

5 AUTOMAZIONE E ROBOT

Il termine **automazione** è usato per identificare le tecnologie che consentono l'esecuzione di operazioni di vario tipo riducendo o eliminando del tutto la necessità dell'intervento umano ❶.

1 L'AUTOMAZIONE

In una **apparecchiatura** utilizzata in automazione si possono individuare tre **elementi fondamentali**: una parte **meccanica**, una **elettronica** e una **informatica**. In un sistema automatico, la meccanica fornisce le parti costruttive e di movimento, l'elettronica è il collegamento tra la parte meccanica e la parte informatica costituita da dispositivi programmabili. I programmi sono una serie di istruzioni che determinano la sequenza di operazioni che deve essere eseguita. L'automazione ha diverse **funzioni**.

- Serve a far eseguire **lavori ripetitivi** a delle macchine con i seguenti **vantaggi**: minor costo, maggiore affidabilità, aumento della produttività e della qualità dei prodotti, miglioramento della sicurezza nei luoghi di lavoro, riduzione della manodopera, assenza di interruzioni e di vincoli temporali. L'utilizzo dei criteri automatizzati comporta però anche degli **svantaggi** ❷.
- Si usa per far compiere **operazioni** che richiedono una **precisione** e una **velocità** al di fuori della portata dell'uomo.
- Serve a far fare alle macchine operazioni che richiedono **potenze elevate** e che l'uomo potrebbe compiere, come la regolazione della potenza di una caldaia a vapore, della tensione di un alternatore o della velocità e rotta di una nave.
- Serve a far eseguire a **macchine appositamente progettate** operazioni che debbono essere compiute in **ambienti ostili** che sarebbero **pericolose** per l'uomo.

Campi di applicazione



I sistemi automatizzati trovano applicazione in numerosi settori.

- Nel settore **industriale**: macchine per operazioni di assemblaggio, taglio, piegatura, o macchine operatrici per la stampa di circuiti integrati, la produzione di apparati di precisione, la produzione di ceramiche e vetri ecc.
- Nel campo **aerospaziale**: sistemi di guida automatici, sistemi di atterraggio automatico e monitoraggio in condizioni meteorologiche proibitive, controllo automatico del traffico aereo, determinazione automatica della posizione e dell'orbita di oggetti volanti nello spazio.
- Nel campo **medico**: chirurgia automatica, microsonde automatiche che navigano all'interno del corpo umano a scopi diagnostici e così via.
- Nel settore dei **trasporti**: il controllo di vari mezzi di locomozione quali metropolitane, autobus, autoveicoli (ad esempio, centralina, ABS, airbag).
- Nel campo della **domotica**, ovvero l'automazione applicata nelle abitazioni, per il controllo dell'illuminazione, degli elettrodomestici, del riscaldamento, per migliorare la sicurezza, per aiutare nella pulizia e per rendere in generale più confortevole la vita della persona nella propria casa.

1 SISTEMI DI CONTROLLO

Alla base dell'automazione ci sono i **sistemi di controllo**. Per capire come funzionano facciamo un esempio: supponiamo che voi vogliate mantenere la temperatura all'interno della stanza dove studiate a un valore il più possibile vicino a 20 °C (chiamiamola temperatura di riferimento); a disposizione avete un termometro e un termosifone con una manopola che ruotata in senso orario o antiorario permette di diminuire o aumentare il calore emanato dal termosifone stesso.

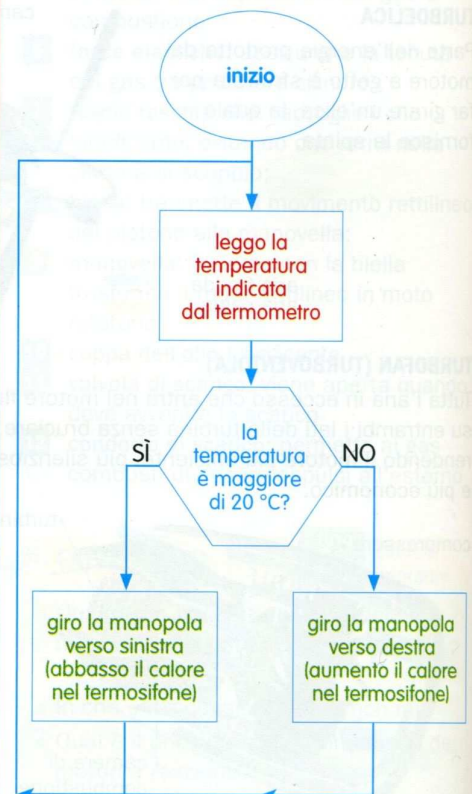
Secondo voi quali sono le operazioni che dovrete compiere?

