

Robotica – Robot Industriali e di Servizio

Lezione 4: Il movimento

24 February 2014

Riassunto delle puntate precedenti:

- ⇒ Posa di un corpo nello spazio → 6 coordinate
- ⇒ 6 coordinate → 6 G.D.L. opportuni e ben disposti
- ⇒ Ad ogni insieme di posizioni dei giunti corrisponde sempre una e una sola posa dell'end effector (DKT)
- ⇒ Ad ogni posa dell'end effector corrisponde un numero imprecisato ($0 \leq n \leq \infty$) di insiemi di posizioni dei giunti (IKT)

- ⇒ La discussione sui sistemi usati per descrivere l'orientamento di una posa si trova a http://www.ing.unibs.it/~arl/docs/projects/Var_26.pdf
- ⇒ Carino anche questo: [http://www.ing.unibs.it/~cassinis/Dida/evergreen/robotica/Angles%20d'Euler%20\(animation%20Flash\).webloc.zip](http://www.ing.unibs.it/~cassinis/Dida/evergreen/robotica/Angles%20d'Euler%20(animation%20Flash).webloc.zip)

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 2

Esigenze di controllo: tre casi diversi

⇒ È chiaro che il mestiere di un manipolatore consiste nel portare il TCP in varie posizioni successive, ma:

- È importante solo la posizione finale
 - Quasi mai, ma talvolta la struttura ci può aiutare (pick and place, assemblaggio)
- È importante la posizione finale (molto) e la traiettoria (abbastanza), e la struttura non ci aiuta
 - Saldatura a punti
- È importante la traiettoria (molto), e di conseguenza la posizione finale
 - Deposizione di collante, taglio, sbavatura, ...

Esigenze di controllo: tre casi diversi

⇒ È chiaro che il mestiere di un manipolatore consiste nel portare il TCP in varie posizioni successive, ma:

- È importante solo la posizione finale
 - Quasi mai, ma talvolta la struttura ci può aiutare (pick and place, assemblaggio)
- È importante la posizione finale (molto) e la traiettoria (abbastanza), e la struttura non ci aiuta
 - Saldatura a punti
- È importante la traiettoria (molto), e di conseguenza la posizione finale
 - Deposizione di collante, taglio, sbavatura, ...

Controllo punto a punto (PTP):

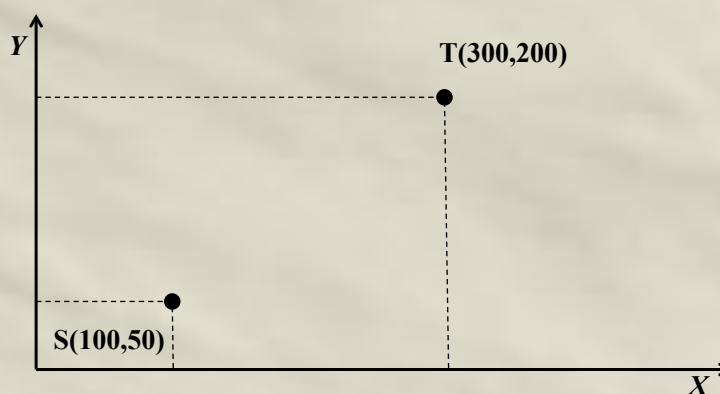
- ⇒ Problema: portare il braccio in una determinata posizione.
- ⇒ Algoritmo:
 - Calcolare le coordinate finali di ogni giunto;
 - Portare ogni giunto nella posizione finale.



