

Capitolo 2

Componenti Hardware

In questa tesi si è realizzato un sistema di *visual servoing* che segue l'architettura di figura 1.1. Tale sistema può essere rappresentato in maniera più concisa anche attraverso lo schema di figura 2.1 in cui vengono messi in risalto alcuni dei dispositivi fisici utilizzati.

Di seguito viene menzionata la lista completa di tutti i componenti hardware (anche quelli non rappresentati in figura 2.1):

1. PC Pentium.
2. Porta seriale RS 232 per la comunicazione tra il PC ed il controllore Unival (interna al PC).
3. Controllore Unival del robot Puma 260.
4. Robot Puma 260.
5. Pinza pneumatica.
6. Telecamera CCD.
7. Scheda *Frame Grabber* per l'acquisizione delle immagini da telecamera (interna al PC).

2.1 Sistema di elaborazione

Il PC utilizzato per il controllo dell'intero sistema è dotato di un processore a 600MHz e di 256 MByte di Ram. Grazie all'aggiunta del *frame grabber*,

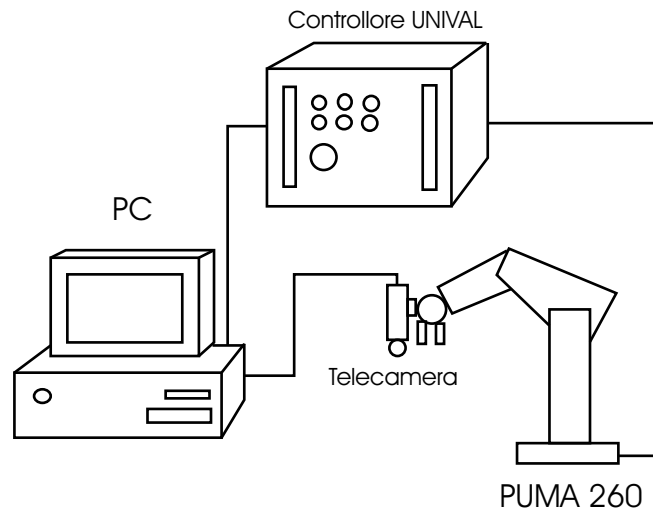


Figura 2.1: Struttura hardware del sistema.

il sistema di elaborazione non si deve preoccupare delle pesanti operazioni di trattamento dell'immagine che sono completamente demandate alla scheda di espansione¹. Rimane quindi a disposizione dell'esecuzione dell'algoritmo di controllo una considerevole potenza di calcolo che ha permesso di creare un codice altamente strutturato e modulare senza quindi, salvo contesti particolari, preoccuparsi delle prestazioni². Il *programma (algoritmo) di controllo* è il cuore dell'intero sistema, coordina e comanda tutti i dispositivi per raggiungere gli obiettivi per cui è stato programmato.

Sfortunatamente la comunicazione tra il PC ed il Robot avviene tramite la porta seriale (COM) e questo rappresenta un collo di bottiglia che degrada le prestazioni dell'intero sistema abbassando la banda di controllo del Robot a poco meno di 4 Hz.

2.2 La scheda Frame Grabber

La scheda frame grabber in dotazione è il modello Meteor II/ multi-channel prodotto dalla Matrox. La sua funzione è catturare immagini sia in bianco e nero che a colori, interlacciate e non interlacciate. È dotata di un porta seriale RS-232 e tramite questa si interfaccia con la videocamera.

¹Vedi paragrafo 2.2.

²I componenti fondamentali di tale software sono descritti nel capitolo 4.

La gestione software delle immagini catturate avviene tramite un pacchetto distribuito assieme alla scheda di nome MIL-LITE (vedere paragrafo 4.2). Esso contiene una serie di routine (scritte in linguaggio C) che nella versione standard (MIL-Lite), peraltro utilizzata in questa tesi, si limita alla gestione della immagine, ma che nella versione completa (MIL) arriva a fornire tutti gli strumenti necessari agli algoritmi di visione artificiale. Per compensare le mancanze della versione LITE, si è scritta una libreria chiamata IMEL (vedere paragrafo 4.3) che implementa alcune funzioni di fondamentale importanza per un sistema di visione artificiale.

2.3 La videocamera

L'acquisizione delle immagini viene realizzata tramite la telecamera collegata alla scheda frame grabber posta all'interno del PC. Prodotta dalla ditta Jai il modello in uso è denominato CV-m10 è dotato di un obiettivo a sensori CCD (*Charge Coupled Device*) e nella versione CIRR³ (*Comité Consultatif International des Radiocommunications*) consente risoluzioni di 674×578 ad una frequenza di pixel di 14.7MHz per un totale di 30 fps.

