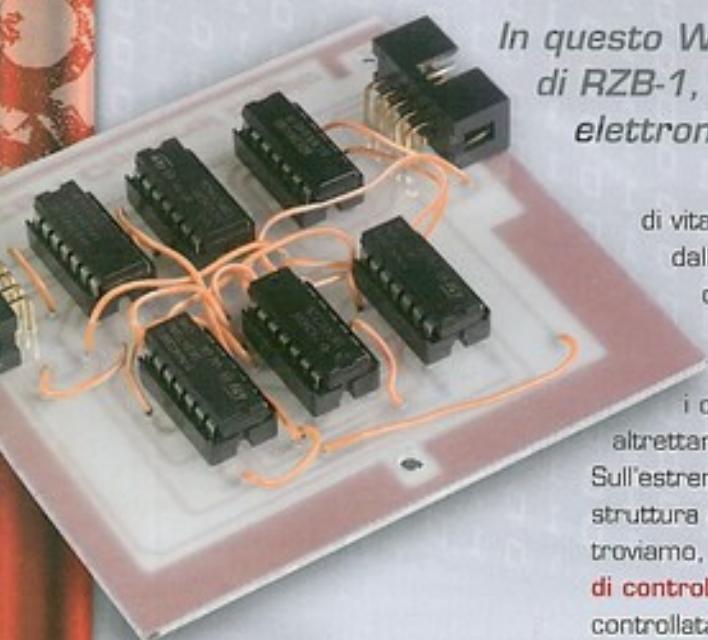


LA SCHEDA LOGICA DI RZB-1

In questo Workshop riprendiamo la costruzione di RZB-1, realizzando l'ultima delle schede elettroniche del robot: la scheda logica.

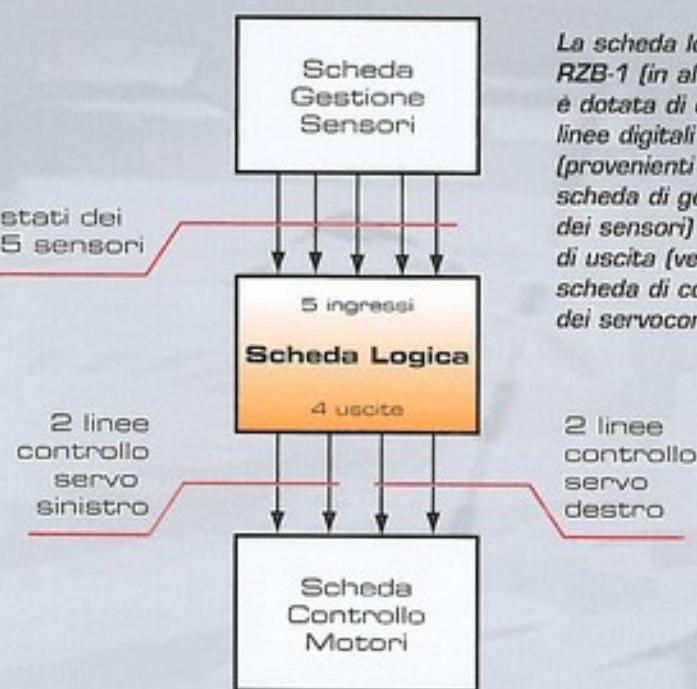


Quando abbiamo presentato RZB-1 abbiamo visto il suo **comportamento 'reattivo'**, basato su un'elaborazione combinatoria dei dati sensoriali per produrre i segnali digitali necessari per controllare il movimento. Avendo già osservato la scheda di controllo dei servocomandi e la scheda di gestione dei sensori, non ci resta che sviluppare l'ultimo dei circuiti elettronici del robot: la **scheda logica di controllo**. Prima di passare alla sua realizzazione vera e propria, facciamo un breve riassunto di quanto è stato presentato nei Workshop precedenti. Abbiamo detto che il 'ciclo

di vita' del robot inizia dall'analisi sensoriale dell'ambiente effettuata dai **cinque sensori di prossimità**, i quali producono altrettanti segnali digitali. Sull'estremità opposta della struttura a blocchi di RZB-1 troviamo, invece, la **scheda di controllo dei servocomandi**, controllata attraverso quattro linee digitali di ingresso (due di accensione dei motori e due di scelta della direzione di rotazione).

