

**P. Pasutto**

# Tecniche di controllo di forza di tipo “non time based”

# Controlli di forza/posizione

## Obiettivi:

Muovere l'end effector lungo una determinata traiettoria evitando che le forze di interazione con l'ambiente superino dei valori limite

## Applicazioni:

- Assemblaggio componenti
- Lavorazioni meccaniche
- [...]
- Robot per riabilitazione



# Robot per riabilitazione

## CARATTERISTICHE

- Combinano l'esperienza dei terapeuti con esercizi riabilitativi a basso costo effettuati dai robot

- Possono essere usati per differenti categorie di riabilitazione:

neurologica / ortopedica

- Possono essere usati per pazienti in diverse fasi:

acute / subacute / spastiche

# Robot per riabilitazione

## VANTAGGI

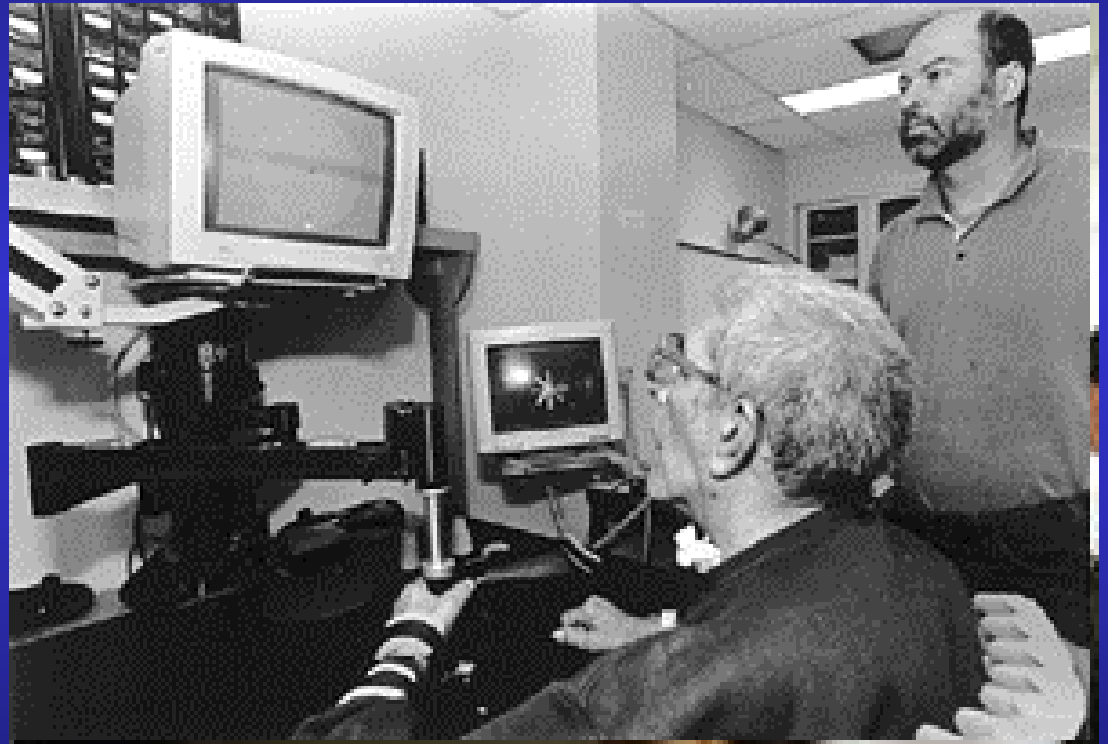
- Terapie con costi minori
- Possono portare ad un incremento del numero di pazienti trattati
- Possibilità di terapie domiciliari
- Le terapie possono durare più a lungo (1-2 ore al giorno)
- E' possibile monitorare i miglioramenti ottenuti mediante quantità misurabili
- Si ottengono gli stessi risultati della terapia standard

# Robot per riabilitazione

## ESEMPI

Mit Manus (MIT)

