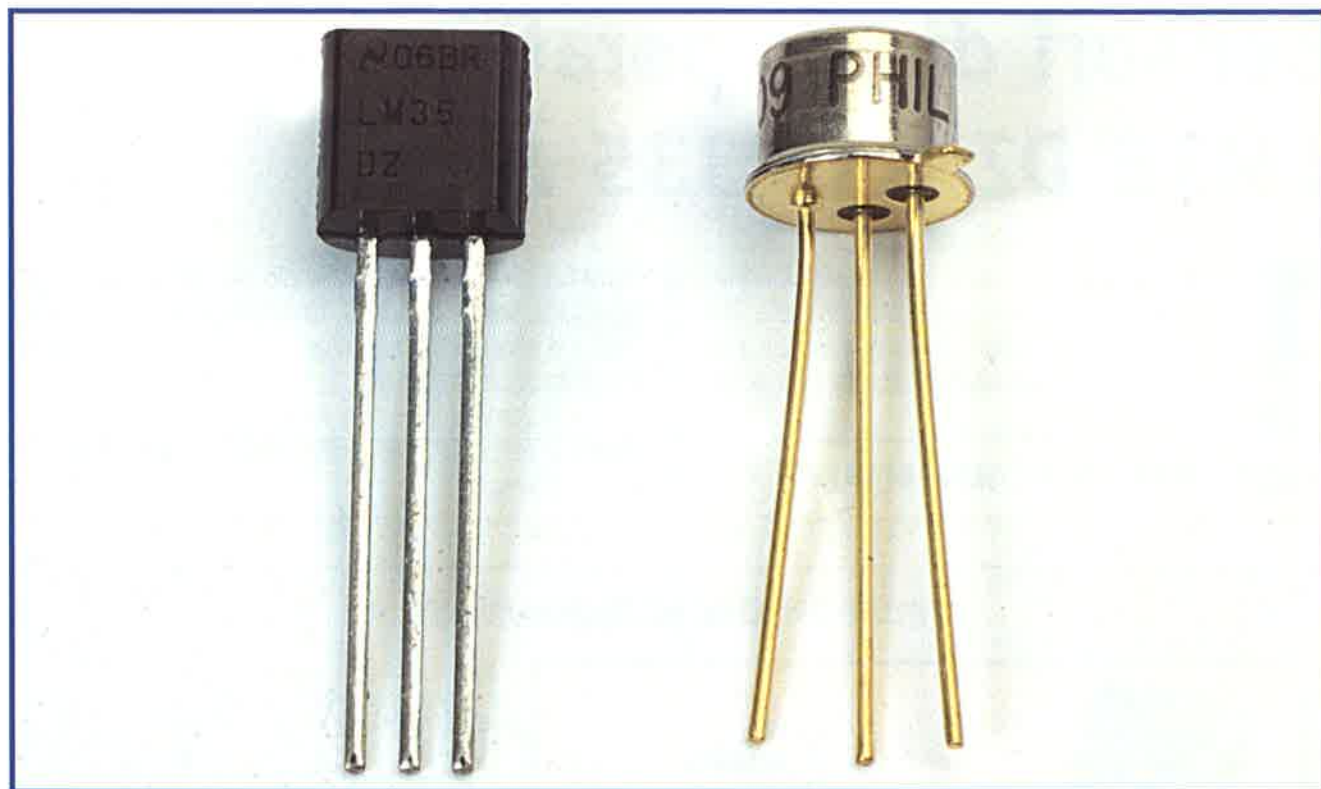


Diagramma dei collegamenti
e simbolo del sensore LM 35 DZ.

Schema dei collegamenti e struttura
del sensore LM 335 A.





Fotografia dei sensori di temperatura LM35 DZ e AD 590

lari: l' "LM35 DZ", prodotto da National Semiconductor e distribuito da Rs Components, con un prezzo approssimato di 5 Euro, e il modello "LM335 A", ad un prezzo orientativo di 2 Euro, dello stesso produttore e distributore.

FUNZIONAMENTO E GESTIONE

Il sensore LM35 DZ ha l'aspetto di un circuito integrato a tre terminali, e fornisce una tensione che varia linearmente con la temperatura in ragione di 10 mV/°C. Il range di temperature alle quali può funzionare va da 0°C fino a +100°C, con una tensione di alimentazione da +4 a +30 VDC e una corrente a riposo di 91 µA, quando sarà alimentato con +5 VDC. La precisione è di 9°C.

Il sensore LM335 A di precisione, è un dispositivo che funziona come un diodo zener a due terminali, quando è in funzione, ai suoi estremi fornisce una tensione direttamente proporzionale alla temperatura assoluta, con un fattore di 0,10 mV/°C. Può lavorare in un margine di temperature comprese tra -40°C e +100°C.

Ha una precisione di 1°C e a 5 VDC consuma una corrente di 400 µA. La tensione di uscita è 2,73 V quando la temperatura è di 0°C.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

Il sensore LM35 DZ è molto usato nella misura della temperatura ambiente. Dato che il segnale che genera è analogico, necessita di un convertitore AD per la sua trasformazione a digitale, e il suo successivo trattamento del programma del microcontroller.

Nelle applicazioni industriali, che richiedono maggiore precisione, si utilizza LM335 A. L'utilizzazione di questi sensori di temperatura analogici in sistemi basati sul microcontroller PIC, permette la trasformazione dell'uscita di tensione variabile del sensore in una digitale composta da otto bit. Il convertitore AD a otto bit fornisce un valore binario 0000 0000 per il segnale minimo, e un valore binario 1111 1111 per quello massimo. Se il margine di temperatura misurato dal sensore oscilla tra 0°C e 100°C e il circuito di adattamento genera un'uscita tra 0 e 5 VDC rispettivamente, significa che per ogni grado centigrado il segnale varia di 0,05 V. In questo modo se la temperatura da misurare è di 50°C il segnale all'uscita del sensore sarà di $0,05 \times 50 = 2,5$ V, per cui il convertitore AD fornisce un valore binario 1000 0000. Il convertitore con i suoi otto bit supporta 256 codici diversi il che significa che ogni incremento nel valore binario rappresenta una variazione di $5 / 256 = 0,0195312$ V.

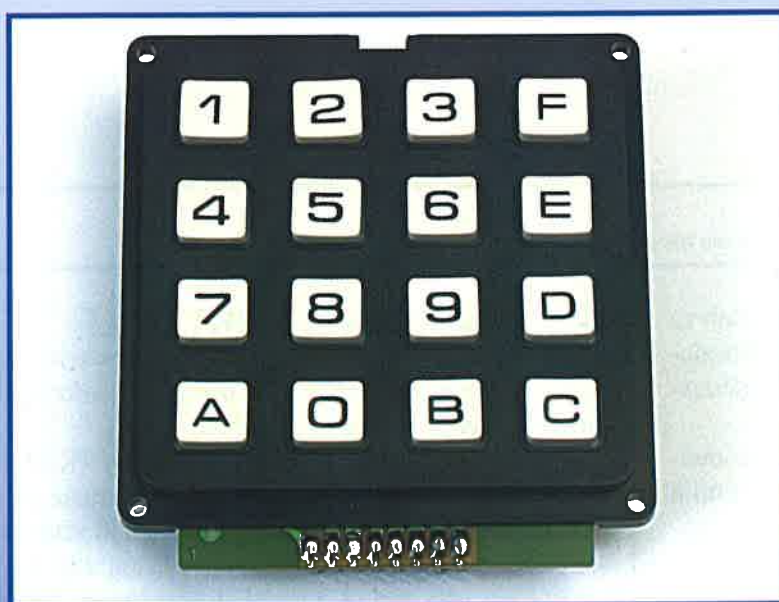
Tastiere matriciali

In questa sezione presenteremo le principali caratteristiche dei sensori degli attuatori che vengono utilizzati abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

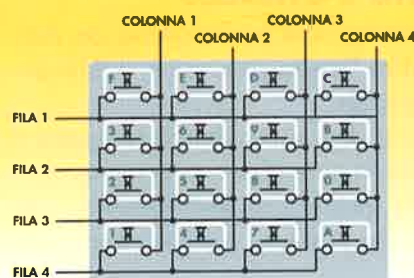
SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Le tastiere possono considerarsi come un insieme di pulsanti raggruppati secondo una matrice, in modo che l'attivazione di un pulsante metta in comunicazione una fila con una colonna della matrice.

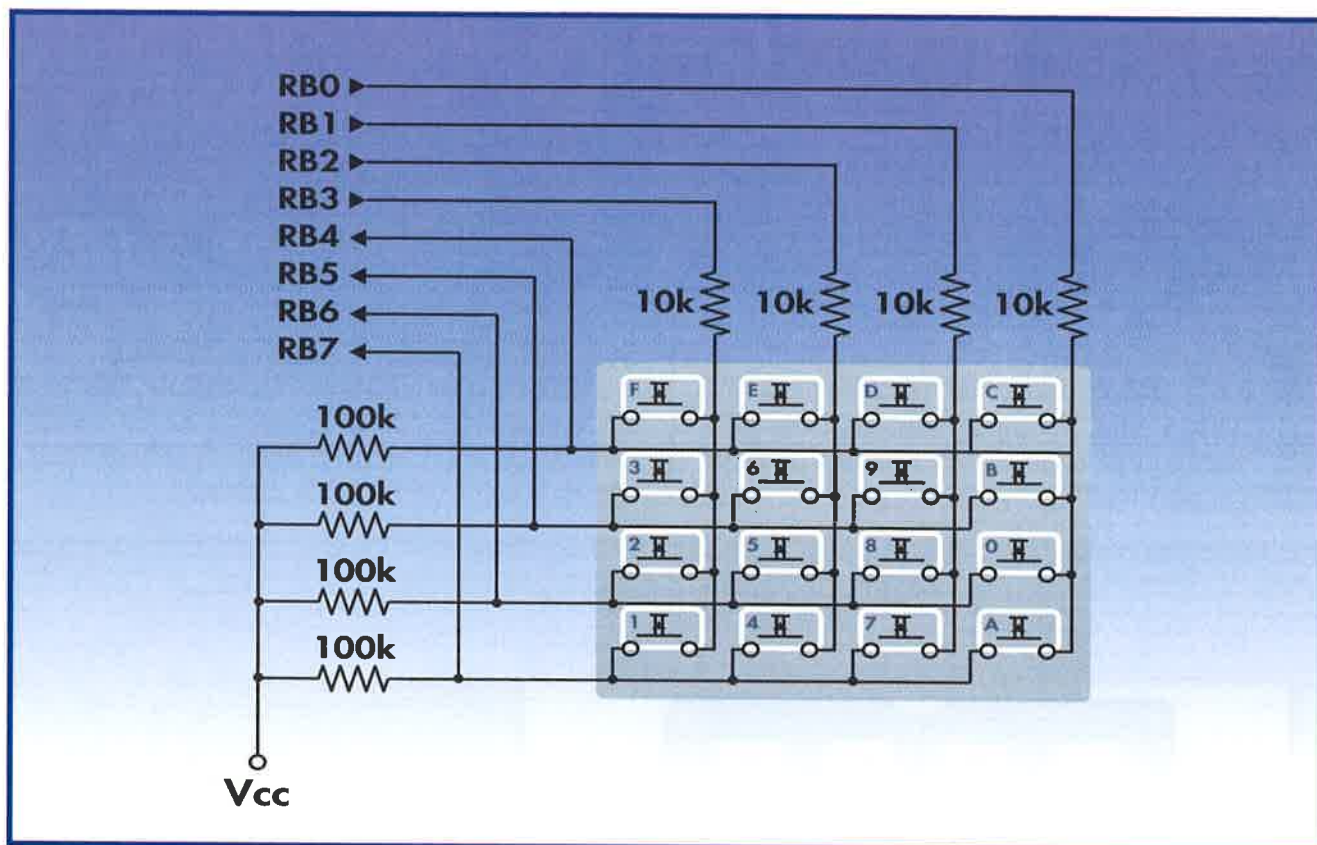
PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO



Fotografia della tastiera matriciale.



Schema della distribuzione dei 16 pulsanti fra le file e le colonne della matrice.



Per gestire le tastiere con il PIC16F84

si collegano le quattro linee più significative della porta B alle file e quelle meno significative alle colonne.

Sono gli elementi più utilizzati nei prodotti basati su microcontroller, per permettere una comoda introduzione delle informazioni e dei dati da parte dell'utilizzatore.

In questo caso presenteremo un modello commerciale da 16 pulsanti molto popolare, il cui riferimento è ECO 1625006 della ditta SECME, con un prezzo approssimativo di 13 Euro.

FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

I 16 pulsanti di questo sensore per l'ingresso dei dati, sono disposti su quattro file e quattro colonne, formando una struttura matriciale.

L'attivazione di uno di questi pulsanti, comporta il collegamento elettrico fra una fila e una colonna. Normalmente tutte le file sono isolate elettricamente dalle colonne, e premendo un pulsante si origina il contatto fra di esse.

Anche se sui pulsanti della tastiera in fotografia sono stampati i 16 digit del sistema esadecimale, esistono molti altri modelli con simboli differenti, e si possono produrre secondo le necessità dell'utente.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

La tastiera è un sensore economico e semplice che permette di introdurre una grande quantità di informazioni al sistema basato su microcontroller.

Per gestire la tastiera il microcontroller PIC16F84, che è quello utilizzato dal nostro robot, impiega un interrupt che si produce quando si modifica lo stato logico di una qualsiasi delle quattro linee di ingresso più significative della porta B (RB4-RB7). Si collegano le quattro file della tastiera alle quattro linee più significative della porta B; le quattro colonne si collegano alle quattro linee meno significative della porta B, e tramite queste ad una ad una e in modo sequenziale si introdurrà un livello basso sulle colonne. Se ad un certo punto viene premuto un pulsante, si unirà una fila con una colonna, in questo modo, quando il livello basso sarà introdotto nella colonna, questo passerà nella fila associata facendo variare il livello logico di una delle linee più significative della porta B, provocando un interrupt. La routine dell'interrupt si incaricherà in primo luogo di verificare quali sono la fila e la colonna coinvolte, e ne dedurrà il pulsante associato.

Sensori optoelettronici

In questa sezione presenteremo le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che vengono utilizzati abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

PRESENTAZIONE GENERALE E CARATTERISTICHE

Sono dispositivi che modificano alcuni loro parametri elettrici quando sono sottoposti alla luce. Inoltre ci sono modelli che emettono luce in funzione dell'eccitazione elettrica che ricevono.

Descriveremo due tipi di sensori optoelettronici tra i più usati.

DIODI LED EMETTITORI DI LUCE

Generalmente sono giunzioni di semiconduttori che emettono una radiazione luminosa, che può essere di una frequenza invisibile all'occhio umano, come l'infrarosso, quando si applica una tensione fra i loro terminali.

Nei comandi a distanza per il controllo di molti apparati possiamo trovare i diodi LED emettitori di luce infrarossa, come quello della figura.

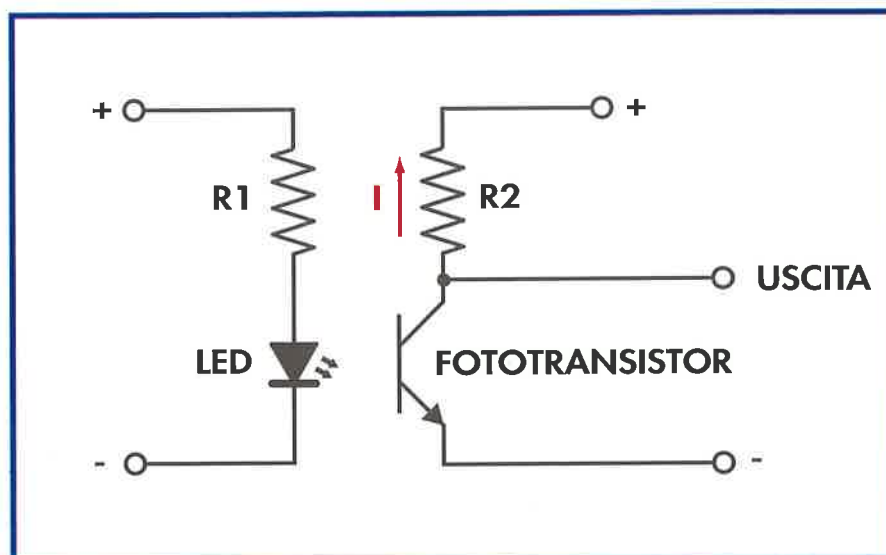
FOTOTRANSISTOR

Sono transistor speciali la cui base è predisposta per ricevere luce, producendo lo stesso effetto che avremmo ottenuto applicando una corrente.

In questo modo, quando la base del fototransistor riceve luce, cir-



I comandi a distanza dei televisori contengono un diodo LED emettitore di luce infrarossa.



La corrente del fototransistor dipende dalla luce che incide sulla sua base e che è emessa da un LED.

