



UNIVERSITÀ DI BRESCIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Dipartimento di Elettronica per l'Automazione

Laboratorio di Robotica Avanzata **Advanced Robotics Laboratory**

Corso di Robotica Mobile
(Prof. Riccardo Cassinis)

Sensori su Smydor

Elaborato di esame di:

**Damiano Delledonne, Marco
Roner**

Consegnato il:

30 agosto 2008

Sommario

Il nostro lavoro ha avuto come scopo quello di dotare Smydor, il robot umanoide Robonova-I dell'Hitec Robotics, di sensori di caduta. Dopo aver acquistato i sensori, necessari per rilevare ogni possibilità di caduta del robot, e aver proceduto all'installazione, ci siamo occupati della loro gestione software. In particolare abbiamo fatto in modo che, quando i sensori, solidali al movimento del robot, raggiungono un angolo d'inclinazione superiore o inferiore a una data soglia, si attivino procedure dedicate in grado di riportare Smydor in posizione eretta, attraverso una serie di movimenti coordinati.

1. Introduzione

La presente relazione, svolta nell'ambito del corso di Robotica Mobile tenuto dal prof. Riccardo Cassinis, illustra tutti i passaggi che hanno portato allo svolgimento dell'elaborato assegnatoci, riguardante Smydor, il robot umanoide Robonova-1 in dotazione al Laboratorio di Robotica Avanzata (ARL) della facoltà d'Ingegneria.

Il contenuto dell'elaborato è riassumibile nel perseguimento di due obiettivi principali:

- Dotare Smydor di sensori di caduta.
- Gestire, via software, il comportamento del robot grazie alle misure rilevate dai sensori opportunamente installati.

Per sensori di caduta intendiamo sensori che ravvisino quando l'asse del robot è pressoché parallelo al piano di appoggio. Essendo Smydor un robot umanoide, potremmo dire che i sensori devono segnalare quando Smydor è caduto in ogni possibile posizione (supina, prona, laterale destra e sinistra).

Il software, attraverso la lettura delle misure fornite dai sensori, deve innanzitutto rilevare la caduta del robot e, in seguito, attivare la procedura dedicata per farlo rialzare.

Per soddisfare i due obiettivi prefissati, il nostro lavoro si è articolato nelle seguenti fasi:

- Ricerca di opportuni sensori di caduta e installazione degli stessi su Smydor.
- Scrittura del software per la gestione dei sensori di caduta nell'ambiente di sviluppo dedicato.

Prima di procedere a una trattazione completa di quanto è stato accennato in questo capitolo introduttivo, riteniamo opportuno introdurre Smydor e le sue caratteristiche principali.

1.1. Caratteristiche di Smydor

Smydor è un robot umanoide, modello Robonova-I, prodotto dall'Hitec Robotics. [1]

Smydor è dotato di sedici servomotori digitali HSR-8498HB, gestiti da una scheda Micom MR-C3024 che costituisce il modulo di controllo del robot.

Le posizioni dei servomotori corrispondono a quelle delle articolazioni nel corpo umano, garantendo dunque notevole libertà di movimento al robot che può camminare avanti e indietro, fare capriole, piegamenti, ecc.

La scheda di controllo è posta sulla schiena del robot ed è protetta da una copertura di plastica. La scheda può pilotare fino a ventiquattro servomotori e sedici moduli accessori, come ad esempio giroscopi, accelerometri, moduli di sintesi vocale o sistemi di comunicazione Bluetooth. Durante il nostro lavoro abbiamo sfruttato questa proprietà di estensibilità, in particolare gli ingressi analogici, per connettere i sensori a Smydor.

Robonova-I è alto circa 30 cm e il suo telaio è realizzato in alluminio anodizzato color oro, il quale costituisce un robusto e leggero esoscheletro.

Una batteria ricaricabile a cinque celle NiMH da 1000 mA/h a 6 V provvede all'alimentazione di Smydor per un'autonomia di circa un'ora. Questo limite ha determinato, quindi, la durata massima delle nostre sessioni di prova. [2]

➤ **Quando la batteria è scarica, il robot non riesce a portare correttamente a termine i movimenti definiti nel programma, assumendo quindi comportamenti anomali e imprevedibili. Pertanto, prima di ipotizzare che malfunzionamenti occorsi siano legati al software, è bene collegare il robot all'alimentazione attraverso il cavo fornito in dotazione.**

Il modulo di controllo del robot può essere connesso al PC tramite un cavo di connessione seriale, la cui presa è posta anch'essa sulla schiena del robot.

In dotazione è fornito anche un telecomando a infrarossi, che costituisce il principale strumento d'interazione con il robot. Attraverso il suo utilizzo l'utente può interagire con il robot, richiamando le differenti procedure (o subroutine), memorizzate nel microcontrollore, associate ai pulsanti



Fig. 1 - Robonova-1

1.1.1. Come programmare Smydor

Al modulo di controllo di Smydor è fornito, attraverso il cavo seriale collegato al PC, un unico file contenente tutto il software per la gestione del robot, sviluppato in RoboBasic [3].

