

Corso di “Fondamenti di Automatica”

A.A. 2018/19

Prof. Carlo Cosentino

Dipartimento di Medicina Sperimentale e Clinica
Università degli Studi Magna Graecia di Catanzaro
tel: 0961-3694051

carlo.cosentino@unicz.it

<http://bioingegneria.unicz.it/~cosentino>

<http://wpage.unina.it/carcosen>

- ✦ E-mail: carlo.cosentino@unicz.it
- ✦ Ricevimento: appuntamento via e-mail
- ✦ Libro di testo: Fondamenti di Controlli Automatici, 4° Ed.

Autori: P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni

Editore: McGraw-Hill

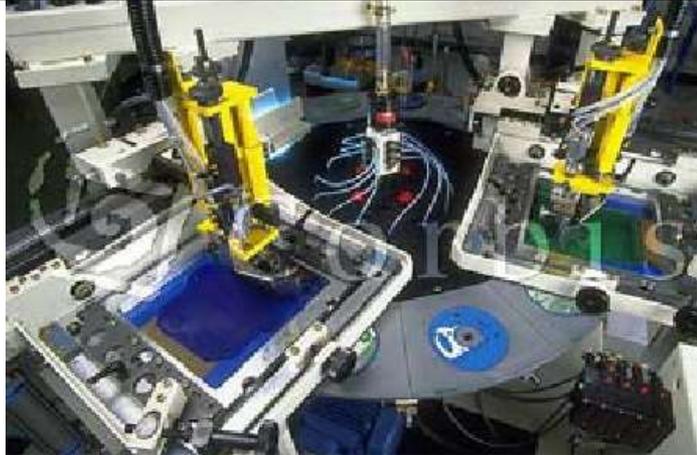
- ✦ Integrazione con i lucidi del corso
 - ✦ <http://wpage.unina.it/carcosen>
- ✦ Modalità di esame
 - ✦ Prova scritta
 - ✦ Prova orale
 - ✦ Elaborato Matlab

- ✧ Polinomi: somma, prodotto, radici di polinomi,...
- ✧ Vettori: somma, prodotto scalare e vettoriale,...
- ✧ Trigonometria: funzioni trigonometriche e loro proprietà
- ✧ Matrici: somma, prodotto, determinante, autovalori, autovettori, inversa di una matrice,...
- ✧ Limiti, Derivate, Integrali di funzioni
- ✧ Numeri complessi: somma, prodotto, modulo, fase, rappresentazione algebrica e trigonometrica, formula di eulero...
- ✧ Equazioni differenziali ordinarie
- ✧ Fisica I e II: leggi di Newton, legge di Ohm, principi di Kirchhoff, ...

✦ L'automazione è una disciplina che ha come obiettivo lo studio di metodologie atte a ridurre o eliminare l'intervento dell'uomo nella produzione di beni e/o servizi.

✦ Vantaggi:

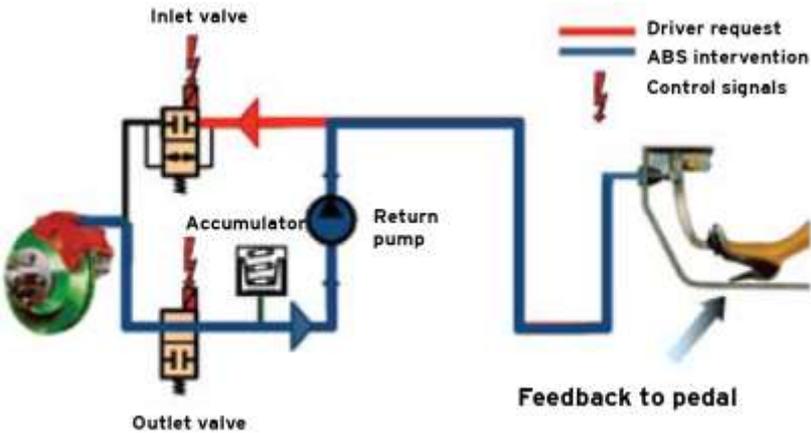
- ✦ Affidabilità
- ✦ Ripetibilità
- ✦ Produttività
- ✦ Riduzione dei costi
- ✦ Gestione di sistemi complessi
- ✦ Gestione di sistemi safety-critical
- ✦ ...



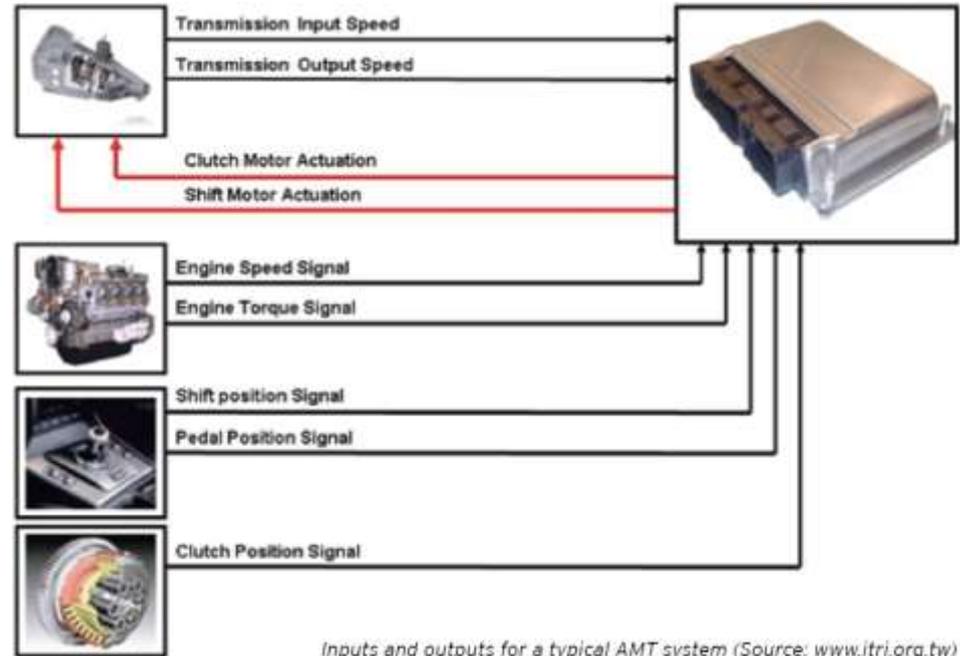
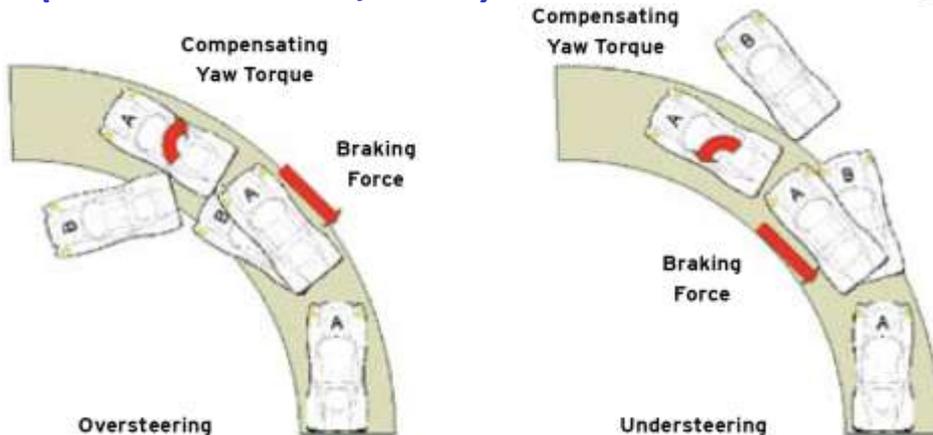




ABS: Antilock braking system (Bosch, 1978)



ESC: Electronic Stability Control (Mercedes-Benz, 1992)



