



UNIVERSITÀ DI BRESCIA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Laboratorio di Robotica Avanzata **Advanced Robotics Laboratory**

Corso di Robotica Mobile
(Prof. Riccardo Cassinis)

**Calibrazione, risoluzione
problema sensore ed esibizione di
Smydor**

Elaborato di esame di:

**Enrico Bertoloni, Stefano
Cristini, Stefano Lupatini,
Manuel Ponzoni, Federica
Santicoli, Matteo Tomasoni**

Consegnato il:

24 giugno 2010

Sommario

Il lavoro assegnatoci è consistito di tre punti fondamentali: ricalibrare Smydor, il robot umanoide Robonova-I dell'Hitec Robotic; verificare le ragioni del malfunzionamento del suo sensore di caduta nel caso di posizione supina; realizzare una procedura complessa da fargli eseguire. La calibrazione è stata resa necessaria in quanto Smydor era stato di recente soggetto ad una caduta. L'analisi del comportamento del sensore è stata fondamentale in quanto è stato possibile prendere la decisione di non acquistarne uno nuovo ma di adattare il software ai nuovi valori di tensione da esso assunti. L'ultima parte dell'elaborato è consistita nella realizzazione di alcune procedure, ed in particolare: una che gli permette di salire tre gradini di un podio e di sedersi in cima, una per scendere dal podio, un'altra per l'esecuzione di un passo di breakdance che lo porta ad essere appoggiato su una sola gamba ed un solo braccio ed infine una serie di mosse per far rappresentare al robot il concetto di "tristezza".

1. Introduzione

La presente relazione è stata svolta nell'ambito del corso di Robotica Mobile tenuto dal prof. Riccardo Cassinis ed illustra analiticamente quali sono stati i vari passaggi che hanno portato allo svolgimento dell'elaborato assegnatoci. Il lavoro svolto è stato incentrato su Smydor, il robot di forma umanoide Robonova-I della Hitec Robotics, in dotazione al Laboratorio di Robotica Avanzata (ARL) della facoltà d'Ingegneria.

Il contenuto dell'elaborato può essere rapidamente riassunto in tre obiettivi:

- ricalibrare Smydor
- verificare il funzionamento del sensore di caduta
- realizzare alcune procedure complesse da far eseguire a Smydor

1.1. Caratteristiche tecniche di Smydor

Smydor è un robot umanoide, modello Robonova-I, prodotto dall'Hitec Robotics [1] [2].

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 simulano per gran parte i gradi di libertà concessi dalle 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.

Il sensore Tilt, utilizzato per indicare quando il robot è capovolto o inclinato oltre un certo angolo, è posizionato sulla schiena e più precisamente all'interno del guscio protettivo di plastica. Il sensore in questione è collegato alla piedinatura della scheda di controllo in posizione AD(5). Esso consiste in un condensatore con armature circolari, tra le quali è presente un dielettrico liquido. La posizione da esso assunta causa una variazione della tensione ai capi del sensore. Utilizzando questi valori è possibile, per esempio, stabilire se il robot si trova fra le posizioni di: in piedi, prono o supino. La realizzazione del software e il montaggio del sensore su Smydor era stato realizzato da Damiano Delledonne e Marco Roner[3].

Robonova-I è alto circa 30 cm, pesa circa 1,3 Kg e il suo telaio, realizzato in alluminio anodizzato color oro, costituisce un robusto e leggero esoscheletro. Una batteria ricaricabile a cinque celle NiMH da 1000 mAh a 6 V provvede all'alimentazione di Smydor per un'autonomia di circa un'ora.

➤ **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. Si deve ricordare che la sola alimentazione da linea elettrica non permette il funzionamento dei motori.**

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 sotto procedure) memorizzate nel microcontrollore associate ai pulsanti del telecomando.

2. I problemi affrontati

2.1. Calibrazione

A seguito della caduta durante l'Open Day, il robot Smydor ha necessitato di una nuova calibrazione dei valori associati ai singoli motori nella posizione predefinita. Per effettuare quest'operazione è stato utilizzato il software *RoboBASIC* versione 2.5, in particolare lo strumento *ROBONOVA Zero Set*.

Quest'operazione è necessaria in quanto un'errata calibrazione può portare a comportamenti inaspettati, come la perdita dell'equilibrio.

In Figura 1 è mostrata la schermata dell'applicazione attraverso cui si possono modificare i valori di posizione dei motori.