➤ **È consigliabile, qualora si voglia collegare Smydor al PC tramite il cavo seriale per caricare il file contenente il programma, posizionare il robot sul piano di lavoro in posizione supina. Questo perché, prima di iniziare tale trasferimento, avviene la cancellazione del programma precedentemente caricato e il robot, se non sdraiato, cade a corpo morto sul piano d'appoggio.**

RoboBasic è un termine che indica sia il linguaggio di programmazione, sia l'ambiente di sviluppo del codice da noi utilizzato.

RoboBasic, inteso come linguaggio, è basato sul generico Basic, a cui sono state aggiunte specifiche istruzioni orientate ai robot, in particolare per la gestione dei servomotori digitali o degli eventuali moduli collegati alla scheda di controllo.

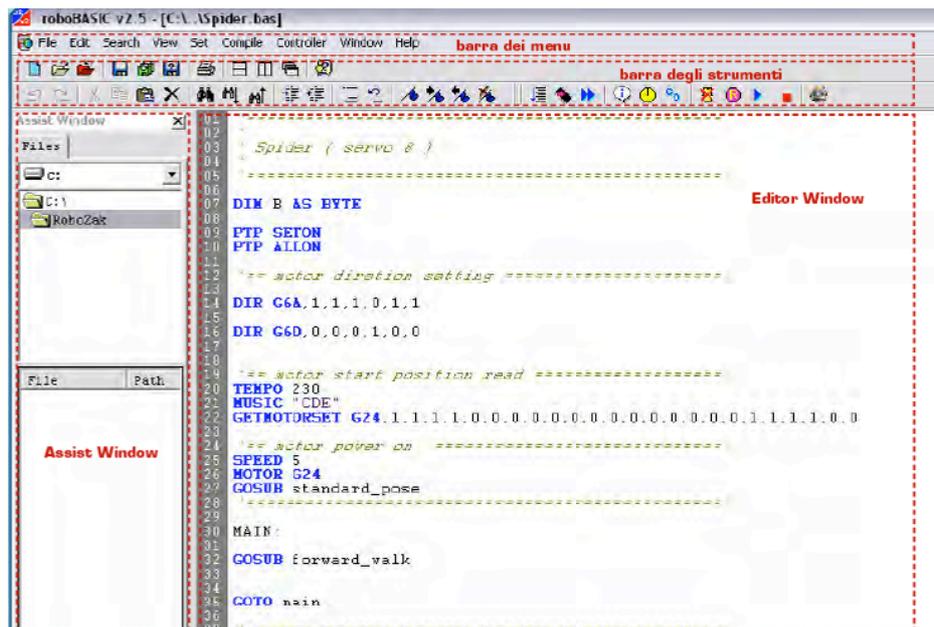


Fig. 2 - Ambiente di sviluppo RoboBasic

Per definire i movimenti che il robot deve compiere per rialzarsi, in seguito ad una caduta, attraverso l'azione congiunta di diversi servomotori, si è rivelata molto utile la modalità "Catch & Play". [4]

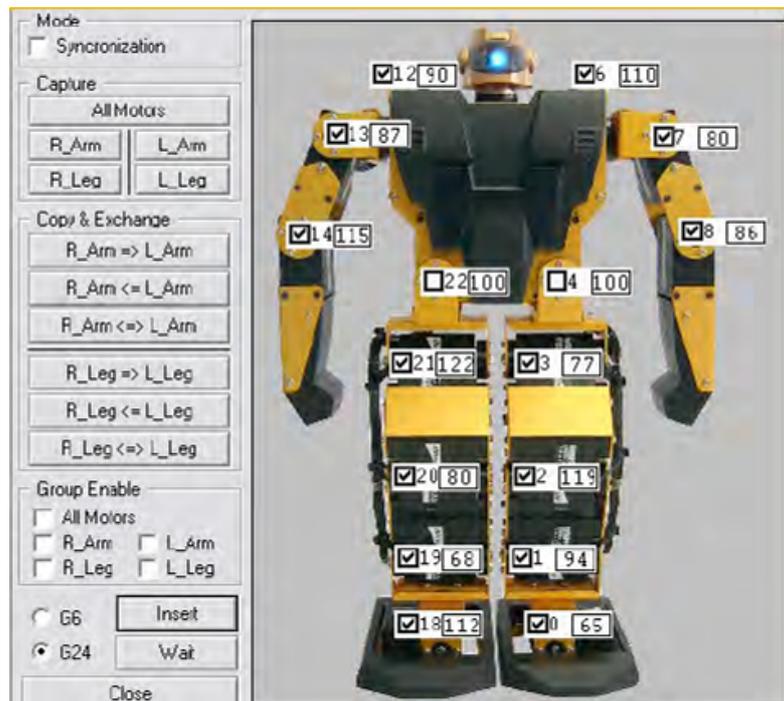


Fig. 3 - Ambiente di sviluppo RoboBasic, modalità "Catch & Play"

Attraverso questa funzionalità è possibile muovere, passo dopo passo, un servomotore alla volta fino a far raggiungere al robot una determinata posizione. Dopo aver impostato la posizione desiderata, lo strumento Servo Motor Real-Time Control permette automaticamente di creare e inserire nel programma un'appropriata istruzione, denominata MOVE, per muovere contemporaneamente i servomotori fino a raggiungere la posizione definita.

