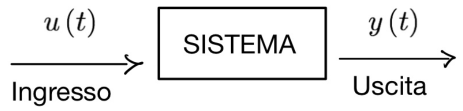
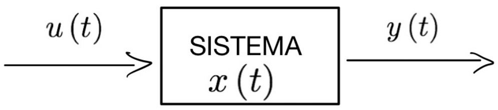
CONTROLLI AUTOMATICI

LEZIONE 1

SISTEMI DINAMICI

Sono sistemi che evolvono nel tempo caratterizzati da un'ingresso e un'uscita





$x(t)$ = variabile di stato ⟶ descrive più accuratamente lo stato interno del sistema, spesso è legato allo stato energetico del sistema a prescindere dall'ingresso o dall'uscita

CONTROLLO DI UN SISTEMA:

FISICO (meccanico - reale)
- quali sono le leggi fisiche?
- cosa possiamo misurare?
- dove possiamo intervenire?

DI CALCOLO (artificiale - virtuale)
- c'è una fisica?
- cosa vogliamo misurare? (tutto è misurabile)
- come possiamo intervenire?

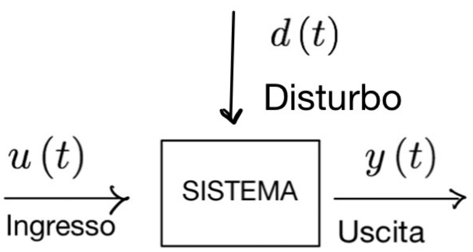
CONTROLLO AUTOMATICO

Si prefigge di modificare il comportamento del sistema da controllare (OUTPUT) attraverso la manipolazione delle grandezze di ingresso (INPUT)

$u(t)$ = variabili di ingresso ⟶ manipolabili

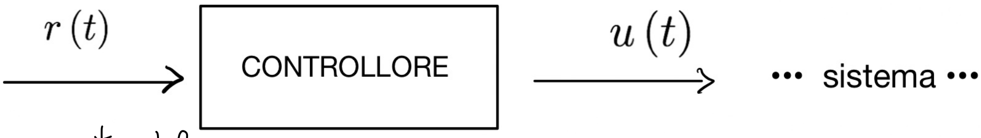
$d(t)$ = variabili di disturbo ⟶ evolvono autonomamente, non controllabili

$y(t)$ = variabili di uscita ⟶ andamento dipende da ingresso e disturbo



PROBLEMA DEL CONTROLLO

Far assumere all'uscita l'andamento desiderato limitando l'effetto del disturbo agendo opportunamente sugli ingressi



riferimento del controllore legato alla variabile di uscita $y(t)$

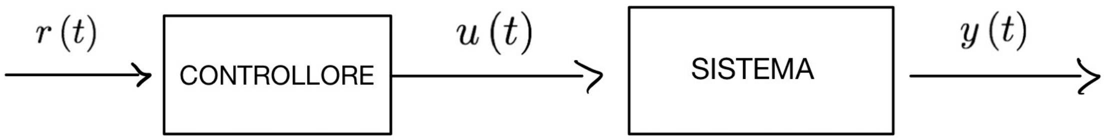
sistema dinamico che riproduce l'ingresso del sistema $u(t)$

ingresso

CONTROLLORE ⟶ VANTAGGI: - controllo efficiente del sistema riducendo i disturbi
- robustezza alle incertezze sui valori del modello
- stabilità del sistema

