

LA MECCATRONICA

L'approccio meccatronico alla progettazione

Prof. Alessandro Gasparetto

Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura

Università degli Studi di Udine

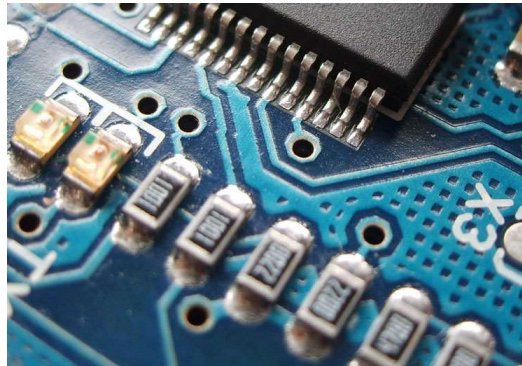
MECCATRONICA = Fusione di MECCANICA, ELETTRONICA e INFORMATICA

La **meccatronica** è la disciplina che studia il modo di far interagire tre discipline molto diverse fra loro – la **meccanica**, l'**elettronica** e l'**informatica** per la realizzazione di sistemi efficienti e con un alto grado di automazione.

Il termine **meccatronica** è stato coniato nel 1960 dalla *Japan's Yaskawa Electric Company* per identificare i sistemi meccanici in cui le performance e le funzionalità sono determinate dalla **sinergia** della **meccanica**, dell'**elettronica** e dell'**informatica**.



meccanica



elettronica



informatica

Un primo esempio di sistema mecatronico: il robot industriale

Include elementi di

- > Elettronica,
- > Meccanica,
- > Informatica

tutti fondamentali
per il funzionamento
globale del sistema



Bracci meccanici
con motori e
riduttori

Azionamenti
elettrici
(drives)



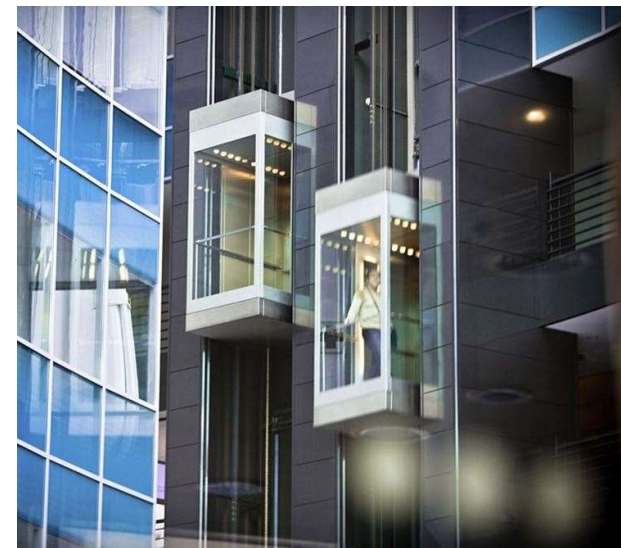
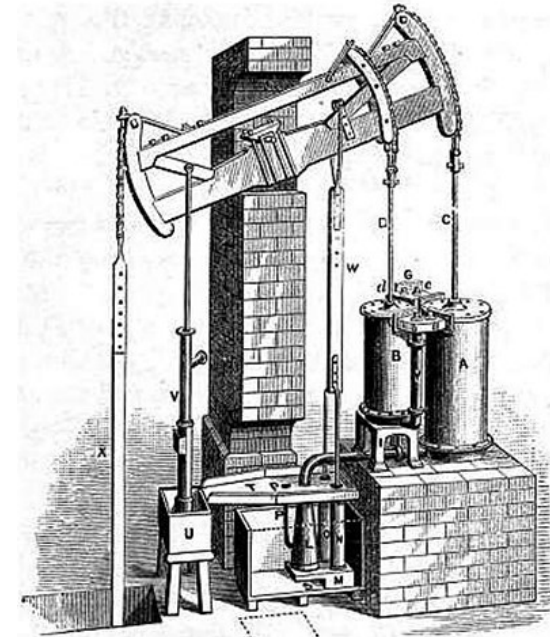
```
for (int i = 0; i <= n_sides; i++)  
{  
    double angle = ((double) i / n_sides) * 2.0 * Math.PI;  
    // calculate the next position  
    Mat pose_i = pose_ref * Mat.rot(angle) * Mat.transl(100, 0, 0) * Mat  
    // Add an instruction (comment)  
    ROBOT.RunInstruction("Moving to point " + i.ToString(), RobotK.INSTRU  
    double[] xyzwpr = pose_i.ToXYZRPM(); // read the target as XYZRPR  
    ROBOT.MoveTo(pose_i); // 5.3mm stepsize  
}
```

Name	Value
Mat.ToXYZRPM returned	[double[]]
ROBOT	[RobotK.Instance]
pose_i	[(-53.00 mm, Y=-54.733 mm, Z=520.634 mm, Rx=-190.000 deg, R]
this	[Project.RobotK.FormRobot, Text: Robot Panel HMI]
xyzwpr	[double[]]
[0]	562.9999902182767

Software di
controllo del
robot

Un altro esempio di sistema mecatronico: l'ascensore

- > Perché consideriamo l'ascensore un sistema mecatronico?
- > Primi modelli di ascensore: costituiti da carrucole azionate tramite forza umana e/o animale o da sistemi idraulici
- > Ascensori moderni:
 - sistema di controllo della posizione
 - sistema di auto-diagnosi e sicurezza elettronica
 - sistema di ottimizzazione del percorso e delle fermate