LA SCHEDA LOGICA >>>

Lo scopo della scheda logica che progetteremo è quello di **fungere da 'raccordo' tra la scheda sensori e la scheda di controllo dei servocomandi**, ricevendo **in ingresso** gli stati **dei cinque sensori** di prossimità a infrarossi e **producendo come output** due coppie di segnali che comandino il funzionamento dei motori. Dobbiamo, a questo punto, progettare questa scheda, stabilendo nel contempo la politica di funzionamento



La scheda logica di RZB-1 (in alto a sinistra) è dotata di **cinque linee digitali di ingresso** (provenienti dalla **scheda di gestione dei sensori**) e **quattro di uscita** (verso la **scheda di controllo dei servocomandi**).

del robot stesso. Possiamo pensare al robot come a un esploratore, una semplice macchina autonoma che deve prima di ogni altra cosa muoversi ed evitare le collisioni. Di conseguenza, possiamo ipotizzare che i suoi servocomandi rimangano attivi per tutto lo stato di operatività del robot. Una scelta del genere rende, di fatto, il valore logico delle linee di attivazione dei servocomandi indipendente dallo stato dei sensori. Possiamo quindi considerare entrambi i segnali EN_{DX} e EN_{SX} connessi al livello logico '1'. Compito della scheda logica sarà mantenere tali linee al valore elettrico V_{CC} (equivalente a $ServoEnable_{SX} = 1$ e $ServoEnable_{DX} = 1$). Dobbiamo ora stabilire come far muovere i motori (e con essi il robot) in funzione dei dati provenienti dai sensori a infrarossi di cui è dotato. Prima di procedere richiamiamo la numerazione dei sensori, che trovi mostrata nella figura in alto della pagina successiva. Poiché i cinque sensori sono di tipo digitale, la matematica ci dice che dobbiamo attenderci

$2^5 = 32$ stati differenti in ingresso alla scheda logica (ossia da ' $S_1=0, S_2=0, S_3=0, S_4=0, S_5=0$ ', corrispondente all'evento 'tutti i sensori hanno il campo libero', a ' $S_1=1, S_2=1, S_3=1, S_4=1, S_5=1$ ' equivalente a 'tutti i sensori stanno rilevando un ostacolo'). Le tabelle di verità su cui dovremo lavorare per creare le reti combinatorie di ingresso alle linee 'DIR' della scheda di controllo dei motori avranno, di conseguenza,

CONNETTORE SCHEDA DI CONTROLLO MOTORI

PIN	NOME	PIN	NOME
1	V_{CC}	6	DIR_{DX}
2	GND	7	N.U.
3	$ServoEnable_{SX}$	8	N.U.
4	DIR_{SX}	9	N.U.
5	$ServoEnable_{DX}$	10	N.U.