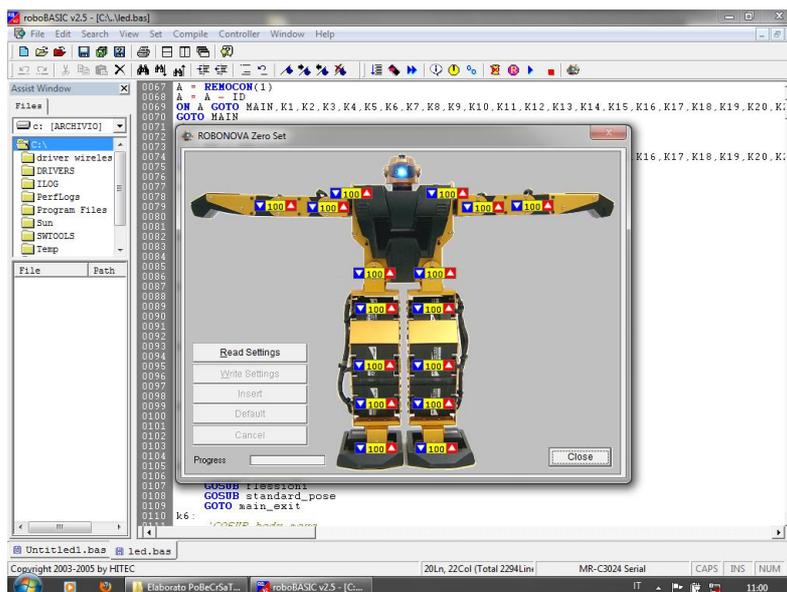


Figura 1: Apertura della schermata di ROBONOVA Zero Set

2.2. Verifica funzionamento del sensore Tilt

Il robot Smydor presentava la problematica di non riuscire a rialzarsi nel caso si fosse trovato in posizione supina, nonostante esistesse una procedura nel codice in grado di farlo rialzare. Il robot, infatti, rimaneva a terra immobile. Si è pensato quindi che il problema fosse da imputare ad un malfunzionamento del sensore Tilt.

2.3. Esibizione

È stata richiesta la realizzazione di una o più procedure che facessero compiere al robot delle evoluzioni originali e complesse.

3. La soluzione adottata

3.1. Calibrazione

Seguendo le procedure suggerite dal manuale d'uso [2] ed utilizzando il software in dotazione ROBONOVA Zero Set, si è effettivamente riscontrato che i valori iniziali di riferimento del robot, attraverso cui vengono calcolate le posizioni da raggiungere, non portavano il robot nella posizione iniziale definita dai costruttori. Ciò era riscontrabile anche dal fatto che alcune procedure standard (programmate dalla casa madre, e quindi corrette e testate) non venissero eseguite in modo regolare, causando la caduta del robot.

Con l'ausilio di squadra, compasso e bolla è stata effettuata la calibrazione, confortata da una verifica visiva. La bontà della nuova calibrazione è stata verificata osservando la corretta esecuzione delle procedure che in precedenza non erano eseguite correttamente.

Le nuove posizioni di zero risultano essere quelle in Figura 2.

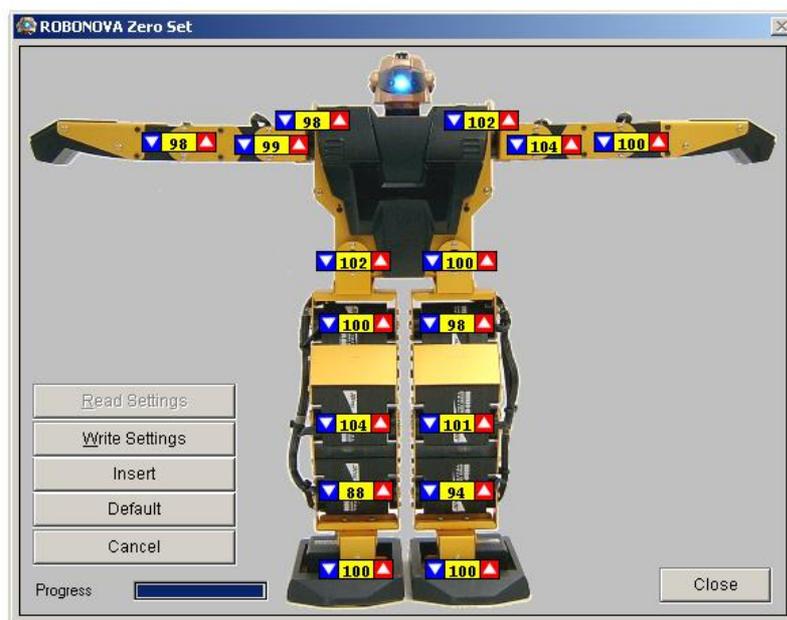


Figura 2: nuovi valori per la posizione di zero del robot

3.2. Verifica funzionamento del sensore Tilt

Per rilevare la causa del malfunzionamento si è proceduto nel seguente modo:

- apertura del guscio protettivo montato sulla schiena,
- individuazione della posizione del sensore Tilt,
- identificazione della piedinatura,
- verifica dell'alimentazione della piedinatura,
- misura della tensione emessa dal sensore in base alla posizione assunta.

Verificato il corretto funzionamento di tutte le parti elettriche si è proceduto sperimentalmente alla modifica delle procedure adibite a gestire le cadute.

Per la posizione prona non è stato necessario effettuare alcuna modifica, mentre per la posizione supina è stato sufficiente aumentare il valore responsabile della chiamata alla procedura per far rialzare il robot. Questo valore rappresenta l'uscita digitalizzata del sensore, che assume quindi valori prossimi allo zero quando il robot è in posizione supina, e valori sempre crescenti (fino ad un limite di 255) quando il robot è in posizione prona.

Nella versione originale la procedura *tilt_low*, responsabile del rialzamento del robot, veniva richiamata quando il valore letto sul sensore era inferiore a 10, ma ciò non avveniva mai, probabilmente a causa di un cambiamento fisico della caratteristica del sensore. Abbiamo quindi provveduto aumentando il valore di soglia fino ad ottenere un comportamento accettabile e ripetibile, verificatosi imponendo un valore di soglia pari a 30.

In Figura 3 è mostrato il codice modificato per la procedura di caduta posteriore.

```
robot_tilt_frontale:
  A = AD(5)
  IF A > 250 THEN RETURN
  IF A < 30 THEN GOTO
  tilt_low
  IF  $\bar{A}$  > 180 THEN GOTO
  tilt_high
  RETURN
```

Figura 3: nuova procedura di caduta

3.3. Esibizione

Le procedure sviluppate sono state opportunamente realizzate in modo tale da coinvolgere tutti i sensori e tutti gli attuatori a disposizione del robot.