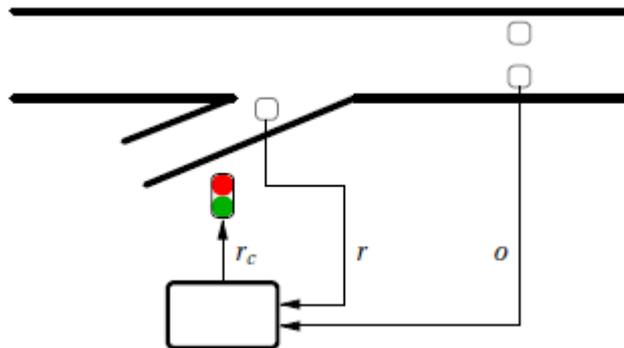
Inputs and outputs for a typical AMT system (Source: www.itri.org.tw)

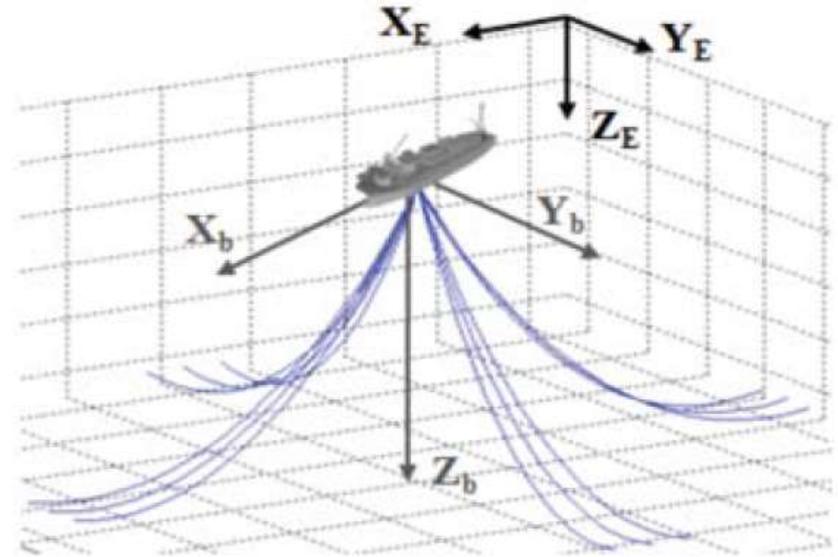
AMT: Automatic Manual Transmission (FIAT SeleSpeed, Magneti Marelli, 2003)

✧ Trip Optimizer (General Electric)

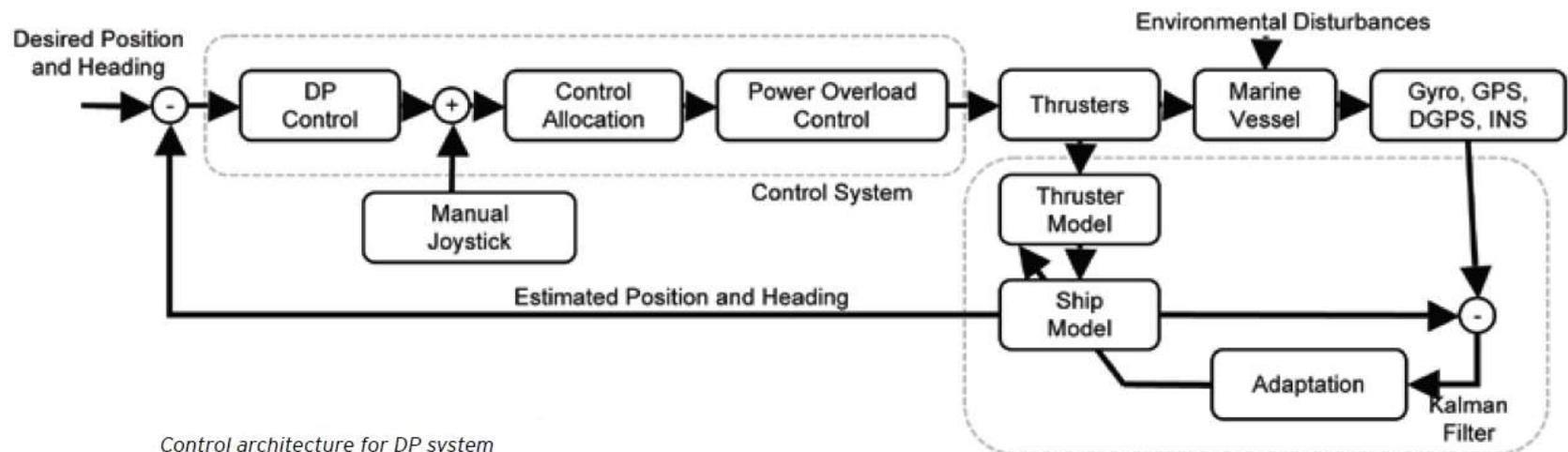
- ✧ Ottimizza il profilo di velocità di un treno sull'intero percorso, portando in conto
 - ★ caratteristiche del treno
 - ★ caratteristiche del percorso
 - ★ orari da rispettare
 - ★ eventi imprevisti
- ✧ Riduzione media del 10% dei consumi di energia e delle emissioni



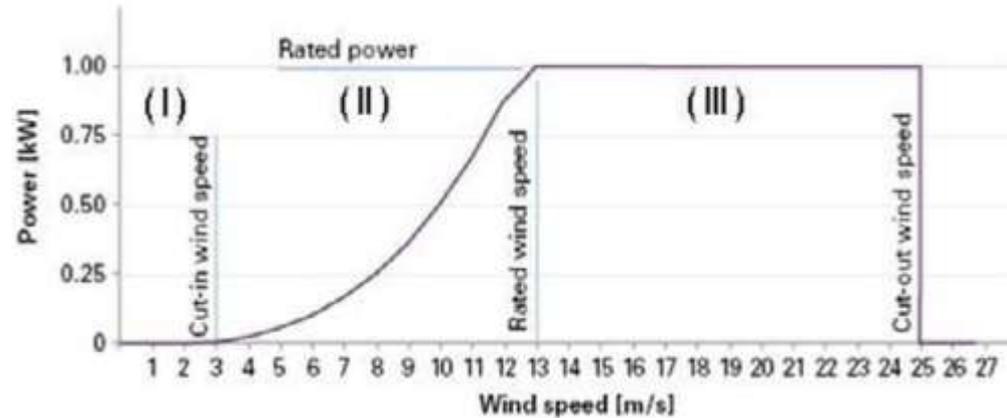
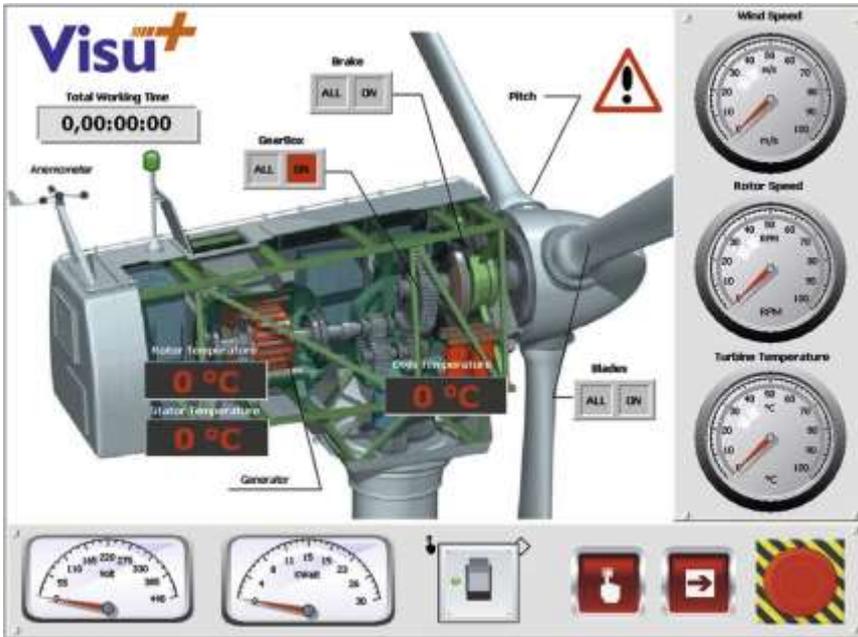
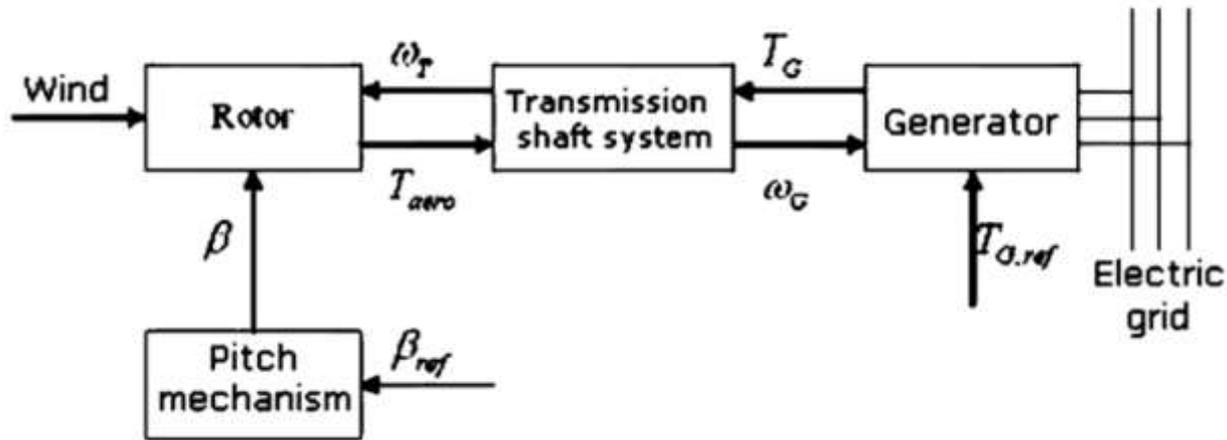