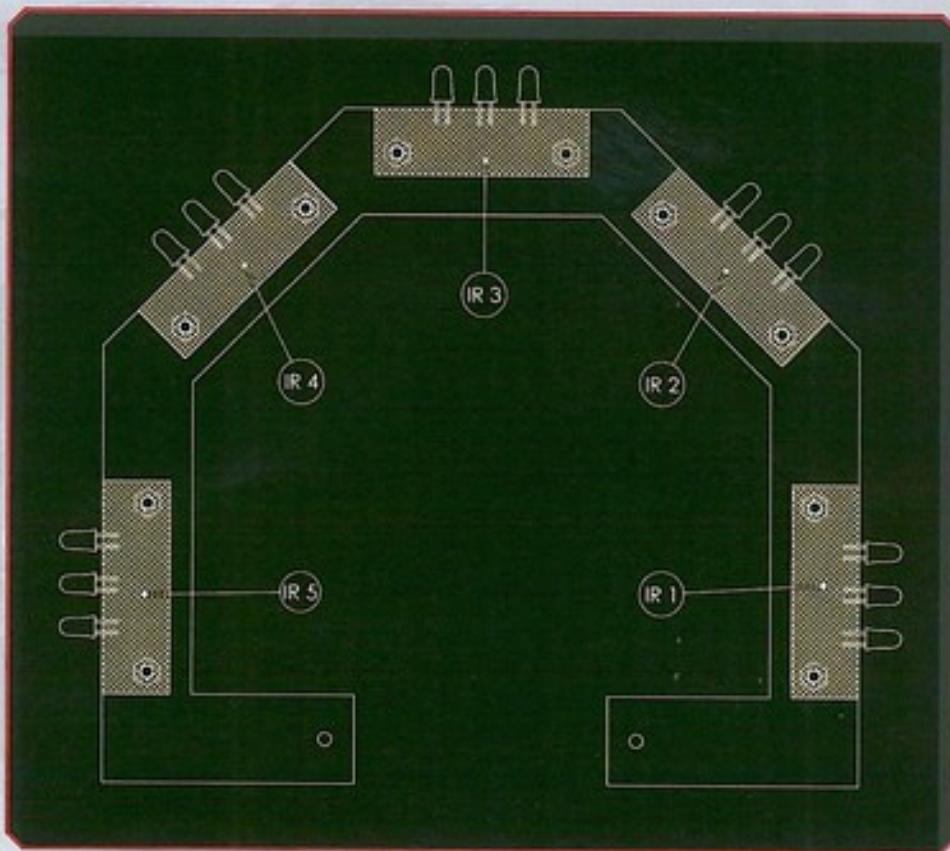
CONNETTORE SCHEDA DI GESTIONE DEI SENSORI

PIN	NOME	PIN	NOME
1	V_{CC}	6	S_2
2	GND	7	S_3
3	N.U.	8	S_4
4	N.U.	9	S_5
5	S_1	10	N.U.

32 righe. L'obiettivo finale sarà quello di compilare le due tabelle di in maniera tale da azionare correttamente i servocomandi per permettere a RZB-1 di evitare le collisioni. A pagina 4 puoi osservare la tabella di verità associata alle due linee di controllo dei motori. Come puoi vedere, una singola tabella di verità può rappresentare anche più di una espressione logica, semplicemente aumentando il numero delle sue uscite (sulla destra vedi, infatti, due colonne di output, la prima associata a DIR_{SX} e la seconda a DIR_{DX}). Si tratta semplicemente di una rappresentazione 'unificata' di due tabelle distinte aventi in comune i medesimi ingressi (come sempre, sulla sinistra vedi mostrate le combinazioni di ingresso, mentre sulla destra trovi indicate le due

 Le tabelle riassuntive della piedinatura dei connettori di ingresso della scheda di controllo dei motori (in alto) e della scheda di gestione dei sensori (in basso). Le due schede citate useranno questi connettori per interfacciarsi con la scheda logica.

uscite). Prima di passare ad analizzarne il contenuto, però, soffermiamoci sul 'significato' pratico dei valori impiegati nelle colonne delle uscite. Sappiamo che la direzione di rotazione dei servocomandi è legata al valore delle linee di ingresso DIR (in particolare '1' corrisponde al comando di avanzamento, mentre '0' alla retromarcia). Poiché i motori sono due, abbiamo **$2^2=4$** combinazioni di funzionamento dei suddetti attuatori. Nello



schema sotto è mostrato il comportamento del robot in ognuno di questi quattro casi. Delle quattro possibilità di movimento possiamo escludere l'utilità della retromarcia per motivi tecnici. Il movimento in retromarcia, infatti, riporta il robot in una posizione già occupata alcuni

istanti prima. La mancanza di 'memoria' dell'architettura di RZB-1, tuttavia, non gli consente di 'ricordarsi' dei punti visitati, con la conseguenza che il robot si troverebbe ad avanzare nuovamente, ritrovandosi nelle condizioni che hanno prodotto l'attivazione della retromarcia.