Le procedure si suddividono in quattro fasi:

- salita di un podio formato da tre gradini,
- discesa frontale dal podio,
- esecuzione di quattro flessioni su una gamba e un braccio,
- simulazione del concetto di tristezza.

Per effettuare la salita è stato necessario innanzitutto garantire l'equilibrio del robot su un unico piede e durante la fase di ascesa continuare a garantire che il baricentro cadesse all'interno della poligonale di appoggio. Smydor non è dotato di giunti che simulino gli addominali degli esseri umani e quindi l'operazione di spostamento del peso in avanti è risultata piuttosto problematica. Per simulare il comportamento umano e per dare un ulteriore aiuto al bilanciamento sono state impiegate anche le braccia, facendole muovere in sincronia col resto del corpo.

Viene riportata in seguito la procedura per salire un singolo gradino avanzando con il piede sinistro. Una procedura omologa (gradino_invertito) per salire con il piede destro è stata realizzata scambiando le posizioni assunte dai servomotori.

Durante le prove è stato riscontrato che il comando di settaggio della velocità SPEED non veniva applicato alla prima istruzione di MOVE, pertanto, in assenza di soluzioni migliori, si è deciso di inserire un'istruzione di movimento ridondante (MOVE G6A, 100, 76, 145, 93, 100) per fare in modo che alla successiva istruzione di movimento la velocità fosse quella corretta.

```

gradino:                                     ' posizione intermedia 2
SPEED 3                                     MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
' poiché a volte il comando speed          MOVE G6D, 91, 87, 153, 101, 114
' viene applicato alla seconda move        MOVE G6B, 145, 20, 80
' abbiamo inserito un movimento           MOVE G6C, 155, 21, 81
' ridondante                               WAIT
MOVE G6A, 100, 76, 145, 93, 100
DELAY 100
                                           MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
                                           MOVE G6D, 91, 129, 104, 111, 114
                                           MOVE G6B, 101, 20, 80
                                           MOVE G6C, 189, 21, 81
                                           WAIT

' sposta il peso a destra
MOVE G6A, 85,71,152,91,112
MOVE G6B, 100,40,80
MOVE G6C, 100,40,80
MOVE G6D, 112,76,145,93,92
WAIT
                                           MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
                                           MOVE G6D, 91, 129, 69, 163, 117
                                           MOVE G6B, 101, 20, 80
                                           MOVE G6C, 189, 21, 81
                                           WAIT

' alza il piede sinistro (sul
posto)
MOVE G6A, 90,130,30,150,114
MOVE G6B, 90,40,80
MOVE G6C, 100,40,80
MOVE G6D, 114,76,145,93,90
WAIT
                                           MOVE G6A, 114, 49, 144, 167, 83
                                           MOVE G6D, 91, 73, 124, 163, 117
                                           MOVE G6B, 119, 28, 80
                                           MOVE G6C, 144, 33, 81
                                           WAIT

SPEED 6
' porta avanti il piede sinistro
MOVE G6A, 90,50,105,160,114
MOVE G6B, 80,40,80
MOVE G6C, 140,40,80
WAIT
                                           MOVE G6A, 114, 49, 144, 167, 83
                                           MOVE G6D, 92, 42, 152, 162, 117
                                           MOVE G6B, 119, 28, 80
                                           MOVE G6C, 144, 33, 81
                                           WAIT

' appoggia il piede sinistro sul
' gradino
MOVE G6A, 85,35,140,140,114
MOVE G6B, 80,40,80
MOVE G6D, 113,80,145,90,90
WAIT
                                           MOVE G6A, 103, 62, 149, 118, 98
                                           MOVE G6D, 98, 64, 149, 115, 98
                                           MOVE G6B, 113, 28, 80
                                           MOVE G6C, 113, 33, 81
                                           WAIT

' sposta il peso sulla gamba
' sinistra
MOVE G6A, 104, 28, 149, 160, 88
MOVE G6D, 91, 87, 153, 101, 114
MOVE G6B, 145, 20, 80
MOVE G6C, 155, 21, 81

WAIT
RETURN