DP-assisted position mooring system and frames of reference

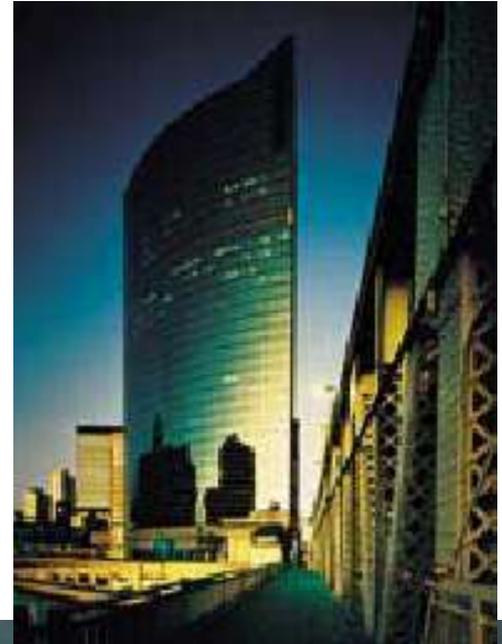


Control architecture for DP system



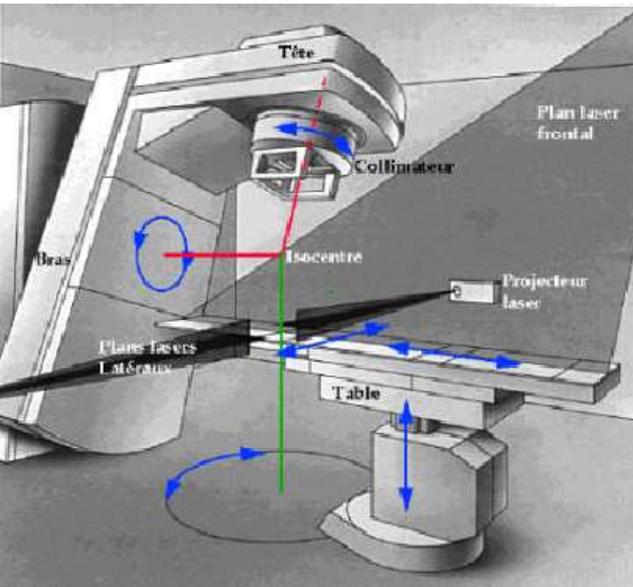
✦ Gestione robotizzata di un magazzino (KIVA Systems)

