

# Fondamenti di Automatica

Prof. Giuseppe Oriolo

## Introduzione

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA  
AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

- **automatica**: disciplina che studia le modalità attraverso le quali una sequenza di eventi desiderati avviene in maniera autonoma (Wikipedia)

- **automatica**: controllo automatico di **sistemi**

↓  
imporre un  
comportamento desiderato

↓  
senza  
intervento  
umano

↓  
???

# sistema

- insieme/aggregato/interconnessione di parti
- punto di vista funzionale: oggetto/dispositivo/fenomeno la cui evoluzione nel tempo si manifesta con la variazione di un certo numero di attributi misurabili
- questi attributi: variabili, possono essere concentrate (funzioni del tempo) o distribuite (funzioni del tempo e dello spazio)

# esempi di sistemi

## artificiali

- motore elettrico: **tensione, corrente, velocità, coppia...**
- satellite: **orbita, assetto...**
- automobile: **velocità, volume carburante, temperatura...**

## demografici

- nazione: **popolazione, età media, altezza media...**

## biologici

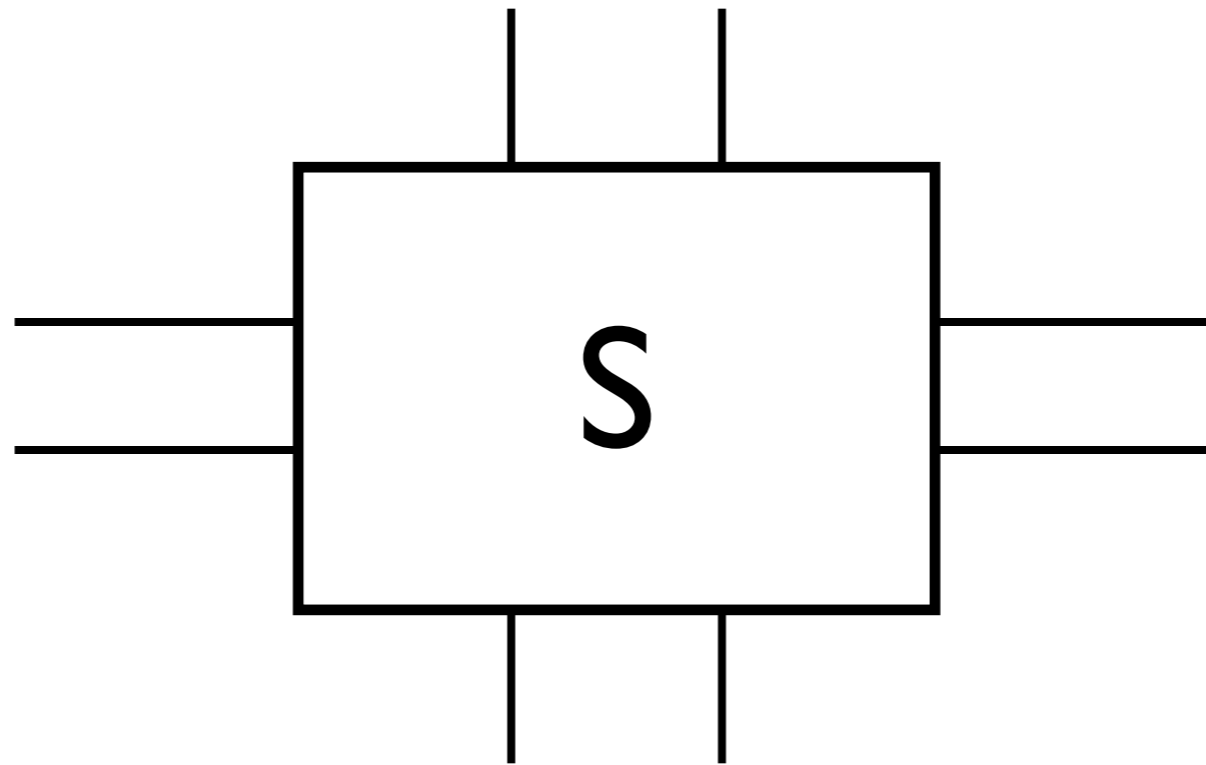
- apparato circolatorio: **volume, pressione, frequenza cardiaca...**

# descrizione di sistemi: modellistica

- **modello**: rappresentazione matematica del sistema che racchiude le **relazioni tra le variabili** in gioco
  - vari livelli di **complessità**
  - vari gradi di **approssimazione**
  - dipendenza dalla particolare **applicazione**

## passo I

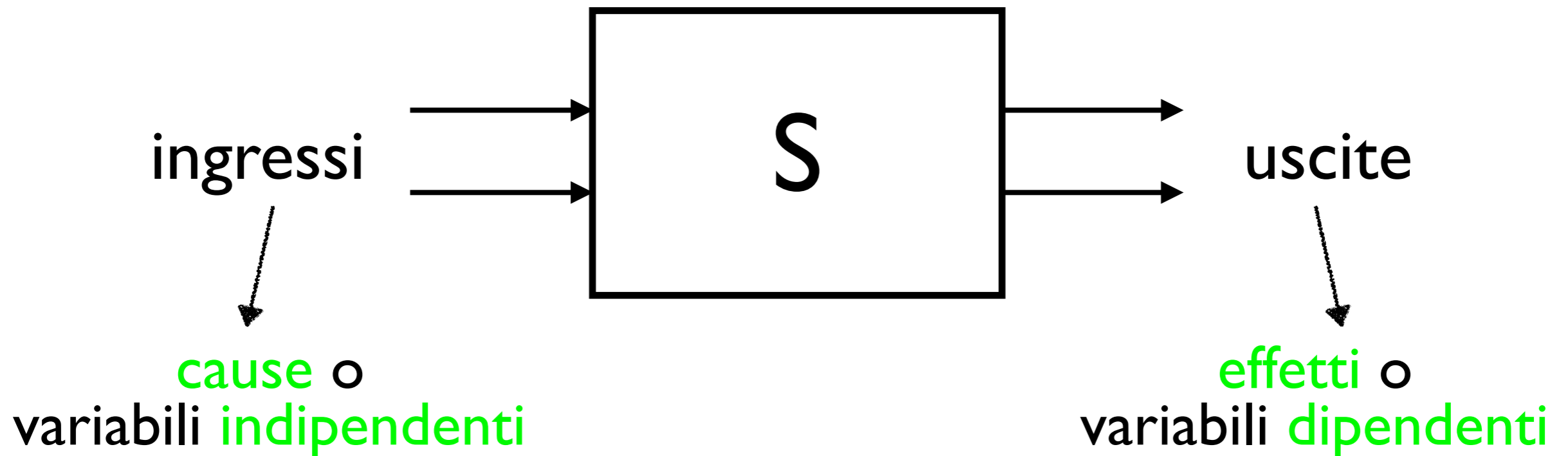
- identificare il sistema come **blocco** e individuare le **variabili di collegamento**