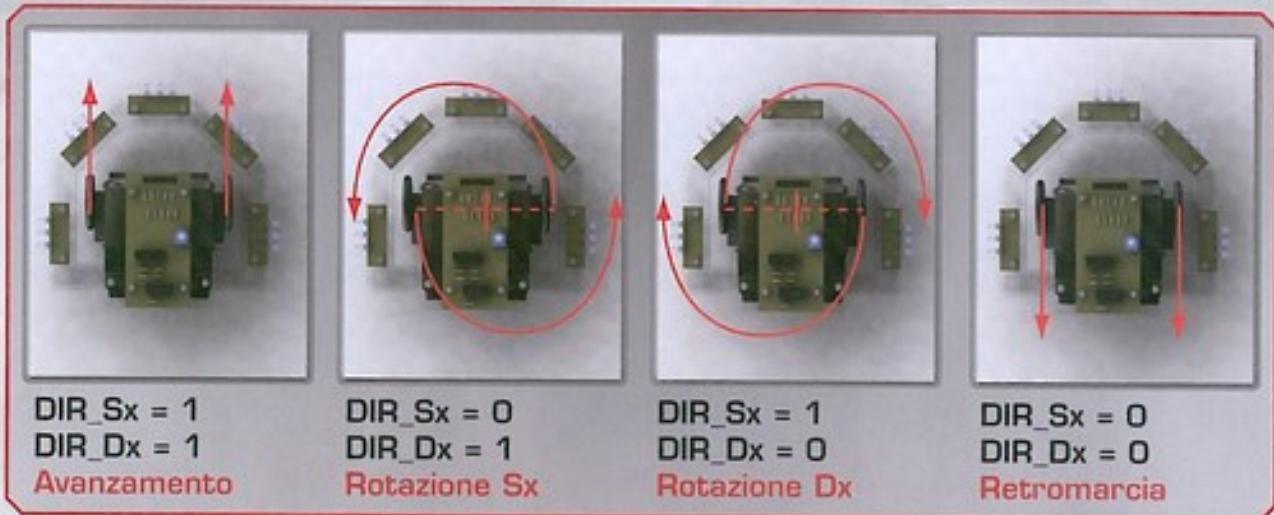
C La disposizione dei sensori di prossimità nel robot con i relativi identificatori numerici.

Il robot entrerebbe allora in uno stato di stallo, che ai fini pratici ne impedirebbe il funzionamento. Nella tabella di verità troverai, di conseguenza, solo comandi di avanzamento ('DIR_{Dx}=1, DIR_{Sx}=1') e rotazione ('DIR_{Dx}=1, DIR_{Sx}=0' e 'DIR_{Dx}=0, DIR_{Sx}=1').

LA RETE LOGICA ▶▶

Poiché commentare ogni singolo caso della tabella di verità è un'operazione di utilità marginale e molto lunga, ci limitiamo ad alcune semplici osservazioni mirate. Partiamo dalla prima riga

C I quattro stati di movimento di RZB-1 in funzione delle quattro combinazioni di ingresso delle linee DIR della scheda di controllo dei servocomandi.



riga	S5	S4	S3	S2	S1	DIR _{Sx}	DIR _{Dx}
0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	1	1	1
2	0	0	0	1	0	0	1
3	0	0	0	1	1	0	1
4	0	0	1	0	0	1	0
5	0	0	1	0	1	0	1
6	0	0	1	1	0	0	1
7	0	0	1	1	1	0	1
8	0	1	0	0	0	1	0
9	0	1	0	0	1	1	0
10	0	1	0	1	0	1	0
11	0	1	0	1	1	0	1
12	0	1	1	0	0	1	0
13	0	1	1	0	1	1	0
14	0	1	1	1	0	1	0
15	0	1	1	1	1	0	1
16	1	0	0	0	0	1	1
17	1	0	0	0	1	1	1
18	1	0	0	1	0	0	1
19	1	0	0	1	1	0	1
20	1	0	1	0	0	1	0
21	1	0	1	0	1	1	0
22	1	0	1	1	0	0	1
23	1	0	1	1	1	0	1
24	1	1	0	0	0	1	0
25	1	1	0	0	1	1	0
26	1	1	0	1	0	1	0
27	1	1	0	1	1	1	0
28	1	1	1	0	0	1	0
29	1	1	1	0	1	1	0
30	1	1	1	1	0	1	0
31	1	1	1	1	1	1	0

(ingressi 'S₁=0, S₂=0, S₃=0, S₄=0, S₅=0'). Questo caso si verifica quando il robot è in campo aperto, ossia quando nessuno dei sensori rileva la presenza di un ostacolo nell'ambiente circostante: possiamo fare in modo che in queste condizioni il robot 'avanzi', imponendo le uscite DIR_{Dx}=1 e DIR_{Sx}=1. Allo stesso modo possiamo impostare l'avanzamento in tutti quegli stati in cui il robot è libero di procedere, ad esempio

con la presenza di pareti parallele al suo verso di marcia, rilevabili con la sola attività dei sensori laterali (riga numero 1 e riga numero 16). In tutti gli altri casi, invece, il verso di rotazione del robot deve essere scelto in base allo spazio libero. Così, ad esempio, **in presenza di ostacoli sulla diagonale anteriore destra del robot** (righe 2, 3...), i motori dovranno essere configurati in modo da **imporre una rotazione sul posto verso sinistra** (uscite

