

# *Lezione 1*

## Introduzione

## L'automatica

Con il termine automatica si fa riferimento ad una disciplina che studia tutti gli aspetti metodologici e concettuali che stanno alla base dell'**automazione**, ossia del trasferimento alle macchine di operazioni di governo e controllo di dispositivi, processi e sistemi di svariata natura. Si parla di automazione ogniqualvolta un'operazione viene eseguita da una macchina senza, o con ridotto, intervento dell'uomo.

I comparti applicativi in cui si presenta l'automazione sono i più svariati e toccano da vicino la vita quotidiana: si pensi agli elettrodomestici (frigoriferi, lavatrici, condizionatori), ai sistemi di frenatura e sterzo servoassistiti, alle sospensioni attive o al controllo della velocità di crociera nelle automobili, al pilota automatico negli aerei, ai processi manifatturieri automatizzati (fabbrica automatica), al controllo di motori elettrici, al controllo degli impianti per la generazione di energia, e così via.

Una tale vastità di applicazioni in cui l'automazione riveste un ruolo rilevante può far nascere il legittimo dubbio che l'automatica si riduca ad una rassegna o tutt'al più ad una classificazione delle applicazioni più significative.

In effetti inizialmente (al principio del ventesimo secolo) non vi era alcuna consapevolezza del carattere comune delle applicazioni di controllo. Le applicazioni, che pur esistevano (controllo di livello in serbatoi, controllo di velocità delle macchine a vapore, controllo del moto delle pale di mulini a vento), evolvevano in modo pionieristico e del tutto indipendente tra loro.

E' stato solo con il formarsi, e quindi con il consolidarsi, di una teoria matematica che l'automatica ha cominciato a prendere le forme di una disciplina scientifica. Tale teoria matematica va sotto il nome di **teoria dei sistemi**. Il suo indubbio pregio risiede nel fornire gli strumenti per lo studio delle caratteristiche del sistema, oggetto di automazione, in modo sostanzialmente indipendente dal contesto applicativo. Grazie alla teoria dei sistemi, tutti i sistemi di automazione elencati sommariamente in precedenza possono essere studiati con la stessa metodologia matematica.

Lo studio dei fondamenti della teoria dei sistemi, che occuperà la prima parte di questo corso, consentirà da un lato di dotarsi di strumenti molto efficaci per l'analisi di sistemi (non solo tecnologici, ma anche economici, ecologici o biologici) in cui è importante formalizzare l'evoluzione nel tempo delle variabili, dall'altro preparerà la strada allo studio dei sistemi di **controllo automatico**, che occuperà la seconda parte del corso. L'obiettivo primario dello studio sarà la valutazione oggettiva delle prestazioni dei sistemi di controllo, per mezzo di parametri che formalizzano concetti intuitivi, quali la stabilità, la velocità di risposta, la precisione del sistema di controllo. Saranno forniti anche elementi per la progettazione del dispositivo che esegue il controllo automatico e per la sua realizzazione in tecnologia digitale.

## Il problema del controllo

Un problema di controllo nasce nel momento in cui si vuole imporre ad un “oggetto” (la cui natura va di volta in volta precisata) un comportamento desiderato, per mezzo di opportune azioni esercitate sull’oggetto stesso. Operiamo la seguente distinzione:

*Controllo automatico:* l’azione di controllo viene esercitata da dispositivi che operano in modo autonomo senza, o con ridotto, intervento umano;

*Controllo manuale:* l’azione di controllo viene esercitata dall’operatore umano.

Quali sono gli elementi di un problema di controllo?

### A) Il sistema sotto controllo

E’ il sistema oggetto dell’azione di controllo. Su di esso agiscono delle *variabili manipolabili*, o *di controllo* ( $u$ ), e dei *disturbi* ( $d$ ) (variabili indipendenti ed incerte), mentre le sue uscite ( $y$ ) costituiscono le *variabili controllate* (di cui interessa cioè controllare l’andamento nel tempo).

### B) L’andamento desiderato delle variabili controllate

Sono le variabili ( $y^\circ$ ) che esprimono l’andamento che le variabili controllate dovrebbero assumere per garantire un corretto funzionamento del sistema controllato. Verranno anche chiamate *riferimenti* o *setpoint*.

