

# Lezione 1.

# Introduzione

# Schema

1. Che cos'è l'Automatica? A cosa serve?
  - *Il problema del controllo*
  - *Modellistica del sistema (relazioni causa-effetto)*
  - *Controllo in anello chiuso e in anello aperto*
  - *Disturbi e incertezza*
2. Dov'è l'Automatica?

# 1. Che cos'è l'Automatica? A cosa serve?

Insieme di discipline che forniscono strumenti (matematici e tecnologici) per la *specifica*, l'*analisi*, il *progetto* e la *gestione* di

**sistemi automatici di controllo**

L'Automatica si occupa di (definire e) risolvere i

**problemi di controllo**

- 1) Quali discipline?
- 2) Quali strumenti?
- 3) Cos'è un problema di controllo?

## problema di controllo

Si ha un problema di controllo ogni volta che si desidera **imporre** ad un **sistema** un **comportamento desiderato**.

- 1) Che cosa intendi per sistema?
- 2) E cos'è un "comportamento desiderato"?

## Esempio

### Controllo della velocità di un autovettura

Si desidera **imporre** ad un'**auto** (è un sistema!) un'andatura a **velocità costante** (il comportamento desiderato!).



Un autoveicolo è un esempio di **sistema**.

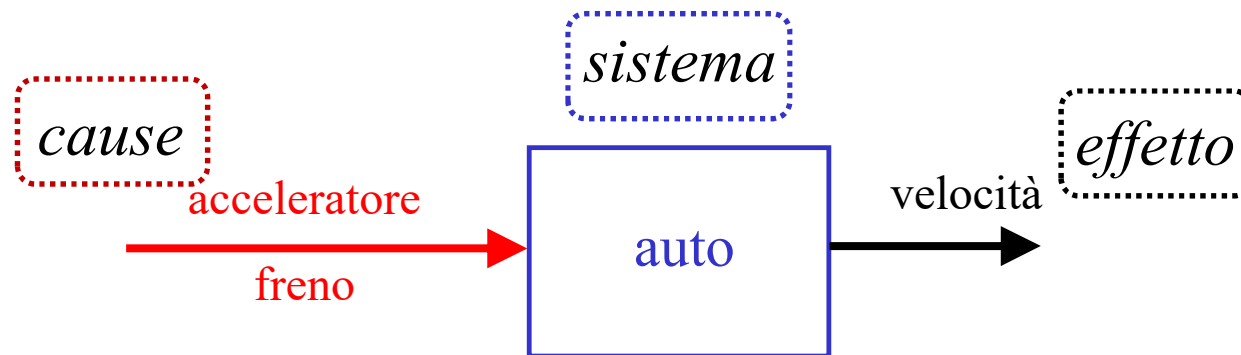
Mantenere una velocità costante è un esempio di **comportamento desiderato** (che si vuole imporre al sistema).

Più specificamente il comportamento desiderato del sistema viene “trasformato/tradotto” in un **andamento desiderato per una (o più) variabile** (quella che rappresenta tale comportamento), detta **variabile di riferimento**.

Per mantenere una velocità costante possiamo agire sui pedali di freno ed acceleratore.

Ho individuato una **relazione causa-effetto**.

Dove è possibile individuare una relazione causa-effetto, lì c'è un **sistema** (nel senso dell'Automatica).



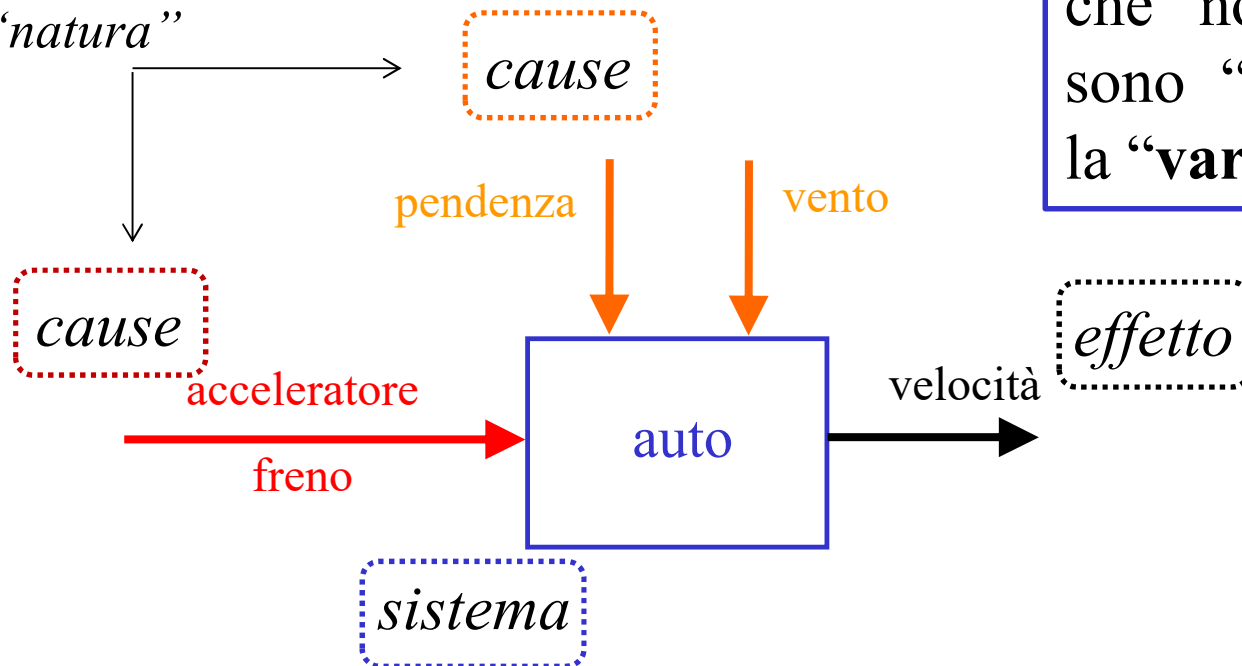
E' una rappresentazione schematica.

Il sistema e' un "blocco", le cause frecce entranti (ingressi), gli effetti frecce uscenti (uscite).

Formalizzeremo più avanti questo strumento [schema a blocchi]

È facile individuare le cause giuste? Non sempre...  
Inoltre: acceleratore e freno non sono le uniche cause di variazione di velocità. Per es. anche la pendenza della strada, il vento,...