 **La tabella di verità che descrive il comportamento di RZB-1 mettendo in relazione i cinque ingressi digitali (uno per ogni sensore) con le due linee di controllo della direzione di rotazione dei servocomandi.**

DIR_{Dx}=1, DIR_{Sx}=0). Specularmente, **in presenza di ostacoli sulla diagonale sinistra di RZB-1** (righe 8, 24...), il robot dovrà ruotare verso destra (uscite DIR_{Dx}=0, DIR_{Sx}=1). Un dubbio può

sorgere, però, in quei particolari casi di simmetria nei quali non è possibile localizzare chiaramente una direzione in cui il robot può trovare 'campo libero'. Se ci soffermiamo sulla riga 21 della tabella di verità, ad esempio, i sensori localizzano la presenza di tre ostacoli, due sui lati del robot e uno frontale. Il robot, quindi, non può avanzare, ma allo stesso tempo non può neanche identificare una zona libera verso cui muoversi liberamente. Cosa fare allora? Un'idea è quella di stabilire un verso di rotazione convenzionale da applicare in precise condizioni di 'induzione', come è il caso preso in considerazione. Definita la tabella di verità, non resta che sintetizzarla, ricavando le espressioni logiche associate. Poiché si tratta di un'operazione puramente 'matematica' e 'didattica', ometteremo il processo di sintesi del circuito. Presentiamo, invece, le espressioni logiche associate alla tabella in questione:

$$\text{DIR}_{\text{sx}} = \overline{S_5} \cdot \overline{S_2} + S_3 \cdot \overline{S_2} + \\ + \overline{S_2} \cdot \overline{S_1} + S_4 \cdot \overline{S_2} + S_4 \cdot \overline{S_1} + S_5 \cdot S_4$$

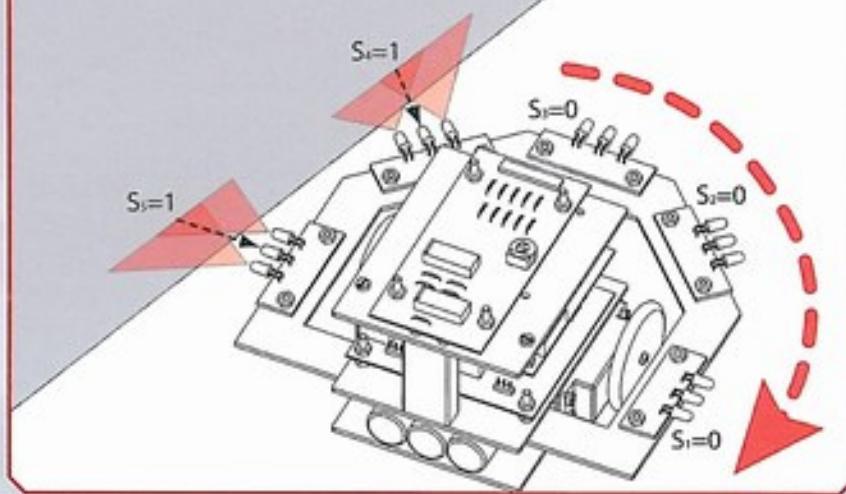
$$\text{DIR}_{\text{dx}} = \overline{S_5} \cdot \overline{S_4} \cdot S_1 + \overline{S_5} \cdot S_2 \cdot S_1 + \\ + S_4 \cdot \overline{S_3} + S_4 \cdot S_2$$

