28/09/2016

CONTROLLI AUTOMATICI (9 cfu) (annuale)

Prof Andrea Caiti

email: andrea.caiti@unipi.it

Ricevimento: martedì 17:30 nel suo ufficio (ingresso del DESTEC, si cerca l'ascensore interno e si sale al 6° piano) → porta a dx all'ingresso primo del pian

Telefono ufficio: 050 2217328

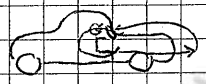
Esame orale nel quale viene chiesto di svolgere e spiegare esercizi.

2 test di apprendimento (uno prima di Natale e uno alla fine di maggio). Se si prende un voto ≥ 18 si evita la parte di esercizi relativa al/ai compitini superati, ma l'orale non si può evitare. Se si superano entrambi i compitini l'orale sarà più leggero.

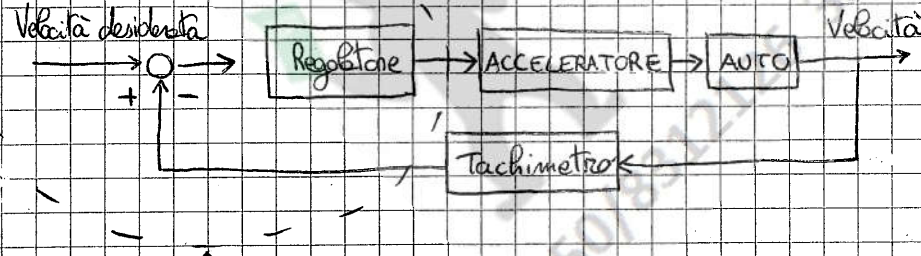
Libro di testo: "Fondamenti di controlli automatici" Bolzern, Scattolini, Schiavone - McGraw Hill

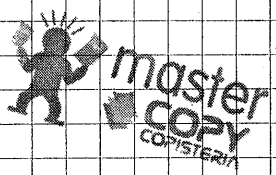
Cruise-control

Pigio sul pedale dell'acceleratore, dò gas al motore, il sensore tachimetro misura e mi mostra la velocità a cui sto andando e in base a ciò pigio di più o di meno sull'acceleratore



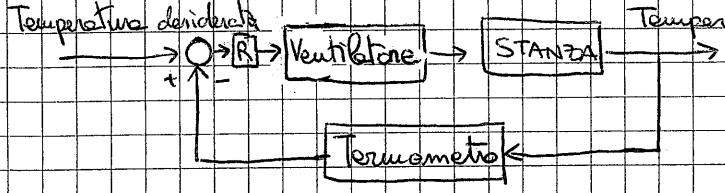
Feedback (=retroazione) PROBLEMI DI CONTROLLO = imporre una modalità di funzionamento desiderata ad un processo assegnato. Processo = sistema sotto controllo



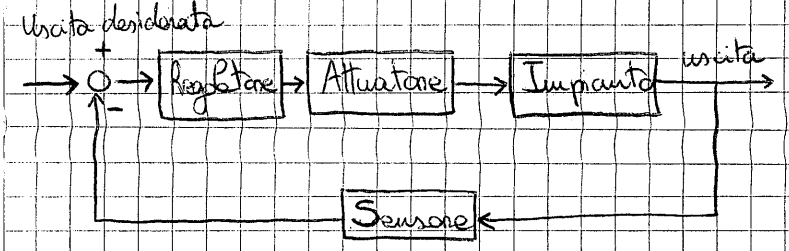


Ciò può essere fatto dall'autista o dal cruise-control grazie ad un apparecchio, chiamato amplificatore

Un altro esempio di controllo automatico è una stanza mantenuta a temperatura costante.

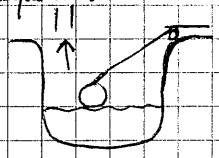


R = regolatore



Regolatore (o controllore) = determina l'andamento della variabile di controllo.