```

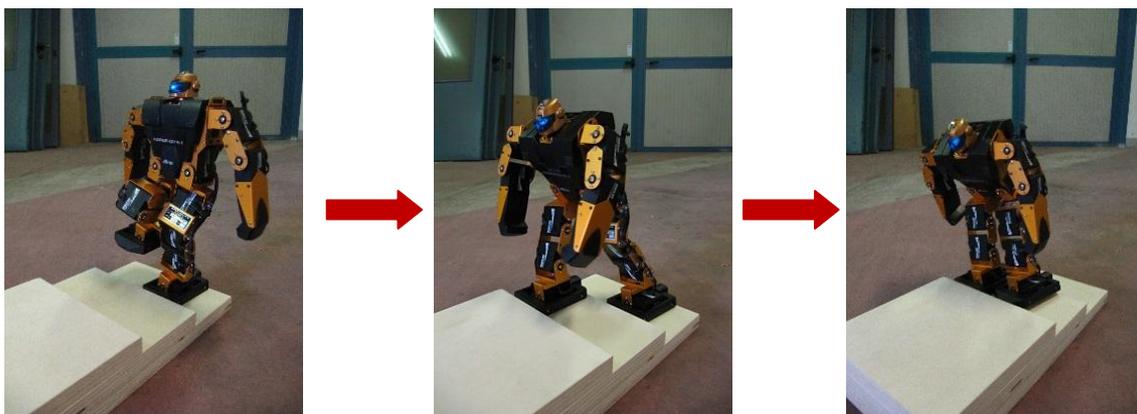


Figura 4: alcune fasi della salita di un gradino

Una volta giunto in cima al podio, al robot vengono fatti effettuare alcuni passi per portarlo fino al bordo dello stesso. A questo punto Smydor effettua la procedura di discesa `scendi_dal_podio` che lo porta ad appoggiarsi sulle braccia e a protendere le gambe oltre il bordo, facendogli poi assumere una posizione quasi da seduto. In seguito sposta il proprio peso sulle gambe ed usa le braccia come punto di appoggio per riguadagnare la posizione eretta.

```

scendi_dal_podio:
    ' braccia indietro
    MOVE G6B, 75, 20, 80
    MOVE G6C, 75, 20, 80
    WAIT

    ' supino
    MOVE G6A, 100, 151, 23, 95, 101
    MOVE G6D, 100, 151, 23, 95, 101
    MOVE G6B, 45, 20, 80
    MOVE G6C, 45, 20, 80

    ' alza il bacino
    MOVE G6A, 100, 151, 64, 33, 101
    MOVE G6D, 100, 151, 62, 30, 101
    MOVE G6B, 26, 20, 80
    MOVE G6C, 26, 20, 80
    WAIT

    ' raccoglie la gamba destra
    MOVE G6D, 101, 145, 20, 82, 101
    WAIT

    ' alza gamba dx
    MOVE G6D, 101, 138, 20, 143, 101
    WAIT

    ' porta avanti la gamba destra
    MOVE G6D, 101, 64, 105, 143, 101
    WAIT

    ' appoggia la gamba dx
    MOVE G6D, 101, 95, 155, 48, 101
    WAIT

    ' raccoglie gamba sx
    MOVE G6A, 100, 163, 21, 59, 101
    WAIT

    ' alza la gamba sx
    MOVE G6A, 100, 163, 20, 125, 101
    WAIT

    ' porta avanti gamba sx

    ' sedersi_1
    MOVE G6A, 100, 82, 82, 127, 101
    MOVE G6D, 101, 82, 79, 127, 101
    MOVE G6B, 28, 20, 80
    MOVE G6C, 34, 20, 80
    WAIT

    ' sedersi_2
    MOVE G6A, 100, 17, 118, 164, 101
    MOVE G6D, 101, 20, 115, 161, 101
    MOVE G6B, 43, 20, 80
    MOVE G6C, 44, 20, 80
    WAIT

    ' avanti corpo
    MOVE G6A, 100, 87, 33, 165, 101
    MOVE G6D, 101, 86, 33, 163, 101
    MOVE G6B, , 25, 80
    MOVE G6C, , 21, 80
    WAIT

    ' avanti corpo 2
    MOVE G6A, 100, 127, 20, 155, 101
    MOVE G6D, 101, 127, 20, 151, 101
    MOVE G6B, 46, 21, 80
    MOVE G6C, 49, 21, 80
    WAIT

    ' peso avanti
    MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
    MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101
    MOVE G6B, 46, 21, 80
    MOVE G6C, 49, 21, 80
    WAIT

    ' braccia larghe 1
    MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
    MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101
    MOVE G6B, 47, 62, 80
    MOVE G6C, 58, 71, 80
    WAIT

    ' braccia larghe 2
    MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
    MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101

```

```

MOVE G6A, 100, 64, 105, 143, 101
MOVE G6B, 104, 108, 80
' appoggia gamba sx
MOVE G6A, 100, 97, 154, 51, 101
MOVE G6C, 105, 111, 80
WAIT
WAIT

```

Dopo avere eseguito alcuni passi in avanti per allontanarsi dal podio, Smydor si mette carponi e, mantenendo sempre il baricentro all'interno della poligonale di appoggio, alza il braccio sinistro e la gamba destra eseguendo quattro flessioni mediante la procedura `flessioni`. Dopo aver eseguito le flessioni ritorna in posizione eretta. La parte più problematica in fase di realizzazione di questa procedura è stata riscontrata nel fatto di garantire che il baricentro fosse sempre posizionato all'interno della poligonale di appoggio, dato che essa era alquanto ristretta. Le posizioni dei servomotori sono state perfezionate ulteriormente anche per gestire terreni non perfettamente lisci, come il pavimento del laboratorio.

```

flessioni:
[...]
' flessioni
FOR i = 0 TO 3

    'gamba d'appoggio allungata, corpo in basso
    MOVE G6A, 95, 162, 143, 83, 158
    MOVE G6D, 108, 81, 100, 22, 130
    MOVE G6B, 11, 43, 49
    MOVE G6C, 179, 20, 81
    WAIT

    ' corpo in alto
    MOVE G6A, 100, 108, 186, 103, 158
    MOVE G6D, 108, 81, 100, 22, 130
    MOVE G6B, 11, 43, 49
    MOVE G6C, 190, 20, 81
    WAIT
NEXT
[...]
```