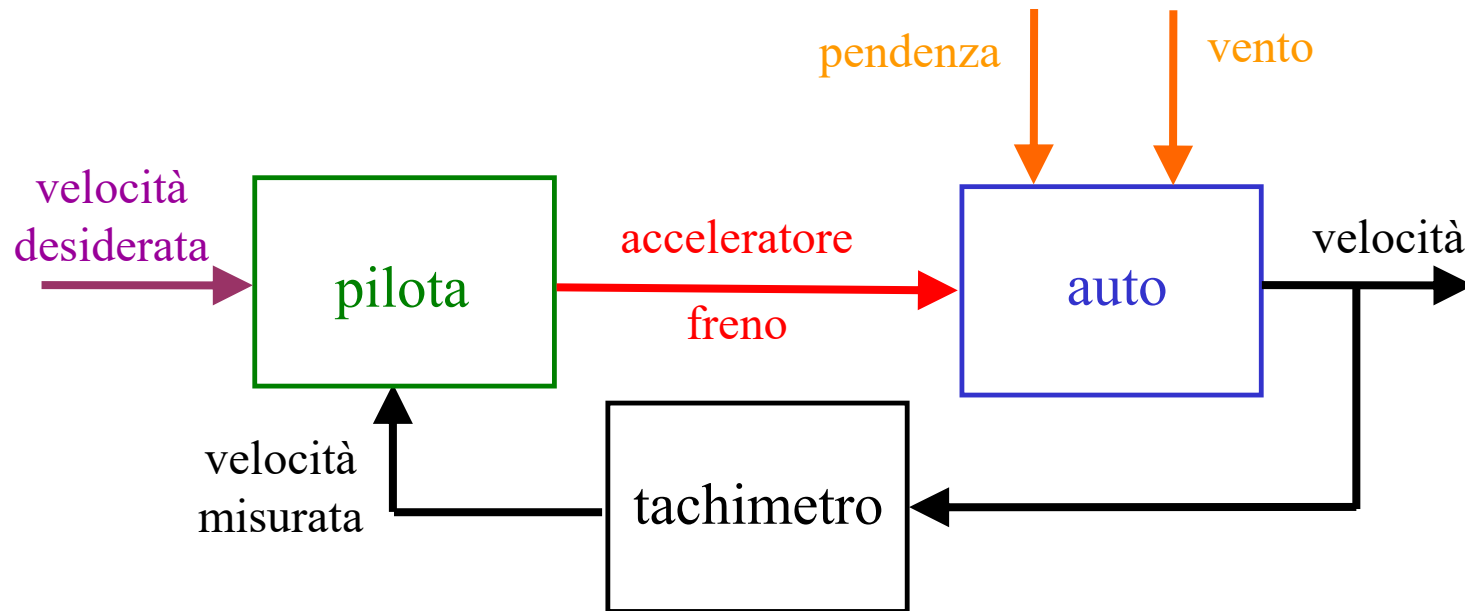
Cause di diversa  
"natura"



Le cause che è possibile utilizzare per risolvere il problema di controllo sono “**azioni di controllo**”; quelle che non sono manipolabili sono “**disturbi**”. L’effetto è la “**variabile controllata**”.

Mantenere costante la velocità del veicolo a 75 mph  
(circa 130 km/h) guardando il tachimetro non è difficile...





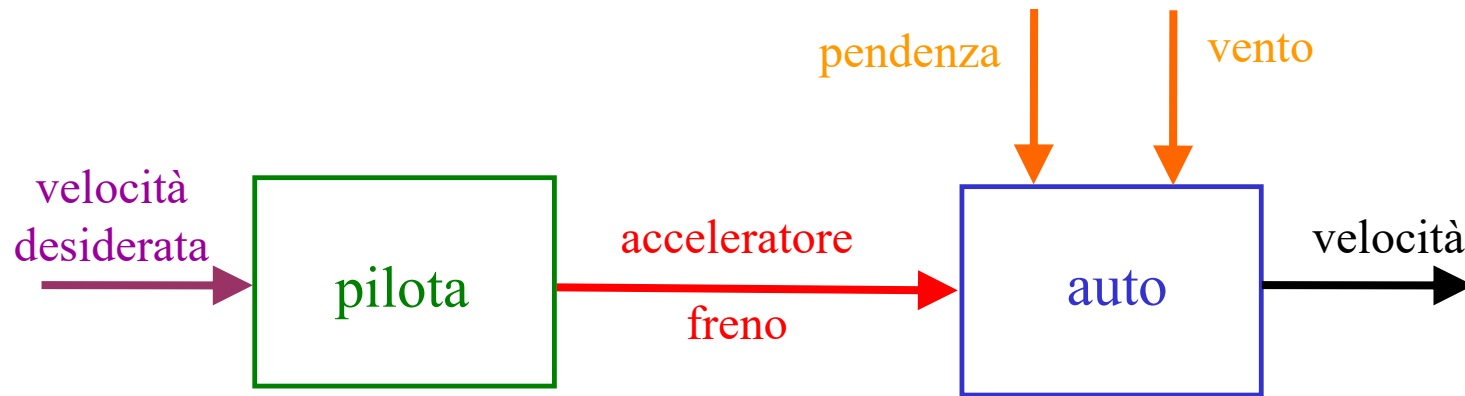
Mantenere costante la velocità a 75 mph è l'**andamento desiderato**, il **requisito** del problema di controllo.

Per risolvere il problema di controllo è sufficiente decidere una **strategia di controllo**, per es. basata sul **confronto tra velocità desiderata e velocità misurata**: se la velocità è bassa, schiaccio l'acceleratore; se è alta rilascio l'acceleratore o freno.

E' anche possibile compensare l'effetto di eventuali **disturbi** (ne conosco gli effetti sulla velocità, perchè la misuro).

Mantenere costante la velocità senza guardare il tachimetro è decisamente più difficile ...





L'**azione di controllo** è funzione solo della **velocità desiderata**, non si dispone più della misura.

E' necessario conoscere il legame tra l'azione sui pedali e la velocità del veicolo (è indispensabile un **modello (matematico) del sistema**).

Infatti il **pilota** deve invertire il modello, cioè dalla relazione causa-effetto tra pedali e velocità, ottenere la relazione inversa effetto(desiderato)-causa.

E' molto più difficile compensare l'effetto dei **disturbi** (bisognerebbe misurare anche loro...)

Prima lezione imparata dall'esempio. ..

Un **problema di controllo** si pone quando si desidera imporre un **comportamento desiderato ad un sistema**.

