

XXIII Ciclo di Dottorato di Ricerca in Meccanica Applicata

Relazione Secondo Anno

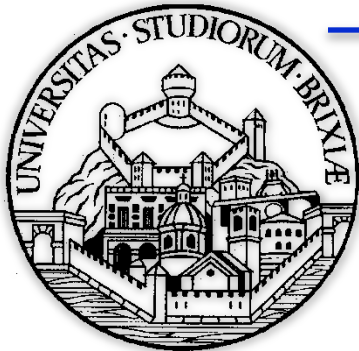
**Mechatronic paradigm:
approccio teorico, esempi ed applicazioni del
modello mecatronico**

Curriculum: Sistemi Avanzati di Manifattura

Dottorando: Diego Pomi

Coordinatore: Prof. Giovanni Legnani

Tutore: Prof. Rodolfo Faglia



Università degli Studi di Brescia

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale

Attività principali di ricerca

Attività collaterali di ricerca

Collaborazioni e progetti

Pubblicazioni

Sviluppi futuri



Attività principali di ricerca

Il modello mecatronico (**mechatronics paradigm**) è stato introdotto in risposta alle crescenti richieste in termini di **aumento di complessità, performance ed intelligenza** dei tradizionali sistemi elettromeccanici.



approccio teorico

Todd Rohde, Yaskawa Electric America Inc.

“La mecatronica più che cambiare il processo di progettazione, dovrebbe contribuire a dare all’ingegnere maggiori conoscenze che gli consentiranno di sviluppare i concetti in modo più efficiente e di migliorare le comunicazioni con le altre discipline ingegneristiche.

La soddisfazione del cliente e del mercato sono i principali obiettivi della mecatronica.

Una volta note le esigenze del cliente, il prodotto deve essere sviluppato e realizzato come fedele specchio delle stesse.

Ne consegue come il processo di progettazione di un sistema mecatronico cominci sempre dalle specifiche del cliente:

per questo motivo l’ingegnere dovrà fare quanto necessario per ottenere il risultato finale desiderato, elaborando, se serve, anche nuovi prodotti e processi.”



Valore aggiunto complessivo di un **approccio progettuale mecatronico**
(processo di sviluppo di sistemi seguente un approccio trasversale)
già quantificato da molteplici indagini e report.



Attività principali di ricerca

Mechatronics - Nowadays

approccio teorico

Oggi è:

percepita come **sinonimo di interdisciplinarietà ingegneristica** per progettare prodotti basati sull'**integrazione** di componenti meccanici ed elettrici, **coordinata** da un'architettura di controllo per assolvere a **requisiti funzionali INNOVATIVI**.



Indipendentemente dalla complessità dello stesso, in un sistema mecatronico l'integrazione delle tre principali aree disciplinari va sempre abbinata a:

- **dimensione “dell'intelligenza” richiesta allo stesso,**
- **aumento in termini di efficienza produttiva** che consegue dall'utilizzo di un prodotto “mecatronico”.