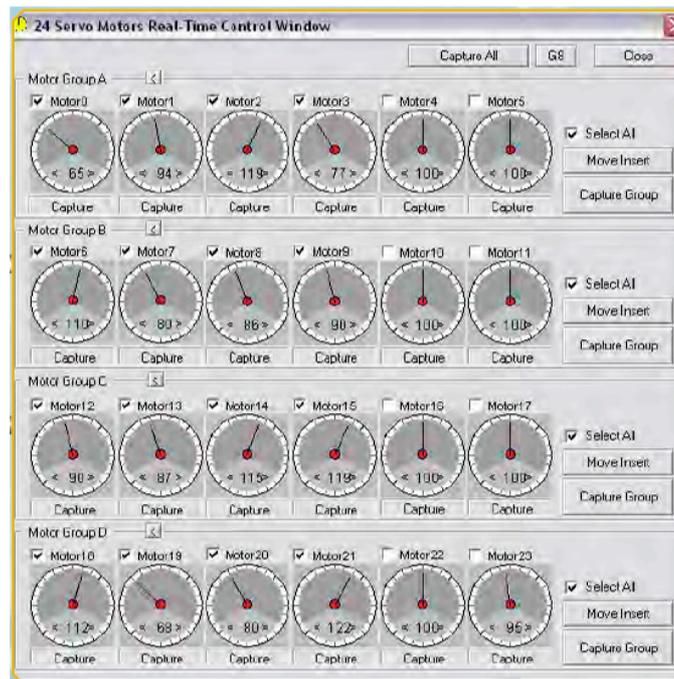


Fig. 4 - Servo Motor Real-Time Control

2. Il problema affrontato

Come spesso avviene un problema può essere suddiviso in diversi piccoli sotto-problemi di minore dimensione e più semplice risolvibilità. Risolvere ciascuno dei sotto-problemi significa dare una soluzione globale al problema posto inizialmente.

Nel nostro caso possiamo individuare due sotto-problemi, uno per ciascuno degli obiettivi principali formulati nel capitolo uno:

- Capire quanti e quali sensori occorrono affinché ogni possibile caduta del robot sia identificata.
- Scrivere il software necessario affinché, a partire da ogni possibilità di caduta, Smydor possa rialzarsi.

2.1. Individuazione dei sensori di caduta

Nella dotazione originaria di Robonova-I non è presente alcun sensore (sistema di visione, sonar, ecc) che aiuti il robot a capire la sua posizione rispetto allo spazio circostante.

Capita talvolta che durante, o in seguito, all'esecuzione di un determinato movimento, Smydor possa accidentalmente cadere. Questo avviene perché, fisicamente, non è rispettata la condizione di equilibrio stabile per un corpo rigido, il cui enunciato è il seguente: "la proiezione verticale del baricentro deve cadere all'interno della poligonale convessa che congiunge i punti di appoggio". Questa circostanza può essere determinata da vari fattori: l'urto con un oggetto, un movimento scoordinato, l'eccessiva inclinazione o irregolarità del terreno.

Per ottenere il nostro obiettivo, ovvero che Smydor si rialzi dopo ogni caduta, è indispensabile dotarlo di sensori di caduta.

Il primo problema che ci siamo posti riguarda la tipologia di sensori con cui equipaggiare il robot. Nello specifico abbiamo optato per sensori d'inclinazione ("Tilt sensor"), che, una volta installati, sono in grado di misurare l'inclinazione del robot e, quindi, anche di rilevare quando quest'ultimo è cascato,

caso che si verifica quando l'inclinazione ha superato una soglia massima o minima da noi opportunamente stabilita.

Una volta compresa la tipologia di sensori necessari per il nostro lavoro, siamo passati a confrontare i modelli presenti sul mercato. Tramite Internet abbiamo cercato sensori che fossero commercializzati dalla stessa casa produttrice di Robonova-I per evitare possibili problemi dovuti all'incompatibilità, quali, ad esempio, la mancanza di opportuni connettori tra il sensore il robot.

Il secondo problema riguarda il numero di sensori d'inclinazione da acquistare. Smydor, data anche la sua configurazione umanoide, può cadere in due modi. Il primo avviene quando il robot cade in avanti o in indietro, vale a dire quando assume una posizione identica a quella di una persona sdraiata a pancia a terra, come mostrato nella figura 5, o di schiena.



Fig. 5 - Caduta in avanti.

L'altra modalità si verifica quando il robot cade lateralmente, o sul fianco sinistro (vedi figura 6) o su quello destro.