Per sfruttare efficacemente risoluzioni di tali dimensioni senza incorrere in un degrado della qualità dell'immagine (come ad esempio lo sfuocamento o il rallentamento del flusso di immagini, difetto comune per le telecamere a *scansione intelacciata*⁴) occorre utilizzare telecamere dette a *scansione progressiva*, che consentono di acquisire l'intero *frame* in un unico passo,⁵ la Cv-m10 è appunto una telecamera di questo tipo.

La Libreria MIL-Lite per trattare correttamente le immagini provenienti dalla Cv-m10, ne acquisisce il formato attraverso la lettura di un file di configurazione (con estensione “.*dcf*”), prodotto da un apposito software dedicato di nome “*Intellicam*”.

³Vedi [16] per ulteriori dati tecnici.

⁴Per ulteriori informazioni su tale formato vedere [15].

⁵Questo si riflette nell'utilizzo di alcune funzioni della libreria MIL, che devono essere impostate appositamente per l'elaborazione dei *frame*.

2.4 Il controllore Unival del robot

La figura 2.2 mostra un diagramma a blocchi del controllore Unival.

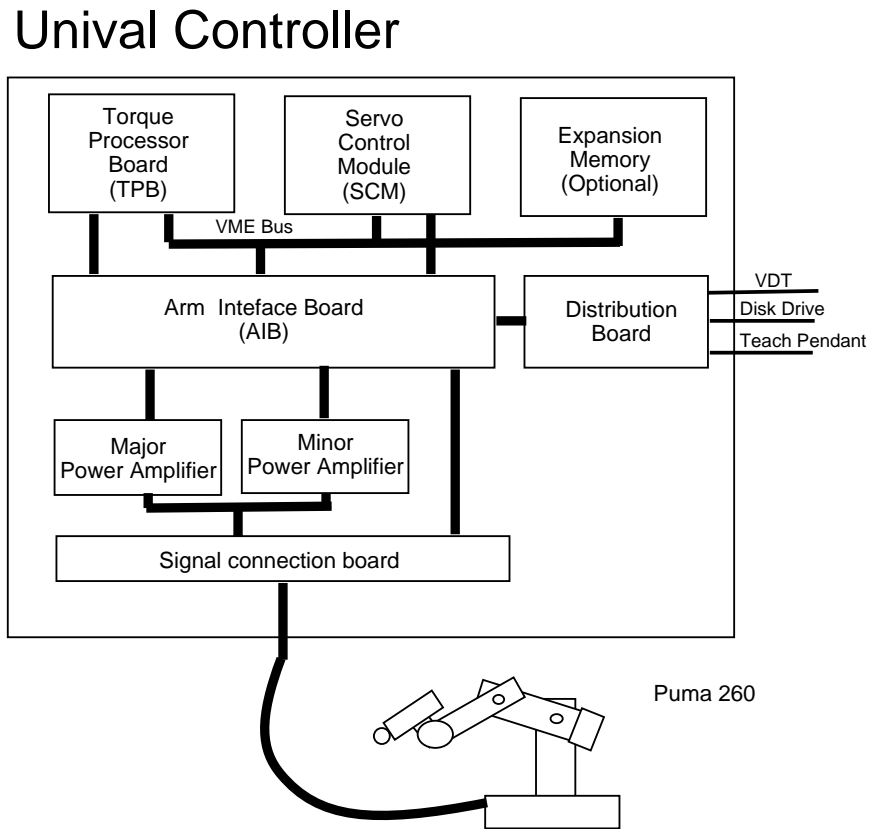


Figura 2.2: Diagramma a blocchi del controllore Unival

Il controllore è suddiviso internamente nei seguenti componenti:

- il modulo SCM (*servo control module*) che ha il compito di generare i comandi, ricevere informazioni ed effettuare calcoli comparati;
- la scheda AIB (*arm interface board*) che invia i comandi ai motori, riceve i dati retroazionati dal manipolatore, comunica con il mondo esterno e gestisce lo scambio di dati tra le varie schede;
- la scheda TPB (*torque processor board*) che assiste il modulo SCM aiutandolo nel controllo delle coppie dei motori del robot.