Un modo per spiegare la procedura che dovete seguire è illustrato nella seguente figura (**diagramma a blocchi**):

Il diagramma a blocchi della figura, denominato anche **flowchart**, è uno dei modi utilizzati per definire ciò che deve fare un programma che "viene eseguito" da un calcolatore.

Se volessimo eliminare la presenza dell'uomo per il controllo della temperatura della stanza, dovremmo essere in grado di effettuare le operazioni di lettura, confronto, azione sul termosifone in modo automatico, ovvero creare un **sistema di controllo**.

Procedura di controllo della temperatura in una stanza.



Per far ciò abbiamo bisogno dei seguenti dispositivi elettronici:

1. **sensori** → consentono di misurare una grandezza fisica (nel nostro caso la temperatura);
2. **attuatori** → consentono di interagire con l'elemento che può modificare la grandezza fisica (ad esempio, un piccolo motore solidale alla manopola che ruotato in senso orario o antiorario fa ruotare anche la manopola stessa e aumenta o diminuisce la temperatura del termosifone)
3. **controllore** → (calcolatore o dispositivi elettronici similari), il "cervello" del sistema: decide i comandi da inviare all'attuatore (rotazione a destra o a

sinistra del motore) in base alla misura del sensore e alla temperatura di riferimento.

Il **controllore**, per leggere correttamente la temperatura tramite il sensore e interagire con gli attuatori, deve essere dotato di opportuni circuiti elettronici (**interfacce**). Essi permettono al calcolatore di memorizzare il valore della temperatura come numero in codice binario (l'unico modo possibile per un computer) e di inviare all'attuatore comandi attraverso adeguati impulsi elettrici.

Il sistema di controllo che abbiamo descritto usa già, nonostante la sua semplicità, un metodologia sofisticata denominata **closed-loop (ad anello chiuso)**

perché il sensore fornisce un feedback (un riscontro) sul comportamento dell'elemento da controllare (temperatura) e in base a quello prende delle decisioni. Esistono anche sistemi più semplici chiamati **open-loop (ad anello aperto)** che non si preoccupano di come si comporta ciò che devono controllare.

FAI IL PUNTO

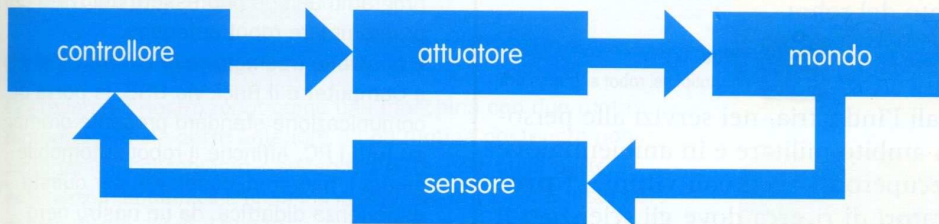


- Che cos'è un sistema automatizzato?
- Quali sono i vantaggi e gli svantaggi di un sistema automatizzato?
- Che cos'è un sistema di controllo?

Sistema ad anello chiuso.



Sistema ad anello aperto.



2 GLI SVANTAGGI DEI SISTEMI AUTOMATIZZATI

Esistono anche alcuni svantaggi nell'usare un sistema automatizzato:

- i costi iniziali sono sicuramente molto più elevati rispetto a un sistema non automatizzato;
- i rischi a livello di sicurezza causati dalla presenza di macchinari ingombranti in movimento (ad esempio, i robot utilizzati nelle catene di montaggio delle auto);
- gli elevati costi di manutenzione dei macchinari e di addestramento di tecnici qualificati.