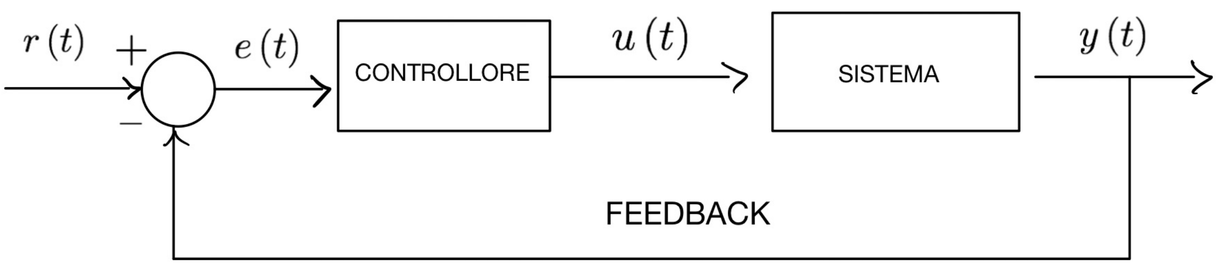
SVANTAGGI: - se sbaglio controllore ⟶ instabilità
- costo del controllore

ARCHITETTURA A CATENA APERTA (OPEN LOOP) - FEED FORWARD



funziona bene quando so esattamente cosa succede nel sistema se ho incertezze (disturbi ecc.) o non conosco bene le condizioni iniziali