“Intelligenza” =

strumento che migliora l'adattamento all'ambiente =

capacità di risolvere

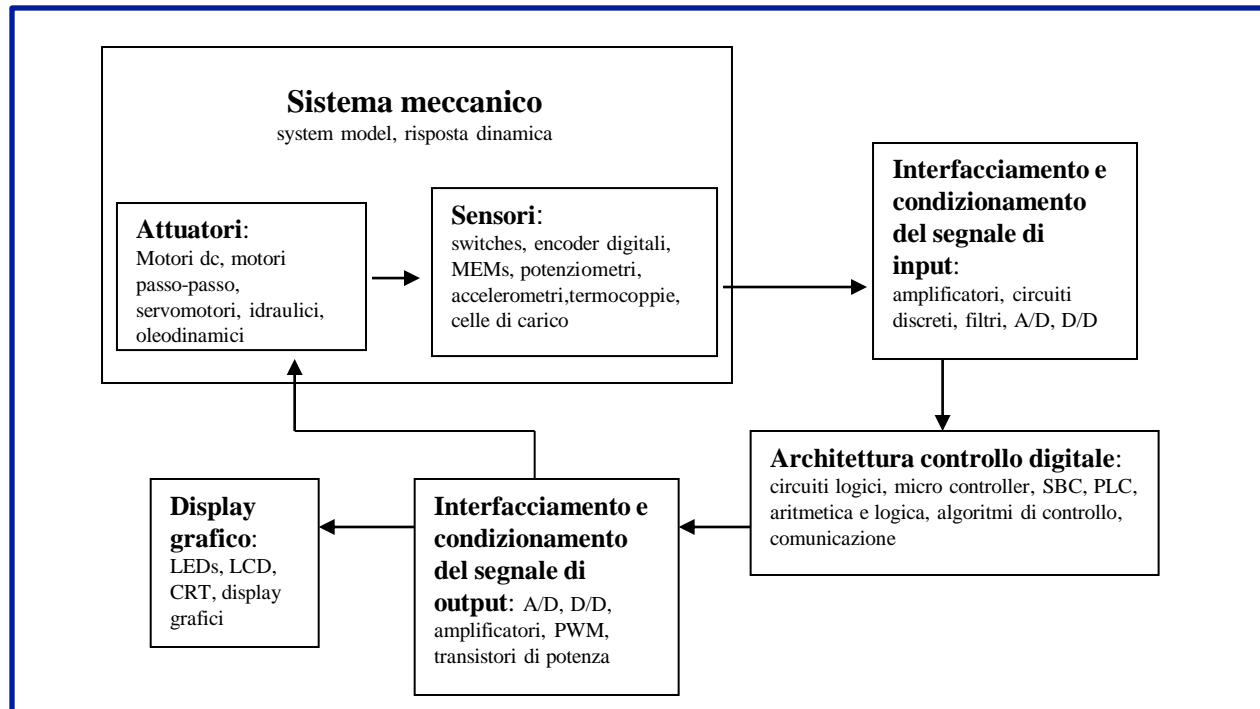
nuovi problemi oppure vecchi problemi in maniera innovativa.



Attività principali di ricerca

Sistema Meccatronico - Caratteristiche

approccio teorico



L'elevato livello di integrazione tra le diverse discipline (meccanica, informatica, elettronica):

-distingue un prodotto mecatronico da uno meccanico, elettromeccanico o elettronico

- **permette di realizzare sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente.**



Attività principali di ricerca

esempi

→ **Sistemi** o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

“i componenti di un sistema mecatronico possono essere facilmente individuati anche in oggetti di uso comune e costo limitato”

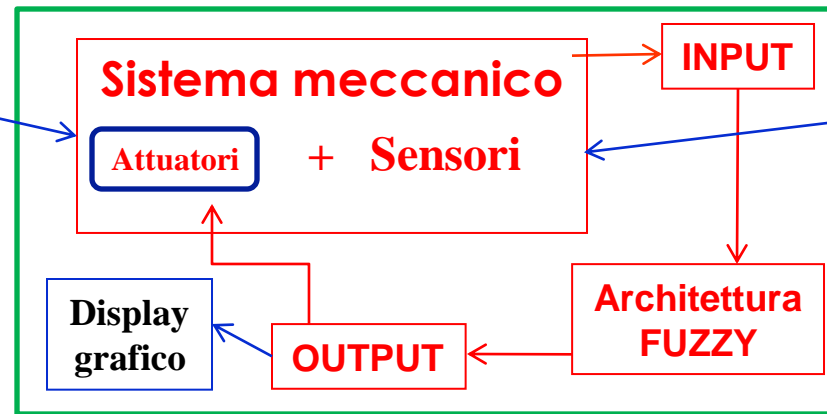
ESIGENZA
Risparmio Energetico



Sistema mecatronico:
Lavatrice + Fuzzy logic

Direct Drive

Eliminazione cinghia di trasmissione
Accoppiamento diretto motore Brushless-cestello tramite cuscinetti:
riduzione rumore, massima efficienza di movimento, riduzione ingombri.



*Sensori dedicati x controllare costantemente il processo di lavaggio con **microprocessore Fuzzy Logic** che definisce automaticamente il programma più appropriato.*

micro-chip x calcolare: parametri del ciclo di lavaggio, dimensione del carico, quantità d'acqua necessaria, tempo.....