Sciacquone:

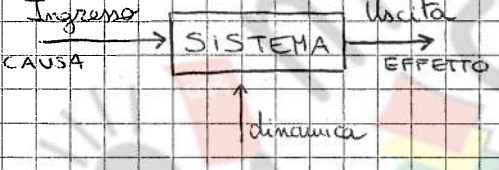


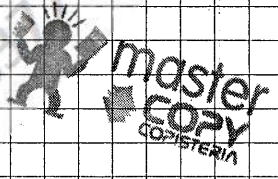
Rubinetto: esce acqua e riempie il serbatoio, poi c'è il galleggiante, che misura il liquido presente, ~~una sonda~~ e funge anche da attuatore perché il galleggiante si alza mentre l'acqua entra e va a chiudere il rubinetto.

Anche il mercato si comporta come un sistema con feedback (se la domanda aumenta il prezzo aumenta, se l'offerta aumenta il prezzo diminuisce).

Semplificando ancora di più:

Sistema di controllo = processo + controllore





Sistema = "oggetto definito da tutto il resto"

Un sistema è un qualcosa su cui applicando delle cause (ingressi) ~~ma~~ dà degli effetti (uscite).

Possono esserci più di un ingresso e più di un'uscita.

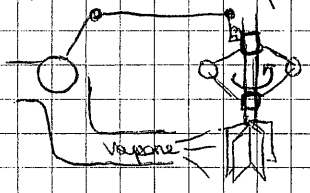
Sistemi interessanti sono i sistemi dinamici.

L'insieme di leggi fisiche che legano le cause agli effetti sono le leggi della dinamica (ad es le leggi di Newton), descritte da equazioni dinamiche, dunque equazioni differenziali.

La prima parte del corso si occupa della TEORIA DEI SISTEMI, che riguarda la descrizione $\xrightarrow{\text{Ingresso}}\boxed{\text{SISTEMA}}\xrightarrow{\text{Uscita}}$

La seconda parte del corso si occupa della PROGETTAZIONE del REGOLATORE dati l'attuatore, ~~il sensore~~ l'impianto, il sensore e altri dati che ci vengono forniti (=specifiche di progetto) ← questa parte si chiama propriamente CONTROLLI AUTOMATICI.

James Watt ha inventato un modo per regolare la pressione nella macchina a vapore.



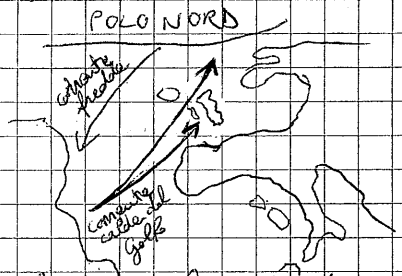
In posizione di riposo le sfere sono abbastanza vicine alzate dalla forza centrifuga. Più le sfere si alzano il rubinetto si chiude il vapore diminuisce, la velocità di rotazione delle pale dell'albero motore. Si mantiene una pressione costante

→ seconda volta come si costruisce la macchina.

Adam Smith economista e scozzese come Watt elabora la teoria della mano invisibile del mercato è il primo a formulare in consapevolezza un sistema di feedback.

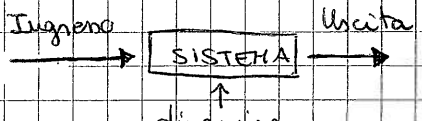
Adam Smith e Watt si conoscevano e sicuramente si confrontarono.

Esempio:



Lo scioglimento dei ghiacciai del polo Nord ⇒ aumenta la corrente fredda, la corrente del Golfo si sposta verso sud. Le zone più a Nord si raffreddano, di nuovo il ghiaccio al polo Nord si ~~forma~~ forma e la corrente del Golfo torna a riscaldare più a Nord ⇒ scioglimento dei ghiacciai e così via. Ciò potrebbe portare ad un equilibrio stabile oppure ad un sistema che ha oscillazioni sempre più ampie e dunque fortemente non stabile.

