

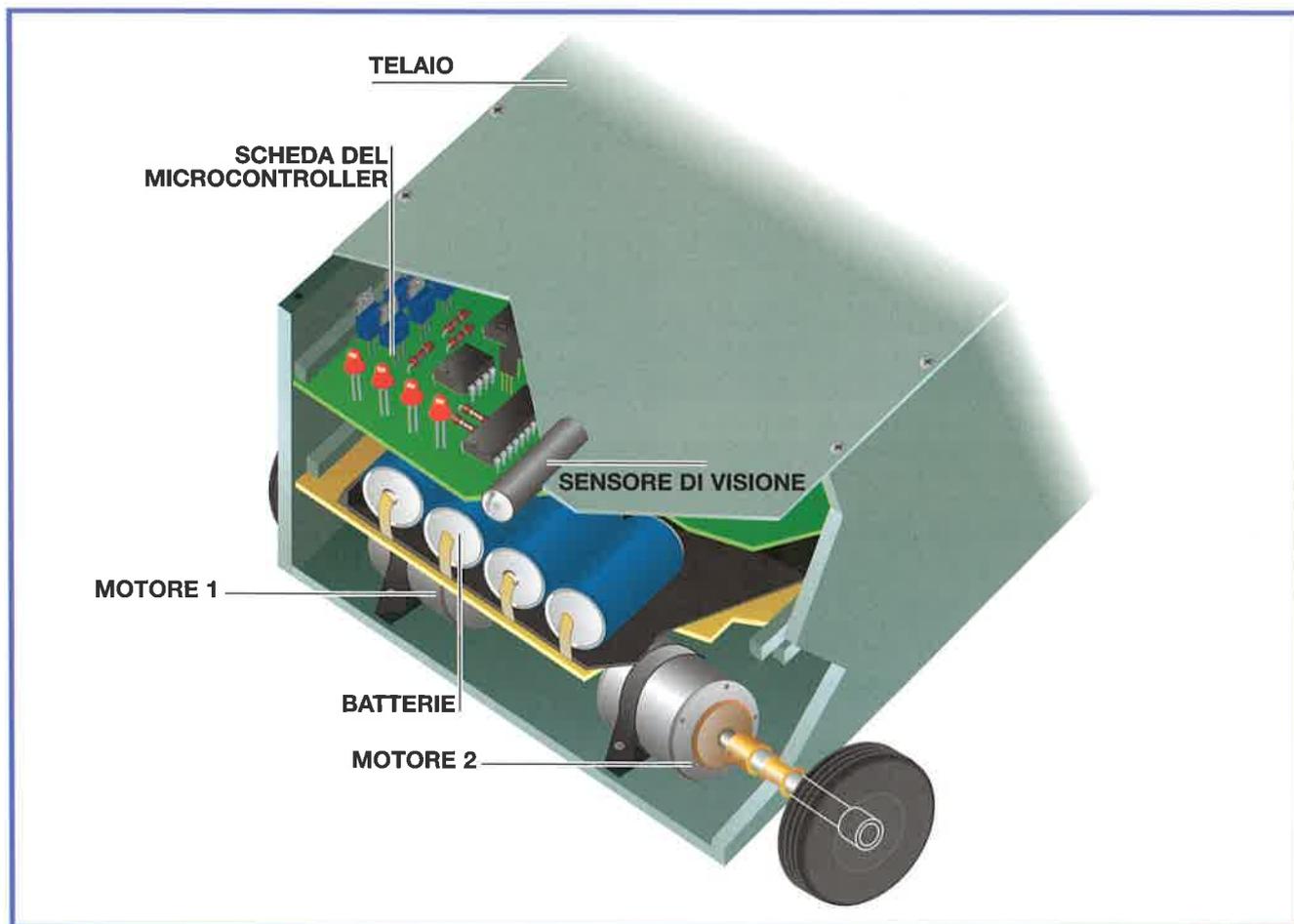
# MODELLI DI MICROROBOTS



MODELLI DI MICROROBOTS

Modelli di Microrobots  
Incontri e Concorsi

# La microrobotica.



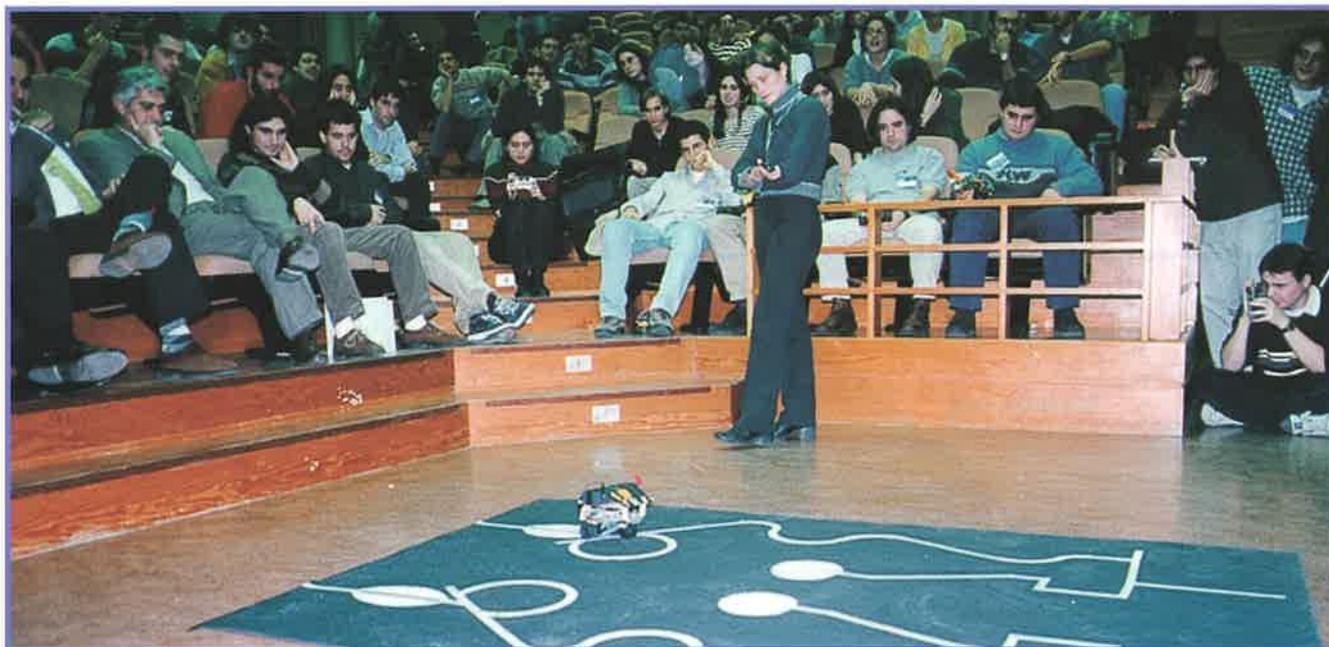
*La struttura di un microrobot ha similitudini con quella di un essere umano.*

**S**iamo nel secolo XXI, e casa nostra non è quella che si vedeva nei film. Non abbiamo un robot per maggiordomo, né siamo salutati all'ingresso da un schermo che ci chiede "Come stai?", "Com'è andata la giornata?" O forse sì? Cosa certa è che esiste più tecnologia attorno a noi di quella che potremmo pensare, anche di tipo industriale; quella dedicata al largo consumo, che continua a svilupparsi per avvicinarsi sempre di più ad un pubblico più esteso. Questo è l'obiettivo di quest'opera: fare arrivare nelle nostre case un inizio di quello che senza dubbi sarà il secolo della robotica.

## LA MICROROBOTICA

La microrobotica può considerarsi discendente della robotica ed è quella a cui ci indirizzeremo. Un robot industriale è un grosso strumento a forma di braccio, dedicato ad usi pesanti; un microrobot, differisce da questo non solo per le sue dimensioni, ma anche per le funzioni per le quali è stato pensato. E' meno costoso, più adattabile, più facile da programmare, dotato di un'ottima mobilità. Tutto questo rende il microrobot eccezionale per l'esecuzione di molti lavori.

Però, soprattutto la microrobotica, è una scienza in



*La sensazione di partecipare ad un concorso di Microrobotica, come quello illustrato in questa immagine, non si può raccontare, bisogna viverla di persona.*

pieno sviluppo. Non c'è niente di determinato, non ci sono limiti. Tutto si deve fare. È l'immaginazione di ognuno che determina il suo sviluppo e le sue molteplici applicazioni. E' il lettore che renderà possibile questo.

### **STRUTTURA DI UN MICROBOT**

Anche se il suo aspetto non lo dimostra, un microrobot ha tante similitudini con gli esseri umani per le funzioni che realizza. Si possono differenziare in quattro parti fondamentali: cervello, scheletro, braccia, gambe e i sensi della vista, del tatto, e dell'udito.

Il cervello è la chiave di tutti i robot, è quello che li colloca ad un certo livello d'intelligenza.

Lo scheletro è quello che supporta i componenti del microrobot. Gli organi della mobilità sono normalmente motori elettrici che azionano ruote, gambe, ganci, pulegge, strumenti o quant'altro può risultare necessario. Quello che hanno di speciale i microrobot è l'autonomia. Non si tratta di un giocattolo telecomandato. L'ampia gamma di sensori esistenti, strategicamente inseriti, permettono al microrobot di "vedere" cosa succede intorno a lui, e reagire di conseguenza. Tutto questo sarà tema di studio.

### **IMPIEGHI E MERCATI**

I microrobots non intendono sostituire i robots industriali. Il loro campo è quello dove si richiede la rea-

lizzazione di lavori semplici, in maniera rapida e precisa, aiutano gli essere umani in lavori ripetitivi o pericolosi, come pulire, cercare, vigilare, guidare non vedenti o aiutare invalidi, ecc. I lavori domestici, la medicina e persino l'esplorazione spaziale sono i campi che sempre di più si avvalgono dei vantaggi della microrobotica.

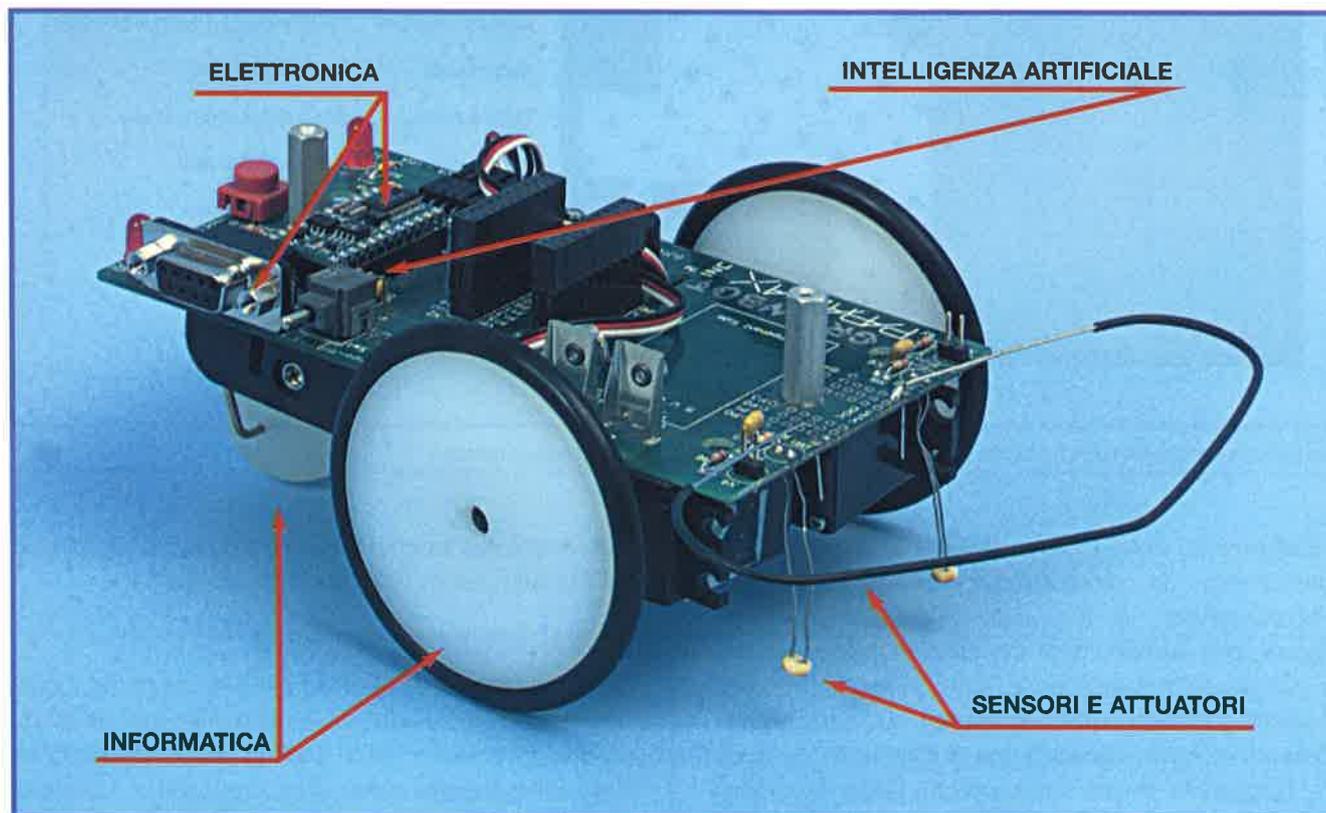
### **INCONTRI E CONCORSI**

Non v'è dubbio che oltre agli importanti lavori appena ricordati, la microrobotica si introduce nelle nostre case anche con un piccolo giocattolo con il quale si può giocare, montandolo, programmando, disegnando, insomma essendo artefici di una nostra creazione vivente.

Quanto più si conosce questo mondo, tanto più si va avanti e si rimane coinvolti da una attività sana, che ci invita a non essere passivi, ma a pensare, a ricercare, sino ad arrivare ad una meta ed alla fine magari a partecipare ad un concorso. Non si crea per andare ad un concorso, la gioia inizia prima; come quella persona che guarda con amore le sue piante o un animale da compagnia. Infatti, a chi non piacciono i complimenti di tutti quando facciamo vedere la nostra "creatura" in un concorso di rapidità, destrezza, miglior idea applicata, incluso bellezza della realizzazione.

Voi potrete riuscire in questo e noi vi insegneremo come.

## Incontri e concorsi: panorama internazionale



*La costruzione e l'uso di un Microrobot richiede la conoscenza di discipline molto diverse.*

**E** sistono moltitudini di concorsi di tutti i tipi, dai campionati sportivi sino ai concorsi d'arte, pittura, fotografia. In alcuni settori non esistendo concorsi veri e propri, gli appassionati di una scienza o gli hobbisti, trovano facilmente il modo di comunicare e dividere esperienze comuni sia tramite Internet che tramite raduni dedicati. Non si possono dimenticare inoltre i club, con membri che si radunano periodicamente, per sviluppare la loro passione, e avviare i giovani a queste attività.

Gli appassionati di Microrobotica, non fanno eccezione, e dispongono di un grande numero di incontri e concorsi a livello mondiale ai quali partecipare. In questa sezione vi mostreremo i diversi concorsi, le prove che al loro interno vengono realizzate, e le norme che

li regolano, al fine di saperne un po' di più della Microrobotica.

### PROMOTORI DELLA MICROROBOTICA

Prima di iniziare la visita ai vari concorsi, è necessario analizzare da dove parte la Microrobotica, e chi influenza il suo sviluppo, in modo da poterla meglio inquadrare nel suo contesto. Dalla nascita della Robotica, sino al successivo passo alla Microrobotica così come si conosce oggi, sono stati necessari grandi avanzamenti tecnologici.

La Microrobotica può essere più di un gioco, anche se risulta ugualmente piacevole, dato che coinvolge diverse discipline, e di queste, sebbene non sia necessaria una conoscenza approfondita, è indispensabile almeno una conoscenza di base. Queste discipline sono



Oggetto	Possibile localizzazione
Telecomando TV	TV
Scatola di pastiglie	Tavolo del caffè o tavolo della cucina
Lattina di CocaCola	Tavolo del caffè o tavolo della cucina
Tazza di caffè	In qualunque posto
Tazza di cereali	Tavolo della cucina o ripiano
Videocassetta	TV o tavolo del caffè
Frutta e verdura	In qualunque posto
Bottiglia di ketchup	In qualunque posto

Un Microrobot dovrà pulire la cucina e riordinare gli oggetti che troverà nel posto sballato.

L'Elettronica, con i suoi sensori e attuatori, la Meccanica, la Programmazione Strutturata, i Microprocessori, le basi della Microrobotica stessa. Questi sono proprio i temi che, divisi in differenti sezioni, si trovano in quest'opera. Tutto questo sarà accompagnato da molta pratica ed esempi, che possono rendere più semplice l'acquisizione di tanti nuovi concetti.

Trattandosi di una scienza molto varia, varie sono anche le sue forme di applicazione, per questo i Microrobots costituiscono un eccellente campo di prova per sperimentare nuovi algoritmi e nuove scoperte. Allo stesso tempo si beneficia di queste applicazioni per uso personale. Tre sono i principali tipi di organizzazioni che rivestono maggiore importanza nello sviluppo della Microrobotica.

## LE UNIVERSITÀ

Sono i maggiori centri di ricerca. A seconda delle carriere che vengono intraprese, si approfondiscono più o meno alcune discipline, per cui i concorsi interuniversitari sono un ottimo scenario dove riunire tutte le scoperte. Così si possono trovare, ad esempio, gare di veicoli autonomi (Università di Helsinki), concorsi di Microrobots Pompieri (Scuola superiore Trinity, Harford), o il PinBot, variante del gioco del flipper con Microrobots (Università di Alberta, Canada). Alcune Università prevedono master e dottorati in Robotica.

L'Università di Carnegie Mellon e l'Istituto di Tecnologia del Massachusetts (MIT) sono fra queste.

## LABORATORI DI RICERCA

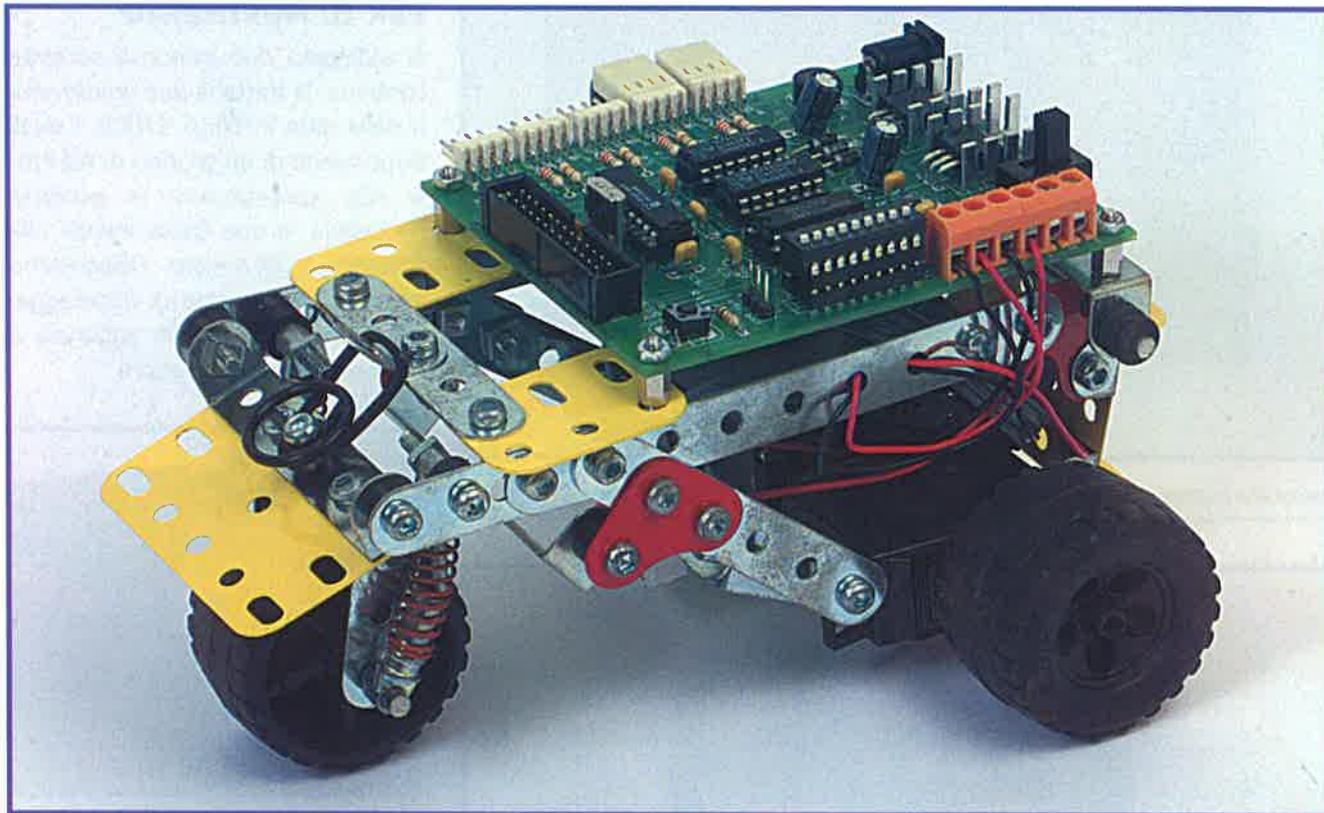
Sono concepiti integralmente per il lavoro di ricerca sul tema della Microrobotica. Normalmente sono organizzazioni governative, nelle quali le grandi disponibilità unite all'esclusività della ricerca generano i migliori risultati, anche se spesso in questi settori la robotica non è che altro un mero strumento per conseguire altri obiettivi. Si potranno trovare così dal primo robot che andò su Marte, all'aspirapolvere domestico autonomo, a camerieri un tantino robotizzati, sino a campionati mondiali di football in cui i partecipanti non hanno l'obbligo di indossare la casacca della loro squadra.

Il concorso della figura rappresenta una casa dove un Microrobot deve pulire l'abitazione e riordinare gli oggetti che trova fuori posto.