Figura 5: esecuzione di una flessione

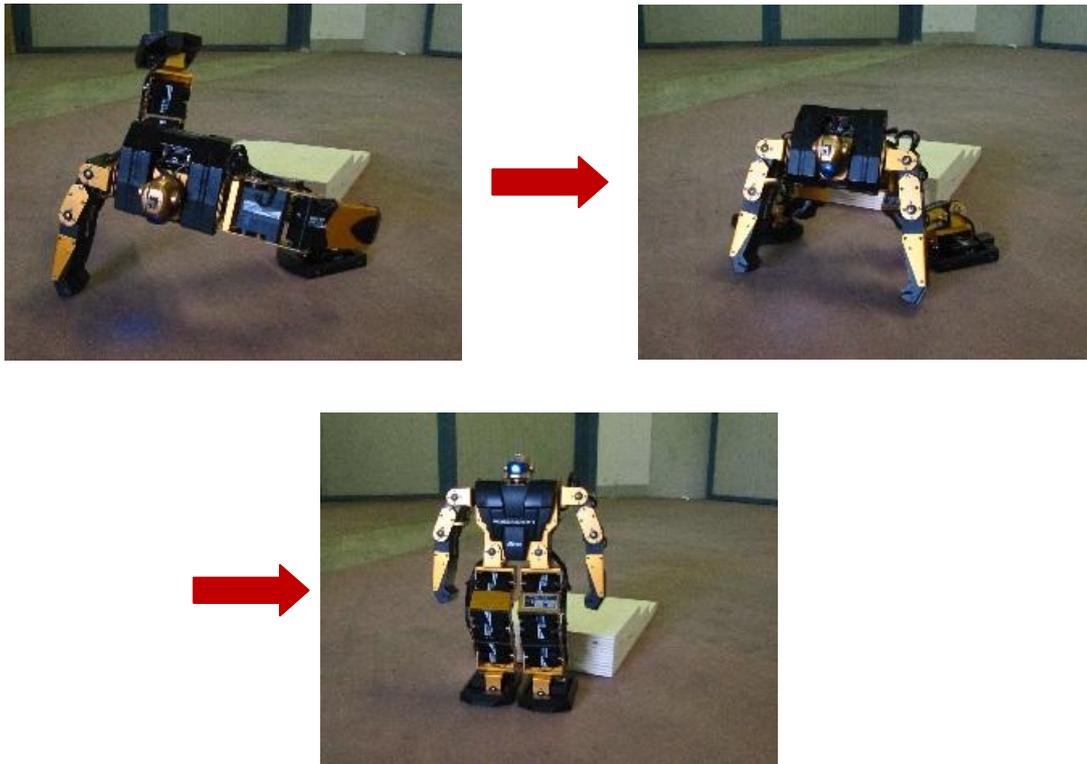


Figura 6: passi per il ritorno in posizione eretta

Successivamente abbiamo implementato una procedura per la simulazione del concetto di tristezza: Smydor allarga le braccia e fa lampeggiare il led in fronte come se avesse appreso una brutta notizia, quindi porta il braccio destro sopra la fronte suonando una triste melodia. Si prostra poi in avanti, come sopraffatto dal dolore e si getta al suolo, e con il braccio sinistro colpisce il suolo in preda alla disperazione. Infine il robot si rialza in posizione eretta.

La principale problematica riscontrata in questa fase è legata al fatto che nel caso di batteria quasi scarica la riproduzione della melodia potrebbe causare “l’afflosciamento” del robot. Si ipotizza che questa situazione sia causata da un eccessivo aumento del carico.

```

tristezza:
    SPEED 4
    ' braccia aperte
    MOVE G6A, 100,75,144,94,100
    MOVE G6B, 182,59,103
    MOVE G6C, 182,59,103
    MOVE G6D, 100,75,144,94,100
    GOSUB led_flash
    WAIT
    DELAY 1000

    ' mano sulla fronte
    MOVE G6B, 125,33,81
    MOVE G6C, 56,173,190
    WAIT
    MUSIC "O14GGAA GGE GGEED"
    DELAY 1000

    ' braccia allargate
    MOVE G6B, 190,60,95
    MOVE G6C, 190,60,95
    WAIT
    DELAY 1000

    ' in ginocchio
    MOVE G6A, 100,145,30,155,101
    MOVE G6D, 100,145,30,155,101
    WAIT

    ' prostrato
    MOVE G6D, 100,160,40,150,120
    MOVE G6B, 190,10,20
    MOVE G6C, 190,120,10
    WAIT
    DELAY 100

    ' pugno in alto x4
    SPEED 15
    FOR i = 0 TO 3

        MOVE G6C, 190,160,10
        GOSUB led_flash
        a = 100 + 100 * i
        DELAY a
        MOVE G6C, 190,120,10
        WAIT
        DELAY 100

    NEXT
    
```

```
' caduta in avanti
MOVE G6A, 100,160,40,150,101
MOVE G6B, 170,60,60
MOVE G6C, 170,60,60
MOVE G6D, 100,160,40,150,101
WAIT
DELAY 1000
```

Durante lo sviluppo della varie procedure è stato fatto un utilizzo congiunto del simulatore ufficiale della casa madre *SimROBOT 0 per ROBONOVA-I* e del software *RoboBASIC*, con il quale è stato possibile manipolare i giunti in modo tale da verificare l'equilibrio del robot laddove il simulatore non era in grado di agire.

