

I SENSORI DI RZB-1

Dopo aver sperimentato nel fascicolo 40 il funzionamento di un semplice sensore di prossimità a infrarossi, facciamo un passo in avanti nella costruzione e nella prova di un ulteriore sensore, equivalente a quelli di RZB-1.

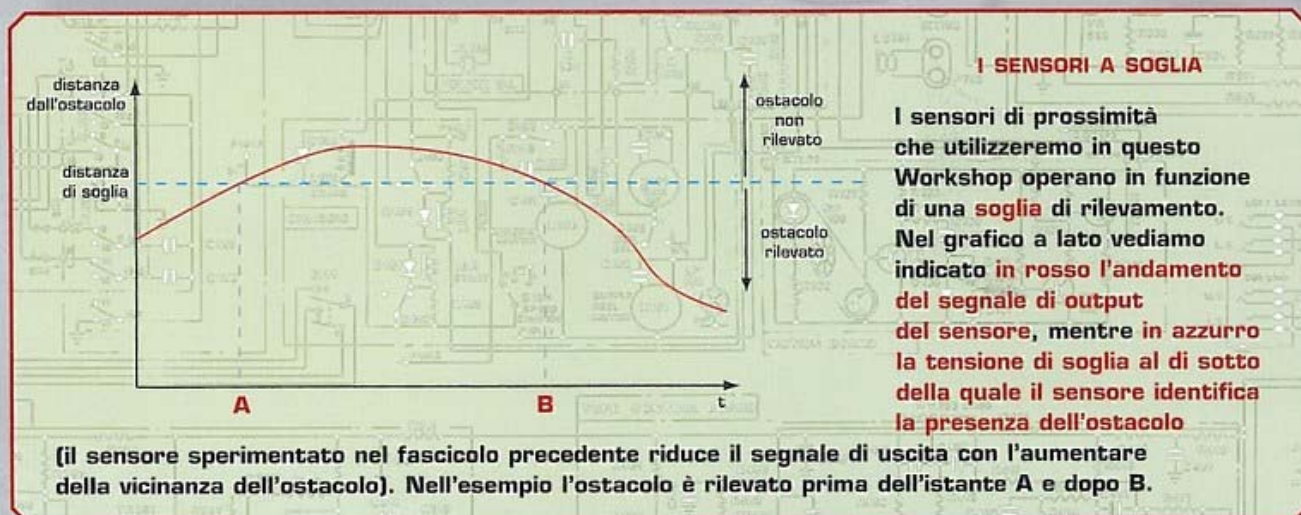
Seguendo lo StepbyStep hai avuto occasione di sperimentare concretamente i principi fisici di funzionamento di un semplicissimo sensore di prossimità basato sui raggi infrarossi. In questo fascicolo vedremo come 'espandere' il sensore precedente fino ad arrivare alla definizione del circuito definitivo della scheda motori di RZB-1.

IL SENSORE A SOGLIA >>>

Nello StepbyStep precedente hai potuto verificare come la tensione di output del

sensore vari in funzione della distanza e del colore di un eventuale ostacolo. Tale tipo di output, tuttavia, non è tecnologicamente compatibile in modo diretto con quello che sarà il sistema di controllo centrale del nostro robot, basato invece su un'architettura digitale. Dobbiamo quindi adattare il sistema di rilevamento, rendendolo in grado di produrre un output a due livelli elettrici. Il modo più intuitivo per fare ciò è quello di pensare a un sensore che operi 'a soglia', ossia che rilevi la presenza di un

ostacolo solo quando la tensione di output del sensore è inferiore (ricordiamo che con l'aumentare dei raggi IR riflessi la tensione V_{CE} del fototransistor diminuisce) rispetto a una precisa tensione di riferimento (soglia di rilevamento). A questo punto, l'output del sensore non sarà più un segnale analogico, bensì un valore digitale che potrà valere 0 o 1. Nel caso della nostra scheda il valore di output del sensore dovrà rispondere a una ben precisa domanda: 'è stato rilevato un ostacolo?'. Se l'ostacolo