## ALTRE ASSOCIAZIONI E IMPRESE

Queste sono strettamente legate allo sviluppo della Microrobotica. Le prime necessitano di patrocinio per sostenere la ricerca, mentre le seconde sono più orientate a promuovere la concorrenza fra le associazioni che a mantenere dei laboratori di ricerca propri, per questo motivo spesso sono loro che organizzano i concorsi.

## Modelli di microrobots: il PICBOT-1



*Aspetto del PICBOT-1 una volta montato.*

**I**l microrobot PICBOT-1, vuol essere il primo punto di contatto con i differenti elementi con cui è formato qualunque microrobot. Una volta fatto questo primo passo, e data la modularità che permette il PICBOT-1, l'utilizzatore potrà progettare la struttura migliore per le sue applicazioni, e scegliere i motori e i sensori che meglio si adattano all'ambiente in cui il microrobot dovrà operare.

### **PRESENTAZIONE DEL MICROROBOT**

Realizzare applicazioni con il PICBOT-1 è un gioco da ragazzi. Si presenta con un kit composto da differenti elementi che verranno descritti in seguito, e che l'utilizzatore dovrà montare con l'aiuto di un manuale che illustra passo per passo tutto il procedimento.

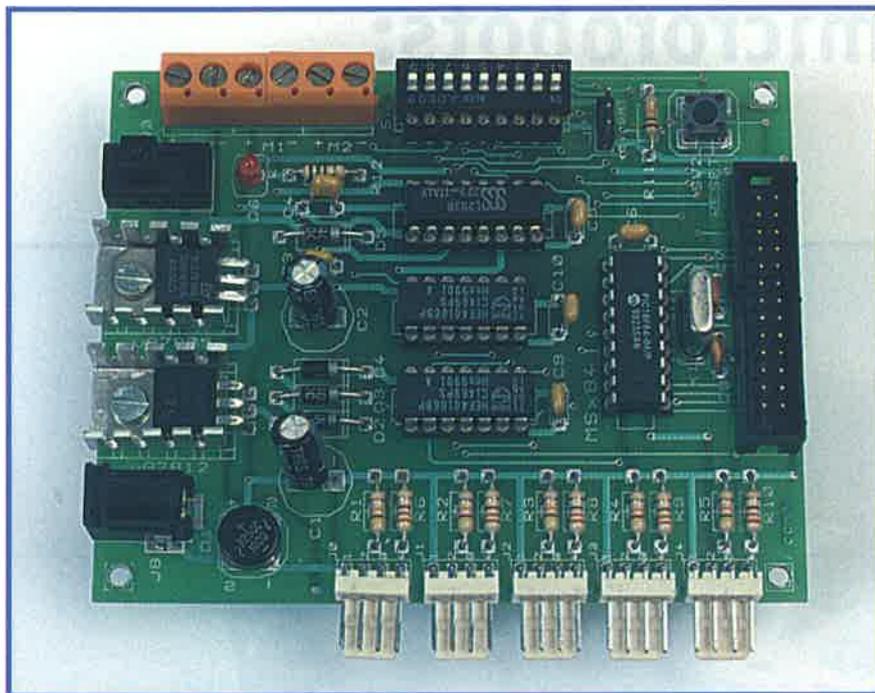
### **LA SCHEDA DI CONTROLLO MSX84**

È una scheda di utilizzo generale controllata da un PIC16F84. Questo permette all'utilizzatore di riprogrammarla molte volte, per adattarsi al compito assegnato al microrobot.

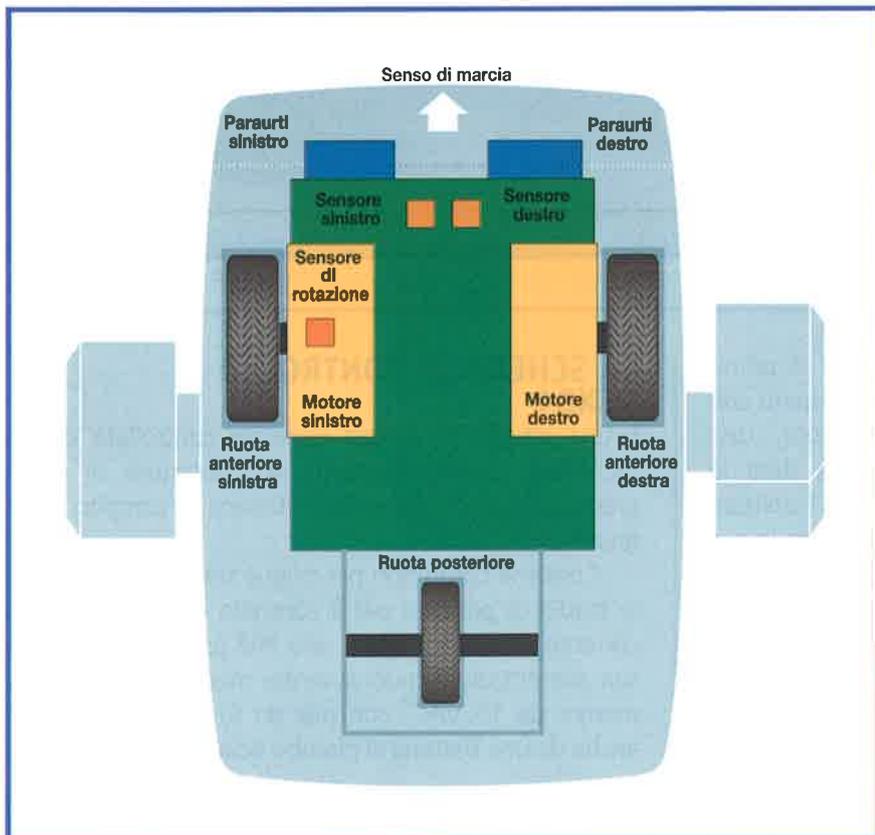
Contiene connettori per cinque sensori di ingresso e lo stadio di potenza per il controllo dei due motori a corrente continua oppure uno PAP (passo a passo). La sua alimentazione può avvenire mediante un trasformatore da 15 VAC, con pile da 6 e 9 VDC, oppure anche da una batteria al piombo ricaricabile da 12 VDC.

### **I SENSORI UTILIZZATI**

Con il kit del PICBOT-1 vengono forniti due tipi di sensori base: infrarossi e meccanici. Grazie a questi com-



Fotografia e serigrafia della scheda MSx84.

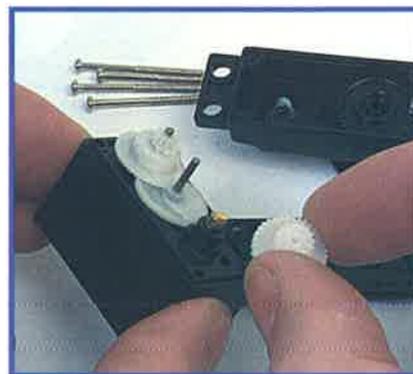


Vista in pianta del PICBOT-1.

ponenti, si possono riconoscere gli ostacoli base attraverso i quali si muove il microrobot. Anche se sono molto semplici, permettono la realizzazione di numerose applicazioni.

## I MOTORI PER IL MOVIMENTO

Si utilizzano due motori a corrente continua. Si tratta di due servomotori della ditta FUTABA S3003, i quali dispongono di un gruppo di riduttori che garantiscono la potenza necessaria, e una bassa inerzia alla partenza e all'arresto. Dispongono inoltre di un sistema di ancoraggio che permette un facile aggancio a qualunque tipo di struttura.



Uno dei passi nella modifica dei motori FUTABA.

## LA STRUTTURA DELLA MACCHINA

La struttura utilizzata è di tipo metallico, realizzata con i pezzi del popolare kit di costruzione MECCANO EVOLUTION 1. È un kit abbastanza completo che permette il progetto di differenti tipi di strutture. La ditta commercializza un'ampia gamma di kits che sono compatibili fra di loro e di facile reperibilità sul mercato. In questo modo, si garantisce che la struttura del microrobot non sia rigida e possa essere facilmente modificata e ampliata.

## Incontri e concorsi: normative dei concorsi



*È sempre più comune trovare le regole dei concorsi nelle pagine Web.*

**A**bbiamo terminato la costruzione del microrobot e abbiamo provato una serie di algoritmi base, e adesso cosa facciamo? È il momento di presentarlo in società, e per questo niente di meglio della partecipazione ad un concorso di microrobotica. La cosa più probabile è che la prima volta ne usciremo malconci, però con un sacco di idee per il prossimo incontro.

### REGOLE DELLE PROVE

All'interno delle diverse prove dobbiamo scegliere quale o quali concorsi meglio si adattano alle caratteristiche del nostro microrobot. Cercheremo i concorsi che maggiormente ci interessano per gusto personale, per difficoltà delle prove, per vicinanza geografica... e una volta scelto ci informeremo sulle normative che lo riguardano.

Normalmente non ci sono tante variazioni tra i differenti concorsi di microrobotica, però è probabile che ci siano alcune norme chiave da tenere in considerazione. Se si decide di partecipare ad un concorso lontano dal luogo dove si risiede, bisogna anche pensare ai problemi annessi, come le riunioni preparatorie

obbligatorie, le date in cui il concorso si tiene eccetera. Ricordiamo che queste riunioni di appassionati ci daranno le possibilità di condividere le idee accrescendo la nostra esperienza. Gli organizzatori, comunque, divulgano le norme di partecipazione con molto anticipo, sia al momento dell'iscrizione, sia con cartelli pubblicitari, o mediante una pagina Web eccetera.

Generalmente le regole si dividono in capitoli e vanno dalla descrizione del robot, dell'ambiente della prova, all'equipaggiamento, sino alla descrizione minuziosa dello sviluppo della prova e al modo di conquistare la vittoria.

Comunque, una volta scelta la prova e l'incontro, l'ideale è mettersi in contatto con l'organizzazione. La forma migliore, data la sua flessibilità e rapidità, è la posta elettronica, di cui dispongono sempre più persone, e che accompagna sempre tutta la pubblicità degli organizzatori dei concorsi. Questo mezzo è anche il migliore per avvisare in caso di cambi di date, norme, eccetera.

### MODIFICHE DEL MICROBOT

È arrivato il momento delle modifiche. Il microrobot è stato dotato di pinze per fare i movimenti tipici del



*Una giuria ha il compito di verificare che i microrobots osservino le norme, sia quelle formali, sia quelle pratiche.*

sumo, si aggrappa al suolo con una ventosa perché non possa essere mosso, e lancia dell'olio per fare sì che l'altro scivoli e cada. "Siamo sicuri che ci lasceranno partecipare con questo? - È stato tenuto conto della dimensione massima permessa? - Riuscirà il nostro microrobot nel tempo assegnato a realizzare bene questa prova di acrobazia?".

Dovremo modificare il robot perché si adatti alle norme che dipendono sia dal tipo di prova che dal concorso in sé, anche se sempre di più le organizzazioni tendono ad uniformare queste ultime. Poco a poco vedremo le norme più significative, in modo da tenerne conto fin dal primo momento, e le modifiche al microrobot per poterlo adattare al concorso.

Nonostante la varietà dei concorsi, è possibile che in alcuni le norme non esistano, dove l'unico obiettivo è bat-

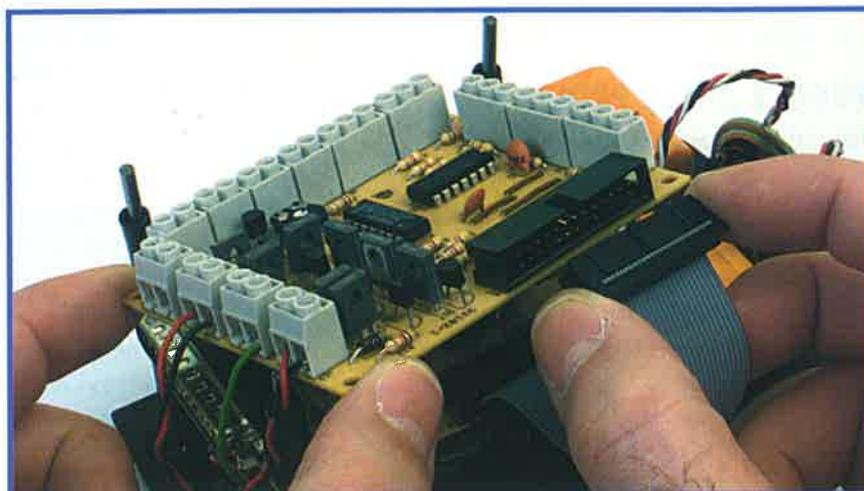
tere l'avversario.... Sono chiamate Guerre di Robots o Robots Wars! Queste contano un gran numero di appassionati di tutte le età. I microrobots che partecipano a questi concorsi sanno come iniziano, ma non sanno come finiscono, dato che l'aggressione al robot avversario è considerata normale.

### PROBLEMI POSSIBILI

Il giorno del concorso, la legge di Murphy: "Se può succedere, succederà", si compie al cento per cento. Quindi è meglio non tentare il destino.

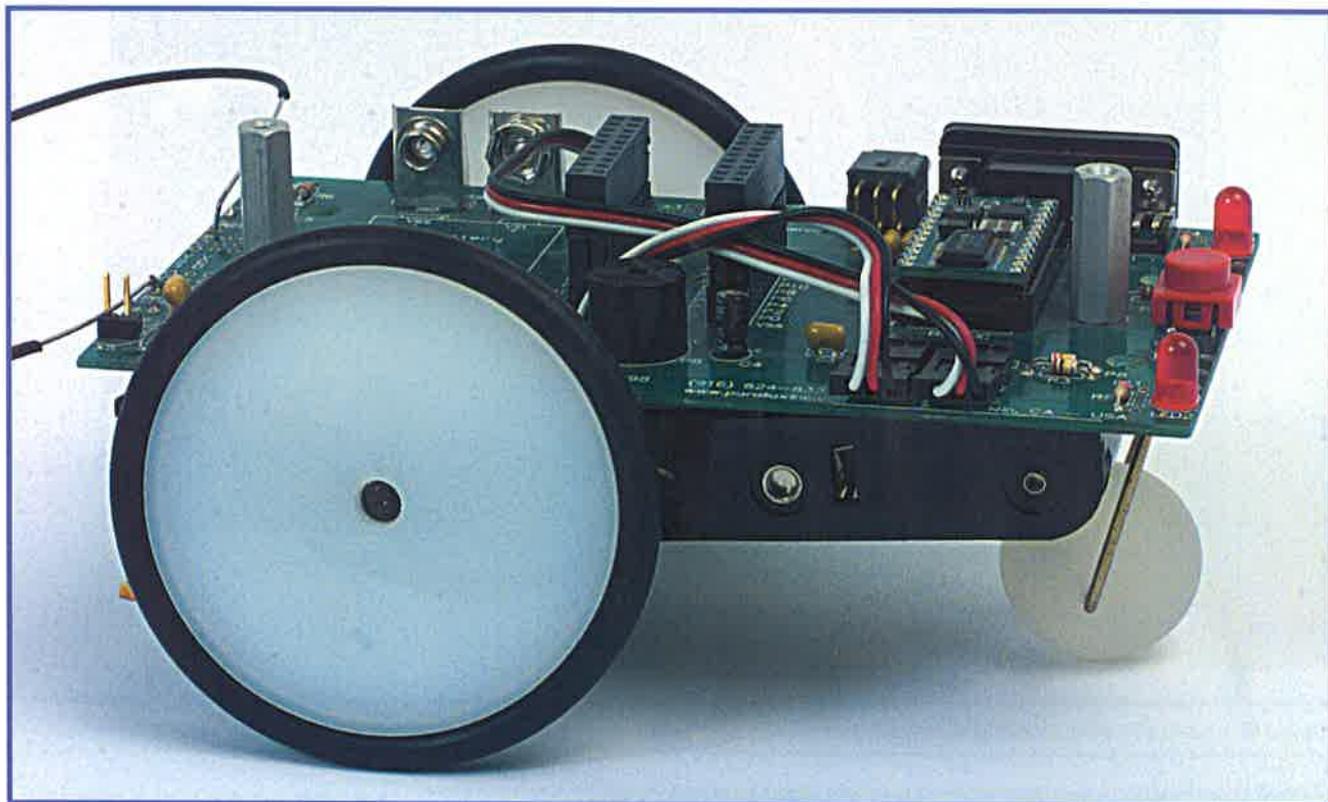
Dobbiamo avere pile di ricambio, e se invece delle pile utilizziamo le batterie ricaricabili è meglio. È possibile che fino al momento in cui non chiameranno il nostro microrobot, staremo lì a provare. I cambi improvvisi del programma sono sempre problematici, perché non sempre abbiamo a disposizione il computer con il software necessario. Lo stesso capita con gli attrezzi da lavoro, potrebbe mancarci giusto quella chiave inglese

che ci serve per tirare un bullone; dobbiamo quindi considerare che i nervi, nelle ultime ore, saranno piuttosto tesi. Alla fine dei conti stiamo mettendo alla prova la reputazione della nostra creatura.



*È possibile che fino a quando non viene chiamato il nome del nostro microrobot effettueremo solo delle prove.*

## Modelli di microrobots: il GrowBot



*Aspetto del GrowBot una volta montato.*

**I**l GrowBot dell'azienda Parallax, è un microrobot che si vende in kit, ed è basato sul modulo BS2-IC (Basic Stamp II). Questo modulo ha una scheda di circuito stampato che contiene un piccolo PIC, e insieme ad altri elementi serve per ampliare le sue possibilità; viene saldato come un chip aggiuntivo sulla scheda principale.

### PRESENTAZIONE DEL MICROBOT

Il kit del microrobot include le parti necessarie per il suo montaggio e un manuale di istruzioni, da utilizzarsi anche per la sua programmazione e il suo utilizzo.

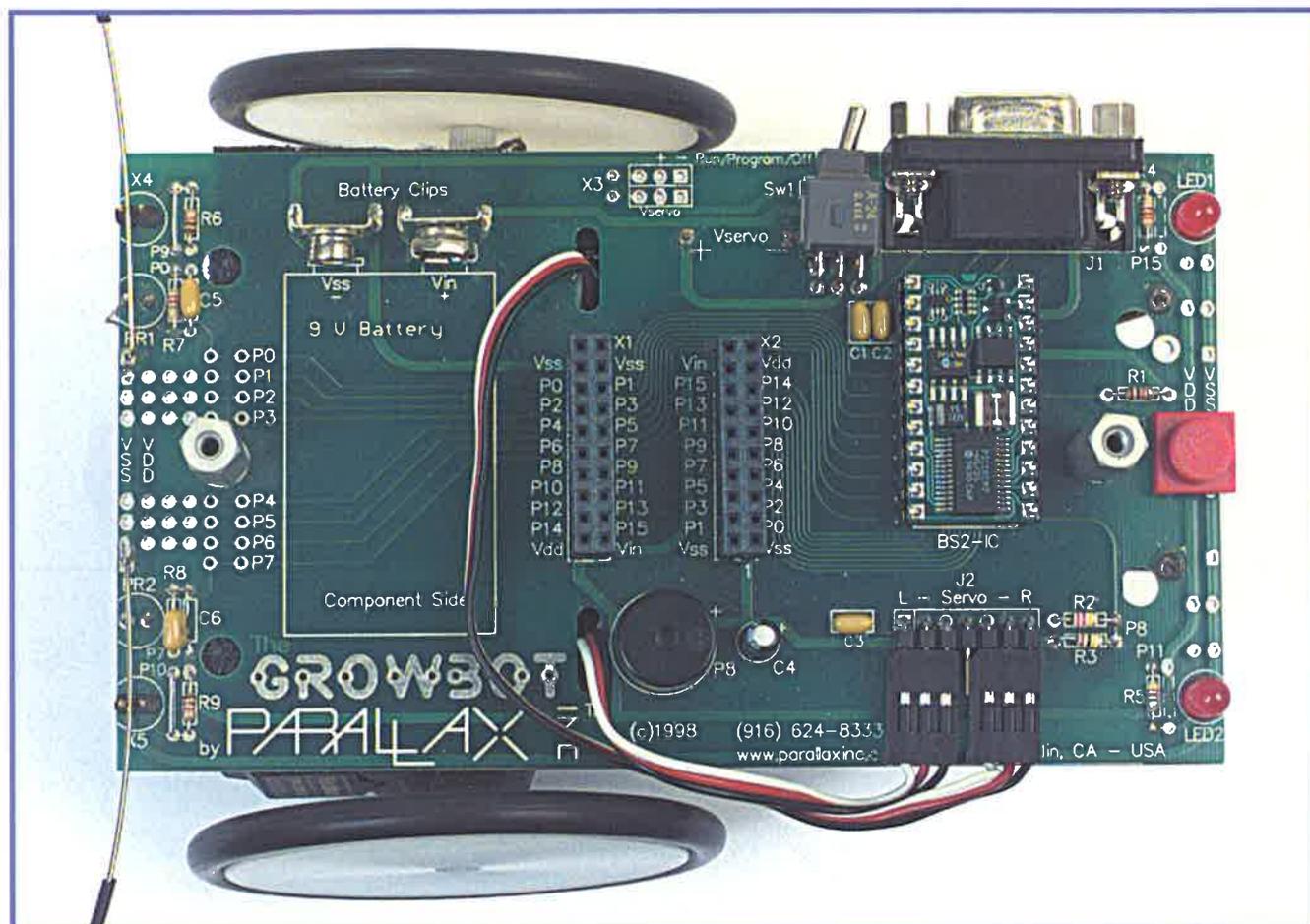
Questa documentazione è aggiornata frequentemente in formato PDF nella pagina web di Parallax.

