

Giuseppe Ambrosino Giovanni Celentano

.....

ELEMENTI DI AUTOMAZIONE

INDICE

I.	INTRODUZIONE AL CORSO	I-1
I.1	PREMESSA	I-1
I.2	I SETTORI APPLICATIVI DELL'AUTOMAZIONE	I-3
I.3	LE TECNOLOGIE DELL'AUTOMAZIONE	I-4
I.4	TIPOLOGIE DI PROBLEMI DI AUTOMAZIONE	I-4
I.5	LE DISCIPLINE DELL'AUTOMAZIONE	I-6
I.6	CONTENUTI DEL CORSO DI "ELEMENTI DI AUTOMAZIONE"	I-7

I. INTRODUZIONE AL CORSO

I.1 Premessa

L'*Automazione* è una branca dell'Ingegneria moderna che si occupa della risoluzione di problemi che hanno come obiettivo quello di ridurre o eliminare l'intervento dell'uomo nella produzione di beni e/o di servizi.

L'esame dei principali compiti svolti dall'uomo in una qualsiasi attività lavorativa porta a classificare gli *organi* di un sistema di automazione in tre tipi fondamentali:

- *Organi sensoriali*, che hanno come obiettivo la misurazione di grandezze di interesse per valutare lo stato di avanzamento e/o il corretto svolgimento del lavoro in esecuzione;
- *Organi di elaborazione*, che, sulla base delle misure fornite dagli organi sensoriali e degli obiettivi del lavoro in esecuzione, decidono le azioni da intraprendere;
- *Organi di attuazione*, che eseguono le azioni comandate dagli organi di elaborazione.

Esempio 1.1 *Sistema di regolazione del livello di un serbatoio.* Si consideri un serbatoio e si supponga di voler mantenere (praticamente) costante il livello del liquido in esso contenuto, a fronte di prelievi non noti effettuati da alcune utenze. Questo problema ricorre in molte applicazioni di interesse industriale (impianti chimici, farmaceutici, ...) o civile (acquedotti, rete idrica, sistemi di trattamento delle acque,...). Tale problema può essere risolto per mezzo di un operatore che dovrà manovrare in maniera opportuna una valvola di regolazione, come mostrato in Fig.1.1.

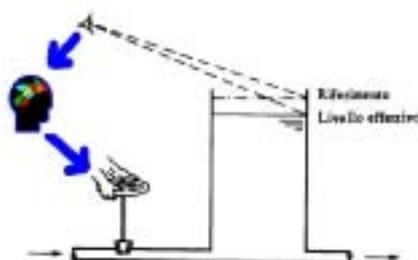


Figura 1.1 Regolazione manuale del livello di un serbatoio

In alternativa, lo stesso compito può essere svolto in maniera automatica mediante un sistema che sia in grado di svolgere le tre funzioni dell'operatore: misurazione del livello effettivo, decisione sul modo in cui intervenire sulla valvola di regolazione, attuazione della decisione mediante un motore che aziona la valvola di regolazione. Un semplice sistema di automazione è mostrato in Fig. 1.2.