La Meccatronica è una scienza multidisciplinare

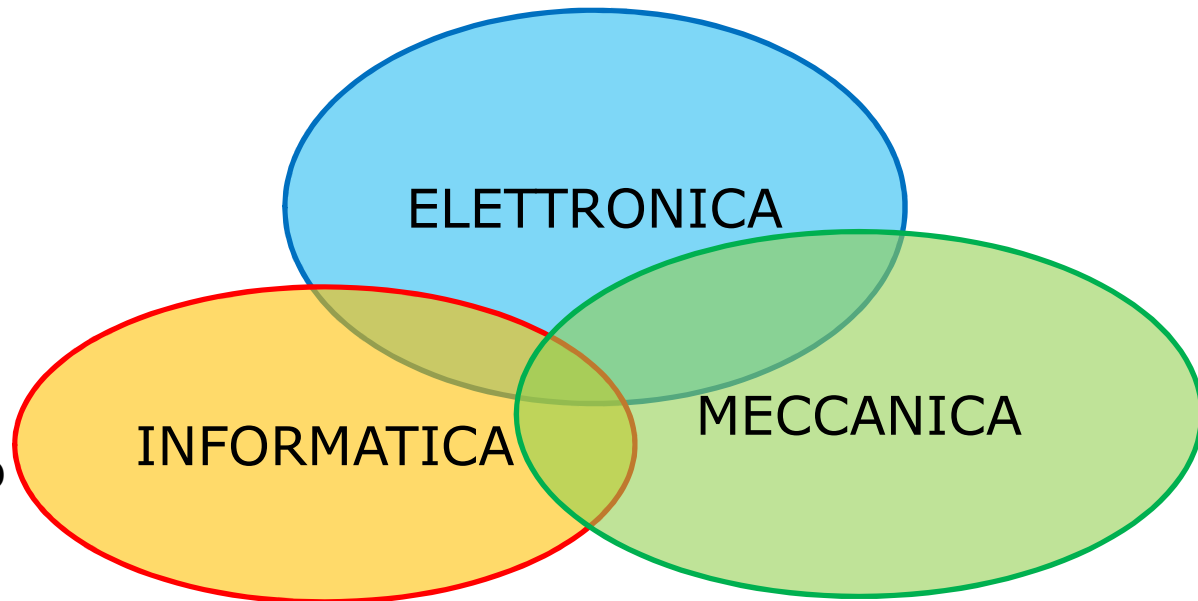
La meccatronica è un campo interdisciplinare della scienza che comprende le seguenti discipline:

- > meccanica,
- > elettronica,
- > informatica

ma anche:

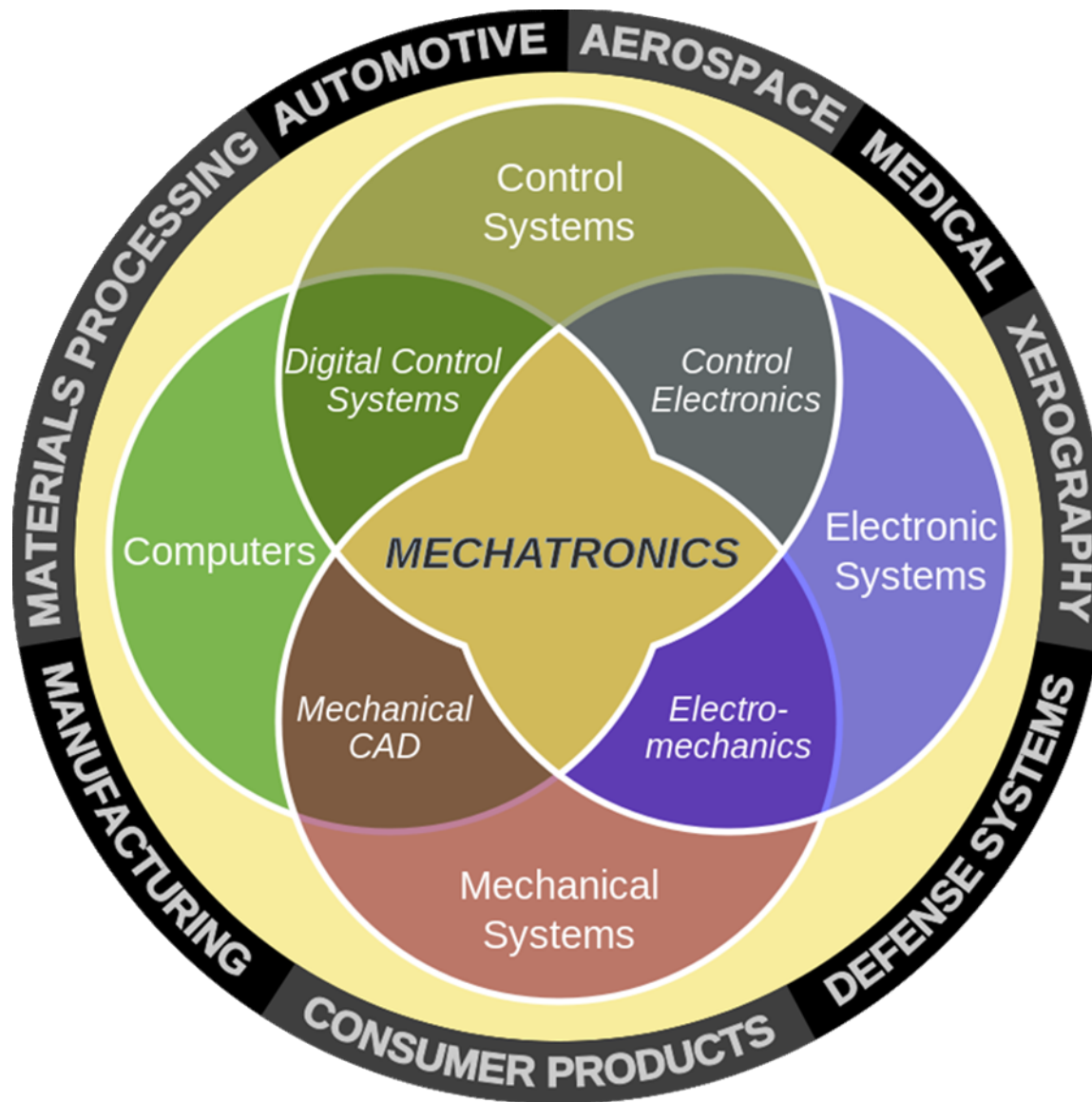
- > robotica
- > telecomunicazioni
- > sistemi di controllo
- > automazione
- > misure