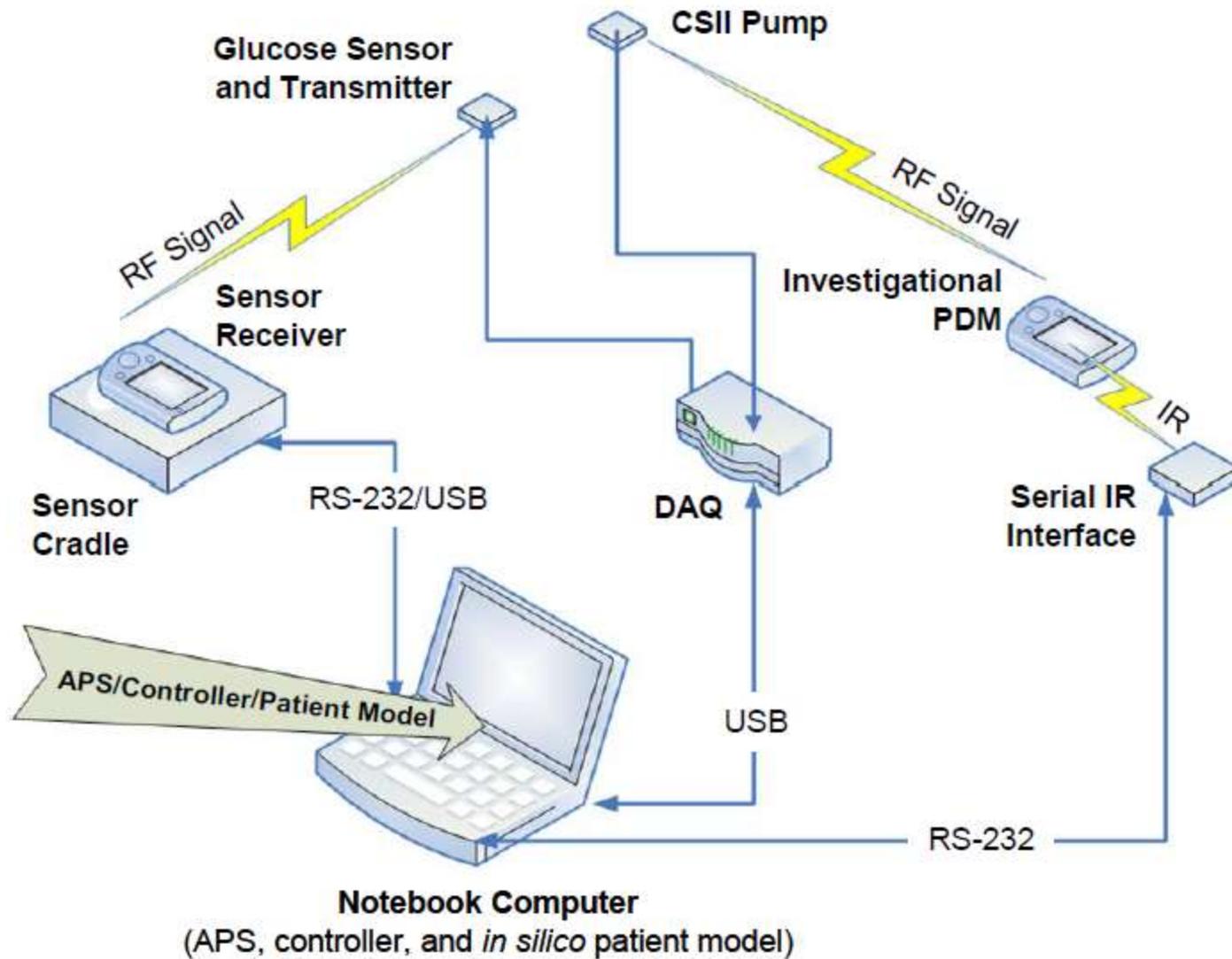




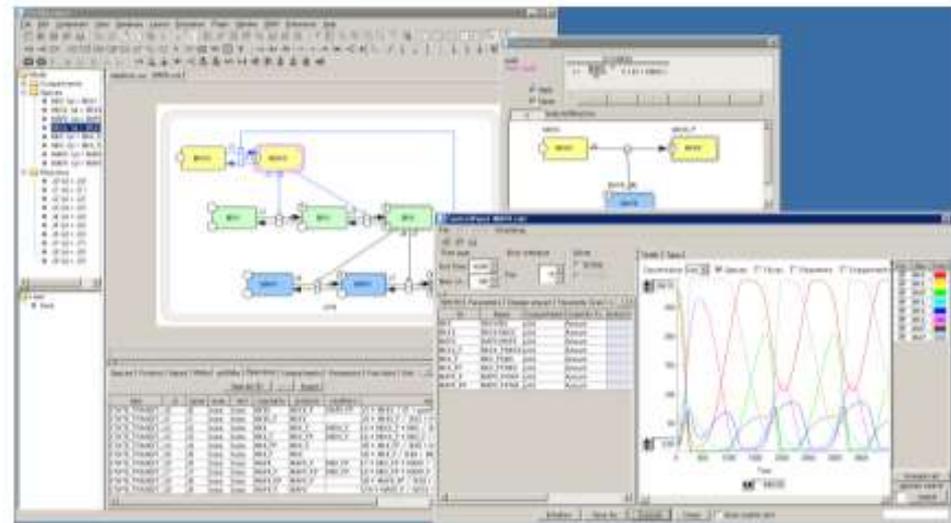
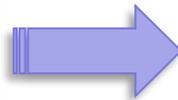
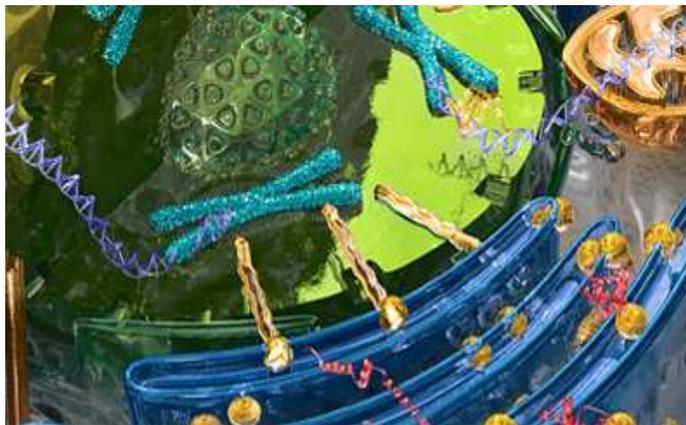
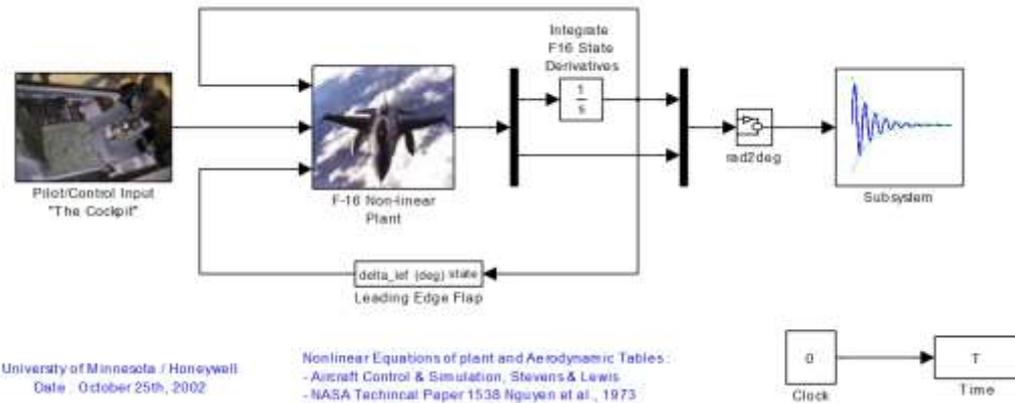
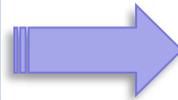


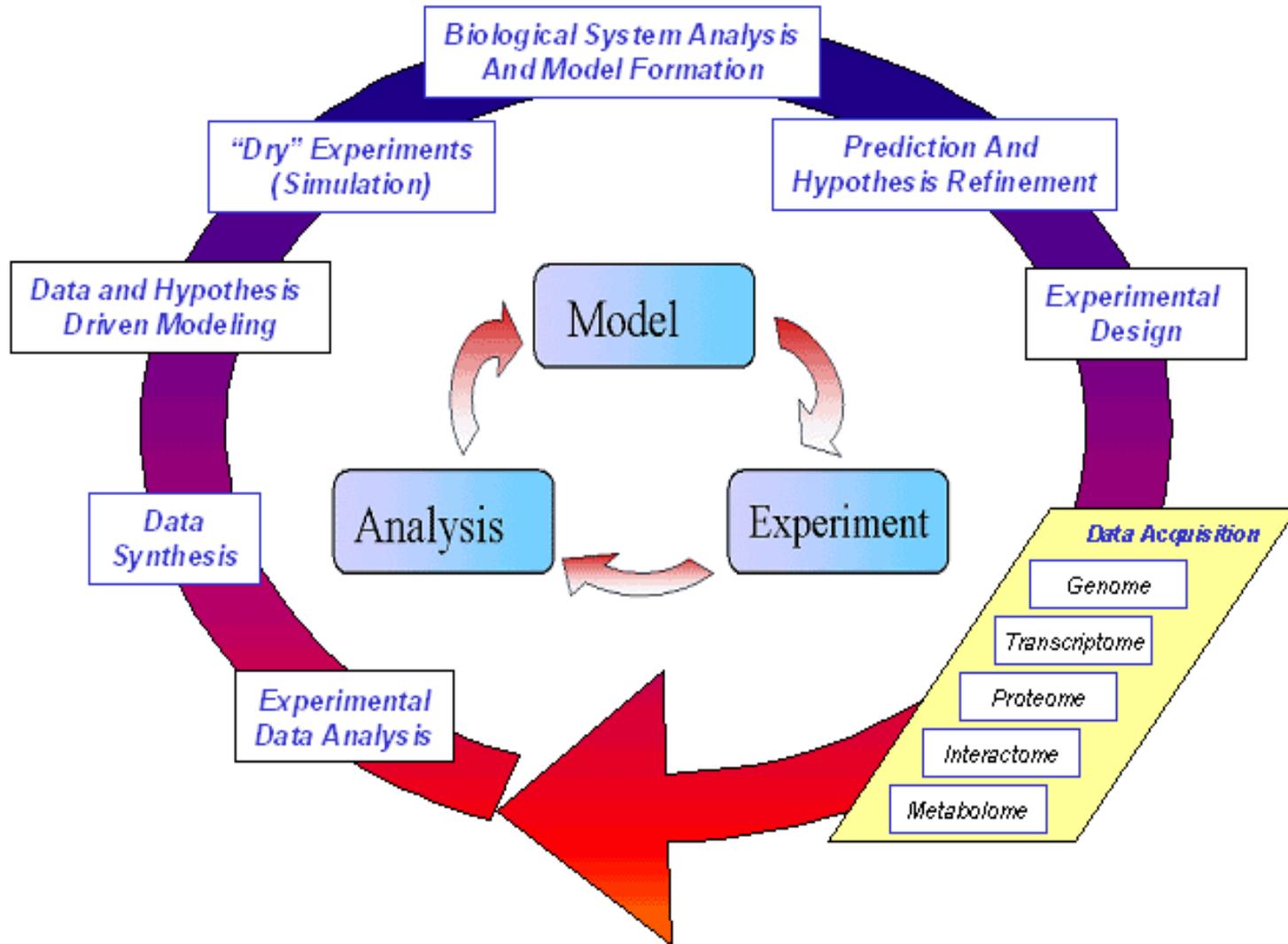
BIOMechatronics LAB
Università Magna Græcia di Catanzaro