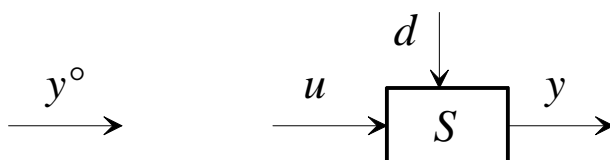


Fig. 1 : Elementi di un problema di controllo

**Problema di controllo:** determinare, ad ogni istante, il valore delle variabili di controllo  $u$  in modo tale che le variabili controllate  $y$  assumano un andamento quanto più possibile simile all’andamento desiderato  $y^\circ$ , qualunque siano, tra quelli ritenuti ragionevoli, gli andamenti dei riferimenti  $y^\circ$  e dei disturbi  $d$ .

**Controllore:** oggetto che determina ed esercita l’azione di controllo.

**Legge di controllo:** criterio secondo il quale agisce il controllore.

## Un esempio: il frigorifero

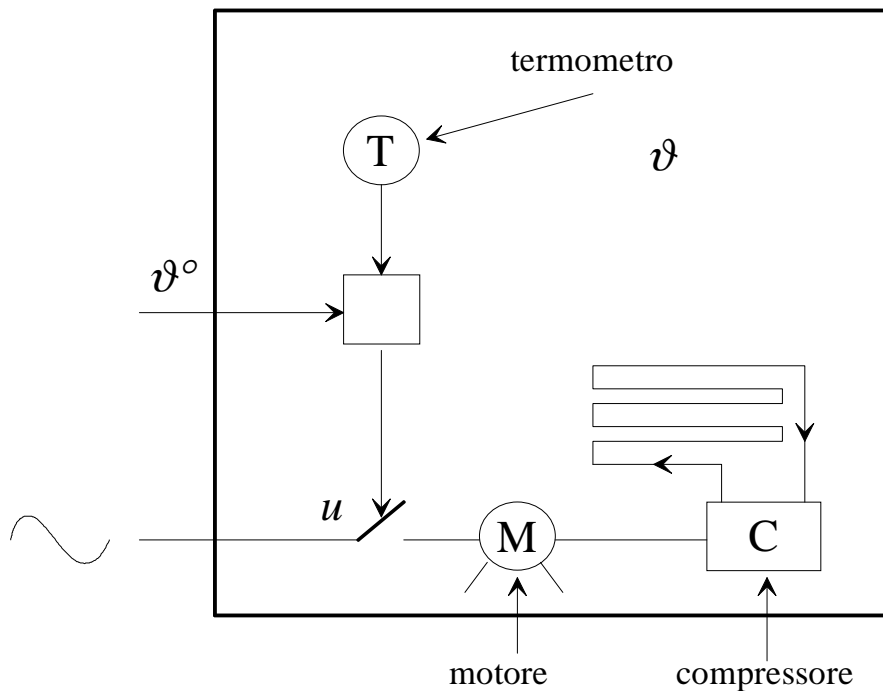


Fig. 2 : Un frigorifero

<b>Obiettivo del controllo:</b>	Mantenere approssimativamente costante la temperatura all'interno del frigo.
<b>Riferimento:</b>	$\vartheta^o$ valore desiderato per la temperatura all'interno del frigo (lo si imposta con una manopola).
<b>Variabile di controllo:</b>	$u$ posizione dell'interruttore di alimentazione del motore del compressore.
<b>Disturbi:</b>	$\vartheta_{d1}$ temperatura dell'ambiente esterno; $\vartheta_{d2}$ temperatura degli oggetti inseriti.
<b>Variabile controllata:</b>	$\vartheta$ temperatura all'interno del frigorifero (può essere misurata o no).

---

### STRATEGIA DI CONTROLLO 1

Si calcola la quantità di calore che deve essere estratta per mantenere una certa temperatura desiderata  $\vartheta^o$ . Servendosi di un timer, si accende e spegne il motore ad intervalli regolari.