- Sistemi di controllo
- Azionamenti
- Sensoristica



- Software di controllo
- Interazione uomo macchina
- Regolazione

- Elementi strutturali
- Riduttori
- Trasmissioni
- Assi



La Meccatronica è una scienza multidisciplinare: campi di applicazione

- Industria manifatturiera



- Aerospaziale



- Settore medico



- Sistemi di processo



- Militare

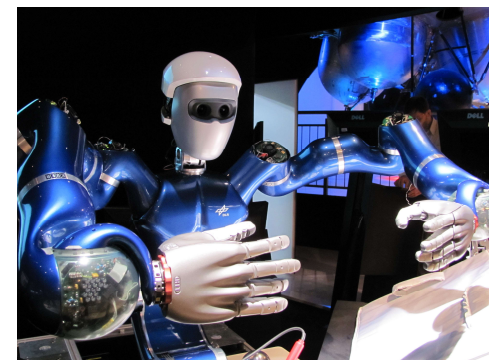


- Automotive



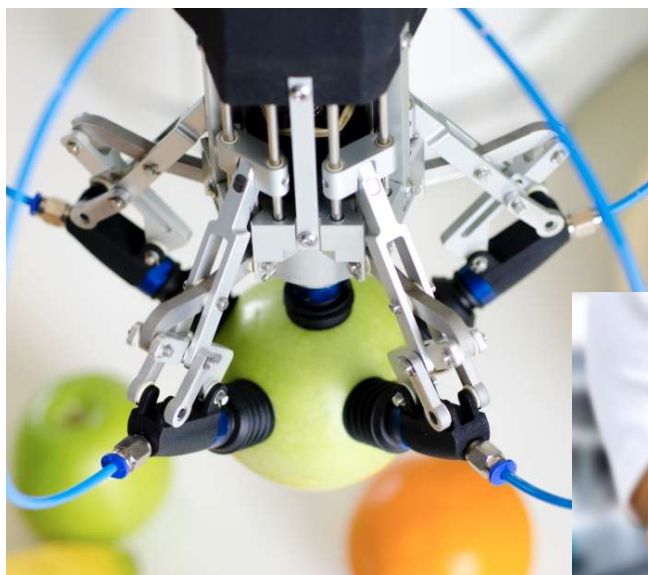
Meccatronica è una scienza multidisciplinare: campi di applicazione e «componenti»

- > Sistemi produttivi
- > Settore automotive
- > Robotica
- > Sistemi di visione
- > Sensoristica
- > Sistemi di controllo
- > Macchinari industriali
- > Sistemi di diagnosi medica
- > Packaging
- > Microcontrollori
- > Azionamenti elettrici
- > Applicazioni per smartphone
- > Macchine utensili
- > Conversione dell'energia
- > Sistemi di comunicazione
- > Industria aerospaziale
- > Trasporti
- > Componenti elettronici



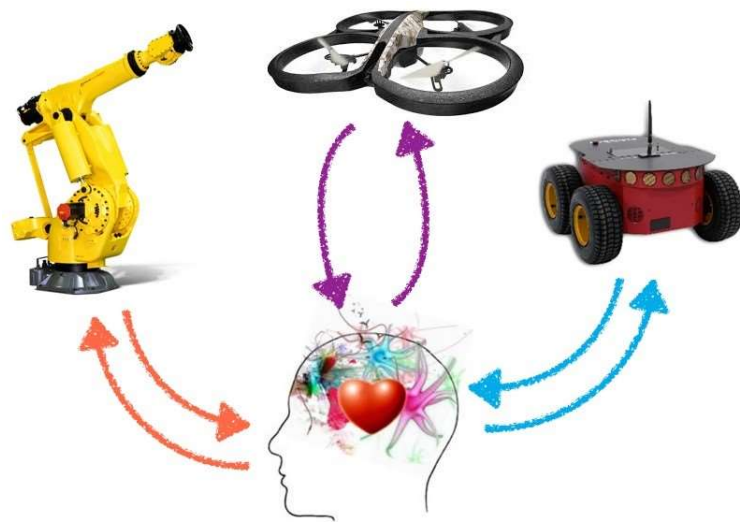
Obiettivi e risultati della Meccatronica:

- > Realizzare sistemi più efficienti e più automatizzati
- > Realizzare strutture meccaniche più affidabili, leggere, compatte
- > Migliorare la qualità del prodotto e la produttività stessa
- > Tutelare l'ambiente e razionalizzare i consumi energetici
- > Sfruttare al meglio le fonti alternative e le risorse rinnovabili
- > Migliorare le prestazioni energetiche dei dispositivi



Obiettivi e risultati della Meccatronica:

- > Migliorare le funzioni convenzionali dei sistemi
- > Aggiungere nuove funzioni operative
- > Migliorare l'interazione uomo - macchina
- > Ridurre i costi di produzione a parità di prestazioni
- > Migliorare le condizioni di lavoro
- > Migliorare la sicurezza sul lavoro



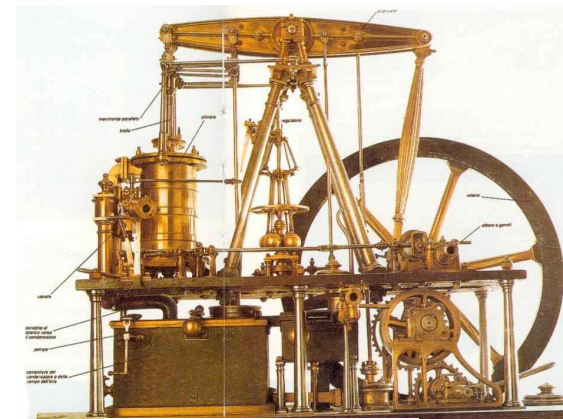
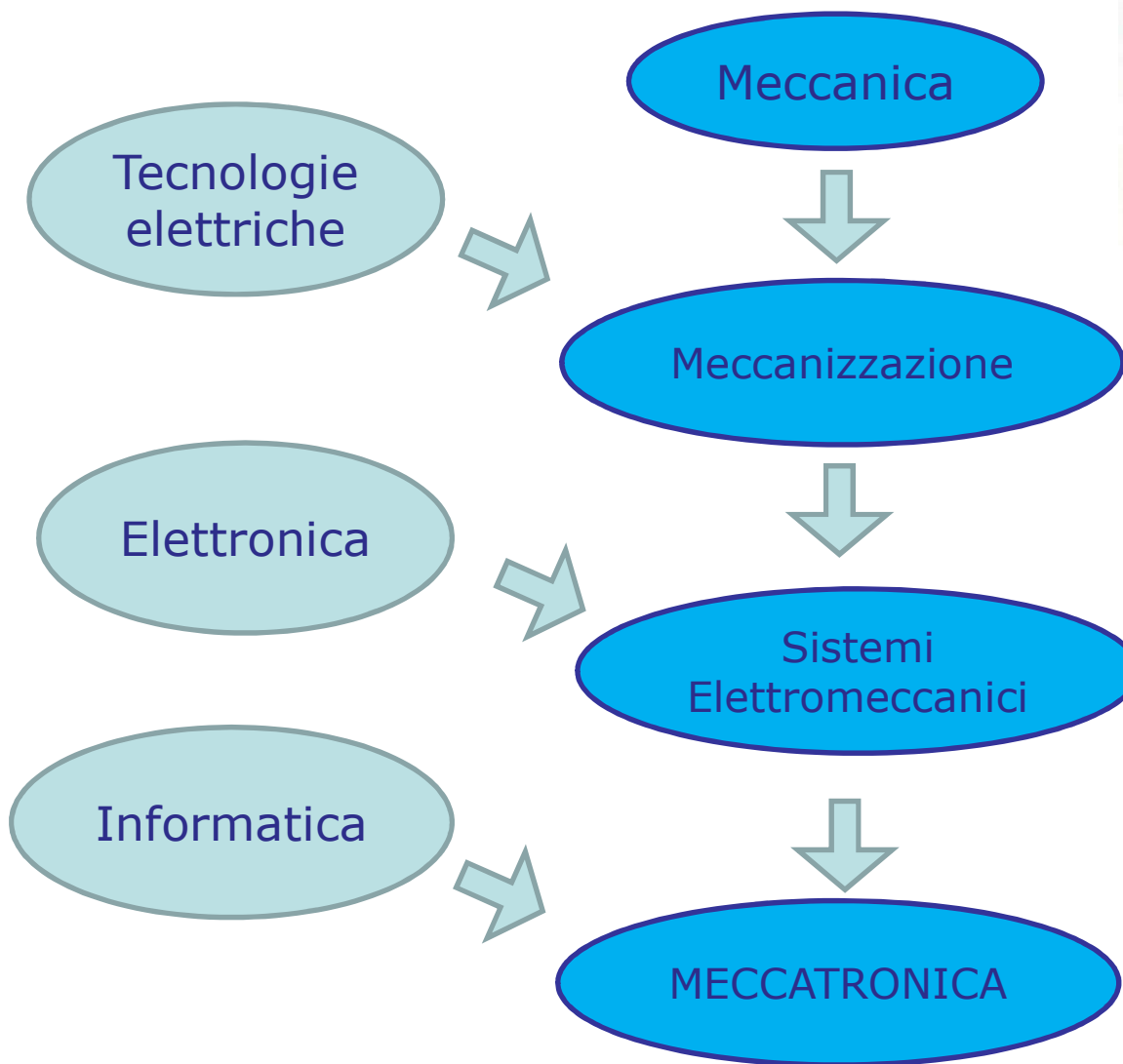
Dalla Meccanica alla Meccatronica