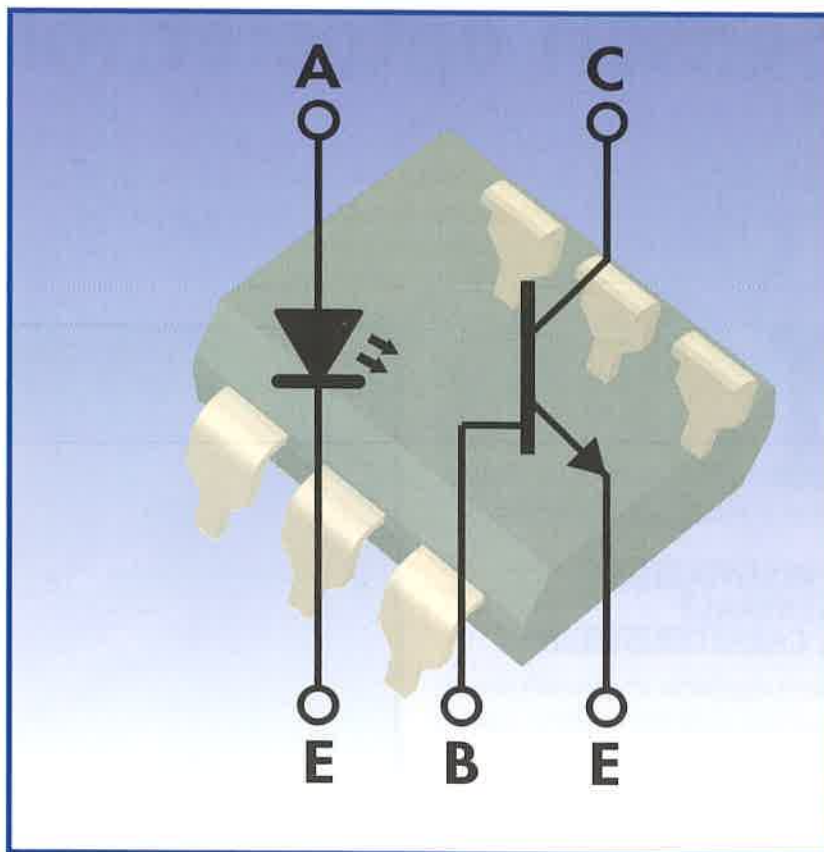
cola una corrente tra l'emettitore e il collettore.

OPTOACCOPPIATORI

Sono capsule con la forma di circuito integrato, che contengono due circuiti isolati, e fra di loro l'informazione è veicolata dalla luce. Forniscono un eccellente isolamento elettrico fra l'emettitore e il ricevitore.

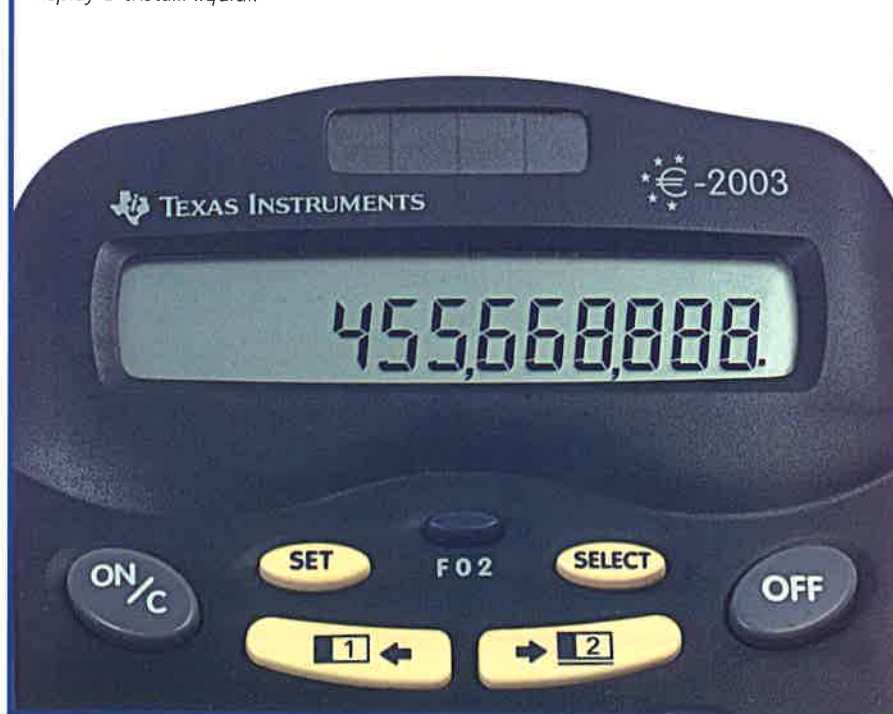
DISPLAY LCD

I display a cristalli liquidi sono molto utilizzati nei sistemi con i microcontroller, perché permettono di mostrare informazioni di testo e grafica ad un prezzo e con dimensioni ridotte. Consistono in un condensatore planare, formato da strati metallici molto sottili, da risultare addirittura trasparenti, fra i quali si introduce come dielettrico un cristallo liquido in forma nematica. Se non si applica tensione fra le placche, il cristallo è trasparente, però in presenza di tensione si produce una variazione nella riflessione e la rifrazione della luce lo rende opaco.



Struttura interna di un optoaccoppiatore.

Display a cristalli liquidi.



CELLULE FOTOVOLTAICHE

Sono giunzioni PN che forniscono tensione ai loro terminali quando ricevono una radiazione luminosa.

Per ottenere intensità apprezzabili sono necessarie grandi superfici di captazione della luce; quindi, normalmente si collegano varie celle in serie e in parallelo, per ottenere la potenza necessaria.

L'energia che si ottiene con questi dispositivi si chiama energia fotovoltaica ed è molto utile nelle zone con molte ore di sole al giorno e lontane dalle linee elettriche. Il costo del loro mantenimento è molto basso e forniscono una energia rinnovabile e pulita.

Termistori NTC e PTC

In questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che si utilizzano abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

Questi due modelli di termistori si caratterizzano dal variare della loro resistenza interna in funzione della temperatura a cui sono sottoposti. Il PTC ha un coefficiente di temperatura positivo, sarebbe a dire, la resistenza ai suoi capi aumenta con la temperatura.

Al contrario, i termistori NTC hanno un coefficiente negativo di temperatura e funzionano al rovescio, a maggior temperatura minor resistenza. Nella figura è mostrata la forma delle due curve R-T (Resistenza - Temperatura) che corrispondono a questa coppia di sensori.

Entrambi i termistori sono progettati per funzionare

in un range di temperature determinato, e alcuni molto precisi hanno una curva R-T molto stretta, per ridurre la tolleranza.

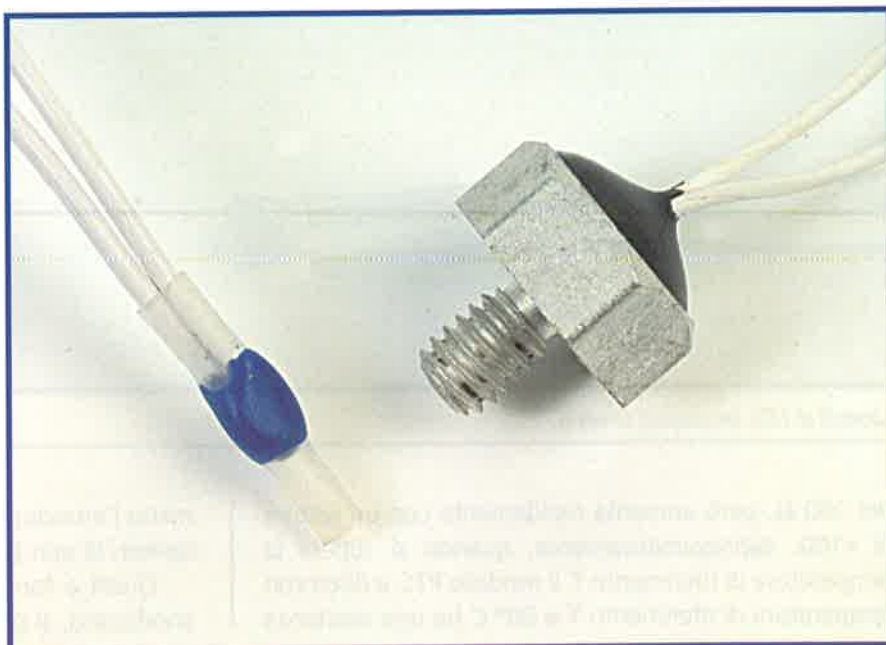
I prezzi di questi sensori non sono alti, e sono prodotti in numerosi modelli da diversi fabbricanti. In seguito descriveremo alcuni di quelli distribuiti in tutto il mondo dalla RS Components.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

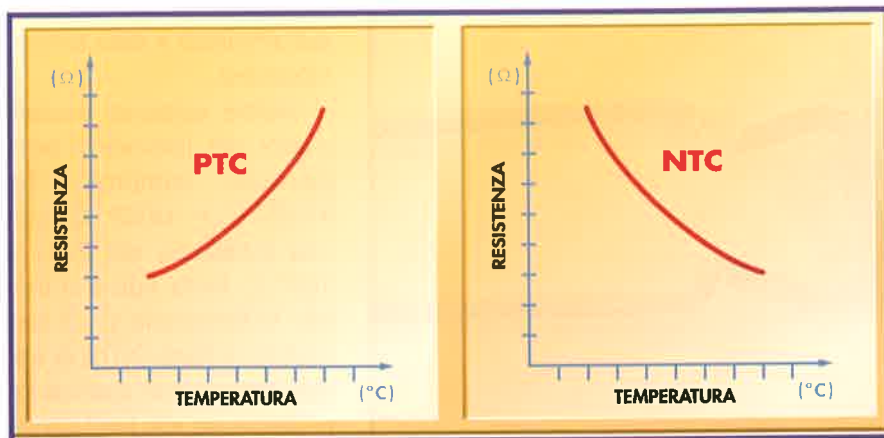
I termistori PTC hanno due presentazioni classiche, in forma di disco o di vite, come mostra la figura.

FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

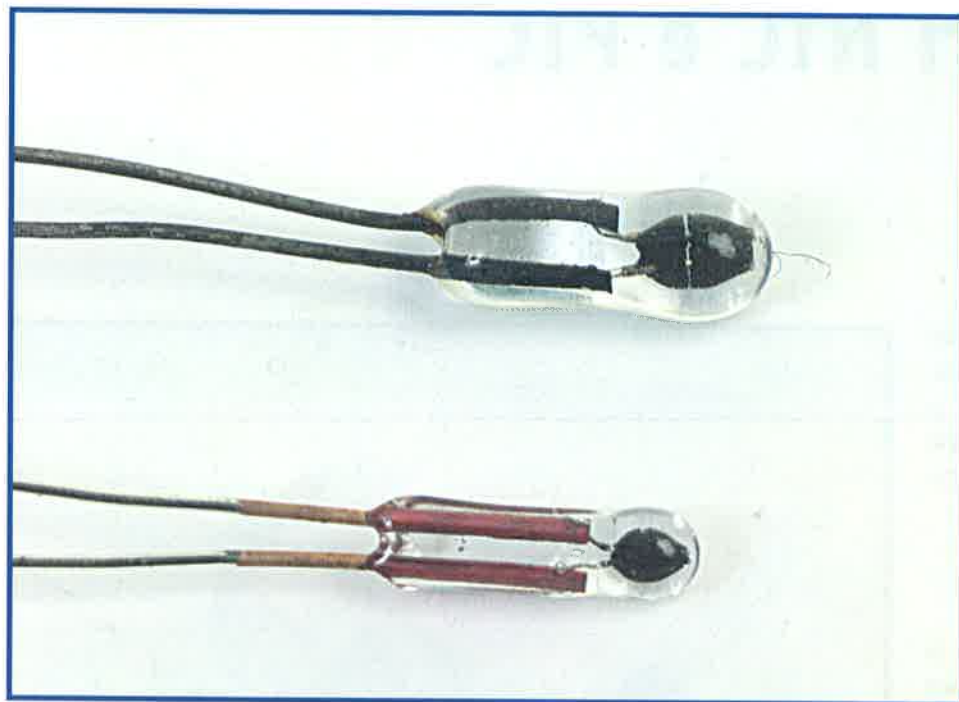
I PTC a bassa temperatura hanno una resistenza ridotta, dell'ordine



Modelli classici dei termistori PTC.



Curve caratteristiche R-T (Resistenza-Temperatura) corrispondenti ai termistori PTC e NTC.



Modelli di NTC incapsulati in vetro.

dei 100 Ω , però aumenta rapidamente con un fattore di $\times 100$, approssimativamente, quando si supera la temperatura di riferimento T . Il modello PTC a disco con temperatura di riferimento $T = 80^\circ \text{C}$ ha una resistenza

mette l'introduzione nelle bobine dei motori e nei contenitori di altri prodotti.

Quelli a forma di vite da montaggio, in alluminio anodizzato, si possono facilmente avvitare nei dissipatori di calore e nei telai degli strumenti, offrendo un'elevata conduttività termica.

Per quanto riguarda le applicazioni degli NTC incapsulati in vetro, esistono modelli dedicati alla misura della temperatura, al controllo dell'ampiezza e della temporizzazione.

Inoltre esistono versioni adatte per lavorare a temperature comprese fra $+100^\circ \text{C}$ e $+450^\circ \text{C}$, con una tolleranza del 20% a 100°C . Nella figura si mostra la fotografia di un termistore a disco (NTC) di utilizzo generale in applicazioni destinate alla limitazione di corrente e alla protezione dei circuiti.



Termistore NTC a disco per la protezione dei circuiti.

L'altoparlante

In questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che si utilizzano abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

SCHEMA TECNICA E COMMERCIALE

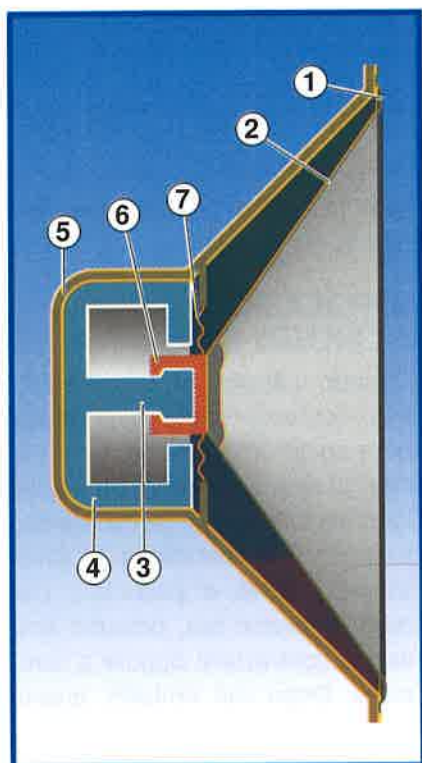
L'altoparlante è uno degli attuatori più semplici e pratici. Trasforma l'energia elettrica in energia meccanica, la quale spostando le particelle di aria genera il suono.

L'elemento fondamentale della struttura fisica dell'altoparlante è una bobina mobile che si

trova situata all'interno del campo di influenza di un magnete permanente. Quando è attraversata da una corrente elettrica, grazie alla forza contro elettromotrice, la bobina si muove, e con essa un cono rigido al quale è collegata. Lo spostamento del cono provoca lo spostamento delle particelle di aria che lo circondano, dando origine al suono. Dato che gli spostamenti della bobina sono proporzionali alla corrente elettrica che la attraversa, se quest'ultima varia al ritmo di un'informazione sonora, questa viene riprodotta grazie agli spostamenti del cono.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTI

Gli unici collegamenti dell'altoparlante con l'esterno sono due poli che si trovano collegati agli estremi della bobina mobile. Le dimensioni degli altoparlanti fanno riferimento al diametro del cono rigido, e di solito sono multipli di



Parti principali di un altoparlante:

- 1 - Anello elastico
- 2 - Cono
- 3 - Magnete permanente
- 4 - Poli del magnete
- 5 - Contenitore
- 6 - Bobina mobile
- 7 - Anello di centratura



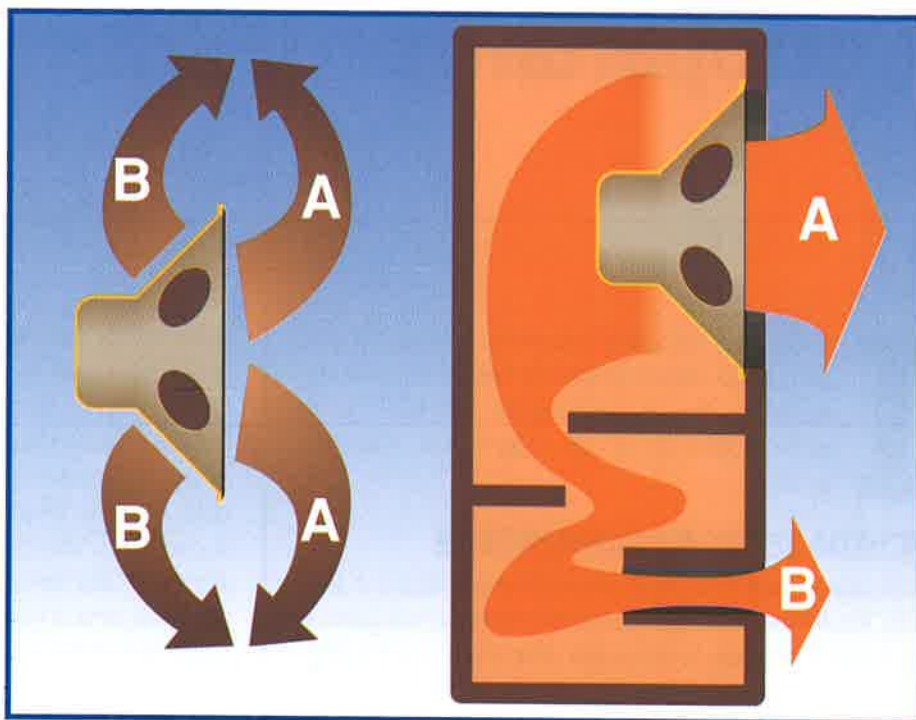
Sull'esterno del contenitore sono riportati i valori dell'impedenza della bobina e della potenza che può sopportare.

pollice; un pollice equivale a 25,4 millimetri. Gli altoparlanti dedicati alla riproduzione di suoni bassi hanno una dimensione superiore ai 6 pollici, mentre quelli destinati agli acuti sono più piccoli.