29/09/2016



(Eq differenziale)

Esempio:



m = massa auto

$F = m\ddot{x}$

x_1 = posizione $\quad x_1 = x$

x_2 = velocità $\quad x_2 = \dot{x} = \dot{x}_1$

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = \dot{x} \\ m\dot{x}_2 = F \end{cases}$$

Per risolvere queste eq diff ho bisogno delle condizioni iniziali, le quali racchiudono in sé tutta la storia passata del sistema.

L'insieme di informazioni tali per cui, a partire da un generico istante t_0, è possibile determinare l'andamento del sistema per $t \geq t_0$, assieme alla conoscenza dell'ingresso, è detto stato del sistema.

La caratterizzazione dinamica del sistema è descritta da uno stato. Lo stato con cui descrivo il sist non è unico, ma deve contenere tutte le info necessarie per indicare come si comporterà il sistema.

Posiz e velocità sono lo stato di questo nostro sistema.

L'uscita è in genere una ~~stato e viene~~ funzione degli stati.

Gli ingressi sono in genere indicati con $u(t)$ $(u \in \mathbb{R}^m)$
Le uscite sono in genere indicate con $y(t)$ $(y \in \mathbb{R}^p)$
Lo stato viene in genere indicato con $x(t)$ $(x \in \mathbb{R}^n)$
} Questi vettori hanno grandezze diverse.

fornisce l'evoluzione temporale delle variabili che descrivono la situazione interna del sistema

Equazione di stato: $\dot{x}(t) = f(x(t), x(t_0), t, u(t))$

Oss.: il numero n delle variabili di stato si dice ordine del sistema.

Equazione di uscita: $y(t) = g(x(t), t, u(t))$ (← è un'eq algebrica).

Queste insieme costituiscono un sistema dinamico a tempo continuo

consente di determinare l'uscita ad uno specifico istante di tempo

In sistemi complessi può capitare che le uscite siano legate alle entrate tramite relazioni algebriche, anziché differenziali.

N.B. • Se y non dipende ~~strettamente~~ esplicitamente da $u(t)$, allora il sistema si dice strettamente causale o strettamente proprio.

Solo se gli ingressi hanno un certo ritardo a causa della dinamica del sistema.
Se nell'eq di uscita non compare esplicitamente il vettore degli ingressi è strettamente proprio.

• Se $\dot{x}$ e y non dipendono esplicitamente da t, allora il sistema si dice stazionario o tempo invariante. ⇒ Non importa ~~quando~~ l'istante iniziale qualsiasi sia l'istante iniziale, a parità delle altre condizioni e delle entrate l'uscita sarà sempre la medesima. Per questo motivo per comodità si può sempre scegliere $t_0 = 0$.

• Se f e g sono funzioni lineari di x e u (ovvero $\dot{x} = A(t)\cdot x(t) + B(t)\,y(t)$ e $y = C(t)x(t) + D(t)y(t)$) allora il sistema si dice lineare. (A, B, C, D sono matrici)

↳ Queste tre proprietà sono tra loro indipendenti

Se A, B, C e D sono costanti, ovvero non dipendenti dal tempo il sist sarebbe stazionario

Nella realtà i sist tendono ad ~~[redacted]~~ essere strettamente propri, ma non stazionari, né lineari.

• Sistemi monovariabili (SISO) = dotati di una sola variabile di ingresso e una sola di uscita.
• Sistemi multivariabili (MIMO) = dotati di più di una variabile di ingresso e/o di uscita. (2 variab di INPUT e 1 OUTPUT è multivariabile)

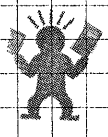
La prima cosa da fare in un sist dinamico è definire i punti di equilibrio.

Essere in equilibrio = lo stato del sistema è costante nel tempo.