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 5

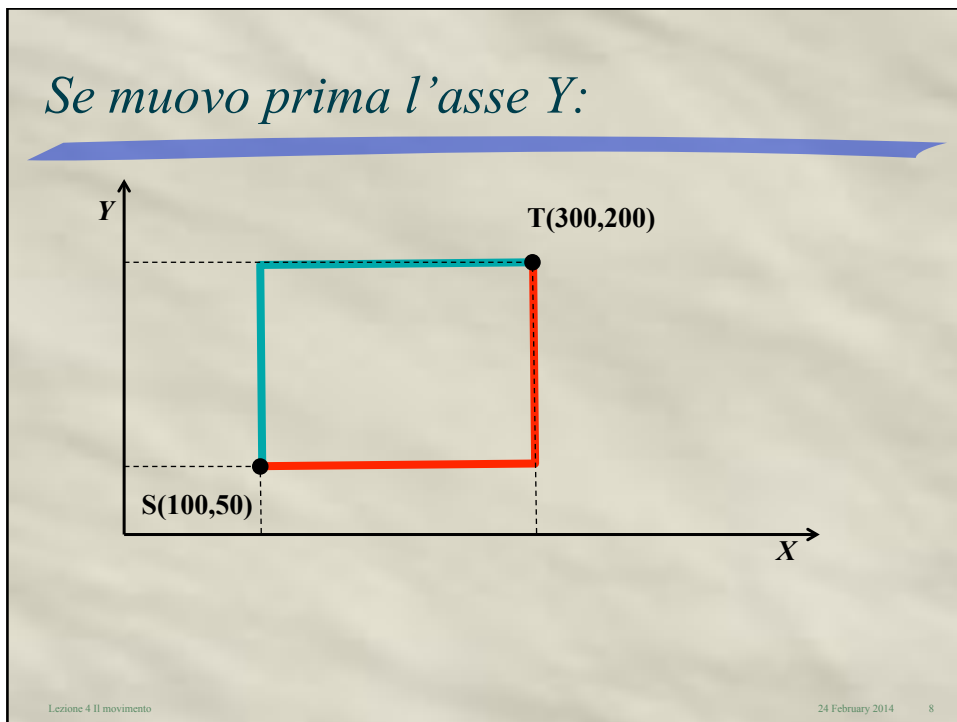
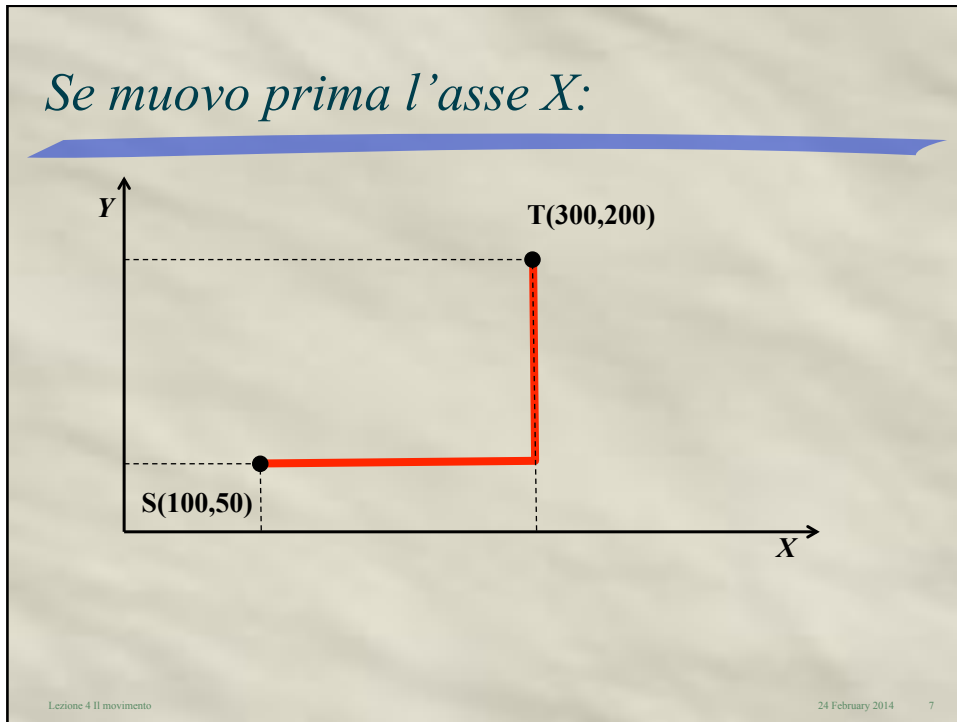
Consideriamo un (robot) cartesiano a 2 GdL visto dall'alto:



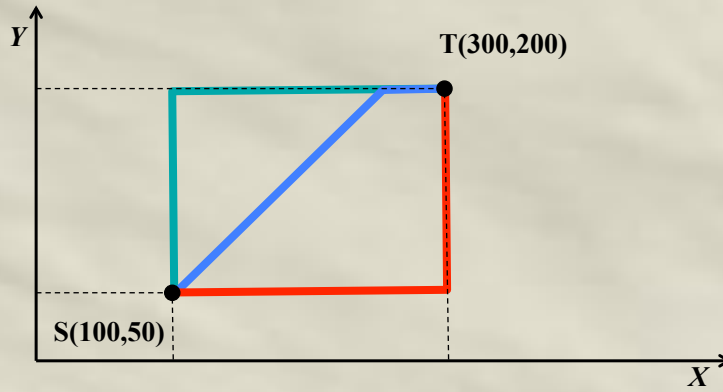
Il movimento dei giunti coincide con la direzione degli assi

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 6



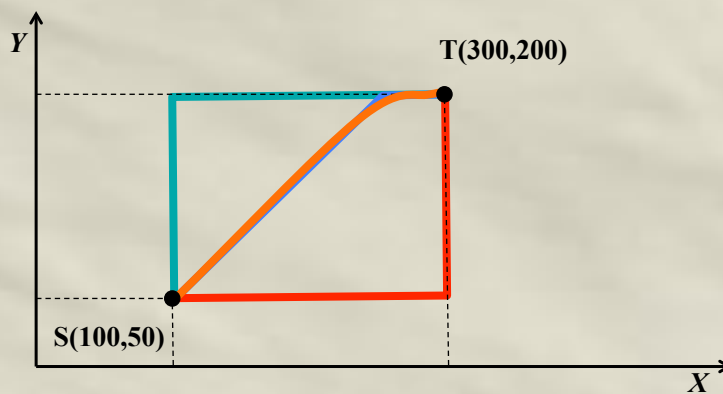
Se li muovo insieme:



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 9

Anzi:



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 10

Il controllo del manipolatore

⇒ Per migliorare la traiettoria, si può usare l'algoritmo del giunto dominante.

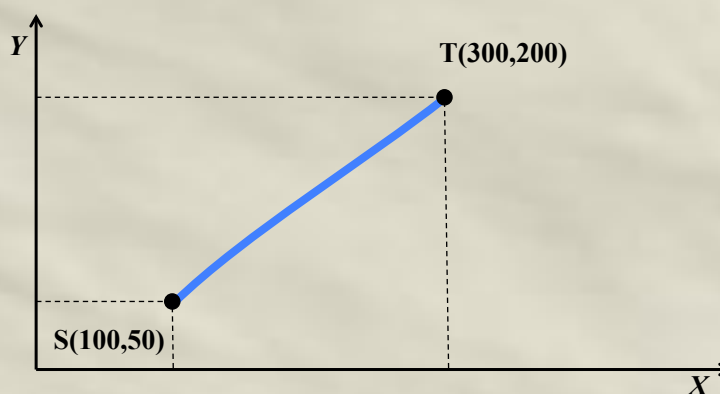
⇒ Algoritmo:

- Calcolare le coordinate finali di ogni giunto;
- Trovare il giunto che impiegherà il maggior tempo (giunto dominante);
- Portare ogni giunto nella posizione finale, regolando le velocità in modo che tutti i giunti impieghino lo stesso tempo.