- > Molti sistemi che un tempo erano semplicemente «meccanici» ora possono essere considerati «meccatronici»
- > L'approccio meccatronico prevede l'utilizzo di dati provenienti da sensori per comandare gli attuatori in maniera intelligente

1. Acquisire dati dai sensori
2. Elaborare i dati
3. Comandare gli attuatori



Dalla Meccanica alla Meccatronica



Dalla Meccanica alla Meccatronica

- > Fino al 1900: sistemi puramente **meccanici** (telaio meccanico, macchine a vapore, motori a combustione interna)
- > 1920: introduzione di **motori elettrici** nei sistemi meccanici (macchine utensili, pompe)
- > 1935: diffusione dei primi **sistemi meccanici parzialmente automatizzati**
- > 1955: sviluppo dei primi sistemi meccanici con **controllo elettronico analogico**, inizio dello sviluppo di calcolatori digitali
- > 1975: diffusione di sistemi meccanici con **controllo digitale** (microprocessori)

Dalla Meccanica alla Meccatronica

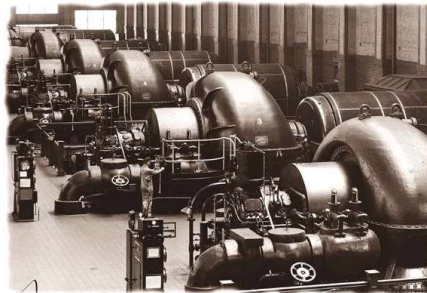
- > 1975: diffusione di sistemi dotati di **automazione** (macchine utensili, robot industriali, dispositivi di largo consumo)
- > Anni 1990: sviluppo di **sistemi meccatronici**, integrazione della meccanica e dell'elettronica, diffusione di nuove funzionalità date da software, sinergia di tecnologie diverse
- > Anni 2000: **meccatronica avanzata**, diffusione di robot umanoidi, sistemi di interazione uomo – macchina sempre più performanti, robot autonomi
- > Anni 2010: Robot collaborativi, **Industria 4.0 e smart factory**, integrazione di sistemi meccatronici e cyberfisici nella produzione industriale, utilizzo di tecniche di **intelligenza artificiale**

Le quattro rivoluzioni industriali

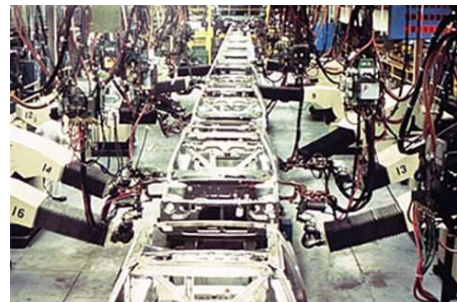
1° rivoluzione industriale
XVIII secolo



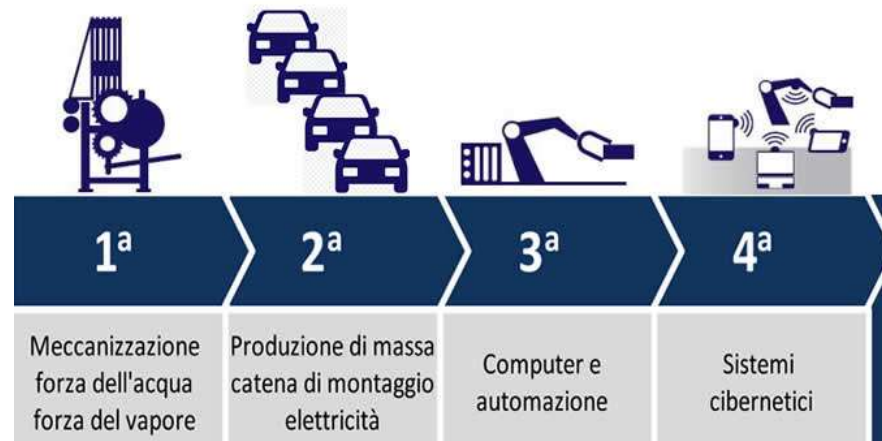
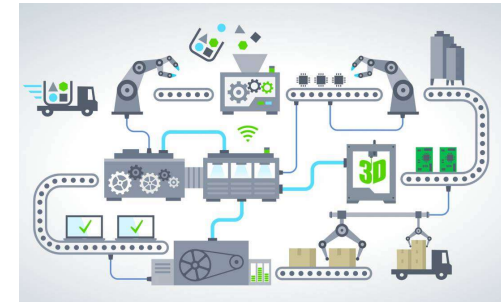
2° rivoluzione industriale
XX secolo



3° rivoluzione industriale
Anni '70



4° rivoluzione industriale
oggi



La Meccatronica e il concetto di Industria 4.0

- > La meccatronica è parte integrante della quarta rivoluzione industriale
- > **L'industria 4.0** e il concetto di **fabbrica intelligente** e **Internet of Things** prevedono un utilizzo diffuso di sistemi meccatronici avanzati a supporto e ottimizzazione della produzione industriale



La meccatronica nel settore automotive

- > Settore automobilistico: esempio classico di sistemi meccatronici
- > Nel corso degli ultimi trent'anni si è vista un'integrazione di un numero sempre più considerevole di componenti elettroniche

