

Dottorato in Meccanica Applicata

XX Ciclo – II anno di corso

# Comportamento dinamico di manipolatori interagenti con l'ambiente

Dottorando:

Nicola Pedrocchi

Tutor:

prof. Giovanni Legnani

**Progetto svolto in collaborazione con ITIA-CNR (sede di Milano)**

# Controllo di Manipolatori (1)

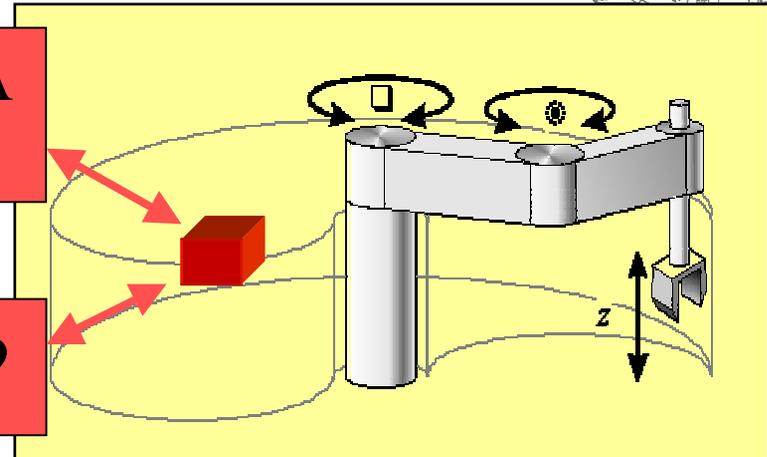


## Moto nello Sp

- Posizione – Velocità –
- Traiettoria
- ...

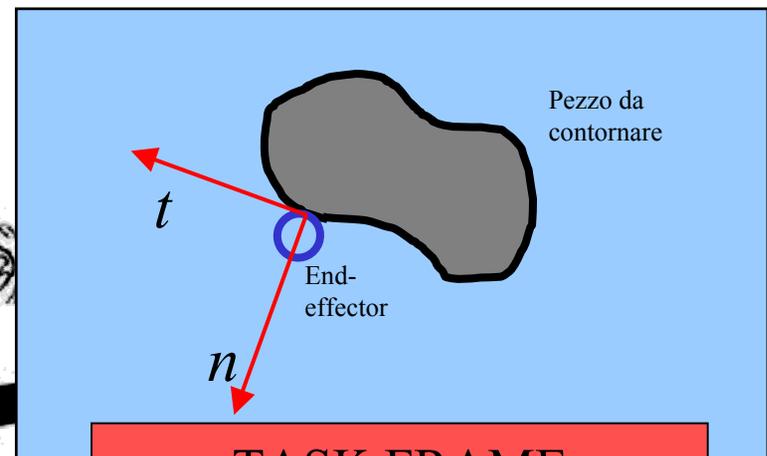
CONOSCENZA  
ASSOLUTA

?????