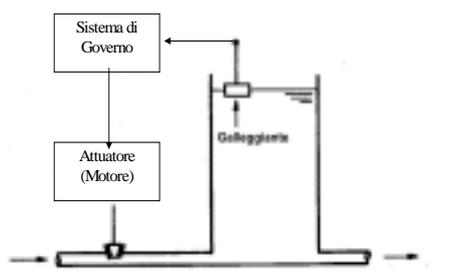


Figura 1.2 Regolazione automatica del livello di un serbatoio

Esempio 1.2 *Sistema di controllo di un passaggio a livello ferroviario.* Il passaggio a livello di una ferrovia (vedi Fig.1.3) deve essere interrotto al traffico in occasione del transito di un treno. Questa operazione veniva una volta effettuata manualmente da un operatore il quale, avvertito telefonicamente dell'arrivo del treno, provvedeva a chiudere le barriere fino a transito avvenuto. Essa è oggi completamente automatizzata per mezzo di due sistemi elementari gerarchicamente interagenti: un primo sistema, "Controllo Semafori" (CS), rileva, per mezzo di un apposito sensore SA posto a distanza dal passaggio a livello, l'evento "arrivo di un treno" e comanda la "chiusura delle barriere". A tale operazione provvede un secondo sistema, "Controllo Barriere" (CB), del tipo discusso nell'Esempio 1.1, il quale, una volta completata l'operazione di chiusura, dà comunicazione al sistema CS dell'evento "chiusura barriere completata". Il CS provvede a posizionare sul verde il semaforo per il treno e sul rosso quello di attraversamento del passaggio a livello. Successivamente, una volta che "il treno è transitato", evento questo segnalato da un apposito sensore ST, il sistema CS invia il comando "apertura barriere" al CB che effettua tale operazione. Infine il sistema CS, ricevuta comunicazione da parte di CB dell'evento "apertura barriere completata", provvede a posizionare sul rosso il semaforo del treno, sul verde quello di transito, e si predispose per una nuova operazione.

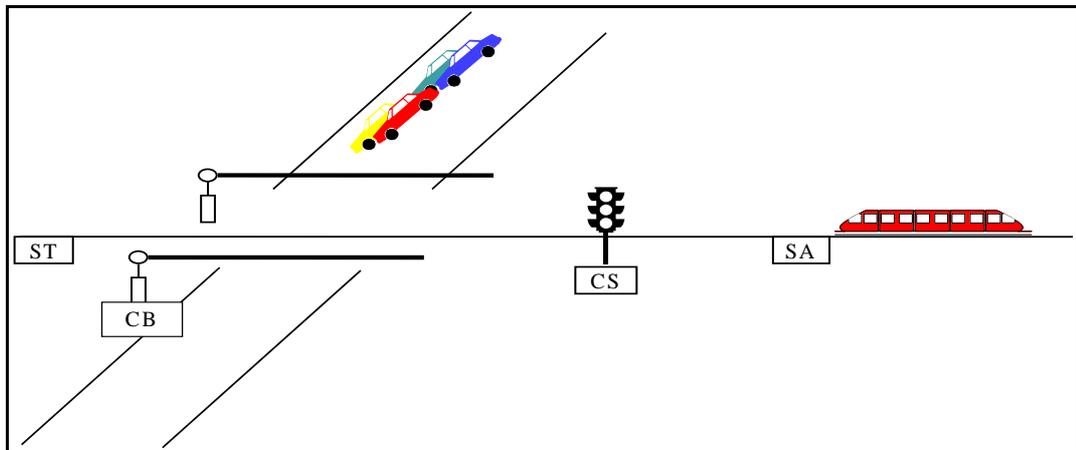


Figura 1.3 Rappresentazione schematica del sistema di passaggio a livello di una ferrovia

Sebbene l'Automazione sia considerata da molti una scienza giovane, in realtà ha origini remote. I primi sistemi di automazione, infatti, risalgono all'epoca dell'invenzione della macchina a vapore. Tuttavia, fino all'inizio degli anni cinquanta, la sua diffusione è stata abbastanza limitata essenzialmente per due motivi:

- i) la difficoltà nel realizzare organi di elaborazione in grado di eseguire algoritmi di decisione complessi;
- ii) la difficoltà nel far "colloquiare" gli organi sensoriali, decisionali e di attuazione.

Prima di quegli anni, infatti, gli organi di elaborazione erano costituiti da sofisticati congegni di tipo meccanico o pneumatico, che consentivano di implementare solo banali algoritmi di elaborazione, la cui connessione agli organi sensoriali e di attuazione costituiva già di per sé un complesso problema di ingegneria.

L'avvento delle moderne tecnologie dell'informazione ha portato ad una vera rivoluzione dei sistemi di automazione. Infatti, da una parte, la disponibilità di sistemi di elaborazione estremamente potenti, versatili e a basso costo (microprocessori) ha consentito di implementare sofisticati algoritmi decisionali, in grado di operare anche in presenza di situazioni estremamente complesse; d'altra parte, la semplificazione nello scambio di informazioni tra i vari organi di un sistema di automazione, consentito dalle reti di comunicazione e dalla disponibilità di sensori e attuatori "intelligenti" (che possono essere inseriti direttamente su una rete di comunicazione), ha consentito di semplificare i

problemi di progetto e di realizzazione, e di conseguenza di ridurre i costi dei sistemi di automazione.