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 11

Nel caso di prima:



⇒ $\Delta X=200$; $\Delta Y=150$; Giunto dominante: X

⇒ $V_x = V_{max}$

⇒ $V_y = V_{max} * (\Delta Y / \Delta X)$

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 12

In generale

⇒ Traiettorie “dolci”, non “stravaganti”



Lezione 4 Il movimento

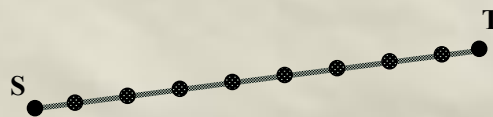
24 February 2014 13

Controllo “Continuous Path”

⇒ Per seguire traiettorie imposte, si può usare l’algoritmo di Inseguimento Cinematico della Posizione (ICdP).

⇒ Algoritmo:

- Calcolare l’equazione della traiettoria;
- Spezzare la traiettoria in tanti piccoli segmenti;
- Raggiungere successivamente l’estremità di ogni segmento con l’algoritmo del giunto dominante.



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 14

Esigenze dell'ICdP

- ⇒ Per ottenere un buon controllo di traiettoria, i punti devono essere quanto più possibile vicini fra loro.
- ⇒ La traiettoria non può essere calcolata a priori, perché non si conosce il punto di partenza del robot (e spesso neanche quello di arrivo).
- ⇒ Per ogni punto, occorre effettuare una IKT.
- ⇒ Occorre poter calcolare la IKT in pochi millisecondi (10–20 al massimo, ma anche molto meno per macchine veloci).

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 15

Soluzioni multiple:

- ⇒ Non è affatto detto che un braccio possa raggiungere una determinata posizione in un solo modo
- ⇒ Molte strutture hanno normalmente due o quattro soluzioni per ogni punto
- ⇒ Alcuni punti ammettono infinite soluzioni (punti singolari)
- ⇒ Occorrerà fornire dei criteri per privilegiare una soluzione rispetto alle altre.

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 16

Considerazione banale

⇒ Per fare muovere i giunti occorrono:

- Motori
- Organi di trasmissione

Prima di andare avanti:

⇒ I motori appartengono alla classe degli **attuatori**:

Dispositivi che, rispondendo a stimoli (elettrici) applicati al loro ingresso, producono modificazioni fisiche di se stessi e/o dello spazio circostante dipendenti dagli stimoli secondo una legge nota.

⇒ Un bellissimo tutorial:

- <http://www.ing.unibs.it/~cassinis/Dida/evergreen/robotica/Actuators.pdf>

Requisiti dei motori:

- ⇒ Tipo di movimento
 - Lineare
 - Rotatorio
- ⇒ Controllabilità
 - In velocità
 - In posizione
- ⇒ Energia:
 - Elettrica
 - Idraulica
 - Pneumatica
- ⇒ Caratteristiche elettromeccaniche
 - Potenza
 - Peso
 - Dimensioni
 - Inerzia
 - Velocità
 - ...

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 19

Movimento lineare:

- ⇒ Pistoni idraulici
- ⇒ Pistoni pneumatici
- ⇒ Solenoidi
- ⇒ Motori elettrici lineari (rarissimi)
- ⇒ Leghe a memoria di forma (SMA)
- ⇒ Bio-motori (muscoli artificiali)
- ⇒ Altri (motori a guida sinusoidale IBM, etc.)



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 20

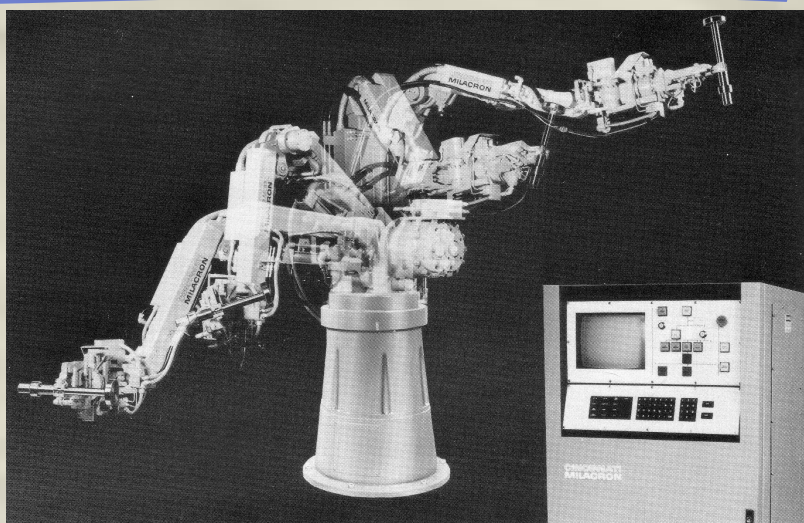
Pistoni idraulici:

- ⇒ Alta potenza specifica
- ⇒ Impiego in ambienti pericolosi (esplosivi)
- ⇒ Alto costo
- ⇒ Olio in pressione (tubi)
- ⇒ Valvole proporzionali
- ⇒ Inadatti in alcuni ambienti

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 21

Importanza della potenza specifica:



Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 22

Pistoni pneumatici e solenoidi:

- ⇒ Semplicità
- ⇒ Basso costo
- ⇒ Discreta potenza specifica
- ⇒ Non controllabili (on-off)

Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 23

Movimento rotatorio:

- ⇒ Motori idraulici (a pistoni e a palette)
- ⇒ Motori elettrici
 - A corrente continua
 - Brushless
 - Stepper

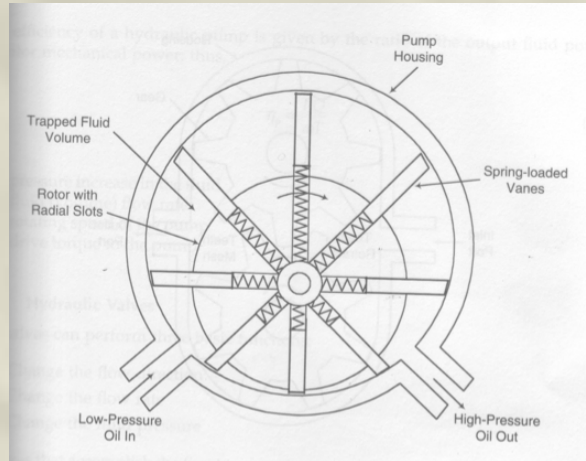


Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 24

Motori idraulici rotativi:

⇒ Pompa (motore) idraulico a palette:



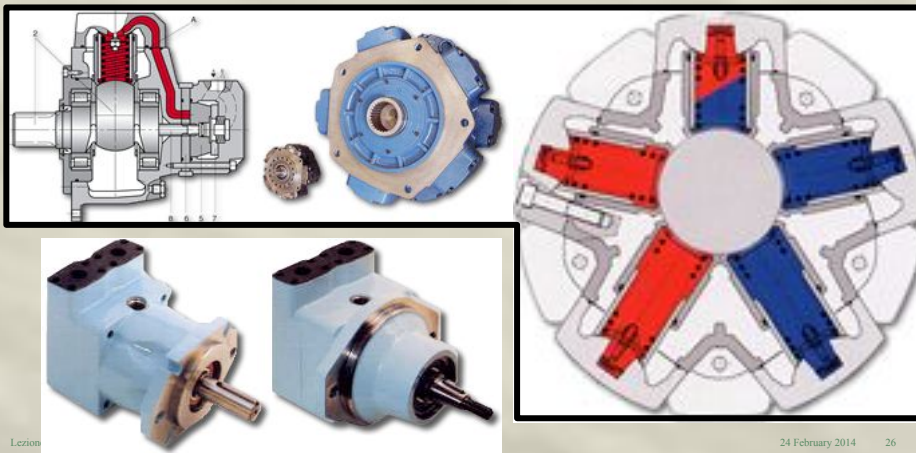
Lezione 4 Il movimento

24 February 2014 25

Motori idraulici rotativi:

⇒ Vantaggi e svantaggi come i cilindri idraulici

⇒ Usati solo su macchine molto grosse



Lezione

24 February 2014 26