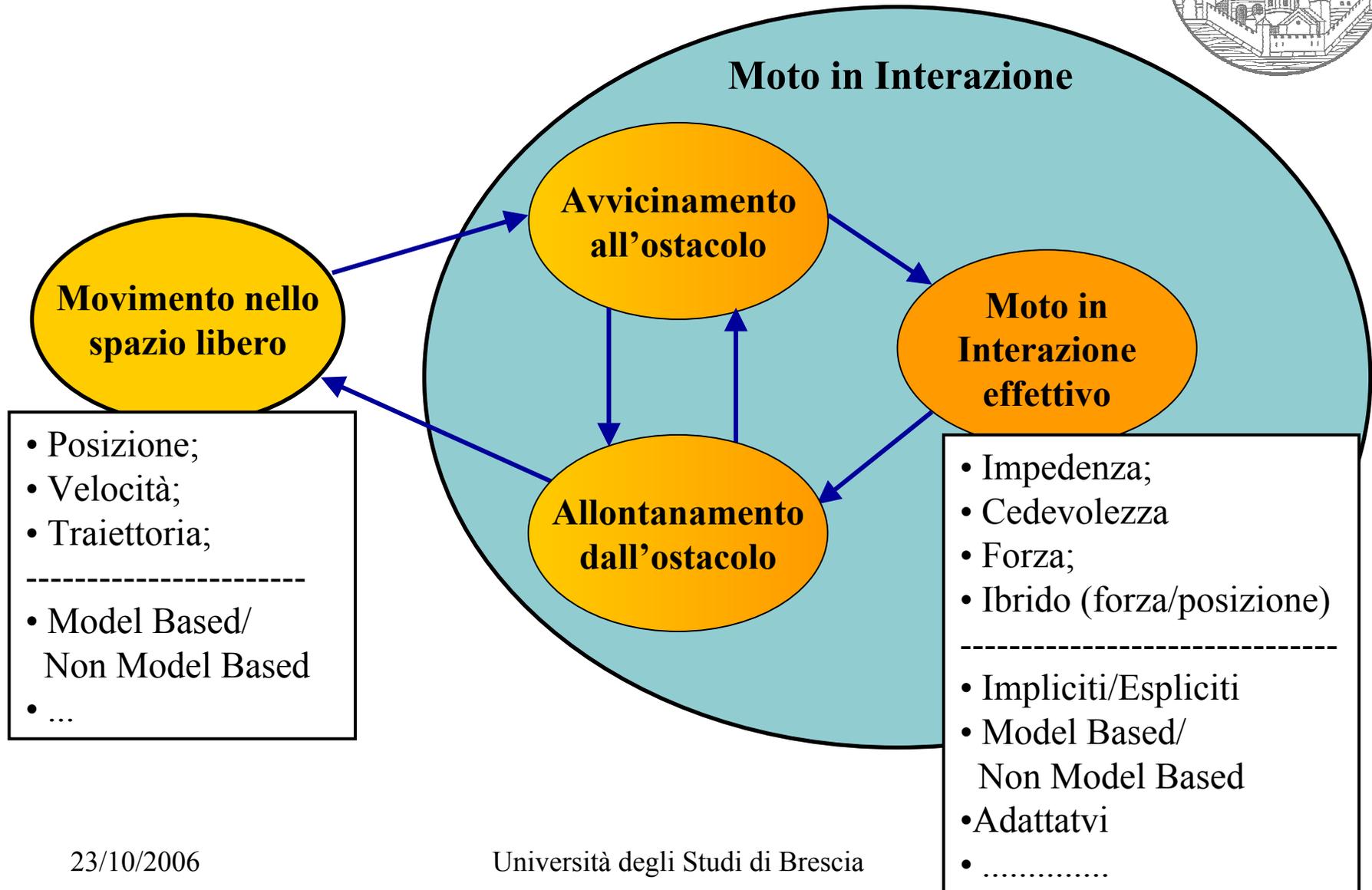
## Moto in Interazione con l'Ambiente

- Direzioni in cui il moto è vincolato;
- Direzioni di moto libero;
- Modellazione dell'interazione Robot-Ambiente.
- Ambiente **DESTRUTTURATO**

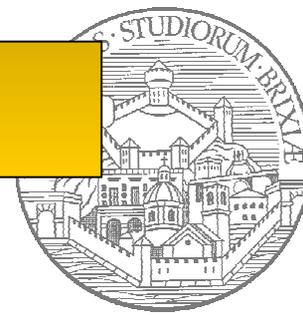


TASK FRAME  
(De Schutter- Mason)

# Controllo di Manipolatori (2)



# Focus del progetto



## Finalità:

- Studio del comportamento dinamico dei Robot*
- Controllo basato sull'acquisizione e la stima delle forze al contatto*
- Realizzazione di un SW di controllo**

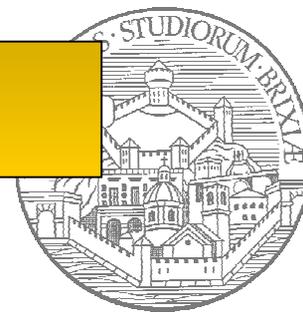
## Task:

- Assemblaggio**
- Contornatura**
- Lavorazioni superficiali**
- Calibrazione**
- Robot guidance**
- ...



# Risultati I Anno

- Studio della teoria del controllo
- Identificazione nella teoria di De Schutter-Mason uno strumento efficace e semplice per la formalizzazione dei task eseguibili da un Robot
- Studio delle applicazioni da eseguire



# Software di Controllo

## ESIGENZE DI REAL-TIME

Rispetto delle tempistiche – Temporizzazione – Sincronizzazione delle diverse operazioni

## ESIGENZE INFORMATICHE

Astrazione del S.O. – Astrazione dell'HW utilizzato – Comunicazione

## TEORIA DEL CONTROLLO

De Schutter - Sistemi Adattativi - Sistemi Model-based - Reti Neurali - ...