Si possono identificare cinque livelli di automazione in un sistema di controllo:

<p>Controllo manuale Supporto alla decisione</p>	<p>Nessuna assistenza del sistema Il controllo è detenuto dall'operatore seguendo le raccomandazioni fornite dal sistema</p> 	<p>AI controllata</p>	<p>Le operazioni sono compiute automaticamente a meno che non ci sia il veto dell'operatore</p> 
<p>Intelligenza artificiale (AI) con consenso</p>	<p>Il controllo è del sistema con il consenso dell'operatore richiesto per compiere le azioni</p> 	<p>Totale automazione senza interazione con l'operatore</p>	

2 I ROBOT

Che cos'è un robot

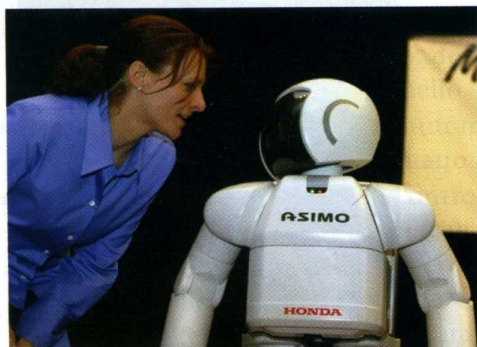
Con il termine **robot** si definisce una **macchina intelligente** dalle forme più svariate in grado di compiere delle operazioni che solitamente sono svolte dall'uomo. Il robot è una macchina che **sente, pensa e agisce** interagendo con l'ambiente esterno attraverso dei **sensori**. I sensori sono i dispositivi che permettono al robot di **percepire** cosa accade nell'ambiente circostante. In generale il funzionamento dei sensori è paragonabile a quello dei sensi dell'uomo; ad esempio, quando l'immagine di un ostacolo viene impressionata sulla retina dei nostri occhi, l'informazione è inviata al cervello che riconosce in quell'immagine l'ostacolo. La reazione intrapresa dal nostro corpo per evitare l'ostacolo è dovuta al cervello che comanda ai nostri arti di muoversi adeguatamente. Allo stesso modo è possibile utilizzare un sensore tattile per inviare al cervello del robot l'informazione di rilevamento dell'ostacolo.

All'interno del robot è presente un computer che gli permette di **elaborare/pensare** le informazioni provenienti dai sensori e **reagire** di conseguenza. La reazione del robot, dopo aver rilevato con il sensore tattile la presenza dell'ostacolo, è di muovere i motori in modo da percorrere una traiettoria alternativa per evitarlo. È mediante una sequenza di **istruzioni** contenuta nel **software** che l'uomo programma il computer residente all'interno del robot. L'esecuzione del software determina il comportamento del robot.

A che cosa serve un robot?

I robot sono utilizzati in diversi settori quali l'industria, nei servizi alle persone, ai disabili, agli anziani, in medicina, in ambito militare e in ambienti dove sono avvenuti disastri ambientali per il recupero di eventuali vittime. I **prototipi** dei robot sono progettati nei laboratori di ricerca dove gli scienziati li realizzano per studiare e verificarne il comportamento. Ad esempio, **Asimo**, uno dei primi robot a forma antropomorfa, costruito nel 2000 dalla Honda in Giappone, è alto 120 cm ed è in grado di camminare, correre, salire e scendere le scale, suonare il violino, fare il cameriere, dirigere un'orchestra, giocare a calcio e a baseball, riconoscere le persone e salutarle. L'IIT (Istituto Italiano di Tecnologia) ha realizzato **ICUB**, un robot dalle sembianze di bambino, alto circa un metro, in grado di gattonare, di riconoscere e manipolare oggetti, di vedere e trasmettere immagini.

Esiste anche un numero sempre crescente di robot a noi invisibili. Ad esempio, nelle metropoli ad alto traffico sono i semafori intelligenti che regolano il flusso delle auto in entrata alle grosse arterie stradali. Un fatto è certo: il numero di robot che si comporteranno a nostra immagine e somiglianza è destinato ad aumentare nell'immediato futuro.



Nelle immagini, rispettivamente: Asimo (a sinistra) e Icube (a destra).



Video
Scienza e fantascienza



Video
I prototipi dei robot antropomorfi

ZONA LAB

Per imparare a costruire e a utilizzare i robot occorre studiare e vedere applicata la robotica.

Qui si vuole realizzare e programmare un computer didattico che autonomamente viaggi su un percorso e superi gli ostacoli, ovvero costruire una macchina, come un'automobile, che però senza autista sia in grado di seguire un percorso e di evitare gli ostacoli che trova sul suo cammino. Per realizzare questa esperienza è possibile utilizzare il Kit Lego MindStorms Education NXT 2.0. Esso contiene, oltre agli elementi costruttivi (travi, ingranaggi, ruote, motori, cavi di collegamento), il **Brick**, il mattoncino principale, che ha la funzione di "cervello elettronico", i sensori e il software di programmazione Lego Mindstorms Education NXT v.2.1.