### LA SCHEDA DI INGRESSI/USCITE

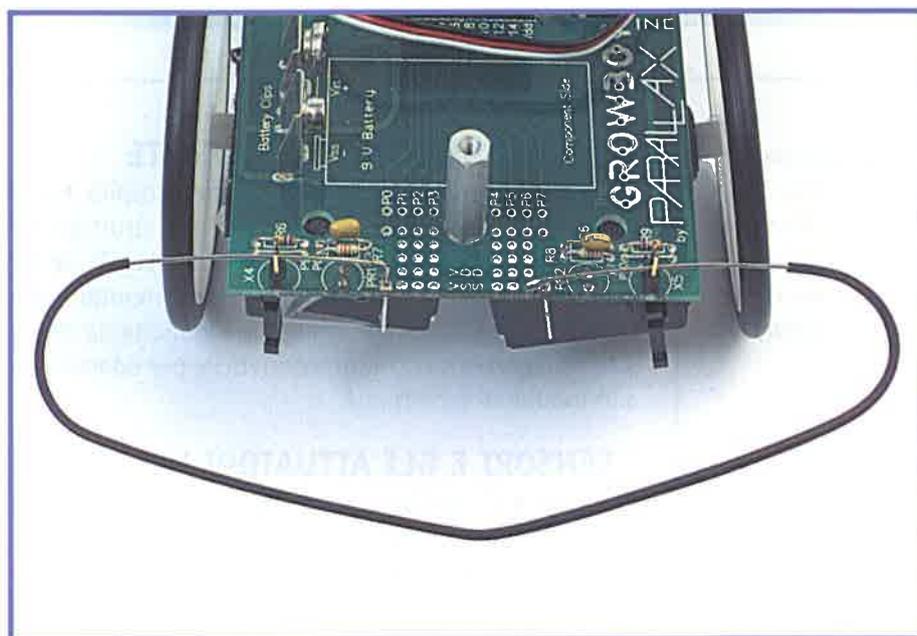
Oltre ai componenti elettronici, la scheda ospita anche i sensori, quindi si può dire che forma la struttura del microrobot; inoltre su di essa trova posto la pila da 9V per l'alimentazione e i motori che vanno montati nella parte inferiore. Oltre agli ingressi e alle uscite, la stessa scheda incorpora anche un connettore per adattare gli altri moduli di espansione.

### I SENSORI E GLI ATTUATORI UTILIZZATI

Come sensori - nella maggior parte dei casi - vengono forniti due bumpers o paraurti, due infrarossi, e un pulsante. La novità è negli attuatori. Oltre ai due servomotori (Futaba S-148) per il movimento, permette l'installazione di due LEDS e di un altoparlante, anch'essi inclusi.



Fotografia e serigrafia della scheda di ingressi e uscite.



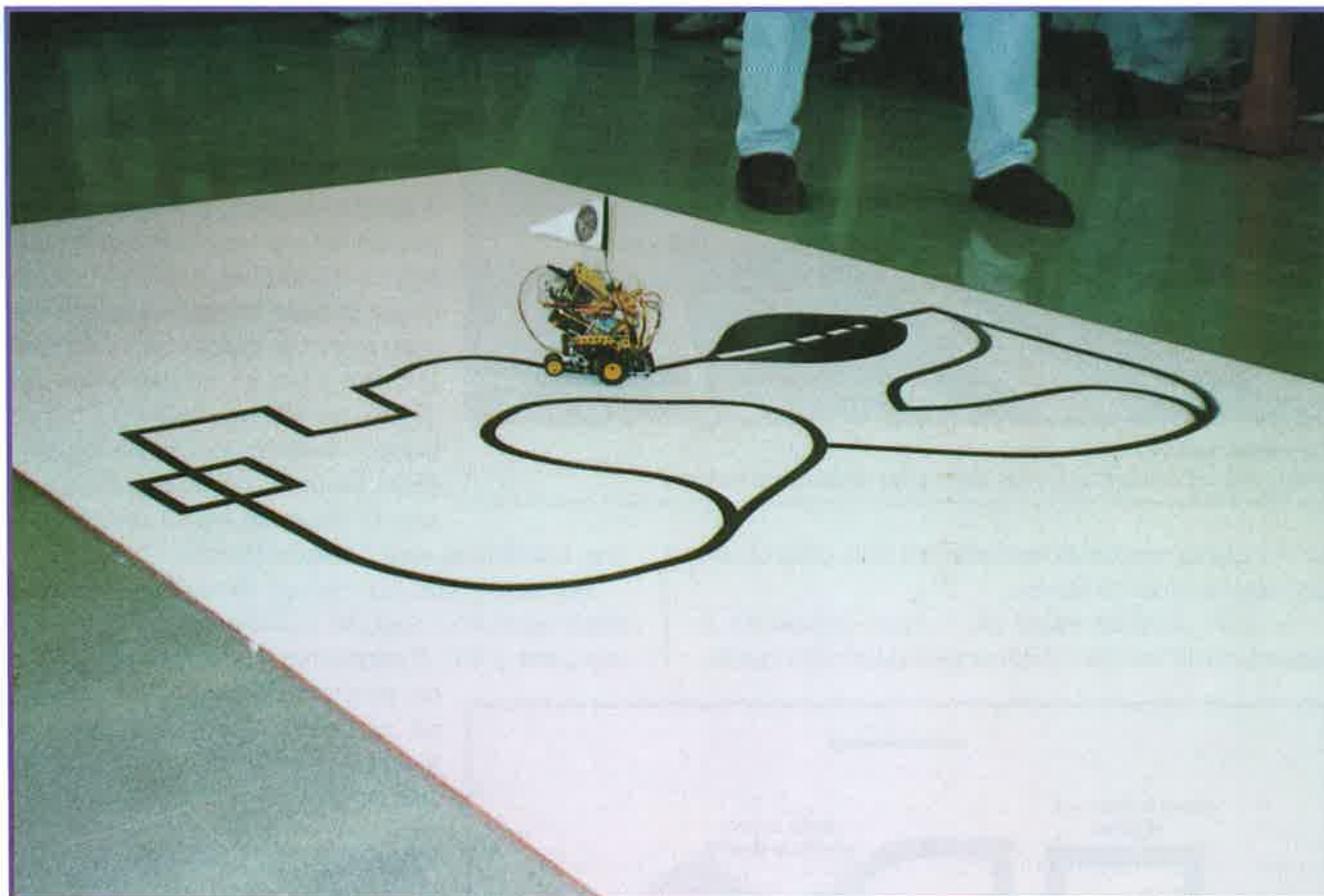
Dettaglio del sensore per gli ostacoli.

## LA PROGRAMMAZIONE

Si esegue sopra la stessa scheda collegandola con il computer per via seriale. Per questo motivo fa parte del kit un dischetto con il software necessario per la sua realizzazione e un cavo di connessione.

Il linguaggio di programmazione utilizzato è il PBASIC, una versione del BASIC, che include istruzioni, strutture di controllo e subroutine già pronte, la conoscenza delle quali dà al microbot una grande potenza; però potrebbero essere di difficile comprensione per i principianti, data la grande quantità di parametri e modalità delle medesime.

## Incontri e concorsi: prova di inseguimento



Momento di una prova di inseguimento.

**L'**obiettivo ultimo della costruzione di un microrobot, è il suo utilizzo in qualche applicazione. Il modo migliore di iniziare è una prova di inseguimento. Per la realizzazione di un programma di questo tipo, è sufficiente una mattinata.

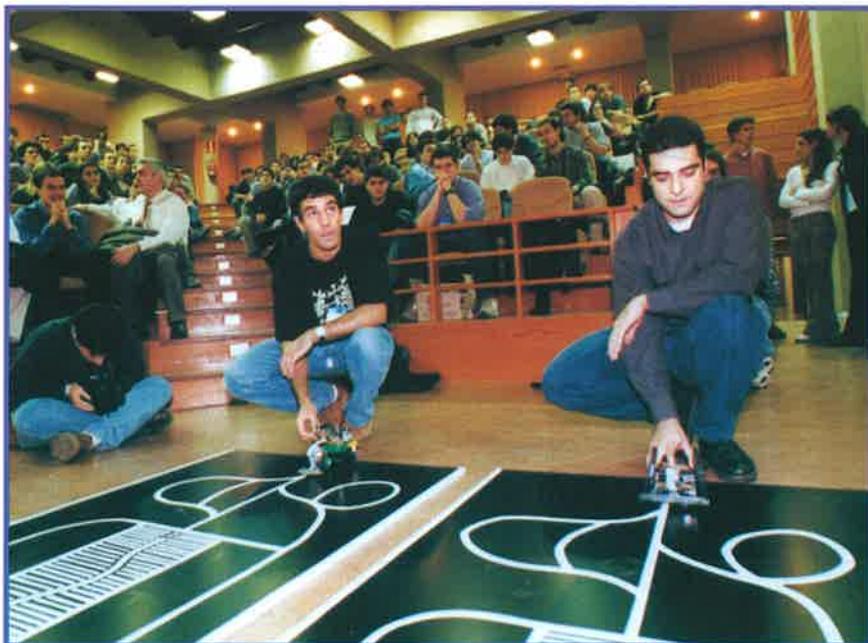
Anche se l'essenza di questa prova è semplice, è una delle costanti nei concorsi di microrobotica, e di solito genera le stesse aspettative di una corsa di macchine.

### OBIETTIVO

L'obiettivo della competizione è fare in modo che il microrobot percorra nel minor tempo possibile un cir-

cuito disegnato sul pavimento, oppure segnato sopra un tabellone, un supporto plastico eccetera. Il fondo può essere bianco o nero e la linea che segna il circuito, deve essere di colore opposto. La larghezza di questa linea generalmente è di 2 cm, ed è formata da nastro isolante, che risulta essere un materiale ottimo per questo uso, grazie alla sua adattabilità, e al fatto che si può facilmente rimuovere per modificare una pista o farne una nuova.

La corsa si può realizzare in turni consecutivi, sorvegliando l'ordine dei concorrenti, e segnando i tempi per determinare il vincitore; o ancora più interessante, può essere fatta con due microrobots che corrono simultaneamente in due piste uguali o speculari, spes-



Generalmente è più interessante vedere due microrobots seguire la stessa pista contemporaneamente.

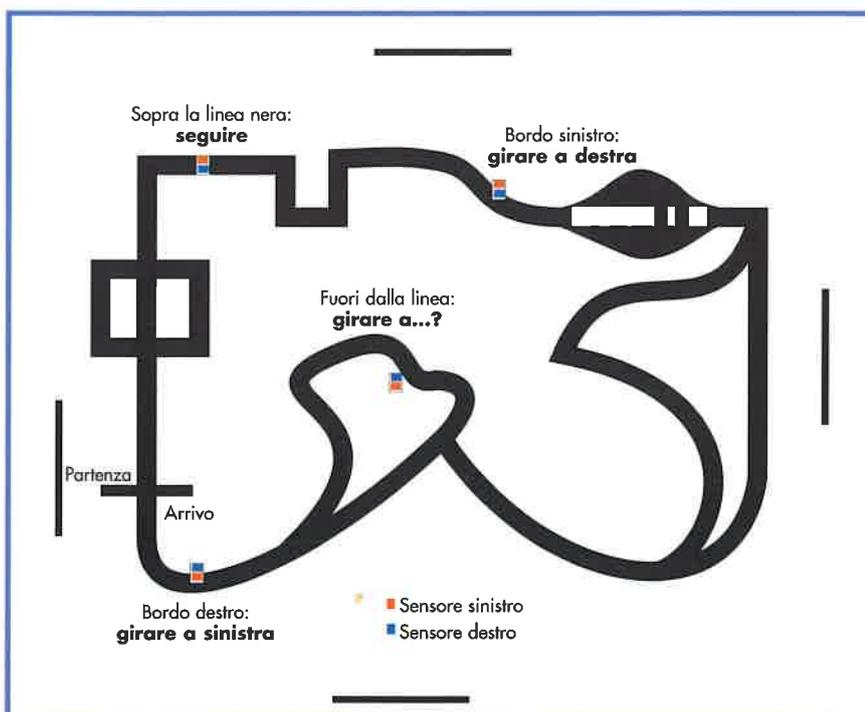
so realizzando anche un secondo giro nella pista opposta, oppure in senso inverso.

Le piste possono essere più o meno complicate a seconda delle decisioni degli organizzatori, con ramifi-

stro, a sinistra se esce il sensore destro).

Nel caso in cui i due sensori rilevano il bianco nello stesso momento, cosa che può capitare ad esempio in una curva a 90°, il microrobot dovrà essere preparato

per reagire in qualche modo e tornare sul percorso corretto, sia tramite la programmazione che con l'aiuto di altri sensori.



Disegno di un possibile percorso e attuazione di un microrobot secondo i sensori.

cazioni che non vanno da nessuna parte, laghi, curve a 90° eccetera. Infatti anche se la partenza e l'arrivo devono essere fissi, il percorso da seguire può non esserlo.

## ALGORITMO

L'algoritmo base di questa prova, parte dall'informazione ricevuta per riflessione dai due sensori ad infra-rosso.

Questi sensori possono distinguere il bianco dal nero, quindi se si vuole seguire la pista rappresentata nel grafico, il microrobot seguirà la strada giusta quando entrambi i sensori rilevano il nero. In questo caso il microrobot deve avanzare; nel caso in cui uno dei due sensori esca dalla linea (rilevi il bianco), il microrobot dovrà girare in senso contrario alla posizione del sensore (a destra se esce il sensore sinistro, a sinistra se esce il sensore destro).

Nel caso in cui i due sensori rilevano il bianco nello stesso momento, cosa che può capitare ad esempio in una curva a 90°, il microrobot dovrà essere preparato per reagire in qualche modo e tornare sul percorso corretto, sia tramite la programmazione che con l'aiuto di altri sensori.

## REGOLE DELLA PROVA

Generalmente sono simili in tutti i concorsi di microrobotica, la più importante è quella che fa riferimento ad una possibile deviazione del microrobot rispetto alla linea da seguire.

Il microrobot deve sempre seguire la linea; nel caso esca dal percorso, viene dato un massimo di tempo e/o spazio per tornare sui propri passi, altrimenti è eliminato. Anche la dimensione del microrobot è importante, l'altezza non è un problema, ma la larghezza e la lunghezza non devono superare 20 o 21 cm, inclusi sensori e attuatori vari di cui dispone. Il peso non ha un limite inferiore o superiore da rispettare.

## Modelli di microrobots: strutture

**A**nche se lo scheletro, o struttura, sul quale si monta il microrobot può sembrare un accessorio per il funzionamento del medesimo, nella maggioranza dei casi non lo è, ed ha più importanza di quanto possa apparire. Il suo peso, la robustezza e il volume devono essere adattati all'applicazione da realizzare, dato che influiscono su di essa. Un microrobot inseguitore, ad esempio, deve essere leggero, per guadagnare in velocità, per cui la sua struttura può essere ridotta al minimo, ma nello stesso tempo deve avere sufficiente stabilità, per non uscire fuori in curva a causa della velocità stessa. Inoltre la struttura deve essere sufficientemente flessibile in modo che si possano riparare senza problemi differenti tipi di ruote, rotelle, motori e accessori in generale, soprattutto se il microrobot verrà utilizzato come sistema di prova in differenti applicazioni, senza essere specializzato in nessuna in concreto.

Struttura metallica.

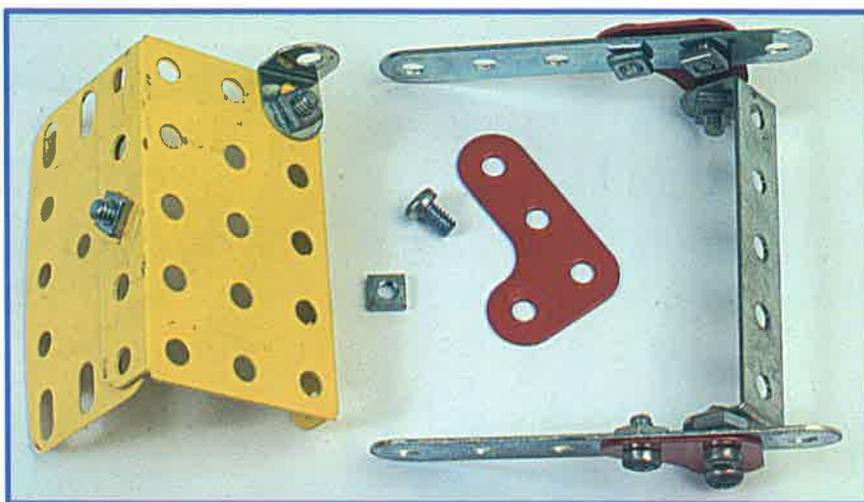
Struttura in plastica.

Struttura su misura.

*Classificazione delle strutture in base ai materiali.*

### CLASSIFICAZIONE DELLE STRUTTURE SECONDO IL MATERIALE

Tutte le strutture hanno lo stesso obiettivo: servire da supporto al resto degli elementi, collegandoli fra di loro



*Il metallo fornisce rigidità e resistenza alla struttura del microrobot.*

per permettere il movimento. Il peso e la dimensione delle batterie, il numero dei sensori, l'ambiente dove si svilupperà l'applicazione, caratteristiche specifiche di questa ecc., determineranno il materiale da utilizzare.



*I pezzi in plastica sono più leggeri ma meno resistenti di quelli in metallo.*



*Le strutture su misura formano il gruppo più grande della classificazione, grazie ai loro numerosi impieghi.*

Possiamo classificare le strutture nei gruppi riportati nella tabella.

Le prime impiegano pezzi metallici standardizzati, con fori che si uniscono tramite delle viti. Il metallo fornisce rigidità e resistenza, però può essere molto pesante e difficile da adattare a tutte le esigenze. Comunque sul mercato ci sono diverse ditte che forniscono quantità di pezzi differenti come tondini, angoli con diverse pieghe, placche, molle ecc., che permettono di modellare lo scheletro del microbot secondo le esigenze.

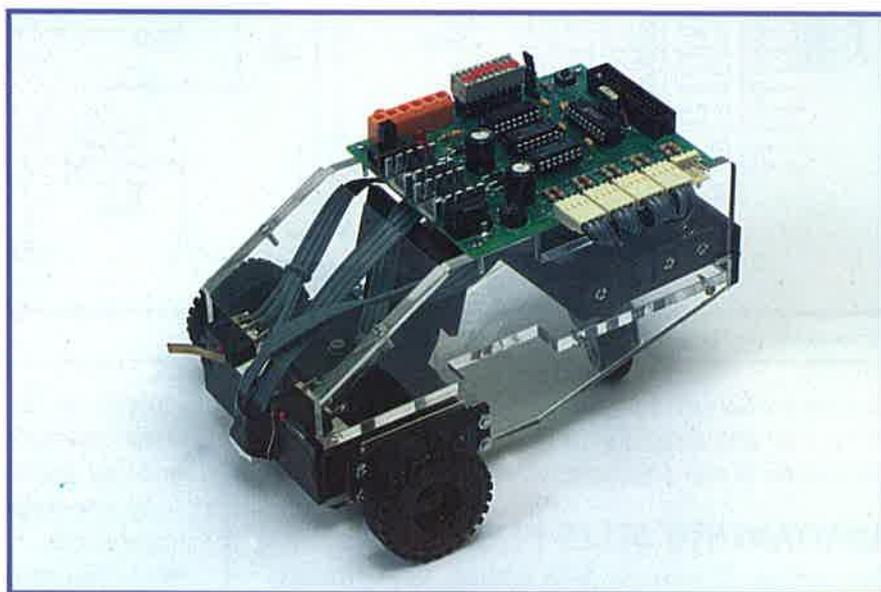
L'uso dei pezzi standardizzati in plastica, ha altre caratteristiche: il peso può essere molto ridotto, però anche la resistenza. Inoltre sono più facili da gestire, permettono il taglio e un certo grado di flessibilità. Ci sono anche numerose ditte che offrono una grande varietà di pezzi.

### PEZZI IN METALLO E PLASTICA

Sia i pezzi in metallo sia quelli in plastica, sono generalmente l'inizio della fabbricazione del microbot, ed entrambi forniscono la flessibilità e la facilità d'uso che è necessaria in questi casi. Man mano che acquisiamo confidenza avremo bisogno di elementi che non troveremo nei negozi e che dovremo disegnare noi stessi. Questi sono chiamati strutture su misura, e date le loro possibilità, formano il gruppo più esteso. Possono essere composti di legno, metacrilato, PVC, carta pesta ecc., dipende sempre dalle possibilità dell'artista e dall'applicazione a cui si vuole dedicare il microbot. Inoltre è molto comune mescolare diversi materiali, inclusi pezzi comprati con altri costruiti su misura. Non esiste una struttura migliore di un'altra, tutto dipende dall'uso che ne faremo: un microbot lottatore necessita di peso e resistenza, un inseguitore di leggerezza e aderenza ecc.

## IL PICBOT-2

**I**l microrobot PICBOT-2 è già stato presentato dalla nota ditta Microsystem Engineering, e non ha maggiori dotazioni elettroniche o meccaniche rispetto al suo predecessore; il PICBOT-1. I vantaggi che offre, rispetto a quest'ultimo, si riferiscono al montaggio e alla robustezza del medesimo, perché l'unica novità è nella struttura, che è di metacrilato. Il tempo necessario per il montaggio e la manutenzione della struttura in questo nuovo modello sono minori.



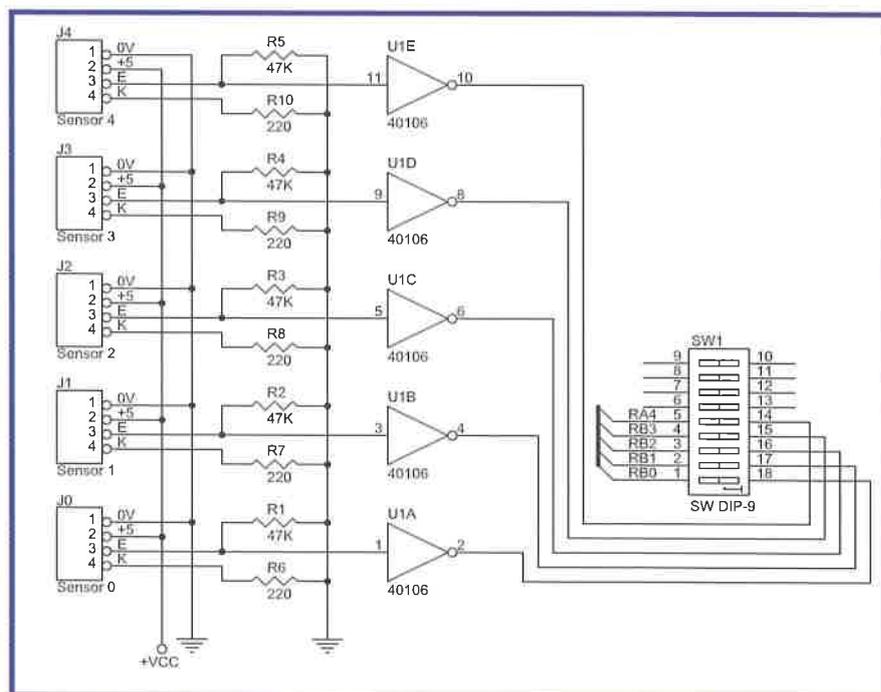
Aspetto del PICBOT-2 una volta montato.