- es: in un motore controllato in corrente, le variabili di collegamento sono corrente e coppia
- le altre variabili: **interne**

## passo 2

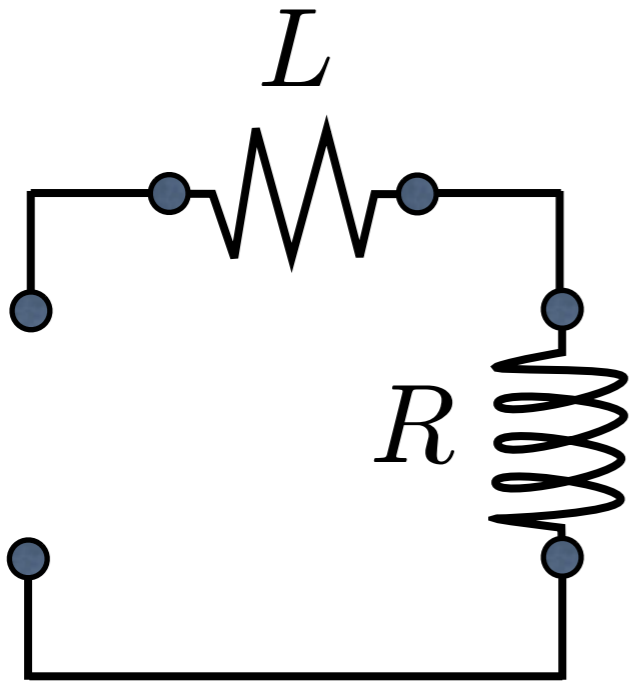
- **orientare** il sistema, ovvero separare le variabili di collegamento in **ingressi** e **uscite**



- es: in un motore controllato in corrente, l'ingresso è la corrente e l'uscita è la coppia

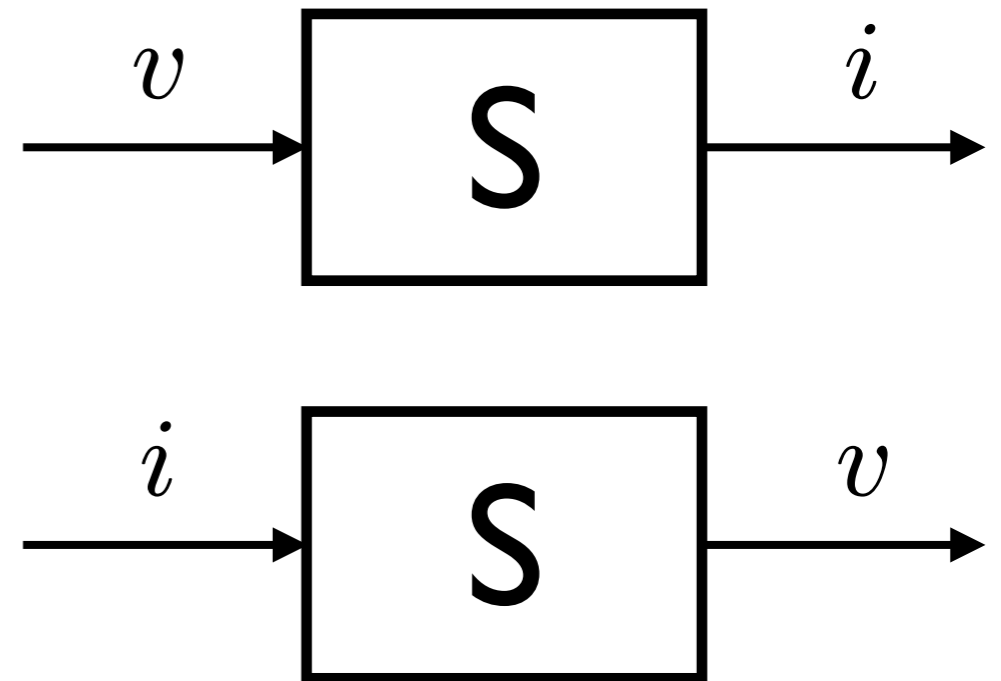
# ingressi/uscite

- la distinzione può essere naturale o legata alla particolare applicazione
- es: circuito  $RL$