Il **Brick** è un vero e proprio computer programmabile e può essere utilizzato per programmare robot autonomi.

È possibile trasmettere le informazioni tra il Computer e il Brick via USB, la porta di comunicazione standard presente ormai su tutti i PC. Affinché il robot-automobile segua il percorso, costituito, per questa esperienza didattica, da un nastro nero (denominato linea nera) in campo bianco, è necessario utilizzare il **sensore** di luce capace di misurare la quantità di luce riflessa. Il sensore di luce è costituito da una sorgente luminosa che emette la radiazione (LED: *Light emitting diode*) e da un elemento, il fototransistor, che la rileva. La quantità di luce riflessa dalla superficie nera è molto inferiore alla quantità di luce riflessa dalla superficie bianca, perché il colore nero non riflette la luce ma l'assorbe.

Per rilevare la presenza dell'ostacolo occorre il **sensore a ultrasuoni**, capace di misurare la distanza tra il robot e l'ostacolo.

Le misure rilevate da entrambi i sensori (presenti nel kit) vengono ricevute dal Brick, che ha il compito di elaborarle e di impostare le azioni che deve intraprendere il robot, ad esempio attivando i motori per seguire la linea, oppure di seguire un percorso particolare per evitare l'ostacolo. Il comportamento del robot deve essere quindi progettato mediante lo sviluppo di un programma che è eseguito dal Brick.

COME COSTRUIRE UN ROBOT DIDATTICO



Immagine interattiva

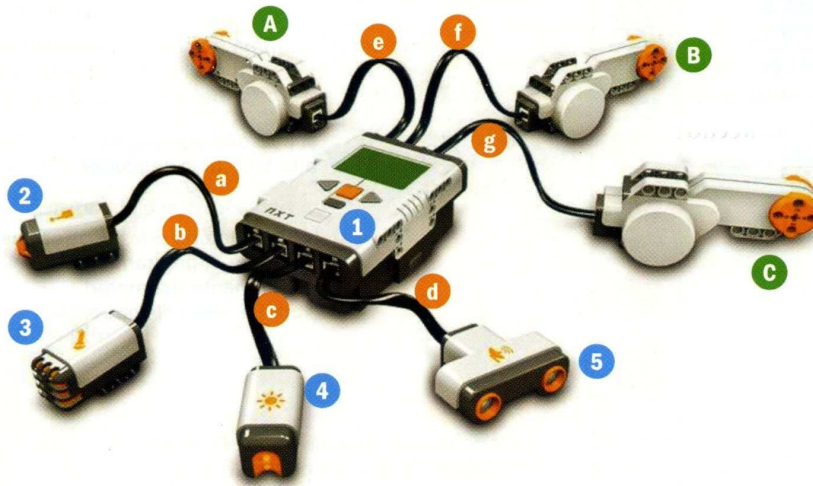
★ STRUMENTI

- ★ Kit Lego Mindstorms Education NXT 2.0
- ★ Lego Mindstorms Education NXT software v 2.1
- ★ Personal computer

★ MATERIALI

- ★ nastro nero adesivo
- ★ forbici
- ★ foglio bianco
- ★ l'ostacolo può essere realizzato con una bottiglia di plastica vuota, un pezzo di legno a forma di parallelepipedo oppure un contenitore di altezza dai 10 ai 20 cm

1. Il Brick (1) il mattone intelligente, ha 4 porte di ingresso (a, b, c, d) e 3 di uscita (e, f, g).
2. Il sensore al tatto in questa figura è collegato alla porta di ingresso (2).
3. Il sensore audio misura il suono in decibel e decibel assoluti (3).
4. Il sensore di luminosità rileva la luce ambiente e la luce riflessa (4).
5. Il sensore a ultrasuoni rileva la distanza dagli ostacoli (5).
6. Tre servomotori interattivi (A, B, C).