Fig. 6 - Caduta laterale

Pur essendo la caduta laterale piuttosto infrequente, abbiamo ritenuto utile per completezza considerare anche questo caso.

Accertate dunque due possibilità di caduta, si è reso necessario, per raggiungere i nostri obiettivi, l'acquisto di due sensori d'inclinazione.

2.2. Gestione software dei sensori di caduta

Il software, attraverso la lettura delle misure effettuate dai sensori, dovrà rilevare le cadute e conseguentemente eseguire procedure dedicate. Queste procedure consistono in una serie di movimenti che, eseguiti dal robot, lo riportano in una posizione eretta con le braccia distese.

In conformità con quanto annotato nel sotto-capitolo precedente riguardo alle due tipologie di caduta, abbiamo scritto le opportune procedure per far rialzare il robot, preferendo movimenti in grado di ridurre al minimo i possibili urti del robot con il terreno per evitare dei guasti, ovviamente a scapito della velocità.

3. La soluzione adottata

Ricapitolando: il robot può cadere in due direzioni e, per ciascuna direzione, in due versi opposti. Per cogliere entrambi gli eventi, abbiamo acquistato e installato due sensori di caduta o, più precisamente, sensori d'inclinazione.

Una volta sistemati i sensori abbiamo scritto il software per la gestione degli stessi.

Uniformemente al metodo adottato finora, passiamo a dettagliare la soluzione in due sotto-capitoli distinti.

➤ **Questo elaborato è stato concluso senza aver potuto testare il funzionamento del robot con i due sensori installati e attivi contemporaneamente, a causa del ritardo della consegna al laboratorio di robotica del secondo sensore, identico al primo, da parte della casa produttrice. Abbiamo quindi utilizzato il medesimo sensore, necessariamente in momenti diversi, per verificare le due configurazioni. Pertanto si garantisce il corretto funzionamento del robot a meno di piccole variazioni nel settaggio delle soglie nelle procedure `robot_tilt_frontale` e `robot_tilt_laterale` (si veda capitolo 3.2).**

3.1. Acquisto e installazione dei sensori di caduta

Dopo un'attenta valutazione, abbiamo deciso di acquistare come sensori di caduta, due Robonova-I Tilt Sensor. Le motivazioni che ci hanno spinto a effettuare questa scelta sono:

- Essendo prodotti dall'Hitec Robotics, sono dedicati per i robot Robonova-I. È garantita quindi sia la compatibilità con Smydor, sia una relativa semplicità d'installazione.
- Misurano la loro propria inclinazione secondo una direzione. Installandone opportunamente due, i sensori sono in grado, muovendosi in maniera solidale al robot, di fornire l'inclinazione dello stesso secondo le due direzioni di nostro interesse.

Alla scheda di controllo di Smydor possono essere connessi, come già detto in fase introduttiva, diversi dispositivi. In particolare essa possiede otto ingressi analogici-digitali. Abbiamo utilizzato due di questi per connettere, come specificato nel capitolo 4.2, i sensori al robot.

I sensori, per misurare l'inclinazione secondo le due direzioni, devono essere sistemati sul robot uno ruotato di 90° rispetto all'altro. Essi sono stati poi fisicamente collocati all'interno della protezione di plastica del modulo di controllo.

3.2. Gestione software dei sensori di caduta

Abbiamo scritto una procedura, o subroutine, per gestire via software ciascun sensore. [4]

La procedura che individua la caduta laterale è denominata `robot_tilt_laterale`, mentre quella che si occupa della caduta frontale, o di schiena, è chiamata `robot_tilt_frontale`.

Entrambe le due procedure, richiamate all'inizio del `MAIN`, leggono il dato fornito dal sensore analogico di riferimento (`AD(3)` e `AD(5)` nel nostro caso) e lo pongono nella variabile `A`.

Se `A` è inferiore o superiore a una determinata soglia, da noi empiricamente scelta dopo diverse prove, significa che il robot è caduto e deve essere attivata la procedura dedicata per farlo rialzare e raggiungere, quindi, la posizione eretta.

```
MAIN:
GOSUB robot_tilt_frontale
GOSUB robot_tilt_laterale
(...)
'=====
robot_tilt_frontale:
  A = AD(5)
  IF A > 250 THEN RETURN

  IF A < 10 THEN GOTO tilt_low
```

```

    IF A > 180 THEN GOTO tilt_high

    RETURN

tilt_low:
    A = AD(5)
    IF A < 10 THEN GOTO backward_standup
    RETURN

tilt_high:
    A = AD(5)
    IF A > 180 THEN GOTO forward_standup
    RETURN

'=====
robot_tilt_laterale:
    A = AD(3)
    IF A > 250 THEN RETURN

    IF A < 10 THEN GOTO tilt_right
    IF A > 180 THEN GOTO tilt_left

    RETURN

tilt_right:
    A = AD(3)
    IF A < 10 THEN GOTO right_standup
    RETURN

tilt_left:
    A = AD(3)
    IF A > 180 THEN GOTO left_standup
    RETURN
'=====