### DESCRIZIONE FUNZIONALE DELLA SCHEDA DI CONTROLLO MSx84

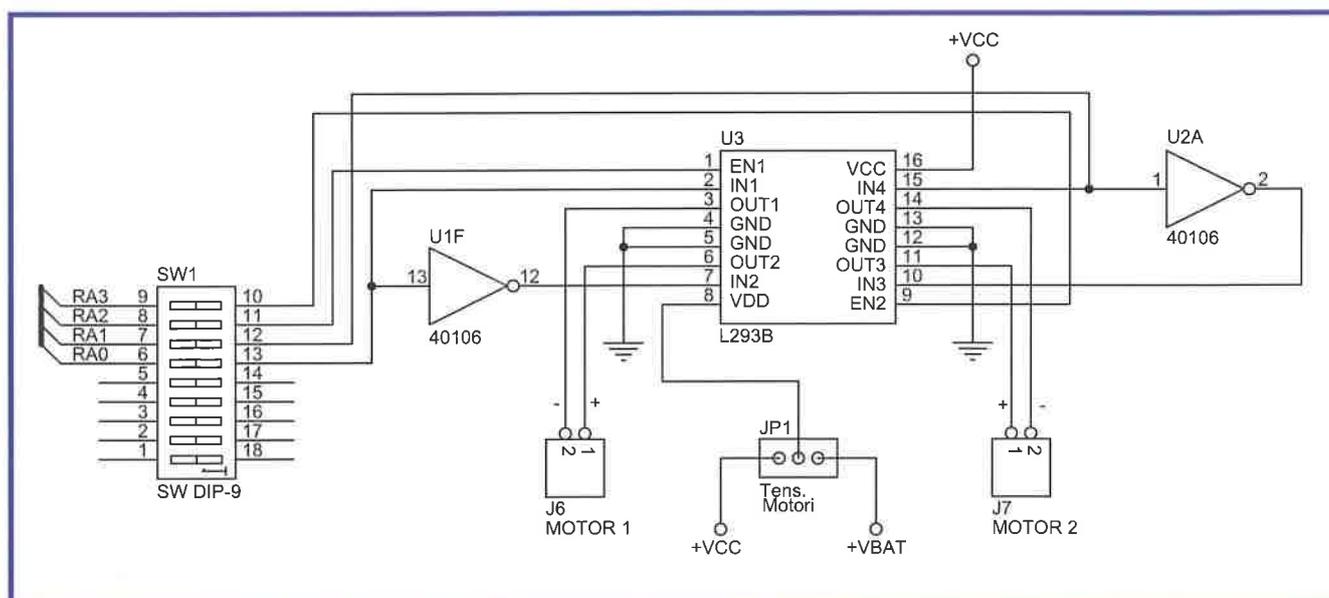
Come già si è detto parlando del PICBOT-1, questa scheda di controllo è di utilizzo generale e permette una gran varietà di cambi in quanto a sensori e motori utilizzati, tipi di alimentazione, ecc. Per questo, la ditta costruttrice introduce nel manuale un capitolo di descrizione funzionale, al fine di aiutare i più esigenti, che non si accontentano di quanto già visto, a comprendere il funzionamento della scheda, così come le possibili modifiche.

### TENSIONE DI ALIMENTAZIONE

È integrata nella scheda MSx84 e offre diverse possibilità di lavoro. Così, la logica di controllo ha bisogno di una VCC di +5 V, però i motori possono funzionare anche con tensioni più alte. Queste tensioni posso-



Schema elettrico della zona dei sensori della scheda MSx84.



Connessione dell'L293 alla scheda MSx84.

no essere ottenute a partire da una tensione alternata di 12 VAC che arriva da un trasformatore, oppure da un insieme di pile o batterie.

## ADATTAMENTO DELLE PERIFERICHE

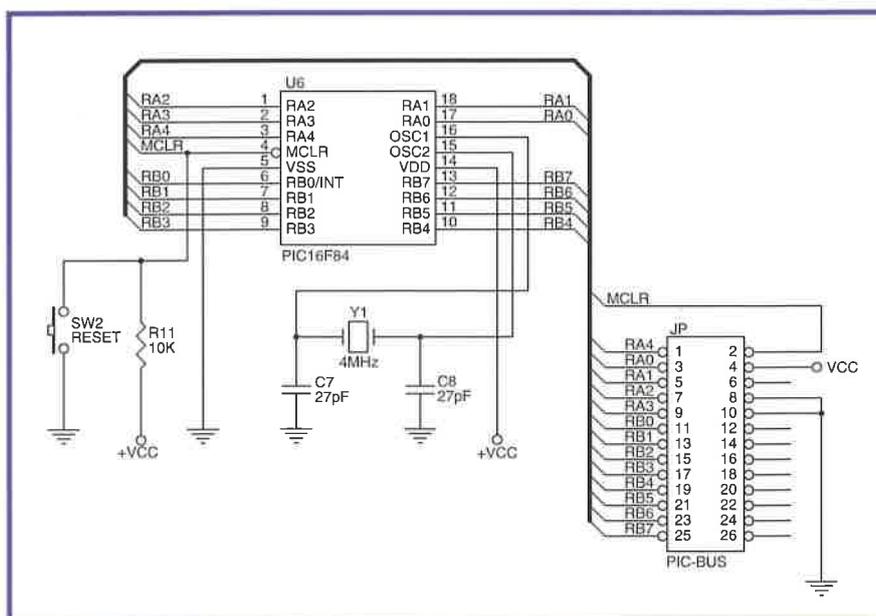
I connettori di ingresso della scheda, J0-J4, trasportano cinque segnali con l'obiettivo di poter adattare un buon numero di sensori diversi. In questo modo la resistenza R2, unita alla linea E, può essere sostituita da una di differente valore, o da una resistenza di regolazione da 100 K, per adattarsi a differenti modelli di sensori o a differenti sensibilità all'interno dello stesso modello. Inoltre, la tensione di alimentazione che richiedono alcuni sensori può essere presa dai connettori della scheda.

## CONTROLLO DEI MOTORI

Sopra la scheda MSx84 si trova situato il chip L293B di SGS-THOMSON, particolarmente indicato per gestire carichi con un elevato consumo, come nel caso dei motori a corrente continua. Grazie a questo si possono pilotare due motori a corrente continua allo stesso tempo, oppure uno del tipo passo

a passo. La tensione applicata a questi motori può essere selezionata tra il +VCC di +5 V e una esterna, applicata mediante batterie.

Se non vogliamo usare motori in una determinata applicazione, possiamo disabilitarli attraverso i microinterruttori di SW1, mostrati nello schema riprodotto qui sopra, lasciando libere le linee RA0-RA3 per altri usi. Inoltre si può accedere alle linee del PIC al completo, attraverso un bus, per utilizzarle a seconda delle esigenze.



Accessibilità delle linee del PIC mediante un bus.

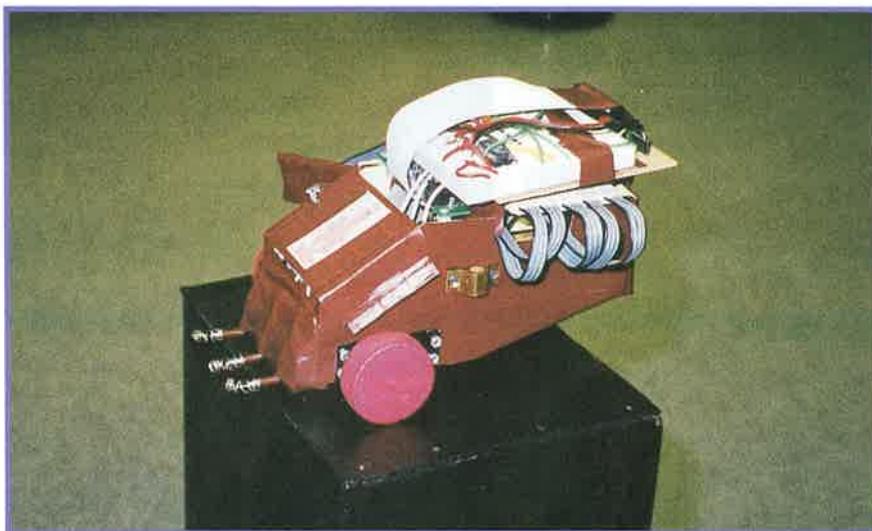
## Incontri e concorsi: Università

**N**el Natale del 1998 il dipartimento di Architettura dei Computers dell'Università di Deusto, organizzò in ESIDE (Facoltà di Ingegneria) un concorso di microrobotica. L'idea nacque dopo la partecipazione di un gruppo di professori e alunni ad uno stage di microrobotica, gestito da un'azienda madrileña Grupo J&J. Il grande entusiasmo di questo gruppo di lavoro, diede l'impulso ai professori per organizzarne altri simili, per quegli alunni che, a causa del limitato numero di posti, tipico di questi seminari di lavoro, non avevano potuto assistere al primo.

Il microrobot utilizzato era il Tritt, con la struttura di Lego e controllato da un Motorola 68HC11, costituiva un buon punto di partenza, e contemporaneamente aveva anche grandi possibilità per chi avesse voluto approfondirne la gestione.



*I microrobots esploratori, devono realizzare con precisione un disegno che può essere verificato mediante delle linee disegnate sul pavimento.*



*Scooby, vincitore della prova libera del Concorso 2000 dell'Università di Deusto, posa dopo aver analizzato le differenti zone dei condotti.*

### MODALITÀ DEL CONCORSO

La preparazione del concorso richiese settimane. Era la prima volta che si organizzava un incontro di questo tipo, e non si conoscevano le ripercussioni che avrebbe potuto provocare.

Si pensò a quattro prove differenti secondo la programmazione dei microrobots: inseguitori, esploratori, lottatori o di sumo, e intelligenti. I microrobots inseguitori dovevano seguire una traiettoria segnata da una linea nel minor tempo possibile. Gli esploratori dovevano realizzare un percorso geometrico, in questo caso un dodecaedro, con la maggior precisione e nel minor tempo. I lottatori dovevano mettere fuori combattimento l'avversario, prima di essere espulsi loro stessi. La prova dei microrobots intelligenti, o prova libera, premiava l'immaginazione di partecipanti e la messa in pratica di un'idea.

### SVILUPPO DELLE PROVE

I gruppi erano formati per la maggior parte da quattro membri, che dovevano essersi iscritti in precedenza con i loro microrobots alle prove desiderate. Ad ecce-

zione della quarta prova, i gruppi avevano un numero massimo di partecipanti, in modo da non rendere tediose le realizzazioni delle medesime. Questa caratteristica e altre relative alle norme delle distinte prove, furono consegnate ai partecipanti al momento dell'iscrizione.

### AMPLIAMENTO DEL CONCORSO A INTERUNIVERSITARIO

Dopo il successo della prima edizione, e considerati anche gli errori commessi, si pensò di elevare il carattere del concorso a livello nazionale.

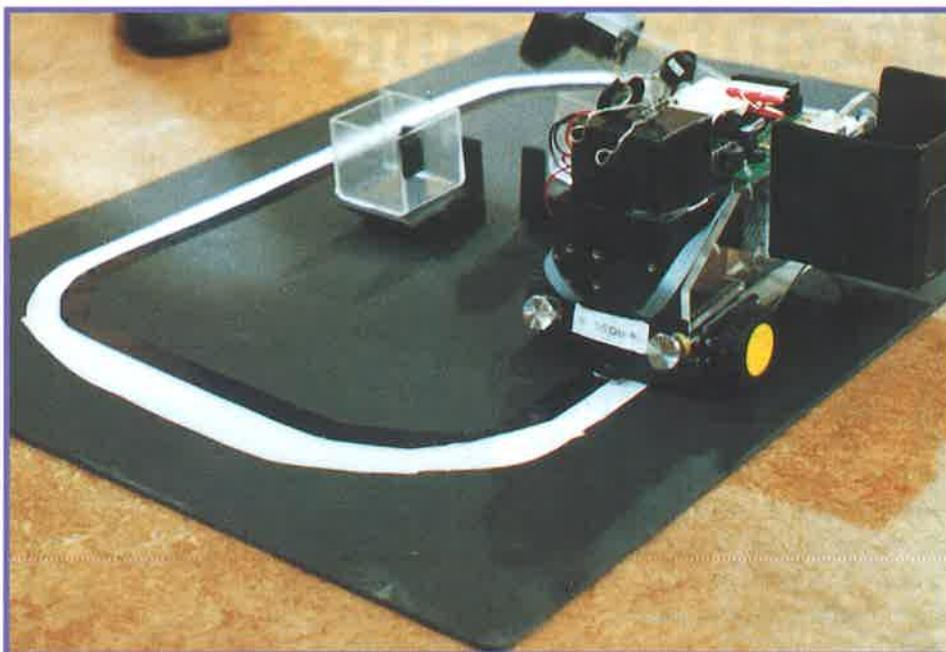
Furono realizzati dei manifesti che furono spediti a diverse università che avevano

esperienza nel campo della microrobotica, e fu realizzata una pagina web che conteneva tutte le informazioni relative al concorso. Al fine di uniformarsi il più possibile su altri concorsi nazionali, si presero gran parte dei regolamenti e delle norme del concorso che l'associazione di studenti AESS della UPC (Universitat Politècnica de Catalunya) realizzava tutti gli anni.

La risposta da parte degli alunni dell'università fu molto soddisfacente e si ebbe l'appoggio della propria istituzione, delle aziende del settore e della stampa, per le infrastrutture e il materiale necessario. Il fatto che gli appassionati a questa recente tecnologia siano studenti è al contempo una fortuna e un problema, dato che generalmente non hanno né risorse né tempo per preparare questo tipo di concorsi. In questa occasione le prove furono solo tre, escludendo gli esploratori.

### FINE SECOLO

Il concorso migliora di anno in anno, grazie all'entusiasmo che organizzatori e partecipanti impiegano per portarlo avanti. All'edizione tenutasi nel dicembre del 2000, hanno partecipato quattro prestigiose università: Scuola di Ingegneria delle Telecomunicazioni dell'Università di Alcalá, Scuola di Ingegneria Tecnica di Mataró, UPC di Terrasa ed ESIDE



*Basurbot in piena azione, mentre raccoglie cubetti di spazzatura al Concorso 2000 dell'Università di Deusto.*

dell'Università di Deusto. Inoltre si è potuto contare sulla partecipazione eccezionale di un club giovanile del tempo libero, i concorrenti più giovani per il momento.

La scuola di Mataró ha vinto il primo premio con il microbot inseguitore, la UPC di Terrasa con il lottatore, ed ESIDE dell'Università di Deusto con il microbot intelligente. In quest'ultima prova, l'idea è tanto importante come la presentazione, o la tecnologia applicata. Il primo posto fu per "SCOOBY", un robot per l'ispezione di condotte di aria condizionata.

Dopo l'ispezione il microbot doveva informare tramite un pannello di controllo centrale, sull'idoneità o meno della temperatura delle differenti zone che formano il condotto, e avvisare di possibili errori e cause di malfunzionamento. La sua utilità, e il metodo di comunicazione fra elementi indipendenti, indussero la giuria ad assegnare il primo premio a questo microbot.

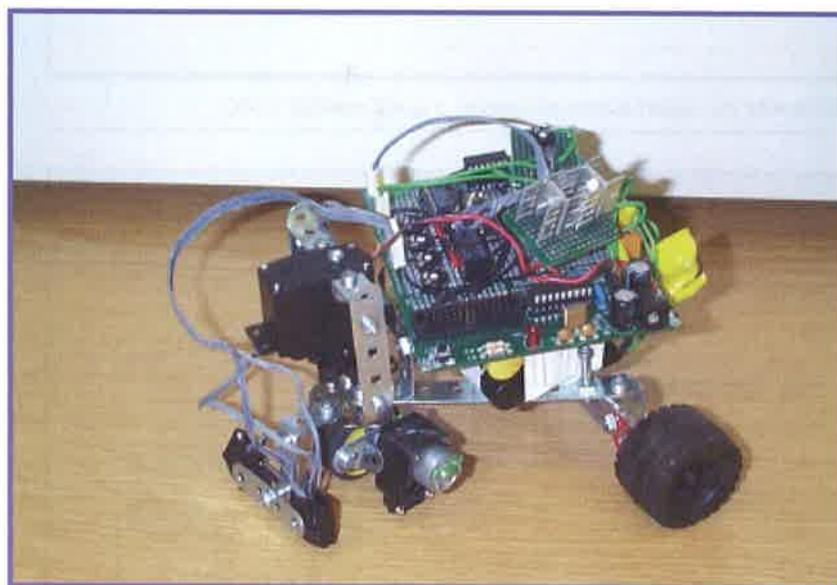
Al concorso assistettero, oltre a un numero pubblico, molte rappresentanze dei mezzi di comunicazione; fece scalpore in modo particolare l'alto numero e il livello dei microrobots basati sul microcontroller PIC. Alcune delle macchine erano già provviste del moderno PIC 16F87x, e poterono manifestare il loro enorme potenziale operativo, lasciando immaginare fantastiche prospettive future.

## Modelli di microrobot: Apocalipsis PIC

**Q**uesta volta la stella dei microrobot è Apocalipsis PIC, un microrobot la cui struttura si può classificare fra quelli costruiti su misura, dato che è un insieme di pezzi normalizzati, ad esempio: il MECCANO con altri riciclati, come pezzi di vecchie stampanti, asciugacapelli ecc. I suoi costruttori, studenti in ingegneria, hanno già in bacheca diversi premi interuniversitari per questa e altre "invenzioni" simili.

### NATO PER INSEGUIRE

Apocalipsis PIC è stato realizzato su misura, non solo per la struttura, ma anche per la sua finalità. Fu concepito per realizzare in modo specifico le prove di inseguimento. La sua scheda di controllo principale contiene una zona con il PIC e gli elementi esterni di cui necessita per lavorare, come il cri-

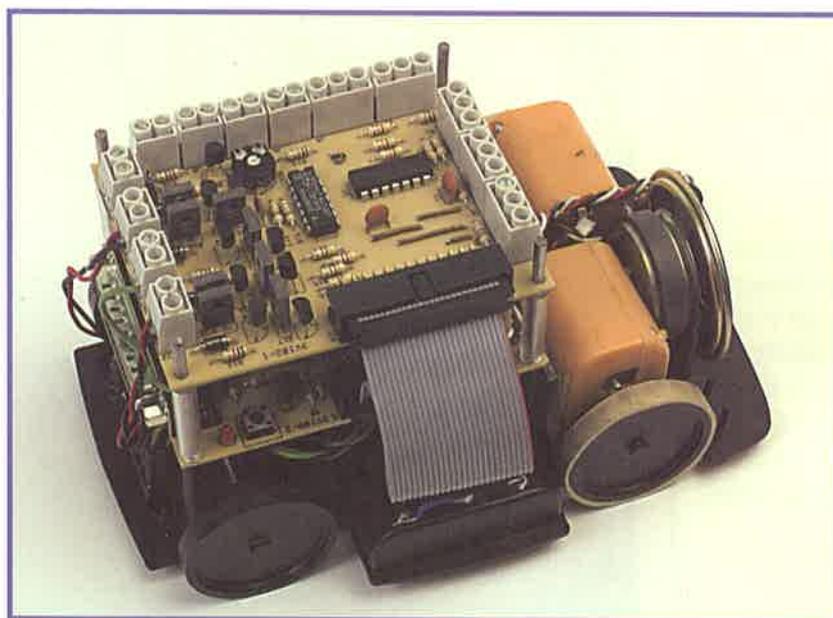


Aspetto di Apocalipsis PIC.

stallo di quarzo, il pulsante di Reset e l'alimentazione, e una zona libera per le saldature. In questa zona vengono collocati gli elementi che descriveremo in seguito.

### PERIFERICHE DI INGRESSO

Come periferiche di ingresso, dato che è stato progettato per inseguire, possiede solo due sensori ad infrarossi, che comunicano con il PIC attraverso delle porte invertenti tipo trigger, le quali hanno la funzione di condizionamento del segnale. Allo stesso tempo, dato che sono porte invertenti, il valore che processerà il PIC, è il contrario di quello rivelato dai sensori. Questo, a volte, confonde il programmatore, però è una tecnica molto utilizzata. Così la rilevazione del bianco, se è un 1, passando per l'inverter si converte in 0, e se si rivela colore nero (0 logico) al PIC arriva come un 1.