Nel seguito viene fatta una breve rassegna dei campi applicativi dell'automazione.

I.2 I settori applicativi dell'Automazione

L'Automazione trova applicazione in quasi tutti i settori sia della produzione industriale che dei servizi.

Per quanto riguarda il **settore industriale**, si è soliti distinguere in due tipi fondamentali:

- *Industrie di processo*, destinate alla produzione di prodotti di base ottenuti mediante un flusso continuo di materiale sottoposto ad una serie di trattamenti successivi (industria chimica, petrolchimica, farmaceutica, agro-alimentare, metallurgica, del vetro, del cemento, di trattamento delle acque, della produzione di energia elettrica, ...);
- *Industrie manifatturiere*, destinate alla produzione di beni strumentali e di consumo ottenuti mediante una successione di cicli di lavorazione su elementi distinti, sottoposti successivamente ad assemblaggio (automobili, elettrodomestici, tessuti e abbigliamento, prodotti per la casa, ...).

Le differenze tra le tecniche di produzione delle industrie di processo e quelle delle industrie manifatturiere sono notevolissime e si riflettono in maniera sensibile sulle differenze dei relativi sistemi di automazione.

Per quanto riguarda invece il **settore dei servizi**, i relativi sistemi di automazione sono estremamente articolati e vari.

All'interno di esso un posto di primo piano, per la complessità intrinseca dei sistemi su cui si interviene, è rappresentato dai *servizi articolati in reti*, quali ad esempio le reti di trasporto e distribuzione di energia elettrica, acqua, gas, trasporto ferroviario, reti di comunicazione.

Un discorso a parte va fatto per i *servizi amministrativi, commerciali e creditizi*. Questi campi applicativi sono tutti caratterizzati dalla necessità di sottoporre ad una serie predefinita di operazioni una quantità spesso rilevantissima di dati. Per essi vengono di solito sviluppati appositi sistemi di automazione, che richiedono tipicamente l'uso di grandi calcolatori (ad esempio mainframe) e di pacchetti SW specializzati nel trattamento di grosse Basi di Dati, e in grado di soddisfare a requisiti di sicurezza che diventano sempre più stringenti.

Nell'automazione sia industriale che dei servizi, una tendenza che si è affermata negli ultimi venti anni è quella dello sviluppo di *macchine* quasi completamente automatizzate in grado di svolgere compiti complessi. Tra esse, quelle più diffuse sono sicuramente i manipolatori meccanici programmabili (*robot*) impiegati su larga scala sia per l'esecuzione di operazioni ripetitive in catene di produzione, sia per operazioni in ambienti ostili (operazioni di verniciatura e saldatura, manutenzione di impianti nucleari, applicazioni spaziali, operazioni sul fondo marino, ...). Sulla base delle conoscenze sviluppate in tale campo, si stanno oggi sviluppando anche altri tipi di macchine completamente automatiche, come ad esempio velivoli autonomi già largamente usati in campo militare, mentre sono ancora in via di sviluppo macchine completamente automatiche per usi civili (auto, treni, aerei, ...) nei quali è richiesta un'elevata affidabilità e sicurezza.

I.3 Le tecnologie dell'Automazione

La breve panoramica fatta nel paragrafo precedente ha messo in evidenza che l'Automazione è un fenomeno che interessa i più diversi settori. Viene allora naturale chiedersi come possa svilupparsi una disciplina dell'Automazione, o addirittura una tecnologia dell'Automazione, che abbia un carattere generale e non legato al particolare contesto applicativo. In realtà, malgrado le diversità dei contesti applicativi, è possibile riconoscere tra i vari processi automatizzati l'esistenza di strutture caratteristiche e di problemi comuni. E' con riferimento a tali aspetti comuni che si sono sviluppate le metodologie e le tecniche dell'Automazione.

Le *Metodologie dell'Automazione* hanno per oggetto la progettazione, in termini astratti e formali, degli algoritmi sulla base dei quali gli organi di elaborazione decidono le azioni da esercitare sull'impianto da automatizzare. Fanno parte di tale progetto anche la scelta delle grandezze da misurare e della tipologia di azioni con cui si vuole intervenire sull'impianto. Infine le metodologie hanno anche per oggetto la valutazione, anch'essa in termini astratti, delle prestazioni ottenibili dall'impianto automatizzato.