ARCHITETTURA A CATENA CHIUSA (CLOSED LOOP) - FEEDBACK

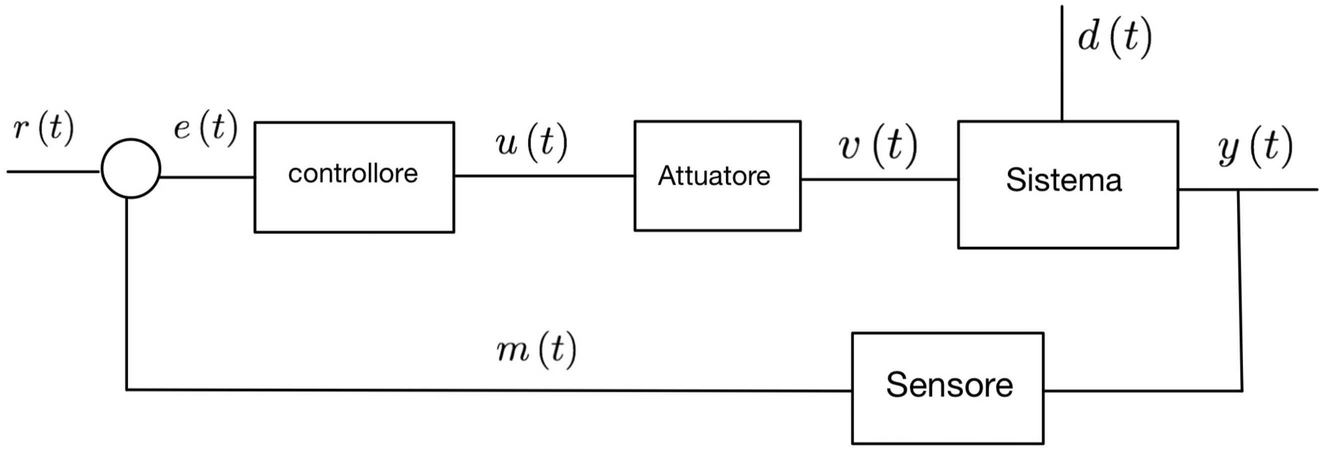


$e(t)$ = errore rispetto al riferimento

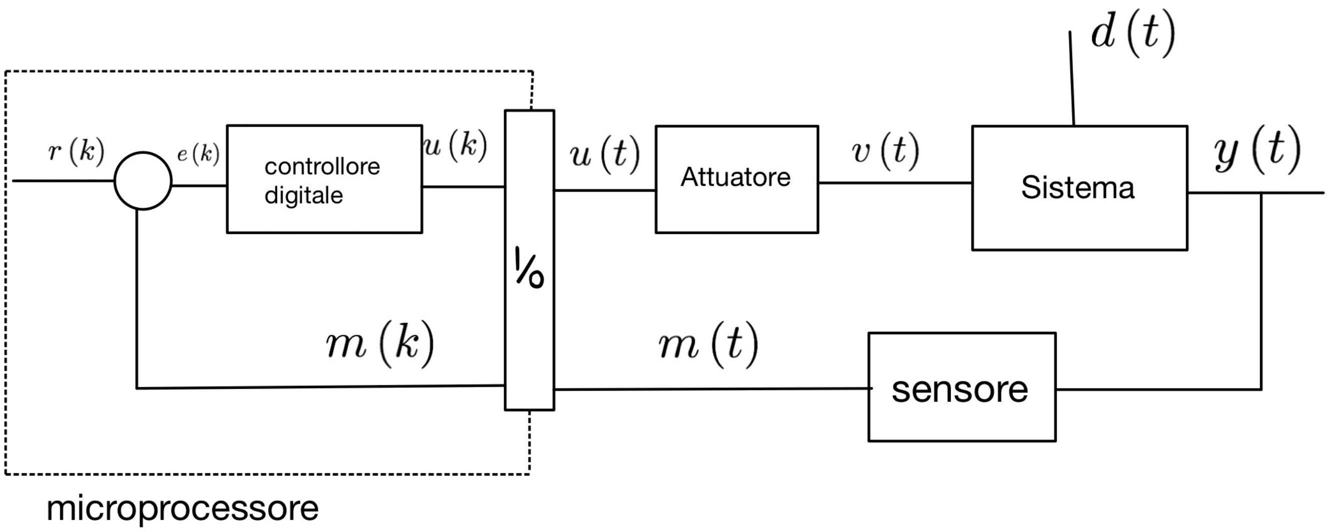
PROGETTARE UN SISTEMA DI CONTROLLO:
- modello matematico
- analisi qualitativa e quantitativa dei sistemi dinamici
- definizione delle specifiche di controllo
- analisi qualitativa e quantitativa dei sistemi dinamici con feedback
- sintesi del sistema di controllo

OBBIETTIVO: controllare il sistema progettando il controllore, cioè il sistema è dato e noi possiamo controllarlo "costruendo" il controllore

SISTEMA COMPLETO - ANALOGICO (tempo continuo)



SISTEMA COMPLETO IBRIDO o A DATI CAMPIONATI - DIGITALE (tempo discreto)

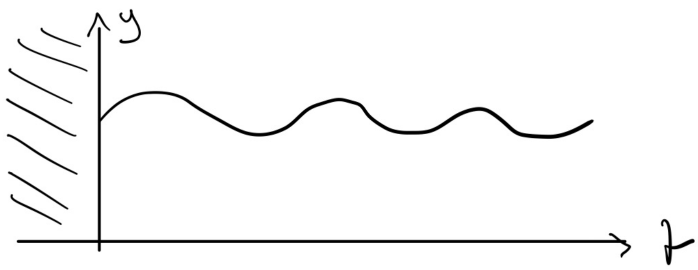


SEGNALI

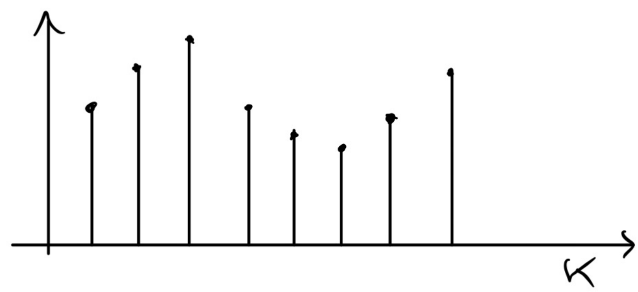
Sono funzioni del tempo che descrivono come una certa quantità evolve nel tempo, i segnali che partono dall'istante 0 si chiamano causali (li consideriamo a partire da 0, prima di zero "non c'è nulla")

DOMINIO:

SEGNALI A TEMPO CONTINUO:

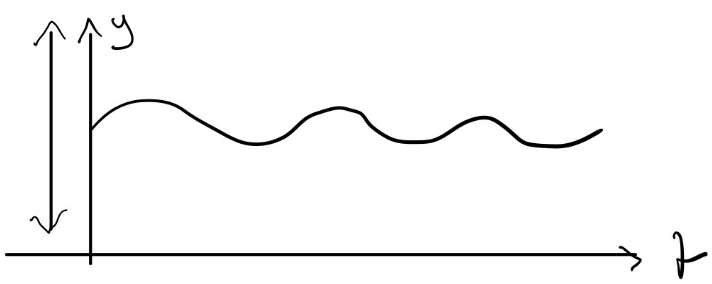


SEGNALI A TEMPO DISCRETO:

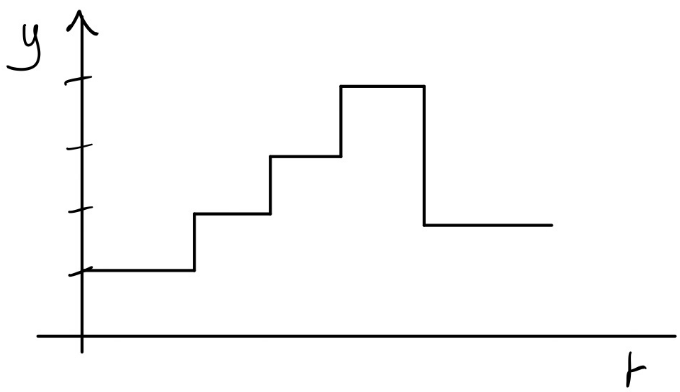


CODOMINIO:

SEGNALI ANALOGICI (continui)



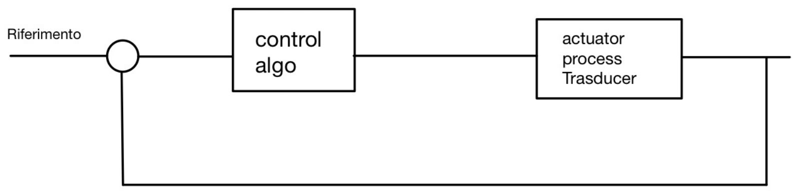
SEGNALI DIGITALI (quantizzati)

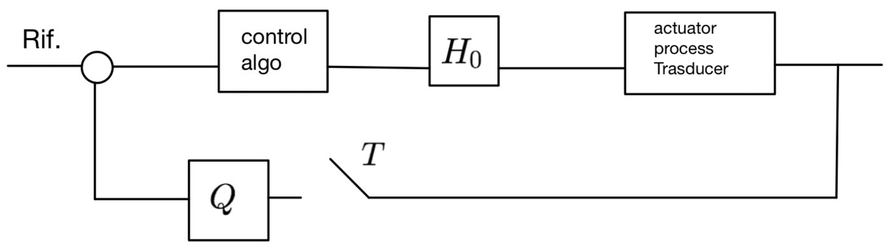


LEZIONE 2

MODULO INPUT-OUTPUT (I/O)

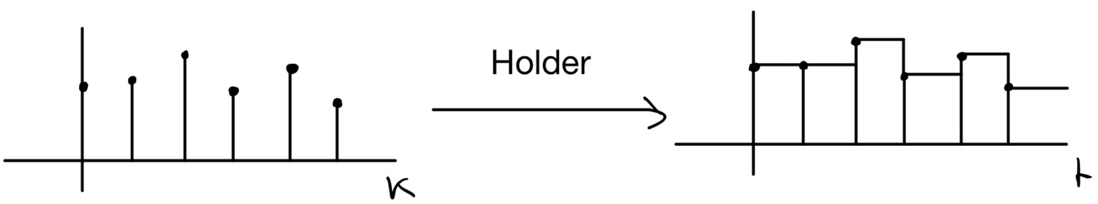
Costituito da alcuni componenti che permettono la conversione di segnali continui a segnali discreti e viceversa (e da analogico a quantizzato)



