

# GUARDIAMOCI ATTORNO

*In questo Workshop sospendiamo temporaneamente la costruzione di RZB-1 per iniziare ad affrontare un nuovo argomento, che sarà indispensabile per procedere con la costruzione del nostro robot: i sensori di prossimità.*

**N**elle pagine di questo fascicolo vengono introdotti alcuni nuovi concetti di base legati ai **sensori di prossimità**. Questa parentesi teorica è indispensabile per proseguire nella costruzione di RZB-1, e in particolare della sua scheda sensori, in modo consapevole. Con il termine **'sensore'** identifichiamo quei dispositivi elettronici o elettromeccanici che sono in grado di **rilevare parametri fisici trasformandoli in segnali elettrici**. I sensori costituiscono quindi gli 'organi sensoriali' delle macchine, attraverso i quali i sistemi robotici possono ricevere i feedback che li aiutano a interpretare e gestire interazioni più o meno complesse con l'ambiente circostante. È molto facile quindi intuire quanto sia fondamentale e delicato il ruolo di questi dispositivi per garantire il corretto funzionamento dei robot. Nelle pagine che seguono ci soffermeremo in maniera molto generica su un particolare tipo di dispositivi: i **sensori di prossimità**.

## COSA SUCCEDDE ATTORNO A NOI? >>>

Nel paragrafo precedente abbiamo proposto un semplice paragone tra la funzione svolta dai sensori e il ruolo degli organi sensoriali biologici. Prendiamo per un attimo i cinque principali sensi umani come riferimento: essi permettono al nostro cervello di rilevare stimoli luminosi (vista), sonori (udito), tattili e termici (tatto) e chimici (gusto e olfatto). L'insieme di queste informazioni ci consente di prendere



◀ Particolare di uno dei sensori di prossimità a infrarossi montati sul prototipo di RZB-1.

coscienza dello stato ambientale, consentendo l'**apprendimento**, il **movimento** e l'**azione**.

Sofferamoci ora solo su due dei sensi appena citati: la vista e il tatto, ossia i sensi essenziali per il movimento e la manipolazione dei corpi. Attraverso di essi il nostro cervello è in grado di **riconoscere forme e colori** delle superfici e di **identificare ingombri e volumi** nelle tre dimensioni dell'ambiente in cui viviamo (anche se questo è solo un quadro parziale e riduttivo dei compiti da essi svolti). Sotto questo profilo, quindi, sia la vista sia il tatto possono essere visti come sensi atti a **rilevare la presenza e la vicinanza** dei corpi: in robotica prenderebbero il nome di **sensori di prossimità**. Sebbene entrambi i sensi citati possano essere usati per svolgere compiti legati al rilevamento di prossimità, possiamo avanzare una osservazione apparentemente banale: occhi e pelle operano in modo radicalmente differente, così come possono essere differenti i tipi di sensori di prossimità utilizzabili sui robot.