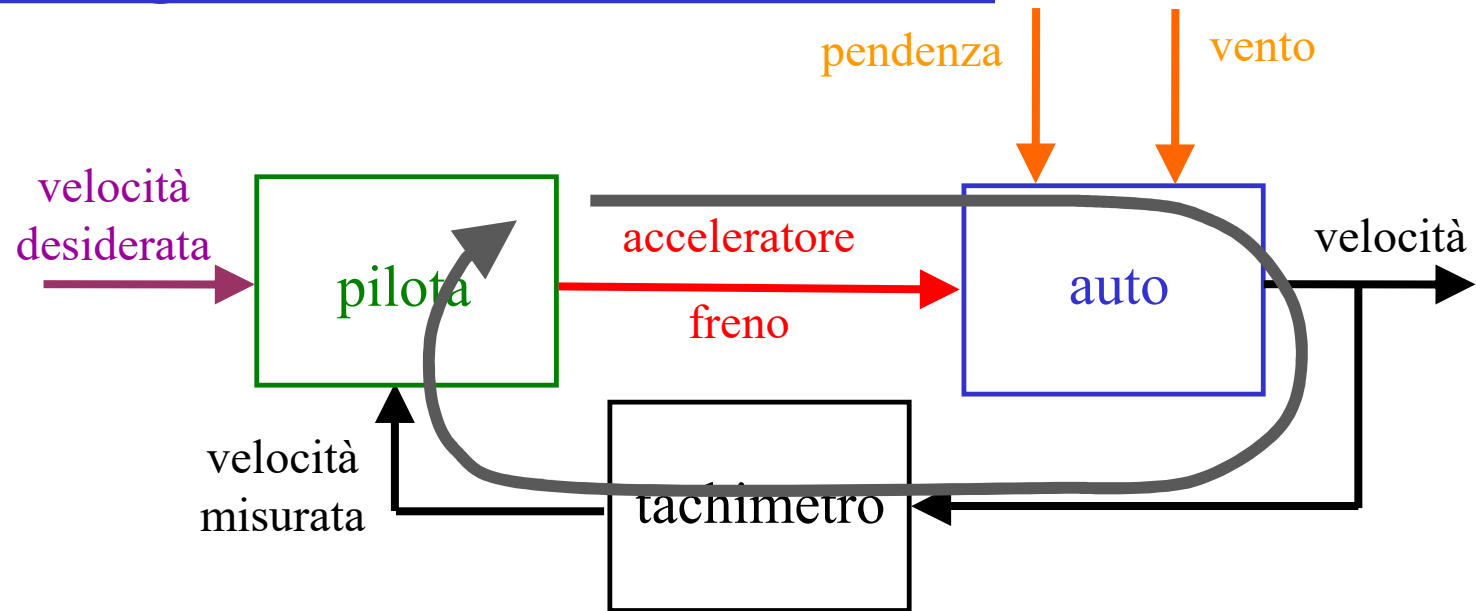
Concretamente ciò si ottiene facendo in modo che alcune **variabili** (dette **variabili controllate**) **abbiano un determinato andamento** (nel tempo) definito dall'andamento (nel tempo) di **variabili di riferimento**.

*Seconda lezione imparata dall'esempio. ..*

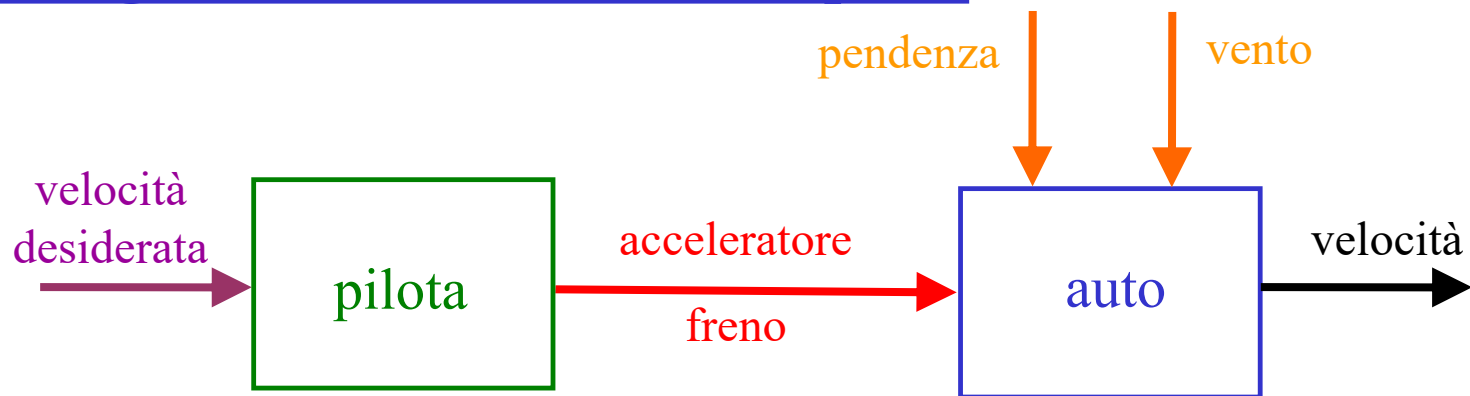
Esistono due principali strategie di controllo, una delle quali sfrutta le **misure**.

Disponendo della **misura** delle variabili controllate è possibile utilizzare una **strategia di controllo in anello chiuso** (in retroazione, in **feedback**).

## Strategia di controllo in anello chiuso



## Strategia di controllo in anello aperto



*Terza lezione imparata dall'esempio. ...*

Per risolvere il problema di controllo è necessario individuare delle variabili (**azioni di controllo**) su cui agire per ottenere l'andamento desiderato delle **variabili controllate** (serve una **relazione causa-effetto**).

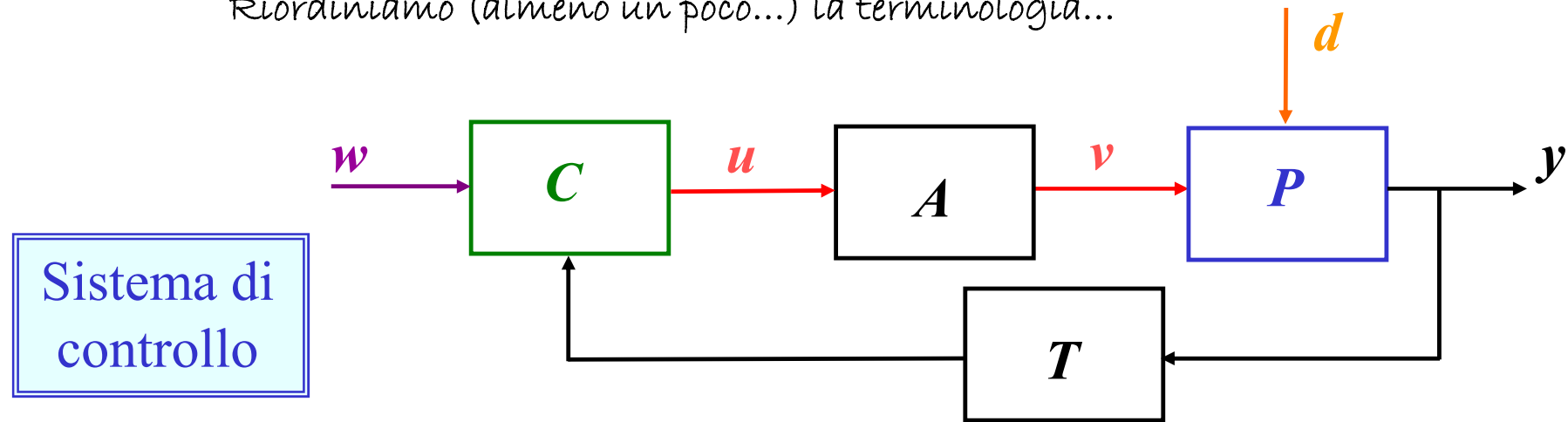
Concretamente, è necessario disporre di un **modello (matematico) del sistema da controllare**, una descrizione matematica della relazione causa-effetto.