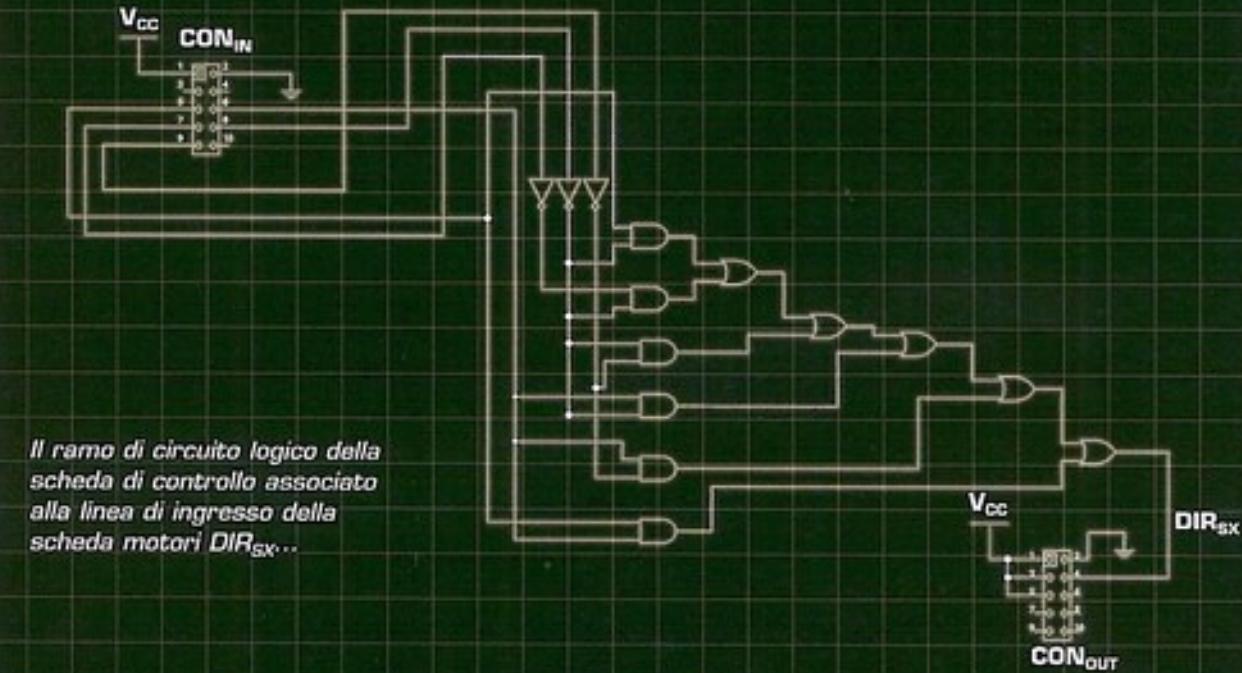
Con la sintesi delle due reti combinatorie, il circuito logico della scheda di controllo di RZB-1 è completo. Non ci resta che mettere assieme tutti gli elementi visti finora, in modo da tracciare lo schema elettrico della scheda (mostrato nella pagina successiva scomposto nelle sottoreti associate alle due uscite), comprensivo dei

connettori che ci permetteranno di collegarlo alla scheda sensori e alla scheda motori. Ricorda sempre che, anche se nel circuito questi collegamenti non sono messi in evidenza, i circuiti integrati delle porte logiche devono essere alimentati. I terminali V_{CC} e GND di ogni integrato, di conseguenza, devono essere connessi alle corrispondenti linee elettriche, derivabili dal connettore proveniente dalla scheda di controllo motori (che a partire dal pacco batterie distribuisce l'alimentazione all'intero robot). Passiamo ora a valutare la componentistica necessaria per assemblare la scheda. Per realizzare il circuito logico sono necessarie 5 porte NOT (una per ogni linea proveniente dalla scheda di gestione dei sensori), 12 porte AND a due ingressi e 8 porte OR a due ingressi. Serviranno, di conseguenza, un 74HC04