```

Nel caso di caduta frontale è chiamata la procedura `tilt_high`, che riverifica il valore dato dal sensore e successivamente invoca la procedura `forward_standup`, già sviluppata precedentemente dalla casa costruttrice. In caso di caduta di schiena si attivano le procedure `tilt_low` e, conseguentemente, la `backward_standup`, anch'essa già disponibile.

```

forward_standup:
    SPEED 10
    MOVE G6A,100, 130, 120, 80, 110, 100
    MOVE G6D,100, 130, 120, 80, 110, 100
    MOVE G6B,150, 160, 10, 100, 100, 100
    MOVE G6C,150, 160, 10, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 80, 155, 85, 150, 150, 100
    MOVE G6D, 80, 155, 85, 150, 150, 100
    MOVE G6B,185, 40, 60, 100, 100, 100
    MOVE G6C,185, 40, 60, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 75, 165, 55, 165, 155, 100
    MOVE G6D, 75, 165, 55, 165, 155, 100
    MOVE G6B,185, 10, 100, 100, 100, 100
    MOVE G6C,185, 10, 100, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 60, 165, 30, 165, 155, 100
    MOVE G6D, 60, 165, 30, 165, 155, 100
    MOVE G6B,170, 10, 100, 100, 100, 100
    MOVE G6C,170, 10, 100, 100, 100, 100
    WAIT

    MOVE G6A, 60, 165, 25, 160, 145, 100
    MOVE G6D, 60, 165, 25, 160, 145, 100
    MOVE G6B,150, 60, 90, 100, 100, 100
    MOVE G6C,150, 60, 90, 100, 100, 100

```

```

WAIT

MOVE G6A,100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6D,100, 155, 25, 140, 100, 100
MOVE G6B,130, 50, 85, 100, 100, 100
MOVE G6C,130, 50, 85, 100, 100, 100
WAIT

GOSUB standard_pose

RETURN
'=====
'=====
backward_standup:

SPEED 10

MOVE G6A,100, 10, 100, 115, 100, 100
MOVE G6D,100, 10, 100, 115, 100, 100
MOVE G6B,100, 130, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 130, 10, 100, 100, 100
WAIT

MOVE G6A,100, 10, 83, 140, 100, 100
MOVE G6D,100, 10, 83, 140, 100, 100
MOVE G6B, 20, 130, 10, 100, 100, 100
MOVE G6C, 20, 130, 10, 100, 100, 100
WAIT

MOVE G6A,100, 126, 60, 50, 100, 100
MOVE G6D,100, 126, 60, 50, 100, 100
MOVE G6B, 20, 30, 90, 100, 100, 100
MOVE G6C, 20, 30, 90, 100, 100, 100
WAIT

MOVE G6A,100, 165, 70, 15, 100, 100
MOVE G6D,100, 165, 70, 15, 100, 100
MOVE G6B, 30, 20, 95, 100, 100, 100
MOVE G6C, 30, 20, 95, 100, 100, 100
WAIT

MOVE G6A,100, 165, 40, 100, 100, 100
MOVE G6D,100, 165, 40, 100, 100, 100
MOVE G6B,110, 70, 50, 100, 100, 100
MOVE G6C,110, 70, 50, 100, 100, 100
WAIT

GOSUB standard_pose
RETURN

```

Per quanto riguarda la caduta laterale, non avendo già a disposizione procedure adatte al nostro caso, ne abbiamo scritte due, una per il lato destro e una per il lato sinistro. Queste, attraverso una serie di movimenti atti a preservare le parti meccaniche del robot da possibili danni, portano Smydor in posizione supina in modo da poter poi sfruttare la `backward_standup` per raggiungere la posizione eretta.

Tali procedure, totalmente speculari, sono denominate `right_standup` e `left_standup`.

```

right_standup:

SPEED 5

MOVE G6D,101, 75, 144, 118, 100, 100
MOVE G6C,102, 28, 80, 100, 100, 100
MOVE G6B,100, 31, 81, 100, 100, 100
MOVE G6A,101, 75, 143, 55, 99, 100
WAIT

MOVE G6D,102, 74, 143, 118, 99, 100
MOVE G6C,103, 26, 80, 100, 100, 100
MOVE G6B, 51, 32, 82, 100, 100, 100
MOVE G6A,102, 74, 142, 55, 97, 100