Terapia post ictus



# Robot per riabilitazione

## ESEMPI

Nerebot (PD)

Riabilitazione  
neurologica e  
ortopedica



# Robot per riabilitazione

## PROGETTO

- Configurazione meccanica
  - Robot industriali riconvertiti
  - Robots creati Ad Hoc
- Strategia di Controllo
  - Position/Force Control
- Sicurezza
  - Risultato di una adeguata configurazione meccanica e controllo
- Semplicità d'uso
  - Usata da personale non tecnicamente preparato

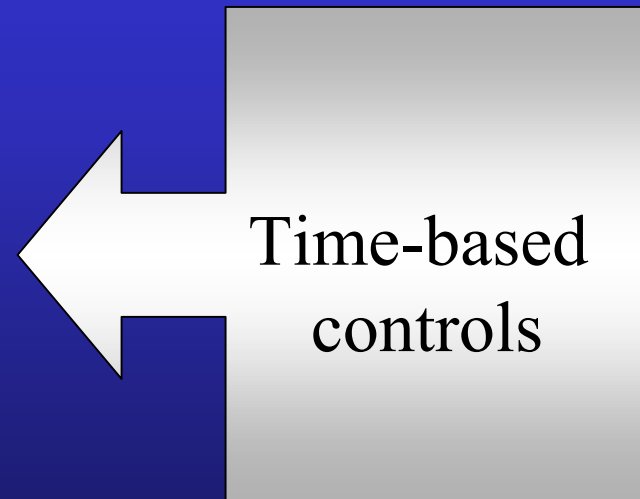
# Robot per riabilitazione

## Strategia di Controllo

### Obiettivi:

Produrre i movimenti desiderati evitando l'insorgere di forze di contatto elevate

- Stiffness control
- Impedance control
- Force control
- Hybrid position/force control
- Parallel force/ position control.





# Controlli di forza

Time based controllers:

$$x_d = x_d(t)$$

Tempo è una variabile fondamentale

Connessione rigida tra tempo e posizione di riferimento

NON Time based controllers:

$$x_d = x_d(l)$$

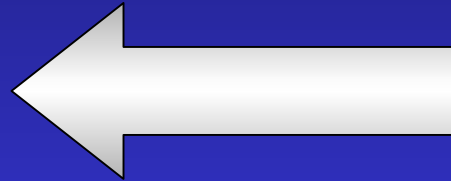
Tempo NON è una variabile fondamentale

La funzione di riferimento è funzione di una variabile  $l$ : si perde connessione rigida con il tempo

# Controlli di forza

E' necessario  
definire la variabile  $l$

NON Time based controllers:



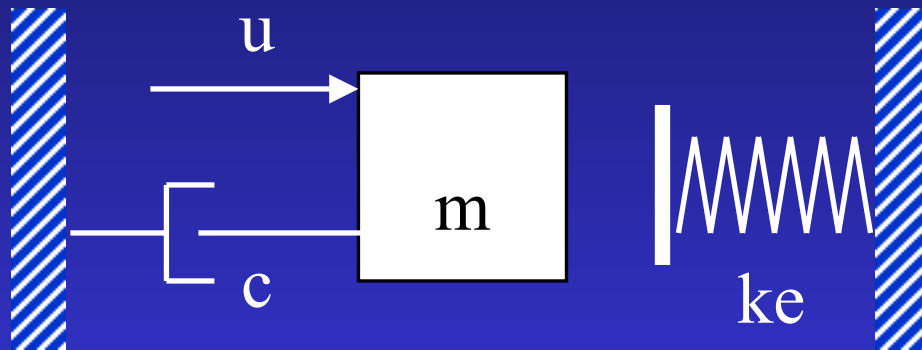
$$x_d = x_d(l)$$

**DRC**  
**(Delayed**  
**Reference**  
**Control)**

Tempo NON è una variabile  
fondamentale

La funzione di riferimento è  
funzione di una variabile  $l$ : si  
perde connessione rigida con  
il tempo