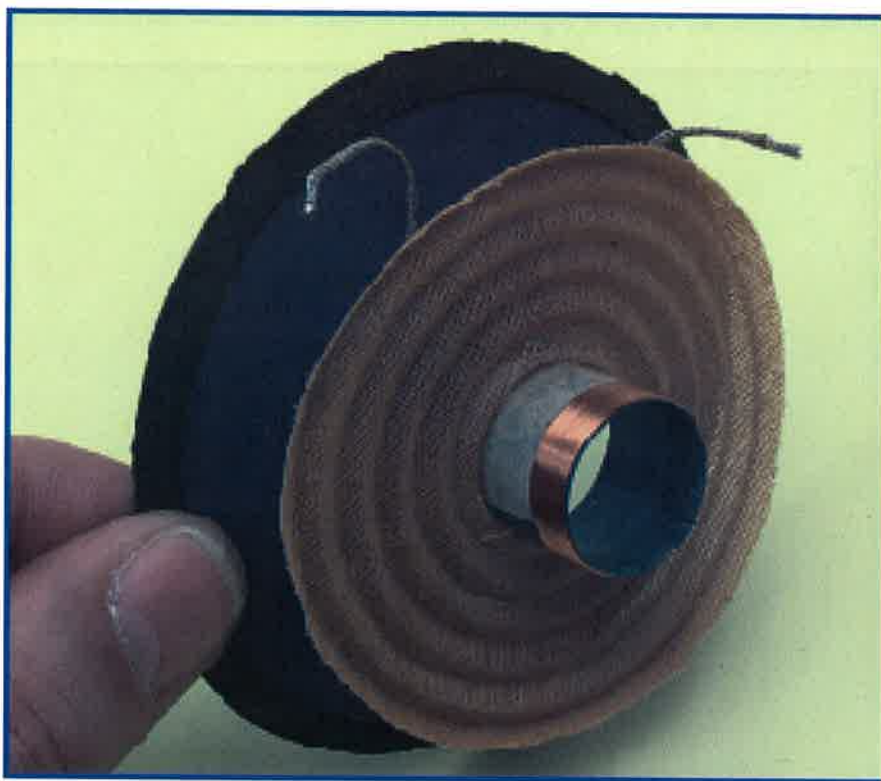
Sull'esterno dell'altoparlante si scrive il valore dell'impedenza della bobina, e la potenza che può sopportare. Se si supera quest'ultima limitazione si distrugge l'altoparlante.

FUNZIONAMENTO E GESTIONE

Gli elementi principali dell'altoparlante sono indicati nella fotografia e sono tre: bobina mobile, cono rigido, e anello di centratura, che è quello che tiene la bobina mobile nella posizione corretta all'interno del ferro della calamita. L'anello deve essere di



Per evitare che le onde frontali entrino in conflitto con quelle posteriori, l'altoparlante è montato su di una cassa acustica.



Altoparlante smontato.

Si possono vedere la bobina mobile, il cono e l'anello di centratura.

materiale elastico per permettere lo spostamento verticale del cono, ma non quello laterale.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

Quando si applica un segnale elettrico contenente informazione sonora ad un altoparlante, che è libero in aria, il cono vibra e muove l'aria sia davanti che dietro. Questo suppone la generazione di onde sonore frontali e posteriori, che avendo diverse fasi, possono arrivare a contrastarsi oppure a sommarsi. Dopo vari rimbalzi, queste onde arrivano al nostro orecchio, con ritardi differenti e producendo un suono deformato e carente di basse frequenze. Per evitare questo fenomeno gli altoparlanti vengono montati sulle casse acustiche, che convogliano le onde in modo adeguato e impediscono le distorsioni.

Interruttori di prossimità

In questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che si utilizzano abitualmente nelle applicazioni di robotica e micro-robotica.

SCHEMA TECNICA E COMMERCIALE

Generalmente si tratta di interruttori normalmente aperti (N/A) che chiudono i loro contatti quando viene rilevato un oggetto ad una determinata distanza.

Si possono dividere in due grandi gruppi: quelli di tipo induttivo e quelli di tipo capacitivo. Nei primi, quando si rileva un corpo metallico, si altera il campo magnetico nel dispositivo, mentre in quelli capacitivi varia il valore della capacità.



Interruttore di prossimità di tipo cilindrico liscio.



Interruttore induttivo, modello rettangolare.

Queste alterazioni influenzano gli amplificatori integrati che sono contenuti all'interno del sensore, e che forniscono un'uscita on-off.

Esiste sul mercato una grande varietà di modelli di interruttori, ne descriveremo alcuni molto interessanti, distribuiti a livello mondiale da RS Components.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTI

Fra gli interruttori induttivi, presentiamo quelli a cilindro liscio e quelli a forma rettangolare. I primi sono forniti con il cavo schermato di collegamento in PVC, protetti contro i cortocircuiti e l'inversione di polarità sull'alimentazione. Il modello rettangolare dispone di un LED che si accende quando viene rilevato un oggetto.



Interruttore di prossimità di tipo capacitivo con distanza di rilevamento regolabile.

I modelli M30 e M18 che distribuisce RS Components, sono interruttori di prossimità capacitivi che possono essere utilizzati in modo diretto nel circuito, in quanto possono gestire una corrente sino a 250 mA.

Dispongono di un LED che segnala quando il sensore è acceso e di un altro che si illumina quando viene rilevato un oggetto.

FUNZIONAMENTO E GESTIONE

Gli interruttori di prossimità induttivi del tipo a cilindro liscio sono quelli più piccoli, hanno un diametro di 3 o di 4 mm e possono essere alimentati da una tensione compresa fra 10 e 30 VDC, mentre per la versione con diametro da 6,5 mm il margine di tensione arriva sino a 60 VDC. Possono lavorare con temperature fra -25° e +70° C e sono prodotti in tre modelli, a seconda del diametro del cilindro (3, 4 e 6,5 mm).

CARATTERISTICHE TECNICHE

Gli interruttori a forma rettangolare possono essere di tre tipi, a seconda del modello e della frequenza di la-

	M3	M4	M6,5
Frequenza di commutazione	3 KHz	3 KHz	500 Hz
Distanza di rilevamento	0,6 mm	0,8 mm	1,5 mm
Corrente di commutazione	100 mA	200 mA	100 mA

voro, fra 1 e 2 KHz, con una corrente di commutazione fra 50 e 200 mA.

Gli interruttori capacitivi hanno la possibilità di regolare la distanza di rilevamento fra 0 e 10 mm, su corpi che non devono necessariamente essere metallici. Possono lavorare ad una frequenza di 10 KHz.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

In generale servono per rilevare la presenza di oggetti all'interno del campo di lavoro di cui dispongono; gli interruttori induttivi sono destinati ai corpi metallici, i quali presentano diversi coefficienti di riduzione a seconda del metallo di cui sono composti. Quelli capacitivi possono rilevare corpi di cartone, legno o PVC.

Interruttori ottici di prossimità

In questa sezione saranno presentate le principali caratteristiche dei sensori e attuatori che si utilizzano abitualmente nelle applicazioni di robotica e microrobotica.

PRESENTAZIONE GENERALE

Nell'industria in generale e in robotica in particolare, si utilizzano molto i sensori che rilevano la vicinanza degli altri oggetti. Il nostro amico Monty dovrà realizzare molti compiti in cui descrivendo delle traiettorie potrà incontrarsi casualmente con degli ostacoli sul suo cammino. Rilevarli e conoscerli sarà una delle azioni immediate per portare a buon fine il suo compito, e per questo necessita di sensori che lo avvertano della presenza, ubicazione e volume di questi ostacoli.

Il metodo più efficiente consiste nell'utilizzare i raggi della luce per rilevare la presenza di un corpo. Per questo sono necessari un emettitore e un ricevitore di raggi. Quando un ostacolo si interpone fra i due sensori, impedisce che il ricevitore riceva la luce, oppure trovandosi di fronte riflette i raggi che arrivano al ricevitore.

In questo capitolo saranno presentati una serie di interruttori ottici di prossimità commerciali, distribuiti dalla ditta RS Components. I lettori che

desiderassero ricevere informazioni tecniche più dettagliate oppure acquistare questi sensori, possono richiedere il catalogo completo direttamente all'azienda.

FOTOINTERRUTTORI A PROFILO SOTTILE, MODELLO E3JM

Questo interruttore ottico fabbricato da Omron controlla un relè capace di sopportare 3 A a 250 VAC. I contatti si possono selezionare fra normalmente aperti (N/A) e normalmente chiusi (N/C), e cambiano il loro stato quando il sensore rileva un corpo.

L'attivazione del relè si può avere quando incide luce sul ricevitore o quando non incide, a seconda della necessità. I raggi luminosi che invia l'emettitore sono riflessi da un catarifrangente che impiega la tecnica della luce polarizzata per evitare riflessioni di luce errate. Quando è necessaria un'unità di attuazione diretta della luce sul ricevitore, si fornisce la coppia emettitore / ricevitore.

Oltre la versione standard esistono modelli temporizzati, che permettono di selezionare l'uscita con un ritardo alla chiusura, all'apertura oppure istantanea, con tempi compresi fra 0,1 e 5 secondi. Il prezzo di questi sensori varia da 90 a 150 Euro approssimativamente, a seconda dei modelli.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Distanza di rilevamento

Modello E3JM-10M4TG: 10 m

Modello E3JM-R4M4/R4M4TG:

4m con il riflettore standard

Modello E3JMDS70M4/DS70M4TG:

regolabile fra 0 e 0,7 m

Tensione di alimentazione:

da 12 a 240 VDC e da 24 a 240 VAC

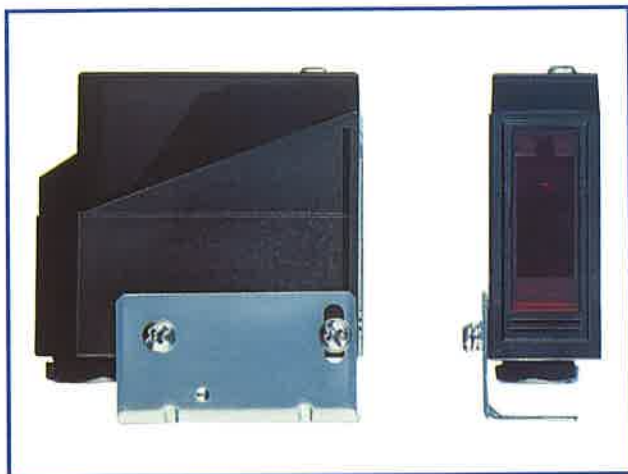
Commutazione a relè: 3 A a 240 VAC

Indicazione di rilevamento: LED rosso

Tempo di risposta: 30 ms massimo

Temperatura di funzionamento:

da -25° a +55° C



Fotografia del fotointerruttore a profilo sottile.

**INTERRUTTORE DI PROSSIMITÀ
A BARRIERA**

Viene commercializzato in una scatola di alluminio di colore nero, dalla quale esce una lente; da questa lente esce il raggio di luce infrarossa, generato dall'emettitore, che colpisce il corpo da rilevare e si riflette, rientrando dalla stessa lente sino al ricevitore che è alloggiato nella stessa scatola. Con il sensore viene fornito un disco speciale, per provocare una riflessione ottimale. Questo disco può essere montato sull'oggetto da rilevare.

La distanza di lavoro è 3 m, distanza che può essere minore se si usa un riflettore diverso da quello fornito con il prodotto. Questa unità controlla un contatto isolato di un relè che si attiva quando il raggio di luce emesso è ricevuto dal ricevitore, illuminando anche un LED di segnalazione.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione di alimentazione:

110/240 VAC a 50/60 Hz

Temperatura di funzionamento: da -10° a +55° C

Tempo di risposta: 120 ms massimo

Frequenza di funzionamento massima: 2 Hz

Valore nominale dei contatti del relé:

2 A a 250 VAC

SENSORE FOTOELETTRICO

Si tratta di un'unità che combina emettitore e ricevitore luminosi in alloggiamenti separati da una scanalatura, che misura da 2 a 15 mm, fra cui deve passare il corpo da rilevare interrompendo il raggio luminoso.

La commutazione del contatto di uscita si può attivare con luce o con oscurità ed è molto impiegato nel rilevamento di stampe di etichette, linee di stampa e sistemi di conteggio.

È fabbricato da Erwin Sick Ltd ed ha un prezzo approssimativo di 120 Euro.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione di alimentazione: da 10 a 30 VDC

Temperatura di funzionamento: da -20° a +60° C

Corrente di commutazione: 100 mA

Tempo di risposta: 1 ms il modello WF15

Frequenza massima di rilevazione:

500 Hz il modello WF15.

**INTERRUTTORE
DI PROSSIMITÀ CON FIBRA OTTICA**

Esistono due versioni di questo prodotto, una per la rilevazione diretta del raggio di luce e l'altra per la rilevazione per riflessione. La sua caratteristica principale è che dal contenitore fuoriescono due cavi in fibra ottica, che permettono di montare l'emettitore e il ricevitore di luce nella posizione più adeguata. I cavi in fibra ottica hanno una lunghezza di 2 m, però, insieme al prodotto è incluso un coltello speciale per tagliarli alla misura desiderata.

Uno dei cavi trasmette il raggio di luce e l'altro lo riceve. Nell'unità di rilevazione diffusa ossia per riflessione, i due cavi confluiscono all'interno dello stesso terminale. Le due versioni dispongono della regolazione della sensibilità e di un LED indicatore per autodiagnosi. L'unità di controllo ha un prezzo approssimato di 132 Euro, mentre i cavi di fibra ottica costano circa 44 Euro.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Metodo di rilevazione: luce rossa visibile

Tensione di alimentazione: da 10 a 28 VDC

Corrente di uscita: 100 mA massimo

Frequenza di funzionamento: 200 Hz massimo

Temperatura di funzionamento: da -20° a +60° C

Distanza con rilevazione diretta: 5 cm

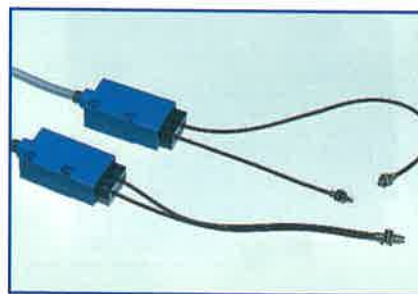
Distanza con rilevazione diffusa o riflessa: 2 cm.



Interruttore di prossimità a barriera retroriflessivo.



Fotografia del sensore fotoelettrico.



Interruttore di prossimità a fibra ottica.

Interruttori ottici di prossimità (2^a parte)

SCANNER DI COLORI

Si tratta di un sensore ad alte prestazioni, capace di rilevare aree di un colore unico o fino a tre colori differenti. È fabbricato dalla ditta Erwin Sick Ltd, e il suo costo per un colore è di circa 722 Euro, mentre per tre colori è di circa 969 Euro.

Il colore o i colori si impostano nell'unità in modo manuale, o mediante un PLC esterno, utilizzando il metodo dell'autoapprendimento.

La rilevazione del colore può avvenire per incidenza diretta o riflessa, e si può regolare la sensibilità di ogni colore in modo individuale. Dispone di una luce pilota di segnalazione e di uscita PNP protetta contro i cortocircuiti.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Temperatura di funzionamento:

da -10° C sino a +55° C

Tensione di alimentazione: da 10 a 30 VDC

Consumo di corrente: 60 mA

Uscita nominale: 100 mA

Frequenza di commutazione: 1 KHz

Raggio di rilevamento: da 12,5 sino a 60 mm

Immunità alla luce esterna: fino a 20 K lux

SENSORE OTTICO A VITE

Omron fabbrica un piccolo sensore ottico del tipo a riflessione, che ha una lunghezza totale di 95 mm e che si può facilmente avvitare. Può rilevare oggetti posti sino a 2 metri di distanza, utilizzando il riflettore fornito normalmente insieme al sensore, come si può vedere nella fotografia.

Il tempo di risposta è di circa 2,5 ms e le uscite PNP e NPN si possono selezionare in modo che i contatti finali si possano configurare come N/A oppure N/C, a se-



Fotografia del sensore per i colori.

conda delle esigenze e dell'applicazione.

Le unità sono protette contro i cortocircuiti, e sono fornite con un cavo di 2 metri di lunghezza, debitamente collegato. A titolo orientativo, il prezzo si può approssimare a 88 Euro.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Tensione di alimentazione: da 12 a 24 VDC

Corrente di uscita: 100 mA massimo

Tempo di risposta: 2,5 ms

Temperatura di funzionamento:

da -25° C sino a +55° C

Stadio di uscita: PNP o NPN, selezionabile

Raggio di rilevamento: 200 cm con il riflettore fornito dalla casa

SENSORE A RIFLESSIONE CON VITE

La casa Baumer Electric costruisce due sensori a riflessione diffusa, identificati con la sigla M18 e M30, capa-



Fotografia dell'interruttore ottico a vite con il riflettore che lo accompagna.

ci di rilevare oggetti, grazie alla luce riflessa, a 200 mm e a 2 m rispettivamente. Questi prodotti sono commercializzati, così come tutti quelli di questo capitolo, da RS Components.