```

```

WAIT

MOVE G6D,102, 73, 142, 119, 98, 100
MOVE G6C,101, 24, 80, 100, 100, 100
MOVE G6B, 52, 33, 82, 100, 100, 100
MOVE G6A,103, 74, 140, 51, 95, 100
WAIT

MOVE G6D,102, 72, 141, 119, 98, 100
MOVE G6C,111, 23, 81, 100, 100, 100
MOVE G6B, 18, 10, 83, 100, 100, 100
MOVE G6A,104, 73, 139, 48, 95, 100
WAIT

MOVE G6D,102, 71, 140, 120, 97, 100
MOVE G6C,107, 67, 46, 100, 100, 100
MOVE G6B, 19, 12, 84, 100, 100, 100
MOVE G6A,105, 72, 137, 49, 94, 100
WAIT

MOVE G6D,102, 70, 140, 120, 97, 100
MOVE G6C,109, 66, 46, 100, 100, 100
MOVE G6B, 41, 15, 85, 100, 100, 100
MOVE G6A,106, 71, 136, 111, 94, 100
WAIT

MOVE G6D,102, 69, 140, 121, 98, 100
MOVE G6C,111, 65, 45, 100, 100, 100
MOVE G6B, 98, 15, 87, 100, 100, 100
MOVE G6A,107, 70, 136, 111, 95, 100
WAIT

GOSUB standard_pose
GOSUB backward_standup
GOSUB standard_pose
RETURN
'=====
'=====
left_standup:

SPEED 5

MOVE G6A,101, 75, 144, 118, 100, 100
MOVE G6B,102, 28, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C,100, 31, 81, 100, 100, 100
MOVE G6D,101, 75, 143, 64, 99, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 74, 143, 118, 99, 100
MOVE G6B,103, 26, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C, 51, 32, 82, 100, 100, 100
MOVE G6D,102, 74, 142, 65, 97, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 73, 142, 119, 98, 100
MOVE G6B,101, 24, 80, 100, 100, 100
MOVE G6C, 52, 33, 82, 100, 100, 100
MOVE G6D,103, 74, 140, 51, 95, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 72, 141, 119, 98, 100
MOVE G6B,111, 23, 81, 100, 100, 100
MOVE G6C, 18, 10, 83, 100, 100, 100
MOVE G6D,104, 73, 139, 48, 95, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 71, 140, 120, 97, 100
MOVE G6B,107, 67, 46, 100, 100, 100
MOVE G6C, 19, 12, 84, 100, 100, 100
MOVE G6D,105, 72, 137, 49, 94, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 70, 140, 120, 97, 100

```

```

MOVE G6B,109, 66, 46, 100, 100, 100
MOVE G6C, 41, 15, 85, 100, 100, 100
MOVE G6D,106, 71, 136, 111, 94, 100
WAIT

MOVE G6A,102, 69, 140, 121, 98, 100
MOVE G6B,111, 65, 45, 100, 100, 100
MOVE G6C, 98, 15, 87, 100, 100, 100
MOVE G6D,107, 70, 136, 111, 95, 100
WAIT

GOSUB standard_pose
GOSUB backward_standup
GOSUB standard_pose
RETURN

```

Il robot può eseguire diverse sequenze di azioni, come ad esempio camminare, fare capriole o flessioni. Durante l'esecuzione di queste procedure non sono letti i dati sull'inclinazione forniti dai sensori, in quanto il robot potrebbe trovarsi con l'asse parallelo al piano d'appoggio, senza che questo significhi necessariamente una caduta, anzi potrebbe far parte della normale esecuzione. Pertanto, solo al termine di ciascuna procedura, all'interno del `MAIN`, si verificheranno le misure fornite dai sensori, riportando, se necessario, il robot in posizione eretta.

4. Modalità operative

In questo capitolo abbiamo inteso descrivere le modalità necessarie per utilizzare l'hardware e il software utilizzati durante lo svolgimento dell'elaborato.

4.1. Componenti necessari

Per raggiungere il nostro scopo abbiamo utilizzato due sensori liquido-capacitivi denominati Robonova-1 Tilt Sensor, modello #136062.

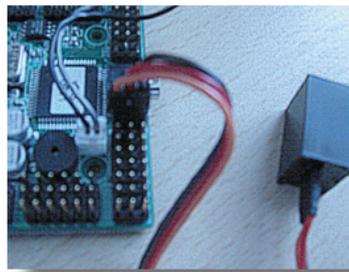
Questi sensori consentono di rilevare variazioni d'inclinazione e sono dotati delle seguenti caratteristiche:

- Ridotte dimensioni: 15×19 mm;
- Involucro plastificato, pertanto il peso di un singolo sensore è di 5 g;
- Intervallo di misurazione = $\pm 60^\circ$;
- Sensibilità = 0,1 gradi;
- Tempo di risposta < 0.5 secondi;
- Vdc fornita fra un minimo 3V e un massimo di 6V;
- Consumo di corrente < 1 mA per Vdc = 5 V;
- Temperatura di funzionamento da -30 a +60°C;
- Impedenza di uscita = 10 kOhm;

4.2. Modalità di installazione

I due sensori d'inclinazione sono stati installati sul robot Smydor attraverso gli opportuni connettori forniti in dotazione con l'acquisto. Ogni sensore è stato collegato a un ingresso analogico; nel nostro caso si sono utilizzati gli ingressi AD3 e AD5, ma si tratta di una scelta totalmente arbitraria in quanto ogni ingresso analogico vale l'altro. Se si volessero cambiare gli ingressi, basterebbe, per quanto riguarda la gestione software, modificare le procedure `robot_tilt_frontale`, con le relative `tilt_low` e `tilt_high`, e `robot_tilt_laterale`, con `tilt_right` e `tilt_left`, cambiando il numero degli ingressi scelti per connettere i due sensori secondo la nuova configurazione.