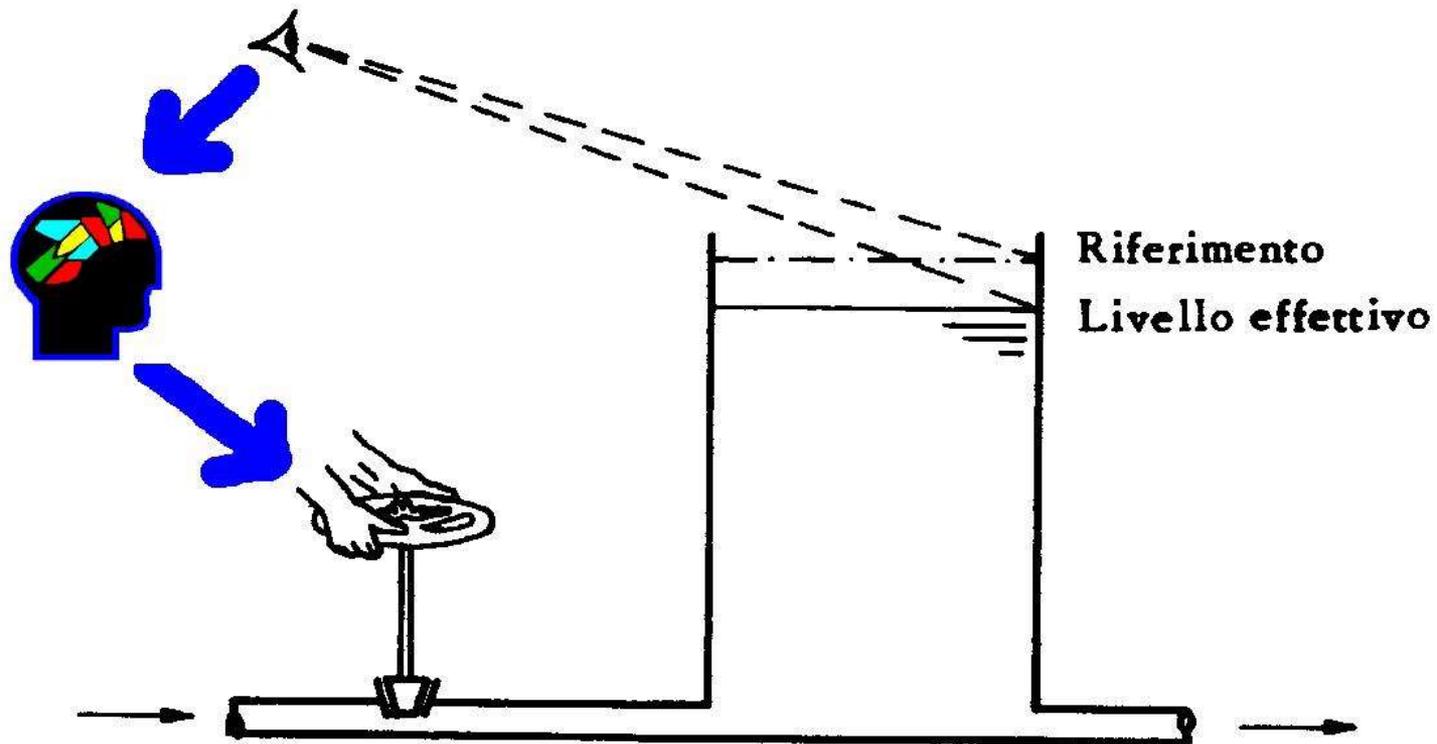
- ✧ Introduzione al corso
- ✧ Modellistica dei sistemi
 - ✧ Modellistica di sistemi elettrici, meccanici, elettro-meccanici
 - ✧ Rappresentazione ISU e IU
 - ✧ Classificazione dei sistemi
- ✧ Analisi dei sistemi lineari nel dominio del tempo
 - ✧ Trasformata di Laplace
 - ✧ Evoluzione libera e forzata
 - ✧ Risposte notevoli nel dominio del tempo (gradino e impulso)
 - ✧ I modi di evoluzione: studio della stabilità
 - ✧ Funzione di trasferimento
 - ✧ Risposta a regime ed in transitorio

- ✧ Analisi dei sistemi lineari nel dominio della frequenza
 - ✧ Risposta in regime sinusoidale
 - ✧ Azione filtrante dei sistemi dinamici
 - ✧ Diagrammi di Bode
- ✧ Analisi Parametrica della stabilità
 - ✧ Criterio di Routh-Hurwitz
 - ✧ Criterio di Kharitonov
- ✧ Il problema della realizzazione, osservabilità e controllabilità
- ✧ Linearizzazione di sistemi nonlineari
- ✧ Analisi e Simulazione dei sistemi lineari con l'ausilio del MATLAB

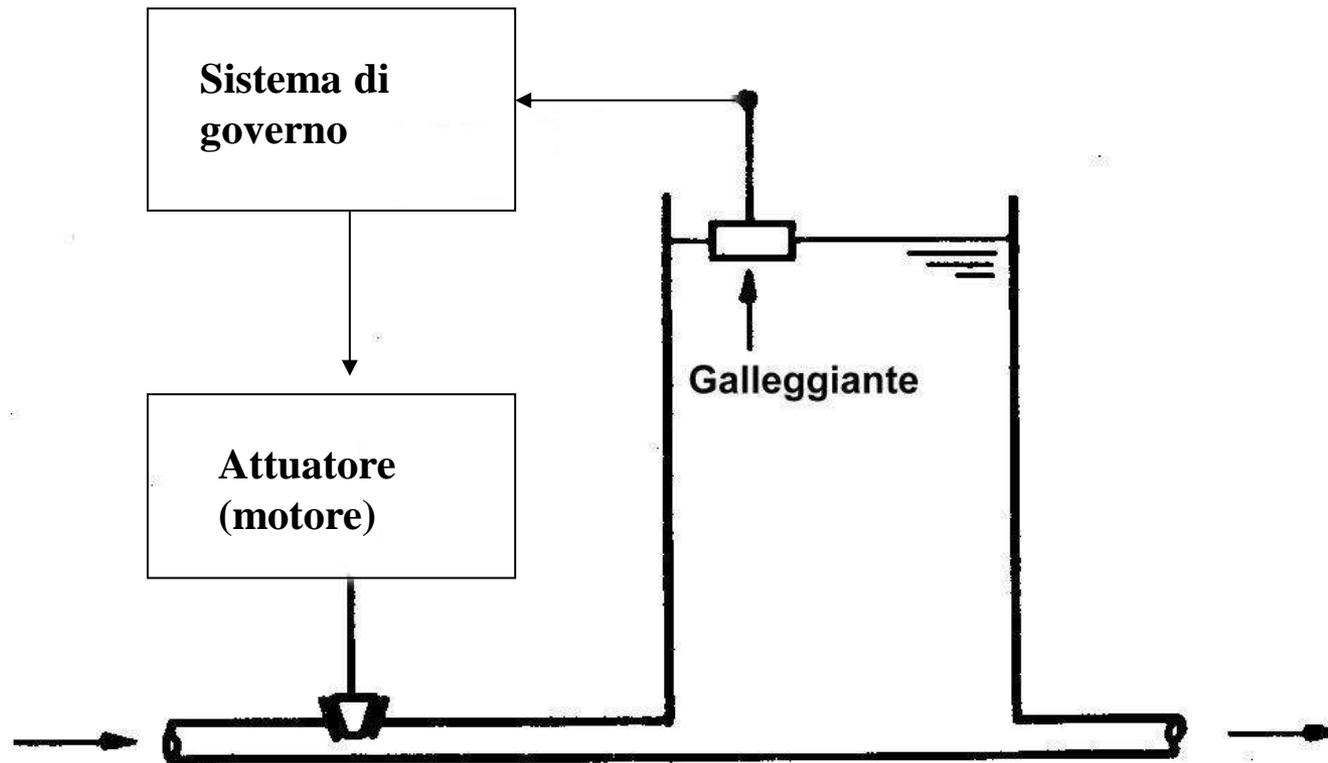
- ✦ Se si esamina il comportamento umano in una qualsiasi attività lavorativa, si osserva che gli organi essenziali in un sistema di automazione sono di tre tipi:
 - ✦ Organi sensoriali
 - ✦ Organi di elaborazione
 - ✦ Organi di attuazione