➤ **Problemi di equilibrio possono essere dovuti a viti allentate, specialmente nei giunti delle anche. Verificare che siano tutte avvitate correttamente.**

4. Modalità operative

4.1. Componenti necessari

- Kit Hitec Robonova-1 "Smydor" e relativo telecomando

Inoltre, se il robot non ha già preinstallato il programma:

- calcolatore munito di porta seriale con Windows installato
- cavo seriale per il collegamento del robot al calcolatore
- file di programma *Smydor2010.bas*
- RoboBASIC v 2.5

4.2. Modalità di installazione

Per caricare nel robot il programma con le procedure da noi realizzate è necessario l'utilizzo di RoboBASIC v2.5 o superiore. L'installazione va effettuata seguendo le consuete procedure dell'ambiente Windows.

➤ **Durante l'installazione di RoboBASIC sul sistema operativo Windows 7 è necessario impostare la modalità di compatibilità con Windows XP SP3. Con la versione 2.72 questa operazione non è necessaria.**

Una volta installato RoboBASIC bisogna aprirlo e caricare il file *Smydor2010.bas*. Collegare il robot al calcolatore attraverso il cavo seriale fornito. Compilare il programma premendo F2 e successivamente caricarlo sul microcontrollore del robot premendo F6 e poi OK.

➤ **Fare attenzione durante la fase di caricamento del programma poiché i motori del robot vengono spenti. Si consiglia di tenerlo ben saldo.**

4.3. Modalità di esecuzione del programma

Le procedure realizzate possono essere richiamate premendo i seguenti tasti del telecomando:

- tasto 4: salita di un gradino
- tasto 5: flessioni
- tasto 6: tristezza
- tasto 9: procedura completa (salita di tre gradini, discesa, flessioni, tristezza)

Per la procedura di salita di un gradino sono necessari i gradini in dotazione. Il robot deve essere posizionato in piedi con la fronte rivolta al podio, centrato rispetto alla linea di riferimento presente sui gradini, ad una distanza di circa 2 mm.

Tutte le procedure devono essere eseguite su un terreno possibilmente liscio.

La scalinata e il robot devono appoggiare su una superficie pianeggiante e l'asse verticale del robot deve essere perpendicolare al piano di appoggio.

➤ **Assicurarsi che il robot sia calibrato in maniera opportuna. In caso contrario consultare il manuale per effettuare la calibrazione.**

5. Conclusioni e sviluppi futuri

Mediante le correzioni applicate al software è stato possibile ripristinare il meccanismo di riposizionamento del robot a posizione eretta a seguito di cadute posteriori. Si potrebbe installare un secondo sensore per supportare il riposizionamento a seguito di cadute laterali, anche se questo tipo di caduta è piuttosto infrequente.

In futuro si potrebbe sviluppare anche una procedura che permetta la discesa dai gradini. Comunque dato lo scarso numero e varietà di sensori presenti risulta difficile pensare di realizzare procedure più intelligenti e reattive.

Infine, a causa dell'impossibilità di inserire comandi di movimento dipendenti da variabili, non è neppure possibile aggiungere comportamenti proporzionali ai valori letti dal sensore di inclinazione.

Appendice

Riportiamo qui le procedure da noi create. Tali procedure sono state inserite nel programma “*tilt sensor.bas*” e collegate poi ai vari tasti del telecomando. Nel CD allegato è presente l’intero file *Smydor2010.bas* contenente queste procedure collegate ai tasti 3, 4, 5 e 9, come citato in precedenza.

```

'*****
tre_gradini:
GOSUB gradino
GOSUB gradino_invertito
GOSUB gradino_
GOSUB forward_walk
GOSUB sit_down_pose
GOSUB scendi_dal_podio
GOSUB standard_pose
GOSUB forward_walk
GOSUB flessioni
GOSUB tristezza
DELAY 5000
RETURN

'*****
gradino:

SPEED 3
' a volte il comando speed viene applicato alla seconda move
' quindi abbiamo inserito un movimento inutile come workaround
MOVE G6A, 100, 76, 145, 93, 100, 100
DELAY 100

'sposta il peso a destra
MOVE G6A, 85,71,152,91,112
MOVE G6B, 100,40,80
MOVE G6C, 100,40,80
MOVE G6D, 112,76,145,93,92
WAIT

'alza il piede sinistro (sul posto)
MOVE G6A, 90,130,30,150,114
MOVE G6B, 90,40,80
MOVE G6C, 100,40,80
MOVE G6D, 114,76,145,93,90
WAIT

'porta avanti il piede sinistro
MOVE G6A, 90,50,105,160,114
MOVE G6B, 80,40,80
MOVE G6C, 140,40,80
WAIT

'appoggia il piede sinistro sul gradino
MOVE G6A, 85,35,140,140,114
MOVE G6B, 80,40,80
MOVE G6D, 113,80,145,90,90
WAIT

'sposta il peso sulla gamba sinistra
MOVE G6A, 104, 28, 149, 160, 88
MOVE G6D, 91, 87, 153, 101, 114
MOVE G6B, 145, 20, 80
MOVE G6C, 155, 21, 81

WAIT

'posizione intermedia 2
MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6D, 91, 87, 153, 101, 114
MOVE G6B, 145, 20, 80