I contenitori di questi interruttori ottici sono nichelati e sigillati, e dispongono di una regolazione della sensibilità, e di un LED che indica lo stato dell'uscita.

Il modulo M30 dispone anche di un LED intermittente come avviso di malfunzionamento. Questo LED lampeggia quando cessa la ricezione della luce in condizioni ottimali, anche se l'unità continua a funzionare.

Per entrambi gli interruttori è possibile regolare la distanza di rilevazione, mediante un potenziometro, sino a lunghezze minime molto vicine al pannello frontale. Il sensore M18 ha un prezzo orientativo di circa 80 Euro, mentre il sensore M30 costa quasi il doppio.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Modello: M18, M30

Distanza massima di regolazione: 200 mm, 200 cm

Tensione di alimentazione: 10-30 VDC, 10-40 VDC

Corrente di commutazione: 200 mA, 400 mA

Frequenza massima di commutazione:

1 KHz, 200 Hz

Temperatura di funzionamento: da 0° C a + 65° C

Stadio di uscita: Transistor PNP



Fotointerruttore con levetta girevole, che interrompe il raggio di luce.

FOTOINTERRUTTORE A LEVETTA

In questo caso il sensore ha l'emettitore e il ricevitore posti uno in fronte all'altro, separati da una scanalatura in cui viene introdotta un'aletta girevole, quando qualche corpo mobile la sposta per il verso giusto.

È composto da un fototransistor e da un emettitore di luce infrarossa. L'aletta girevole, azionata mediante una leva, interrompe il raggio di luce e commuta l'uscita del transistor, permettendo così l'attivazione delle porte logiche. Ha un prezzo approssimativo di circa 3 Euro.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Diodo di ingresso

Intensità di picco: 3 A

Tensione inversa VDC: 3V

Potenza massima: 100 mW

Fototransistor

Intensità di collettore massima: 100 mA

Corrente continua di collettore: 25 mA

Potenza dissipata: 100 mW

SENSORI LASER

L'utilizzo di un laser nel modulo ricevitore, permette la rilevazione di oggetti situati a una distanza da 1,6 mm fino a 8 m. Utilizzano come fonte luminosa una luce rossa visibile, e dispongono di una regolazione della sensibilità mediante un potenziometro. Sono fabbricati dalla ditta Baumer Electric.

Hanno un'uscita PNP e un'uscita speciale per le prove; il costo approssimativo dell'insieme mostrato nella fotografia è di circa 600 Euro.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Modulo: Emittitore, Ricevitore

Punto focale del raggio: 0,4 m

Indicatore di acceso: LED verde

Indicatore di uscita: LED giallo

Indicatore di regolazione: LED verde

Tensione di alimentazione: 10-30 VDC, 10-30 VDC

Corrente di commutazione: 200 mA

Tempo di risposta: < 0,1 ms

Tipo di laser: IEC825-1/1993

Sorgente luminosa: Laser rosso

Lunghezza d'onda: 675 nm



Insieme di emettitore e ricevitore a barriera, con laser.

Ultrasuoni (I)

Le onde degli ultrasuoni oscillano ad una frequenza superiore a quella dell'udito, e il loro range è compreso fra 20 e 400 KHz o più. Sono molto adatte a misurare distanze piccole nell'aria e distanze un po' più grandi nell'acqua (sonar). La relativa lentezza a cui si propagano

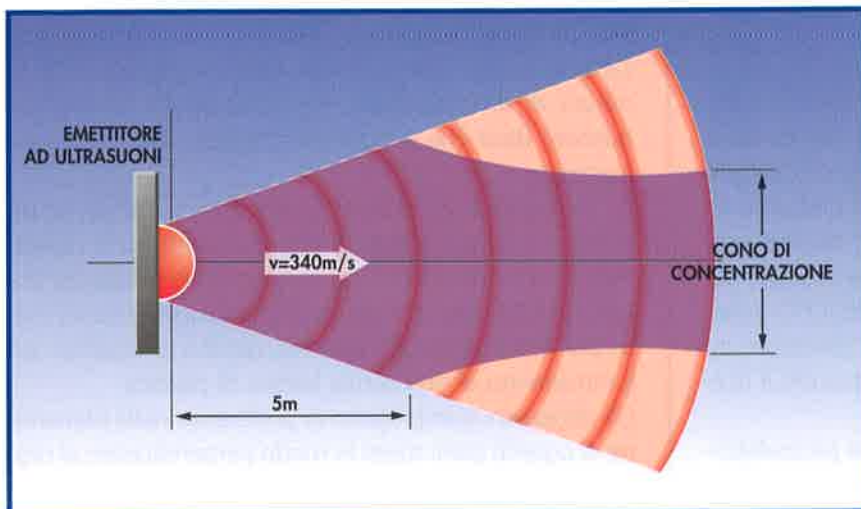
delle onde luminose. L'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione.

TIPI DI SENSORI AD ULTRASUONI

I metodi per la produzione di onde ad ultrasuoni sono simili a quelli per la produzione delle onde udibili, infatti alcuni altoparlanti per gli acuti possono emettere frequenze superiori a 20 KHz. Secondo il principio usato nell'emissione delle onde, si impiegano due tipi fondamentali di trasduttori:

- **Magnetorestrizione:** si sottopongono ad un campo magnetico oscillante pezzi magnetici in grado di variare il loro volume, mettendo in oscillazione l'aria circostante

- **Piezoelasticità:** si basa su di un cristallo piezoelettrico, la cui oscillazione produce le onde ultrasoniche. Sono economici e semplici, quindi sono i più usati. Il circuito di applicazione, che più avanti descriveremo, impiega un trasduttore piezoelettrico da 40 KHz, che determina un periodo di 25 microsecondi. Con queste caratteristiche, la



Il raggio degli ultrasuoni si concentra a partire da 5 m dall'emettitore, migliorando la sua direzionabilità.

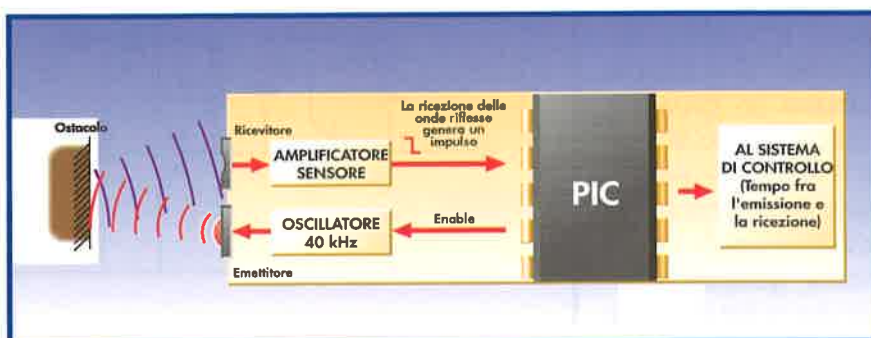
gli ultrasuoni, dell'ordine dei 340 m/s, fa sì che i circuiti di emissione, ricezione ed elaborazione siano abbastanza semplici.

Altri vantaggi inerenti agli ultrasuoni sono:

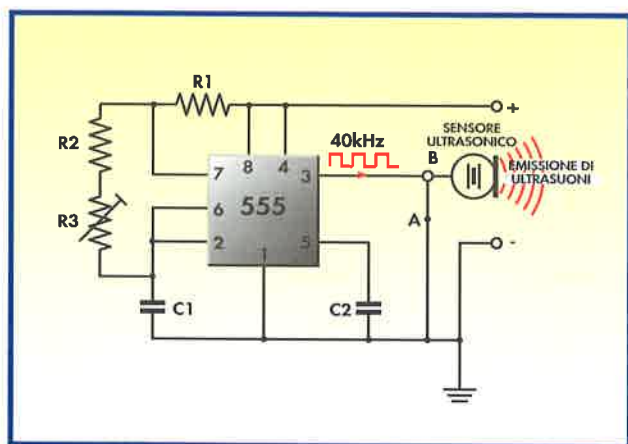
- Hanno un'eccellente direzionabilità, come illustrato nella figura.
- Non sono influenzati dal fumo e dalla polvere.
- Possono rilevare oggetti trasparenti alle onde luminose.
- L'allineamento del raggio di onde ultrasoniche è meno critico che per altri tipi di onde.
- Seguono la legge della riflessione

distanza fra due onde consecutive di ultrasuoni sarà:

$$\text{Distanza minima: } v \cdot T = 340 \cdot 25/1.000.000 = 8,5 \text{ mm}$$



Schema a blocchi di un circuito per l'applicazione degli ultrasuoni.



Schema dell'emettitore ad ultrasuoni.

UN CIRCUITO APPLICATIVO PER MICROROBOTICA

Nella figura è mostrato lo schema a blocchi di un circuito pratico che contiene un emettitore e un ricevitore di ultrasuoni, e un microcontroller che gestisce tutto l'insieme. L'emettitore genera onde da 40 KHz quando il PIC attiva il segnale Enable. Utilizza un sensore piezoelettrico alimentato da un multivibratore astabile, basato su di un temporizzatore 555. Quando il PIC genera il segnale Enable, mette in marcia un contatore interno di impulsi di clock, che si fermerà quando il ricevitore riceverà l'onda riflessa.

Nel ricevitore si usa un altro trasduttore piezoelettrico, che riceve l'onda riflessa dell'emettitore. Dato che il segnale prodotto è molto debole, deve essere amplificato in due stadi, formati dai transistor T1 e T2. Il segnale amplificato è poi rettificato dai due diodi D1 e D2, insieme al condensatore C2. Come possiamo vedere dallo schema, lo stadio di uscita è formato dai transistor T3 e T4, che formano un circuito a scatto. Quando la base di T3 riceve una polarizzazione superiore a 0,25 mV, T3 si satura e T4 si blocca generando un impulso in D3 che serve per fermare il contatore di impulsi che era stato

attivato al momento dell'invio del raggio di ultrasuoni, all'attivazione di Enable. Il compito del PIC è mettere in marcia un contatore di impulsi quando genera il segnale Enable, e fermarlo quando riceve l'impulso di uscita del ricevitore.

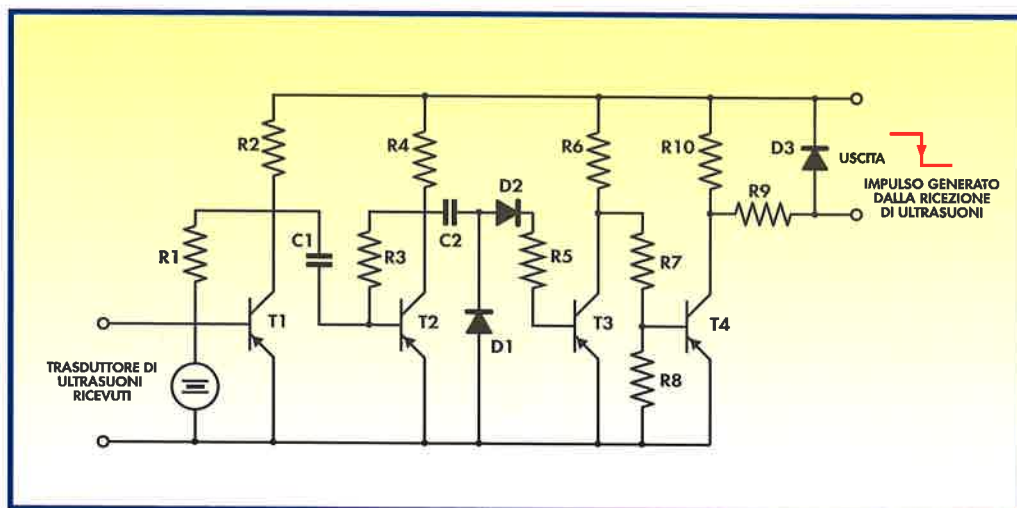
Conoscendo il valore del conteggio del contatore di impulsi si può calcolare il tempo che l'onda emessa ha impiegato per riflettersi nell'ostacolo e ritornare. Dato che le onde si spostano ad una velocità di 340 m/s, è facile calcolare la distanza fra l'emettitore e l'ostacolo.

FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

La distanza da misurare si calcola come il prodotto del tempo trascorso fra l'emissione e la ricezione dell'impulso ultrasonico, per la velocità del suono diviso due. Per la misura di grandi distanze sono preferibili ultrasuoni a bassa frequenza, dato che l'assorbimento dell'aria in questo caso è un parametro importante. Per la misura di distanze brevi, sono più adatte le alte frequenze, dato che è possibile ottenere una precisione maggiore.

I trasduttori che inviano e ricevono gli impulsi ad ultrasuoni possono essere di tipo piezoelettrico o capacitivo. I primi sono basati su di un cristallo di quarzo posizionato fra due lamine metalliche ricoperte da un materiale acustico. Quelli capacitivi variano la capacità con il movimento di una sottile lamina di plastica.

Gli ultrasuoni si impiegano in preferenza nella rilevazione di oggetti piani messi in modo perpendicolare al raggio di onda emesso. Con altri angoli variano sia la precisione che la sensibilità. Dobbiamo considerare che la polvere in sospensione assorbe il suono.



Schema elettrico dello stadio ricevitore di ultrasuoni.

Ultrasuoni (II)

SCHEDA TECNICA E COMMERCIALE

La tecnica degli ultrasuoni è molto interessante per la misura di distanze senza contatto, ed è impiegata in una vasta gamma di sensori di prossimità. In microrobotica è molto efficace per



Misurando il tempo impiegato dagli ultrasuoni, dalla loro trasmissione sino alla loro ricezione, Monty riesce a calcolare la distanza che lo separa dagli oggetti.

la rilevazione degli ostacoli e per aiutare a prendere le decisioni a seconda della distanza rispetto all'oggetto rilevato. Monty dispone di un emettitore e di un ricevitore di ultrasuoni per calcolare le distanze che lo separano dagli ostacoli che si pongono sul suo cammino. Sono utilizzate frequenze superiori a quelle udibili, fra 20 e più di 400 KHz, secondo la distanza da

misurare. Il range delle misure va da pochi centimetri a più di 100 metri.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

La sonda ad ultrasuoni mostrata nella figura è costruita dalla ditta Pepperl and Fuchs, e funziona come un sensore di prossimità, per il controllo delle distanze da qualsiasi superficie liscia, solida, liquida o polverosa. Fornisce un'uscita analogica sia in tensione che in corrente; dispone di un connettore a 4 piedini tramite il quale si eseguono le funzioni di apprendimento e di compensazione della temperatura.

Fra le caratteristiche più importanti del sensore della figura, che ha come riferimento il codice 258-4926 del catalogo di RS-Components, notiamo:



Interruttori di prossimità ad ultrasuoni con uscita analogica.

- Temperatura di funzionamento da -25° C sino a + 70° C

- Uscita analogica da 4 a 20 mA e da 0 a 10 V.

Un altro sensore molto interessante è quello a scansione diffusa, fabbricato da Honeywell Control Systems Ltd. Ha un contenitore a tubo filettato, in acciaio inossidabile. Utilizza gli ultrasuoni per rilevare gli obiettivi e fornire un'uscita proporzionale alla distanza. Si può regolare alla massima frequenza in modo che dia un'uscita da 0,7 a 10 V per distanze pari a 150 e 600 mm. È dotato di un potenziometro per determinare la sensibilità con un margine da 8 a 17 mV/mm. L'allineamento del dispositivo è molto facile, grazie al LED che lampeggia se l'obiettivo si trova all'interno dell'apertura del raggio di ultrasuoni, ad una distanza compresa nella scala pre-



Sensore ad ultrasuoni a scansione diffusa con uscita analogica.

scelta. Le principali caratteristiche di questo sensore che ha come riferimento il codice 183-537 del catalogo di RS Components, sono:

Distanza massima di rilevazione: 1.200 mm

Frequenza portante: 215 kHz

Ripetitività: 1 mm

Tempo normale di risposta: 50 ms

Uscita analogica: da 0,7 a 10 V

Sensibilità: da 8 a 17 mV/mm

Tensione di alimentazione: da 19 a 50 VDC

Consumo di corrente: 30 mA.

MODELLI	258-4926	258-4932	258-4948	258-4960
Range di Rilevamento in mm	60-500	200-2.000	500-4.000	6.000
Tempo di Risposta in ms	35	100	300	500
Frequenza del Trasduttore in KHz	380	175	85	65

Termocoppie

La misura della temperatura per mezzo delle termocoppie è basata sul principio di Seebeck (1821). Quando si uniscono due metalli o materiali conduttori, ed esiste una differenza di temperatura fra i loro estremi, si ottiene in essi una tensione proporzionale alla differenza stessa. Esistono differenti tipi di termocoppie, classificate secondo i materiali utilizzati; nella seguente tabella sono riportati i più importanti:



Sonda e cavo di una termocoppia di tipo J per uso intensivo.

Materiale della guaina: acciaio inossidabile

Materiale della punta: argento da saldatura

Termocoppia: tipo J con ferro e costantana

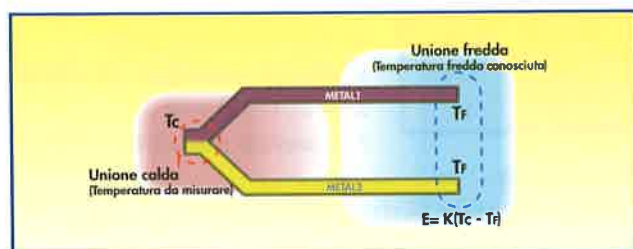
Tempo di risposta: 1,25 secondi massimo

Temperatura di funzionamento: da -60° a $+350^{\circ}$ C.