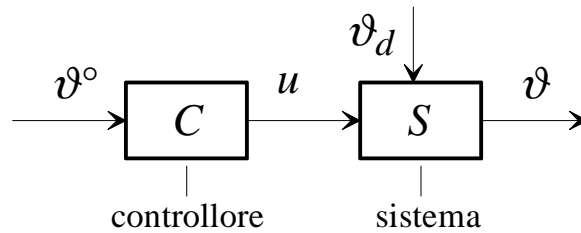


Fig. 3 : Strategia di controllo 1

Tipico andamento temporale della variabile di controllo  $u$ :

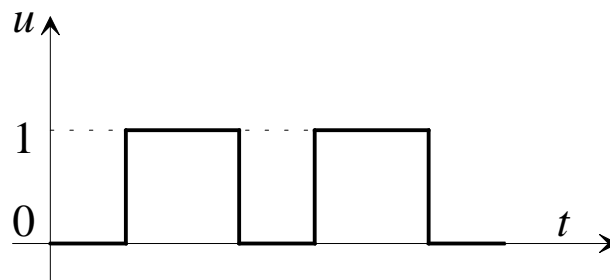


Fig. 4 : Posizione dell'interruttore

### Osservazioni

- La legge di controllo si basa esclusivamente sul modello (bilancio termico)
- Non è richiesto l'uso di un termometro
- Gli eventuali disturbi (porta del frigo lasciata a lungo aperta, oggetti inseriti particolarmente caldi, ecc.) compromettono l'efficacia della regolazione della temperatura.

### STRATEGIA DI CONTROLLO 2

Si utilizza la misura  $\vartheta^m$  della temperatura  $\vartheta$ , fornita da un termometro.

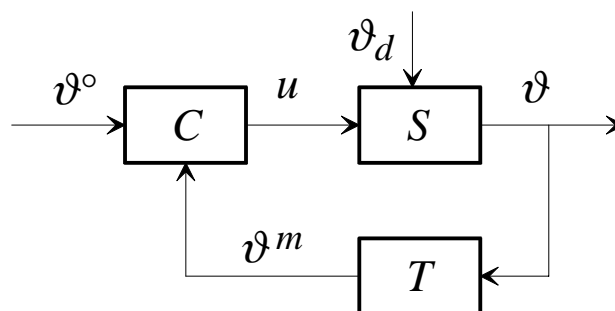


Fig. 5 : Strategia di controllo 2

Si alimenta il motore quando la differenza  $\vartheta^m - \vartheta^o$  supera una certa soglia e lo si spegne quando tale differenza scende al di sotto di un'altra soglia (controllo a *relè*).

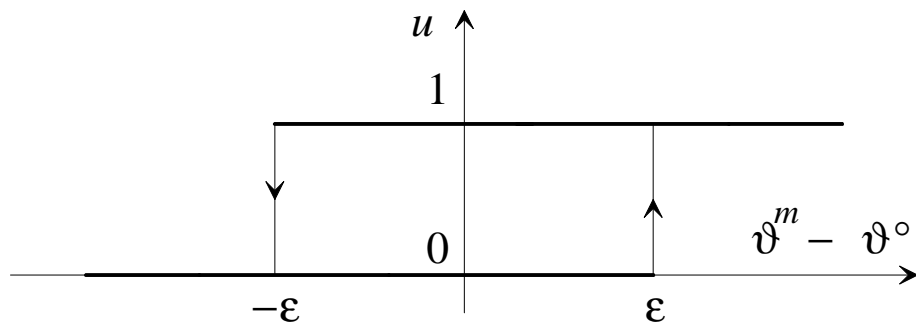


Fig. 6 : Controllore a relè

### Osservazioni

- La legge di controllo non si basa sul modello
- E' richiesto l'uso di un termometro
- In presenza di eventuali disturbi la temperatura viene comunque regolata efficacemente.

## Controllo in anello aperto ed in anello chiuso

### Controllo in anello aperto (feedforward control)

Non viene eseguita alcuna misura sulle variabili del sistema, oppure le eventuali variabili misurate, ed utilizzate nella legge di controllo, non dipendono dai valori assunti dalla variabile di controllo  $u$  (strategia 1 nell'esempio precedente).