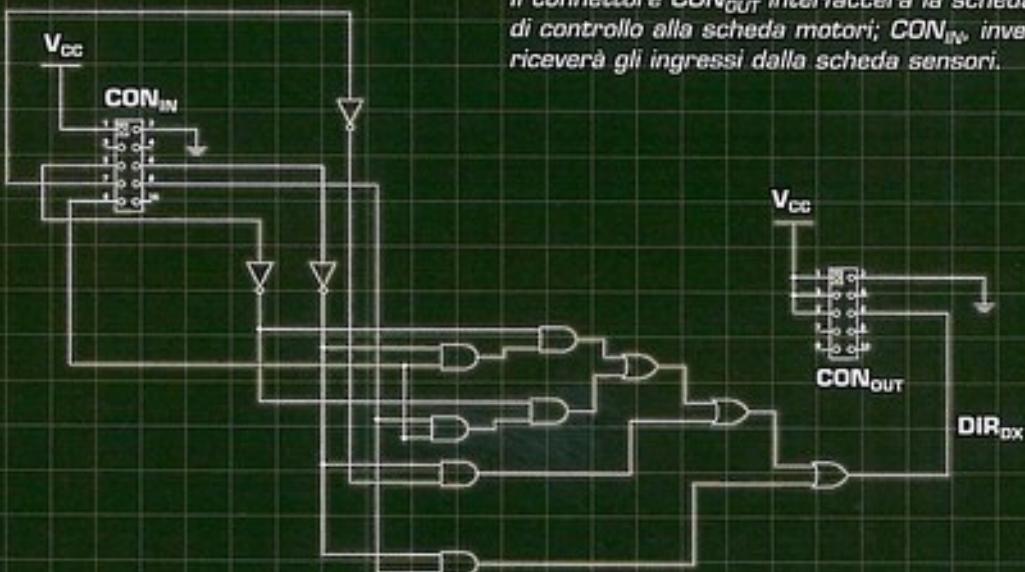
(mette a disposizione sei porte NOT, una in più di quelle necessarie), tre 74HC08 (quattro porte AND ciascuno, per un totale di dodici) e due 74HC32 (quattro porte OR ciascuno, otto totali). La struttura interna di questi circuiti integrati è stata già presentata nel corso dello StepbyStep del fascicolo 21, quando hai potuto sperimentare di persona il funzionamento delle porte logiche elementari. Nel prossimo fascicolo proseguiremo con la realizzazione della scheda, completando quanto abbiamo visto finora con i disegni meccanici e la procedura di montaggio sul telaio del robot. Come già fatto per le altre schede, infine, verrà presentata una procedura di collaudo, realizzata con l'aiuto della breadboard e di pochi semplici componenti elettronici.