## ESIGENZE SPERIMENTALI

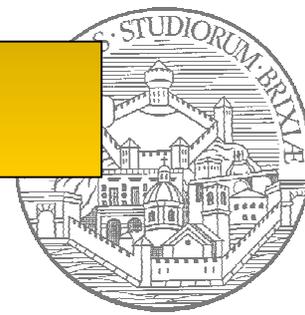
Test su differenti Robot - Comparazione di algoritmi già sviluppati – Validazione di nuovi algoritmi – Implementazione di algoritmi avanzati - .....

## PROGETTI INTERNAZIONALI

OMAC - OSACA - OSEC - OROCOS

CRITICITA' APPLICATIVE

# Architettura Software Realizzato



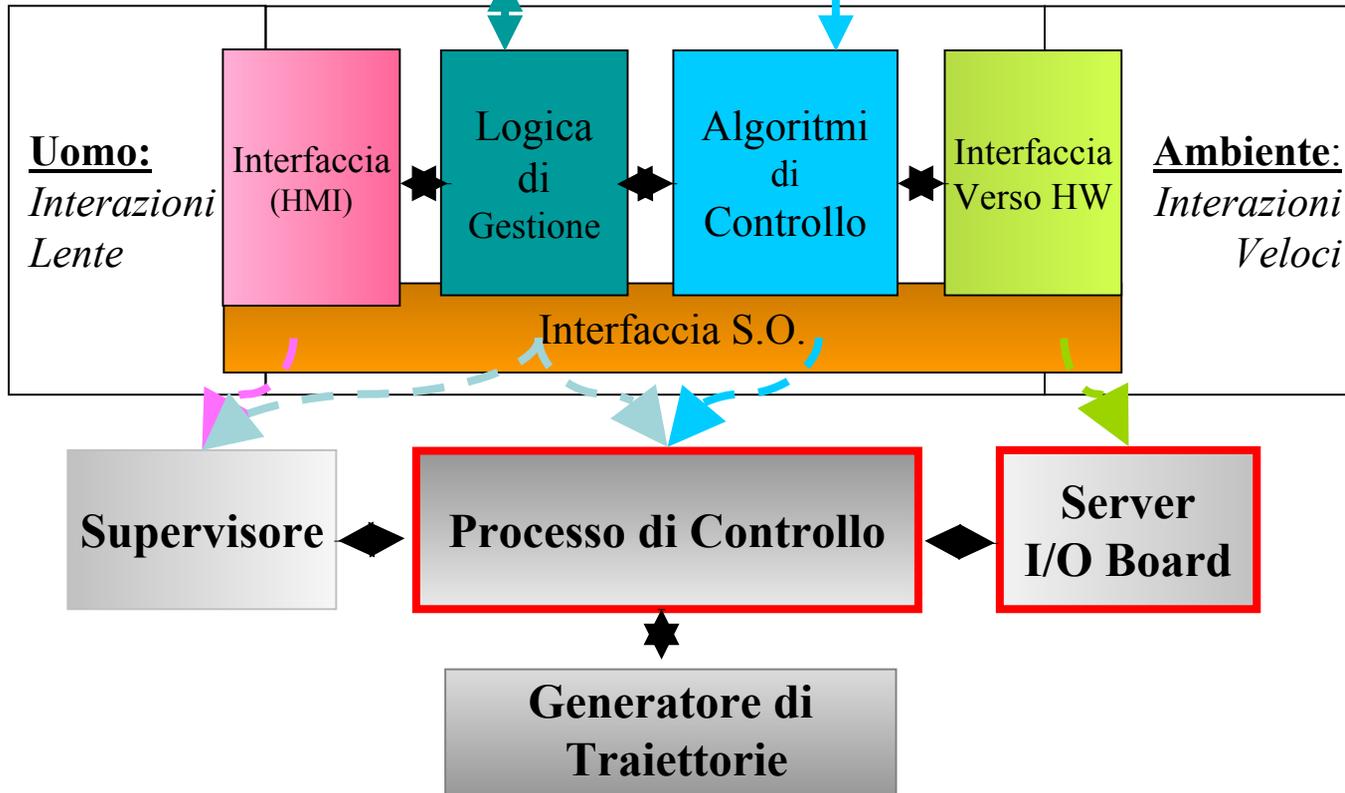
**Logica** =

Extended Finite  
State Machine