- NO spreco di energia per attrito cinghia-puleggia;
- Dispositivo semplice = meno parti che potrebbero vibrare = emissione complessiva di rumore **inferiore**;
- Meno parti in movimento = meno parti soggette a guasto;



*Il controllo Fuzzy Logic consente di utilizzare l'acqua strettamente necessaria a seconda della quantità e del tipo di biancheria da lavare, assicurando significativi **risparmi di energia.***



Attività principali di ricerca

esempi

Mechatronic paradigm : *metodologia progettuale per ottenere prestazioni crescenti in termini di **OTTIMIZZAZIONE** dei **CONSUMI***

ESIGENZA
Ottimizzazione
CONSUMI

Direct Drive + Architettura FUZZY =

“calibrazione” consumi di acqua, energia elettrica, detersivo

MA

il bucato “perfetto” non dipende tanto dalla quantità di detersivo, quanto dalla “durezza” dell’acqua

In fase progettuale si è partiti dal ragionare su come si potesse risparmiare sugli “**ingredienti**” senza per questo rinunciare ad un **ottimo risultato**



Esempio:
SteamWasher

Direct Drive + Architettura FUZZY +

TrueSteam Technology

Vapore come complemento dell’Acqua durante il **LAVAGGIO** per mantenere i tessuti morbidi e senza grinze

Pre-lavaggio: il vapore contribuisce ad impregnare a fondo il tessuto

Durante il lavaggio: se aggiunto all’azione di acqua e detersivo, il vapore **AUMENTA** l’efficacia del potere pulente del detersivo, dissolvendolo + efficacemente

Post-lavaggio: Vapore aggiunto al risciacquo permette di distendere le pieghe + profonde e di sterilizzare il bucato

Funzioni ANTIALLERGENICHE

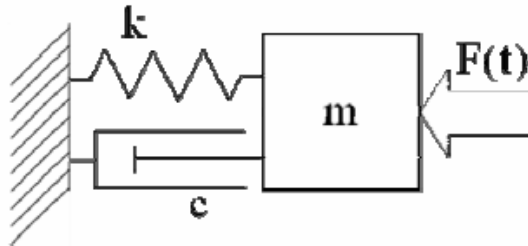


Attività principali di ricerca

Applicazioni



Sistemi o **sottosistemi** capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente



$$m \cdot \frac{d^2 x(t)}{dt^2} - c \cdot \frac{dx(t)}{dt} - k \cdot x(t) = F(t)$$

$X(t)$: *posizione della massa m all'istante t*

F, x e le sue derivate temporali prima e seconda sono vettori noti



ESIGENZA



Sotto-sistema mecatronico:

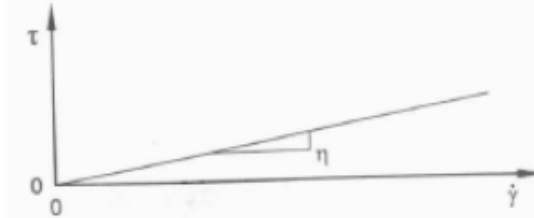


Attività principali di ricerca

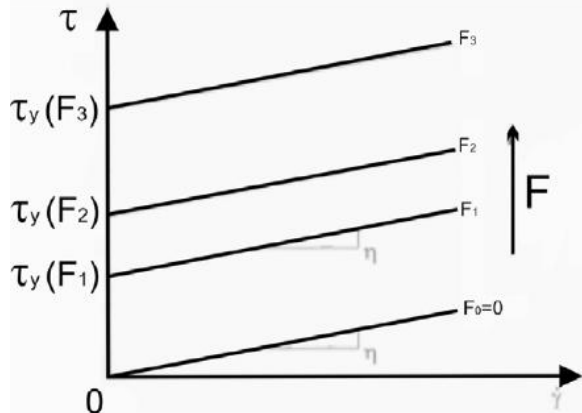
Fluidi ElectroReologici = particelle solide (tra 1 e 10 μm) di origine metallica, sospese in un liquido vettore inerte (fluidi quali oli minerali o siliconici) in porzioni di peso tra 30 e 50%.