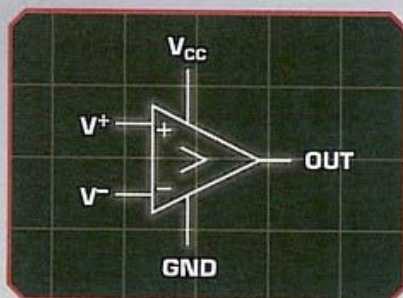


è realmente **presente**, l'uscita dovrà valere '1' (ossia il valore digitale associato a 'vero'), mentre nel caso in cui il **cono visivo del sensore si trovasse 'libero'** l'uscita sarà **conseguentemente '0'** (ossia 'falso'). Quanto detto finora dovrebbe apparire abbastanza intuitivo, se non altro a livello di comportamento del dispositivo, ma **come possiamo stabilire se una tensione è superiore o inferiore rispetto a un'altra?** La risposta a tale problema è già stata incontrata (anche se in modo non specifico) all'interno del Focus On del fascicolo 18, dedicato al circuito integrato 555, e riguarda l'uso dei cosiddetti **'comparatori'**.

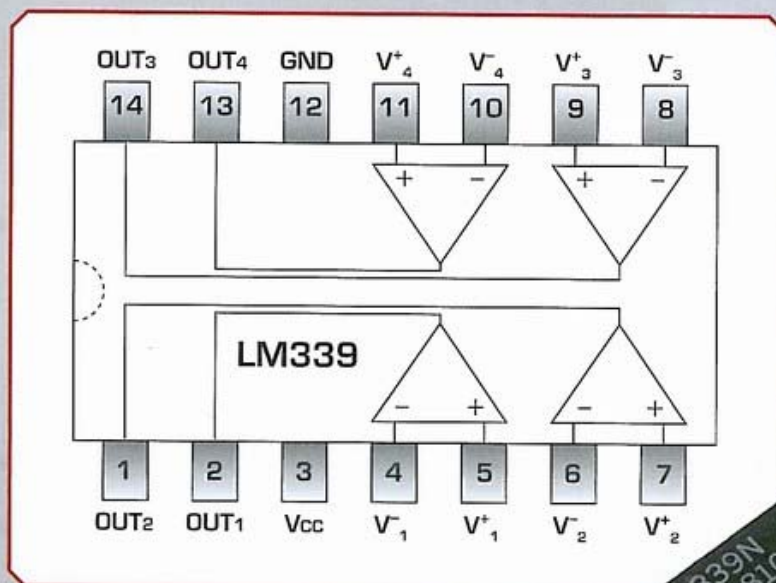
I COMPARATORI >>>

I comparatori di tensione sono **dispositivi integrati basati su transistor che possono essere impiegati per effettuare confronti tra due tensioni all'interno di un circuito.**

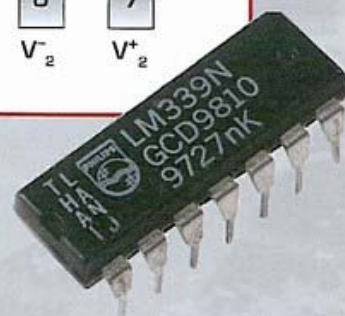
In termini di struttura, ogni comparatore è caratterizzato generalmente da **5 pin**, come puoi vedere dal simbolo elettrico mostrato in basso a sinistra. Ricordiamo che, negli integrati che accorpano più di un dispositivo, alcuni di questi



Il simbolo di un comparatore di tensione in cui sono indicate le linee V_{CC} e GND .



In alto, lo schema interno del circuito integrato LM339. A destra, una foto del circuito integrato.

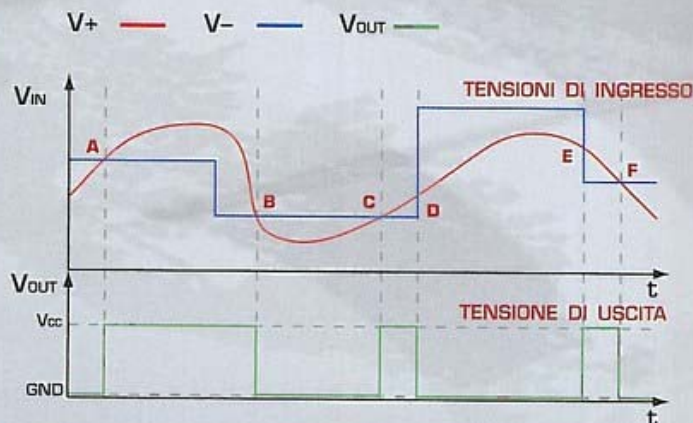


contatti sono cortocircuitati e condivisi. Due di questi contatti corrispondono alle **linee di alimentazione** del comparatore, mentre gli altri tre sono ripartiti in **due ingressi** e **un'uscita**. I due ingressi sono contraddistinti dai simboli '+' (**tensione di ingresso V^+**) e '-' (**tensione di ingresso V^-**) e rappresentano i **reofori su cui sono rilevate le tensioni da confrontare**. L'uscita