# Esempio ad 1 gdl: PD classico

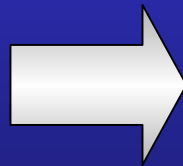


$$m \ddot{x} + c \dot{x} = u + F_c$$

PD classico :

$$u = k_p (x_d - x) + k_d (\dot{x}_d - \dot{x})$$

ostacolo



u aumenta affinché  
x insegua  $x_d$

# Teoria del DRC

$$x_d = x_d(l) = x_d(t - T)$$

T= Time delay = f(contact force history)

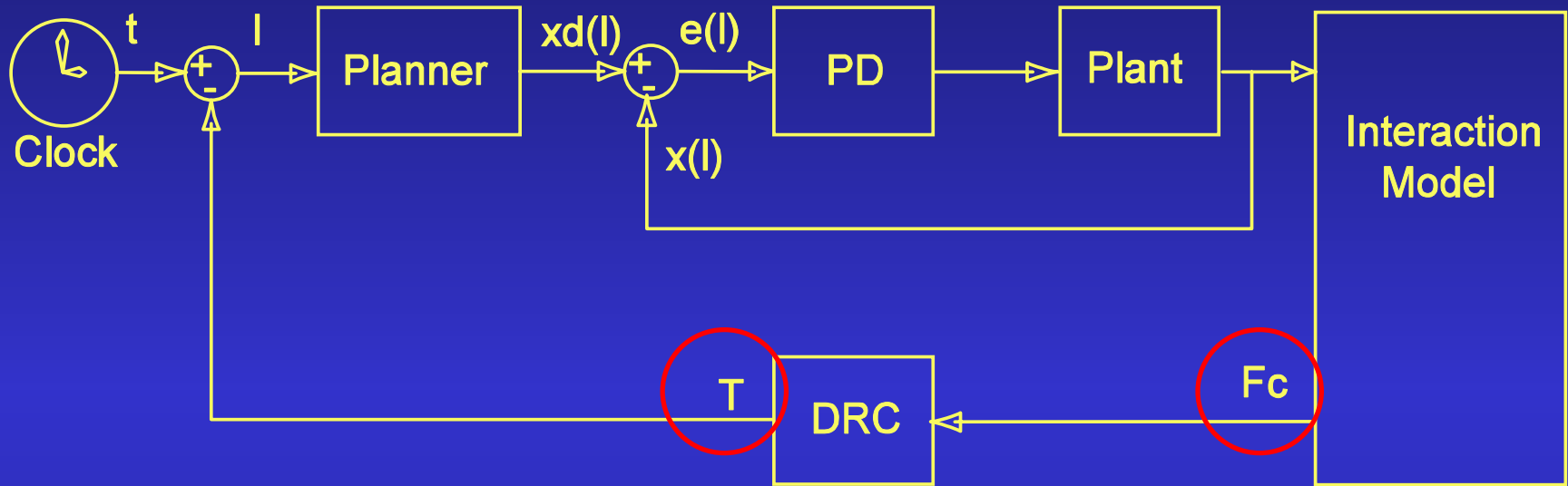
$$T = \int_0^t \alpha F_c(t) dt$$

## Concetti fondamentali del DRC

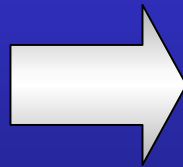
- Si introduce un ritardo temporale
- u ottenuta come in un PD classico