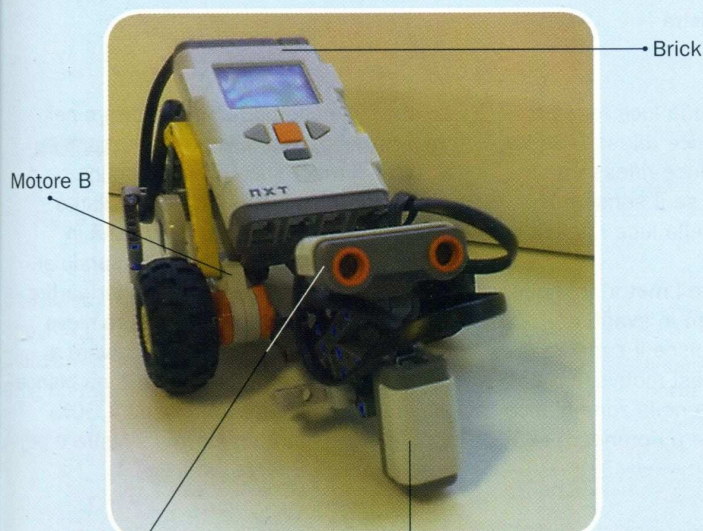


★ PROCEDIMENTO

1 Costruzione del robot

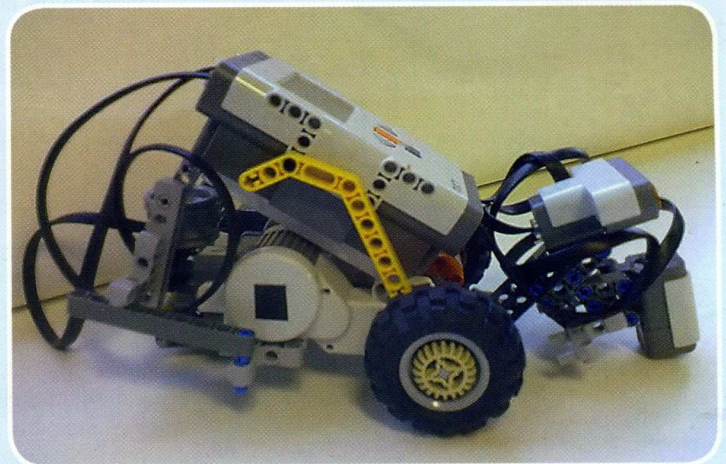
Costruiamo il nostro robot come una macchina con due ruote motorizzate sulla parte anteriore e una ruotina posteriore non motorizzata; collochiamo il sensore a ultrasuoni sulla parte anteriore a un'altezza inferiore a quella dell'ostacolo e il sensore di luce rivolto verso il basso.

Il sensore di luce e quello a ultrasuoni permettono al robot di vedere. Con il sensore di luminosità il robot distingue la luce (bianco) dal buio (nero) e misura l'intensità di luce riflessa da superfici colorate.



COMPETENZE DA SVILUPPARE

- **Costruire** un modello di robot semplice
- **Utilizzare** un linguaggio di programmazione a icone
- **Scegliere** la miglior strategia per il controllo del robot



2 Costruzione del percorso

Prendere un foglio di carta bianca 70 × 100 cm o una superficie bianca e disegnare con nastro nero adesivo un percorso rettilineo come mostrato nella figura 1.

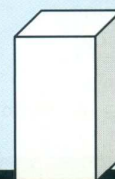


Fig. 1 Linea nera con ostacolo.

ZONA LAB

3 Operiamo con l'ambiente di sviluppo di Lego Mindstorms NXT

L'interfaccia grafica del programma Lego Mindstorms NXT Educational si presenta come illustrato a fianco (Fig. 2). Il pannello di controllo dei motori mostrato nella figura 3 mostra quali sono i parametri che vanno configurati per azionare i motori del robot .