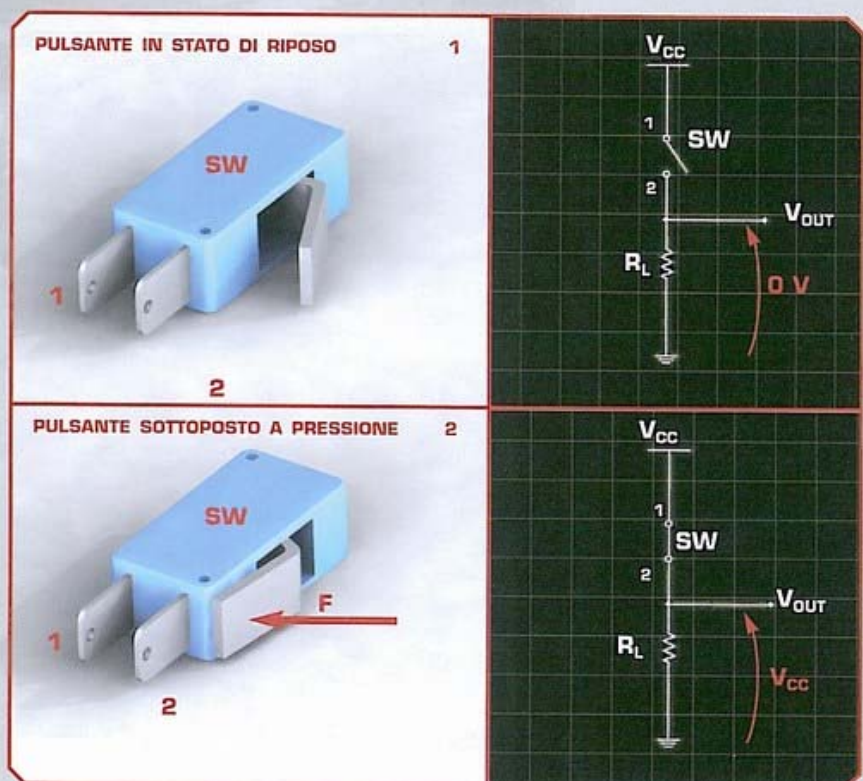
### IL FUNZIONAMENTO DEI SENSORI DI PROSSIMITÀ >>>

Proporre una panoramica generale e completa dei sensori di prossimità è purtroppo impossibile vista la grande quantità di tecnologie presenti sul mercato; ci concentreremo quindi sui dispositivi più facilmente reperibili e utilizzabili in ambito hobbistico. I primi sensori di prossimità a cui faremo riferimento sono

facilmente costruibili utilizzando componenti elettromeccanici, come i **pulsanti**. I pulsanti sono fondamentalmente interruttori a due stati (aperto e chiuso) che permangono in una condizione di riposo finché non sono sottoposti a una interazione meccanica (pressione). Con gli opportuni accorgimenti, di conseguenza, i pulsanti possono essere impiegati come **sensori di contatto** (la prossimità viene rilevata nel momento in cui il sensore entra in contatto fisico con l'ambiente circostante). Nell'immagine sottostante vediamo una serie di schemi che mostrano come un pulsante possa essere utilizzato per rilevare la presenza di un oggetto. Ipotizziamo che tale pulsante venga montato su un robot mobile in fase di spostamento in un ambiente chiuso. Negli schemi superiori il pulsante si trova in **condizione**

**di riposo**, che possiamo ipotizzare equivalente a un **interruttore 'aperto'** (nella realtà questa caratteristica dipende dal modello del pulsante; vi sono componenti che in condizioni standard si comportano come cortocircuiti). Nel momento in cui il robot collide con la parete, la forza del robot in movimento produce un'azione fisica sul pulsante (indicata con  $F$  nella figura 2), che si chiude cambiando stato (in pratica diventa equivalente a un cortocircuito). Il pulsante, infine, ritorna allo stato di riposo non appena viene a cessare la pressione dell'ostacolo. Il contatto può quindi essere identificato a livello elettrico andando a rilevare la tensione

↪ **Un micropulsante associato a un circuito elettrico può costituire un semplice sensore di contatto.**



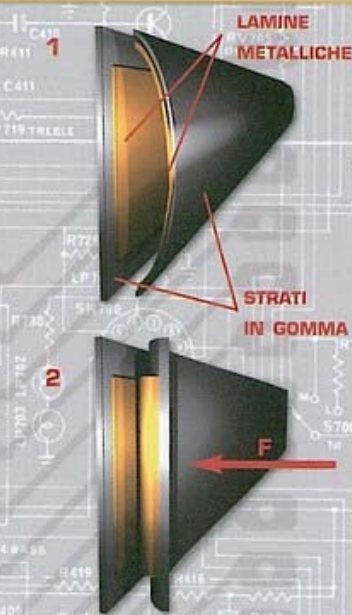
sul punto  $V_{OUT}$  del blocco elettrico del sensore (i due schemi elettrici posti alla destra delle figure forniscono una rappresentazione dello stato del circuito elettrico del sensore). Come puoi notare, quello proposto come esempio è un tipo di sensore estremamente semplice e di facile costruzione, ma non si rivela particolarmente efficace nelle applicazioni più complesse ed è completamente inutile in tutti quei casi in cui si vuole evitare un contatto diretto tra il robot e gli ostacoli. Un'alternativa all'uso dei pulsanti meccanici è adottata all'interno di diverse piattaforme robotiche mobili industriali nelle quali i sensori di contatto sono costruiti partendo da coppie di strisce di gomma parallele la cui superficie interna è rivestita da lamine metalliche (box in alto a destra).