$V_{\text{ext}} = 0$: fluido ER caratterizzato come newtoniano (approssimazione)

$$\tau = \eta \dot{\gamma}'$$



Applicazione di un campo elettrico E ad un fluido ER \rightarrow **formazione di fibrille** (catene di particelle nella direzione del campo stesso, che fanno da ponte di congiunzione tra due pareti opposte) \rightarrow **aumento viscosità Fluido ER.**



Campo elettrico NORMALE a direzione del flusso o del moto delle pareti del contenitore: le catene di fibrille vengono rotte e devono riformarsi.

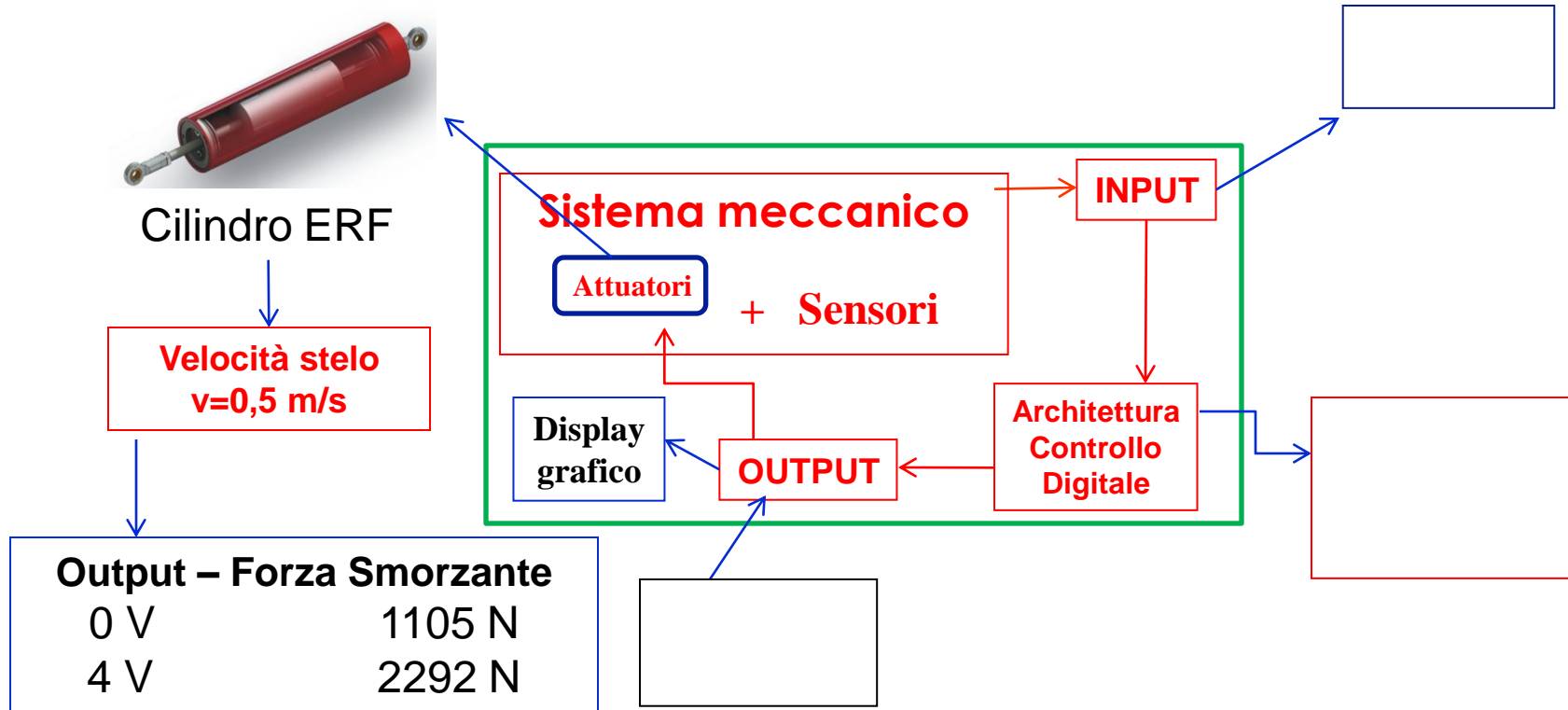
La continua **alternanza tra rottura e ricostituzione** di queste catene di particelle **è il meccanismo originante una forza che si oppone al moto** del fluido ER o alle pareti del suo contenitore, con conseguente aumento del valore dello sforzo τ , fortemente in funzione del campo elettrico indotto.

$$\tau = \tau_y(F) + \eta \dot{\gamma}' \quad F = \text{valore della forza del campo elettrico } E$$

Forte dipendenza di $\tau_y(F)$ da F e quindi dal campo elettrico E applicato \rightarrow il valore di $\tau_y(F)$ è REGOLABILE attraverso segnali elettrici ad hoc .