- ✦ Gli *organi sensoriali* svolgono la funzione di misurare le grandezze di interesse per valutare lo stato di avanzamento e/o il corretto svolgimento del lavoro in esecuzione.
- ✦ Gli *organi di elaborazione*, sulla base delle misure fornite dagli organi sensoriali e degli obiettivi del lavoro in esecuzione, decidono le azioni da intraprendere.
- ✦ Gli *organi di attuazione* eseguono le azioni comandate dagli organi di elaborazione.

- ✦ Si consideri un serbatoio e si supponga di voler mantenere costante il livello di liquido in esso contenuto, a fronte di prelievi non noti effettuati da alcune utenze.
- ✦ Questa è una situazione che si presenta in molti ambiti, sia industriale (impianti chimici, farmaceutici, etc.) che civile (acquedotti, rete idrica, etc.).
- ✦ Il problema può essere risolto attraverso un operatore umano che dovrà manovrare in maniera opportuna una valvola di regolazione.



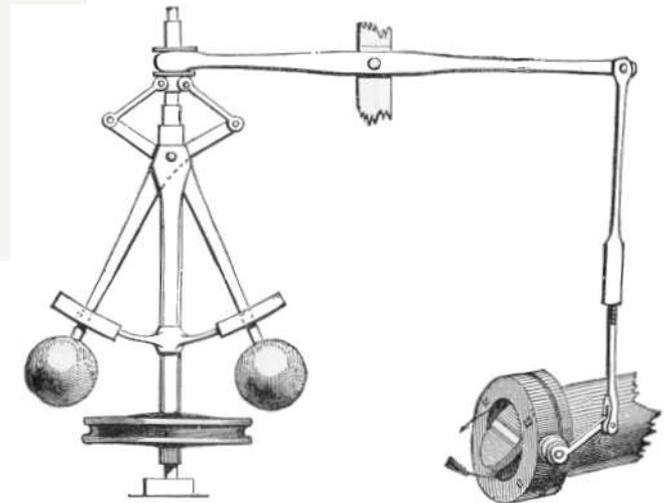
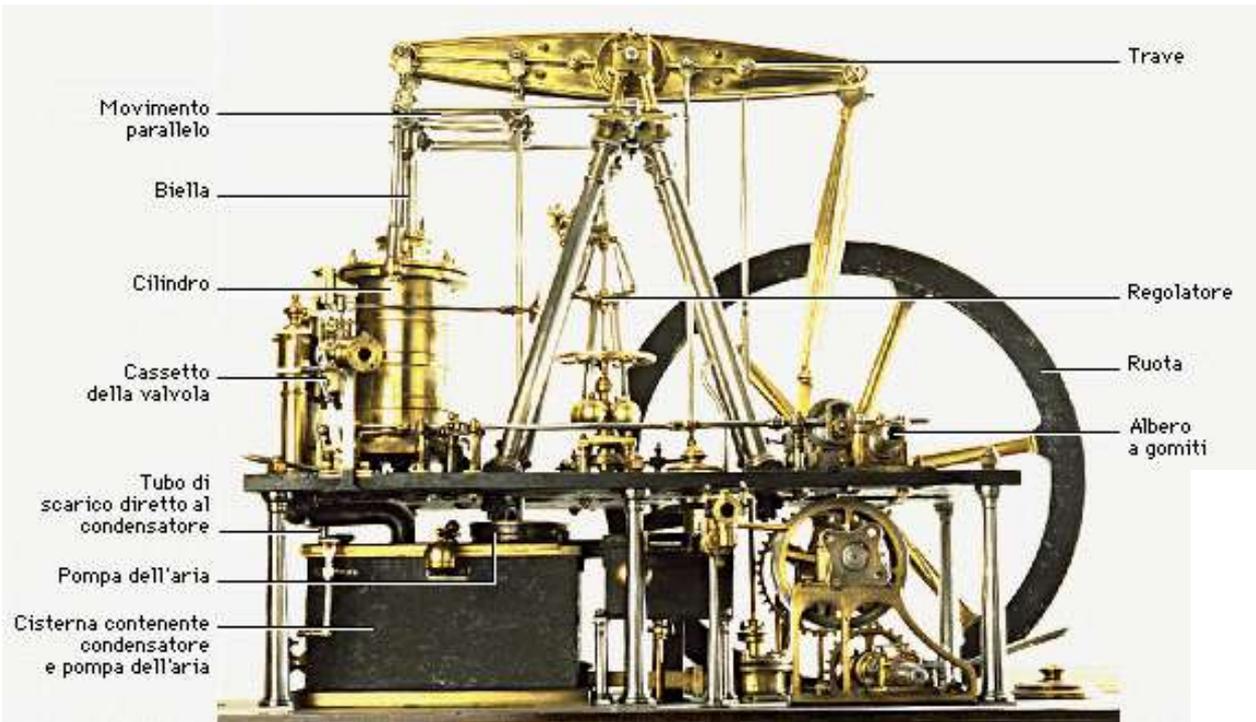
- ✦ Lo stesso compito può essere eseguito in modo automatico da un sistema che sia in grado di svolgere le tre funzioni dell'operatore umano:
 - ✦ Misurazione del livello effettivo
 - ✦ Decisione sul modo di intervenire sulla valvola di regolazione
 - ✦ Attuazione della decisione mediante un motore che azioni la valvola di regolazione.



- ✦ Si consideri il problema della guida di un autoveicolo, supponendo che esso debba percorrere una strada pianeggiante lungo una traiettoria e con una velocità assegnate.
- ✦ Questo compito è generalmente assolto da un operatore umano che, agendo in modo opportuno su volante, freno e acceleratore, determina completamente posizione e velocità del veicolo.
- ✦ In linea di principio la guida dell'autovettura potrebbe essere (parzialmente) automatizzata: ciò è già realizzato (cruise control e cars platoon).

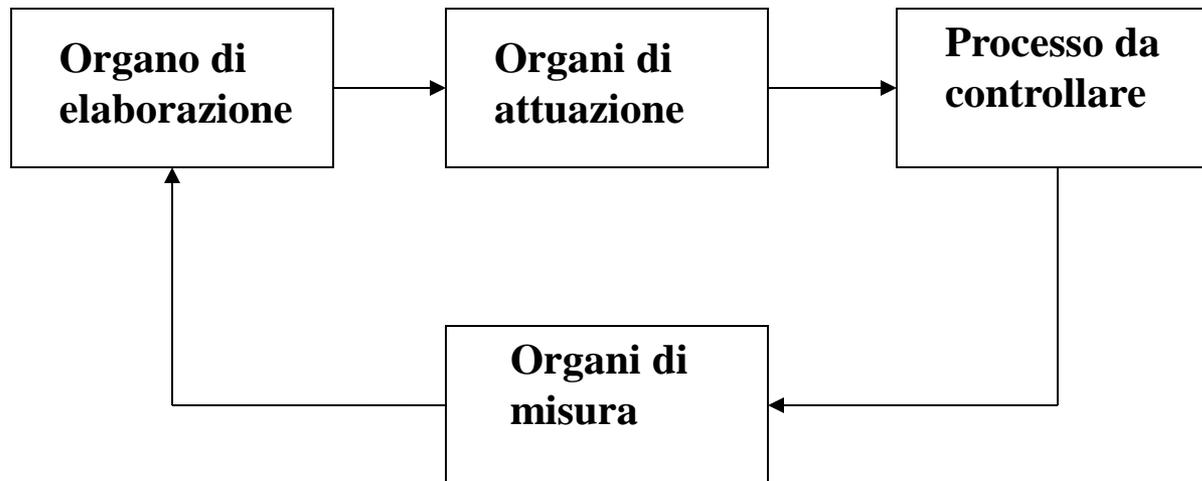
- ✧ Fino all'inizio degli anni '50 la diffusione dell'automazione è stata limitata da due fattori:
 - ✧ La difficoltà nel realizzare organi di elaborazione in grado di eseguire algoritmi di decisione complessi
 - ✧ La difficoltà nel far colloquiare gli organi sensoriali, di attuazione e decisionali.
- ✧ Infatti, in un primo tempo gli organi di elaborazione erano costituiti da sofisticati congegni di tipo meccanico o pneumatico, che consentivano di implementare solo banali algoritmi di elaborazione.