alimentato da  
gen di tensione

alimentato da  
gen di corrente

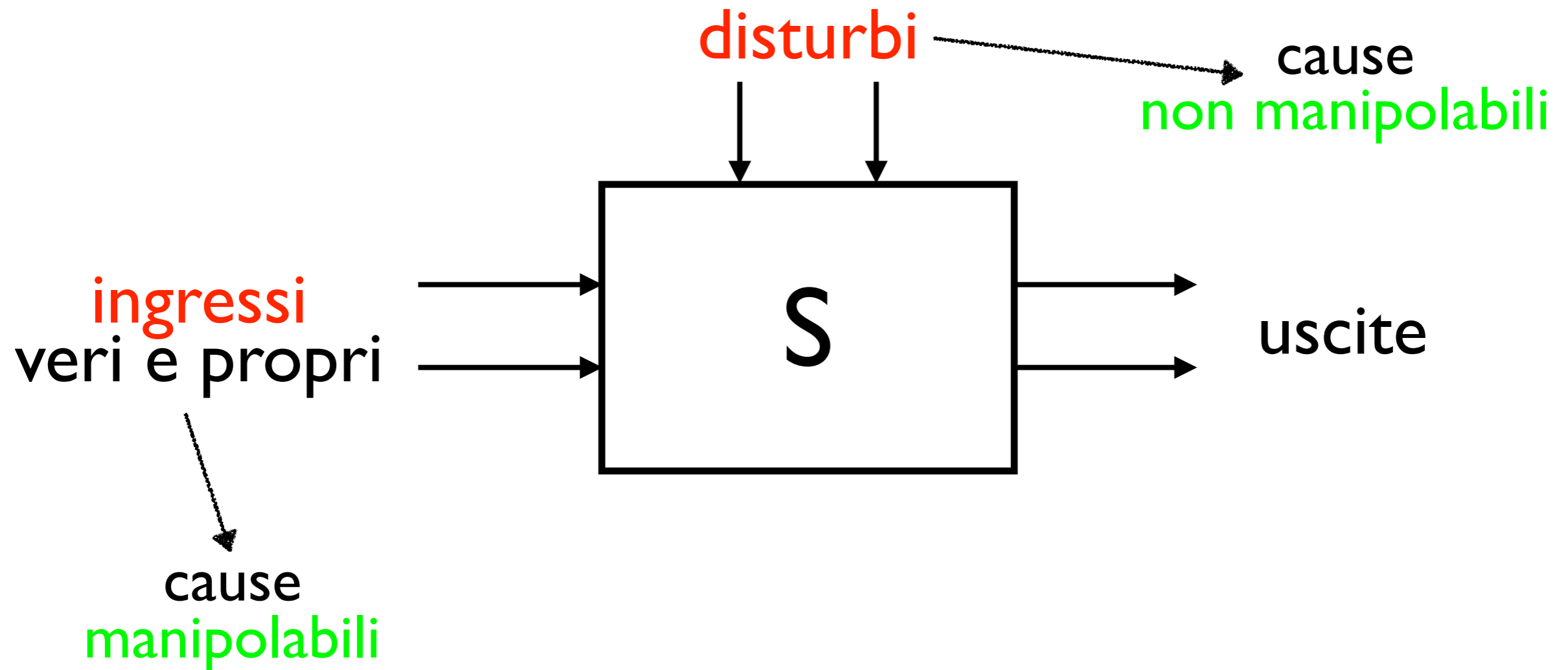


- si può anche dire che l'uscita è la variabile che si vuole **osservare** o **controllare**



## passo 3

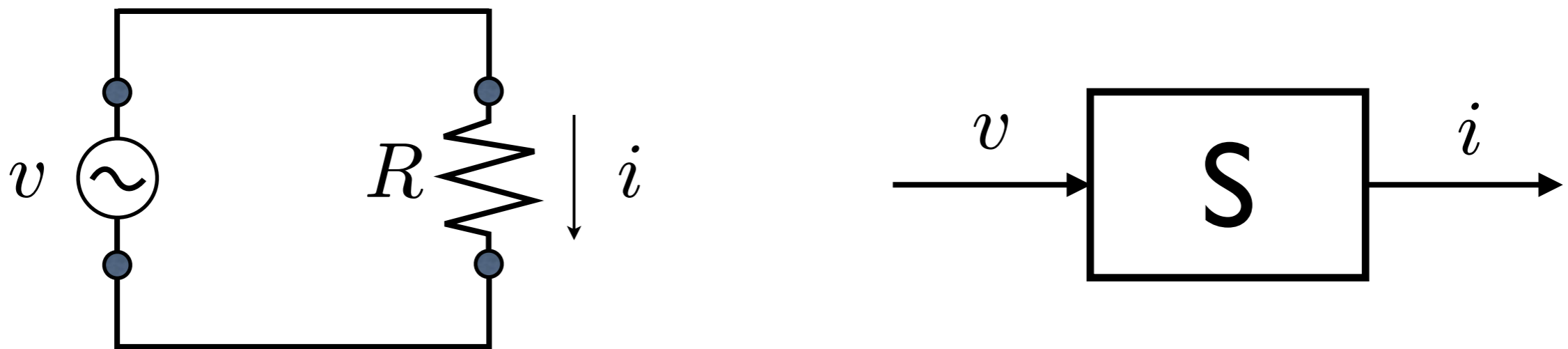
- separare i **disturbi** dagli **ingressi veri e propri**



- es: ascensore, serbatoio

## passo 4 (continua)

- derivare un **legame quantitativo** tra gli ingressi e le uscite; nel farlo, evidenziare ulteriori variabili (stati)
- es: circuito  $R$ , uscita in corrente