**Algoritmo** = Finite State Machine

**Gestione singolo TASK**

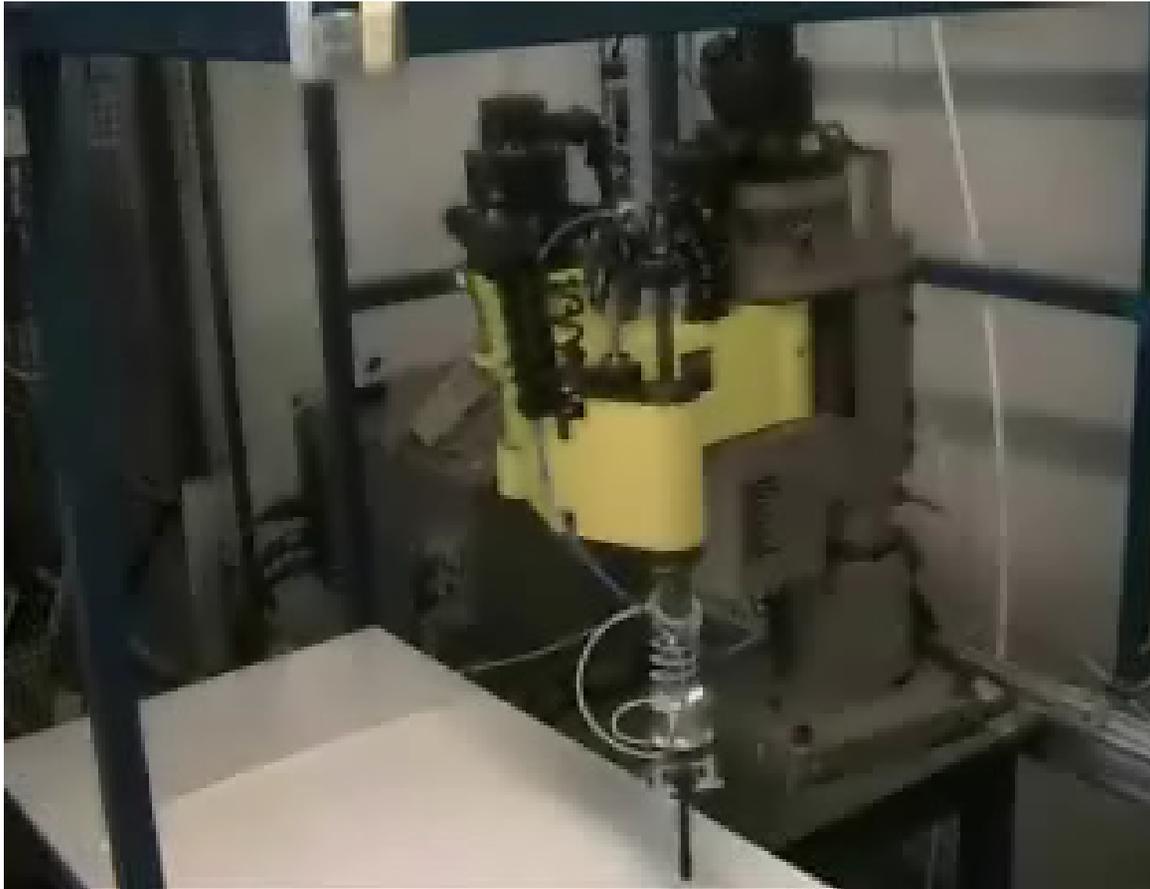
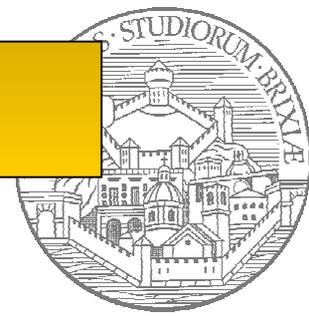
**Gestione transizione tasks**



## CARATTERISTICHE

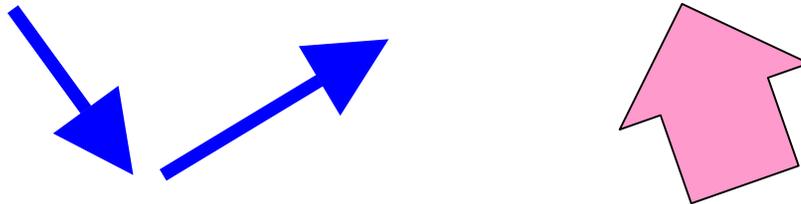
- PC - BASED
- Scritto in C++
- Identificazione funzionale dei moduli SW
- Riconfigurabilità
- Sviluppato in QNX 4.25 e LINUX RTAI
- Astrazione dell'HW
- Parametrizzazione on-line del controllo
- 150 file, 42 cartelle, (ogni file è 100÷1000 righe di codice)
- .....