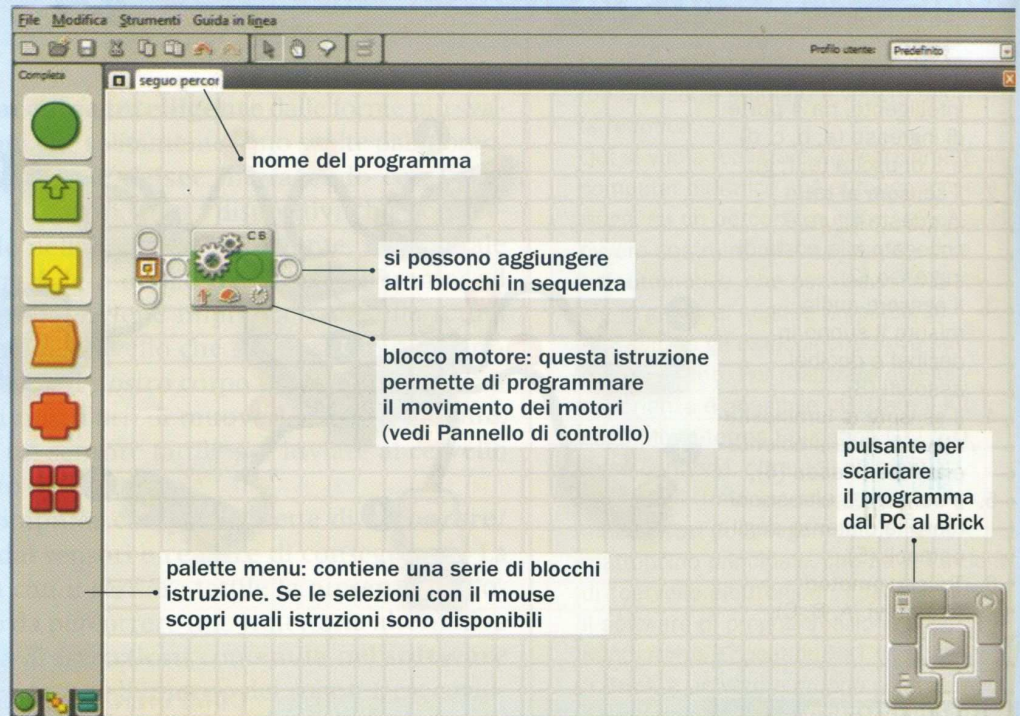


Fig. 2

La direzione scelta è avanti; oppure indietro oppure stop

seleziona i motori: B o C

potenza motori 75%; può variare da 0% al 100%

Durata: 360° significa che le ruote compiono un giro completo; si può esprimere anche in secondi selezionando dal menu a tendina sec oppure si può decidere che la durata sia illimitata



frena: dopo che il robot ha compiuto l'azione programmata frena i motori

Fig. 3

muovendo il selettore della sterzata si può fare curvare il robot a destra o a sinistra

4 Soluzione del problema

Il problema è il seguente: si vuole programmare il robot in modo che segua una linea nera in campo bianco e, rilevato un ostacolo sul suo percorso, lo superi riprendendo il percorso sulla linea nera. Possiamo suddividere il problema in due parti: l'inseguimento della linea nera (1° problema) e il riconoscimento dell'ostacolo (2° problema).

1° problema: il robot deve seguire una linea nera in campo bianco. Il sensore

illumina il terreno con una luce rossa e rileva l'intensità della luce riflessa. Se il sensore è sul nero, la luce riflessa è di poca intensità, mentre se il sensore è sul bianco l'intensità della luce riflessa è molto più elevata. Potremmo programmare i motori in modo da farli avanzare sempre in avanti e controllare cosa percepisce il sensore di luce, ma se, per qualsiasi motivo, il robot perde la linea nera e va nella zona bianca senza controllo come fa a riprendere la linea nera?

La strategia che potremmo adottare per risolvere questo problema è di far andare a zigzag il robot sulla linea di confine tra il nero e il bianco. Poiché sappiamo che il sensore rileva una luminosità in percentuale maggiore del 50% quando si trova in zona bianca, potremmo far partire il robot sulla linea nera (il sensore rileva una luminosità < 50%) e farlo curvare a destra in modo da mandarlo in zona bianca (il sensore rileva una luminosità > 50%) e poi farlo curvare di nuovo a sinistra e poi a destra ciclicamente (vedi Fig. 4),



Fig. 4

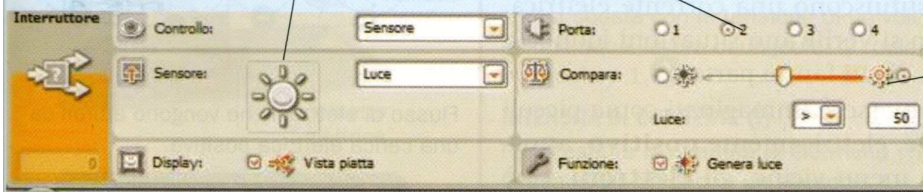
Programmiamo il robot: ricorda che il motore B attiva la ruota sinistra e il motore C la destra

se la luce rilevata dal sensore è <50 il robot curva a destra (aziona la ruota sinistra B avanti e C fermo)

il sensore di luce è collegato alla porta 2 del Brick

Fig. 5a Pannello di controllo dell'interruttore per il sensore di luce.