TIPO DI TERMOCOPPIA	METALLI DELLA GIUNZIONE	TEMPERATURA MASSIMA $^{\circ}$ C	TENSIONE mV/ $^{\circ}$ C
J	J Acciaio/Costantana (55% Cu-45%Ni)	875	0,054
K	Ni-CrNi	1.260	0,040
T	Cu-Costantana	400	0,045

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

Normalmente la termocoppia è costruita a forma di sonda, dove l'unione dei due metalli è protetta con un tubo di acciaio inossidabile, come il modello della fotografia la cui punta è saldata in argento. È fornita con 2 m di cavo di collegamento ricoperto in fibra di vetro con maglie di acciaio inossidabile. Le caratteristiche fondamentali della termocoppia della figura che ha come riferimento il codice 219-4725 del catalogo RS-Components sono le seguenti:



La tensione generata sull'estremo freddo dei metalli è proporzionale alla differenza di temperatura. Il valore di K si misura in mV/ $^{\circ}$ C.

FUNZIONAMENTO E GESTIONE

La connessione fra il cavo di collegamento della termocoppia e il circuito elettronico, è fatto con fili di rame normale, dato che i fili con cui è costruita la sua prolunga originale costano molto cari per percorsi lunghi. Prima di poter misurare con un voltmetro di precisione la piccola tensione di uscita della termocoppia, bisogna amplificarla in modo conveniente.

APPLICAZIONE E CIRCUITI REALI

I principali vantaggi delle termocoppie sono:

1. Ridotto costo e volume.
2. Elevata precisione.
3. Brevi tempi di risposta.
4. Robustezza in ambiente industriale.

A seconda delle caratteristiche dell'applicazione, si sceglie il tipo di termocoppia adeguata, tenendo conto della temperatura massima, il tipo di ambiente dove si inserisce la sonda e la sensibilità della termocoppia. Nella fotografia della figura è riportata una termocoppia di tipo K con la sonda in lamina metallica, per misurare temperature superficiali.

La sonda della figura può lavorare con temperature comprese fra -100° C e $+450^{\circ}$ C, ha una costante di tempo di 0,1 s ed ha come riferimento il codice 218-1849 di RS-Components.

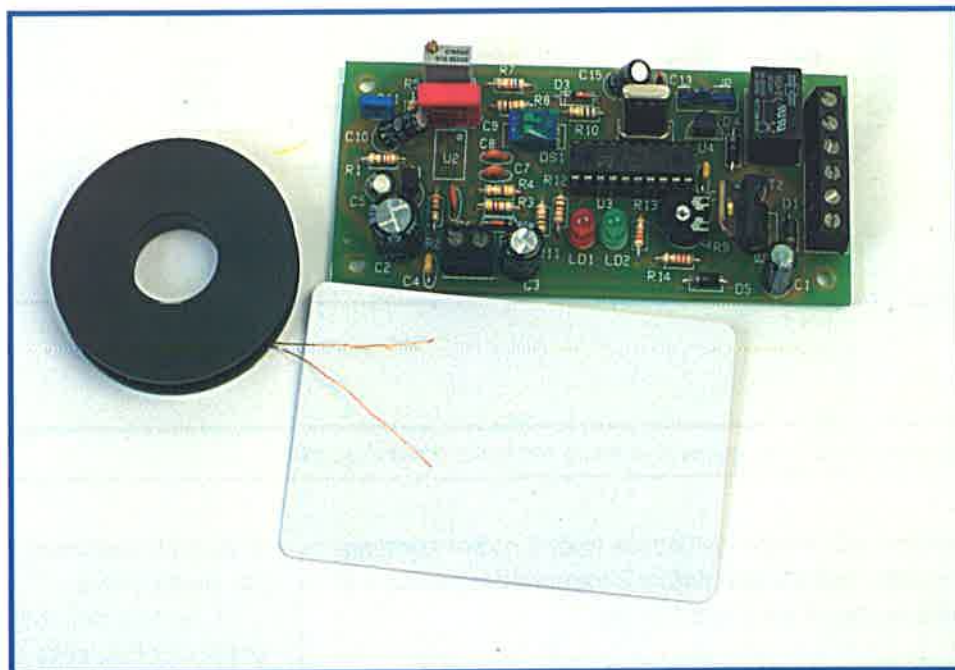
È molto efficace per la misura di temperature superficiali rapide e precise, come il controllo della temperatura nei dissipatori termici o nei trasformatori. In applicazioni di riscaldamento e ventilazione, questa sonda può misurare rapidamente la temperatura superficiale delle tubazioni, dei condotti e dei radiatori.

Il transponder

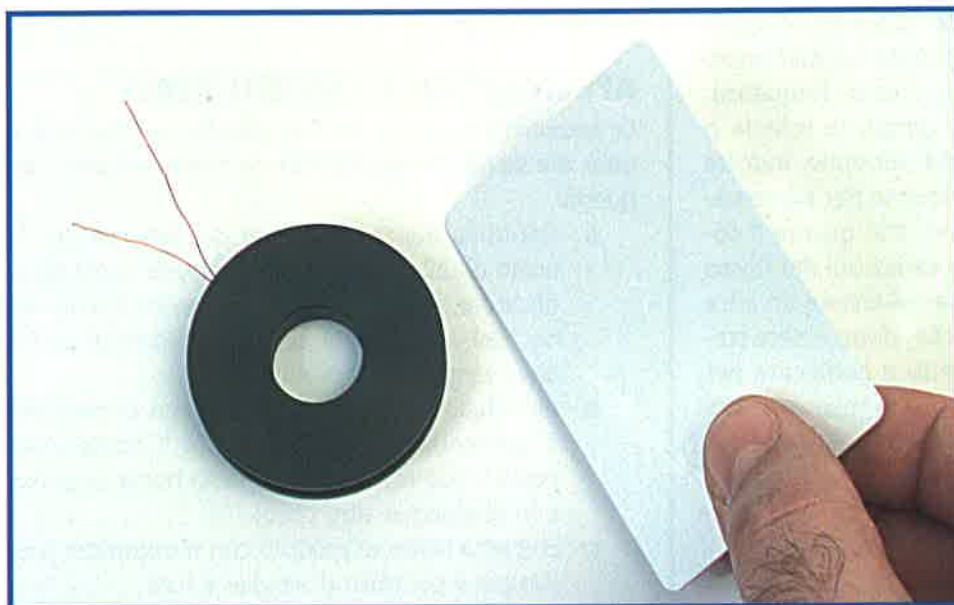
SCHEMA TECNICA E COMMERCIALE

Sono sistemi di identificazione che non esigono il contatto fisico fra il lettore e l'elemento di identificazione per realizzare la lettura dei dati che quest'ultimo contiene. È sufficiente passare la chiave o la scheda codificata in prossimità del lettore.

Per la descrizione è stato scelto un prodotto di riconosciuto prestigio, e tipico della sua applicazione, come la "serratura elettronica" della ditta IberFutura Elettronica. Funziona come un circuito intelligente per il controllo dell'accesso del personale. Il sistema legge il codice pro-



Serratura elettronica con transponder, che utilizza una scheda di identificazione.

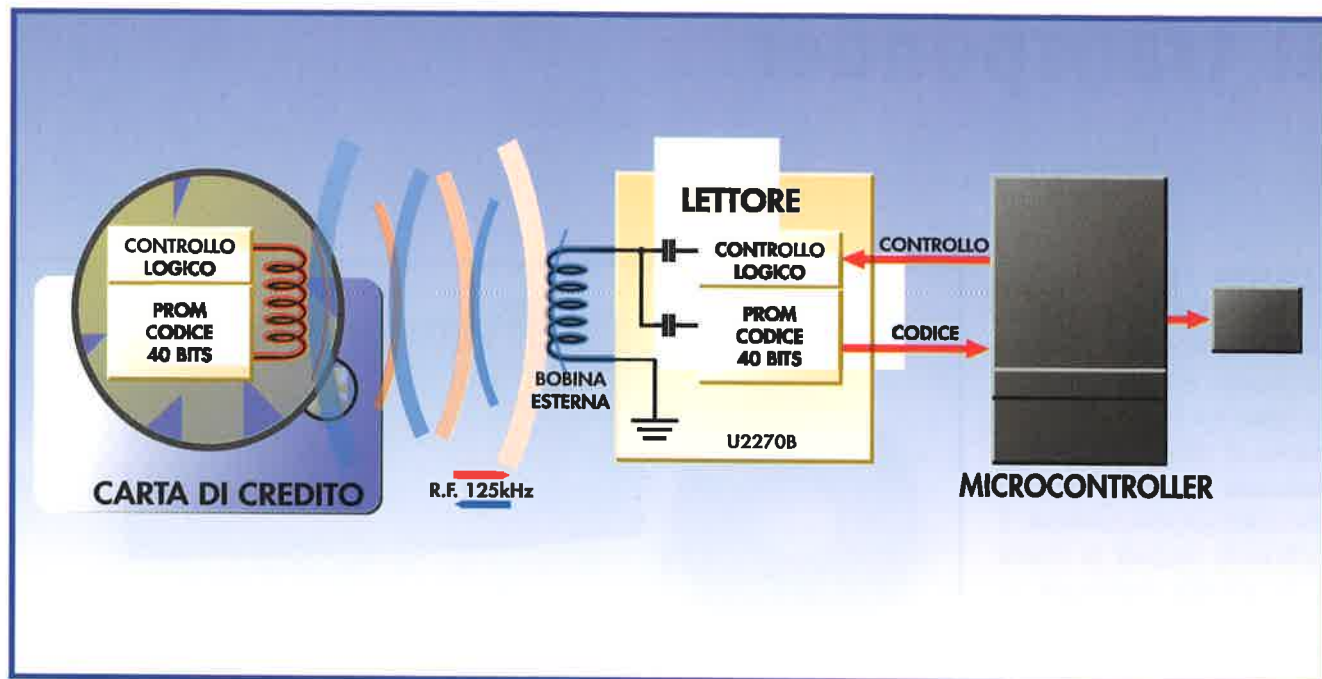


Transponder passivo in forma di scheda ISO, confrontata alla bobina di rivelazione del suo codice.

grammato nel transponder passivo, in questo caso una scheda simile a una carta di credito. Quando il codice letto coincide con tutti i 18 dati scritti nella memoria del lettore, si attiva un relé di apertura di una porta per un tempo prefissato.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

Il transponder passivo che contiene il codice di identificazione può prendere diverse forme: portachiavi, chiave, etichetta adesiva, ecc. In questo caso è stata scelta una scheda di plastica normalizzata ISO, la quale avvicina-



Schema a blocchi del sistema di serratura elettronica con transponder.

nandosi alla bobina del lettore invia il codice contenuto. Nella figura si può notare il transponder passivo e la bobina che ne raccoglie il codice.

FUNZIONAMENTO E UTILIZZO

Il principio di funzionamento del sistema è semplice; il lettore o identificatore dispone di un oscillatore che in questa applicazione è da 125 KHz, il quale controlla la grossa bobina che origina nel suo intorno un campo magnetico della stessa frequenza. Quando si introduce in questo campo la scheda o transponder passivo si crea una tensione indotta che, raddrizzata e filtrata, è sufficiente per alimentare il chip CMOS a basso consumo, che genera il codice con una serie di impulsi. Le variazioni del flusso magnetico inducono nella bobina del lettore un'altra tensione, correlata agli impulsi, che, dopo essere stata amplificata e filtrata, viene letta e codificata per essere comparata con i codici scritti in memoria. Nel caso che ci sia coincidenza, il microcontroller che governa queste ultime operazioni attiva un relé, per un tempo variabile.

Il sistema si compone di tre parti fondamentali:

1. Transponder passivo, formato dalla scheda ISO fabbricata da Sokymat. Contiene una bobina e una memoria PROM da 40 bit, programmata, che si attiva entrando nel campo magnetico del lettore, generando

detta informazione in modo seriale, insieme ai bit di inizio, parità e stop.

2. Lettore dei codici, costituito da un circuito integrato U2270B, della Temic, che contiene un oscillatore da 125 KHz e circuiteria elettronica ausiliare.

3. Microcontroller che gestisce il U2270B e riconosce i bit per l'identificazione e la successiva attivazione del relé di carico.

APPLICAZIONI E CIRCUITI REALI

Le possibilità di utilizzo dei transponder sono enormi, e oltre alla serratura qui descritta ne commentiamo i seguenti:

- a - Controllo tramite computer dei dati ricevuti. Al posto di utilizzare un microcontroller come identificatore, i bit inviati dal transponder passivo sono trasmessi in serie alla porta seriale di un PC dove vengono elaborati.
- b - Identificazione delle persone senza la necessità di presentare nessun elemento. Il transponder passivo può essere portato nella borsa, al polso, o in qualunque altro posto.
- c - Etichettamento di prodotti con transponder passivo per il controllo di vendite e furti.
- d - Controllo di animali.
- e - Automatizzazione del processo per avvicinamento dei pezzi, senza necessità di contatto fisico.

Display LCD (I)

SCHEMA TECNICA E COMMERCIALE

Il display a cristalli liquidi, chiamato in modo abbreviato LCD, è una delle periferiche attualmente più utilizzate per la presentazione dei messaggi. La sua flessibilità, buona visibilità e giusto prezzo, fanno di questo visua-

lizzatore un dispositivo insostituibile nelle applicazioni con i microcontroller.

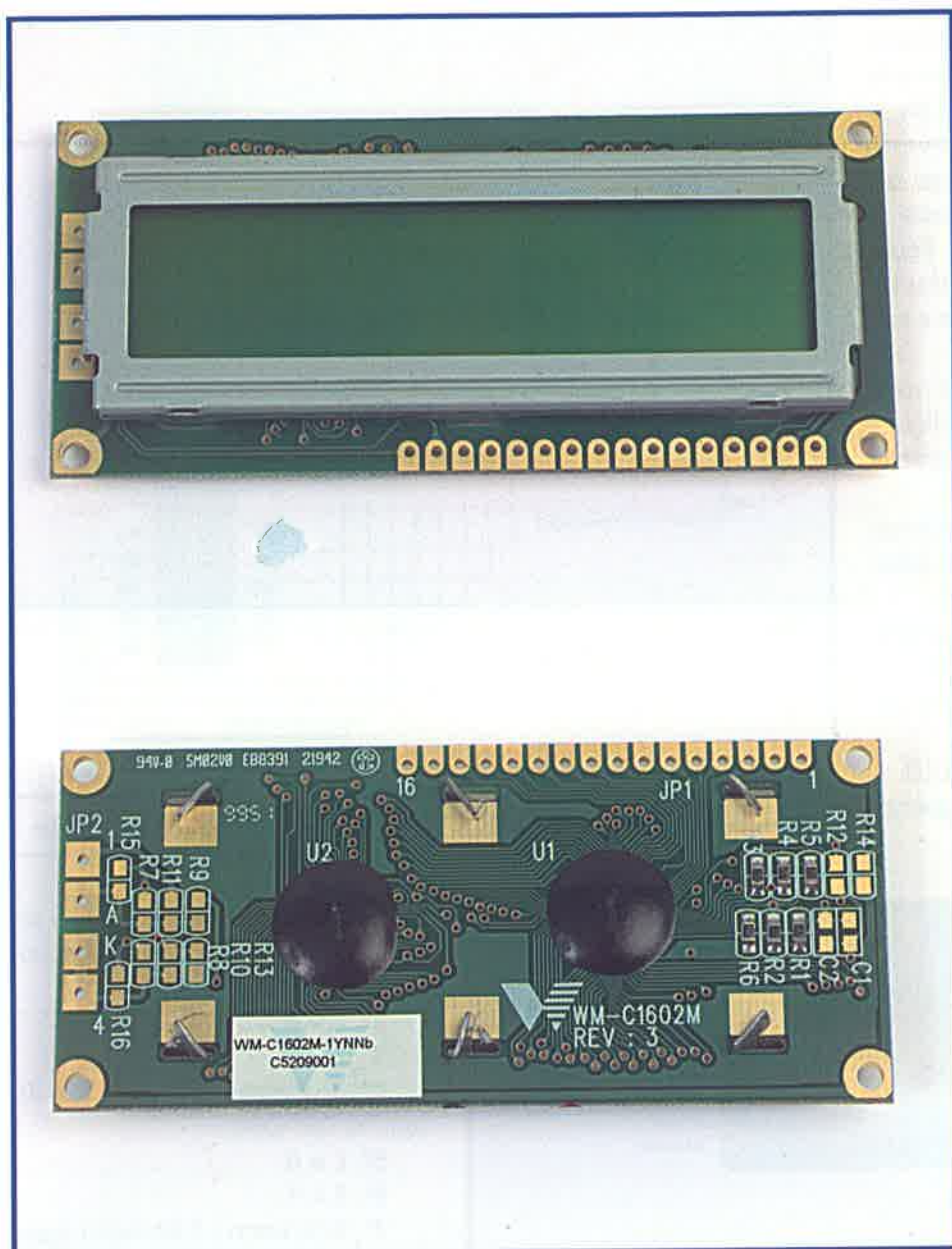
Nella fotografia si mostra un classico display LCD, che visualizza messaggi a due linee con un massimo di 16 caratteri ognuna: ovviamente, ne

esistono anche in altri formati. Ogni carattere è composto da una matrice di punti luminosi o pixel da 5 x 7. Il display LCD contiene un microcontroller che regola tutti i parametri di presentazione, uno dei più utilizzati è il modello 44780 di Hitachi.