Le *Tecniche dell'Automazione* hanno per oggetto lo sviluppo dei dispositivi fisici che realizzano gli organi sensoriali, gli organi di elaborazione, e gli organi di attuazione.

Il livello di generalità e di astrazione con cui si sono sviluppate le metodologie dell'Automazione consente di considerarle come un bagaglio culturale comune e indispensabile per affrontare un qualsiasi problema di automazione. Ovviamente la conoscenza delle caratteristiche fondamentali di funzionamento dell'impianto da automatizzare resta sempre una premessa indispensabile, ma altrettanto importante è il ruolo giocato dalle metodologie dell'Automazione.

Per quanto riguarda invece le tecniche dell'Automazione, si intuisce facilmente che i dispositivi che realizzano gli organi sensoriali e gli organi di attuazione, ossia gli organi che si interfacciano direttamente con il processo, sono strettamente legati all'applicazione. La loro scelta di dettaglio, tra i dispositivi disponibili in commercio, richiede pertanto una competenza specifica sul processo da automatizzare. Viceversa, con riferimento ai dispositivi che realizzano gli organi di elaborazione, si può ormai ritenere consolidato l'uso di apparecchiature informatiche, e questo anche per la semplicità con cui si riesce a far *colloquiare* tali dispositivi con sensori e attuatori *intelligenti* attraverso opportune reti di comunicazione. Una conoscenza approfondita delle tecnologie dell'Informazione è da ritenersi pertanto un requisito culturale indispensabile per un esperto di Automazione.

Viene così a delinarsi un bagaglio di conoscenze, sia tecniche che metodologiche, che accomuna i problemi di Automazione. Su tale bagaglio culturale poggiano le *Tecnologie dell'Automazione* intese come l'insieme di conoscenze tecnico-scientifiche sviluppate allo scopo di trovare, a specifici problemi di Automazione, soluzioni che, oltre a garantirne il comportamento desiderato, siano ottime da un punto di vista di sicurezza e di economicità.

I.4 Tipologie di problemi di Automazione

Gli esempi 1.1 e 1.2 hanno messo in evidenza che un sistema di automazione può essere costituito da un insieme di sistemi automatici elementari, tra loro interagenti, ciascuno avente una struttura base del tipo mostrato in Fig. 1.4.



Figura 1.4 Struttura base di un sistema di automazione elementare

Esempio 1.3 Il sistema di automazione del serbatoio discusso nell'Esempio 1.1 può essere schematizzato come in Fig.1.5.

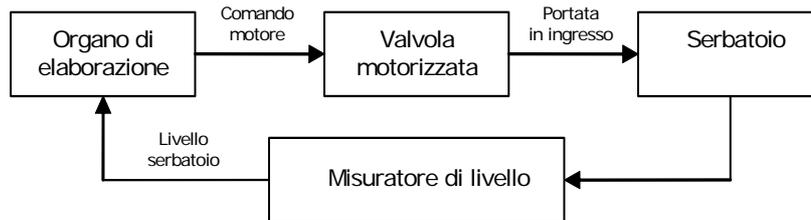


Figura 1.5 Rappresentazione schematica del sistema di automazione di un serbatoio

Esempio 1.4 Il sistema di automazione del passaggio a livello discusso nell'Esempio 1.2 può essere schematizzato mediante due sistemi elementari di automazione interagenti, come mostrato in Fig.1.6.