```

```
MOVE G6C, 155, 21, 81
WAIT

MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6D, 91, 129, 104, 111, 114
MOVE G6B, 101, 20, 80
MOVE G6C, 189, 21, 81
WAIT

MOVE G6A, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6D, 91, 129, 69, 163, 117
MOVE G6B, 101, 20, 80
MOVE G6C, 189, 21, 81
WAIT

MOVE G6A, 114, 49, 144, 167, 83
MOVE G6D, 91, 73, 124, 163, 117
MOVE G6B, 119, 28, 80
MOVE G6C, 144, 33, 81
WAIT

MOVE G6A, 114, 49, 144, 167, 83
MOVE G6D, 92, 42, 152, 162, 117
MOVE G6B, 119, 28, 80
MOVE G6C, 144, 33, 81
WAIT

MOVE G6A, 103, 62, 149, 118, 98
MOVE G6D, 98, 64, 149, 115, 98
MOVE G6B, 113, 28, 80
MOVE G6C, 113, 33, 81
WAIT
RETURN

'*****
gradino_invertito:
SPEED 3
WAIT
DELAY 100

'sposta il peso a sinistra
MOVE G6A, 112,76,145,93,92
MOVE G6B, 100,40,80
MOVE G6C, 100,40,80
MOVE G6D, 85,71,152,91,112
WAIT

'alza il piede destro (sul posto)
MOVE G6A, 114,76,145,93,90
MOVE G6B, 100,40,80
MOVE G6C, 90,40,80
MOVE G6D, 90,130,30,150,114
WAIT

'porta avanti il piede destro
MOVE G6D, 90,50,105,160,114
MOVE G6B, 140,40,80
MOVE G6C, 80,40,80
WAIT

'appoggia il piede destro sul gradino
MOVE G6D, 85,35,140,140,114
MOVE G6C, 80,40,80
MOVE G6A, 113,80,145,90,90
WAIT

'sposta il peso sulla gamba destra
MOVE G6D, 104, 28, 149, 160, 88
MOVE G6A, 91, 87, 153, 101, 114
MOVE G6C, 145, 20, 80
MOVE G6B, 155, 21, 81
WAIT

'posizione intermedia 2
```

```
MOVE G6D, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6A, 91, 87, 153, 101, 114
MOVE G6C, 145, 20, 80
MOVE G6B, 155, 21, 81
WAIT
```

```
MOVE G6D, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6A, 91, 129, 104, 111, 114
MOVE G6C, 101, 20, 80
MOVE G6B, 189, 21, 81
WAIT
```

```
MOVE G6D, 114, 44, 144, 167, 83
MOVE G6A, 91, 129, 69, 163, 117
MOVE G6C, 101, 20, 80
MOVE G6B, 189, 21, 81
WAIT
```

```
MOVE G6D, 114, 49, 144, 167, 83
MOVE G6A, 91, 73, 124, 163, 117
MOVE G6C, 119, 28, 80
MOVE G6B, 144, 33, 81
WAIT
```

```
MOVE G6D, 114, 49, 144, 167, 83
MOVE G6A, 92, 42, 152, 162, 117
MOVE G6C, 119, 28, 80
MOVE G6B, 144, 33, 81
WAIT
```

```
MOVE G6D, 103, 62, 149, 118, 98
MOVE G6A, 98, 64, 149, 115, 98
MOVE G6C, 113, 28, 80
MOVE G6B, 113, 33, 81
WAIT
```