# Filmato SCARA

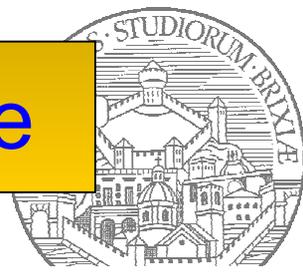


Fasi del Controllo:

- ✓ Start;
- ✓ Azzeramento;
- ✓ Posizione ai giunti;
- ✓ Coordinate cartesiane;
- ✓ Interazione (Guidance).

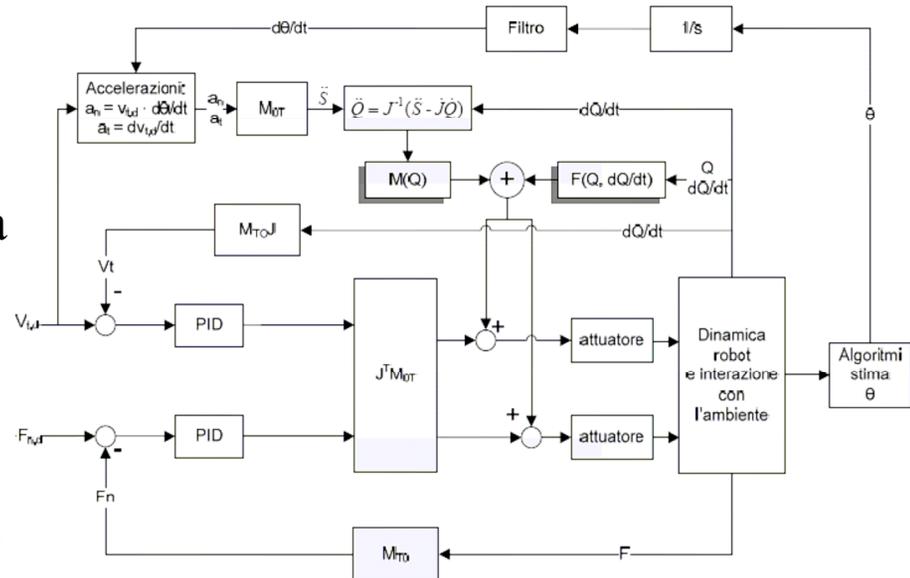


# Studio Sperimentale dell'interazione



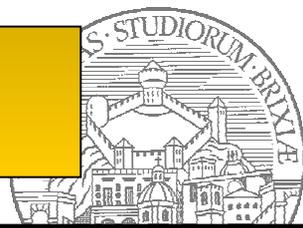
## Algoritmi di controllo avanzati:

- Gain Scheduling
- Modelli a coppia precalcolata/Dinamica inversa
- Sistemi adattativi per la compensazione dell'attrito
- Influenza dei ritardi sull'identificazione della direzione della superficie



- 1) Definire le modalità per integrarli nel SW
- 2) Acquisire competenza nella valutazione delle prestazioni di un manipolatore interagente con l'ambiente

# Crank Turning



## SISTEMA BASE DA CUI SI E' PARTITI

- Compensazione attriti ai giunti
- Gain Scheduling

$$V_{\max} = 16 \text{ cm/s}$$

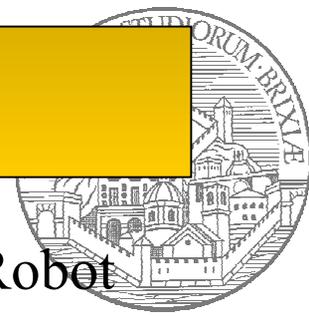
$$F_{\max} = 58 \text{ N}$$



## OTTIMIZZAZIONE

- Affinamento stima dell'angolo di contatto  $\rightarrow \underline{V_{\max} = 28 \text{ cm/s} + 75 \%}$
- Compensazione dinamica  $\rightarrow \underline{V_{\max} = 50 \text{ cm/s} + 310 \%}$
- Affinamento della compensazione dinamica  $\rightarrow \underline{V_{\max} = 67 \text{ cm/s} + 415 \%}$
- Alla velocità  $V = 16 \text{ cm/s}$  la forza di contatto  $F_{\max} = 8 \text{ N}$  con un  $- 86\%$