*Quarta lezione imparata dall'esempio. ...*

Sul sistema possono agire **disturbi**.

La strategia di controllo in anello chiuso è (intrinsecamente) in grado di tenere conto della presenza di disturbi e, se opportunamente congegnata, è in grado di compensarne/ridurne gli effetti.

Riordiniamo (almeno un poco...) la terminologia...



- P*** sistema sotto controllo (processo, impianto)
  - A*** attuatore
  - C*** controllore (regolatore)
  - T*** trasduttore (misuratore, sensore)
- SISTEMI**
- 
- y*** variabile controllata (uscita)
  - u*** azione di controllo (ingresso manipolabile)
  - d*** disturbo (ingresso non manipolabile)
  - w*** variabile di riferimento (andamento desiderato)
- SEGNALI**

Il pilota è un controllore, ma non certo automatico!!

Il **controllore** deve essere dotato di **intelligenza**.

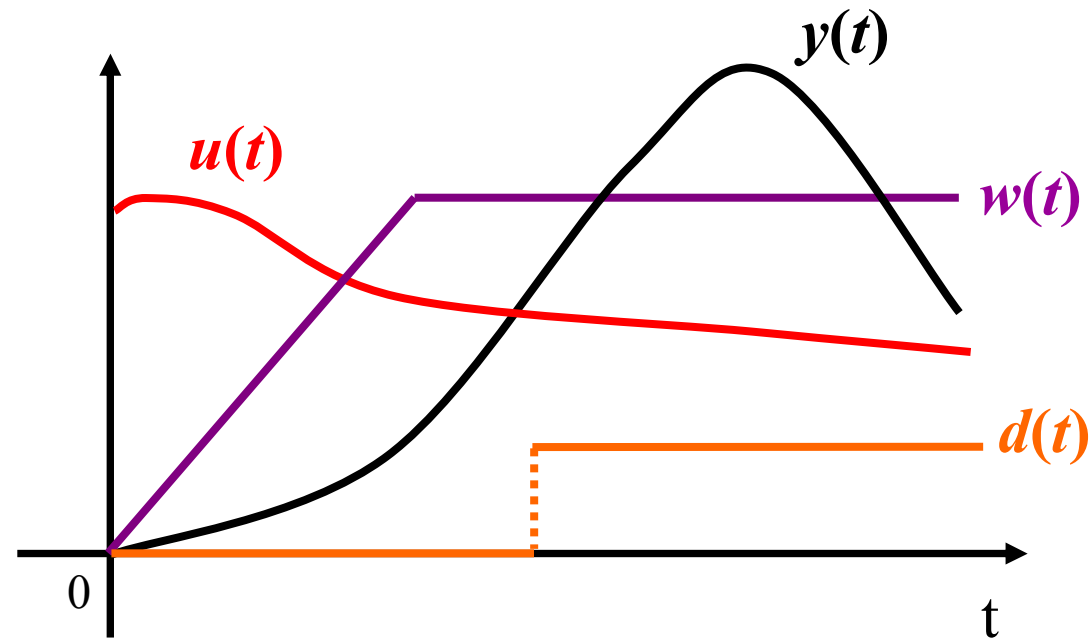
Ripensando all'esempio, il pilota deve decidere:

- 1) se aumentare o diminuire la velocità;
- 2) quanto spingere sul pedale dell'acceleratore per aumentare la velocità (e viceversa per diminuirla);
- 3) se usare anche il pedale del freno per diminuirla.

E' possibile scrivere un **algoritmo** che esegua queste operazioni in modo corretto ed adeguato a seconda della situazione. Tale algoritmo si dice **legge di controllo** ed è il cuore del **controllore automatico**.

Cosa sono i segnali, le variabili in gioco ?

Le variabili  $y$ ,  $u$ ,  $d$ ,  $w$  sono descritte da **funzioni reali della variabile reale  $t$**  (indice temporale)

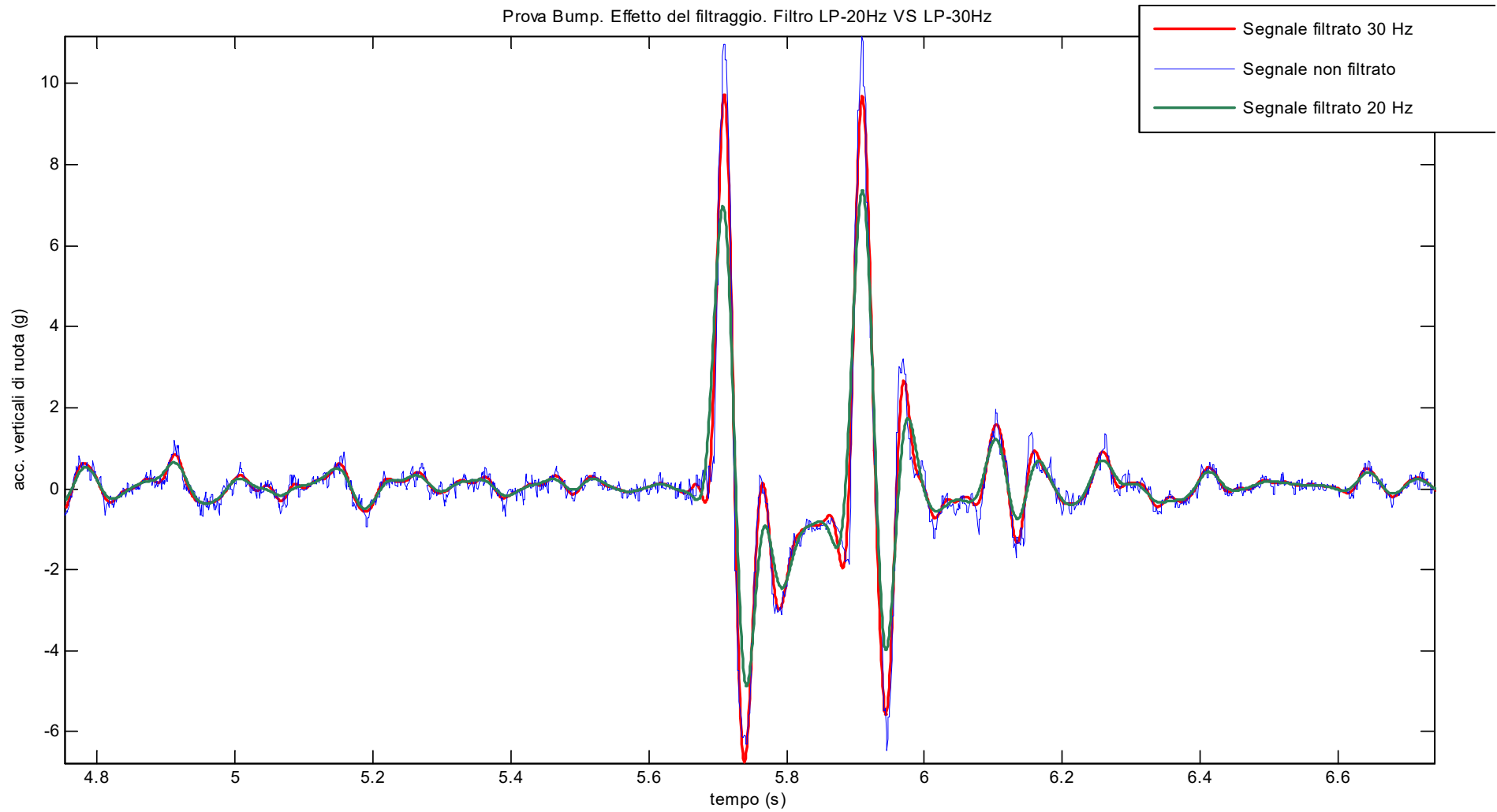


Un **segnale** descrive l'**andamento temporale** di una variabile (in generale misurabile).