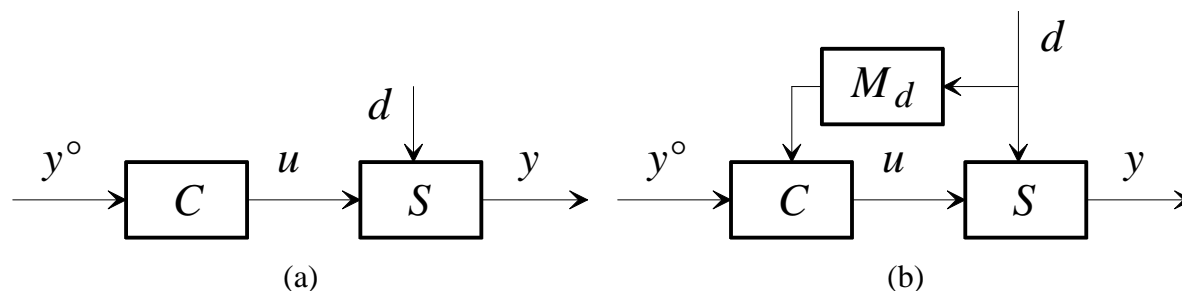


Fig. 7 : Schemi di controllo in anello aperto

Lo schema di Fig. 7b prende il nome di compensazione del disturbo: se il disturbo è misurabile, si esercita un'azione di controllo dipende dalla misura del disturbo stesso

### Controllo in anello chiuso (feedback control)

L'azione di controllo viene esercitata sulla base di misure di grandezze il cui valore dipende anche dal valore assunto dalla variabile  $u$  (strategia 2 nell'esempio precedente). In questo modo si viene a chiudere un anello nel rapporto di causa ed effetto tra le variabili (la variabile  $y$  dipende da  $u$  che, a sua volta, dipende da  $y$  ...).

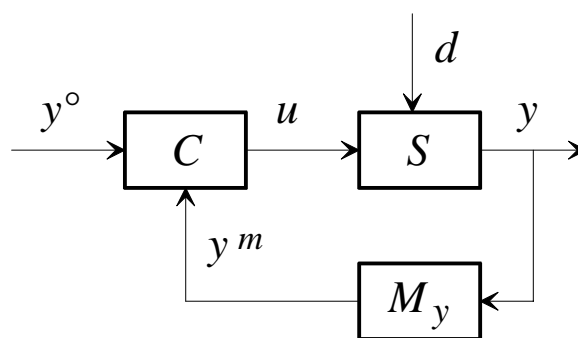


Fig. 8 : Schemi di controllo in anello chiuso

	Anello aperto	Anello chiuso
Misura di $y$	No	Sì
Modello matematico accurato	Sì	No
Sensibilità ai disturbi	Elevata	Bassa

## Strumentazione

La strumentazione è costituita dai dispositivi (trasduttore e attuatore) che interfacciano il processo sotto controllo con il controllore.

**Trasduttori:** misurano una grandezza fisica del sistema sotto controllo (tipicamente la variabile controllata) e ne inviano la misura al controllore in una forma compatibile con la sua tecnologia.

**Attuatori:** traducono l'azione di controllo determinata dal controllore in un'azione efficace sul sistema, operando sulle sue variabili manipolabili (tipicamente con stadi intermedi di amplificazione e conversione di potenza).

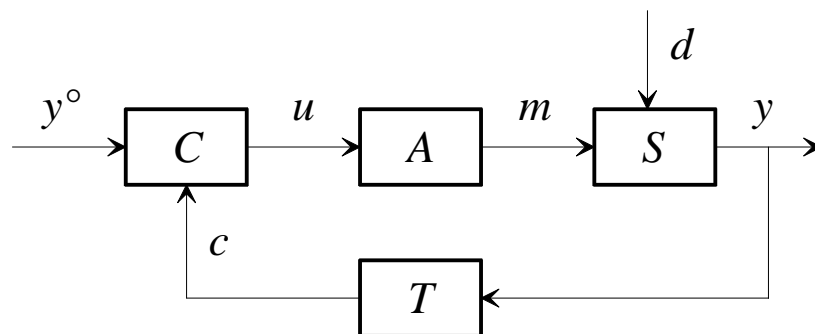


Fig. 9 : Schema di controllo completo di strumentazione

Si osservi che nello schema si è operata la distinzione tra la variabile di controllo  $u$  e la variabile manipolabile  $m$  e tra la variabile controllata  $y$  e la sua misura  $c$ .