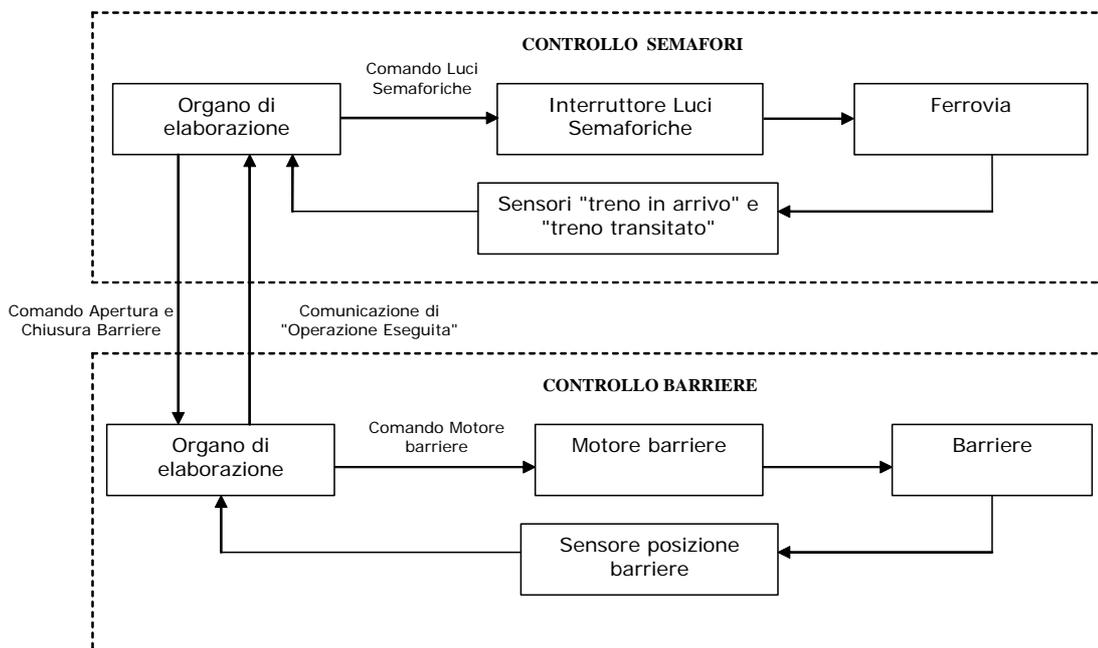


Figura 1.6 Rappresentazione schematica del sistema di automazione di un passaggio a livello

I sistemi elementari di automazione vengono solitamente divisi in due categorie:

1. *Sistemi di controllo continui.* Questi, detti anche semplicemente "Sistemi di Controllo", operano su variabili il cui valore varia generalmente con continuità. Obiettivo di tali sistemi di controllo è quello di garantire che una o più variabili seguano un andamento desiderato. Il sistema di automazione del serbatoio descritto nell'esempio 1.3 e il

sistema elementare "Controllo Barriere" dell'Esempio 1.4 rappresentano esempi di Sistemi di Controllo.

2. *Sistemi di Controllo logico-sequenziale.* Questi sono sistemi che operano tipicamente su grandezze che possono assumere solo un numero finito di valori. Obiettivo di tali sistemi di controllo è quello di avviare predefinite sequenze di operazioni allorché si verificano degli "eventi". Un esempio di Sistema di controllo logico-sequenziale è costituito dal "Controllo Semafori" dell'Esempio 1.4, in cui gli eventi sono "Arrivo di un treno", "Chiusura barriere completata", "Treno transitato", "Apertura barriere completata".

I.5 Le discipline dell'Automazione

Le discipline che concorrono alla formazione di un esperto di Automazione si distinguono in discipline metodologiche e discipline tecniche.

Le *discipline metodologiche* trattano:

- a) la progettazione architettonica del sistema di automazione (definizione dei singoli sistemi di controllo elementari e delle loro interazioni);
- b) la progettazione degli algoritmi di controllo;
- c) la valutazione delle prestazioni del sistema di automazione.

Le *discipline tecniche* trattano invece gli aspetti realizzativi del sistema di automazione, e quindi in particolare:

- a) la scelta dei sistemi di misura;
- b) la scelta dei sistemi di attuazione;
- c) la scelta dell'hardware e del software applicativo del sistema di elaborazione;
- d) l'implementazione SW degli algoritmi di controllo;
- e) l'assemblaggio dell'intero sistema di automazione;
- f) la messa in esercizio del sistema.

La fase di progettazione e valutazione delle prestazioni viene effettuata in maniera astratta, servendosi di modelli matematici sia del processo su cui intervenire che degli apparati di controllo (attuatori, sensori, sistema di elaborazione e algoritmi di controllo).