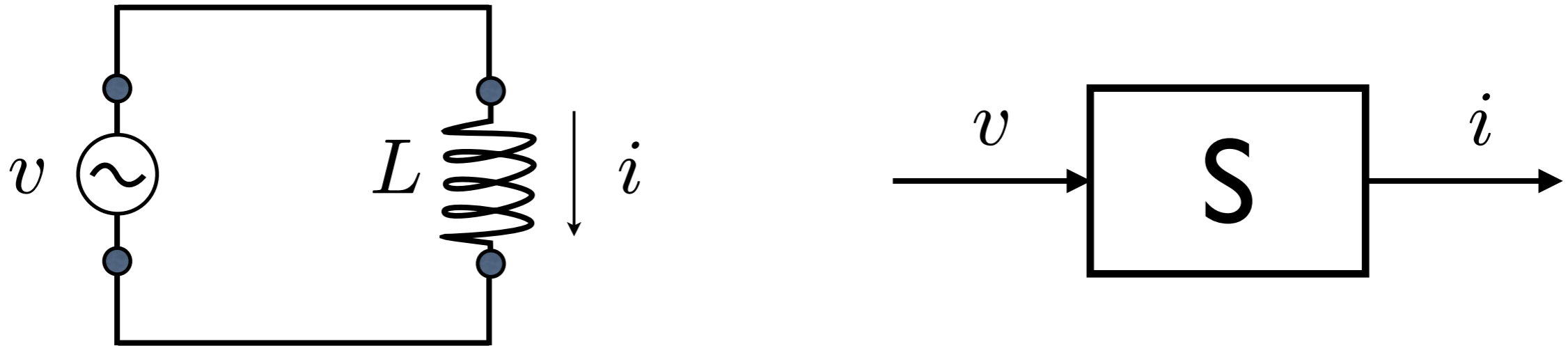


$$i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

sistema **istantaneo** o **senza memoria**:  
il valore dell'uscita in  $t$  dipende solo  
dal valore dell'ingresso in  $t$

## passo 4 (continua)

- es: circuito  $L$ , uscita in corrente



$$\frac{di(t)}{dt} = \frac{v(t)}{L} \quad \Rightarrow \quad i(t) = \underbrace{i(t_0)}_{\text{storia antica}} + \int_{t_0}^t \underbrace{\frac{v(\tau)}{L}}_{\text{storia recente}} d\tau$$

sistema **dinamico** o **con memoria**:

il valore dell'uscita in  $t$  dipende dalla storia dell'ingresso fino a  $t$

## passo 4 (continua)

- es: circuito  $L$ , uscita in corrente

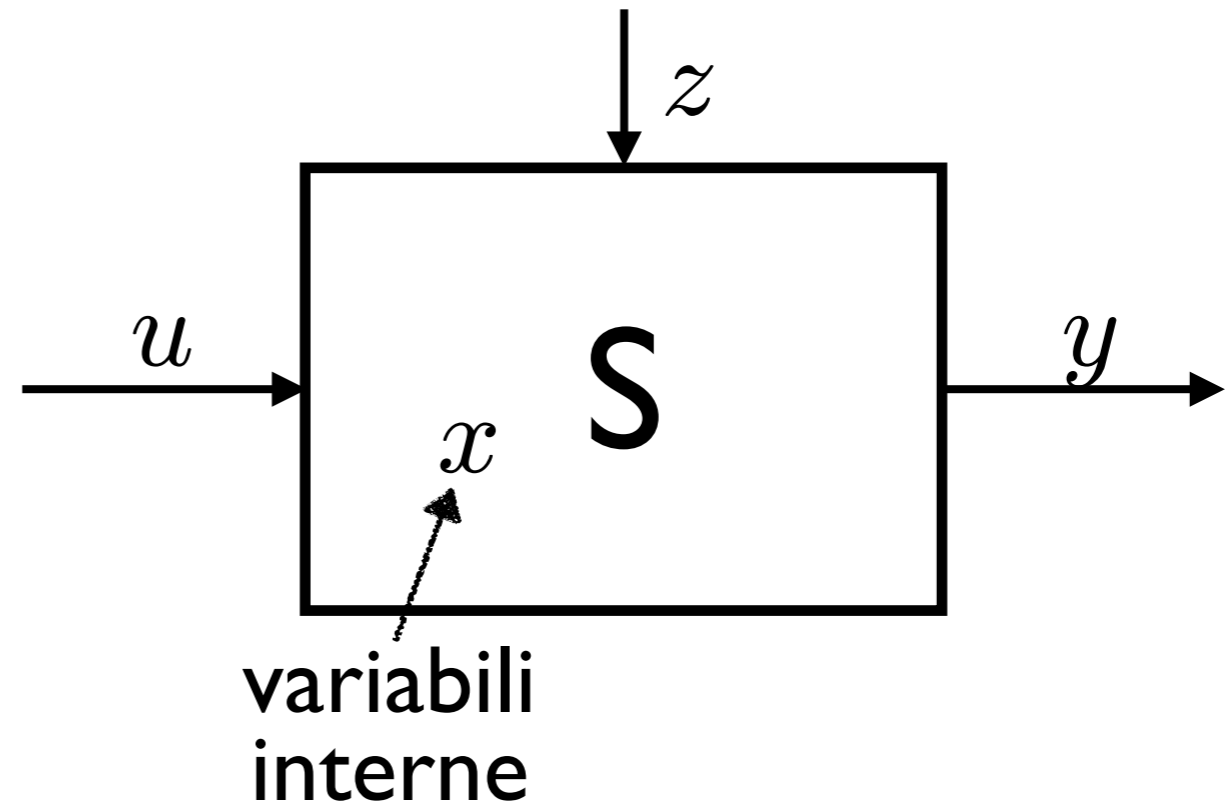
$$i(t) = i(t_0) + \int_{t_0}^t \frac{v(\tau)}{L} d\tau$$

in pratica, per calcolare l'uscita a partire dall'ingresso, è necessario conoscere il valore iniziale di  $i$

- in generale, chiameremo **stati** le variabili **di cui è necessario conoscere il valore iniziale**
- per questo esempio, lo stato è  $i$  e coincide con l'uscita
- in genere sono variabili **diverse** (stati: variabili interne)