Scheda di controllo del nostro Monty.

bianco = 1

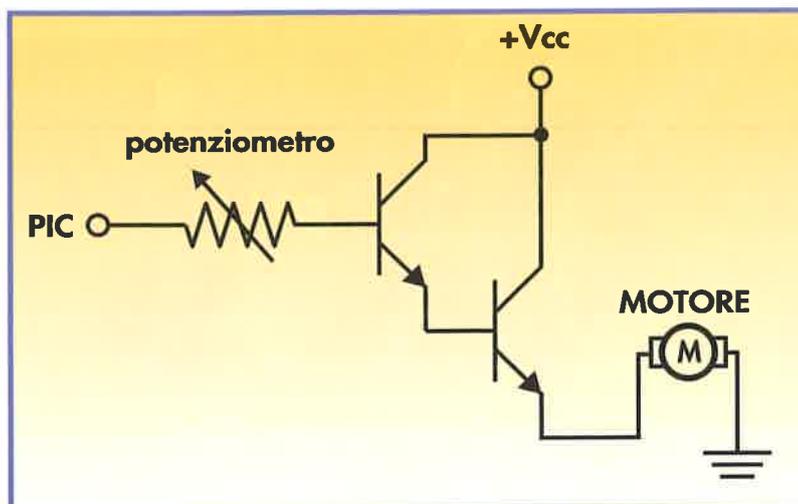
nero = 0



bianco = 0

nero = 1

Differenza fra i valori rivelati dai sensori, e quelli mandati al PIC.



Schema elettrico del motore di trazione.

## MOTORE DI TRAZIONE

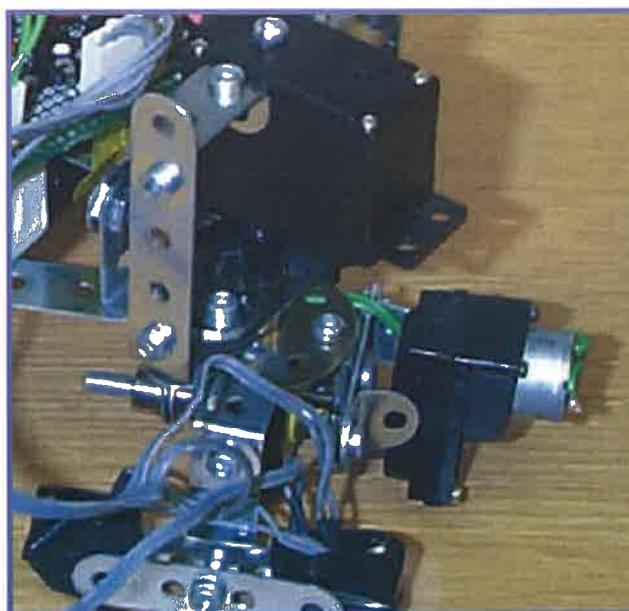
Il movimento si realizza grazie ad un motore a corrente continua che fa girare una ruota in un solo senso: avanti. Per questo motivo, uno dei due fili del motore è collegato a massa. Le due ruote posteriori sono libere, cioè si muovono per trascinamento dato dalla forza della ruota anteriore. Il motore funziona a 5 V, che arrivano tramite un transistor darlington, quando dal microcontroller viene dato il segnale di "girare" che non è altro che un 1 logico in uscita da uno dei piedini del PIC. La velocità di questo motore si può controllare mediante un potenziometro, che risulta molto utile a seconda della difficoltà della pista, infatti un percorso con curve molto strette può far sbandare ad una velocità consistente il microrobot mandandolo fuori pista.

## MOTORE DI DIREZIONE

La cosa più interessante di questo microrobot è l'idea, semplice da realizzare; questo sicuramente ha influito sul

suo successo: un secondo motore per determinare la direzione. Anche se utilizza due motori, metodo comune per poter muoversi avanti, indietro, a destra, a sinistra, non li usa nello stesso modo. Come abbiamo già spiegato, il primo motore, quello di trazione, fa sì che, quando gira, il microrobot vada avanti. Con il secondo, si ottiene la variazione di direzione di un determinato angolo della ruota motrice. In questo modo si consegue la possibilità di girare di 90° in modo quasi istantaneo, per inseguire questo tipo di curve, che generalmente sono il cavallo di battaglia di tutti i microrobot.

Nella fotografia del dettaglio si può intuire come è stato realizzato questo motore; quello inferiore è adibito al movimento, quello superiore alla direzione. L'asse del motore di direzione è accoppiato ad un ingranaggio che gira con esso; questo ingranaggio, a sua volta, è unito con la ruota e i sensori, in questo modo viene cambiata la direzione con un giro del motore superiore. Poiché i sensori leggono in continuazione, quando si ritrova il percorso corretto, il PIC manderà un segnale al motore perché cessi di girare. Questi cambiamenti si producono in pochi microsecondi.



Dettagli del motore di direzione del microrobot.

## Incontri e concorsi: combattimenti di sumo

**A**nche se non è una delle prove più semplici da vincere, dato che esige conoscenze di programmazione, ma soprattutto di meccanica e di hardware in generale, e grandi doti d'ingegno, di solito è la prova più importante di tutto l'incontro di microrobotica. I microrobots sono guidati dai loro custodi come se si trattasse di persone, e ai costruttori di queste sofisticate invenzioni, costa molto non avvicinarsi alla pista quando vedono soffrire il loro beneamato robot, colpevole di tante notti insonni.

### OBIETTIVI

Al gioco partecipano due squadre, ognuna formata da un microrobot e da uno o più giocatori (le persone che hanno costruito il microrobot). Le squadre competono all'interno dell'area di combattimento, secondo le norme per ottenere punti effettivi, chiamati punti Yuhkoh.

Normalmente i combattimenti consistono in tre assalti da uno a tre minuti ciascuno, anche se il numero degli assalti può essere maggiore in caso di parità. Vince il

combattimento il microrobot che durante i tre assalti conquista per primo due punti Yuhkoh. Ad ogni modo, in caso di dubbio, i giudici hanno l'ultima parola. I microrobots devono collocarsi dietro la linea Shikiri uno di fronte all'altro. Dopo il via devono trascorrere 5 secondi prima che inizino a muoversi; ogni assalto finirà quando si ottiene un punto Yuhkoh che può essere aggiudicato dalla fuoriuscita dell'avversario dal ring, o perché uno dei due robots rimane fermo per un certo periodo di tempo, o per somma di errori dell'avversario. Inoltre l'assalto può essere sospeso perché i microrobots rimangono un certo tempo senza toccarsi, o per altre cause specificate dalle norme del concorso.

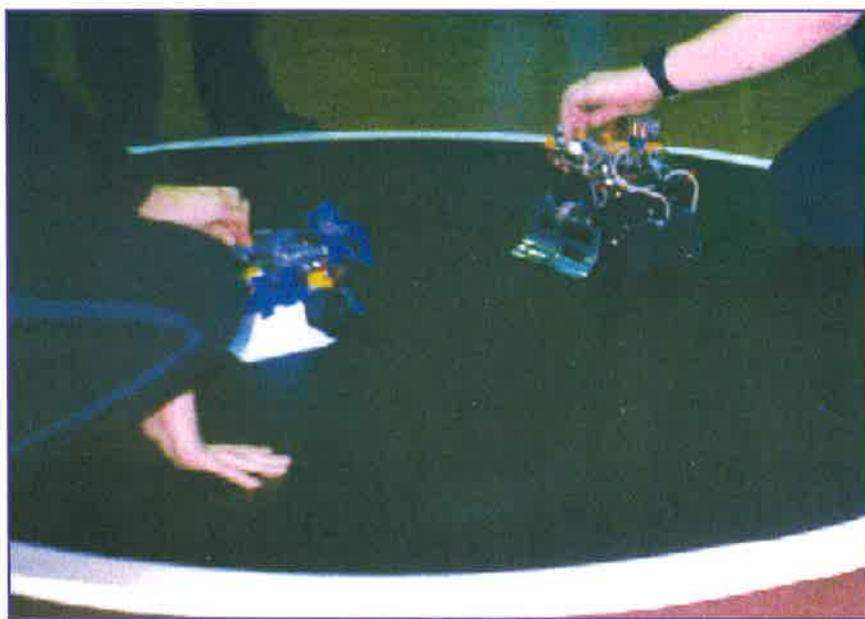
A seconda del numero di squadre iscritte, la gara si può disputare in forma di campionato, oppure ad eliminazione diretta, o come un torneo con gironi di qualificazione ecc.

### REGOLE DEL CONCORSO

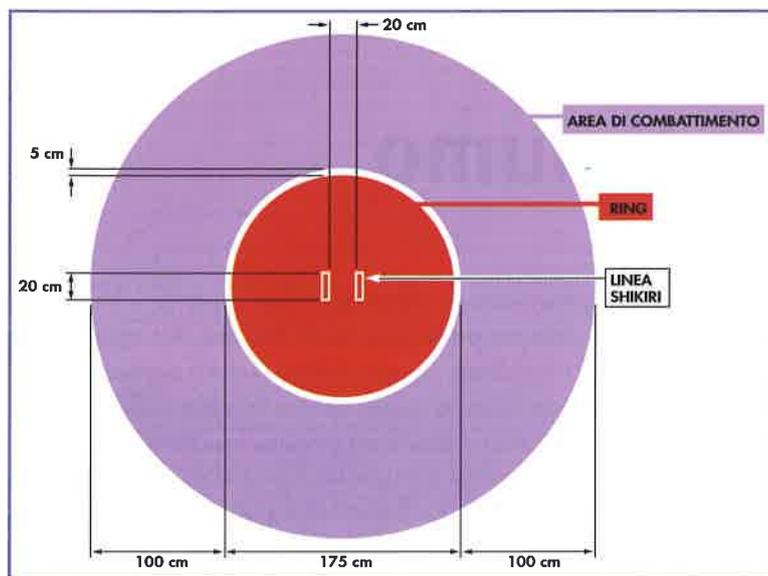
Le regole utilizzate nella maggior parte dei combattimenti di sumo, generalmente sono un adattamento di quelle del "All Japan Robot Sumo Tournament Office", dato che sono le più complete. Esse sono divise in differenti sezioni, e all'interno di queste, in diversi articoli.

Una delle sezioni fa riferimento all'area di combattimento, che è definita in modo preciso, e deve avere una composizione e una misura determinate.

In quanto ai microrobots, le loro dimensioni devono essere tali da entrare in una scatola da 20x20 cm, con i sensori di finecorsa chiusi se necessario. Non è permesso progettare il microrobot, che all'inizio del gioco, si separi in diversi pezzi, però è permesso dispiegare delle strutture durante il combattimento. Non ci sono vincoli per l'altezza, inoltre il peso massimo del microrobot può essere di 3.000 grammi, incluse



*Un momento di una prova di sumo, appena prima di iniziare.*



Schema dell'area di combattimento.

tutte le parti. Per quanto riguarda il programma, i microrobots devono essere progettati in modo che trascorrono 5 secondi da quando si preme il pulsante di avvio a quando iniziano a muoversi; questo intervallo è chiamato tempo di sicurezza. La struttura di questi robots, oltre a misura e peso, deve sottostare ad una serie di caratteristiche come il non provocare danni all'area di combattimento né all'avversario, non usare dispositivi che lancino liquidi, polveri o gas ai loro avversari, non devono essere infiammabili, ecc.

## ALGORITMO

L'algoritmo può essere tanto complicato, o tanto semplice, quanto ci pare. Inoltre bisogna tener presente che in questa prova sono decisivi sia il software che i sensori e la struttura, è tutto l'insieme che deve risultare efficace per conseguire il successo.

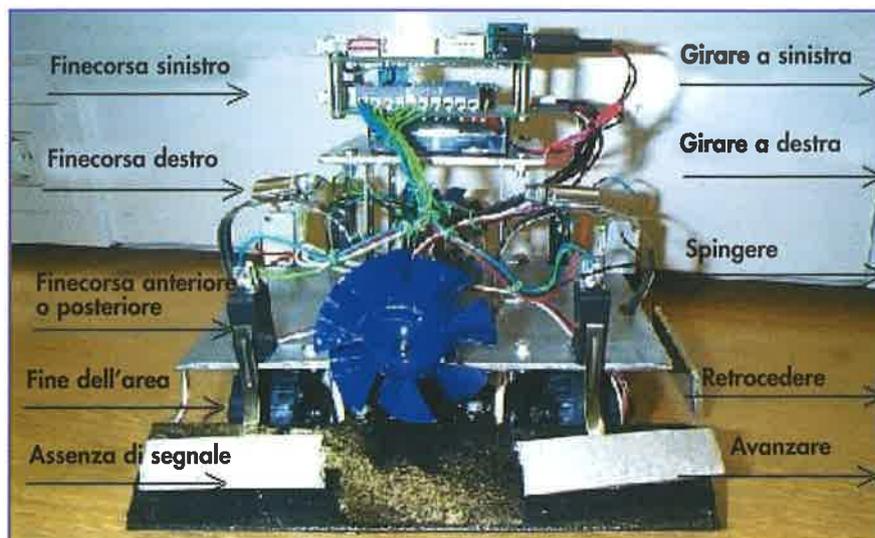
I sensori che si utilizzano principalmente sono quelli a contatto, o finecorsa. Un microrobot dotato di questo tipo di sensori saprà da che lato è l'avversario, quando entra in contatto con esso. A seconda dell'algoritmo programmato, può scegliere se retrocedere, spingere, girare per collocarsi in una posizione migliore, o quello che il programmatore avrà pensato come migliore opzione.

I microrobots più sofisticati, utilizzano come sensori di finecorsa le "celle sonar", con il vantaggio che non è necessario entrare in contatto con l'avversario per sapere dove si trova. Questo dà più possibilità al momento di programmare le strategie, dato che l'altro microrobot potrebbe non averci ancora rilevati. I microrobots più avanzati incorporano piccole telecamere digitali, anche se questo suppone un aumento delle difficoltà di programmazione.

Gli algoritmi oltre ad adattarsi ai sensori, possono essere più o meno complicati; il più semplice è un programma che reagisce, a fronte di uno stimolo ricevuto da uno dei sensori, girando da un lato oppure dall'altro in funzione del sensore attivato, spingendo o retrocedendo a seconda del caso. Se vogliamo che il microrobot si comporti in modo più intelligente potremmo, ad esempio, fargli scrivere in memoria il modo di

operare dell'altro microrobot, per poter scegliere differenti tecniche di combattimento, secondo la necessità.

La struttura generalmente è "un insieme di buone idee". Si può predisporre una rampa per fare in modo che l'avversario ci salga sopra e poi cada, confonderlo con i colori del telaio facendo in modo che l'altro microrobot pensi di aver rilevato la fine del ring, mandare segnali che confondano il sonar dell'avversario, aumentare di peso grazie alla pressione generata dalla rotazione di un'elica..., in definitiva tutto è valido se non si intrangono le regole.



L'algoritmo più semplice fa sì che il microrobot giri in funzione dei valori captati dai sensori.

## Modelli di microrobots: il Tritt

**I**l Tritt è costruito e commercializzato dal Gruppo J&J Microrobotica. Questa azienda è nata dall'iniziativa di un gruppo di universitari che a poco a poco hanno convertito la loro passione per la microrobotica in un modo di vivere, dedicandosi fra le altre cose a questo e ad altri microrobots, oltre a tenere lezioni sul tema.

Il microrobot Tritt è nato per essere utilizzato come modello base da costruire nei laboratori di microrobotica. Come la maggior parte dei robots di questo tipo, è una piattaforma base con scopi accademici, per cui la sua struttura fu progettata in modo che il suo montaggio risultasse semplice, ma anche ampliabile. Secondo quanto affermano i progettisti, grazie ai molti appassionati, Tritt ha molti fratelli.

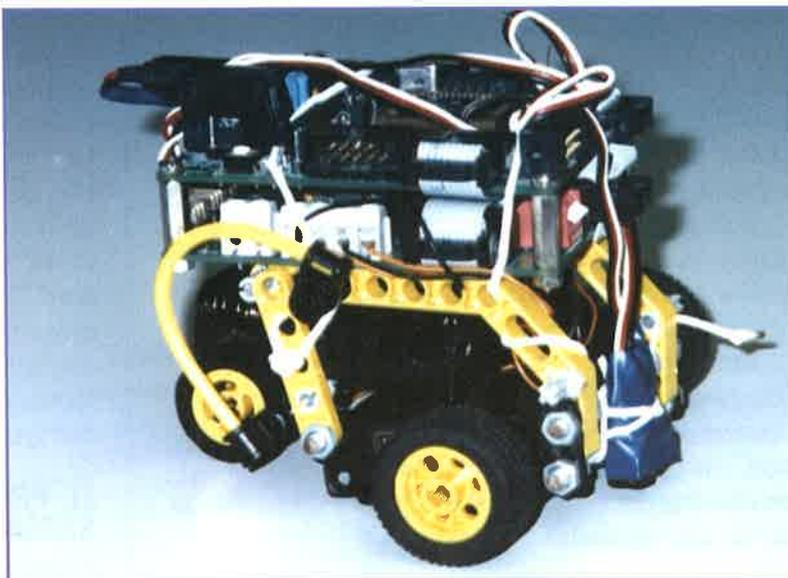
La figura mostra l'aspetto del microrobot a montaggio terminato.

### COME INIZIARE A LAVORARE CON IL MICROBOT

Il Gruppo J&J offre diverse possibilità per chi volesse acquistare un Tritt, ma forse una delle cose più interessanti consiste nell'unirsi ad un gruppo di persone interessate, perché proprio il Gruppo J&J ci introduca nell'appassionante mondo della microrobotica e ci insegni a montare e programmare il microrobots, terminando con una prova di microrobot inseguitori fra i partecipanti al corso. La durata totale del corso è di dieci ore. In seguito gli appassionati potranno approfondire per conto proprio la programmazione del microrobot e realizzare nuove applicazioni. I manuali forniti insieme al microrobot e la grande quantità di informazioni disponibile su Internet, facilitano questo lavoro.

### LA SCHEDA DI SVILUPPO CT6811

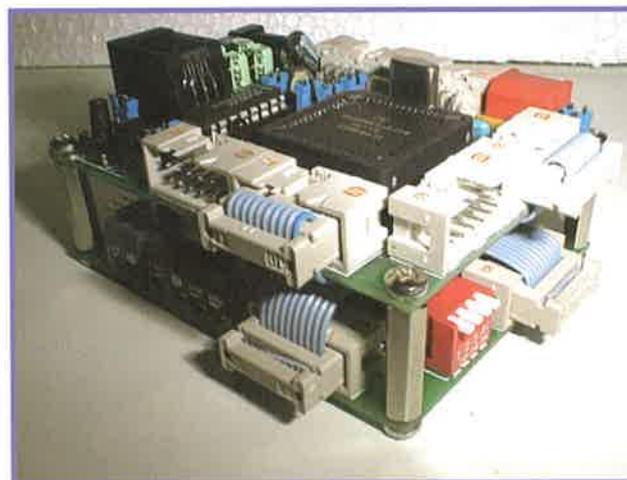
La CT6811 è una scheda per lo sviluppo delle applicazioni hardware e software basata sul microcontroller



*Aspetto del Tritt appena montato.*

68HC11: serve sia per lo sviluppo dei prototipi che per il funzionamento nel sistema finale.

Così, è utile come scheda di impiego generale, dato che collegandola ad un PC tramite una porta seriale, si possono testare programmi di prova. Inoltre funziona



*Scheda di sviluppo CT6811  
collocata sopra la scheda di potenza.*

come scheda di controllo autonoma, cioè senza essere collegata al PC, eseguendo il programma che deve essere caricato nella memoria di tipo EEPROM del microcontroller che la governa. La terza possibilità è che possa lavorare come periferica del PC.

In questa configurazione può ricevere segnali dall'esterno e mandarli al PC per, ad esempio, la presentazione in video, oppure eseguire ordini ricevuti tramite il computer.

### LA SCHEDA DI POTENZA CT293+

La CT293+ è una scheda che fornisce al sistema la possibilità di controllare motori e sensori, fornendo le capacità di movimento e di analisi dell'ambiente.

È stata progettata per adattarsi alla CT6811 e da questa essere controllata. La scheda, inoltre, si può gestire anche tramite un altro sistema, ad esempio la porta parallela di un PC.

Attraverso la scheda di potenza CT293+ si possono collegare due motori in continua o uno passo a passo. Dispone di circuiti per leggere quattro sensori ad infrarossi, che possono essere optoaccoppiati. Possiede inoltre otto ingressi di utilizzo generale per il collegamento dei sensori, sia digitali che analogici.

### VERIFICA DI FUNZIONAMENTO DEL MICROBOT

Il programma CT294 è un modo semplice di verificare se i sensori ed i motori funzionano correttamente, e se

sono collegati in modo corretto, mediante una videata con dei riquadri che informano sullo stato delle porte.

Attivando i diversi pulsanti, si può cambiare lo stato delle porte configurate come uscita.

### IL SOFTWARE DI COMUNICAZIONE CTDIALOG

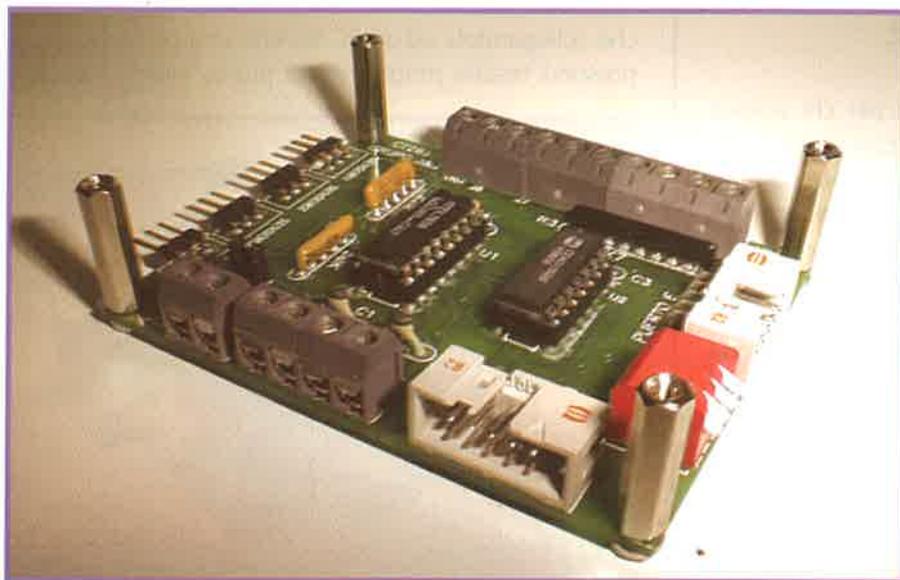
Il CTDIALOG è un programma che permette di "dialogare" con il microcontroller 68HC11 contenuto nella scheda di sviluppo. Con questo programma possiamo accedere a tutte le risorse del 68HC11 tramite il PC: memoria RAM, registri di controllo, memoria EEPROM ecc.; inoltre serve da test per il funzionamento delle periferiche collegate alla CT6811. Il programma si divide in due parti: una che si esegue nel 68HC11 e l'altra nel PC. Il programma che si esegue nel 68HC11 si chiama CTSERVER, e la sua funzione è quella di eseguire i comandi che arrivano dal PC. Il programma che si esegue nel PC funziona come interfaccia, presentando le formazioni in forma intelligibile e traducendo gli ordini dell'utente in comandi comprensibili dal CTSERVER.