# Esempi di segnali

## ACCELEROMETRO [g]

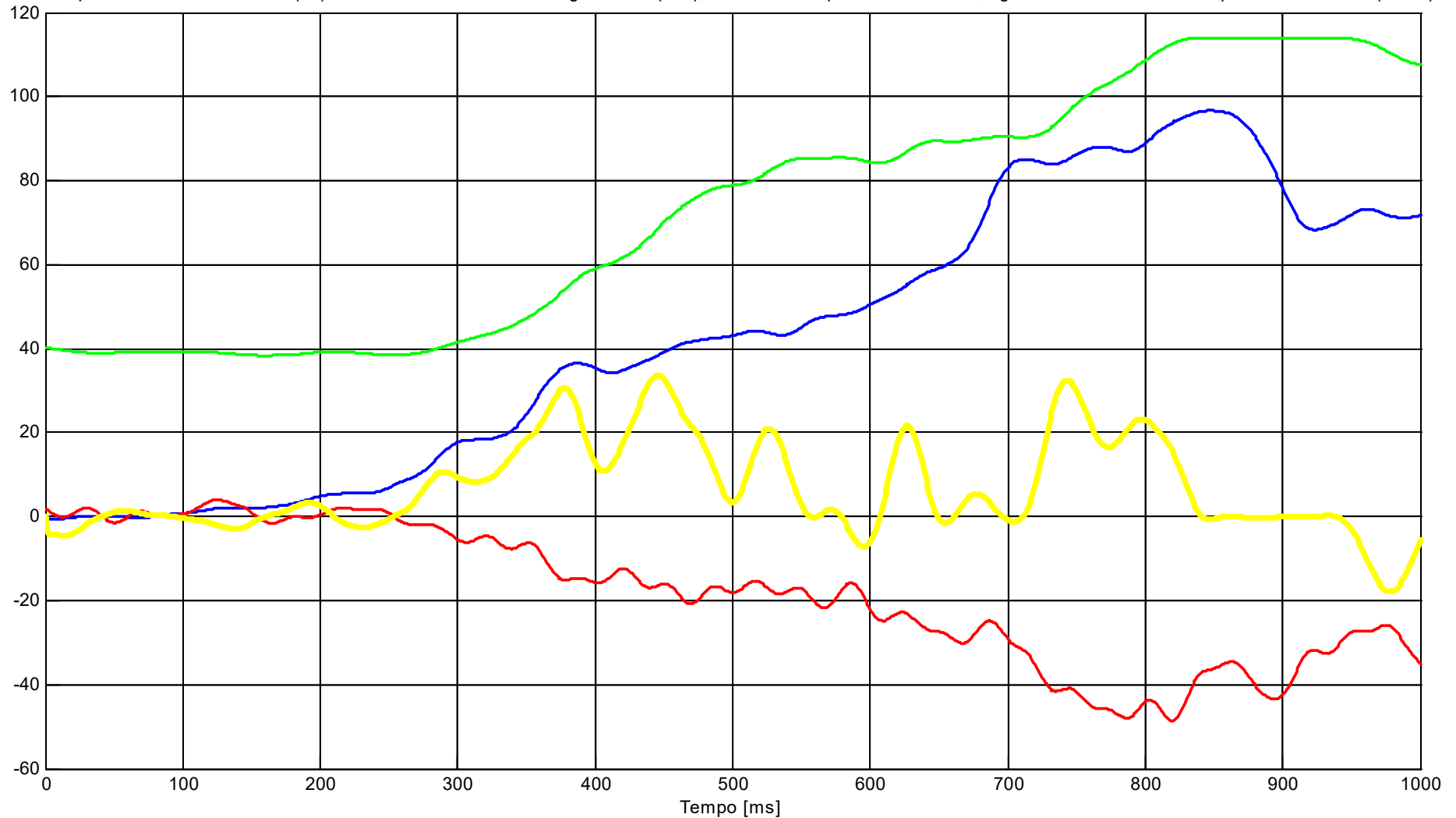
Prova Bump. Effetto del filtraggio. Filtro LP-20Hz VS LP-30Hz



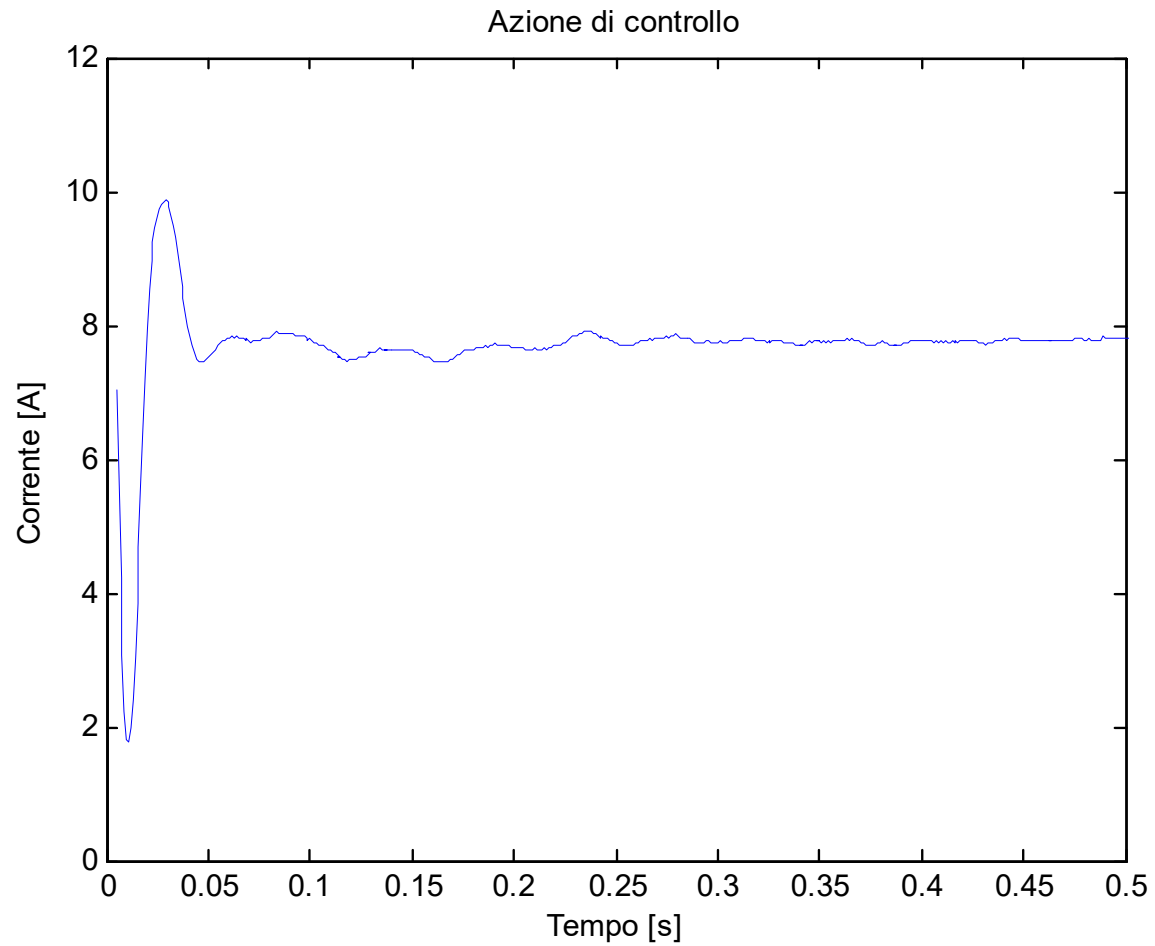
# SENSORE DI PRESSIONE [bar] – ACCELEROMETRO [g] – ESTENSIMETRO [mm]