# simbologia e formato

- $u$  : ingressi
- $z$  : disturbi
- $y$  : uscite
- $x$  : stati



- es: per il circuito  $L$  con uscita in corrente

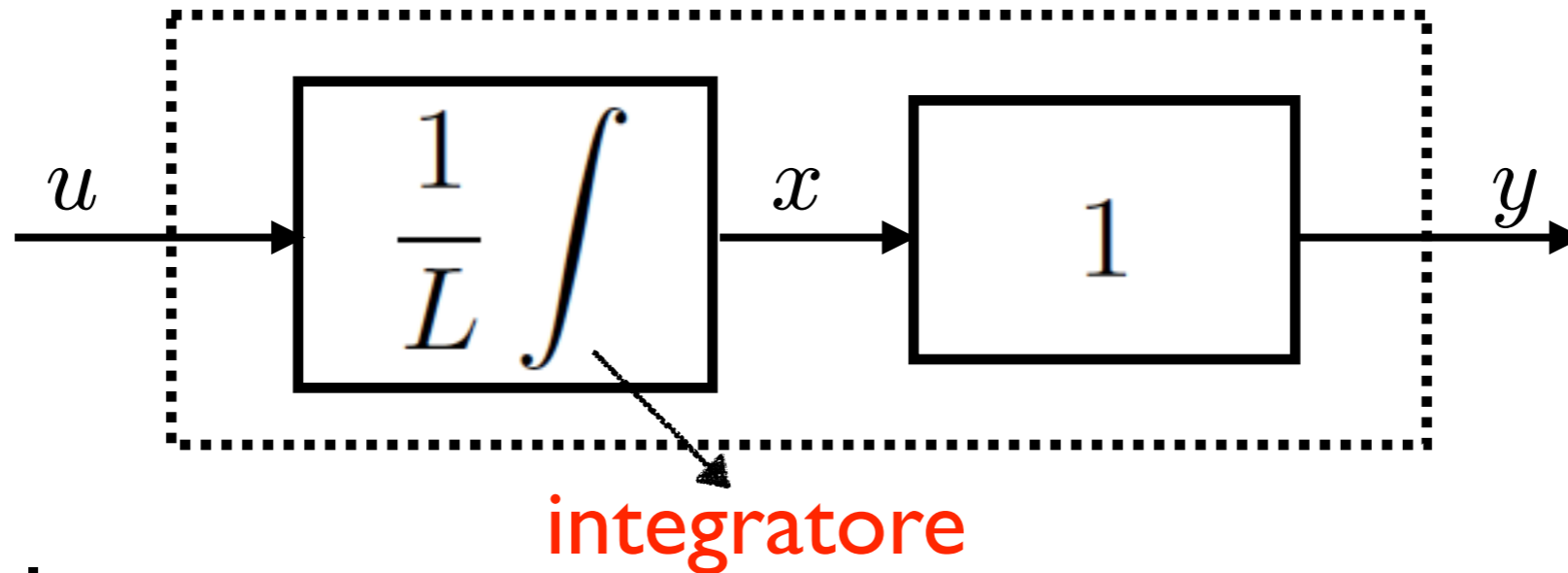
$$\begin{cases} \dot{x} = \frac{1}{L}u \\ y = x \end{cases}$$

equazione **di stato**  
(legame ingresso-stato)

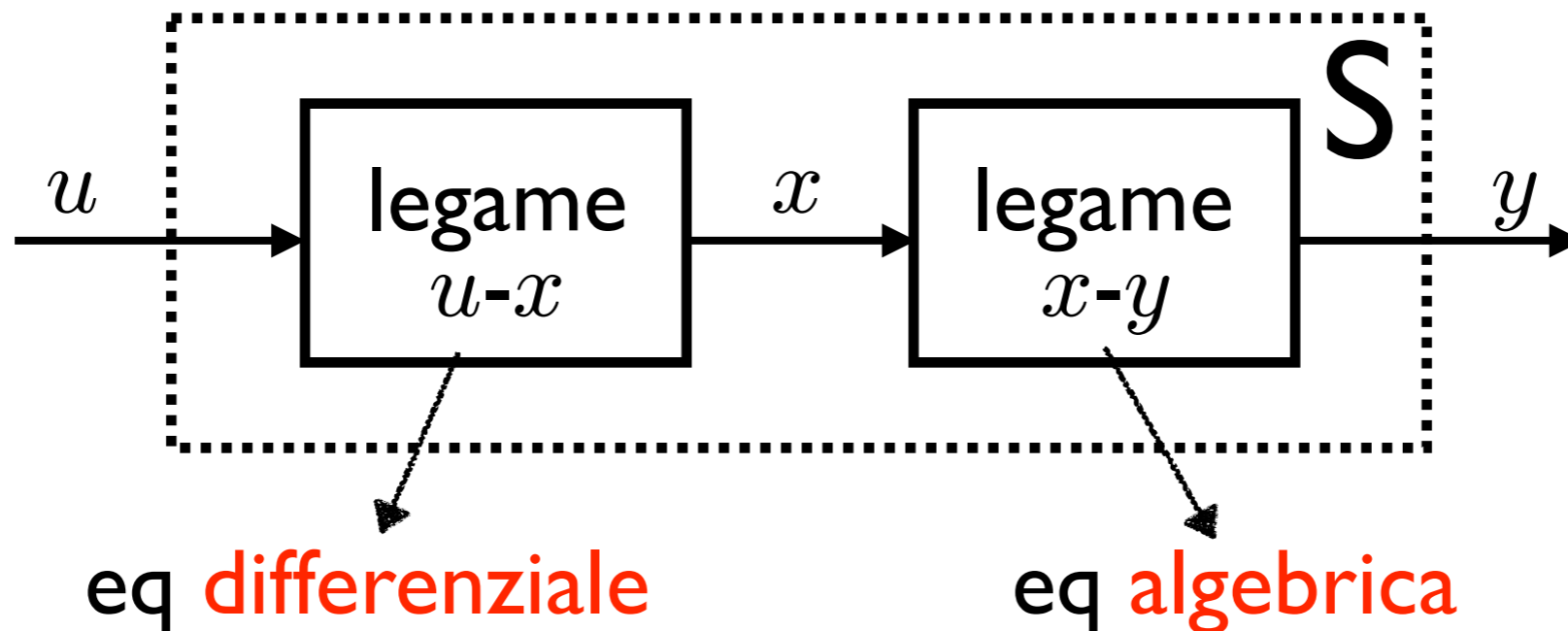
equazione **di uscita**  
(legame stato uscita)