Attività principali di ricerca

Applicazioni → Sotto-sistema mecatronico:



Attività principali di ricerca

Applicazioni



Sotto-sistema mecatronico:



Risultati Sperimentali

→ Altri fenomeni ?

Attività principali di ricerca

applicazioni



Sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

“Studio di un sistema di misura del livello di liquido all’interno di un contenitore”

Normativa:

recipienti chiusi, contenenti liquidi pericolosi ed infiammabili

evitare l'uso di segnali elettrici (“pericolo di innesco”)

Allo stato attuale esistono sul mercato soluzioni

meccaniche

operanti internamente al recipiente

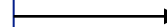
elettroniche

posizionate all'esterno

Maggiore LIMITE

La misura prodotta è approssimativa e permette **SOLO di ottenere indicazioni di tipo binario: 0,1**

ESIGENZA



Attività principali di ricerca

applicazioni

→ **Sistemi** o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

Simulazioni

Primo gruppo di simulazioni

Secondo gruppo di simulazioni



Attività principali di ricerca

applicazioni



Sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

Simulazioni

Terzo gruppo di simulazioni



Si è dedotto che una **soluzione sperimentale di primo tentativo** dovesse essere rappresentata da

Attività principali di ricerca

applicazioni



Sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

Studio Metodologia di Misura

L'attività d'indagine ha analizzato una metodologia di misura finalizzata all'individuazione del livello di liquido contenuto all'interno di un contenitore ermetico.



Schema del setup sperimentale utilizzato

Immagine del setup sperimentale utilizzato



Attività principali di ricerca

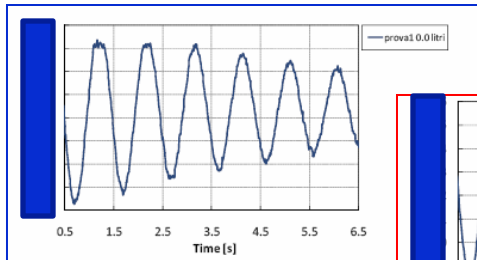
applicazioni



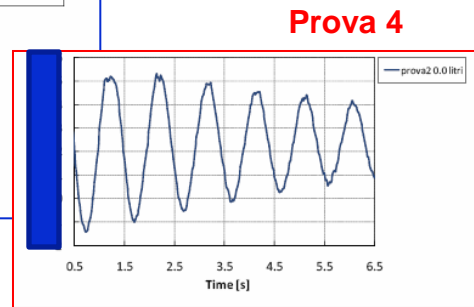
Sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

Prove a contenitore vuoto per valutare la ripetibilità del sistema. Successivamente è stata aggiunta acqua a valori discreti e per ogni livello sono state effettuate delle prove ripetute.