Il Regolatore di Watt (1788)

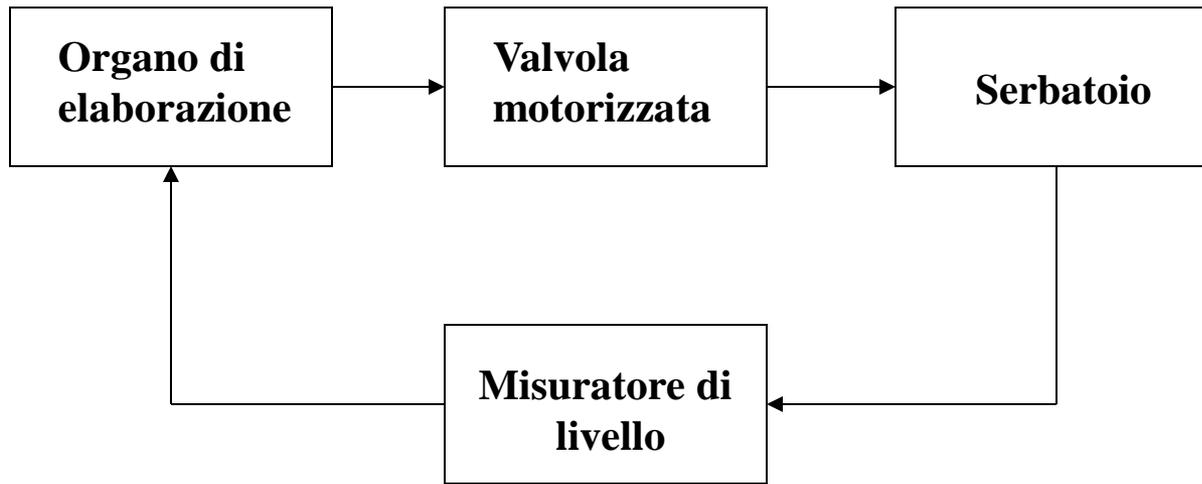


- ✦ Le moderne tecnologie dell'informazione hanno portato ad una rivoluzione dei sistemi di automazione.
- ✦ La disponibilità di sistemi di elaborazione potenti, versatili e a basso costo (microprocessori) consente di implementare complessi algoritmi decisionali.
- ✦ La semplificazione nello scambio di informazioni tra i vari organi di un sistema di automazione, consentito dalle reti di comunicazione e dalla disponibilità di attuatori e sensori “intelligenti” ha consentito di semplificare i problemi di progetto e realizzazione, e quindi di ridurre i costi dei sistemi di automazione.
- ✦ Al giorno d'oggi l'automazione trova applicazione in moltissimi ambiti (industriale, civile, trasporti, servizi, ...)

- ✦ Gli esempi precedenti hanno messo in evidenza che uno schema di automazione può essere costituito da un insieme di *sistemi* elementari, tra loro interagenti



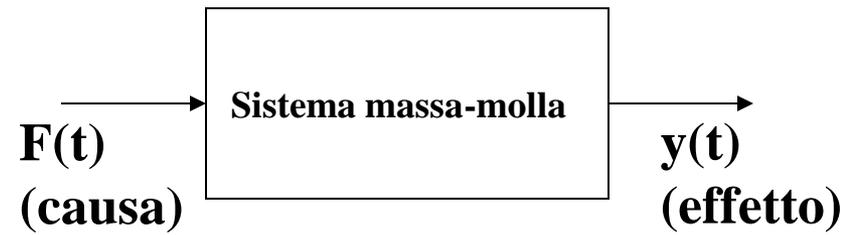
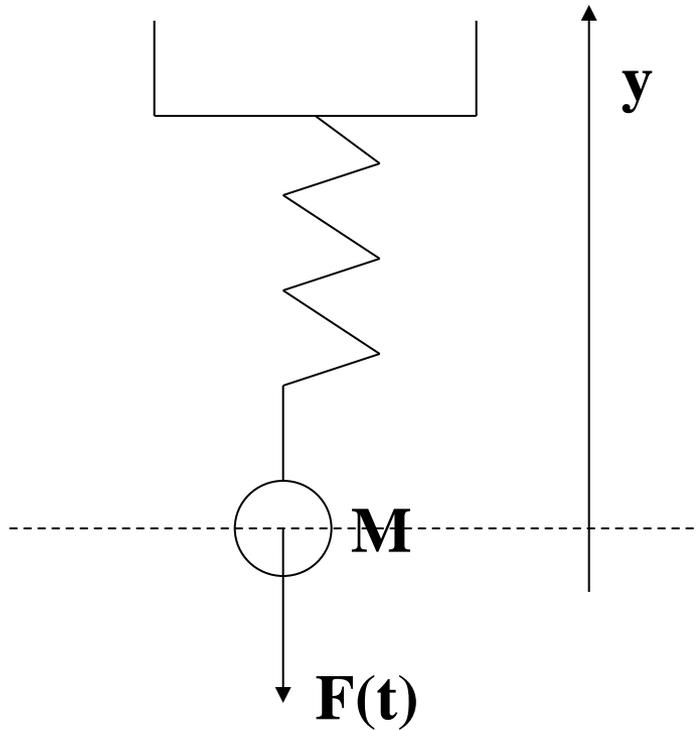
- ✦ Ad esempio nel caso del controllo del liquido nel serbatoio si ha:

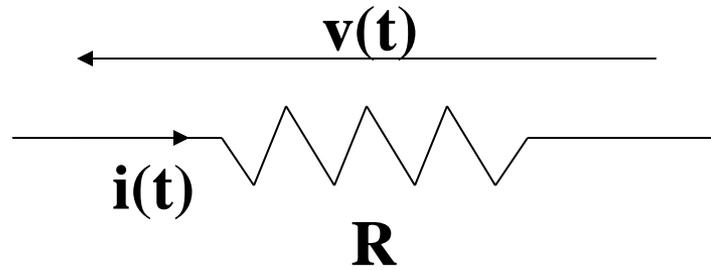


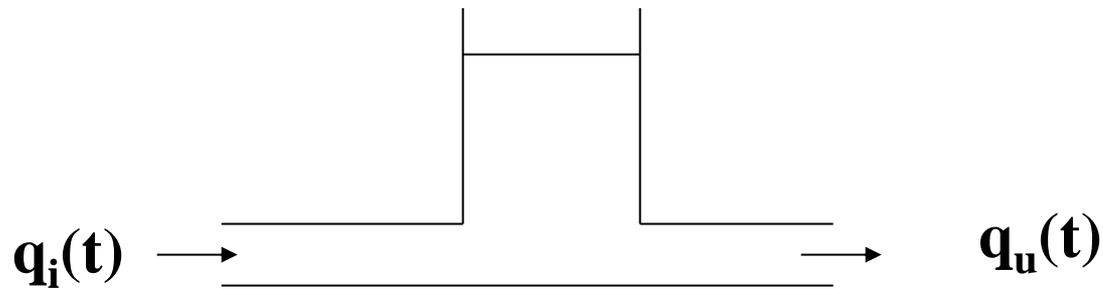
- ✦ Per studiare il comportamento di un sistema di automazione occorre innanzitutto studiare il comportamento dei singoli sottosistemi.
- ✦ La disciplina che studia il comportamento dei sistemi, nella loro accezione più generale, è la *Teoria dei Sistemi*.