### IL PROGRAMMA DI COMUNICAZIONE SERIALE MCBOOT

Il programma MCBOOT mette in comunicazione la scheda CT6811 con il PC. Oltre a funzionare come terminale di comunicazione, permette di caricare il programma nella RAM interna del 68HC11. Questo è molto utile per la messa a punto dei programmi e per le prove della periferica, dato che disponiamo di una tastiera per inviare i dati al microcontroller e del video del PC per presentarli.

### LA STRUTTURA MECCANICA

La struttura meccanica è una parte importante del progetto di un microbot. Deve essere resistente, di facile montaggio e con accessibilità ad elementi come batterie, sensori, ecc. La struttura scelta per il Tritt soddisfa tali caratteristiche, perché utilizza il LEGO Technic, insieme ad altri componenti come portatile, gomme elastiche, viteria ecc. Questo permette di creare una struttura base che l'utente può ampliare.



Fotografia della scheda di potenza CT293+ pronta per essere collegata alla scheda di controllo.

## Modelli di microrobot: il PICTAZO



*Aspetto esterno del PICTAZO.*

**Q**uesto piccolo e incredibile microrobot, ha un aspetto simile al furgone della serie televisiva "A-Team", però è di soli 18 cm di larghezza e 850 grammi di peso, e può inseguire come nessun altro una traiettoria, disegnata con una linea bianca realizzata su sfondo nero, o viceversa. Così come il suo "fratellastro" suyo, che abbiamo già visto in un capitolo precedente, "Apocalipsis PIC", questo microrobot è stato ottimizzato per questo compito.

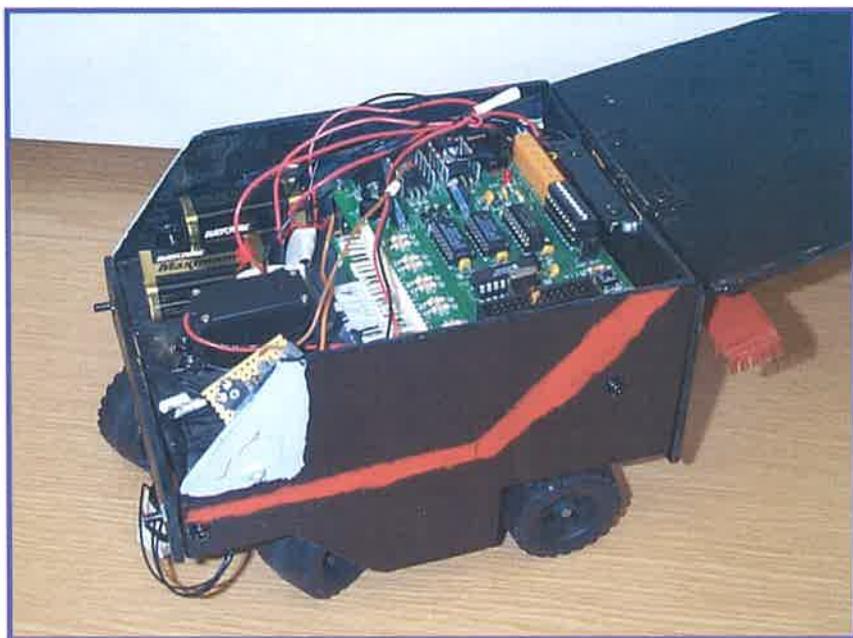
È stato costruito con un unico obiettivo: partecipare al concorso che si è tenuto all'Università di Matarò nella primavera del 2000, dove non solo partecipò ma vinse tutti gli avversari, riducendo della metà il tempo

impiegato sino a quel momento per percorrere il circuito.

Questa fu la sua prima e ultima presentazione in pubblico, come di solito capita ai microrobot che vengono presentati ai concorsi. Dopo la vittoria i suoi costruttori, Koldo e Sergio, pensavano già alle modifiche da eseguire per perfezionare ulteriormente la loro macchina.

Dopo molte modifiche, il robot risultante di solito non assomiglia più ai suoi predecessori, se non in qualche parte del nome.

Così, PicTazo è il quarto fratello della famiglia Tazo. Prima di lui nacquero OneTazo, TrashTazo e One Tazo II, che sono stati cambiati sia nella struttura che nel microcontroller che li governa.



*Aspetto del PICTAZO con il coperchio alzato, per permettere la vista dell'interno.*

## STRUTTURA DEL MICROBOT

Visto da fuori sembra un veicolo giocattolo. L'involucro di legno nasconde la sua struttura interna, a cui si accede facilmente, grazie ad un meccanismo a cerniera.

Questa struttura è disegnata, tagliata e dipinta a mano, essendo fatta su misura.

Anche se non è un microrobot commerciale, una volta sollevata la parte superiore che funge da coperchio, troviamo una scheda di controllo che fa parte di un modello di microrobot commerciale, la Msx84.

Con essa si controlla il motore di trazione che è utilizzato per il movimento della macchina.

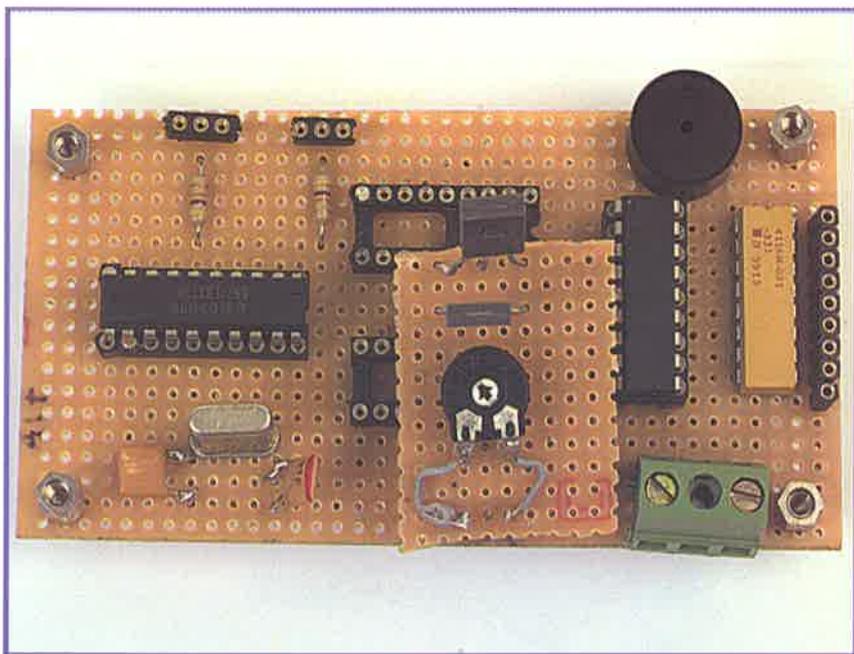
Dato che la scheda Msx84 può gestire contemporaneamente due motori a corrente continua, oltre al motore di trazione controlla anche il secondo motore, che mediante la rotazione di un asse, permette al microrobot di effettuare curve oltre il limite dei 90°, sino a percorrere traiettorie ad angolo acuto.



*Koldo e Sergio, creatori del PICTAZO, mostrano la loro opera, prima del concorso: ancora non sapevano ciò che li aspettava.*

## I MOTORI, I SENSORI, E IL PROGRAMMA DI CONTROLLO

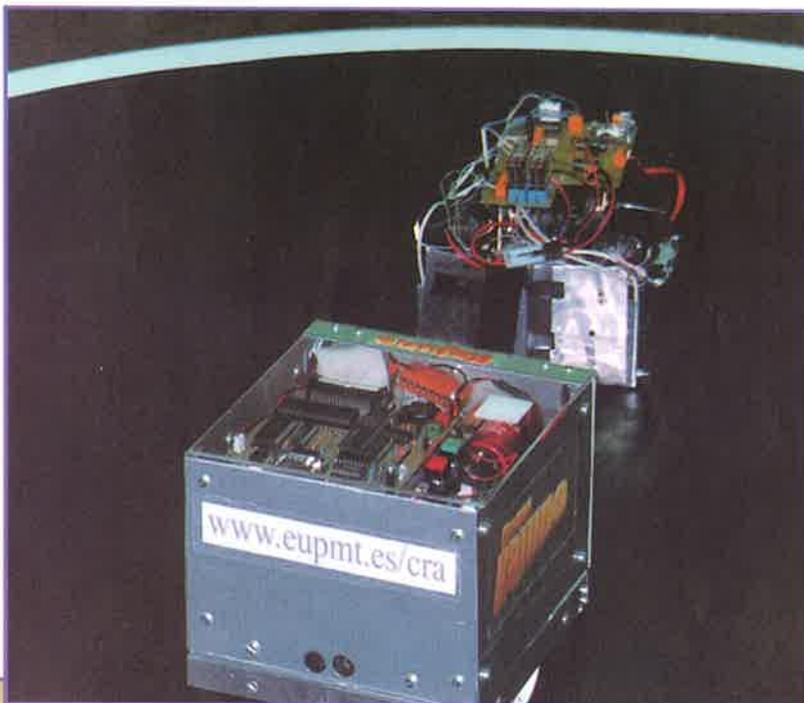
I due motori sono di tipo FUTABA S3003, modificati per la rotazione di 360°, e con sensori a infrarossi. Grazie a loro e al programma che li controlla, si può scegliere se far percorrere al microrobot tutte le biforcazioni che si presentano a destra o a sinistra, a seconda della lettura iniziale, realizzata al momento di posizionare il microrobot sulla linea. In un primo momento il microrobot fu progettato con tre motori, due di movimento e uno di giro; per questo si pensò ad una seconda scheda, realizzata su misura, che governava il terzo motore, quello di giro. Ogni scheda funzionava con un PIC indipendente. Dopo molte prove si capì che si potevano raggiungere alte velocità su piste semplici, invece su piste più strette e contorte conveniva ridurre la velocità per non uscire di pista. Si accoppiò un regolatore di velocità alla seconda scheda e si tolse uno dei motori di movimento. In ogni caso la regolazione della velocità deve essere fatta manualmente, tramite un potenziometro, prima di iniziare la prova.



*Fotografia della scheda di controllo progettata specificamente per mettere in grado il microrobot di percorrere le curve strette.*

## Quando il ludico si trasforma in pratico

**C**hi ha detto che all'università si va solo per studiare? Fortunatamente questo non è del tutto vero, dato che sono sempre più numerose le associazioni che nascono da e per gli studenti. Così, navigando sulla Rete abbiamo incontrato due di queste associazioni che ci possono servire da esempio. Si tratta dell'associazione AESS di studenti della Scuola Tecnica Superiore di Ingegneria e delle Telecomunicazioni di Barcellona (ETSETB), e il gruppo di robotica EUPMt dell'Università Politecnica di Catalogna (UPC). Entrambi i gruppi, formati interamente da studenti, nascono con l'obiettivo di divulgare il mondo della robotica nella comunità universitaria e dimostrare che si possono porre in pratica le cono-



*Il Gran Kajuna si prepara ad un concorso di Sumo.*

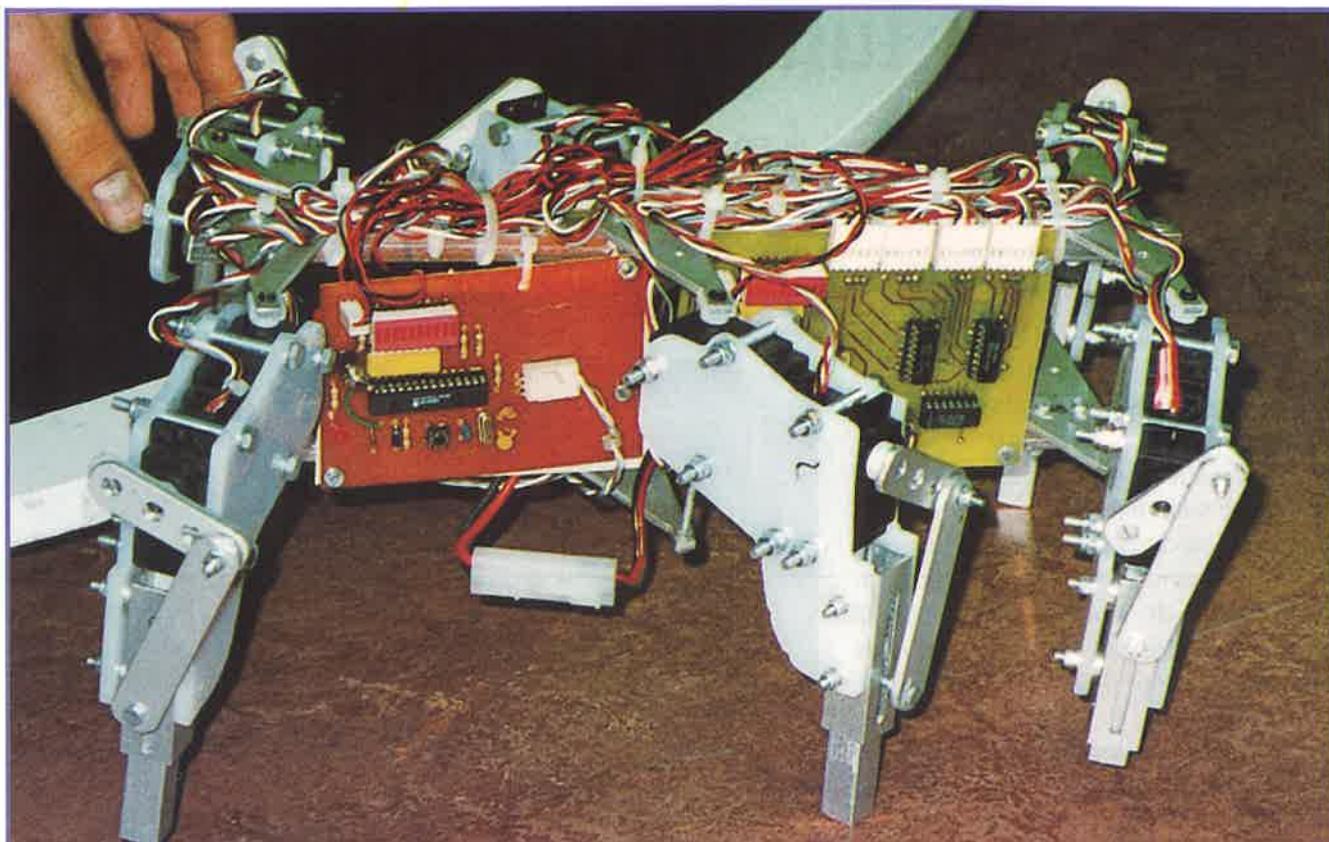


*Microrobot inseguitore Dinamita, vincitore di numerosi concorsi.*

scienze acquisite in corsi di tipo tecnico-scientifico. Per questo si comincia con corsi di inizializzazione per porre in marcia i primi robot mobili, che evolvendosi diventano inseguitori come Dinamita o lottatori di Sumo come il Gran Kajuna. Però, oltre a queste tipiche, anche se necessarie competizioni, ne troviamo altre la cui utilità potenziale è più che una mera dimostrazione.

### **ATTILA, IL MICROROBOT SEMOVENTE**

Le sue applicazioni sono molto varie; di certo ne starete pensando alcune mentre leggete queste righe. Nonostante questo, Attila è appena nato e per il momento ha solo imparato a cammina-



Attila, il microrobot semovente, muove i suoi primi passi.

re, non è stato pensato per nessuna funzione concreta. Però, occorre dire che mette molto impegno nel suo lavoro, perché per muovere le sue sei gambe, utilizza niente meno che sei microcontroller PIC, oltre ai circuiti complementari. Ognuna delle gambe possiede diverse articolazioni, che permettono al microrobot non solo di muoversi, grazie alla corretta coordinazione nel movimento dei motori, ma anche di salire e scendere le scale.

### PULITORI DI SUPERFICI

In alcuni casi, l'utilità di un concorso è tale che le imprese private o lo stesso comune della città, come in questo caso, offrono il premio al vincitore. Il concorso Robinet vuole simulare un robot che pulisce lo sporco di una superficie di più di 4 metri quadrati all'interno di un recinto chiuso. Per rappresentare lo sporco si sparge riso in modo uniforme, e si collocano alcuni osta-

coli di diverse forme e dimensioni per simulare i mobili di un'abitazione. L'obiettivo è raccogliere la massima quantità di riso in un determinato tempo. Il riso raccolto si può immagazzinare all'interno del robot, o depositare in un contenitore che ha la funzione di bidone della spazzatura, e che permette di guadagnare un maggior numero di punti. Per identificare questi

contenitori, differenziandoli dal resto degli oggetti, si monta un emettitore di infrarossi, che emette impulsi a una frequenza nota. Il processo è realizzato in diverse abitazioni, di difficoltà crescente, e varie volte in ognuna di esse. Le abitazioni possono avere angoli non retti, pareti curve e persino oggetti mobili. I robot devono avere un peso inferiore ai 4 chili e anche se non ci sono limiti per la dimensione, può essere un fattore decisivo al momento di muoversi fra gli ostacoli del terreno di gioco.



Robinet, organizzato per l'associazione AESS, è un concorso pratico oltre che ludico.

## Modelli di microrobot: il CICLOPE

**C**iclope è il nostro microrobot vigilante, e deve il suo nome al fatto che possiede un solo occhio, però che occhio! L'applicazione per cui è stato pensato è quella di percorrere una camera nella quale non c'è nessuno, e avvisare quando rivela qualche movimento, il che potrebbe significare l'ingresso di un intruso. Se cambiamo l'intruso con una palla, e cambiamo anche l'azione da realizzare, il microrobot si può convertire in un calciatore, che rincorre la palla ogni volta che la vede. Si possono pensare a un'infinità di applicazioni che utilizzino le telecamere; nei seguenti paragrafi descriveremo le parti di cui è composto questo microrobot.



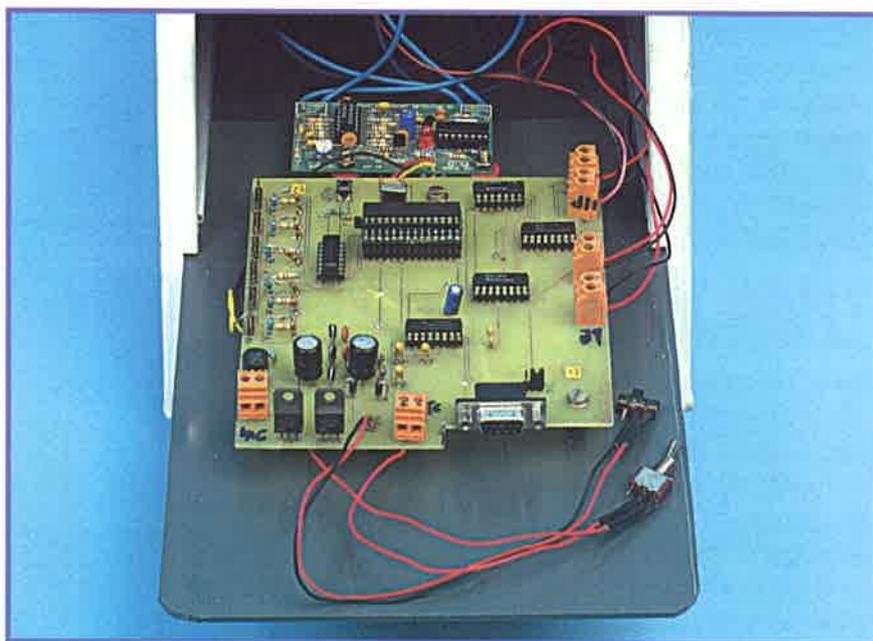
*La struttura del Ciclope è in PVC.*

### STRUTTURA DEL MICROROBOT

La struttura è stata l'ultima parte ad essere costruita, dopo aver verificato la dimensione delle schede che doveva contenere, e dopo aver pensato alla posizione che doveva avere la telecamera per essere efficiente. Era necessario un materiale flessibile, facile da lavorare e solido allo stesso tempo, per questo è stato scelto il PVC, che è modellabile mediante un phon industriale e un saldatore per la plastica. La parte posteriore è mobile, per permettere un facile accesso alla scheda di controllo, che è sostenuta da un telaio estraibile.

### LA SCHEDA DI CONTROLLO

Il sistema è controllato mediante un PIC16F876, fratello maggiore del no-



*Scheda di controllo del microrobot.*

stro PIC 16F84. Questo microcontroller è stato scelto principalmente per le numerose linee di ingresso/uscita di cui dispone. Tramite questa scheda si controllano i motori, il circuito dei sensori e le comunicazioni con il computer.

I motori sono gestiti con dei comuni driver L293B; i sensori sono di tipo ad ultrasuoni, posizionati sul davanti e si utilizzano unicamente per l'algoritmo di inseguimento. La comunicazione con il computer si realizza tramite radiofrequenza. La scheda di controllo ha il compito di determinare quali dati si devono trasmettere, e di elaborare quelli ricevuti.