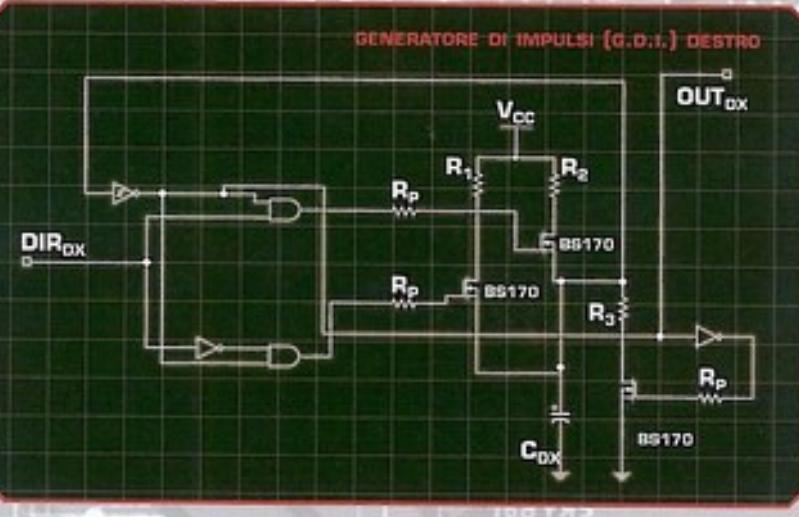
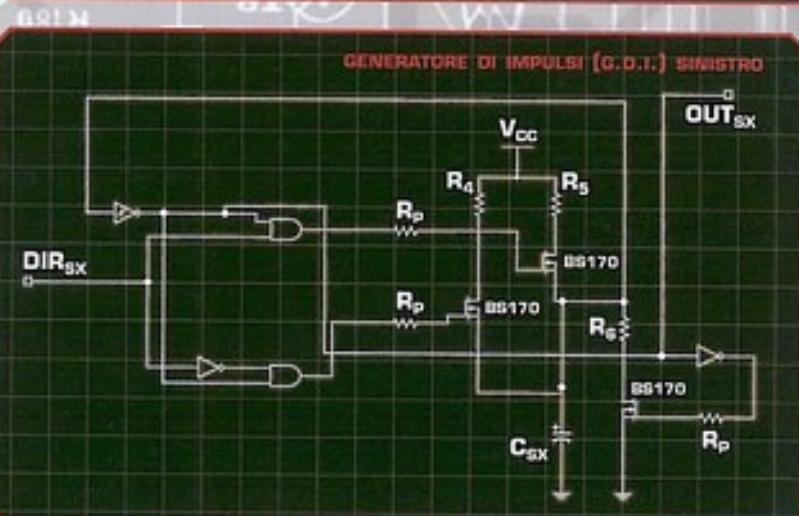
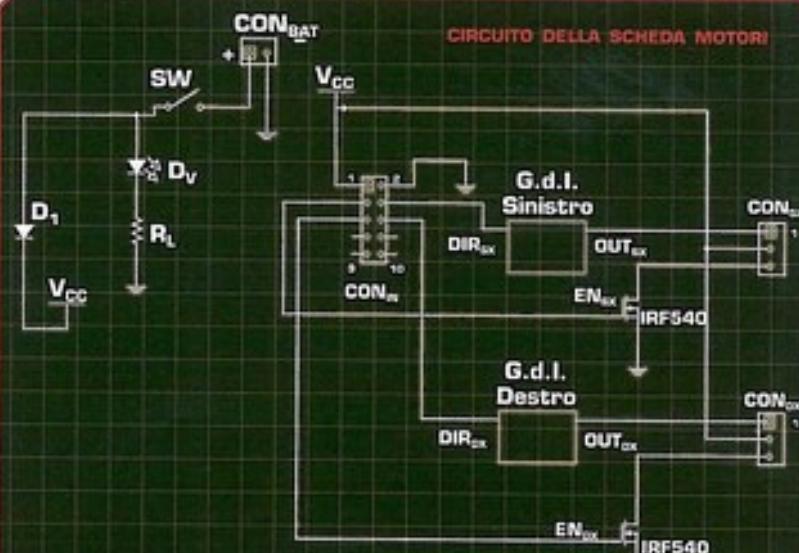
Il movimento di RZB-1 è legato allo stato dei suoi sensori. Nell'esempio, la presenza della parete causa l'attivazione dei sensori numero 4 e 5, portando il robot a ruotare verso destra (riga 24).





*...e quello associato alla linea **DIR_{DX}**. Data la quantità di porte logiche utilizzate, il circuito è stato diviso in due sottoreti logiche distinte. Il connettore **CON_{OUT}** interfacerà la scheda di controllo alla scheda motori; **CON_{IN}**, invece, riceverà gli ingressi dalla scheda sensori.*





ERRATA CORRIGE ...

Come già segnalato in precedenza, nel corso del fascicolo 36 sono stati riportati schemi elettrici errati in merito alla scheda di controllo dei motori di RZB-1. Nella pagina corrente vengono proposti i tre schemi che stanno alla base del suddetto circuito. Come puoi vedere sono stati aggiunti anche alcuni resistori sui gate dei transistor. La funzione di questi resistori è semplicemente quella di limitare la corrente che passa per un brevissimo istante di tempo nella linea del gate durante le fasi di commutazione del circuito.

Ecco il riepilogo dei componenti necessari per la costruzione della scheda:

- ▶ 1 strip line a 90° (CON_{BAT} , CON_{DX} e CON_{SX})
- ▶ 1 connettore flat a 10 poli (5x2, CON_{in})
- ▶ 1 LED verde da 5 mm (D_V)
- ▶ 1 switch a slitta (SW)
- ▶ 3 socket DIL a 14 poli
- ▶ 1 circuito integrato 74HC04
- ▶ 1 circuito integrato 74HC08
- ▶ 1 circuito integrato 74HC14
- ▶ 6 transistor BS170
- ▶ 2 transistor IRF540
- ▶ 2 condensatori da 1 μ F (C_{DX} , C_{SX})
- ▶ 2 resistori da 1,6 k Ω (R_2 , R_4)
- ▶ 2 resistori da 220 Ω (R_p , R_L)
- ▶ 2 resistori da 10 k Ω (R_1 , R_5)
- ▶ 2 resistori da 20 k Ω (R_3 , R_6)
- ▶ 1 diodo 1N4007 (D_1)