$$u = k_p e + k_d \dot{e}$$

# Teoria del DRC



ostacolo



$T$  ritarda il segnale di riferimento  $xd$

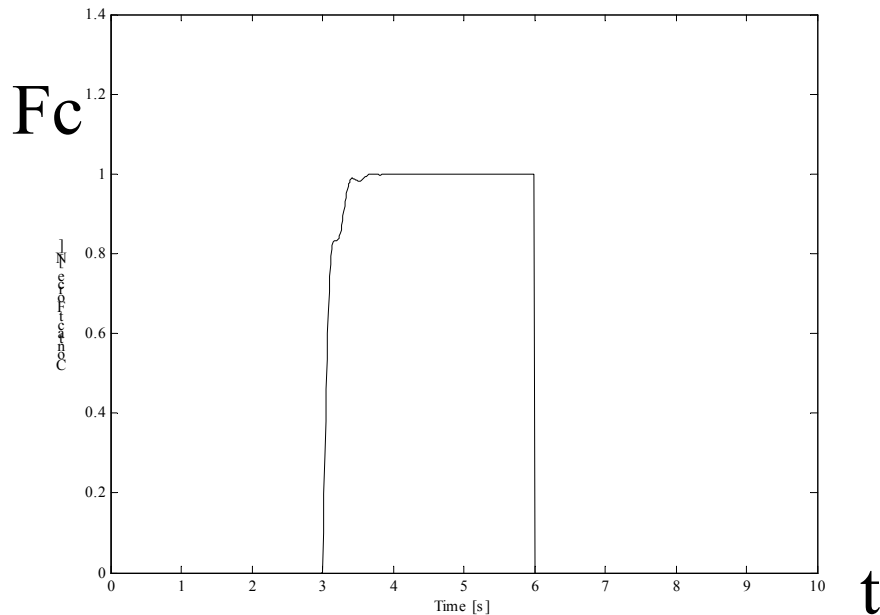
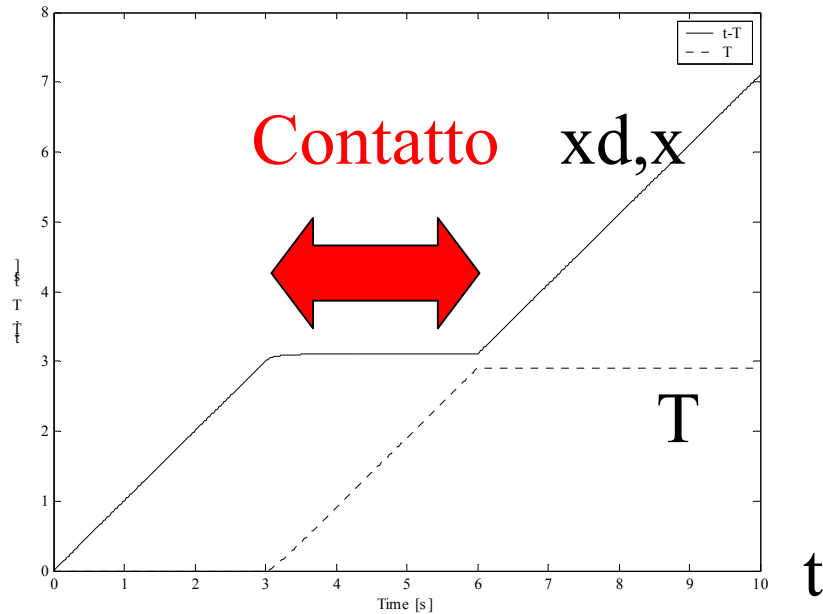
# Effetto del DRC

## Durante il contatto

- $T$  cresce
- $L = t - T = \text{costante}$
- $x_d, x$  costanti
- $u, F_c$  costanti

## Dopo contatto ( $F_c=0$ )

- Il moto riprende
- $T$  rimane costante al valore già raggiunto



# Sviluppi futuri

- Comportamento

- Forza all'equilibrio
- Analisi di stabilità

- Test sperimentali

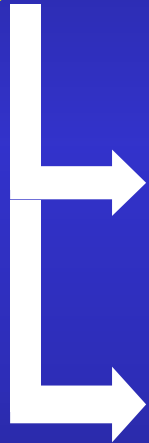
- Prototipo per la riabilitazione del braccio

