

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Introduzione

Nella conduzione di un gran numero di apparati della più svariata natura, si riconosce la necessità di intervenire dall'esterno in modo che essi si comportino nel modo desiderato. Per esempio, affinché un autoveicolo si muova su un dato percorso seguendo un prefissato profilo di velocità, è indispensabile agire in maniera continua sugli organi che determinano la direzione del movimento (sterzo) e la coppia applicata alle ruote motrici (acceleratore, cambio e freni).

Quindi, questo tipo di problematica si incontra frequentemente già nella vita di ogni giorno; di maggiore interesse però è la sua larghissima diffusione in tutta l'ingegneria. Per esempio, con riferimento al settore civile, per climatizzare un edificio si devono scegliere le caratteristiche dell'aria entrante nei singoli locali (portata, temperatura, umidità) in modo che le condizioni ambientali siano quelle volute.

Esigenze dello stesso genere si possono riconoscere anche in ambiti differenti da quelli dell'ingegneria tradizionale, come nella gestione di complessi fenomeni di carattere economico, sociologico o ambientale.

Per determinare le azioni da compiere in situazioni come quelle delineate, si è condotti ad affrontare i cosiddetti problemi di controllo, che trovano soluzione nei sistemi di controllo.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo



Elementi di un problema di controllo.

Processo e variabili principali – I *problemi di controllo* consistono nell'imporre un *funzionamento desiderato* a un *processo* assegnato (si veda la figura). Con il termine *processo*, o *sistema sotto controllo*, si fa quindi riferimento all'oggetto sul quale il problema è posto: un impianto, un'apparecchiatura, una macchina o anche un fenomeno di natura fisica o di altro genere. Invece il *funzionamento desiderato* è espresso dalla richiesta che l'andamento nel tempo di alcune variabili del processo coincida con quello di altre variabili preassegnate. Le prime, quindi, rappresentano le grandezze di interesse e, nell'insieme, costituiscono la *variabile controllata*; le seconde, in forma vettoriale, costituiscono invece l'*andamento desiderato della variabile controllata*, detto altrimenti *segnale di riferimento*.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo

Pertanto, l'obiettivo ideale di un problema di controllo si può sintetizzare nella formula

$$\text{variabile controllata} = \text{segnale di riferimento}$$

per tutto l'intervallo di tempo in cui il funzionamento del processo è di interesse.

Per perseguire l'obiettivo riportato nella formula precedente occorre avere la possibilità di condizionare la variabile controllata. A tale scopo, si suppone di poter agire sul processo manipolando altre variabili scalari, che nell'insieme formano la *variabile di controllo*, i cui andamenti temporali si possano scegliere a piacimento, eventualmente nel rispetto di qualche vincolo. Queste variabili sono quindi assegnabili, in maniera relativamente arbitraria, da chi effettua il controllo. A volte, quando il segnale di riferimento è costante, si usa dire che ci si trova di fronte a un *problema di regolazione*. Per semplicità, in questa trattazione non si farà distinzione tra i termini «controllo» e «regolazione», che saranno considerati sinonimi.

Incertezza – In realtà le variabili controllate non dipendono solamente dalle variabili di controllo: esistono altre grandezze che non sono manipolabili e tuttavia hanno un'influenza sul comportamento del processo. Tipicamente esse non sono note con precisione e, per loro tramite, si può descrivere

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo

l'*incertezza* che è sempre presente in qualsiasi processo da controllare. Per cominciare, quasi mai si può conoscere perfettamente la situazione in cui si trova il processo nell'istante in cui si inizia a esercitare l'azione di controllo. Inoltre, alcuni *parametri* interni al processo possono avere un valore differente dal *valore nominale*, o previsto, e almeno parzialmente ignoto. Analogamente, si può verificare la presenza di variabili che influiscono sul processo dall'esterno come quelle di controllo, ma che, a differenza di queste ultime, non si possono scegliere liberamente. L'esistenza di queste variabili, raccolte nel vettore chiamato *disturbo*, complica in maniera significativa i problemi di controllo, soprattutto per il fatto che esse usualmente differiscono, in modo ignoto, rispetto ai loro *andamenti nominali*.

Quando tutti i parametri e i disturbi assumono i loro valori e andamenti nominali, si dice che ci si trova in *condizioni nominali*; altrimenti si parla di *condizioni perturbate*.

Il tempo – Tutte le variabili che intervengono in un problema di controllo sono funzioni del tempo. Esso può essere di tipo *continuo*, cioè descritto da una variabile reale (indicata con la lettera t), oppure *discreto*, cioè descritto da una variabile intera (indicata con la lettera k).

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo

Si riportano alcuni esempi riguardo ai problemi di controllo.

Esempio 1 – Si supponga che l'autoveicolo cui si è accennato in precedenza debba percorrere una strada pianeggiante, lungo una traiettoria e con una velocità assegnate. In questo caso le variabili controllate sono quattro: due individuano la posizione in un piano orizzontale e due la velocità. A esse corrispondono, come segnali di riferimento, quattro funzioni che specificano la posizione e la velocità desiderate in ogni istante di tempo. Invece, le variabili di controllo sono quelle che individuano la posizione del volante, quella dei pedali dell'acceleratore e del freno, e quella del cambio. È evidente che le variabili di controllo, sottoposte tra l'altro a ovvie limitazioni, non determinano completamente il moto del veicolo, che dipende anche, per esempio, dalla posizione e dalla velocità iniziali. Tra i parametri incerti che, a parità di azione prodotta dalle variabili di controllo, modificano l'andamento delle variabili controllate, si possono annoverare la massa del veicolo, l'efficienza del motore e dell'apparato frenante, lo stato degli pneumatici e dell'asfalto. Infine, un disturbo è certamente costituito dalla presenza di vento, la cui velocità è incerta in modulo, direzione e verso.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo

Si riportano alcuni esempi riguardo ai problemi di controllo.