PRESENTAZIONE E COLLEGAMENTO

Il display a 2 linee da 16 caratteri che descriveremo è prodotto dalla WINTEK CORPORATION, ed ha come riferimento WM-C1602M. Il suo funzionamento è governato da un microcontroller tipo HD44780 integrato sulla scheda ed è alimentato a +5 V con un consumo di 7,5 mW. Le prestazioni più importanti del microcontroller sono:

- 1^a. Ammette i caratteri ASCII, oltre a quelli Kanji e ai greci.
- 2^a. Si possono programmare caratteri speciali.
- 3^a. Spostamento dei caratteri a destra e a sinistra.
- 4^a. Possibilità di cambio di aspetto del cursore e movimenti del medesimo.
- 5^a. Orientamento della posizione di visualizzazione dei caratteri.



Display LCD a 2 linee di 16 caratteri, formati da una matrice da 5 x 7 pixel.

Display a cristalli liquidi

Il modulo dispone di 14 piedini, di cui 8 sono destinati al trasferimento dei dati e dei comandi, altri 2 supportano la tensione di alimentazione di +5 V e la massa, un altro regola il contrasto, e i tre rimanenti sono quelli destinati al controllo del trasferimento e servono per determinare se sia in lettura o in scrittura (R/W#), abilitazione (Enable) e tipo di informazione che si trasferisce: dati o comandi (I/D o R/S).

Il display LCD può lavorare in modo 4 bit, in cui il trasferimento di informazioni è realizzato utilizzando solamente le 4 linee più significative, DB7-DB4, e collegando a +5 V le altre 4. In questo modo sono impegnate meno linee del microcontroller, anche se diminuisce la velocità di trasferimento. Nella figura sono riportati i collegamenti del display LCD a un PIC16F84 con bus a 4 bit e con bus a 8 bit.

Per realizzare un'operazione di scrittura nel display LCD quando si utilizza il bus da 8 bit, si eseguono le seguenti operazioni:

1°. Linea R/S o I/D a 0 o 1, a seconda che si voglia inviare un comando o visualizzare un carattere.

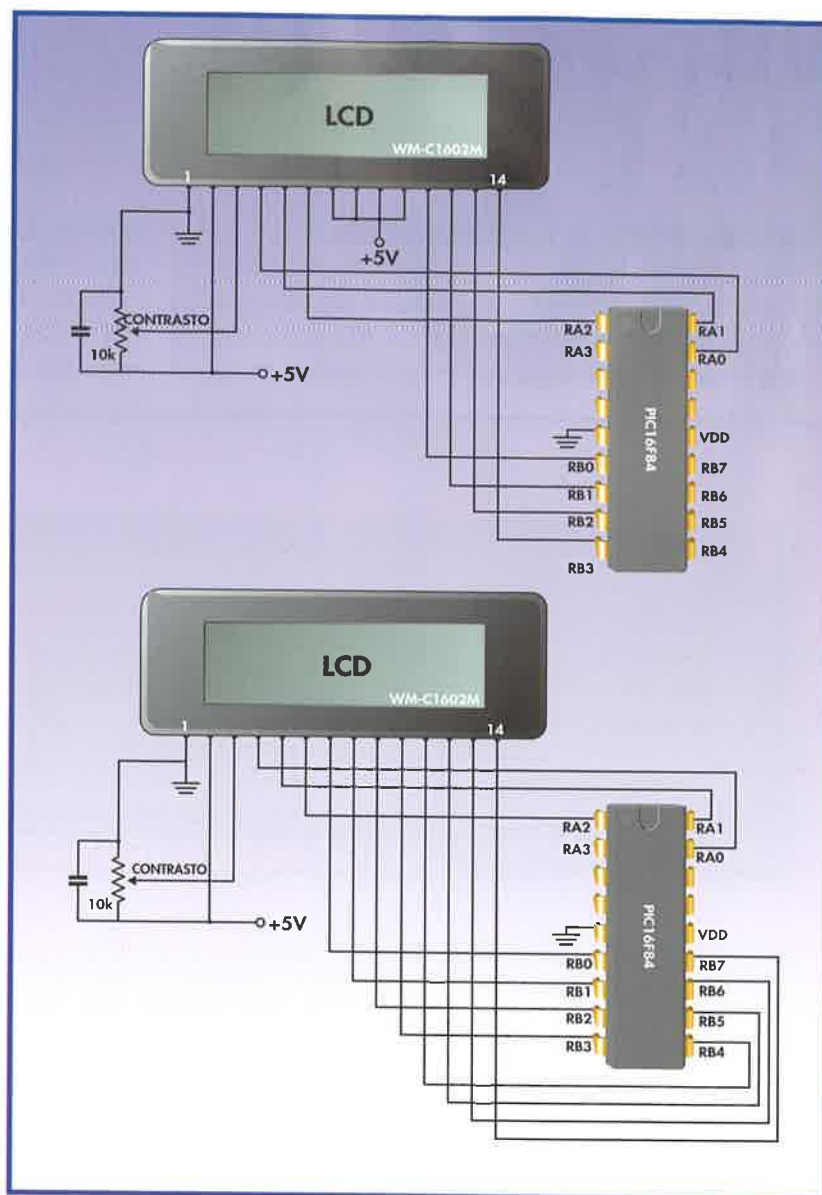
2°. Linea R/W# = 0 per il modo scrittura.

3°. Linea E = 1 per abilitare l'LCD.

4°. Si scrivono gli 8 bit sul bus dei dati DB7-DB0.

5°. Linea E = 0 per disabilitare l'LCD.

Se si utilizza il bus a 4 bit la sequenza sarà la seguente:



Collegamenti del display LCD ad un PIC 16F84 con bus da 4 bit e con bus da 8 bit.



Schema dei collegamenti del display LCD modello WM-C1602M.

1°. Linea R/S o I/D a 0 o 1, a seconda che si desideri trasferire un comando o un carattere.

2°. R/W# = 0.

3°. E = 1.

4°. Si scrivono i 4 bit più significativi in DB7-DB4.

5°. E = 0.

6°. E = 1.

7°. Si scrivono i 4 bit meno significativi in DB7-DB4.

8°. E = 0.

Display LCD (II)

INSIEME DI CARATTERI

Mediante il display LCD WM-C1602M possiamo visualizzare tutti i caratteri mostrati nella figura. I codici dei caratteri che desideriamo vedere si registrano in una memoria RAM da 80 caratteri, chiamata DDRAM. Esistono inoltre altre memorie da 64 caratteri, chiamate CGRAM, per immagazzinare caratteri speciali provenienti da un generatore di caratteri proprio, dove l'utente può definire fino a 8 caratteri da 5 x 7 pixel.

GIOCO DI ISTRUZIONI O COMANDI

Per gestire il display LCD e ottenere differenti effetti visivi esistono insiemi di istruzioni che vengono introdotte tramite il bus dei dati, quelle che descriviamo sono le più importanti:

CLEAR DISPLAY: Cancella il display LCD e colloca il cursore alla prima posizione (indirizzo 0): impiega ad eseguirsi 1,64 microsecondi.

		4 bit più significativi del carattere (hex)																	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F		
4 bit meno significativi del carattere	0	GG RAM (1)				0	0	P	\	P				-	タ	≡	α	p	
	1	GG RAM (2)				!	1	A	Q	3	4			。	ア	チ	△	あ	q
	2	GG RAM (3)				"	2	B	R	b	r			「	イ	ツ	×	β	θ
	3	GG RAM (4)				#	3	C	S	c	s			」	ウ	テ	≡	ε	κ
	4	GG RAM (5)				\$	4	D	T	d	t			、	エ	ト	†	ℙ	∞
	5	GG RAM (6)				%	5	E	U	e	u			・	チ	†	1	6	Ü
	6	GG RAM (7)				&	6	F	V	f	v			ヲ	0	ニ	ヨ	ρ	Σ
	7	GG RAM (8)				'	7	G	W	g	w			ア	キ	ヌ	ラ	g	π
	8	GG RAM (9)				(	8	H	X	h	x			イ	ク	ネ	リ	ℙ	×
	9	GG RAM (10)				)	9	I	Y	i	y			ッ	ク	ノ	ル	・	℥
	A	GG RAM (11)				*	*	J	Z	j	z			エ	コ	0	レ	j	チ
	B	GG RAM (12)				+	+	K	[	k	[			オ	サ	ヒ	ロ	*	ア
	C	GG RAM (13)				,	,	L	#	l	#			ハ	シ	フ	ワ	φ	円
	D	GG RAM (14)				-	-	M	]	m	]			ユ	ズ	へ	ン	も	÷
	E	GG RAM (15)				.	.	N	^	n	^			ヨ	セ	ホ	°	ℙ	℥
	F	GG RAM (16)				/	/	O	_	o	_			ッ	リ	マ	"	ö	■

Insieme di caratteri ASCII che può essere visualizzato nel display LCD.

CODICE:

RS	R/W#	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HOME: Colloca il cursore nella posizione di inizio e l'indirizzo della memoria DDRAM di visualizzazione si pone a 0. Tarda ad eseguirsi 1,64 microsecondi.

CODICE:

RS	R/W#	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	x

DISPLAY ON/OFF CONTROL: Attiva/disattiva il display (D), il cursore (C) e determina se lampeggia o no (B). Tarda ad eseguirsi 40 microsecondi.

CODICE:

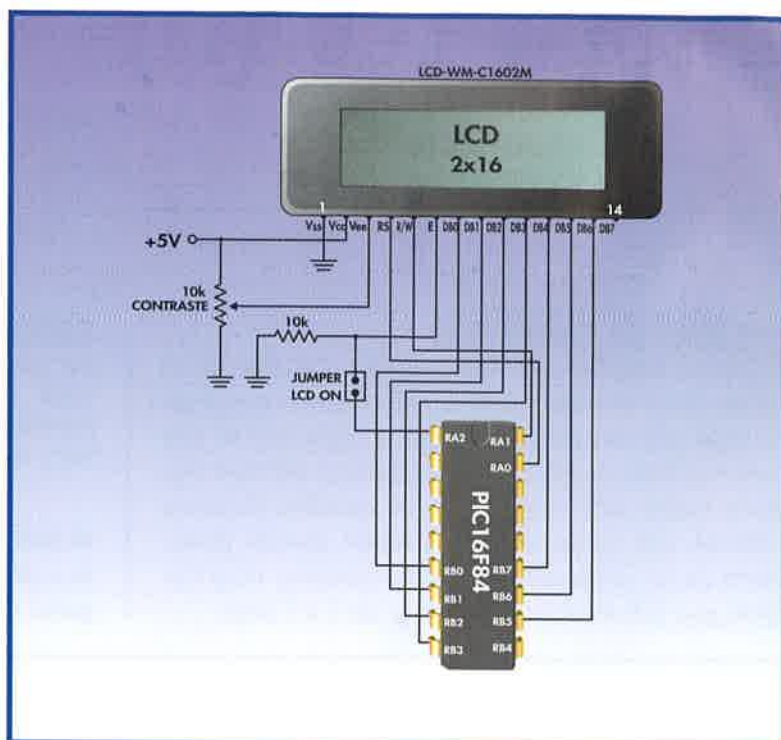
RS	R/W#	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
0	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

Esistono altri comandi che controllano la visualizzazione dei caratteri dalla memoria, il senso dello spostamento, il cursore. ecc..

CIRCUITI DI APPLICAZIONE

Nella figura è rappresentato lo schema dei collegamenti di un display LCD ad un PIC16F84 in base alla configurazione del sistema di sviluppo MICRO'PIC

TRAINER, già descritto. Le principali difficoltà dell'adattamento del PIC al display LCD risiedono nelle diverse velocità di funzionamento di questi due elementi. L'LCD impiega da 40 a 120 microsecondi a realizzare una lettura o una scrittura e fino a 5 millisecondi per compiere alcune operazioni speciali. Il PIC lavorando a 4 Mhz impiega 1 microsecondo per eseguire un'istruzione, tranne nei casi di salto che tarda il doppio. Per non ritardare il PIC, l'LCD possiede un'istruzione molto comoda, che dura solo un microsecondo e che legge l'indirizzo del contatore e il flag di "occupato" (BF: Flag Busy). Se eseguendo questa istruzione $BF = 1$, significa che il display LCD è occupato e non può essere né letto né scritto. Microchip offre una serie molto completa di routine per la gestione del display LCD. Ci riferiamo alla libreria LCD_LIB che è dedicata ai display a due linee di 16 caratteri, con collegamenti in modo bus a otto bit. Fra le routines più interessanti ne riportiamo alcune:



Schema di adattamento del display LCD al PIC16F84 nel MICRO'PIC TRAINER.

LCD_INI

Inizializza l' LCD a seconda dei tempi segnati dal costruttore (15 ms).

```
LCD_INI    movlw    b'00111000'
            call     LCD_REG      ;Codice dell'istruzione
            call     DELAY_5MS    ;Temporizza 5 ms
            movlw    b'00111000'
            call     LCD_REG
            call     DELAY_5MS
            movlw    b'00111000'
            call     LCD_REG
            call     DELAY_5MS
            return
```

LCD_DATI

Deposita il codice ASCII del carattere da visualizzare, presente nel registro W, sulla porta B. Attende che LCD esegua l'ultima operazione e genera un impulso di attivazione del segnale E.

```
LCD_DATI   bcf      RA,0          ;Disattiva RS (modo comando)
            movwf    RB            ;Valore ASCII da prendere per RB
            call     LCD_BUSY      ;Attende che si liberi l'LCD
            bsf      RA,0          ;Attiva RS (modo dato)
            goto     LCD_E         ;Genera un impulso sul segnale E
```

DELAY_5MS

Genera una temporizzazione di 5 ms. Si utilizzano due variabili chiamate DATO_A e DATO_B che si decrementano fino a completare la temporizzazione.

```
DELAY_5MS  movlw     0x1A          ;Carica la variabile DATO_B
            movwf    DATO_B
            clrf     DATO_A        ;Carica la variabile DATO_A
            decfsz   DATO_A,1      ;Decrementa la variabile DATO_A
            goto     DELAY_1      ;Routine di 1 ms
            decfsz   DATO_B,1      ;Decrementa la variabile DATO_B
            goto     DELAY_1
            return
```

La scheda MSX-84

UNO STRUMENTO DIDATTICO DI SPERIMENTAZIONE E APPLICAZIONE PROFESSIONALE

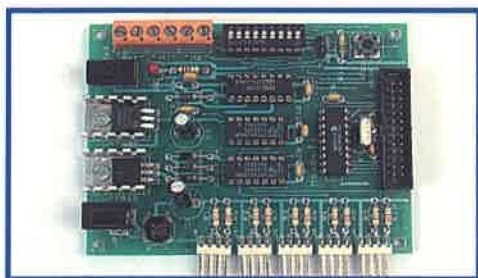
La scheda MSX-84 è stata progettata con tre obiettivi principali:

1. Costruire un supporto didattico per l'apprendimento pratico dei circuiti di controllo dei motori, e il collegamento dei sensori, attorno ad un microcontroller PIC16F84.

2. Impiegarla come piattaforma per lo sviluppo di applicazioni professionali, destinate a gestire dei motori secondo le informazioni di diversi sensori.

3. Funzionare come scheda di controllo del microrobot PICBOT-2.

Per coprire pienamente l'aspetto relativo all'apprendimento del controllo di motori e sensori con il PIC16F84,



Scheda MSX-84
per il controllo dei motori e dei sensori.

il produttore propone un kit composto da un manuale e da una collezione di esercizi e programmi risolti sulla

MSX-84 e un insieme di componenti formato da motori, diversi sensori e la circuiteria complementare per l'implementazione di tutti gli esercizi. Per ottenere maggiori informazioni consigliamo di consultare il sito Internet all'indirizzo www.microcontrolladores.com/picaplic.htm.

La scheda MSX-84 inoltre può essere inclusa in tutte le applicazioni in cui si controllino dei motori mediante le informazioni ricevute da differenti sensori digitali.

Infine la MSX-84 è la scheda di controllo del microrobot PICBOT-2, e anche di quest'ultimo potremo ottenere maggiori informazioni consultando Internet all'indirizzo indicato in precedenza.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA SCHEDA MSX-84

La MSX-84 è una scheda autonoma, di utilizzo generale e di basso costo, che è controllata da un PIC16F84 ed è capace di rilevare lo stato di cinque sensori digitali e pilotare due motori a corrente continua oppure uno PAP. Ecco alcune delle principali caratteristiche tecniche:

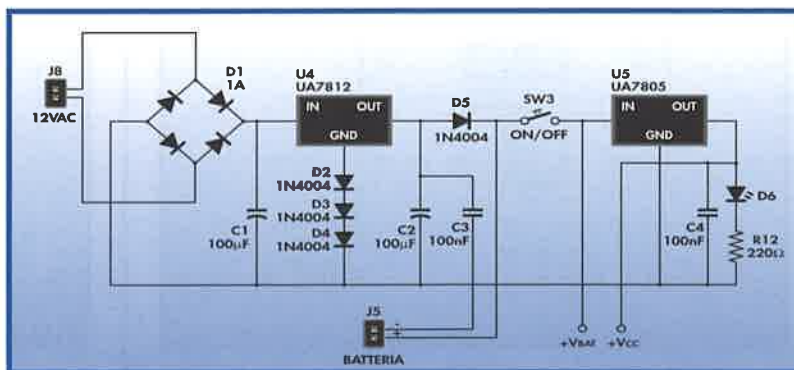
- Dimensione normalizzata di 80 x100 mm.
- Alimentazione mediante trasformatore da 15 VAC o batterie da 12 VDC.
- Circuiti per la ricarica delle batterie da 12 VDC.
- Comprende un circuito di raddrizzamento, filtraggio e regolazione.
- Dispone di un circuito oscillatore e uno di Reset per il PIC16F84.
- Selezione della tensione applicata ai motori.
- Possibilità di abilitare o no i sensori ed i motori in modo indipendente.
- Connettore PICBUS per adattarsi a tutti gli strumenti prodotti da Ingenieria de Microsistemas Programados S.L.