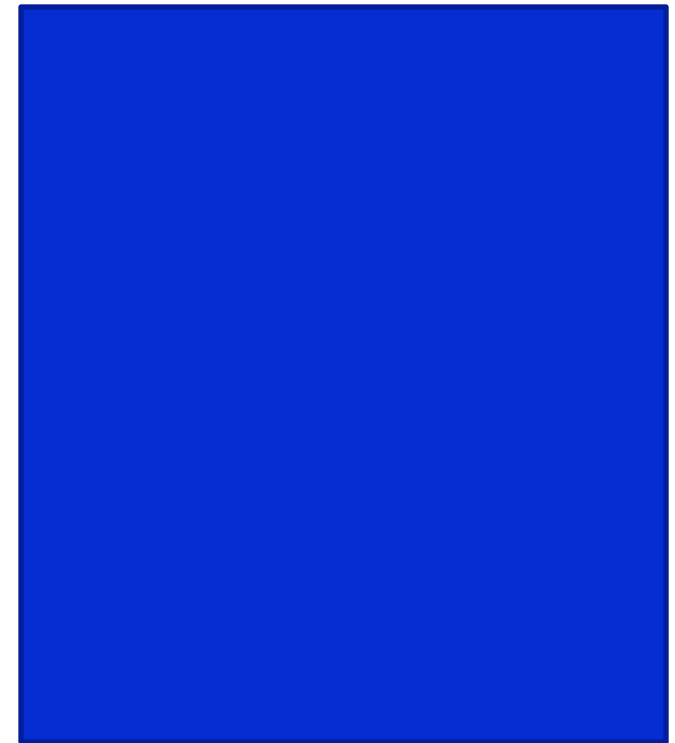
Risultati Sperimentali



Prova 1



Prova 4



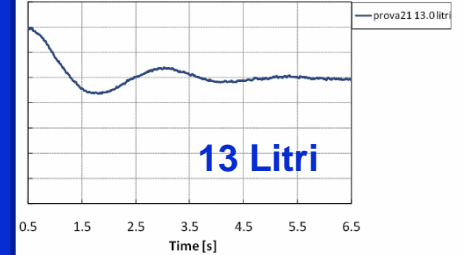
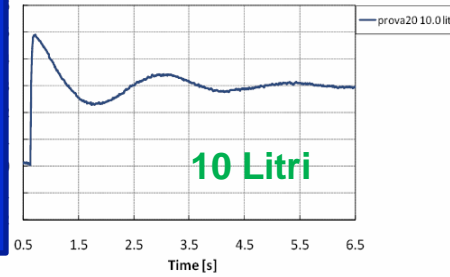
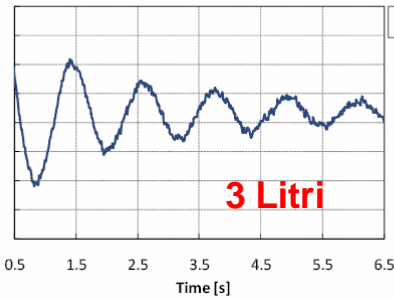
Attività principali di ricerca

Applicazioni



Sistemi o sottosistemi capaci di garantire quel tasso di performance accresciute od aggiuntive necessarie a superare determinati ostacoli e quindi innovare l'esistente

Risultati Sperimentali



Attività collaterali di ricerca



Attività collaterali di ricerca

Partecipazione a corsi, convegni e seminari:

- Partecipazione a “*Medica 2008*” e “*40th World Forum for Medicine*”, Duesseldorf (D), 19-22 Novembre 2008.
- Partecipazione a “*Forum Robotic*” forum in lingua tedesca su applicazioni, stato dell'arte e prospettive della Robotica nel manifatturiero, Bremen Messe, Brema (D), 12-13 Febbraio 2009 .
- Partecipazione a “*Meccatronica: la competitività nell'eccellenza*”, seminario presso la Camera di Commercio di Milano, 7 Aprile 2009.
- Partecipazione a “*Sensors+Test 2009 – The Measurement Fair*”: fiera internazionale annuale dedicata alle misure on-line ed off-line, Stuttgart (D), 26-28 Maggio 2009.
- Partecipazione a “*Robotica mobile per esplorazione Lunare Unmanned*”, Workshop ASI, Roma, 1-2 Luglio 2009.
- Partecipazione a “*INTERRA 2009*”: International Youth Innovative Forum in Siberia, Novosibirsk (Ru) Settembre 2009.



Collaborazioni e progetti



Collaborazioni e progetti

- Collaborazione didattica, nell'ambito del settore disciplinare di Automazione Industriale (Corso di Laboratorio di Automazione Industriale: didattica frontale, supporto alla stesura e alla correzione di elaborati).
- Collaborazione al corso di Meccanica Applicata alle Macchine, nell'ambito del Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione Industriale.
- Correlazione a: *“Approccio progettuale mecatronico: analisi dei benefici nello sviluppo di nuovi prodotti”* del Laureando Maggiò S., Tesi di Laurea del Corso di Laurea in Ingegneria dell'Automazione Industriale.
- Collaborazione a *“Meccatronica: un possibile “sistema” per la competitività di Milano”*, studio realizzato da D. Musolino e P. Zito di Gruppo CLAS, con il coordinamento scientifico del Prof. Lanfranco Senn - Università L. Bocconi, Milano, Dicembre 2008.