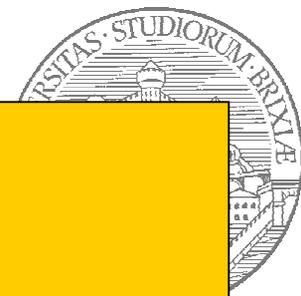
# Conclusioni



- ✓ Progettato e sviluppato e testato un SW di controllo per Robot interagenti con l'ambiente
- ✓ Approfondita la teoria del controllo attraverso sperimentazione e simulazione di differenti task
- ✓ Identificato alcune caratteristiche fondamentali per i manipolatori che interagiscono con l'ambiente

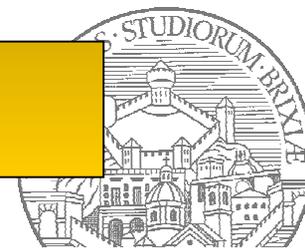
## Obiettivi III anno

- 1) Consolidamento del SW e porting sotto LINUX RTAI
- 2) Controllo di altri Robot (*Cheope, PA10, Icomatic03...*)
- 3) Sperimentazione e validazione di alcuni algoritmi di controllo per robot interagenti con l'ambiente

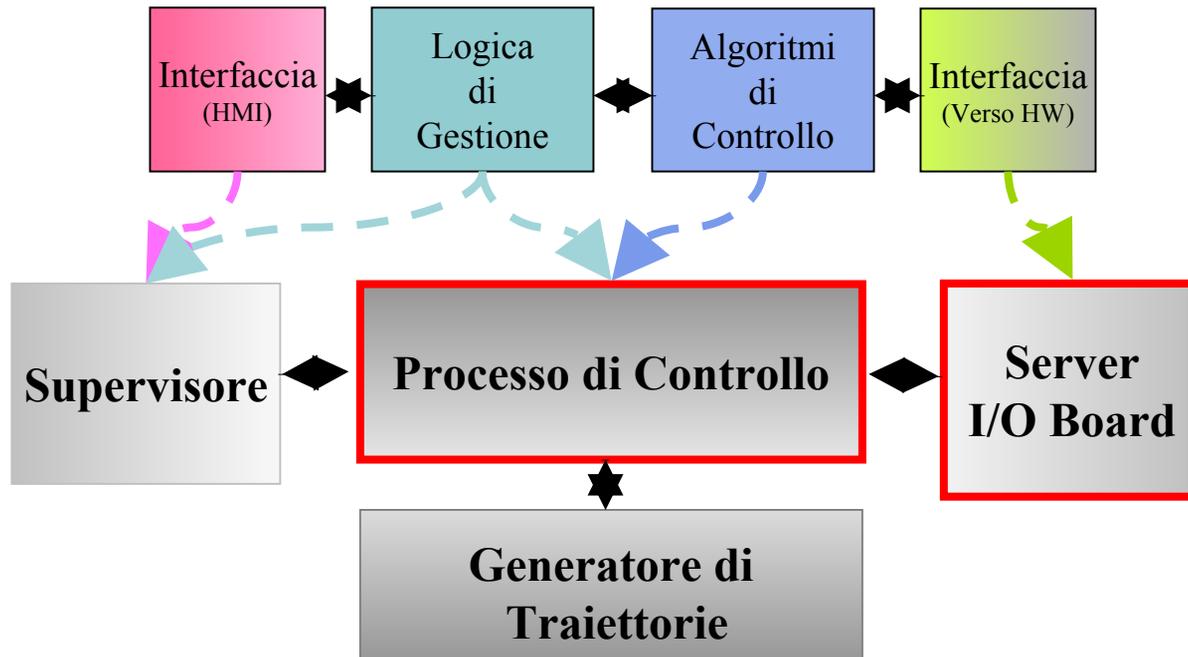


Dottorato in Meccanica Applicata  
XX Ciclo – II anno di corso

**Grazie per l'attenzione**



# Implementazione Software



## CARATTERISTICHE

- Scritto in C++
- Sviluppato in QNX 4.25
- 4 processi cooperanti
- Tempo ciclo del processo di  $\ll 1$  ms
- Sincronizzazione processi data da un'interrupt delle schede di acquisizione
- Aggiornamento in runtime dei parametri di controllo (PID, etc. )
- 150 file, 42 cartelle, (ogni file è  $100 \div 1000$  righe di codice)
- ...

- ✓ **Supervisore:**.....Interfaccia Utente e “Intelligenza”
- ✓ **Processo di Controllo:**.....Gestione ed Esecuzione Algoritmi
- ✓ **Generatore Traiettorie:**....Esecuzione Calcoli di Interpolazione
- ✓ **Server I/O Board:**.....Gestione Schede di Acquisizione