ANALISI TEMPORALE NELLA FRENATA DA 70 km/h:

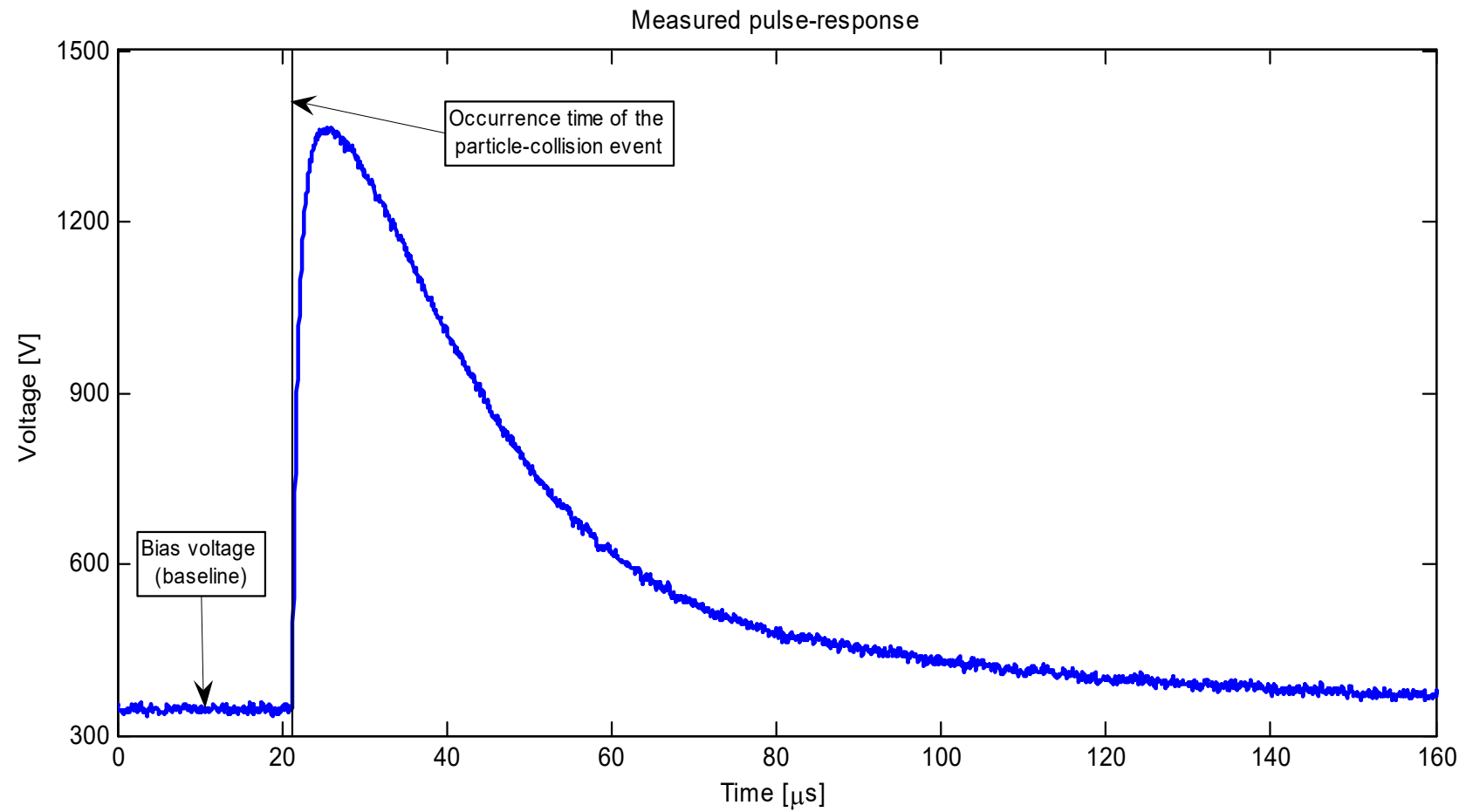
blu = pressione freno anteriore (x7); rosso = accelerazione longitudinale (x40); verde = compressione forcella; giallo = derivata della compressione forcella (x1/10)