**IL RILEVAMENTO A DISTANZA >>>**

I sensori di contatto visti nel paragrafo precedente sono caratterizzati da una struttura elettrica estremamente semplice, che li rende praticamente equivalenti a interruttori. La loro semplicità di utilizzo (e ovviamente il loro costo ridotto) li rende molto utili nelle applicazioni di robotica amatoriale; tuttavia la necessità di stabilire un contatto fisico con gli ostacoli costituisce un forte limite di questa classe di dispositivi, specialmente nelle applicazioni di robotica mobile. Basti pensare a cosa accadrebbe facendo muovere una piattaforma robotica mobile di un quintale di massa dotata

**I SENSORI DI CONTATTO A LAMINE PARALLELE >>>**

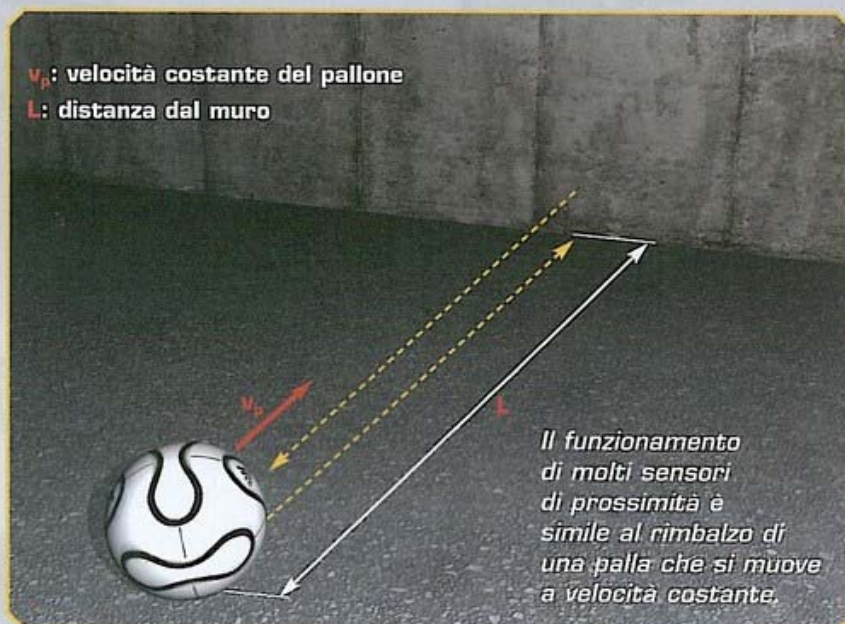
Sono sensori formati da due strisce parallele di gomma o silicone al cui interno sono inserite due lamine metalliche. In condizioni normali le due strisce si trovano separate (schema 1) e le lamine conduttive sono isolate l'una dall'altra, ma in presenza di una pressione che deforma e comprime tali elementi (F, schema 2) le due parti metalliche vengono poste in contatto reciproco. Si ottiene un banale interruttore, ma che ha il vantaggio di poter operare in modo esteso lungo una intera superficie e non attorno a un semplice punto, come avviene per la maggior parte degli interruttori.



esclusivamente di sensori di contatto in un ambiente domestico: sarebbe come entrare in una cristalleria con gli occhi bendati. Sicuramente riusciremmo a muoverci, ma la continua necessità di localizzare i contorni del mondo circostante con l'uso delle mani produrrebbe, per diretta conseguenza, una gran quantità di danni. In questi casi è, invece, preferibile l'utilizzo di sensori di

prossimità in grado di operare a distanza, attraverso l'emissione di segnali di varia natura. Alla base del funzionamento di molti di questi dispositivi vi è un principio comune legato alla 'riflessione' dei segnali emessi. Per comprendere meglio questo funzionamento proviamo a ricorrere a un esempio molto banale. Immaginiamo di porci di fronte a un muro a una