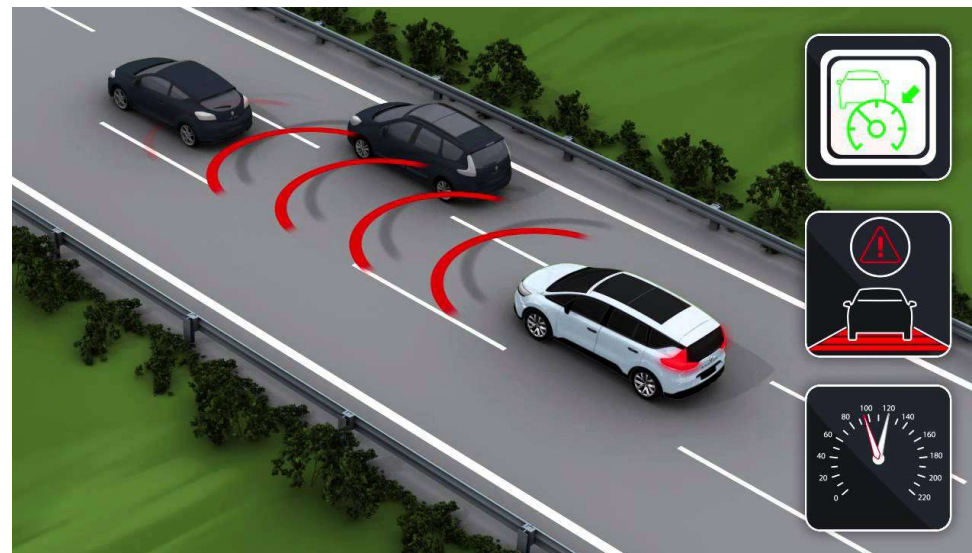
Ad esempio:

- > Sistema elettronico di accensione che fa scoccare la scintilla all'istante opportuno
- > Iniezione elettronica, che ha sostituito il carburatore e ottimizzato l'efficienza del motore e i consumi di carburante



La mecatronica nel settore Automotive - II

- > Sistema per il controllo elettronico della frenata (Automatic Braking System, ABS), in grado di modulare la frenata in maniera da evitare il bloccaggio delle ruote
- > Sistema per il controllo elettronico della accelerazione (Traction Control system, TCS), che regola l'iniezione elettronica per evitare lo slittamento delle gomme durante fasi di accelerazione spinta
- > Introduzione di sistemi di rilevamento pedoni, lane assistance, guida autonoma



La meccatronica in ambito aeronautico

- > Precisione nelle manovre
- > Sicurezza e affidabilità
- > Prestazioni adeguate alla richiesta
- > Flessibilità di adattamento a variazione delle condizioni operative
- > Capacità di monitoraggio e riconfigurazione
- > Lettura di dati da sensori per controllare e governare le operazioni in tempo reale



La mecatronica nelle macchine automatiche

- > Ciclo di funzionamento: sequenza di movimenti ripetibile per eseguire le necessarie operazioni sul prodotto
- > Movimenti generati da organi meccanici che insieme formano la **catena cinematica**:
 - Alberi, trasmissioni, catene, cinghie, ingranaggi...
 - Leve, camme, intermittori, riduttori...
- > La fonte primaria dell'energia meccanica è il motore principale (tipicamente elettrico)
- > L'utilizzo di un unico motore principale porta alla progettazione di macchine molto complesse che devono essere in grado di distribuire il movimento dal motore principale all'utilizzatore



La mecatronica nelle macchine automatiche

- > Anni '80/'90: l'elettronica ha consentito di controllare con efficacia la posizione e la dinamica dei motori
- > Si sono diffusi motori ad alta efficienza, alta dinamica e basso costo (brushless o servomotori)
- > La nascita della mecatronica ha rimosso le catene cinematiche pesanti che sono state sostituite da servomotori situati direttamente dove serve il movimento
- > Il comando ed il controllo elettronico del motore consentono di effettuare il movimento desiderato
- > La sincronizzazione di tutti i motori ora è elettronica e non più meccanica

L'approccio meccatronico alla progettazione

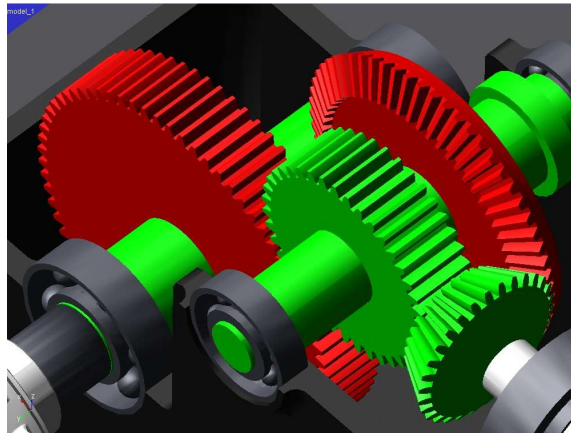
- > E' necessaria una sinergia di tutte le competenze presenti in Azienda (non come compartimenti stagni ma secondo un'approccio di condivisione)
- > Tutti gli aspetti utili alla realizzazione del prodotto devono essere tenuti in considerazione simultaneamente
- > Concetto di **Concurrent Engineering** (approccio alla progettazione integrata di un prodotto e del processo produttivo):
 - per migliorare il processo di progettazione
 - per supportare lo sviluppo di nuove macchine con la prototipazione virtuale considerando l'interazione e integrazione di tutti i vari componenti