### IL SOFTWARE DI CONTROLLO

Possiamo parlare di due programmi ben differenziati: da una parte c'è il software del microrobot, che ha il compito di percorrere il recinto senza sbattere contro le pareti, cercando di coprire tutta la superficie, utilizzando un algoritmo che non necessita di una precedente conoscenza del posto, inoltre c'è la telecamera, che si muoverà e trasmetterà le informazioni al computer. Dall'altra parte, il programma del computer riceverà le informazioni del microrobot, le mostrerà tramite video, e permetterà di realizzare un inseguimento manuale o automatico. Nel caso si scelga l'opzione automatica, quando l'algoritmo di elaborazione dell'immagine rivela un movimento si attiva un allarme. Se il processo è manuale, un vigilante potrà immettere parametri mediante la tastiera, per gestire la posizione del microrobot e della telecamera; in questo modo il microrobot si converte in una specie di automobile telecomandata con sopra una telecamera.

### L'OCCHIO DEL CICLOPE: LA TELECAMERA

La telecamera scelta è una CMOS/B-N/AD-5603. Questa telecamera, di dimensioni ridotte, ha un'uscita analogica e una digitale, e può fornire le informazioni in entrambi i formati. Le sue caratteristiche, grazie al chip programmabile che possiede, includono un modo di lettura e di velocità selezionabile e una regolazione della dimensione dell'immagine. Per accedere ai dati del video o configurare queste caratteristiche, dobbiamo leggere o scrivere come faremmo per una memoria SRAM.

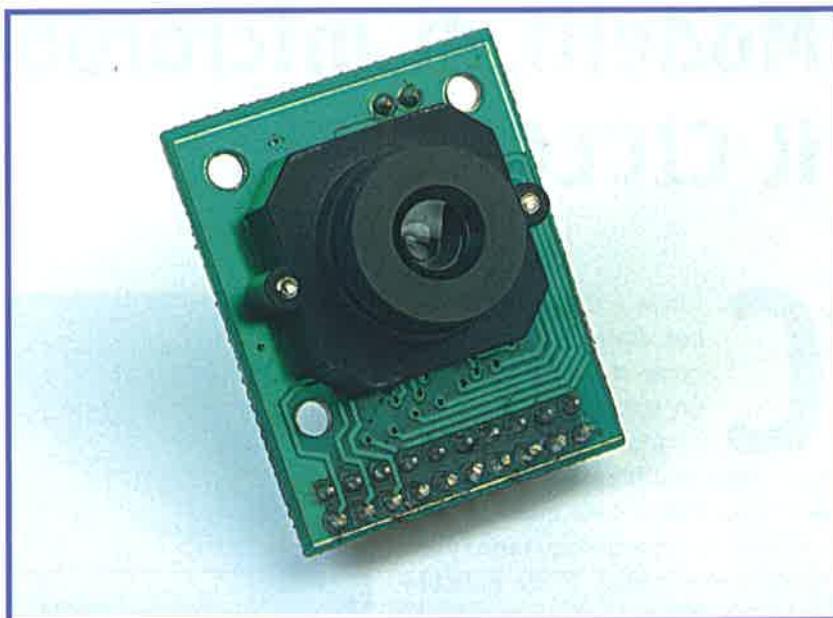
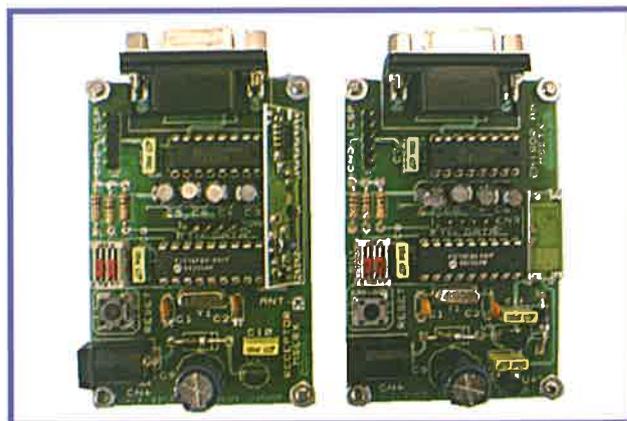


Immagine della telecamera utilizzata dal Ciclope.

### COMUNICAZIONE MICROROBOT-PC

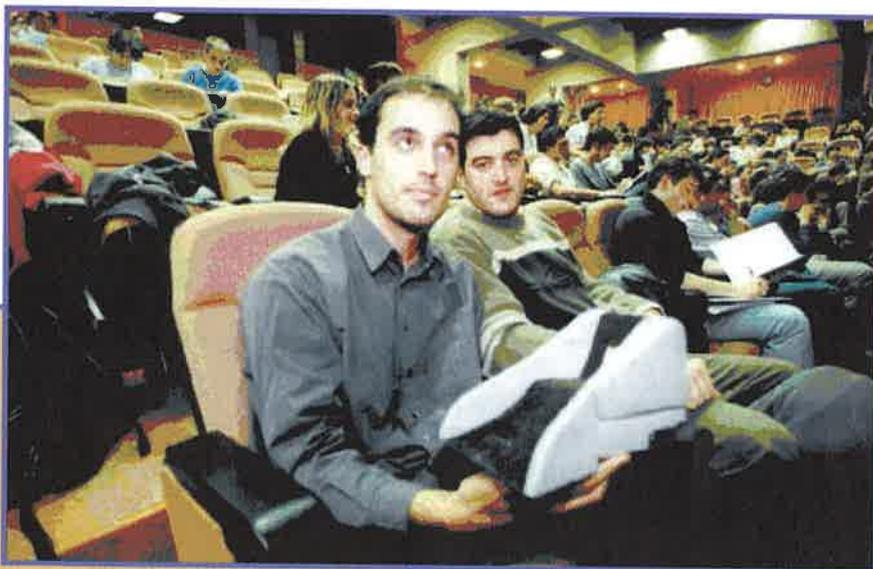
La comunicazione fra il microrobot e il computer, si realizza mediante dei moduli a radiofrequenza. Sono necessari un modulo trasmettitore e uno ricevitore. Quelli utilizzati sono della ditta Telecontrolli, e sono commercializzati dalla Microsystem Engineering, come due schede indipendenti. L'emettitore riceve l'informazione via RS-232 e la codifica per inviarla ad una frequenza normalizzata di 433.9 MHz. Da parte sua il ricevitore riceve alla stessa frequenza e decodifica quanto ricevuto in formato digitale, e lo rende disponibile via RS-232. Entrambe le schede funzionano con microcontroller PIC.



Moduli a radiofrequenza utilizzati dal Ciclope.

## Prova libera

**S**e le prove di inseguimento sono caratterizzate dall'alta velocità e quelle di sumo da una notevole potenza, le prove libere si distinguono per la grande fantasia dei partecipanti. Gli esempi sono molti e molto vari, in questa sezione ne riporteremo



*Assistente di golf che riporta la palla quando si fa la buca.*

alcuni che abbiamo incontrato in differenti concorsi.

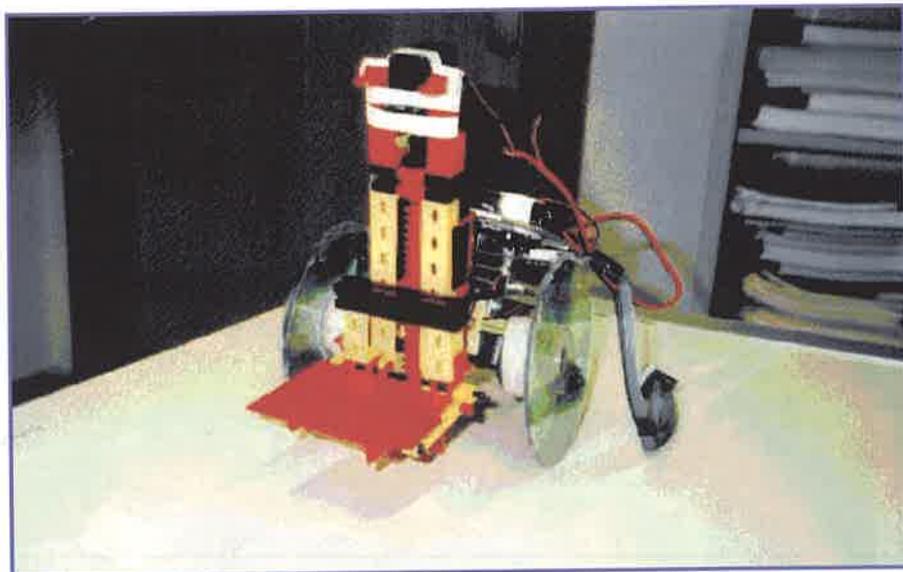
### **OBIETTIVO E REGOLE DELLA PROVA**

Non ci sono regole da seguire: è valido qualsiasi materiale, dimensione o idea applicata. L'obiettivo è convincere una giuria che il microrobot presentato è il migliore. Per riuscire in questo, di solito si dispone di tre minuti nei quali si deve spiegare come funziona l'applicazione e fare una dimostrazione pratica. I membri della giuria classificheranno ogni microrobot secondo una scala accettata dall'organizzazione, e la somma dei punti totali formerà la classifica dei finalisti.

Dato che non ci sono norme specifiche le funzioni della giuria sono soggettive e a volte difficili: possono



*Microrobot interattivo costruito per giocare a pallacanestro.*



*Microrobot gru per il trasporto di materiali.*

dare più importanza al progetto, alla complessità apparente, all'utilità o a qualsiasi dettaglio che richiami l'attenzione. Il risultato pertanto, è incerto sino alla fine.

### GIOCHI INTERESSANTI

Un'area in cui i microrobot hanno molte possibilità è quella dei piccoli giochi interattivi, come quella che rappresenta il microrobot per la pallacanestro della fotografia.

L'essenza del programma è semplice, però con un'idea originale e un progetto molto ben eseguito.

Il microrobot si allontana progressivamente dalla posizione originale, man mano che il giocatore diventa esperto. Il punteggio è mostrato su due display a 7 segmenti.

La struttura del prossimo microrobot è fondamentale per mostrare il suo funzionamento.

Si tratta di un minicampo da golf che, come nel caso precedente, è mobile. Il giocatore deve cercare di mandare la pallina in buca, però come in un vero campo da golf, deve poi andare a recuperare la pallina; questo microrobot la riporta da solo. La complessità aumenta con l'allontanamento della buca.

### IMITANDO I GRANDI

Anche se i compiti a cui si dedica un microrobot necessitano di meno potenza di quelli realizzati da un robot industriale, il programma di controllo per azioni medesime è simile. Nella fotografia a lato vediamo un microrobot gru.

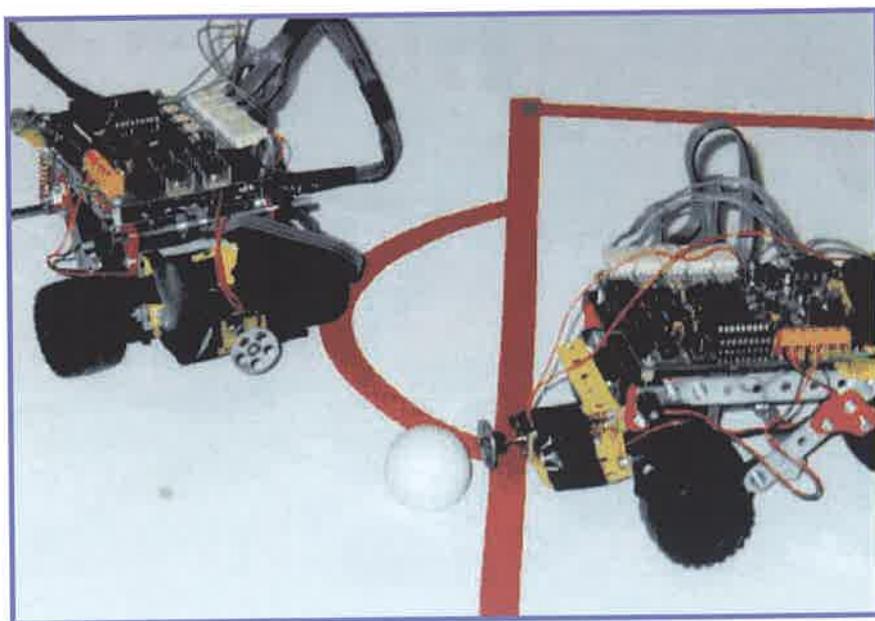
Questo microrobot è capace di raccogliere del materiale e portarlo da un posto ad un altro. La struttura è originale e utile allo stesso tempo, dato che combina pezzi di Meccano e di Lego. Notate che le ruote sono due CD.

### PROVE DI SQUADRA

Vi sono casi in cui la presenza di un pilota è inutile, e tutto il carico dell'applicazione ricade sul programma.

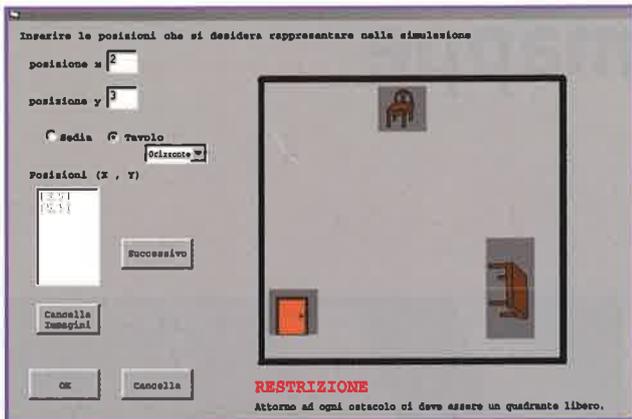
l'applicazione ricade sul programma.

Questo succede anche nell'esempio seguente. Alla struttura base è stato solo aggiunto un dispositivo chiamato solenoide, capace di attirare o respingere un attuttore per colpire una palla. Senza dubbio il programma è complesso, dato che ogni microrobot gioca in un ruolo differente e diverso dagli altri a seconda che sia un attaccante, un difensore, un portiere, ecc. La prova consiste nel dimostrare l'abilità in una partita di calcio.

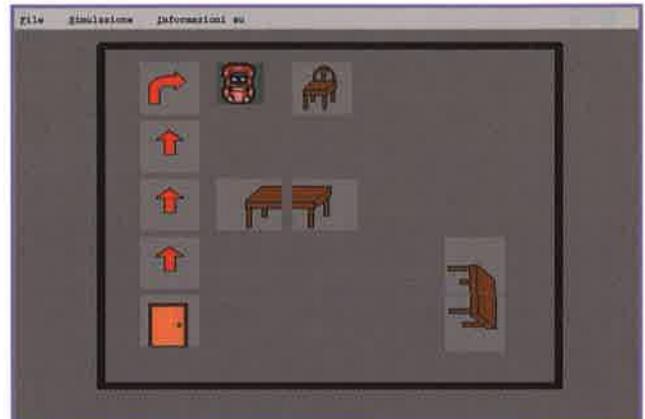


*Gli algoritmi sono il punto forte di questi giocatori di calcio.*

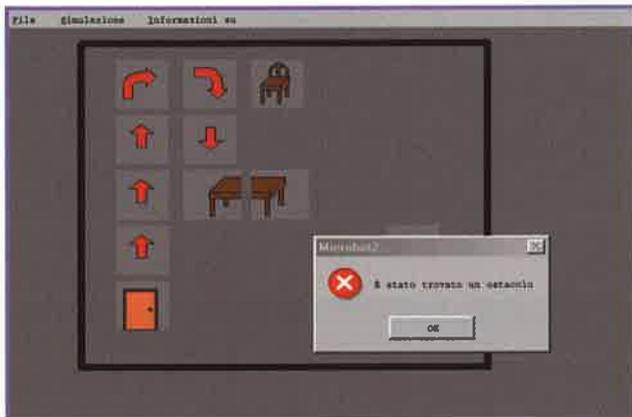




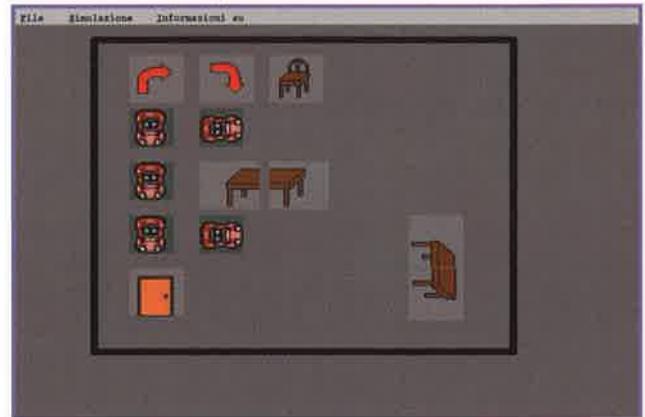
Inserimento delle coordinate degli ostacoli.



Passo 1 della simulazione.



Passo 2 della simulazione.



Passo 3 della simulazione.



Passo 4 della simulazione.

base ai dati sui possibili ostacoli che potrebbe incontrare il microrobot, e che vengono introdotti direttamente dalla tastiera.

L'interfaccia è riportata nella figura, e tramite essa, in un modo semplice, si introducono le coordinate e i

tipi di oggetti: queste informazioni sono rappresentate in modo grafico.

### SIMULAZIONE DEL PERCORSO DEL MICROROBOT

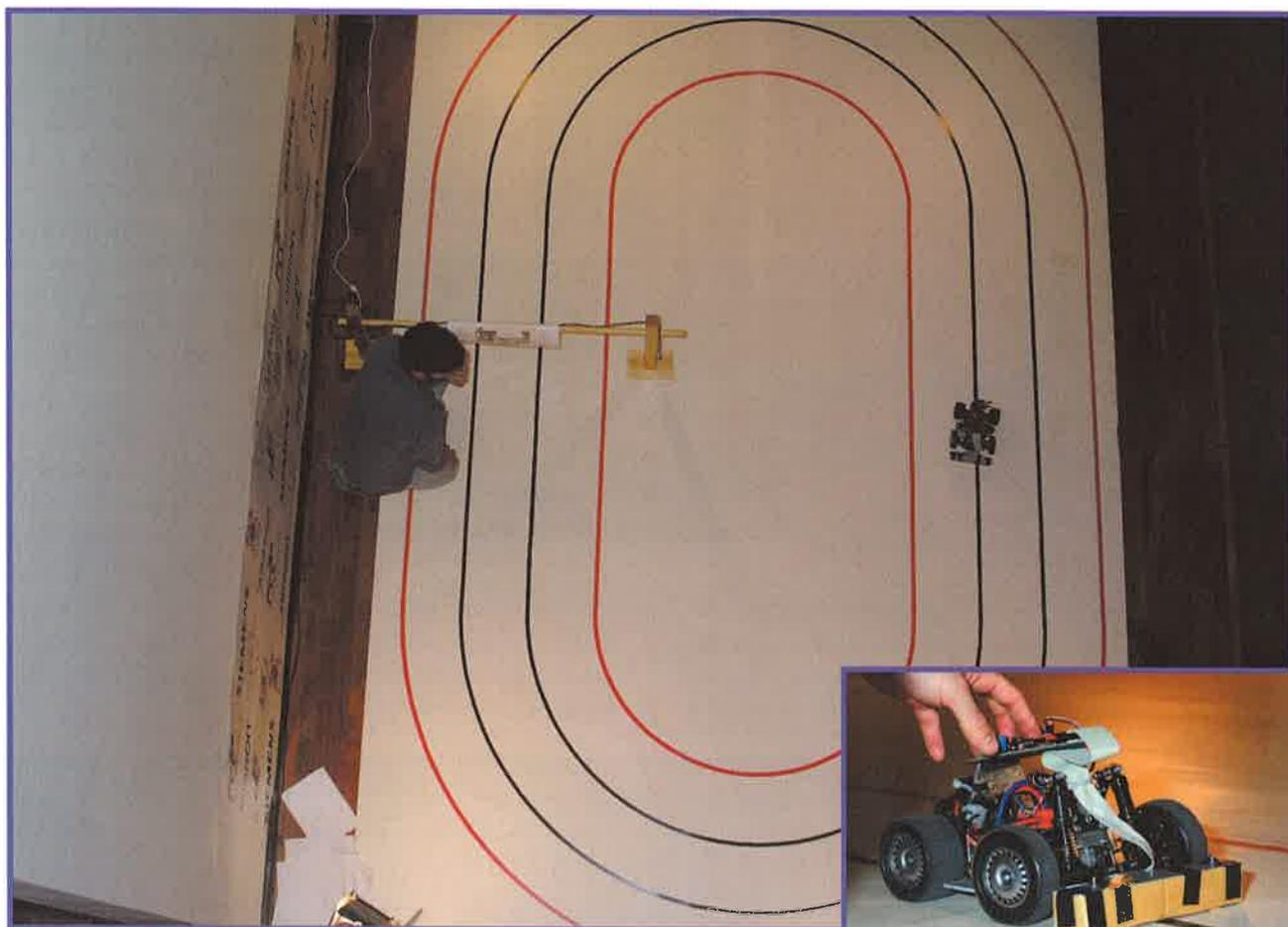
Quando si ha a disposizione il file di riferimento per gli ostacoli, indipendentemente dal modo in cui lo si è ottenuto, si può iniziare la simulazione.

L'algoritmo è mostrato in differenti sequenze di una simulazione. All'inizio il microrobot parte dalla posizione 1-1 e va avanti.

Quando il microrobot trova un ostacolo, avvisa dell'accaduto e lo evita sulla destra, a seconda della sua posizione in quel momento, cercando poi di ritornare sulla colonna dove stava. I successivi ostacoli obbligheranno il microrobot a passare su posizioni già percorse, in modo da fargli esplorare tutta la superficie dell'abitazione.

Le frecce indicano il percorso, e i cambi di direzione sono segnati con numeri.