- Sistemi 2Dof / MDof

# Robot per riabilitazione

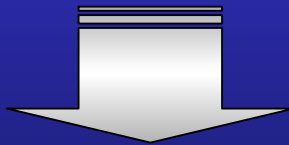
## CONFIGURAZIONE MECCANICA

Un collegamento rigido del paziente al robot



Può essere pericoloso

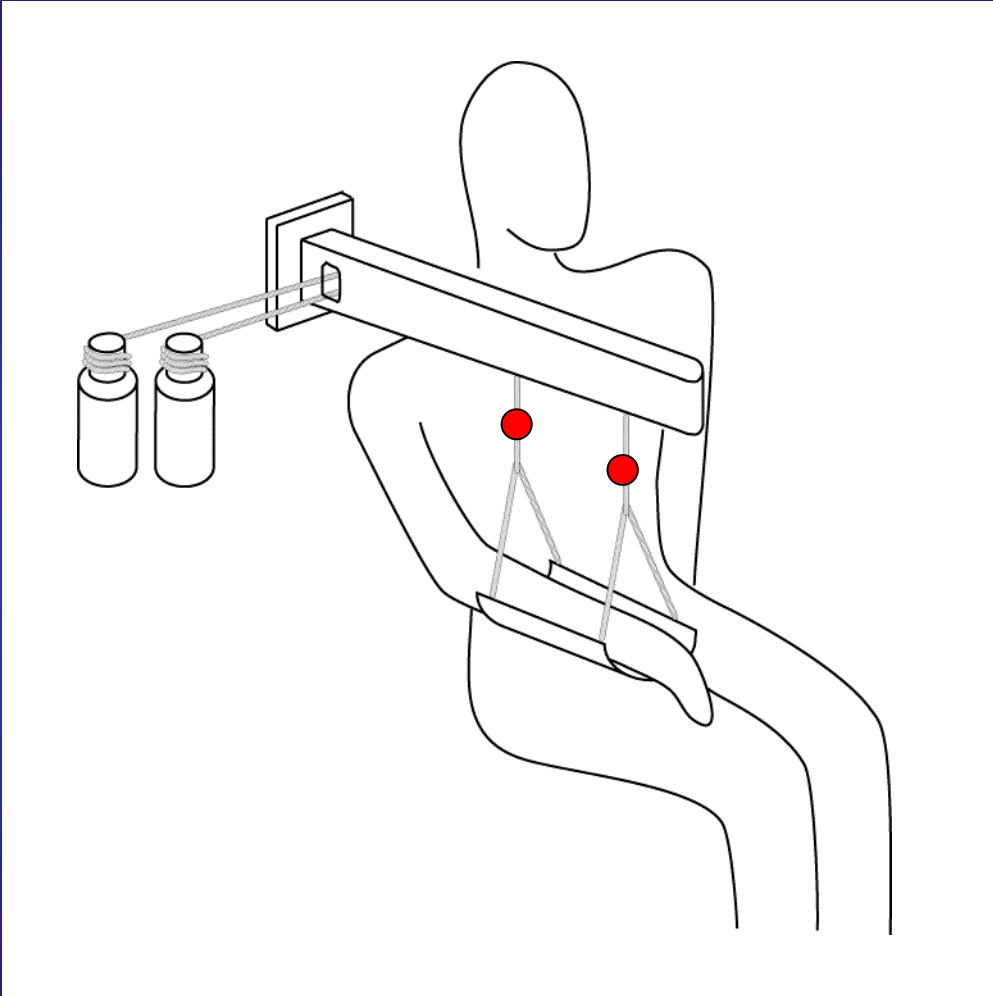
Può avere un impatto psicologico  
negativo (senso di restrizione dei movimenti)



Robot a fili



# Schema del prototipo



- Per la riabilitazione del braccio
- Concepito con 2gdl
- Intrinsecamente sicuro (magneti)
- Senso di restrizione ridotto

**P. Pascutto**

# Tecniche di controllo di forza di tipo “non time based”