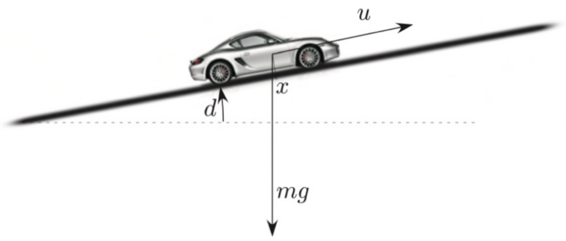


I/O
- (H_0) HOLDER: converte i segnali a tempo DISCRETO a segnali a tempo CONTINUO
- (Q) QUANTIZZATORE: converte i segnali ANALOGICI a segnali DIGITALI (quantizzati)
- (T) CAMPIONATORE: converte un segnale a tempo CONTINUO in un segnale a tempo DISCRETO con un tempo di campionamento T

Più il tempo di campionamento T è piccolo più il segnale assomiglierà a quello continuo ($T \to 0$)



CONTROLLO DELLA VELOCITÀ DI UN'AUTO



SEGNALI:

$u(t)$ = forza del motore

$x(t)$ = posizione

$d(t)$ = pendenza

PARAMETRI:

m = massa della macchina

b = costante di attrito

g = accelerazione di gravità

$b\dot{x}$ = forza di attrito viscoso

$\dot{x}$ = velocità

$\ddot{x}$ = accelerazione

$$F = m\ddot{x} = -b\dot{x} + u - mg\,\text{sen}(d)$$

voglio controllare la velocità $\longrightarrow y = \dot{x}$

per piccole $d \longrightarrow \text{sen}(d) \approx d$

$$m\dot{y} = -by + u - mgd$$

- CONTROLLO IN CATENA APERTA

$$\xrightarrow{r(t)} \boxed{\text{CONTROLLORE}} \xrightarrow{u(t)} \boxed{\text{SISTEMA}} \xrightarrow{y(t)}$$

- assumo d non misurato
- considero un riferimento r

scelgo $u = m\dot{r} + br$ (legge di controllo)

$$\longrightarrow m\dot{y} + by = m\dot{r} + br - mgd$$

pongo $e = r - y$

$$\longrightarrow m\dot{e} + be = -mgd \qquad \text{equazione ordinaria differenziale}$$

- CASO $d=0$ (non c'è pendenza):

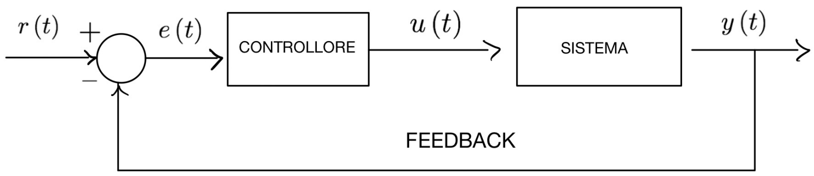
$$m\dot{e} + be = 0 \longrightarrow e(t) = e(0)e^{-\frac{b}{m}t} \longrightarrow e(\infty) = 0$$

- CASO $d=\bar{d}$ (c'è una pendenza $\bar{d}$):

$$m\dot{e} + be = -mg\bar{d}$$

$$\longrightarrow e(t) = e(0)e^{-\frac{b}{m}t} + \underbrace{\frac{mg\bar{d}}{b}\left(1 - e^{-\frac{b}{m}t}\right)}_{\text{errore a regime}} \longrightarrow e(\infty) = \frac{mg\bar{d}}{b}$$

• CONTROLLO A CATENA CHIUSA



• assumo d non misurato
• considero $r=\bar{r}$

scelgo $u = K(r-y) = Ke$ (legge di controllo)

• caso $d=\bar{d}$

$$e(\infty) = \frac{b}{b+K}\bar{r} + \frac{mg}{b+K}\bar{d}$$

per $K \longrightarrow \infty$ $(K >> 0)$ $\longrightarrow$ $e \approx 0$

e dipende dai parametri $\bar{r}$ e $\bar{d}$ ma può essere "controllato" da K
in catena aperta non potevo controllare l'errore, in chiusa si quindi posso avere prestazioni più elevate, se K è troppo grande però posso riscontrare instabilità