# CORRENTE [A]

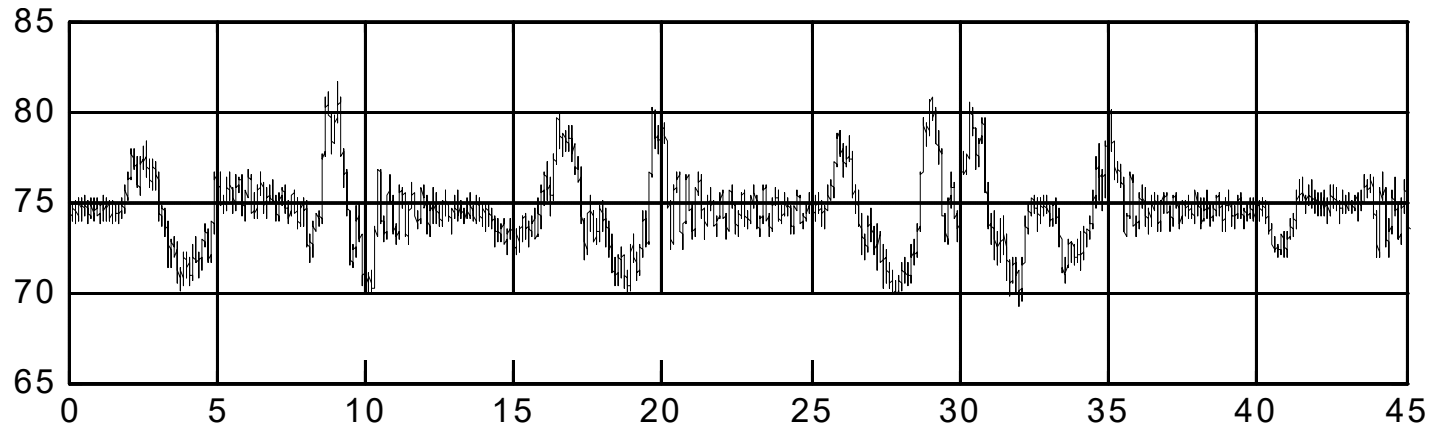


# TENSIONE [V]

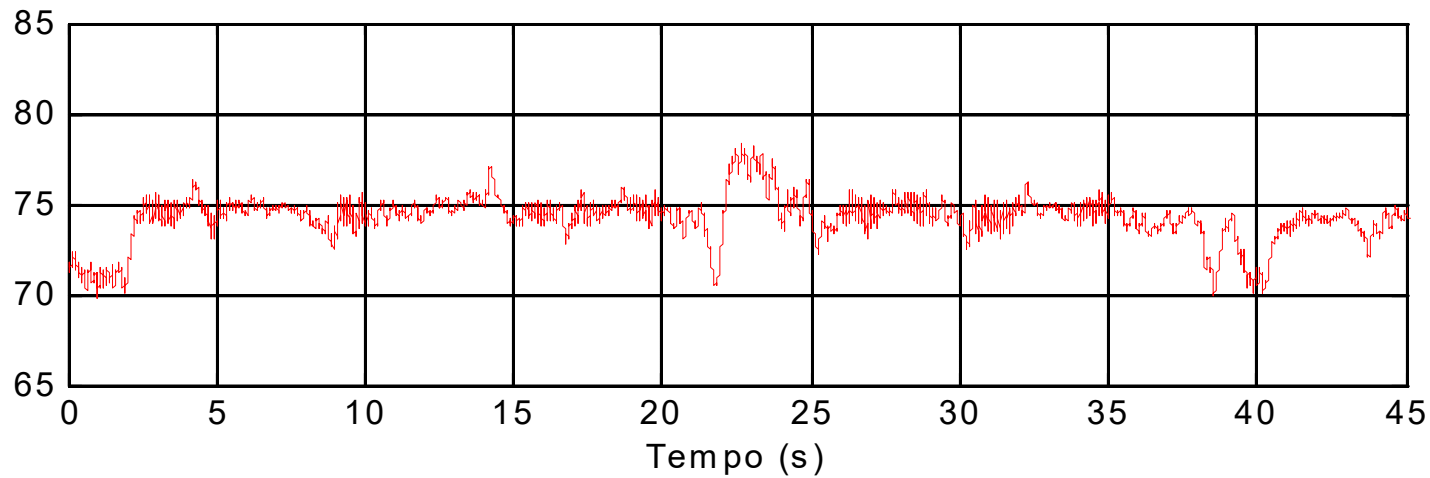


# FORZA [kgp] (Cella di carico)

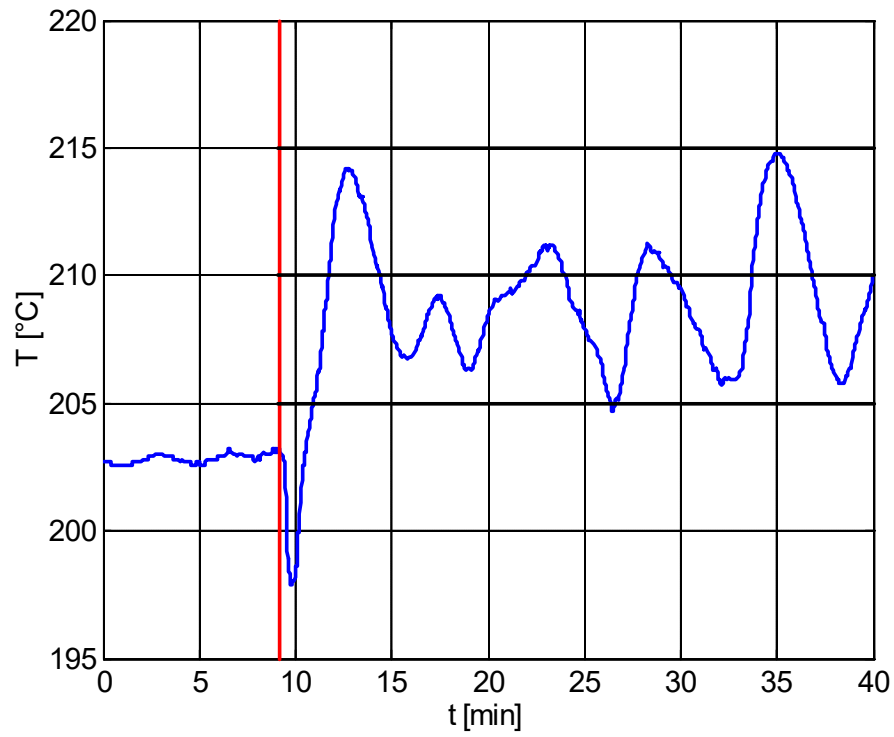
## Misura



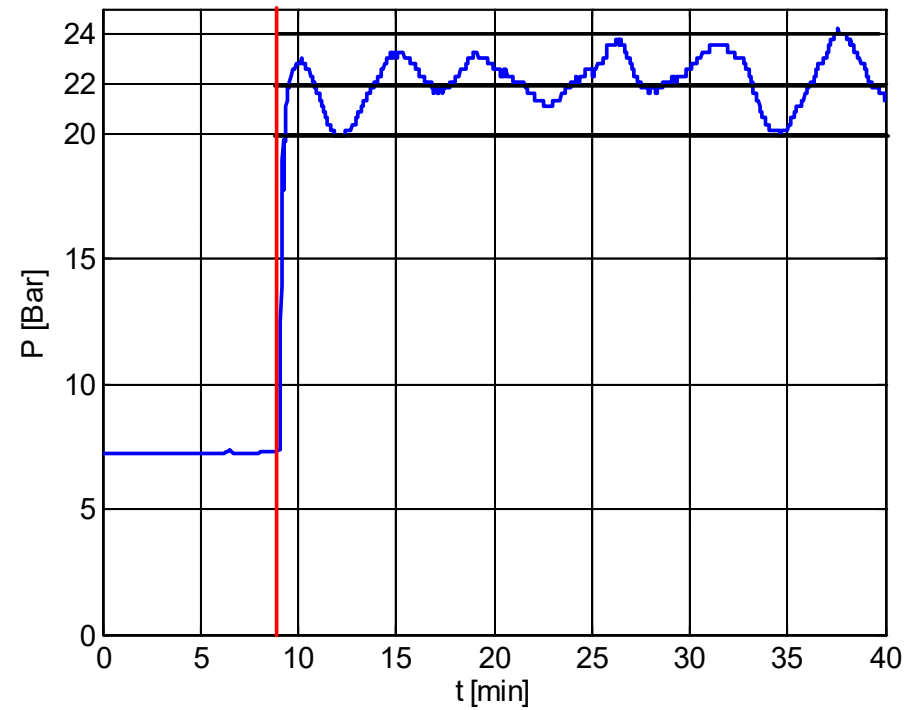
## Stima



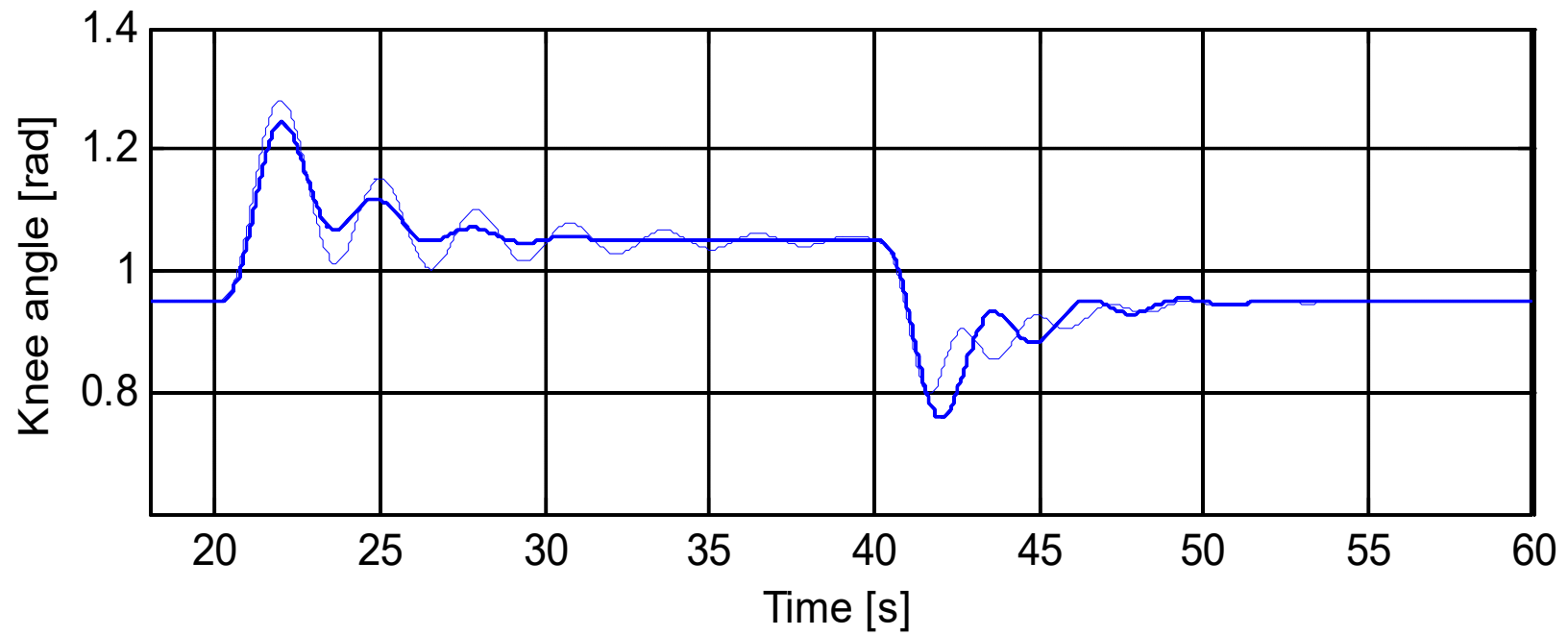
## TEMPERATURA [°C]



## PRESSIONE [bar]



## ANGOLO [rad]



*L'Automatica è un insieme di discipline  
(e non una sola) ...*

Per risolvere il problema del controllo può essere necessario risolvere altri problemi, ciascuno dei quali è oggetto di una specifica disciplina, perché fa riferimento a contesti e strumenti anche molto diversi tra loro.

Il denominatore comune è la possibilità di impostare un problema di controllo (o una sua parte).

Un approccio comune a problemi differenti...

## Di cosa si occupa l'automatica?

**Control system design** – progettazione degli algoritmi di controllo

**System theory** – modellistica, simulazione e analisi dei sistemi

**System Identification** – modellistica dai dati dei sistemi da controllare e stima; sensori sw

**Mechatronics** – modellistica e controllo di sistemi meccanici

**Robotics** – robotica, controllo dei manipolatori industriali e dei sistemi autonomi/intelligenti.

**Fault diagnosis & supervision** – diagnostica ed isolamento dei guasti; supervisione di sistemi complessi

**Automation, manufacturing and logistics** – controllo e coordinamento di macchine in impianti manifatturieri; logistica

**Process control** – controllo di particolari processi produttivi industriali (chimici, petroliferi, minerari, farmaceutici,...)

## 2. Dov'è l'Automatica?

L'automatica è stata definita la “**hidden technology**”.

Difficile da vedere, ma (veramente) onnipresente.

Si trovano soluzioni “automatiche” a problemi nei settori scientifici ed industriali più vari (oltre che nella vita quotidiana):

- Automotive (sospensioni elettroniche, trasmissioni)
- Biomedicale (riabilitazione)
- Fisica Nucleare
- Industria di processo (lavorazione della plastica)
- Industria alimentare (lavorazione dello zucchero)