Collaborazioni e progetti

- Partecipazione al progetto Sensore di Livello in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria.
- Partecipazione al progetto Biorobot in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria.
- Partecipazione al progetto CNG in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale, Università degli Studi di Brescia, Facoltà di Ingegneria.



Publicazioni

Pubblicazioni

- A. Borboni, D. Pomi, M.Tiboni, ***EXPERIMENTAL ANALYSIS OF AN INNOVATIVE NITI WIRES ACTIVATED PNEUMATIC VALVE TO STUDY AND IMPROVE PERFORMANCES***, REM 2009, 10-11 Settembre 2009.
- Primi capitoli del libro: ***“PARASITIC PHENOMENA IN THE DYNAMICS OF INDUSTRIAL DEVICES”***, C. Amici, A. Borboni, R. Faglia, D. Pomi,



Sviluppi futuri

Sviluppi futuri

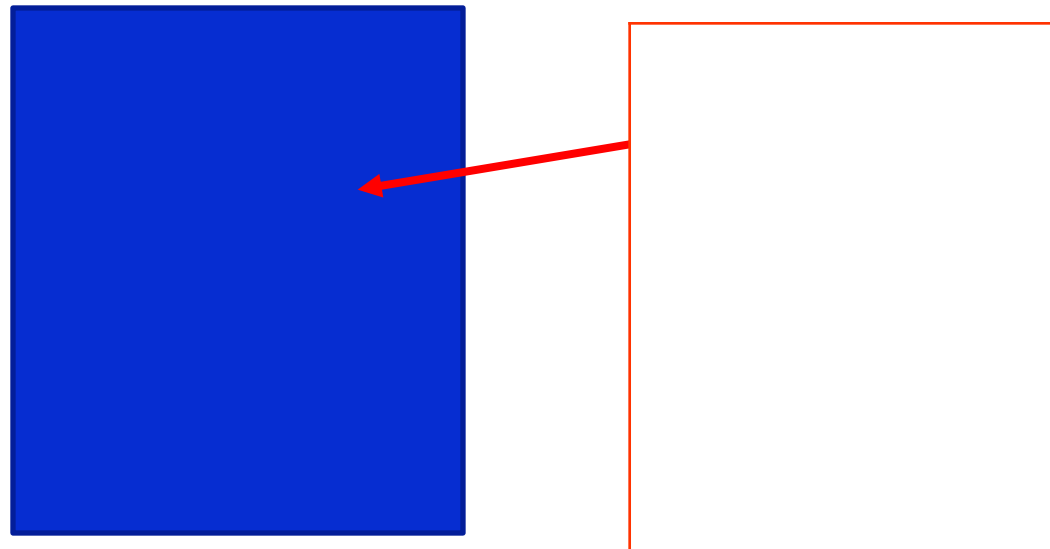
Nel successivo anno di corso si prevede:

Sottosistema

Caratterizzazione ed analisi fenomeni accessori

Sistema di misura del livello di liquido all'interno di un contenitore

Implementazione e sviluppo prototipale



XXIII Ciclo di Dottorato di Ricerca in Meccanica Applicata

Relazione Secondo Anno

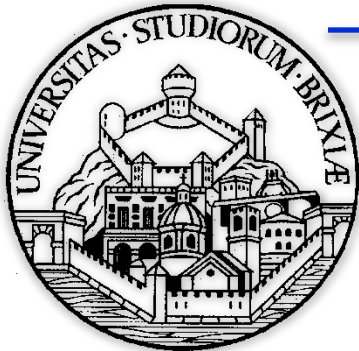
**Mechatronic paradigm:
approccio teorico, esempi ed applicazioni del
modello mecatronico**

Curriculum: Sistemi Avanzati di Manifattura

Dottorando: Diego Pomi

Coordinatore: Prof. Giovanni Legnani

Tutore: Prof. Rodolfo Faglia



Università degli Studi di Brescia

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Industriale