- ✦ La Teoria dei Sistemi studia tutti quei fenomeni in cui è possibile riscontrare una relazione causa-effetto.
- ✦ Di particolare interesse sono i fenomeni di tipo *dinamico* in cui sono coinvolte grandezze che variano nel tempo.









- ✧ In particolare gli obiettivi della Teoria dei Sistemi sono:
 - ✧ Modellistica dei fenomeni fisici
 - ✧ Analisi del comportamento
 - ✧ Realizzazione di sistemi

- ✧ **Modellistica.** Per poter analizzare un sistema occorre descrivere lo stesso tramite un modello matematico (ad esempio tramite *equazioni differenziali*).
- ✧ Il modello matematico dipenderà dalle leggi fisiche che regolano il sistema (*relazioni costitutive*).
- ✧ Ad esempio:
 - ✧ Sistemi meccanici: leggi di Newton
 - ✧ Sistemi elettrici: Legge Ohm, Principi di Kirkhoff, ...
 - ✧ ...

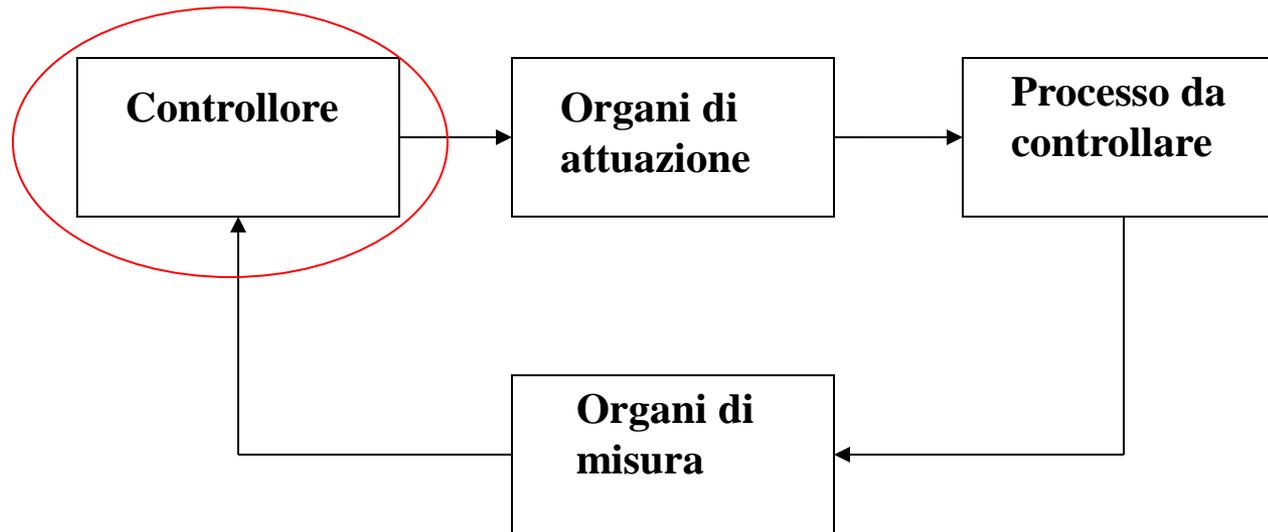
- ✧ Data la varietà delle possibili tipologie di sistemi è impossibile trattarli tutti.
- ✧ I sistemi che ci interessano maggiormente per i nostri fini sono:
 - ✧ Sistemi elettrici
 - ✧ Sistemi meccanici
 - ✧ Sistemi elettromeccanici
 - ✧ Sistemi idraulici/pneumatici
 - ✧ Sistemi biologici e fisiologici

- ✦ Una volta messo a punto il modello matematico lo studio diventa indipendente dal sistema in esame.
- ✦ Vedremo che sistemi molto diversi possono essere descritti dallo stesso “tipo” di equazioni.

- ✦ Un primo problema è quello della determinazione dell'evoluzione temporale delle uscite noto che sia quello degli ingressi.
- ✦ In altre parole bisogna risolvere il sistema di equazioni differenziali associato al sistema.
- ✦ Mentre in alcuni casi la soluzione è esplicitabile in forma chiusa, in altri casi il sistema è così complicato che ciò non è possibile. In questo caso si adotta una soluzione di tipo numerico, che va sotto il nome di *procedura di simulazione*.
- ✦ Altre problematiche, relative all'analisi del comportamento di un sistema, sono lo studio della *stabilità* e l'*analisi della risposta in frequenza* del sistema.

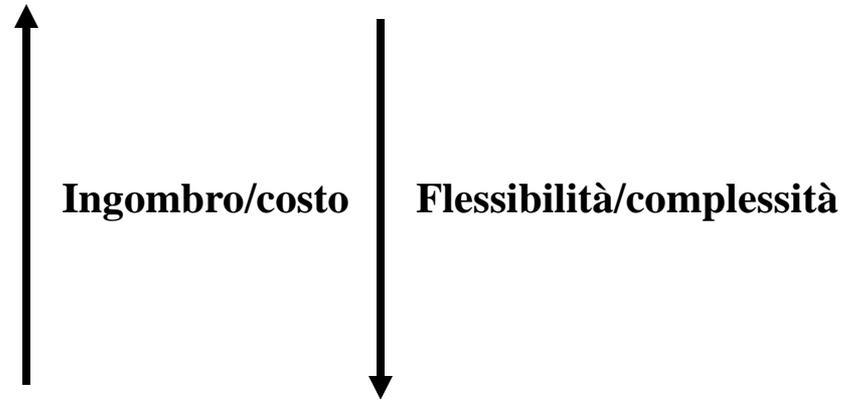
- ✦ In alcuni casi le equazioni differenziali non descrivono una realtà fisicamente esistente, ma piuttosto un oggetto che *vogliamo realizzare*.
- ✦ Ad esempio realizzazione dell'elaboratore di decisioni (controllore).

- La disciplina dei *Controlli Automatici* studia le metodologie per il progetto dei controllori.



✧ In passato i controllori erano realizzati in “analogico” con tecnologia

- ✧ Meccanica
- ✧ Idraulica o pneumatica
- ✧ Elettromeccanica
- ✧ Elettrica
- ✧ Elettronica



✧ Con i controllori elettrici ed elettronici si comincia a separare la parte di “intelligenza” da quella di “potenza” aumentando la flessibilità del controllore

✧ Il più recente sviluppo è costituito dai controllori basati su tecnologia digitale, che si stanno diffondendo in modo rapido nelle più svariate applicazioni

- ✧ I vantaggi esibiti dai controllori digitali sono:
 - ✧ Basso costo
 - ✧ Flessibilità
 - ✧ Possibilità di implementare leggi di controllo comunque complesse
 - ✧ Integrazione delle funzionalità proprie di un sistema di controllo con funzionalità di altra natura (supervisione, diagnostica, etc.)

- ✧ I controllori digitali presentano anche svantaggi:
 - ✧ Progettazione più difficile e articolata
 - ✧ Stabilità meno robusta
 - ✧ Possibilità di arresti non previsti dovuti a bug del SW
 - ✧ Necessità di utilizzare energia elettrica

- ✦ Nel corso di Fondamenti di Automatica ci occuperemo essenzialmente delle problematiche legate alla Teoria dei Sistemi
- ✦ L'analisi dei sistemi di controllo e le metodologie per il progetto dei controllori saranno illustrate nel corso di Controlli Automatici
- ✦ Le principali tecnologie per l'implementazione dei sistemi di automazione saranno invece trattate nel corso di Tecnologie dei Sistemi di Controllo