Un ruolo centrale nello sviluppo del progetto è pertanto giocato dalla "Teoria dei Sistemi", che si interessa della descrizione di sistemi mediante modelli matematici e dell'analisi del loro comportamento. Su queste conoscenze si basano poi le discipline di tipo più propriamente progettuale. Va tuttavia sottolineato che sia la fase di descrizione del sistema mediante modello matematico che quella di progettazione del sistema di automazione (soprattutto per quel che riguarda la fase di progetto architettonico) richiedono una specifica conoscenza dell'impianto da automatizzare, conoscenza che, data la larga varietà di impianti di potenziale interesse, non può essere acquisita in maniera esauriente a livello di studi universitari.

Tra le discipline tecniche un ruolo centrale è svolto dalle discipline di Informatica su cui poggiano gli aspetti realizzativi (HW e SW) degli organi di elaborazione. La preparazione fornita dalle discipline informatiche va poi completata con discipline tecniche in cui vengono descritte apparecchiature informatiche più propriamente legate a sistemi di automazione (ad esempio sistemi di elaborazione in tempo reale per applicazioni industriali). Per quanto riguarda poi le discipline finalizzate alla preparazione sulla scelta dei sistemi di attuazione e di misura, queste ancora una volta dipendono in maniera stretta dalla natura fisica dell'impianto da automatizzare.

Non essendo possibile trattare in maniera esauriente le varie tipologie di sistemi sui quali un esperto di automazione può essere chiamato ad intervenire, nei corsi di laurea in Ingegneria dell'Automazione si punta ad una formazione abbastanza approfondita sui sistemi di tipo meccanico ed elettromeccanico, le cui conoscenze sono alla base dell'automazione di industrie manifatturiere e dell'automazione di un gran numero di macchine specializzate (ad esempio robot). Lo studente interessato ad acquisire competenze specifiche su sistemi o processi di natura diversa (sistemi aeronautici o aerospaziali, autoveicoli, impianti per la generazione e la distribuzione di energia elettrica, impianti meccanici, impianti chimici, sistemi di congestione, sistemi informativi, etc.) potrà completare la sua preparazione utilizzando i moduli a scelta consentiti nei piani di studio.

I.6 Contenuti del corso di "Elementi di Automazione"

Il corso di "Elementi di Automazione" si interessa di questioni riguardanti esclusivamente le Metodologie dell'Automazione. Esso ha come obiettivo quello di presentare concetti elementari relativi sia alla costruzione del modello matematico di un sistema, sia alla progettazione di sistemi di controllo elementari.

La prima parte del corso è dedicata ad una presentazione di concetti generali relativi a sistemi e modelli e ad una classificazione dei sistemi.

Successivamente il corso è articolato in due fasi. Nella prima sono trattati sistemi in cui le grandezze di interesse possono assumere un qualsiasi valore reale; essi sono detti "sistemi a stati continui" o semplicemente "sistemi continui". Sistemi di questo tipo si hanno ogniqualvolta si vuole studiare un fenomeno naturale, di natura meccanica, elettrica, termica, etc., in cui le grandezze di interesse sono spostamenti, velocità e accelerazioni di corpi, flussi o portate di liquidi o gas, tensioni o correnti, temperature, etc. Per questa classe di sistemi vengono innanzitutto presentati alcuni concetti elementari di analisi mediante modello matematico. Poi si passa alla formulazione generale del problema di controllo e si presentano alcune semplici tecniche di progettazione del sistema di controllo.

Nella seconda parte sono trattati sistemi in cui le grandezze di interesse possono assumere solo un numero finito di valori e variano solo in istanti di tempo in cui, in maniera sincrona o asincrona, si verificano degli eventi. Tali sistemi sono detti "sistemi ad eventi". Esempi di sistemi di questo tipo sono: i sistemi di lavorazione nelle industrie manifatturiere, in cui una quantità numerabile di pezzi deve essere sottoposta ad una sequenza di lavorazioni; le reti di calcolatori; i sistemi di comunicazione; i sistemi per la gestione del traffico. Per tale classe di sistemi un'attenzione particolare viene dedicata alla costruzione dei modelli matematici atti a descrivere il loro comportamento. Sono poi presentati alcuni problemi di controllo tipici, anche se la progettazione di tali sistemi di controllo viene trattata nel dettaglio solo per alcuni casi semplici.