pannello di controllo dell'interruttore



se la luce rilevata dal sensore è >50 il robot curva a sinistra (aziona la ruota destra C avanti e B fermo)

interruttore: se il robot è a una distanza >15 , il robot segue la linea altrimenti si ferma e traccia un percorso per superare l'ostacolo

2° problema: con il sensore a ultrasuoni il robot può misurare la distanza degli oggetti davanti a sé. Il sensore spara una raffica di raggi ultrasonici nella direzione di avanzamento del robot e aspetta il loro ritorno; il calcolatore, che è all'interno del Brick, conta il tempo che trascorre dal momento in cui la raffica di onde è partita e il momento in cui è ritornata. Conoscendo la velocità dei raggi ultrasonici il calcolatore calcola la distanza dal sensore alla parete dell'ostacolo. Viste le dimensioni del robot, possiamo decidere che se il sensore rileva una distanza inferiore di 15 cm dall'ostacolo il robot si fermi e intraprenda un percorso per oltrepassare l'ostacolo senza toccarlo (vedi Fig. 6).

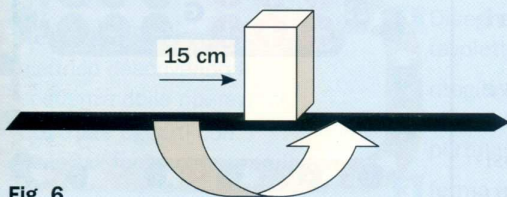


Fig. 6

Il tracciato del percorso può essere rettangolare oppure circolare. Comunque si voglia fare, occorre utilizzare le icone che programmano i motori. Programmiamo il robot come in figura 7a.

Il sensore US è collegato alla porta di Ingresso del Brick 4

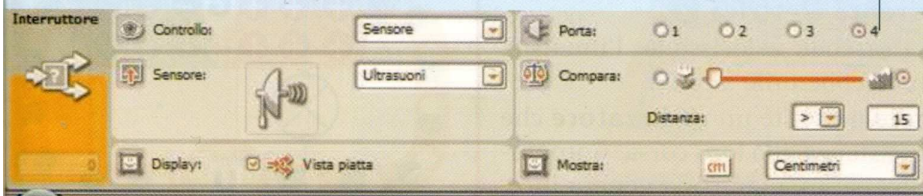
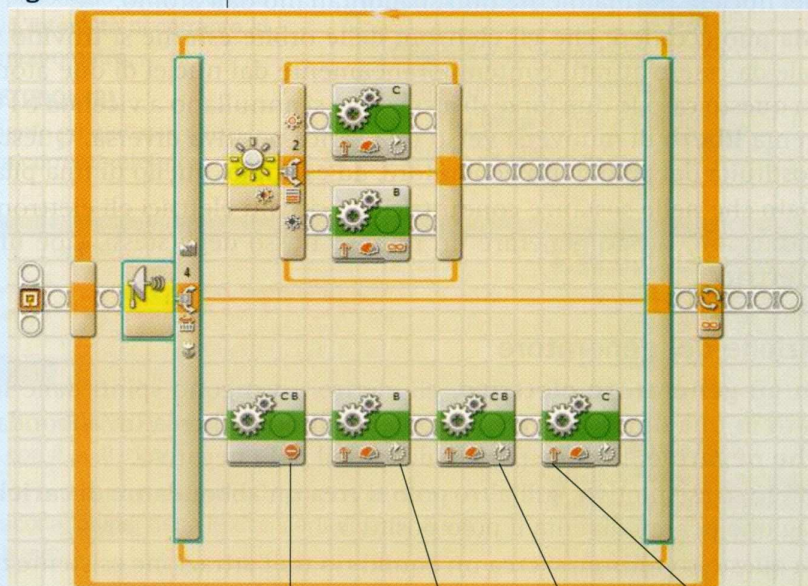


Fig. 7b Pannello di controllo dell'interruttore per il sensore a ultrasuoni.

Fig. 7a



i motori B e C stoppati curva a destra avanti con entrambi i motori rientro sulla riga nera

5 Collaudo

Dopo aver salvato il programma in una cartella del computer, lo si scarica sul Brick, collegando l'uscita USB del personal computer con l'ingresso denominato USB sul Brick. Adesso si può provare se il robot segue in modo autonomo la linea e riconosce l'ostacolo.