La scheda MSX-84 è composta da quattro blocchi principali che sono:

- 1°. Alimentatore - 2°. Sezione del microcontrollore - 3°. Sezione di ingresso dei sensori digitali - 4°. Sezione del controllo dei motori.

ALIMENTATORE

Lo schema dell'alimentatore è riportato nella figura, il suo compito principale è produrre il +5 VDC per ali-



Schema dell'alimentatore della scheda MSX-84.

mentare il circuito elettronico e il microcontroller, inoltre fornisce la tensione continua che alimenta il motore. La tensione alternata di ingresso per l'alimentatore deve essere prodotta da un trasformatore esterno da 12/15 VAC e si collega al connettore J8. Il ponte di Graetz D1, raddrizza questa tensione e C1 la filtra per ottenere da 15 a 21 VDC.

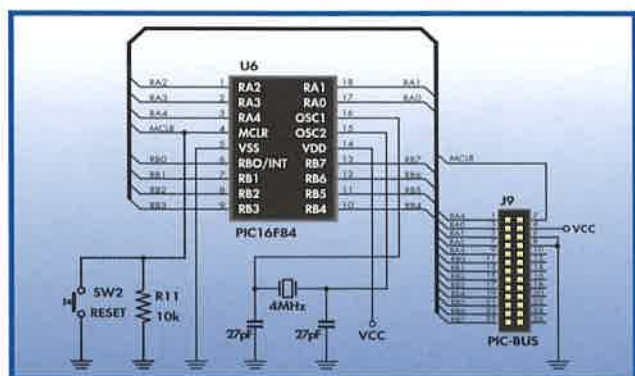
Tramite il regolatore di tensione 7812 e i diodi D2-D5 si ottiene una tensione stabilizzata di 13 VDC. L'interruttore SW3 applica questa tensione al regolatore 7805, alla cui uscita si ottiene il +5 VDC. D6 monitorizza questa tensione. Tramite l'uscita +VBAT si ottiene l'alimentazione per i motori. Un'altra possibilità è applicare tensione continua tramite pile o batterie al connettore J5; chiudendo SW3 questa tensione si applica sia ai motori (+VBAT), che al regolatore +5 VDC.

SEZIONE DEL MICROCONTROLLER

Nello schema della figura riferita a questa sezione, il quarzo che ha come sigla Y1, insieme ai condensatori C7 e C8 genera una frequenza di lavoro di 4 MHz per il PIC16F84. Il circuito di Reset è formato da SW2 e R1. Il connettore J9 PICBUS raccoglie tutti i segnali del microcontroller, in questo modo si può collegare anche ad altre periferiche.

SEZIONE DEGLI INGRESSI DIGITALI

Nello schema di questa sezione, possiamo notare l'associazione che esiste fra i connettori dei sensori di ingresso, i microinterruttori e le linee del PIC. Il sensore collegato tramite J4, associato alla linea RA4/TOCKI, inoltre può servire come ingresso degli impulsi che controllano il TMRO. In questo modo si possono sviluppare applicazioni in cui si debbano contare impulsi, misurare frequenze, ampiezze di impulsi, ecc. Il sensore collega-



Schema della sezione del microcontroller della scheda MSX-84.

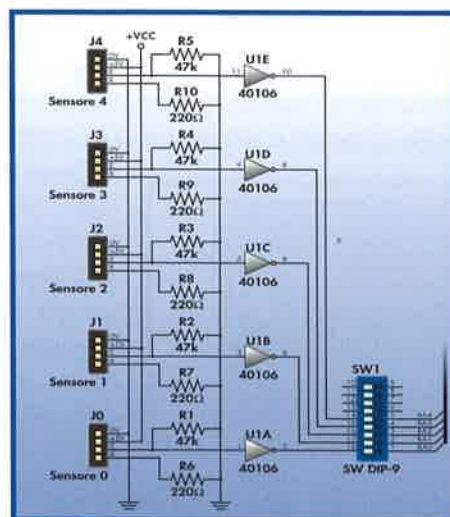
to a RBO/INT può essere escluso, per utilizzare questa linea per la richiesta di interrupt via hardware.

SEZIONE DEL CONTROLLO DEI MOTORI

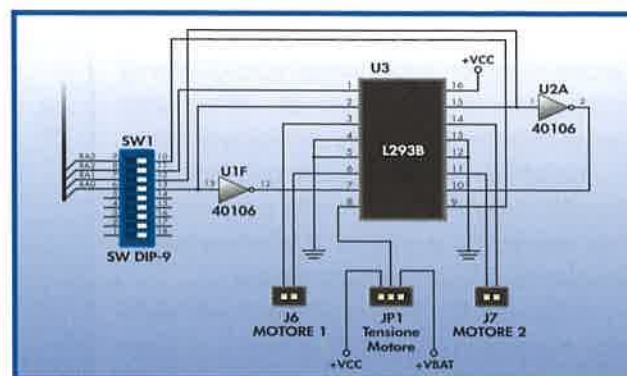
La MSX-84 utilizza il driver L293B per il controllo di due motori a corrente continua o uno PAP. Per il primo caso il segnale RA0 del PIC va a finire sul segnale IN1, tramite lo switch 6, e attraverso l'inverter U1F al segnale IN2. In questo modo si controllano le uscite OUT1 e OUT2 che pilotano un motore in entrambi i sensi di rotazione, a seconda del livello logico che prendono. Il pin RA1 pilota i segnali IN3 e IN4 che controllano le uscite OUT3 e OUT4, e di conseguenza l'altro motore a corrente continua. I segnali RA2 e RA3 restano collegati agli ingressi di abilitazione EN1 e EN2 che abilitano o no entrambi i motori. Il jumper JP1 seleziona la tensione di alimentazione dei motori, che può essere: +5 VDC o

+VBAT, da +13 a +15 VDC.

Gli switch 6, 7, 8 e 9 di SW1 permettono di scollegare i segnali RA0-RA3 per poterli utilizzare in altri compiti quando le applicazioni non prevedono l'utilizzo del driver L293B.



Schema della sezione dei sensori digitali di ingresso della MSX-84.



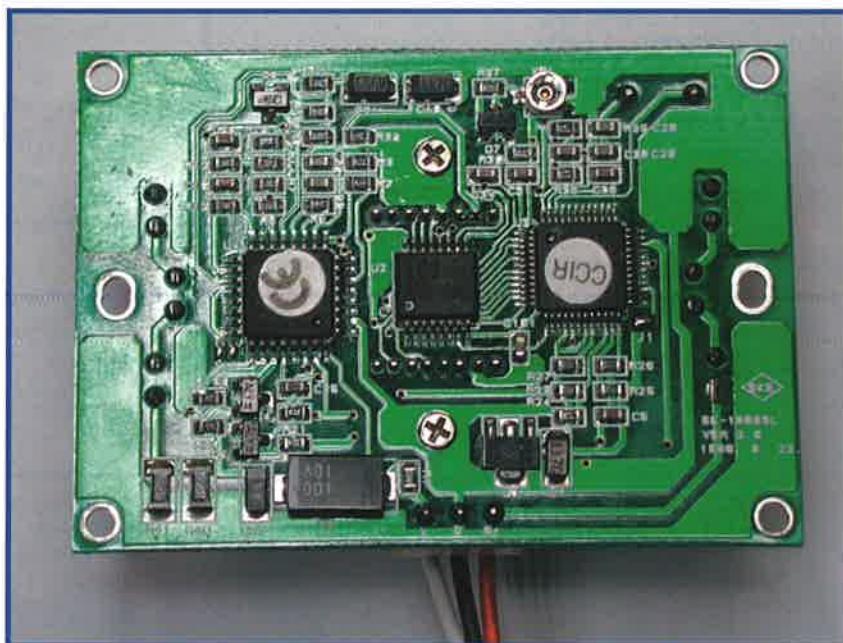
Schema elettrico della sezione di controllo dei motori nella scheda MSX-84.

Microtelecamere (I)

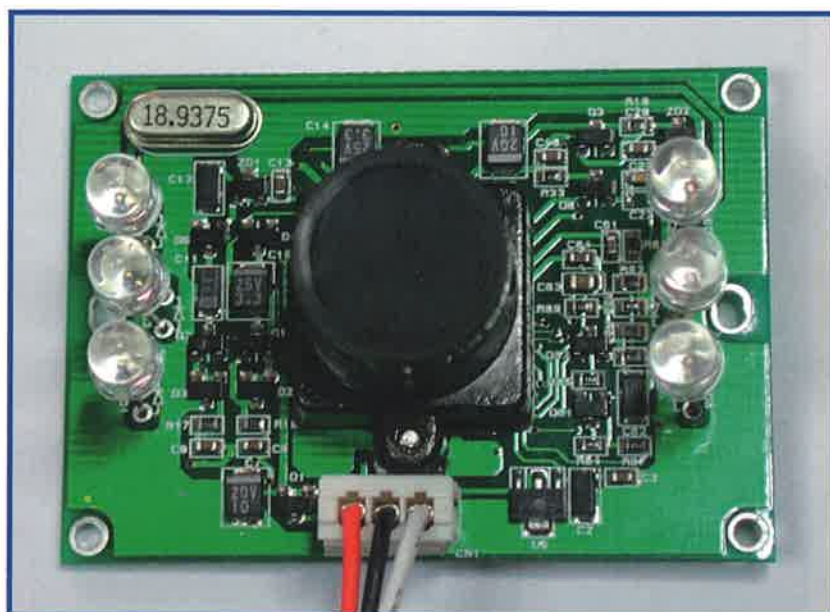
PRESENTAZIONE

Uno dei sensori che fornisce più informazioni è quello che genera l'immagine dell'ambiente di lavoro. In microrobotica, conoscere i dettagli e gli elementi che ruotano attorno al robot è imprescindibile, per poter scegliere la traiettoria più adatta ed eseguire le azioni più adeguate per sviluppare efficacemente il compito assegnato.

Gli avanzamenti tecnologici introdotti nelle microtelecamere, insieme alla riduzione di volume e di costo, hanno reso questi sensori ideali per essere incorporati nei microrobot; inoltre, la possibilità di ottenere un'uscita digitale in alcuni modelli, favorisce il successivo trattamento dei dati delle immagini da parte di microcontroller. Nella figura riprodotta qui sotto è ri-



L'utilizzo di componenti SMD permette al modulo della microtelecamera di avere dimensioni di 54 x 38 x 27 mm.



Microtelecamera monocromatica ideale per qualsiasi applicazione in microrobotica.

portata una microtelecamera monocromatica, commercializzata da Ingeniería de Microsistemas Programados S.L., molto pratica per qualsiasi applicazione in microrobotica.

La microtelecamera mostrata in fotografia occupa uno spazio di 54 x 38 x 27 mm, dimensioni ottenute grazie al fatto che tutta la circuiteria addizionale è basata su componenti elettronici SMD, come si può vedere nella vista posteriore della microtelecamera riportata nella figura in alto.

DESCRIZIONE TECNICA

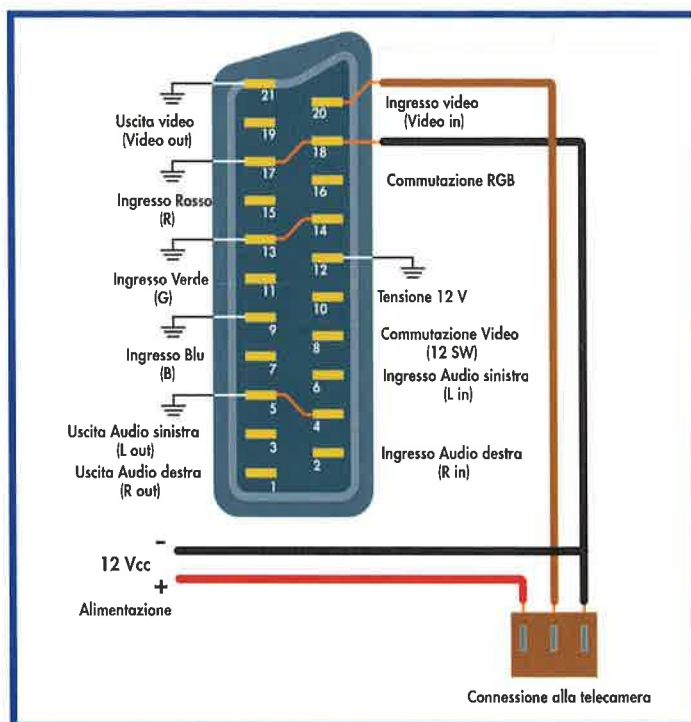
La sigla commerciale della microtelecamera presentata è CCD/B-N-5600; essa dispone di un sensore di immagine CCD che con la lente e i pochi componenti radiali di cui necessita, non supera i 27 mm

di altezza. Nella tabella sono riportate le altre prestazioni e i parametri di funzionamento.

La microtelecamera descritta ha una caratteristica molto interessante: la sua facilità di connessione a tutti gli apparati di trattamento dell'immagine, come possiamo vedere dallo schema della figura.

MICROTELECAMERE CON SENSORI CMOS

Oltre a utilizzare sensori CCD per la trasformazione dell'immagine in segnale elettrico, sono molto utilizzati anche i sensori CMOS. In questo caso in un unico chip costruito con questa tecnologia e montato su di un piccolo circuito stampato, sono integrate tutte le funzioni di una telecamera convenzionale: matrice di pixel dell'immagine, temporizzazioni, elaborazione dei segnali, ecc. Inoltre permette l'inserimento di una porta di uscita digitale. Nella figura sono rappresentati quattro modelli di diverse microtelecamere fabbricate con diverse tecnologie, e che sono commercializzate dalla ditta Ingeniería de Microsistemas Programados S.L.



Schema dei collegamenti della microtelecamera CCD/B-N-5600 alla presa scart.

Illuminazione minima: 0,1 lux

Sensibilità ai raggi infrarossi; può lavorare al buio

Controllo automatico dell'iris

Velocità dell'otturatore elettronico compresa fra 1/50 e 1/32.000

Collegamento diretto a un videoregistratore, televisore o monitor

Risoluzione in linee: 380 orizzontali x 450 verticali

Frequenza di scansione: 15.625 Hz

Consumo: 150 mA

Alimentazione: 12 VDC sempre molto ben stabilizzata

Angolo della lente: V = 55°, H = 74°

Angolo di apertura OA = 92°

Sistema di scansione interlacciato 2:1

Rapporto S/N: 50

Uscita analogica con 1 Vpp, 75 Ohm e polarità negativa

Peso: 33 grammi



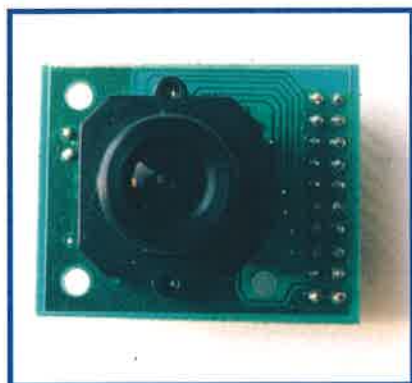
Modelli di microtelecamere.

Microcamere di visione (II)

MICROCAMERA DI VISIONE CMOS

Quando il costo costituisce un fattore decisivo nella scelta del tipo di microcamera, quelle costruite con la tecnologia CMOS risultano le più raccomandabili. Queste, oltre che in microrobotica, sono molto utilizzate nei videocitofoni, nei sistemi di sicurezza, visori di parcheggi, negozi, controlli di processi e visione artificiale.

Nella fotografia sottostante possiamo vedere il modello CMOS/B-N/AD-5603, che è il tipo monocromatico e presenta come caratteristica principale la sua uscita digitale. La microcamera presentata è basata



Microcamera CMOS/B-N/AD-5603.

su un microchip CMOS che integra tutte le funzioni di qualsiasi telecamera, come la matrice di pixel, l'elaborazione dei segnali, la temporizzazione, ecc.

Si tratta del sensore OV5017 di Omnivision. Nella tabella riportata qui sopra sono enunciate tutte le altre caratteristiche principali di questa telecamera.