La figura 7 riporta l'effettivo collegamento di uno dei due sensori:



AD0 - robobasic-> AD(0)
 AD1 - robobasic-> AD(1)
 AD2 - robobasic-> AD(2)
 ...
 ..
 .

yellow | red | brown -> Tilt Sensor
 signal + - -> 3024 Controller AD Port

Fig. 7 - Connessione del sensore d'inclinazione sul modulo di controllo

Ogni sensore è stato fissato al telaio del robot in una posizione opportuna, secondo due possibili configurazioni, una rappresentata in figura 8 e una in figura 9, attraverso l'utilizzo del veltro; questo per garantire sia un fissaggio abbastanza forte, sia la possibilità di togliere il sensore agevolmente, qualora lo si voglia.

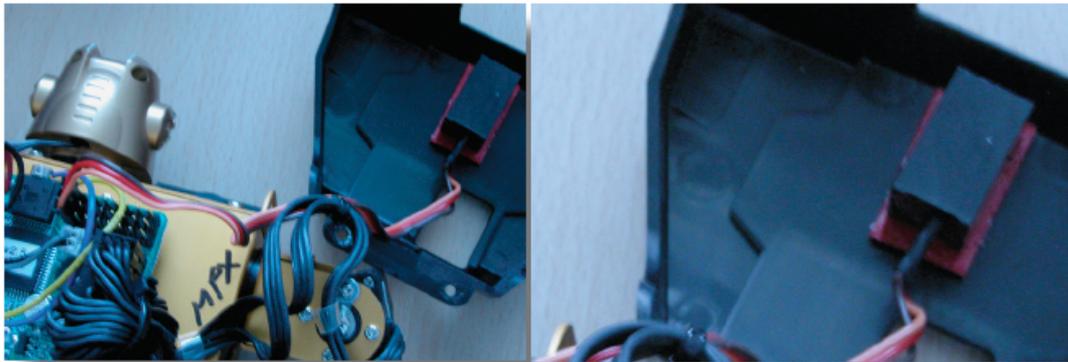


Fig. 8 - Installazione del sensore d'inclinazione per la rivelazione della caduta frontale o supina

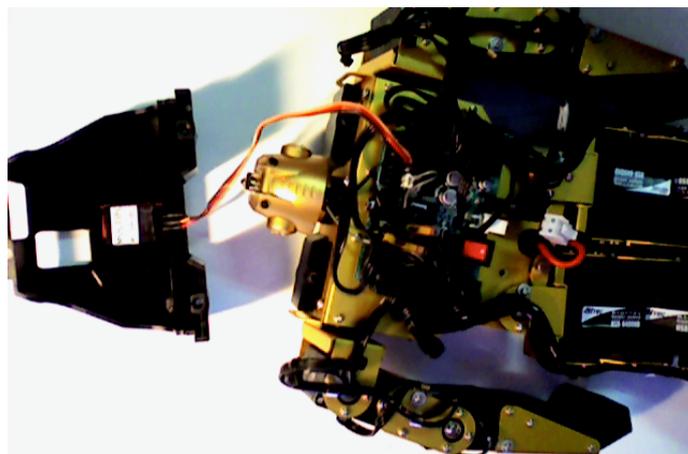


Fig. 9 - Installazione del sensore d'inclinazione per la rivelazione della caduta laterale

Ciascun sensore deve misurare una determinata tipologia d'inclinazione, in particolare il primo effettuerà la misura di quanto il robot è ruotato sul piano formato dall'asse y e z, mentre il secondo effettuerà la misura sul piano formato dall'asse x e y (vedi figura 10).

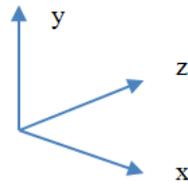


Fig. 10 - Sistema di riferimento cartesiano

In figura 11 è riportata la corretta posizione del sensore per effettuare una misurazione di inclinazione. Nel nostro caso, quindi, i due sensori sono stati posti uno ortogonale all'altro.

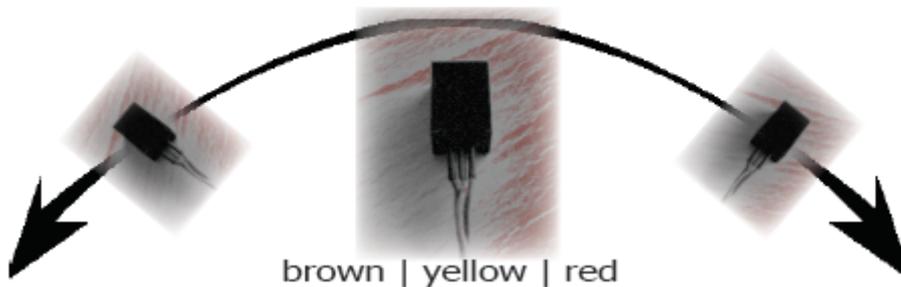


Fig. 11 - Corretta posizione del sensore d'inclinazione

4.3. Modalità di taratura

Per quanto riguarda i sensori d'inclinazione non si è resa necessaria una vera e propria taratura, ma semplicemente si è stabilito l'angolo di soglia oltre al quale si stabilisce con certezza che il robot è caduto.