$v_p$ : velocità costante del pallone  
L: distanza dal muro



Il funzionamento di molti sensori di prossimità è simile al rimbalzo di una palla che si muove a velocità costante.

distanza  $L$  e di calciare un pallone a una **velocità ben precisa e nota**, che chiameremo  $v_p$  (fase che prende il nome di **ping**). Immaginiamo che il **pallone non sia soggetto ad attriti e che l'impatto con il muro si limiti a far rimbalzare la sfera, senza alterarne la velocità**. Per effetto del rimbalzo il pallone tornerà tra i nostri piedi dopo un tempo di ' $t$ ' secondi (effetto di **eco**), durante i quali avrà percorso un tratto di spazio pari a  **$2 \cdot L$  metri** ( $L$  metri per raggiungere il muro e  $L$  metri per tornare, vedi figura in basso nella pagina precedente). Per il legame che unisce spazio, velocità e tempo possiamo scrivere:

$$2 \cdot L = v_p \cdot t$$

ossia, dividendo per 2 entrambi i termini dell'equazione:

$$L = (v_p \cdot t) / 2$$

Con questa seconda formula possiamo esprimere, in pratica, la distanza dal muro in funzione di due parametri: la velocità del pallone e il suo 'tempo di viaggio'. Quindi se volessimo 'misurare' la distanza che ci separa da un qualsiasi ostacolo sarà sufficiente lanciaarvi contro il pallone con una velocità nota  $v_p$  e misurare dopo quanto tempo il pallone tornerà in nostro possesso. Quello

*Un semplice sensore IR può essere realizzato con un LED e un fototransistor (nell'immagine di sfondo).*



Un sensore telemetrico laser professionale prodotto dalla SICK.

appena descritto è il principio di funzionamento di alcuni dei sensori di prossimità e telemetrici (ossia in grado di misurare distanze) più diffusi nelle applicazioni industriali, civili e militari. Ciò che cambia è la **natura del segnale emesso** (ossia il 'pallone'). I **SONAR**, ad esempio, utilizzano impulsi sonori ultrasonici o infrasonici, mentre nei **RADAR** sono usate **onde elettromagnetiche**. Nei **telemetri LASER** (figura in alto), invece, vengono impiegati impulsi di luce, spesso con frequenza infrarossa.

#### UN SEMPLICE SENSORE A INFRAROSSI >>>

Quelli appena presentati sono sensori che operano misurando i 'tempi di volo' degli impulsi emessi. Il loro funzionamento è quindi soggetto a operazioni sequenziali e periodiche di misurazione delle distanze. Esistono anche sensori di prossimità, però, che lavorano diversamente, basandosi sull'**indebolimento dell'emissione luminosa**. Come nei dispositivi visti in precedenza, anche in questo caso abbiamo una **sorgente**

che emette un segnale luminoso (costante o modulato) e un **elemento ricevente** sul quale cade l'eventuale radiazione riflessa. Ciò che permette di valutare la distanza, però, non è un tempo, ma l'**intensità del segnale luminoso riflesso**. Con l'**aumentare della distanza dalla sorgente luminosa**, infatti, il **segnale luminoso tende a disperdersi diventando sempre più debole**. Quindi più è alta l'**intensità del segnale riflesso sul ricevitore**, più l'**ostacolo si trova vicino al sensore**. Questi sensori di prossimità sono spesso realizzabili in modo molto semplice (infatti sono proprio i sensori che realizzeremo per RZB-1), utilizzando un comune **LED infrarosso** come emettitore e un **fototransistor** come ricevitore (immagine di sfondo). Con i LED abbiamo acquisito oramai una buona familiarità; al contrario il concetto di fototransistor appare completamente nuovo. Si tratta semplicemente di un dispositivo concettualmente molto simile a un BJT, ma che differisce da esso per il modo in cui viene regolata la corrente di collettore. Nei BJT, infatti, tale corrente è proporzionale a quella di base; nei **fototransistor**, invece, **dipende dall'intensità luminosa incidente**. Nel prossimo Workshop proveremo proprio uno di questi sensori.