Attraverso la porta VDT (*System terminal*) è possibile comunicare con l'esterno inviando comandi al controllore e ricevendo eventuali risposte da questo. Fisicamente questa connessione è rappresentata da una porta seriale che è collegata alla corrispondente seriale del PC attraverso un collegamento a 3 fili. La velocità di comunicazione è di 9600 Baud e, come anticipato, limita di molto le potenzialità dell'intero sistema.

Unival solleva il PC dall'incombenza dei calcoli della *cinematica diretta ed inversa*⁶, eseguendo lui stesso questo tipo di elaborazione. Questo permette al PC di doversi preoccupare solo del controllo dei vari dispositivi (a partire dalla telecamera per finire al Puma 260) e della sincronizzazione delle operazioni tra questi. Quindi il *programma di controllo* eseguito dal PC dovrà inviare al controller solamente il set-point delle posizioni che si desidera far raggiungere al robot, il controllo dell'effettivo raggiungimento della posizione e della dinamica del movimento è compito unicamente del controllore.

UNIVAL è un vero e proprio interprete comandi in grado di eseguire programmi scritti in un linguaggio appositamente studiato per le applicazioni robotiche chiamato VAL II⁷ è inoltre in grado di mandare in esecuzione contemporaneamente al programma principale (detto *Robot Control Program*) altri processi (detti *Process Control Program*) fino ad un massimo di quattro. Attraverso il *disk drive* è possibile memorizzare e richiamare i programmi sviluppati, mentre il "teach pendant"⁸ permette di controllare manualmente la posizione del robot.

2.5 Il braccio robotico

Il robot Puma 260 è un manipolatore antropomorfo con polso sferico a 6 gradi di libertà e con un campo d'azione di raggio pari a 47 cm. Gli assi e i massimi angoli di rotazione dei giunti sono riportati in figura 2.3:

I giunti del braccio robotico sono guidati da motori a magneti permanenti. Il sistema effettua il controllo sia sulla posizione che sulla velocità. La posizione è determinata usando *encoder* ottici incrementali, la velocità viene a sua volta determinata derivando i segnali degli encoder. La posizione deve quindi es-

⁶Vedere paragrafo 3.1.6.

⁷Vedere il paragrafo 4.7.

⁸Vedere per i dettagli di funzionamento [5].

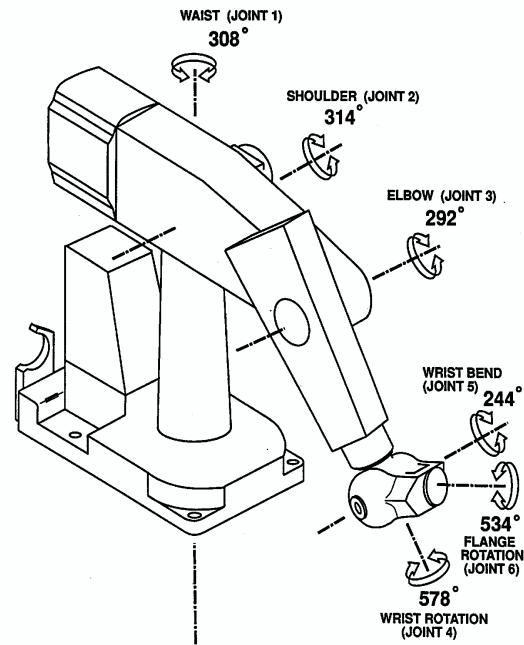


Figura 2.3: Angoli di rotazione dei giunti del Puma 260

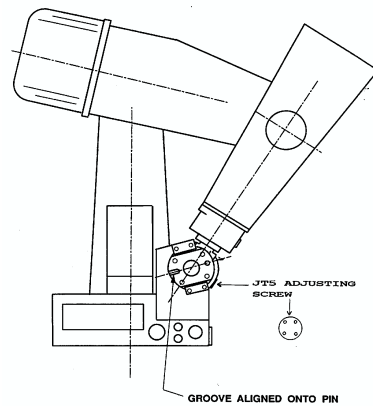


Figura 2.4: Posizione "NEST" del robot Puma 260

sere misurata relativamente a una posizione assoluta iniziale, che viene detta posizione "NEST" ed è quella indicata in figura 2.4.

Il robot Puma 260 può lavorare secondo due sistemi di riferimento; in base al sistema di riferimento che si desidera utilizzare nascono due modi di funzionamento distinti che vengono qui di seguito descritti.