V_{OUT} costituisce, invece, il **pin su cui si rileva il risultato dell'operazione di confronto dei due ingressi**. Il funzionamento di tali dispositivi è semplice: in pratica forniscono un'uscita alta se V^+ è maggiore di V^- ,

mentre portano l'uscita a massa se V^- è maggiore di V^+ (vedi schema in basso a destra). Per costruire RZB-1 impiegheremo **due integrati LM339**, ognuno dei quali contenente **quattro comparatori di tensione** (puoi vedere lo schema interno

Nei tratti AB, CD ed EF si ha V^+ (linea rossa) maggiore di V^- (linea blu) con l'uscita $V_{OUT}=V_{CC}$. Altrove, $V_{OUT}=GND$.



dell'integrato nella figura in alto nella pagina precedente). Come puoi osservare dallo schema, **per ognuno dei quattro componenti sono indicati solo 3 dei pin in precedenza citati: le linee di alimentazione e le masse, infatti, sono in comune a tutti i comparatori e definite dai pin 3 (V_{CC}) e 12 (GND).** Una nota in particolare deve essere fatta parlando dei pin di uscita del circuito integrato LM339. Le quattro uscite sono, infatti, molto differenti da quelle delle porte logiche viste finora. I comparatori dell'integrato LM339, infatti, appartengono alla categoria dei dispositivi **'open-collector'**, una speciale famiglia di componenti digitali nei quali **la porzione di uscita del circuito è priva del transistor di pull-up** (vedi fascicolo 23), **che deve però essere rimpiazzato mediante un resistore esterno** (vedi Focus On a pagina 8). Quando dovremo utilizzarlo, quindi, prenderemo in considerazione anche l'inserimento di questo ulteriore componente resistivo.

I SENSORI

A SOGLIA DI RZB-1 >>>

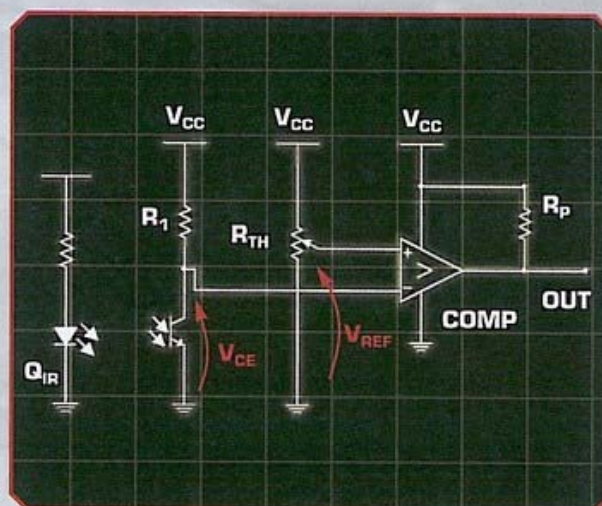
Ora che abbiamo capito il funzionamento dei comparatori di tensione possiamo osservare come tali circuiti trovano spazio nella realizzazione di un sensore di prossimità a soglia. Innanzitutto riprendiamo il modello del circuito ricevente del sensore che abbiamo visto nel fascicolo 40. Sofferamoci in particolare sulla porzione di circuito legata alla ricezione del segnale

riflesso: sappiamo che tale circuito si comporta in maniera molto simile a un partitore di tensione nel quale la caduta di tensione sul fototransistor diminuisce con l'aumentare dell'intensità della radiazione incidente. **Il comparatore può quindi essere impiegato per rilevare 'quando' la caduta di tensione sul fototransistor scende sotto una determinata soglia di riferimento,** corrispondente alla soglia di rilevamento dell'ostacolo. Vediamo come strutturare il sensore. Nel primo paragrafo abbiamo indicato le specifiche di progetto, **che prevedono un output alto in presenza di un ostacolo.** Vogliamo quindi che il comparatore porti la tensione di uscita a un valore alto nel momento in cui il voltaggio sul fototransistor scende al di sotto di un preciso valore di soglia, che chiameremo V_{REF} . Dovrà quindi verificarsi il seguente comportamento:

$V_Q > V_{REF}$	$V_{OUT} = 0$
$V_Q < V_{REF}$	$V_{OUT} = V_{CC}$

➔ *A destra, la porzione di ricezione di un sensore di prossimità a infrarossi basato su funzionamento a soglia. Il comparatore confronta in tempo reale la caduta di tensione V_{CE} con il valore di riferimento V_{REF} .*

Per ottenere ciò sarà sufficiente **collegare V_{REF} all'ingresso V^+ del comparatore e V_{CE} (ossia la tensione sul fototransistor) al morsetto V^- .** Ma, mentre abbiamo oramai chiarito il significato di V_{CE} , da dove viene presa V_{REF} ? V_{REF} è semplicemente **un segnale elettrico compreso tra gli 0 V e la tensione di alimentazione,** che possiamo ottenere utilizzando semplicemente un **partitore di tensione** o, meglio ancora, **un trimmer resistivo.** L'utilizzo di un trimmer resistivo, a differenza di un partitore di tensione fisso, offre un **vantaggio:** la possibilità di **ottenere una V_{REF} variabile dall'utente** e, di conseguenza, la possibilità di **regolare (tarare) la sensibilità** del sensore stesso. In questo modo sarà possibile **aumentare o ridurre la soglia di rilevamento degli ostacoli, ma anche impostare il sensore in funzione della luminosità dell'ambiente in cui il robot si sta muovendo.** Nello schema sotto puoi vedere il circuito alla base del ricevitore infrarosso, realizzato utilizzando un comparatore LM339. In esso



puoi notare il **trimmer** R_{TH} , che permette la taratura del sensore, e il **resistore di pull-up** R_p . Nello StepbyStep delle prossime pagine potrai

provare questa versione evoluta del sensore di prossimità. Nel prossimo fascicolo, infine, realizzeremo la scheda sensori finale di RZB-1, collegandola ai

cinque terminali a infrarossi già montati sul telaio del robot e passando poi al collaudo del circuito usando la breadboard e altri semplici componenti.

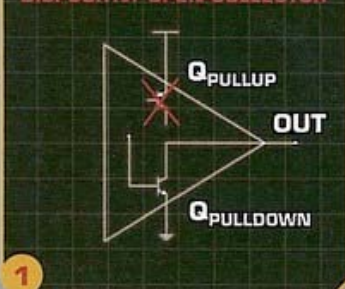
FOCUS ON

I DISPOSITIVI LOGICI CON TECNOLOGIA OPEN-COLLECTOR

Nel Focus On del Workshop 23 abbiamo descritto la struttura circuitale a transistor complementari delle porte logiche CMOS (struttura che viene riproposta in modo analogo anche nelle architetture logiche basate su transistor a giunzione bipolare). Abbiamo anche visto la presenza di un parametro chiamato 'corrente di source' (generalmente dell'ordine delle decine di mA). Esiste però un ulteriore tipo di tecnologia integrata che prende il nome di 'open-collector'. I circuiti open collector sono caratterizzati dalla **manca** del transistor di pull-up (figura 1 sotto), mentre permane la presenza di quello di pull-down. Ricordando la funzione svolta da questi due dispositivi, i **sistemi open-collector si rivelano in grado soltanto di portare l'uscita a massa, mentre non possono produrre autonomamente livelli**

di uscita alti ($Q_{PULLDOWN}$, infatti, può solo portare a massa l'uscita quando si trova in conduzione e 'aprire' il circuito in stato di interdizione). Per sopperire a questa mancanza deve essere inserito un '**resistore di pull-up**' collegato tra il pin di output dell'integrato e la tensione associata al livello alto del circuito di uscita (tensione che può differire da quella di alimentazione del circuito). In questa maniera **quando il transistor di pull-down verrà portato in stato di interdizione (uscita alta, figura 2), l'uscita sarà collegata direttamente al resistore di pull-up e all'alimentazione. Al contrario con il transistor $Q_{PULLDOWN}$ in conduzione, il punto OUT verrà collegato direttamente a massa (uscita bassa, figura 3). Il circuito comparatore LM339, che useremo per realizzare RZB-1, appartiene proprio alla categoria dei dispositivi open-collector (per questa ragione ogni comparatore che impiegheremo sarà abbinato a un resistore di pull-up).**