- Logistica industriale (AGV)
- Finanza (mercato del credito)
- Materiali biologici (caratterizzazione meccanica)
- Industria tessile (telai)
- ...

### 3. Conclusioni (?)



<http://www.ieeecss.org>

## Control systems are ubiquitous

Control systems are ubiquitous, essential, and largely invisible to the general public. Products ranging from the paper that we use, the beer, wine, or water that we drink, the newspapers that we read, to the drugs that treat our diseases depend on automatic controllers for their uniformity and consistency.

Our homes are full of automatic control systems. There are thermostats to regulate the temperature of the house, the refrigerator, the dishwasher, the clothes washer and dryer, the oven, and the hot water heater. Many household controllers are less obvious. These include the automatic controllers that regulate the flow of fuel to the furnace, those inside the TV, radio, CD and DVD players and any other electronic devices in the house and those that insure that our coffee maker and microwave oven work properly.

The modern automobile is full of automatic controllers. Pollution is reduced, fuel is saved, and comfort is enhanced by automatic controllers in the car. Stability and control augmentation systems make nearly every modern vehicle easier for the human to control and safer. These systems work with the human operator to make him or her perform better. An excellent example is ABS brakes.

The members of the animal kingdom are also full of automatic controllers. The temperature of our body, the movements of our limbs, our heart rate and blood pressure, the amount of glucose in our blood, and our weight are all regulated by feedback controllers within our bodies. There are serious diseases that result from improper operation of these controllers. Automatically controlled insulin pumps and more and more sophisticated controlled prostheses are helping to mitigate these problems. **Improvements in many aspects of our lives will depend on improved control systems.**