Sensore di immagine CMOS di "modello OV5017 di Omnivision

Dimensioni: 35 x 29 mm

Illuminazione minima: 1 lux a f 1,4

Matrice dei pixel: 384 x 288

Dimensione del pixel: 11 x 11 micron

Velocità dell'otturatore: 1/50 a 1/5.000

Area dell'immagine effettiva: 4,2 x 3,2 mm

Tempo di esposizione: programmabile

Dimensione dell'immagine: programmabile

Uscita analogica: 75 ohm

Uscita digitale: 8 pixel di risoluzione

Scansione: progressiva (non interlacciata)

Alimentazione: + 5 VDC con 0,5 V di tolleranza

Lenti incluse: f 7,4 mm, F 2,1 (31,7° x 24,4°)

Rapporto S/N superiore a 42 dB

Consumo: Inferiore a 10 mA

IL CHIP OV5017

Questo chip contiene una telecamera video completa, con sensore da 384 x 288 pixel di dimensione dell'immagine. Il segnale analogico di uscita soddisfa i requisiti della normativa CCIR, con 50 fps di velocità massima, che si può pre-programmare, e che per molte applicazioni è eccessiva. Il chip contiene un convertitore AD a 8 bit, che fornisce un segnale digitale sincronizzato con la velocità di lettura della trama dei pixel. Mediante i pin HREF e VREF si può sincronizzare la lettura verticale e orizzontale dei pixel. L'uscita PCLK si sincronizza con la lettura dei pixel. La lettura dell'immagine può essere effettuata in modo manuale e automatico, quest'ultima opera con l'immagine completa. In modo manuale si può regolare ogni immagine e il guadagno è determinato dalle esigenze dell'applicazione, inoltre è possibile scegliere finestre parziali dell'immagine, e si possono selezionare differenti velocità di lettura sino a cambiare frequenza di clock, mediante il divisore della velocità di tra-

CMOS/B-N/AD-5603

Vista frontale della telecamera



PIEDINI DI CONNESSIONE

1-8

9

10

11-14

15

16

17

18

19

20

D0-D7

Vcc

GND

A3-A0

OEB

WEB

CSB

HREF

PCLK

VSYNC

Bus dei dati bidirezionale

Alimentazione DC 5V+/-0,5V

Massa

Indirizzi per i registri interni

Abilita uscita per il bus dei dati

Abilita scrittura per i registri interni

Abilita il chip al funzionamento

Uscita del sincronismo di linea

Uscita del clock di pixel

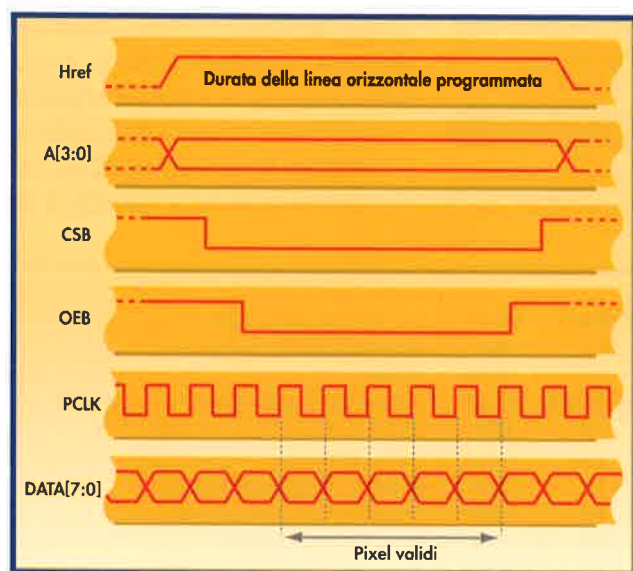
Uscita del sincronismo verticale

Schema dei collegamenti dei terminali della microcamera e compiti dei medesimi.

smissione. La lettura di una linea orizzontale della trama dei pixel si controlla con il segnale HREF. Nello schema della figura si riporta il diagramma dei collegamenti dei pin del modulo. Nel cronogramma della figura si riporta il funzionamento del bus dei dati a 8 bit della telecamera. Se viene selezionata una linea dell'array dei dati, quando i pixel di questa linea arrivano all'uscita, HREF = 1. Per leggere questi pixel bisogna indirizzare il registro appropriato con le linee degli indirizzi A3-A0, attivare il chip con CSB = 0 e il modo di lettura con OEB = 0. I pixel sono inviati tramite il bus e i dati sono sincronizzati al segnale PCLK. Quando si colloca un pixel sul bus, PCLK = 1, e quando PCLK = 0, è il momento di leggere questo dato, poiché si è stabilizzato. Per controllare il funzionamento della microcamera esistono dei registri interni che si indirizzano con le linee A3:A0 e che sono rappresentati nella tabella in alto.

SELEZIONE DELLA FINESTRA DI LAVORO

La matrice dei pixel del chip OV5017 è composta da 384 file per 288 colonne, che si dividono in blocchi da



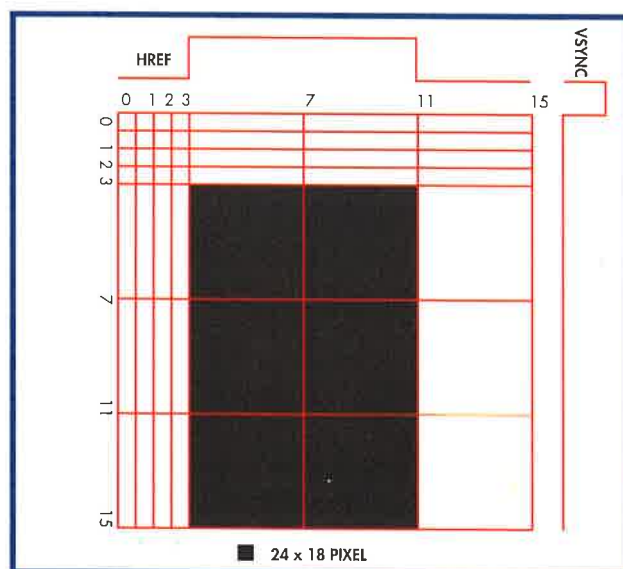
Cronogramma di funzionamento del bus dei dati della microcamera.

A[3:0]	Nome del registro	R/W	Nome dei bit	Funzione	Valore di default
10xx	VPORT	R	VD[7:0]	Dati del video	xxxxxxxx
0000	STATUS	R	TO2, TO1, OV, VSYNC, HREF, RDY	Registro di stato	00xxxxxx
0001	FCLT	R/W	SFR, FSET, SKIP, FBLC, STOP, SRST	Controllo del sistema. Controllo della trama dei dati	00xx0000
0010	EXCTL	R/W	AUTO, EX[6:0]	Modo manuale o automatico	11111111
0011	GCTL	R/W	GN[2:0]	Valore del guadagno	xxxxx000
0100	FRCTL	R/W	FDV[5:0]	Divisore della velocità di trasmissione	xx000000
0101	MCTL	R/W	GAMMA, MIR, DN, BLK, FZEX, PCKS, PCKI, BPSHP	Altri controlli	00000000
0110	HWCTL	R/W	HWS[3:0], HWE[3:0]	Controllo della finestra	00000000
0111	VWCTL	R/W	VWS[3:0], VWE[3:0]	Controllo della finestra	00000000
1110	TST	W	TST[7:0]	Riservato per test	xxxxxxxx
1111	TOPT	W	TOPT[7:0]	Riservato per test	xxxxxxxx

Tabella dei registri interni del chip OV5017.

16 x 16 come si vede nella figura. Ogni blocco è composto da 24 pixel orizzontali per 18 verticali. Il metodo per selezionare la posizione verticale e orizzontale della finestra è lo stesso.

Ogni indirizzo utilizza un registro di 8 bit. I bit 7:4 selezionano l'inizio del blocco e i bit 3:0 la fine. Ad esempio, nella figura in basso, per selezionare la regione evidenziata dovremo porre HWCTL = 4C hex. e VWCTL = 44 hex.



Nella selezione delle finestre la matrice dei pixel si divide in blocchi da 16 x 16, che contengono ognuno 24H x 18V pixel.

Microcamere di visione (III)

PRESENTAZIONE DI UN'APPLICAZIONE

Per verificare e capire il funzionamento e la gestione di una microcamera di visione, abbiamo scelto il modello descritto in precedenza, il CMOS/B-N/AD5603. Come microcontroller di gestione utilizzeremo il PIC16F84. L'applicazione è molto semplice, e consiste nel leggere i pixel dell'immagine in modo automatico, e in seguito visualizzarli sulla barra dei diodi LED.

Nella fotografia si mostrano i componenti utilizzati sulla scheda di prototipi PIC18-ME di Ingeniería de Microsistemas Programados S.L. Gli elementi più importanti sono la microcamera e la barra dei LED luminescente. Il PIC16F84 dispone solo di 13 linee di I/O digitali, che sono insufficienti per gestire tutti i segnali della microcamera. Per ampliare il numero di linee, sono state aggiunte esternamente due porte da 8 linee ognuna, mediante l'adattamento con il bus I2C.

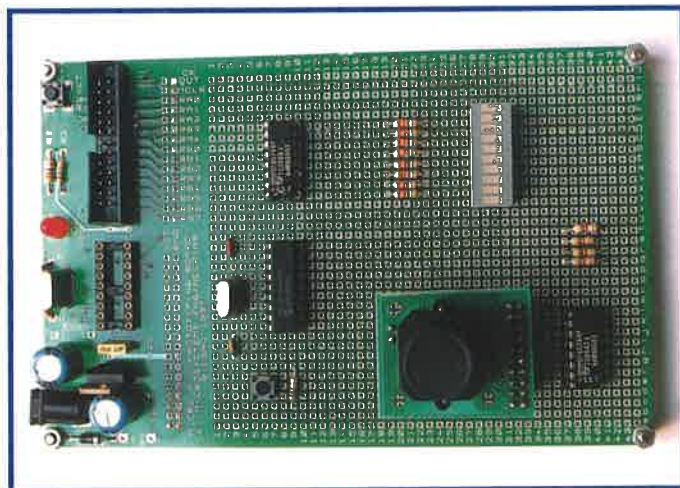
Il microcontroller usa la porta B come bus dei dati bidirezionale con la microcamera. Il piedino RA0 funziona come segnale SCL e RA1 come SDA, entrambi componenti del bus I2C. RA2 si collega con il segnale CSB (abilitazione della microcamera) e RA3 con PCLK (clock di lettura dei pixel). La porta A funziona come uscita, fatta eccezione per RA3 che è un ingresso e di RA4 che rimane libero. Ognuna delle porte complementari adattata con il bus I2C è implementata tramite il circuito integrato PCF8574A. Queste porte rispondono agli indirizzi 0111000 e 0111111. Il primo dei circuiti integrati utilizza i suoi pin

P0-P3 per indirizzare i registri interni della telecamera tramite A0-A3. P4 è collegato con OEB (permesso di lettura) e P5 con WEB (permesso di scrittura). Il secondo dei circuiti integrati per il bus I2C utilizza le sue linee per controllare la barra dei diodi LED. Il suo lavoro consiste nel

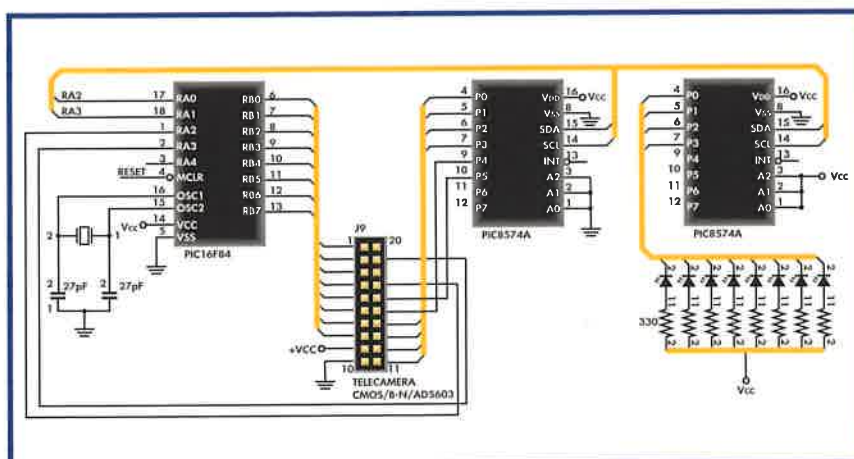
depositare il valore binario del pixel letto in una barra di LED, tramite l'elaborazione del PIC16F84.

Come possiamo vedere nello schema elettrico della figura, l'applicazione si configura attorno ad un PIC16F84: esso comunica con le due linee, che supportano il bus I2C con i due circuiti integrati PCF8574A i quali mettono a disposizione del microcontroller le otto linee di I/O di cui dispongono. Uno di questi circuiti inte-

grati controlla i segnali della telecamera e l'altro quelli della barra dei diodi LED, sulla quale si deposita il valore binario del pixel letto.



Realizzazione dell'applicazione su una scheda per prototipi.



Schema dei collegamenti della telecamera e della barra dei LED al PIC16F84, che ha le sue linee di I/O espanse tramite due PCF8574A.

; TELECAM.ASM

; Questo programma utilizza un PIC16C84 e due PCF8574A per gestire e visualizzare le informazioni di una telecamera con uscita digitale modello M4088. Si leggono i pixel della telecamera in modo automatico e si visualizzano su di una barra di LED.

```

list      p=16C84      ; Tipo di dispositivo
list      c=132        ; N° di caratteri per linea
list      n=66         ; N° di linee per pagina

CLKIN     EQU          .4000000      ; Frequenza di lavoro

include   "P16CXX.INC"      ; Definizione dei registri

I2C_var   EQU          0x0C          ; Inizio delle variabili del I2C
DATO      EQU          0x18
TEMPO1    EQU          0x19

org       0              ; Vector di RESET
goto     INIZIO
org       5

include   I2CLOW1.ASM"      ; Include le routine di gestione del bus I2C

```

; USCITA*: Queste routine leggono il valore presente nella variabile dato, e lo pongono via I2C sul dispositivo PCF8574A corrispondente.

```

USCITA1    call      Inizia_bus      ; Inizializza le linee del bus I2C
           call      Tx_Start_Bit    ; Invia condizione di inizio
           movlw     b'01110000'
           movwf     DataByte        ; Indirizzo dispositivo (lettura)
           call      Tx_Byte         ; Trasmette sequenza di STOP
           movwf     DataByte
           call      Tx_Byte
           call      Tx_Stop_Bit

USCITA2    call      Inizia_Bus      ; Inizializza le linee del bus I2C
           call      Tx_Start_Bit    ; Invia condizione di inizio
           movlw     b'01111110'
           movwf     DataByte        ; Trasmette Ind. dispositivo (lettura)
           call      Tx_Byte
           movwf     DataByte
           call      Tx_Byte
           call      Tx_Stop_Bit

```

; Routine di ritardo

```

DELAY      bcf       STATUS,RPO
           movlw     0x03
           movwf     TEMPO1
           call      DELT0
           return

DELT0      bcf       INTCON,2
           movlw     0x08
           movwf     OPTION_REG

DELT0_1    btfss    INTCON,2
           goto      DELT0_1
           decfsz    TEMPO1,1
           goto      DELT0
           return

```

; INIZIO DEL PROGRAMMA PRINCIPALE

```

INIZIO     bsf       STATUS,RPO      ; Seleziona banca 1
           movlw     b'10000111'
           movwf     OPTION_REG      ; Prescaler da 256 per il Timer0
           movlw     b'00001000'
           movwf     PORTA           ; PCLK ingresso, il resto di PA uscita
           movlw     b'11111111'
           movwf     PORTB
           bcf       STATUS,RPO      ; Torno al banco 0
           clrf      PORTA           ; Parte A e B a zero.
           bcf       INTCON,GIE      ; Scollega l'alimentazione
           bsf       PORTA,2         ; Indirizzo 1000. Chip in lettura
           movlw     b'00101000'
           movwf     DATO
           call      USCITA1
           bcf       PORTA,2         ; Abilita il chip
           call      DELAY            ; Si muove il dato del bus del video
           movlw     PORTB,W         ; alla porta B
           movwf     DATO,F          ; Si visualizza sulla barra dei LED
           call      USCITA2
           goto      CICLO

CICLO      call      DELAY
           movlw     PORTB,W
           movwf     DATO,F
           comf      DATO,F
           call      USCITA2
           goto      CICLO

end

```

Programma.

PRINCIPALI ELEMENTI DI PROGRAMMAZIONE

Per realizzare e capire questo programma di applicazione della microcamera, è necessario gestire i dati e i parametri del modello utilizzato commentati in precedenza. Inoltre, il controllo della telecamera esige la conoscenza dei suoi registri interni, così come degli indirizzi a cui corrispondono e delle funzioni che realizza, che sono esposte nella tabella.

A [3:0]	Nome del registro	R/W	Nome dei bit	Funzioni	Valore di default
10xx	VPORT	R	VD[7:0]	Dati del video	Xxxxxxx
0000	STATUS	R	TO2, TO1, OV, VSYNC, HREF, RDY	Registro di stato	00xxxxx
0001	FCTL	R/W	SF, FSET, SKIP, FBLC, STOP, SRST	Controllo del sistema	00xx0000
0010	EXCTL	R/W	AUTO, EX[6:0]	Controllo della trama dei dati	11111111
0011	GCTL	R/W	GN[2:0]	Modo manuale o automatico	xxxx000
0100	FRCTL	R/W	FDW[5:0]	Divisor della velocità di trasmissione	xx000000
0101	MCTL	R/W	GAMMA, MIR, DN, BK, FEEX, PCKS, PCKI, BPSHP	Controlli diversi	00000000
0110	HWCTL	R/W	HWS[3:0], HWE[3:0]	Controllo della finestra	00000000
0111	VWCTL	R/W	VWS[3:0], VWE[3:0]	Controllo della finestra	00000000
1110	TST	W	TS[7:0]	Riservato per test	Xxxxxxx
1111	TOPT	W	TOPT[7:0]	Riservato per test	Xxxxxxx

Nota: i bit non implementati nei registri di R/W rispondono con uno 0 nel ciclo di lettura, e non hanno nessun effetto in quello di scrittura.