# schemi a blocchi

- per il circuito  $L$  con uscita in corrente



- in generale



# un approccio potente perché trasversale

- sistemi di **natura completamente diversa** possono essere descritti mediante **modelli matematici dello stesso tipo**
- l'automatica prescinde dalle peculiari caratteristiche fisiche dei sistemi specifici e si concentra sugli **aspetti funzionali comuni**
- si arriva a definire strumenti di analisi e progetto **generali, molto versatili e di grande efficacia**
- il campo di applicazione è pressoché **illimitato...**

# controllo di processi industriali

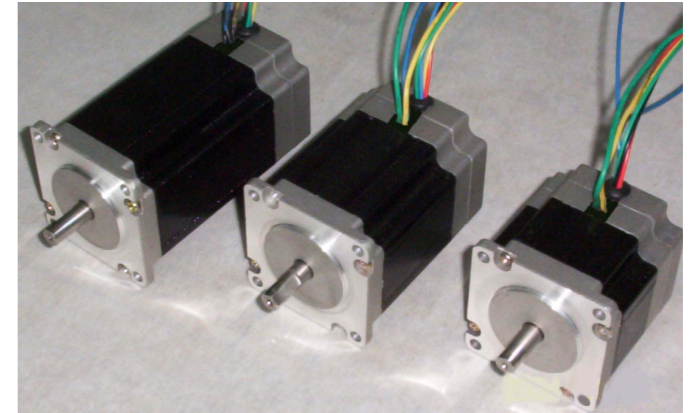


industria chimica,  
di trasformazione,  
manifatturiera

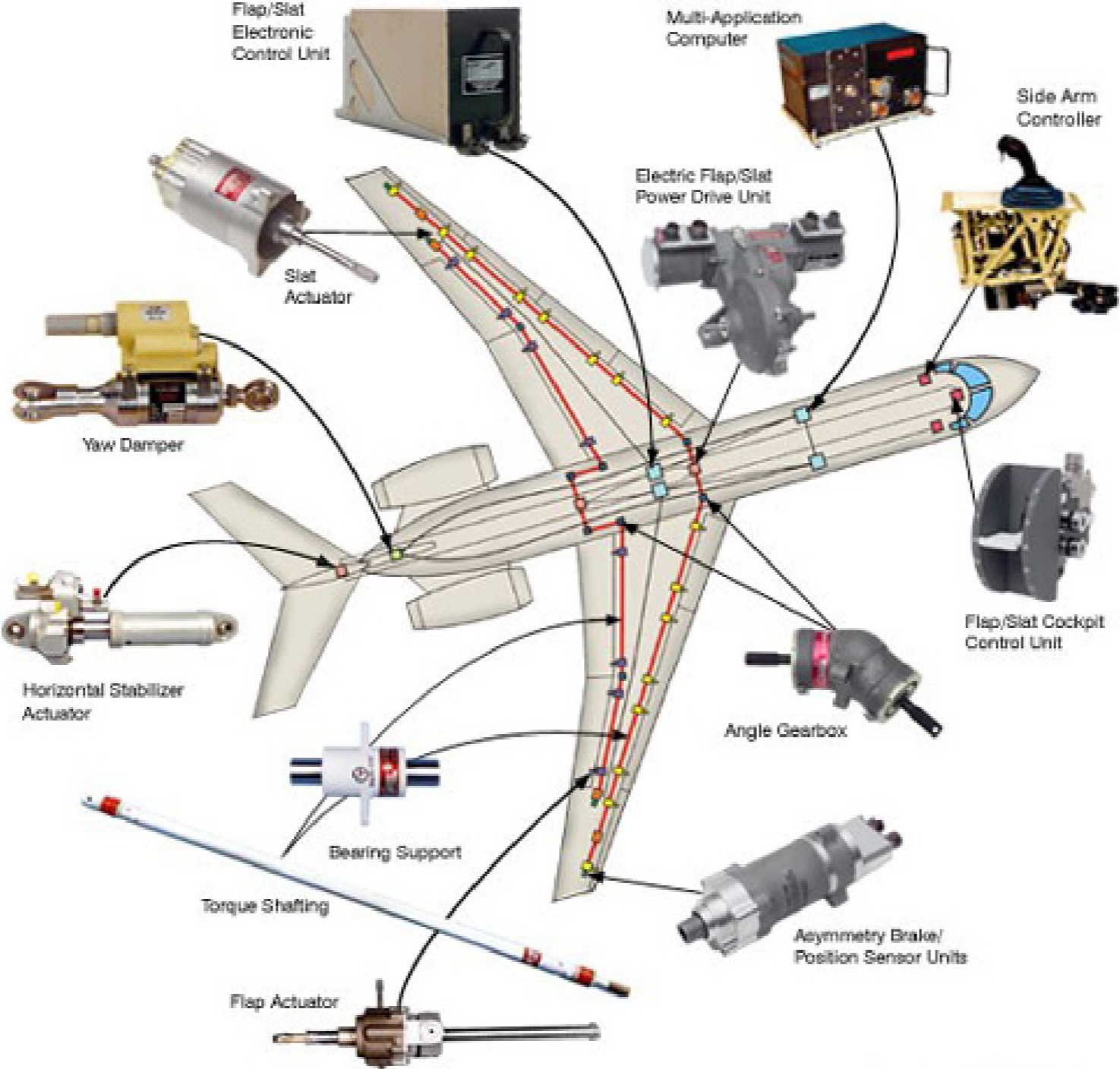




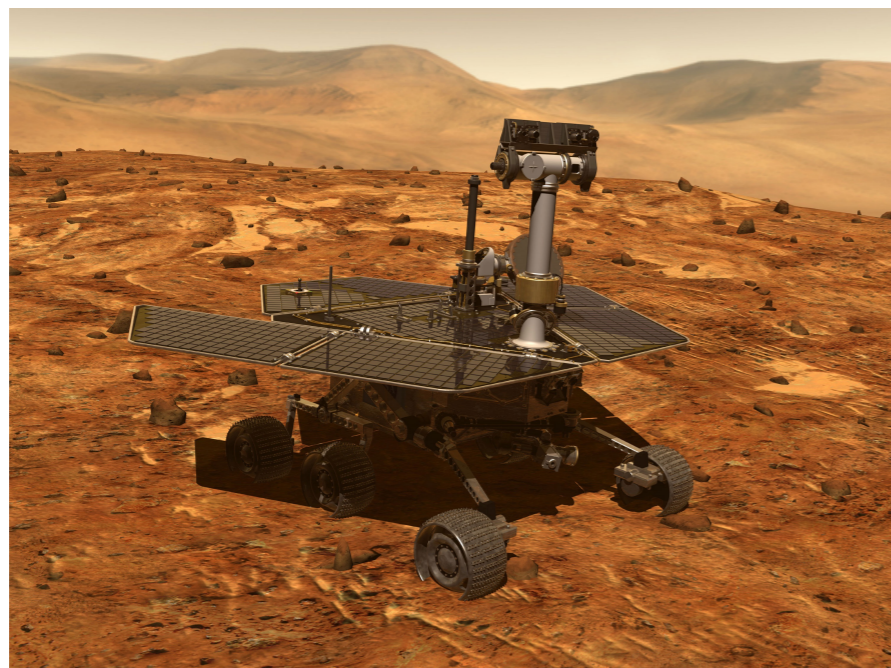
# controllo di azionamenti



# controllo di aeromobili



# veicoli spaziali



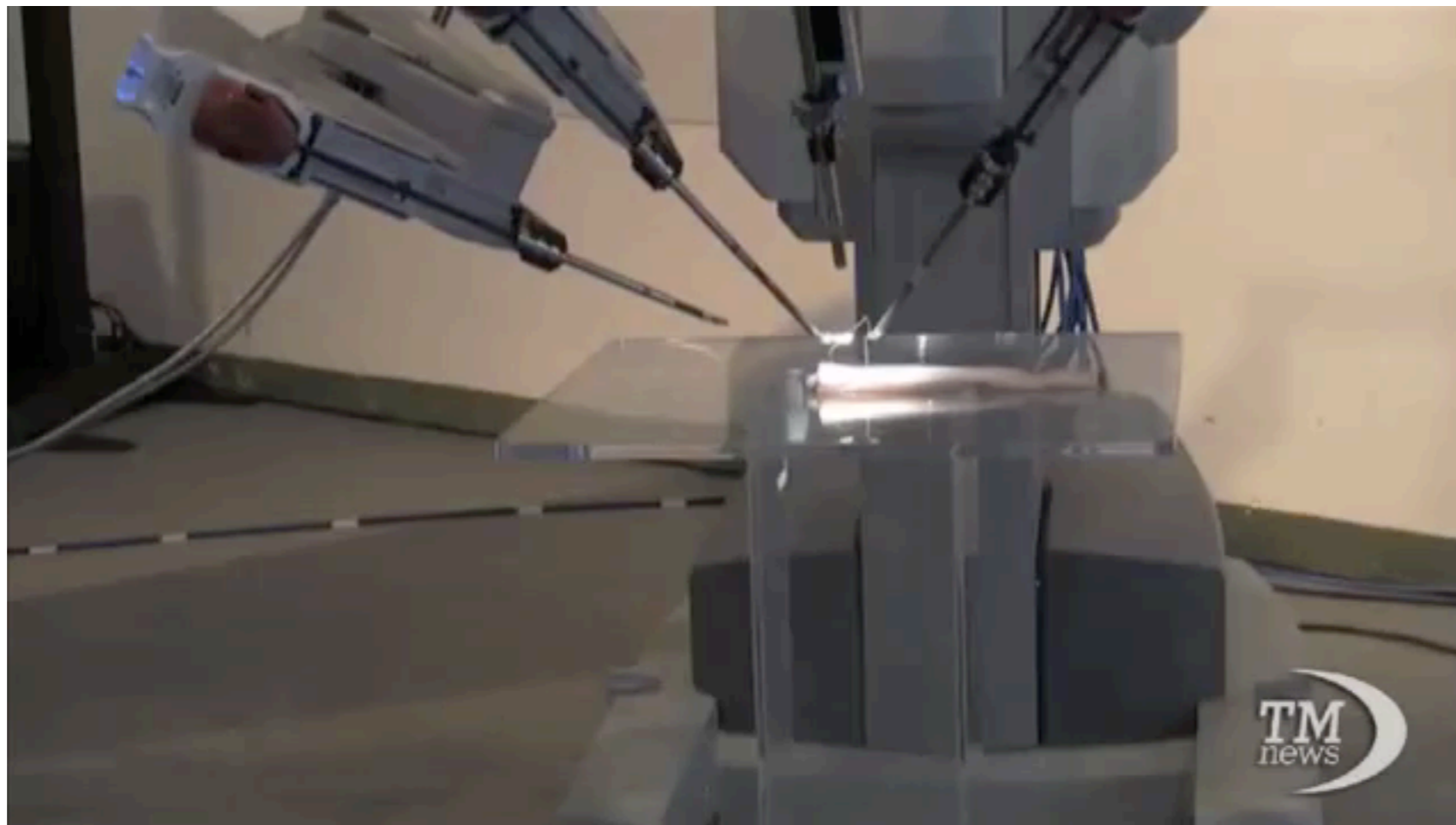
# robotica industriale



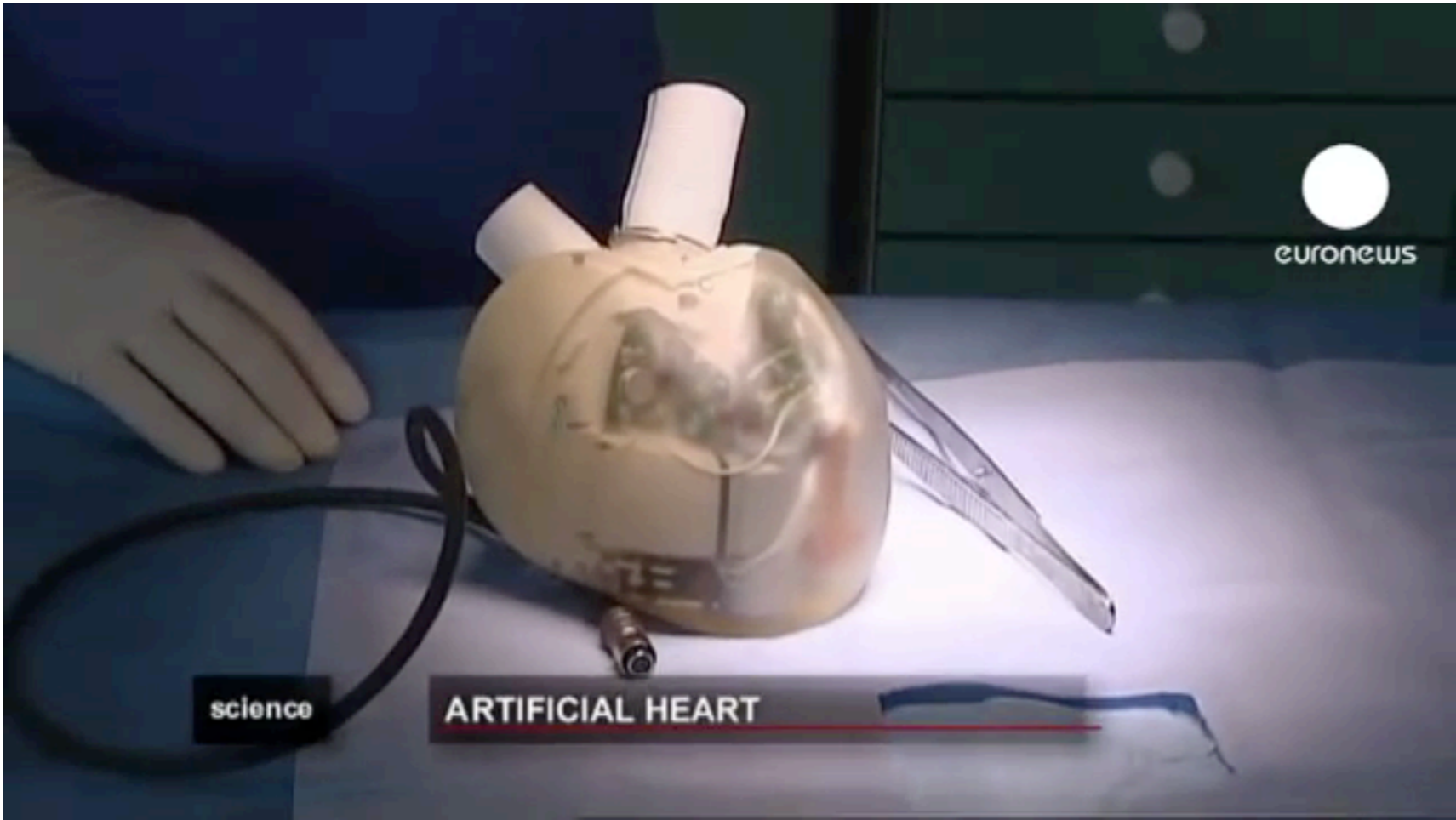
# robotica di servizio



# robotica medica



# bioingegneria

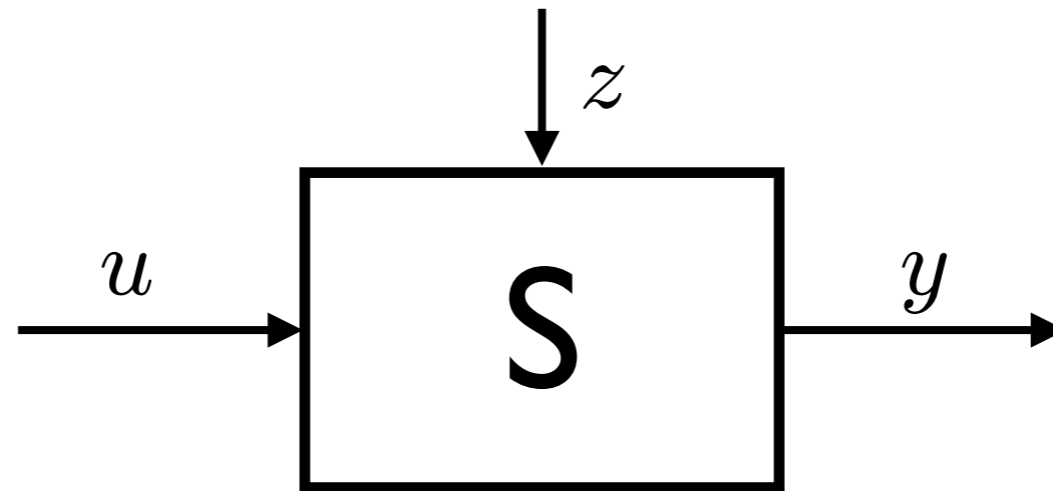


## e ancora...

- mecatronica
- veicoli a guida autonoma (self-driving cars, autonomous wheelchairs, drones, UAVs,...)
- automazione industriale (batch production)
- generazione e distribuzione energia (smart grids)
- automotive (ABS, ESP, parcheggio automatico)
- navigazione
- ...



# problemi tipici dell'automatica



- **analisi**: noto  $u$ , prevedere  $y$  (o sue caratteristiche)  
↳ **teoria dei sistemi**
- **sintesi**: dato un andamento desiderato  $y_{\text{des}}$  dell'uscita, determinare un ingresso  $u$  che lo produca  
↳ **controlli automatici**
- **identificazione**: noti  $u$  e  $y$ , ricostruire un modello di  $S$