Def: Uno stato x_0 si dice stato di equilibrio rispetto a un ingresso $u_0(t)$ se

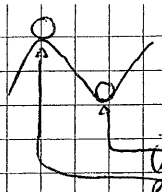
$$\dot{x}(t) = f(x(t), x(t_0) = x_0, u_0(t)) = 0 \quad \forall\, t \geq t_0$$

⇒ la conseguenza è che $x(t) \equiv x_0 \quad \forall\, t \geq t_0$



• Gli stati di equilibrio possono essere più di uno aventi lo stesso ingresso o ingressi diversi. Un sistema può anche non avere ~~uno~~ punti di equilibrio.

La stabilità dipende dal punto di equilibrio.



Se non tocco la palla il sist è stabile, ma qui è stabile (nella valle), qua (sul cucuzzo) b) non lo è.

Esempio: si consideri un sistema stazionario per cui $\underline{x}=0$ è lo stato di equilibrio per ingresso nullo.

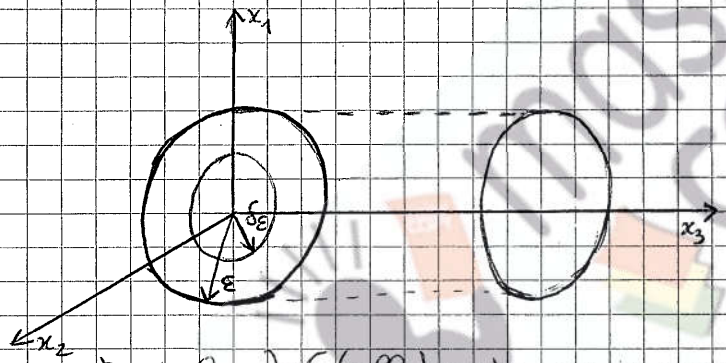
$$\dot{\underline{x}} = f(\underline{x}(t), \underline{x}(0)=x_0, \underline{u}(t))$$

Se $\underline{x}=0$ è stato di equilibrio $\rightarrow f(0)=0$ perché se $\underline{x}'=0$ necessariamente $\dot{x}=0$

Def: L'origine si dice stato di equilibrio STABILE

se $\forall \varepsilon>0 \ \exists \delta_\varepsilon$: se $\underbrace{\|x(0)-0\|}_{\text{sono distanze}} < \delta_\varepsilon \Rightarrow \|\underline{x}(t)-0\| < \varepsilon$

δ_ε è il raggio di un intorno del punto di equilibrio, è la distanza tra la condiz iniziale e il punto di equilibrio.



Se sono in grado di trovare un altro intorno e partendo come condiz iniz da un qualsiasi pto di questo intorno il movimento deve mantenersi all'interno del tubo di raggio ε.
La scelta di δ_ε dipende da ε e ovviamente scelgo sempre un $\delta_\varepsilon < \varepsilon$.

In situazioni di minimo di energia potenziale V (valle) sarò sempre in grado di prendere un $\delta_\varepsilon < \varepsilon$ per cui vale la definizione.

In condizioni di massimo potenziale non riesco a far valere la definizione e ci si avvicina sempre di più al minimo potenziale. In questo caso il sistema è detto instabile.

se $\forall \varepsilon>0 \ \exists \delta_\varepsilon$: se $\|x(0)\| < \delta_\varepsilon \Rightarrow \|x(t)\| < \varepsilon$

$x(0)$ giace in un intorno di raggio δ_ε

- Se inoltre $\lim_{t\to+\infty} \|x(t)-0\| = 0$ $\left(\|x(t)\| \xrightarrow[t\to+\infty]{} 0\right)$ (tende a 0 per t che tende a $+\infty$), allora l'origine è punto di equilibrio ASINTOTICAMENTE STABILE.

In assenza di attrito l'energia potenziale si conserva

In questo caso l'origine non è pto di equil asintoticamente stabile perché la palla non si fermerà mai nell'origine, ma continuerà il suo moto all'infinito.

In condizioni di attrito l'en potent diventa cinetica, ma in parte si dispende per via dell'attrito