RETURN

```
'*****
led_flash:
GOSUB led_off
DELAY 200
GOSUB led_on
DELAY 200
RETURN
```

```
led_on:
OUT 52,0
RETURN
```

```
led_off:
OUT 52,1
RETURN
```

```
musica:
MUSIC "o2DCB<A"
RETURN
```

```
'*****
scendi_dal_podio:
'braccia indietro
MOVE G6B, 75, 20, 80
MOVE G6C, 75, 20, 80
WAIT
```

```
'supino
MOVE G6A, 100, 151, 23, 95, 101
MOVE G6D, 100, 151, 23, 95, 101
MOVE G6B, 45, 20, 80
MOVE G6C, 45, 20, 80
```

```
'alza il bacino
MOVE G6A, 100, 151, 64, 33, 101
MOVE G6D, 100, 151, 62, 30, 101
MOVE G6B, 26, 20, 80
```

```
MOVE G6C, 26, 20, 80
WAIT

'raccoglie la gamba destra
MOVE G6D, 101, 145, 20, 82, 101
WAIT

'alza gamba dx
MOVE G6D, 101, 138, 20, 143, 101
WAIT

'porta avanti la gamba destra
MOVE G6D, 101, 64, 105, 143, 101
WAIT

'appoggia la gamba dx
MOVE G6D, 101, 95, 155, 48, 101
WAIT

'raccoglie gamba sx
MOVE G6A, 100, 163, 21, 59, 101
WAIT

'alza la gamba sx
MOVE G6A, 100, 163, 20, 125, 101
WAIT

'porta avanti gamba sx
MOVE G6A, 100, 64, 105, 143, 101
WAIT

'appoggia gamba sx
MOVE G6A, 100, 97, 154, 51, 101
WAIT

'sedersi_1
MOVE G6A, 100, 82, 82, 127, 101
MOVE G6D, 101, 82, 79, 127, 101
MOVE G6B, 28, 20, 80
MOVE G6C, 34, 20, 80
WAIT

'sedersi_2
MOVE G6A, 100, 17, 118, 164, 101
MOVE G6D, 101, 20, 115, 161, 101
MOVE G6B, 43, 20, 80
MOVE G6C, 44, 20, 80
WAIT

'avanti corpo
MOVE G6A, 100, 87, 33, 165, 101
MOVE G6D, 101, 86, 33, 163, 101
MOVE G6B, , 25, 80
MOVE G6C, , 21, 80
WAIT

'avanti corpo 2
MOVE G6A, 100, 127, 20, 155, 101
MOVE G6D, 101, 127, 20, 151, 101
MOVE G6B, 46, 21, 80
MOVE G6C, 49, 21, 80
WAIT

'peso avanti
MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101
MOVE G6B, 46, 21, 80
MOVE G6C, 49, 21, 80
WAIT

'braccia larghe 1
MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101
MOVE G6B, 47, 62, 80
MOVE G6C, 58, 71, 80
WAIT
```

```

'braccia larghe 2
MOVE G6A, 100, 149, 20, 155, 101
MOVE G6D, 101, 150, 20, 151, 101
MOVE G6B, 104, 108, 80
MOVE G6C, 105, 111, 80
WAIT
RETURN

'*****
flessioni:
SPEED 5

'in ginocchio
MOVE G6A, 100,145,30,155,101
MOVE G6D, 100,145,30,155,101
WAIT

'caduta in avanti
MOVE G6A, 100,160,40,150,101
MOVE G6B, 170,60,60
MOVE G6C, 170,60,60
MOVE G6D, 100,160,40,150,101
WAIT

'gattoni
MOVE G6A, 95, 132, 98, 163, 130
MOVE G6D, 95, 133, 100, 155, 130
MOVE G6B, 180, 21, 81
MOVE G6C, 180, 20, 81
WAIT

'posizione intermedia prima di fare la verticale
MOVE G6A, 95, 132, 98, 163, 130
MOVE G6D, 95, 138, 25, 111, 130
MOVE G6B, 140, 91, 81
MOVE G6C, 180, 20, 81
WAIT

'verticale
MOVE G6A, 95, 132, 98, 163, 130
MOVE G6D, 108, 81, 100, 22, 130
MOVE G6B, 11, 43, 49
MOVE G6C, 179, 20, 81
WAIT

'flessioni
FOR i = 0 TO 3
  'gamba d'appoggio allungata, corpo in basso
  MOVE G6A, 95, 162, 143, 83, 158
  MOVE G6D, 108, 81, 100, 22, 130
  MOVE G6B, 11, 43, 49
  MOVE G6C, 179, 20, 81
  WAIT

  'corpo in alto
  MOVE G6A, 100, 108, 186, 103, 158
  MOVE G6D, 108, 81, 100, 22, 130
  MOVE G6B, 11, 43, 49
  MOVE G6C, 190, 20, 81
  WAIT
NEXT

'abbassa un po' la gamba e appoggia il braccio
MOVE G6A, 100, 108, 186, 103, 148
MOVE G6D, 108, 81, 100, 47, 130
MOVE G6B, 100, 103, 49
MOVE G6C, 190, 20, 81
WAIT

'appoggia gamba
MOVE G6A, 99, 111, 186, 103, 148
MOVE G6D, 93, 114, 186, 103, 130
MOVE G6B, 190, 50, 81
MOVE G6C, 190, 50, 81
WAIT

```

```
SPEED 10
' si rialza
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

'*****
tristezza:
SPEED 4
'braccia aperte
MOVE G6A, 100,75,144,94,100
MOVE G6B, 182,59,103
MOVE G6C, 182,59,103
MOVE G6D, 100,75,144,94,100
GOSUB led_flash
WAIT
DELAY 1000

'mano sulla fronte
MOVE G6B, 125,33,81
MOVE G6C, 56,173,190
WAIT
MUSIC "014GGAA GGE GGEED"
DELAY 1000

'braccia allargate
MOVE G6B, 190,60,95
MOVE G6C, 190,60,95
WAIT
DELAY 1000

'in ginocchio
MOVE G6A, 100,145,30,155,101
MOVE G6D, 100,145,30,155,101
WAIT

'caduta in avanti
MOVE G6A, 100,160,40,150,101
MOVE G6B, 170,60,60
MOVE G6C, 170,60,60
MOVE G6D, 100,160,40,150,101
WAIT
DELAY 1000

'prostrato
MOVE G6D, 100,160,40,150,120
MOVE G6B, 190,10,20
MOVE G6C, 190,120,10
WAIT
DELAY 100

'pugno in alto x4
```

```
SPEED 15
FOR i = 0 TO 3
  MOVE G6C, 190,160,10
  GOSUB led_flash
  a = 100 + 100 * i
  DELAY a
  MOVE G6C, 190,120,10
  WAIT
  DELAY 100
NEXT

DELAY 1000

SPEED 10

' si rialza
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
```


Bibliografia

- [1] Sito ufficiale dell'Hitec Robotics: <http://www.hitecrobotics.com>.
- [2] "RoboBasic English Command Manual (Version 2.10 20051115)" reperibile al sito Web <http://www.robonova.com>
- [3] Delledonne D. e Roner M.: "Sensori su Smydor", agosto 2008.

Indice

SOMMARIO	1
1. INTRODUZIONE	1
1.1. Caratteristiche tecniche di Smydor	1
2. I PROBLEMI AFFRONTATI	2
2.1. Calibrazione	2
2.2. Verifica funzionamento del sensore Tilt	3
2.3. Esibizione	3
3. LA SOLUZIONE ADOTTATA.....	3
3.1. Calibrazione	3
3.2. Verifica funzionamento del sensore Tilt	4
3.3. Esibizione	4
4. MODALITÀ OPERATIVE	9
4.1. Componenti necessari	9
4.2. Modalità di installazione	9
4.3. Modalità di esecuzione del programma	10
5. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	10
APPENDICE.....	11
BIBLIOGRAFIA.....	19
INDICE	21