Qualora si voglia modificare quest'angolo di soglia, lo si può fare correggendo direttamente il codice del programma in esecuzione su Smydor (in particolare le procedure `robot_tilt_frontale`, con le relative `tilt_low` e `tilt_high`, per la caduta frontale o di schiena e `robot_tilt_laterale`, con `tilt_right` e `tilt_left`, per la caduta laterale) dopo averlo scaricato sulla postazione di programmazione del laboratorio.

I movimenti che il robot compie in seguito ad una caduta sono stati programmati mediante l'ambiente di sviluppo descritto nel capitolo 1.1.1. Pertanto, qualora si vogliano ottimizzare questi movimenti, bisogna modificare il codice del programma nella sezione dedicata alle azioni, in particolare le procedure `forward_standup`, `backward_standup`, `right_standup` e `left_standup`.

4.4. Avvertenze

Ricapitoliamo in questo capitolo le due avvertenze principali evidenziate nella relazione:

- Quando la batteria è scarica, il robot non riesce a portare correttamente a termine i movimenti definiti nel programma, assumendo quindi comportamenti anomali e imprevedibili. Pertanto, prima di ipotizzare che malfunzionamenti siano legati al software, è bene collegare il robot all'alimentazione attraverso il cavo fornito in dotazione.
- È consigliabile, qualora si voglia collegare Smydor al PC tramite il cavo seriale per caricare il file contenente il programma, posizionare il robot sul piano di lavoro in posizione supina. Questo

perché, prima di iniziare tale trasferimento, avviene la cancellazione del programma precedentemente caricato e il robot, se non sdraiato, cade a corpo morto sul piano d'appoggio.

- Questo elaborato è stato concluso senza aver potuto testare il funzionamento del robot con i due sensori installati e attivi contemporaneamente, a causa del ritardo della consegna al laboratorio di robotica del secondo sensore, identico al primo, da parte della casa produttrice. Abbiamo quindi utilizzato il medesimo sensore, necessariamente in momenti diversi, per verificare le due configurazioni. Pertanto si garantisce il corretto funzionamento del robot a meno di piccole variazioni nel settaggio delle soglie nelle procedure robot_tilt_frontale e robot_tilt_laterale (si veda capitolo 3.2).

5. Conclusioni e sviluppi futuri

Il robot, una volta caduto, grazie ai sensori da noi installati e al software da noi sviluppato, si rialza e torna nella posizione standard. Quindi, con nostra soddisfazione, possiamo concludere che l'obiettivo prefissato è stato raggiunto.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, i sensori, da noi installati, potranno essere utilizzati anche per altri scopi, quali, ad esempio, far eseguire a Smydor movimenti particolari, giocando sull'inclinazione che esso raggiunge.

Bibliografia

- [1] Sito web ufficiale dell'Hitec Robotics dedicato a Robonova-I: <http://www.robonova.com/main.php>
- [2] Pagina nel sito web ufficiale di Robot Italy dedicata a Robonova-I: http://www.robot-italy.com/product_info.php?products_id=591
- [3] “ROBOBASIC Manuale Istruzioni di Comando v.2.10_051118”, reperibile al sito web: <http://www.mecatronics.it/files/010-001%20Programmazione.pdf>
- [4] Mellado, M.: “*Summer School on Humanoid Robots IURS-2006 - 6th International UJI Robotics School Practical activities with a Humanoid Robot (Robonova-1)*”, Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática (DISA) Universidad Politécnica de Valencia (UPV), 2006. Questo tutorial è reperibile all'indirizzo web: <http://www.robot.uji.es/lab/plone/events/iurs06/Robonova%20Tutorial.pdf>

Indice

SOMMARIO	1
1. INTRODUZIONE	1
1.1. Caratteristiche di Smydor.....	1
1.1.1. Come programmare Smydor.....	2
2. IL PROBLEMA AFFRONTATO	4
2.1. Individuazione dei sensori di caduta.....	4
2.2. Gestione software dei sensori di caduta.....	5
3. LA SOLUZIONE ADOTTATA	6
3.1. Acquisto e installazione dei sensori di caduta.....	6
3.2. Gestione software dei sensori di caduta.....	6
4. MODALITÀ OPERATIVE	10
4.1. Componenti necessari.....	10
4.2. Modalità di installazione.....	10
4.3. Modalità di taratura.....	12
4.4. Avvertenze.....	12
5. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	13
BIBLIOGRAFIA	13
INDICE	14