2.5.1 Modo di funzionamento "WORLD"

In questo modo di funzionamento le coordinate vengono riferite al sistema descritto in figura 2.5. Questo è il sistema di riferimento piú adatto nel caso in cui l'organo di presa del robot Puma 260 si debba muovere parallelamente agli assi "WORLD" e debba ruotare attorno ad essi. In questa tesi si fa uso di questo tipo di coordinate nell'applicazione in *catena aperta* (detta anche *pick and place*).

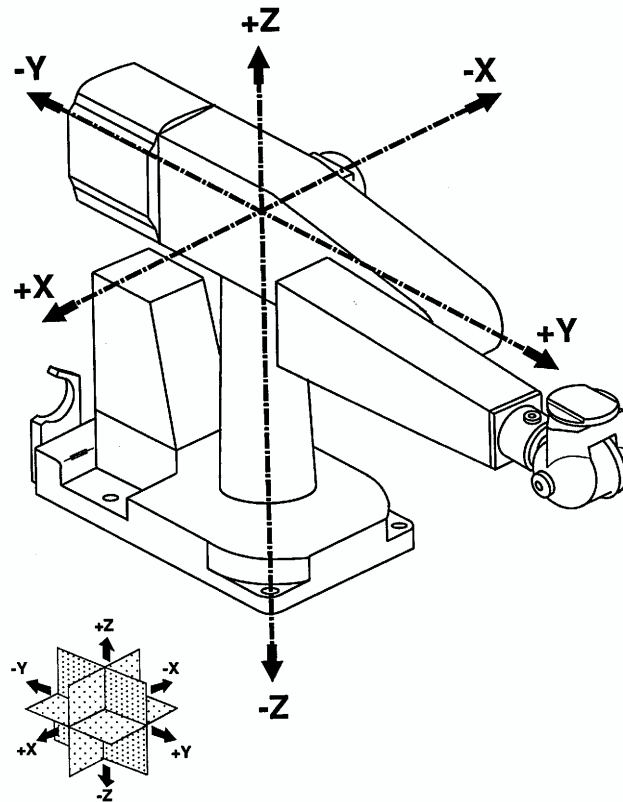


Figura 2.5: Coordinate "WORLD"

2.5.2 Modo di funzionamento "TOOL"

In questo modo di funzionamento le coordinate vengono riferite al sistema descritto in figura 2.6. Questa modalità viene scelta in tutti quei casi in cui l'organo di presa del robot Puma 260 si deve muovere parallelamente agli assi "TOOL" e deve ruotare attorno ad essi. L'applicazione ad *anello chiuso* (*Eye in Hand*) sviluppata in questa tesi lavora su questo tipo di coordinate.

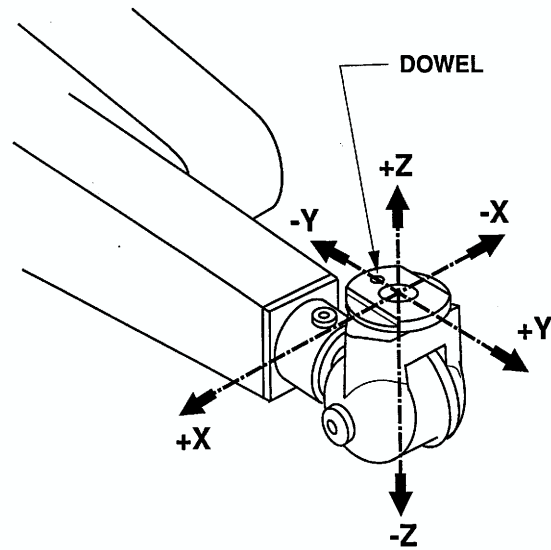
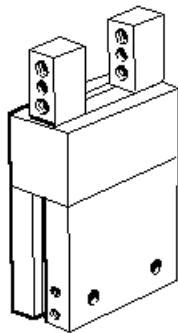


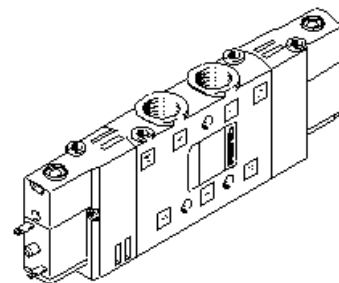
Figura 2.6: Coordinate "TOOL"

2.6 Pinza pneumatica

La pinza pneumatica utilizzata (modello HGP-16-A) viene controllata attraverso due elettrovalvole (modello CPE10-M1H-5J-M5) che permettono l'apertura e la chiusura della stessa. Ogni elettrovalvola è azionata attraverso un segnale DC a 24V.



Pinza HGP-16-A



Elettrovalvole CPE10-M1H-5J-M5