## Verso un unico concorso

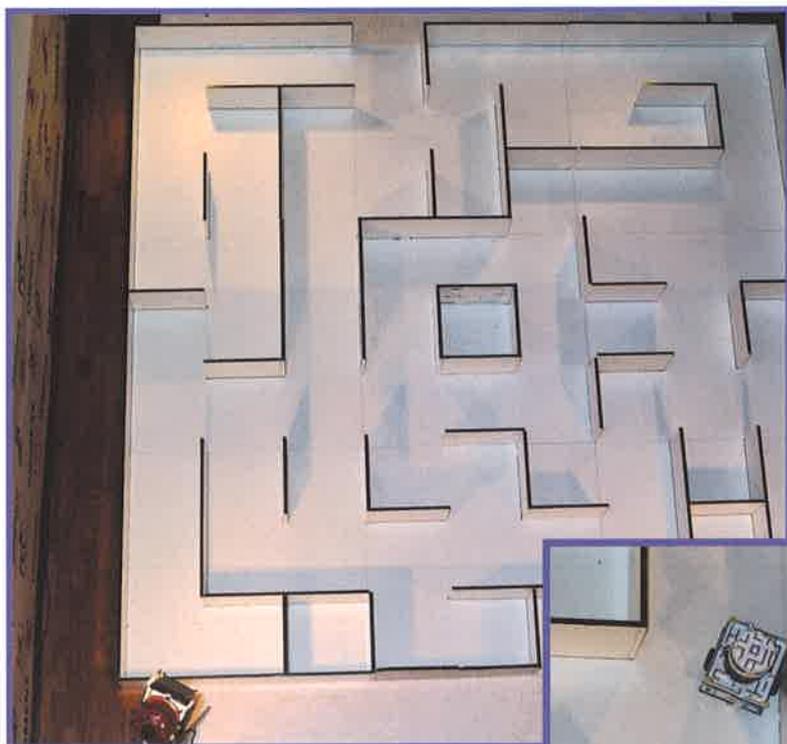


La corsa dei velocisti è un inseguimento fra i microrobot.

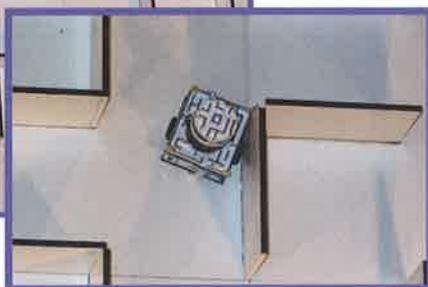
**D**all'apparizione dei primi microrobot nei differenti paesi, è passato molto tempo. Si iniziò con robot i cui pezzi erano di Lego e venivano utilizzati a scopo di ricerca, seguirono robot specializzati in inseguimento e dopo arrivarono i terribili lottatori di sumo. Anche se spesso sono le grandi aziende che per prime svolgono ricerche e progrediscono in questo tipo di tecnologie, l'estensione al grande pubblico di solito arriva per mano degli appassionati, i quali organizzano seminari e concorsi per diffondere queste tecnologie.

### LO STATO ATTUALE DELLA MICROBOTICA

Anche se il lavoro realizzato dalle associazioni di appassionati gode di un alto gradimento, sempre più di frequente le università e i centri di formazione professionale si uniscono all'iniziativa. In questi casi l'idea non è limitata a un semplice incontro di microrobot, ma ci si organizza per conseguire obiettivi quali stimolare lo sviluppo dei microrobot fra studenti di campi affini, promuovere la creazione di forum di discussione a cui partecipino specialisti, siano essi universitari, di aziende



*I microrobot devono riconoscere l'ambiente per uscire dal labirinto.*

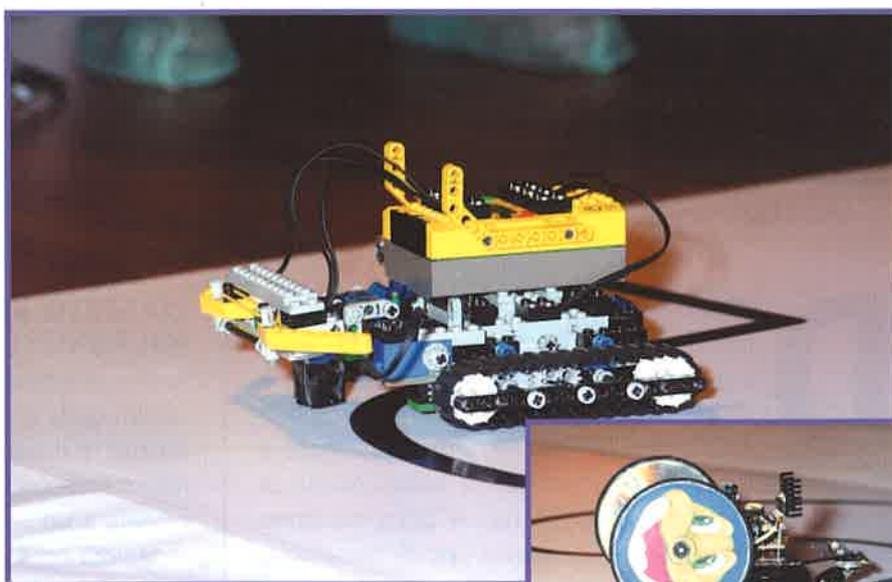


### DOVE SI VUOLE ARRIVARE

Anche se la maggior parte delle associazioni cerca di seguire le stesse regole, organizzare i concorsi di microrobotica non è sempre facile. Il materiale delle prove di inseguimento non è sempre lo stesso, né il numero, né la complessità delle piste, i tempi delle lotte di sumo, o le considerazioni a cui arrivano i giurati nelle prove libere. Il tempo e lo sforzo che richiede la preparazione di un concorso annuale a livello nazionale rappresenta un handicap da considerare, per non parlare dei mezzi, sia tecnici che umani, e delle infrastrutture, o delle spese che comporta partecipare a tutti i concorsi. Tutto questo fa sì che i concorsi non siano del tutto imparziali nella loro esecuzione. L'omogeneità delle regole, dei giurati e dei materiali, la rotazione dei luoghi dove si realizzano i concorsi annuali, l'unione delle forze nell'organizzazione e nella creazione di nuove

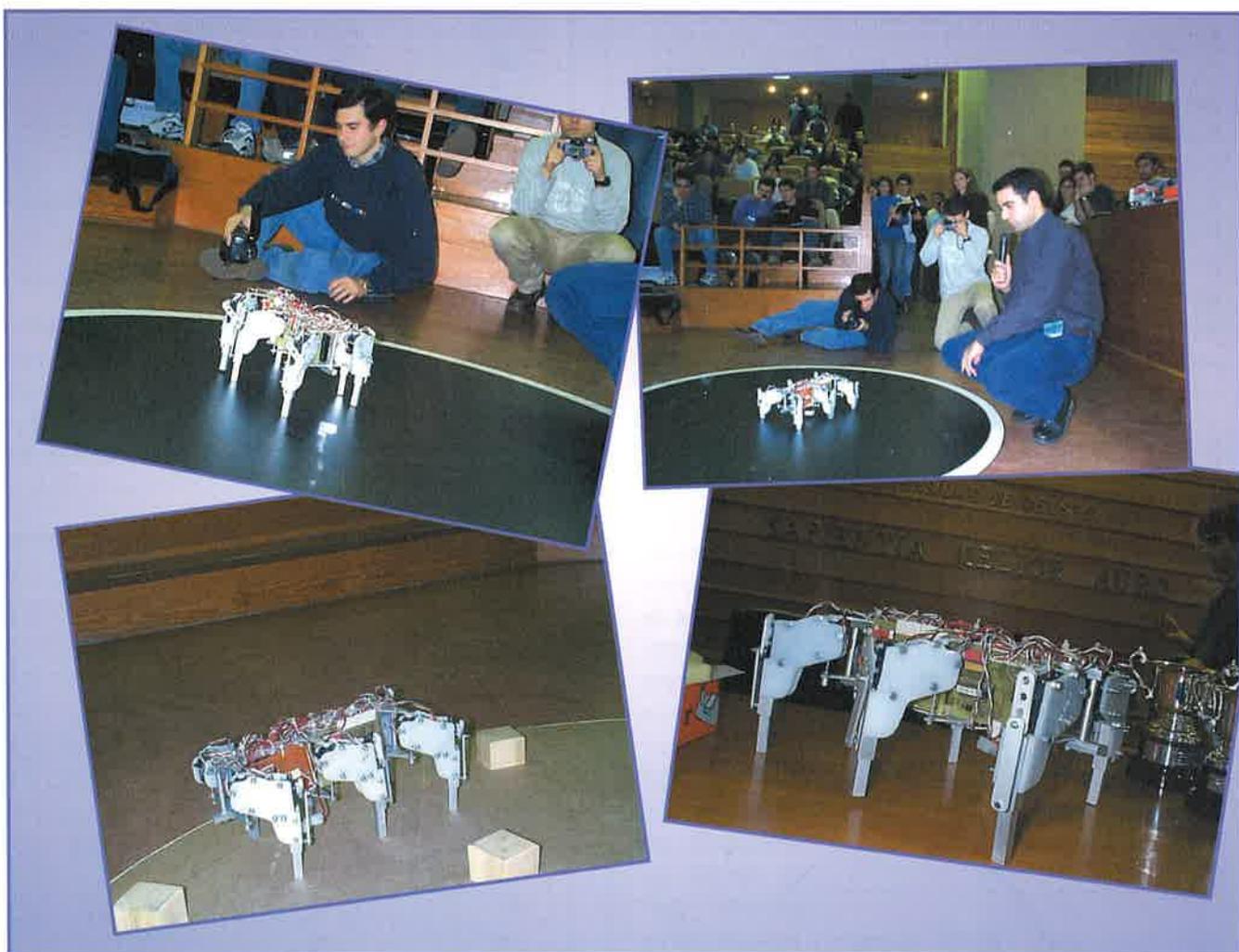
oppure di centri di ricerca. Vengono presentati gli ultimi sviluppi e si cerca di avvicinare agli studi corrispondenti studenti non universitari, ambienti industriali e pubblico in genere. Nella prova di velocità la pista è segnata con due linee parallele. Il circuito possiede linee rette e curve con un raggio minimo molto limitato. In ogni prova competono due robot che iniziano in un punto opposto del circuito e girano inseguendosi. Vince la prova il robot che raggiunge il concorrente. Nella prova del labirinto i robot devono trovare l'uscita da un labirinto di 4x4 m. con vie da 40 cm. di larghezza. Il vincitore sarà quello che riuscirà a uscire dal labirinto nel minor tempo possibile. Essendo organizzati da professori, hanno il vantaggio di contare sulla collaborazione del centro per tutto quello che riguarda il livello strutturale, e di diverse ditte, inclusi i mezzi audio-visivi, che fanno eco all'evento.

idee, darà vita senza dubbio a un incontro di maggior qualità, rispetto a quelli esistenti. Diverse università stanno già parlando di questa possibilità, che speriamo venga realizzata in breve tempo.



*Il materiale delle piste di inseguimento, tra le altre cose, fa sì che i concorsi non siano imparziali.*

## Hexapodo



*Microrobot hexapodo, capace di controllare tutte le sue gambe in modo indipendente e con vari angoli di libertà.*

**H**exapodo deve il suo nome al caratteristico modo che ha di spostarsi, per il quale utilizza sei gambe. Anche se può sembrare un'idea innovativa, già da diversi anni esistono dei centri di ricerca, come l'Istituto di Tecnologia del Massachusetts (MIT), che si dedicano alla costruzione di simili microrobot per, ad esempio, lo studio del movimento e il comportamento degli insetti. Sul mercato possiamo trovare diverse

case che fabbricano kit di costruzione di microrobot di questo tipo, da quando nel 1994 fu pubblicato un articolo di Gary Malolepsy che lanciò l'idea. In questo capitolo ci riferiremo al principio da cui partirono molti di essi.

### **I MOTORI: GENERATORI DI MOVIMENTO**

Anche se i microrobot come hexapodo possiedono diversi motori per controllare ognuna delle gambe in

modo indipendente, e avere così più libertà di movimento, noi faremo riferimento al microrobot più semplice all'interno di questa categoria, controllato con soli tre motori, o meglio tre servomotori semplici. I movimenti che dovranno eseguire le gambe di hexapodo non richiedono che il servomotore giri liberamente a 360°, quindi la logica che già incorpora, non solo non ci disturba, ma ci aiuta nel nostro compito.

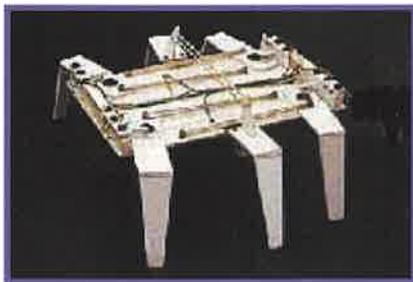
Per controllare sei gambe con tre motori bisogna partire da una struttura speciale, e un metodo chiamato dei triangoli alternati. In questo modo un motore si dedicherà a muovere le gambe anteriori e posteriori di un lato, l'altro muoverà i piedini centrali, e il terzo quelli davanti e dietro dell'altro lato. Per fare in modo che le gambe si muovano in coppia con un unico motore, si uniscono mediante un asse. Il microrobot in ogni istante avrà posate al suolo le gambe anteriori e posteriori di un lato e quella centrale dell'altro.

### SCHEMA DI FUNZIONAMENTO

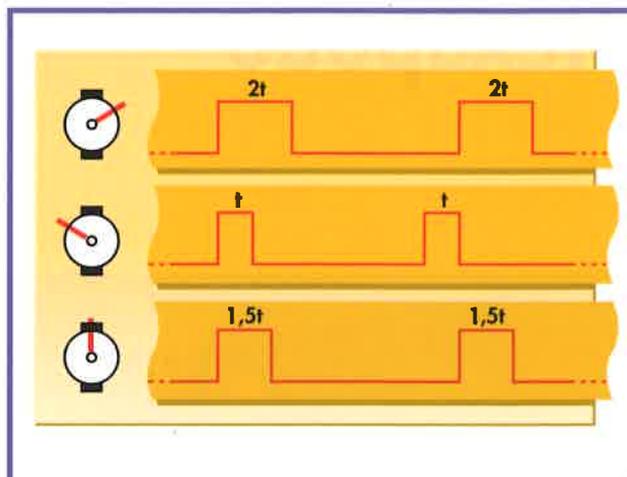
Il movimento di ognuno dei motori è semplice, dato che utilizzando la logica del servomotore, sarà sufficiente conoscere la durata degli impulsi da inviare al motore per ottenere una posizione o un'altra sull'asse. Comunque impostare il movimento dei tre motori per ottenere spostamenti in avanti, indietro, a sinistra e a destra, non è così semplice. Per ottenere i vari movimenti, le gambe centrali si muovono in modo che ne rimanga appoggiata al suolo solamente una per volta; così, ad esempio, per fare un passo in avanti si dovrà appoggiare la gamba centrale destra, di conseguenza vengono appoggiati anche i due laterali di sinistra.

Questi ultimi vengono successivamente arretrati, nel momento in cui si portano avanti i laterali di destra. Quindi si muovono nuovamente le gambe centrali, per appoggiare quella di sinistra e i laterali di destra. A questo punto si ripete la sequenza dall'inizio. Nello schema della figura è rappresentato il movimento in avanti e la

rotazione destra, anche se quest'ultima è più difficile da intuire sulla carta. Un microrobot hexapodo può realizzare le stesse funzioni di un microrobot che si muove con le ruote, con la differenza che il movimento sarà più lento, per cui non ci converrà utilizzarlo, ad esempio, come robot inseguitore.

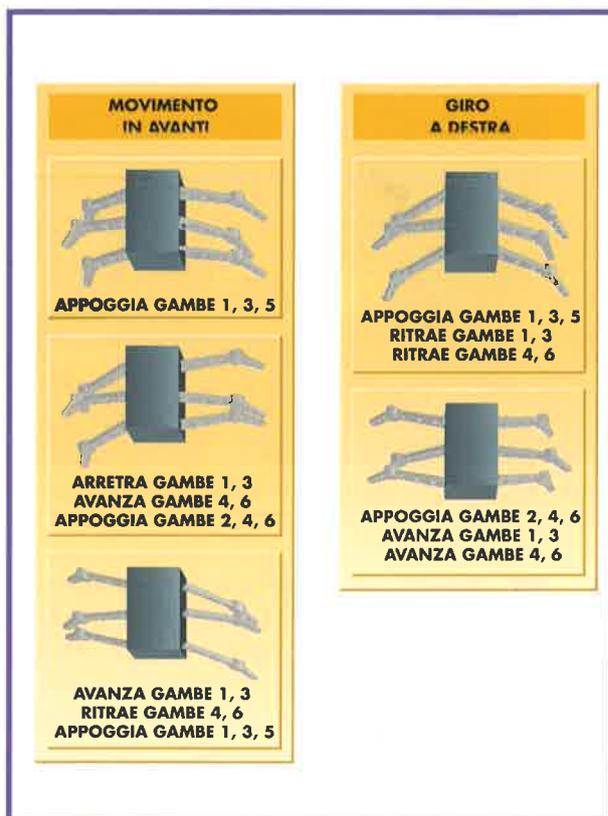


Schema della struttura di un microrobot hexapodo semplice.



Posizione dell'asse dei servomotori a seconda del treno di impulsi inviato.

rotazione destra, anche se quest'ultima è più difficile da intuire sulla carta. Un microrobot hexapodo può realizzare le stesse funzioni di un microrobot che si muove con le ruote, con la differenza che il movimento sarà più lento, per cui non ci converrà utilizzarlo, ad esempio, come robot inseguitore.



Schema dei movimenti in avanti e verso destra del microrobot.

## Preparazione di una prova



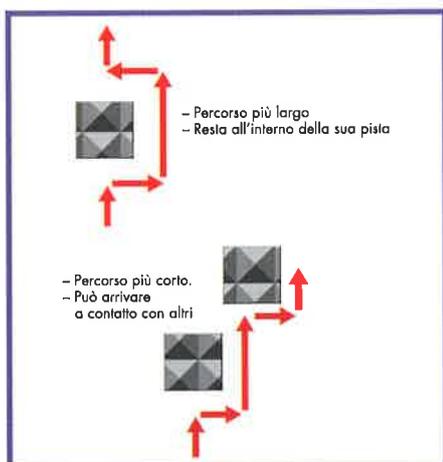
*Diversi microrobots competono in una prova ad ostacoli.*

**A**nche se i concorsi di microrobot tendono a essere sempre più omogenei, permettendo che lo stesso robot possa presentarsi a diversi concorsi senza cambiare la sua struttura e il suo programma, è frequente riservare prove di carattere interno, che aggiungono varietà ai concorsi e li fanno diventare unici. Vedremo ora una di queste prove, quella a ostacoli, e ciò che bisogna prepararsi a fare al momento di introdurre in un concorso una prova nuova.

### **OBIETTIVO DELLA PROVA AD OSTACOLI**

Dopo aver pensato al tipo di prova che si vuole realizzare, dobbiamo determinare quale sarà l'obiettivo, in altre parole che cosa dovranno fare i microrobot per vincere

la prova, e se esiste qualche tipo di limitazione, prove precedenti, modo di realizzare la prova, ecc. L'obiettivo di un microrobot preparato per una prova a ostacoli è seguire una traccia per arrivare a una meta, schivando lungo il percorso gli ostacoli che incontrerà. Vincerà il microrobot che impiegherà il minor tempo o, nel caso nessuno di essi riesca ad arrivare alla fine, quello che percorrerà maggiore spazio. A seconda del numero dei microrobot iscritti, la gara sarà divisa in sezioni, con diversi microrobot in ognuna di esse; i due finalisti misureranno la loro forza in una gara finale. Questa è l'opzione più interessante dato che, in ogni momento, ci sono in pista almeno due microrobot, il che aumenta l'interesse, si potrebbero però realizzare anche prove consecutive a cui partecipa solo un microrobot alla vol-



Differenti traiettorie che possono essere seguite da un microrobot, secondo le limitazioni imposte.

ta, se non si dispone di spazio o se si prevedono conflitti come lo scontro dei microrobot fra di loro.

Questa è una decisione che deve prendere l'organizzazione, e che comunicherà ai partecipanti per permettere

loro di preparare gli algoritmi più adatti alla prova.

### LIMITAZIONI DELLA PROVA

Una volta individuata la prova e l'obiettivo di questa, dobbiamo determinare che cosa si può fare e quali sono le cose proibite. È necessario prevedere i diversi scenari che si potrebbero produrre durante lo svolgimento della prova, per non lasciare nulla all'improvvisazione; il miglior modo di tenere conto della maggioranza degli imprevisti, è senz'altro realizzare in anticipo le prove in cui essi potrebbero manifestarsi. Così, ad esempio, nel caso di una prova a ostacoli, potrebbe succedere che un microrobot si scontri contro un altro, deviandolo così dalla sua traiettoria. Si penalizza questa azione? Si darà il permesso al concorrente di riposizionarlo? Si inizierà di nuovo? Una soluzione per questo caso si potrebbe trovare aggiungendo una regola che specifichi che i microrobot devono seguire una traiettoria all'interno della carreggiata, senza invadere quella contraria.

### CARATTERISTICHE DELLA PISTA DI GIOCO E DEI MICROROBOT

Così come abbiamo fatto per determinare le regole del gioco, è necessario chiarire le caratteristiche dello spazio dove si realizzerà la prova, e se i microrobot dovranno avere dei requisiti particolari per poter partecipare. Il materiale che costituisce il fondo del terreno di gioco è molto importante, perché farà sì che le ruote possano avere aderenza oppure scivolare facilmente, o possano scivolare e cambiare direzione. Al momento di fare il programma, bisognerà anche tenere in conto il colore della pista e delle sue possibili linee di divisione e delimitazione. In una prova come quella a ostacoli, inoltre, bisogna definire il colore e la dimensione di questi ultimi, oltre alla separazione fra essi, in modo che i microrobot possano scegliere se rivelare gli ostacoli senza entrare in contatto con essi, e adeguare la loro dimensione per schivarli senza difficoltà. Prima di realizzare il concorso si proveranno tutte le caratteristiche, tenendo conto in modo particolare delle condizioni di luce che possono alterare il funzionamento ottimale dei sensori, e con il peso degli ostacoli che deve essere sufficiente perché non si muovano al minimo contatto. Se sono state imposte limitazioni al peso e alle dimensioni dei microrobot si procederà alla loro misura, e se si riterrà opportuno si permetteranno alcune prove, precedenti alla gara, ai concorrenti.



Prove precedenti alla realizzazione del concorso per verificare il peso degli ostacoli.