DISPOSITIVI OPEN-COLLECTOR



L'USCITA ALTA



L'USCITA BASSA

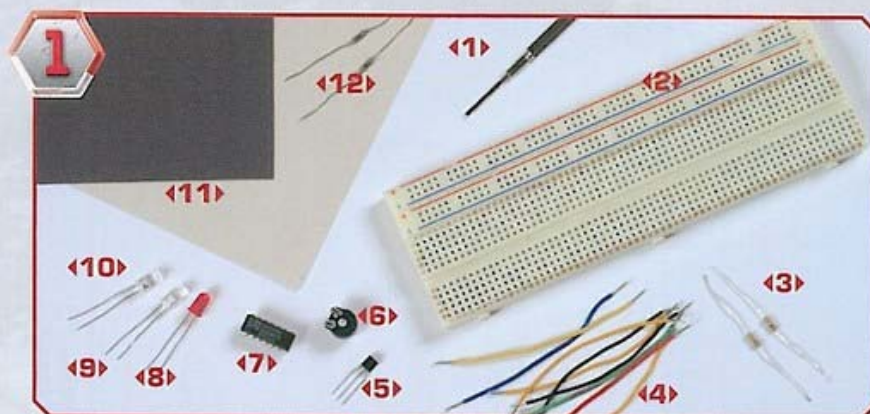


STEPbySTEP

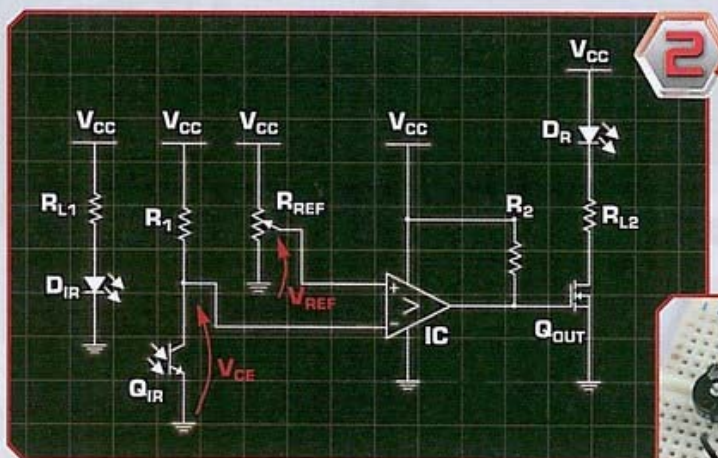
UN SENSORE DI PROSSIMITÀ IR A SOGLIA

In questo Workshop realizzeremo e testeremo con l'ausilio della breadboard un semplice circuito di prossimità a soglia di segnale, sfruttando i dispositivi optoelettronici già usati nei fascicoli precedenti e un comparatore LM339.

Ecco gli elementi di cui avrai bisogno:

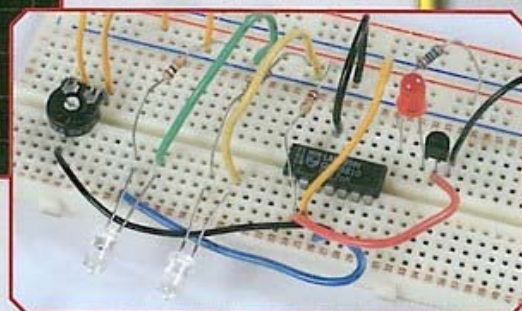


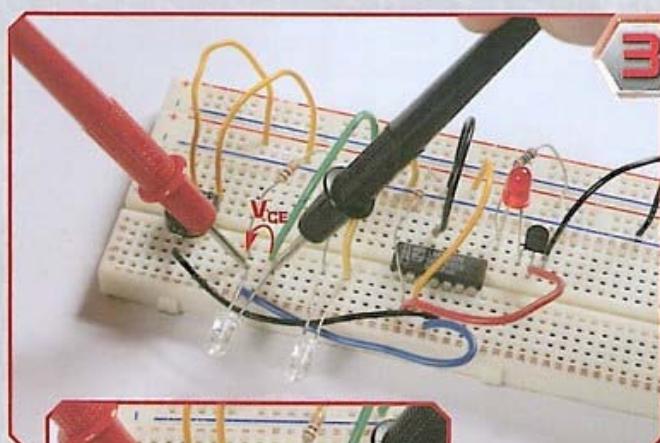
- 1 un cacciavite da ottico
- 2 una breadboard
- 3 due resistori da 10 kohm (R_1 , R_2)
- 4 alcuni fili per breadboard
- 5 un transistor BS-170 (Q_{OUT})
- 6 un trimmer da 2,2 kohm (R_{REF})
- 7 un integrato LM339 (IC)
- 8 un led rosso (D_R)
- 9 un fototransistor IR (Q_{IR} , abbiamo usato un Kingbright L53SF4C)
- 10 un LED IR (D_{IR} , abbiamo usato un Kingbright L53P3C)
- 11 un cartoncino chiaro e uno scuro
- 12 due resistori da 200 Ω (R_{L1} , R_{L2})



2 A sinistra vedi il circuito da realizzare avvalendoti della breadboard. Al superamento della soglia di riferimento, il comparatore porterà in conduzione il transistor Q_{OUT} , che attiverà il LED.

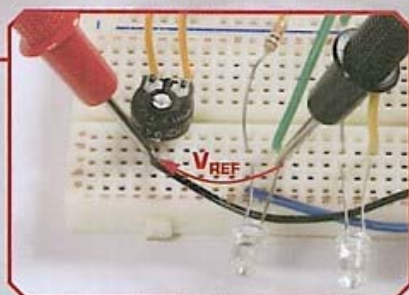
Ovviamente il circuito deve essere alimentato: per questa ragione in fase di test avrai bisogno anche di un portatile da 4 stilo, con le relative batterie. A destra puoi vedere il circuito montato.





3

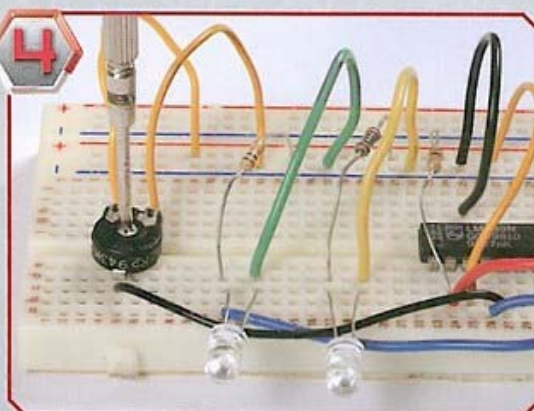
Una volta alimentato il circuito collegando il portatile alla breadboard, utilizza il tester per rilevare la tensione V_{CE} sui terminali del fototransistor. Annota tale tensione, che rappresenta la tensione 'in condizioni standard' del ricevitore IR. Ora misura il voltaggio V_{REF} , tra il pin centrale del trimmer e la massa. Tale tensione rappresenterà



il valore di riferimento che ti permetterà di tarare il sensore in modo da rispondere in base alla luminosità ambientale.

Utilizzando il cacciavite da ottico, regola la posizione del cursore in modo da portare la tensione di riferimento V_{REF} di circa 0,5 V al di sotto della tensione V_{CE} del fototransistor. In questa maniera si stabilisce la soglia di attivazione del sensore a infrarossi. Ovviamente sarai libero di far variare tale soglia di sensibilità a tuo piacimento.

4



5

Una volta regolato il trimmer puoi passare alla verifica del funzionamento del sensore di prossimità. Avvicina lentamente il cartoncino chiaro ai sistemi ottici del sensore. Si riflette così sul fototransistor parte dei raggi emessi dal LED, riducendo progressivamente V_{CE} . Quando V_{CE} si trova al di sotto del valore di soglia V_{REF} , l'uscita del comparatore diventa alta, mandando in conduzione il transistor, che accende il LED rosso. Ripeti la prova con l'altro cartoncino.