L'approccio mecatronico si può applicare alla progettazione di:

> Sistemi



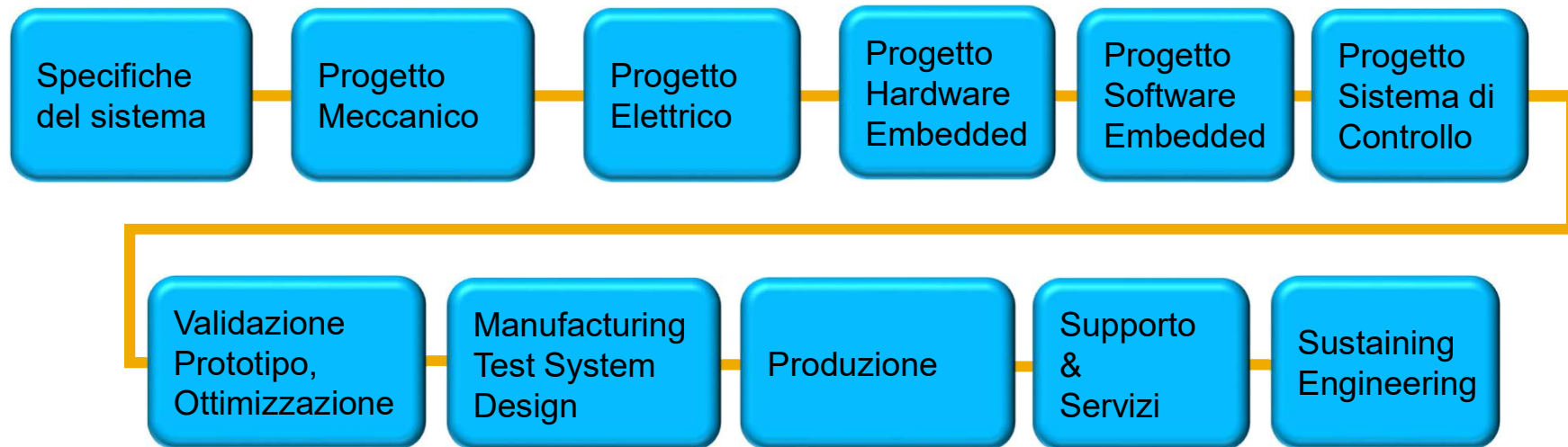
> Sotto-Sistemi



> Microsistemi

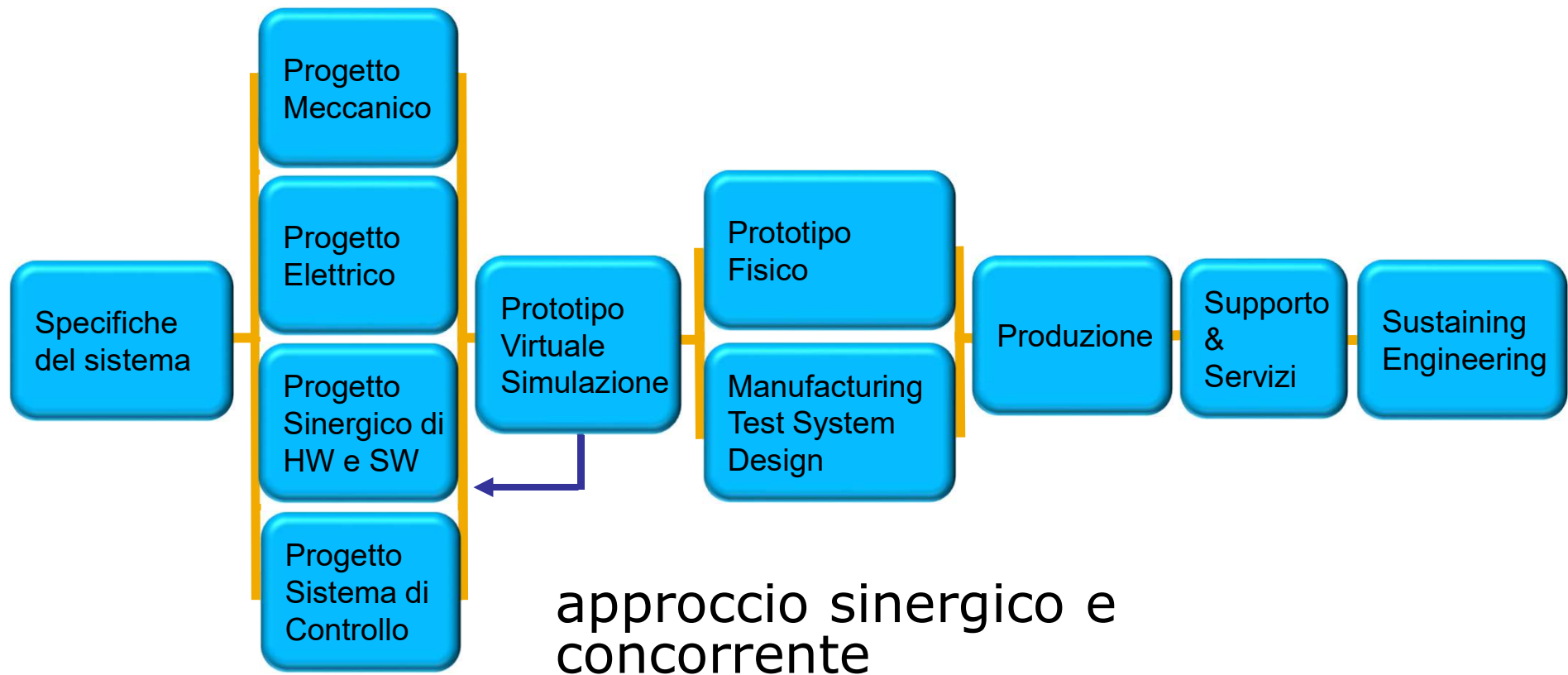


Approccio tradizionale alla progettazione



approccio sequenziale

Approccio mecatronico alla progettazione



Per conseguire gli obiettivi di controllo, precisione, sicurezza, prestazioni occorre:

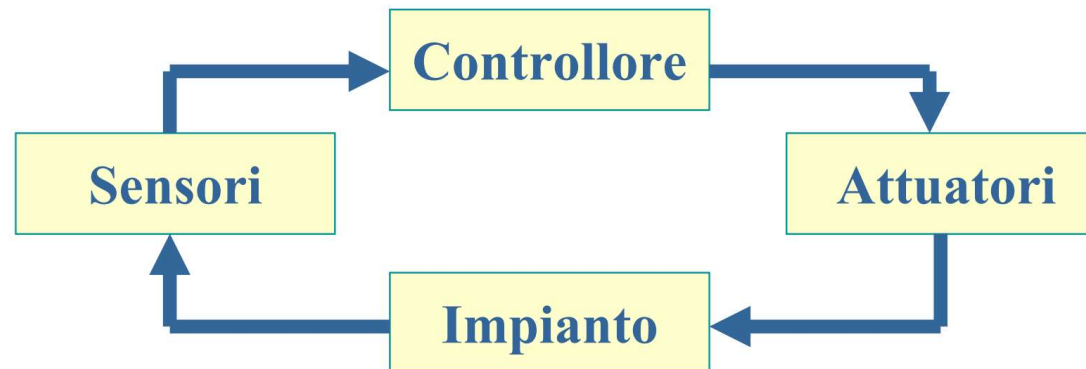
- > La conoscenza dell'intero sistema da progettare, il suo funzionamento e i suoi punti critici
- > La conoscenza delle variabili che caratterizzano il processo stesso
- > Una visione omnicomprensiva («olistica») del sistema in esame
- > Capacità di formulare un **modello matematico** che descriva il sistema in modo completo e predica in modo affidabile il suo comportamento e la sua evoluzione nel tempo

E' inoltre opportuno:

- > Controllare i flussi di energia in gioco nel sistema meccatronico
- > Identificare sorgenti, localizzare perdite e dissipazioni di energia
- > Conoscere i meccanismi e le modalità di conversione dell'energia
- > Prevedere un eventuale sistema di approvvigionamento energetico e controllo della conversione di energia (**Energy Harvesting**)
- > Disporre di un flusso di informazione distribuita nel sistema
- > Utilizzare **sensori** per misurare le grandezze fisiche significative che permettono una diagnosi e fungono da dispositivi di allarme

Dalla misura al controllo

- > L'importanza di sensori/trasduttori in mecatronica: sistema di controllo in anello chiuso
- > I compiti svolti dal «cervello umano» vengono attribuiti a un controllore che utilizza l'errore tra segnale di riferimento e variabile misurata (da sensori/trasduttori) per agire sul processo (sugli attuatori del sistema)
 1. I dati sulla grandezza effettiva sono acquisiti tramite i **sensori**
 2. Il **controllore** confronta il valore effettivo con il valore desiderato
 3. Il controllore pilota opportunamente gli **attuatori**, sulla base dell'errore tra il segnale di riferimento e la grandezza misurata



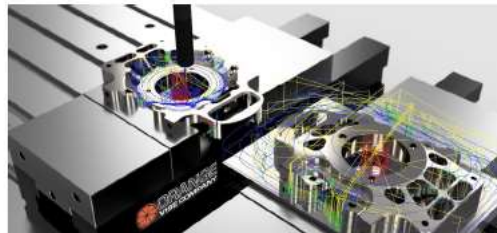
Eccellenza in meccatronica in Friuli Venezia Giulia: LAMA FVG - Laboratorio di Meccatronica Avanzata

- > Centro tecnologico internazionale d'eccellenza per l'innovazione di prodotto e processo in ambito industriale
- > Settori biomedicale, aerospaziale, automobilistico, meccanico
- > Progettazione, sviluppo e produzione di componenti meccanici, attrezzature e sistemi meccatronici avanzati
- > Tecnologie innovative come stampa 3D di componenti metallici, robotica collaborativa e strumenti della nuova industria intelligente 4.0

Selective Laser Melting - Stampa 3D
di componenti metallici



Ingegneria virtuale



Robotica avanzata



Fabbrica digitale



Conclusioni

- > La Meccatronica è una disciplina nata dalla fusione di **meccanica**, **elettronica** e **informatica**
- > La «cultura» meccatronica, basata sull'«**approccio meccatronico**», favorisce soluzioni ibride più efficienti e performanti
- > L'approccio meccatronico alla progettazione prevede una **progettazione integrata**, è un approccio sinergico e concorrente
- > Occorre una **visione globale del sistema**, del problema tecnico e delle possibili soluzioni per raggiungere gli obiettivi di riduzione dei costi, precisione, sicurezza e affidabilità

Grazie per l'attenzione

alessandro.gasparetto@uniud.it