Esempio 2 – L'impianto centralizzato di climatizzazione di un edificio (menzionato in precedenza) deve essere realizzato in modo che le temperature nei singoli ambienti (variabili controllate) siano pari a quelle desiderate (segnali di riferimento). A questo scopo si utilizzano come variabili di controllo le portate d'aria inviate ai locali, modificabili agendo su saracinesche. Evidentemente, le portate non potranno essere né negative, né superiori a un valore massimo noto.

Le temperature interne, però, dipendono anche da molti altri fattori, tra i quali la temperatura esterna e l'insolazione (disturbi), nonché i coefficienti di scambio termico (parametri). Inoltre, la posizione delle saracinesche non determina completamente la potenza termica addotta. Infatti, la portata e la temperatura dell'aria condizionante dipendono dal funzionamento delle pompe e degli scambiatori di calore a monte e, ragionevolmente, non si possono ritenere perfettamente note: in altri termini, costituiscono ulteriori fonti di incertezza.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

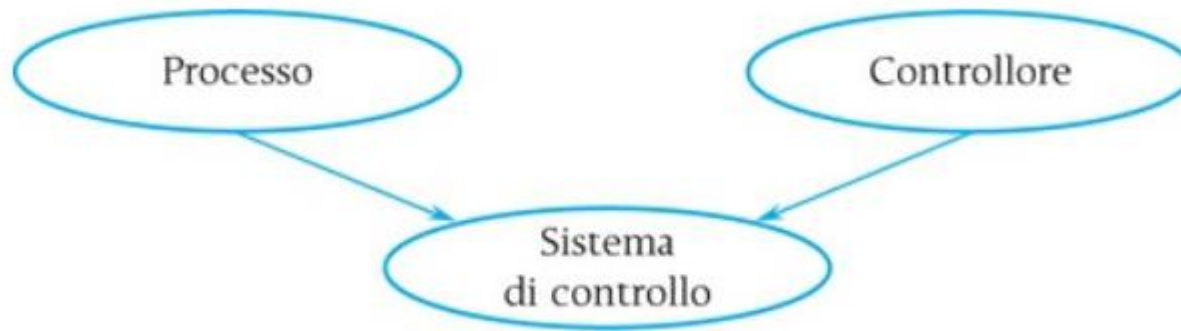
Problemi e sistemi di controllo – Problemi di controllo

Si riportano alcuni esempi riguardo ai problemi di controllo.

Esempio 3 – Un robot costituito da diversi bracci (*link*) connessi tra loro deve essere utilizzato per lucidare la superficie di un pezzo meccanico. In questo caso, è necessario che l'estremità dell'ultimo braccio (*end effector*), su cui è montato l'utensile, effettui un percorso prefissato esercitando una forza opportuna sul componente da lucidare. Le variabili controllate sono dunque quelle che individuano la posizione dell'utensile e la forza da esso applicata. Le variabili di controllo sono invece le grandezze elettriche (tensioni o correnti) relative ai motori che muovono i bracci. Tra le variabili incerte si possono annoverare le resistenze e le induttanze dei motori, le coppie d'attrito, le elasticità dei giunti e la rugosità della superficie da lucidare.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

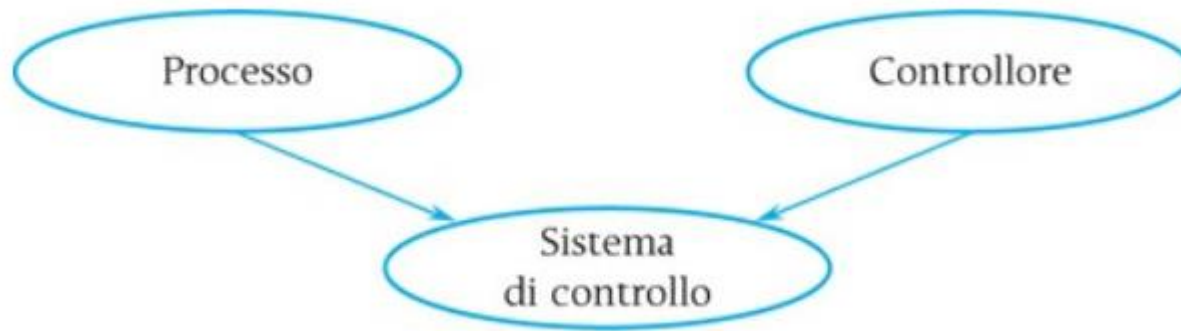


Elementi di un sistema di controllo.

Definizioni fondamentali – La determinazione dell'andamento della variabile di controllo viene compiuta da un organo detto *controllore*, o *regolatore*. Il complesso costituito dal processo e dal controllore è denominato *sistema di controllo* (si veda la figura). Può accadere che il processo e il controllore siano strettamente connessi tra loro, cioè che il processo sia dotato di un meccanismo di autoregolazione così intrinsecamente legato al processo stesso da rendere praticamente indistinguibili i due elementi del sistema di controllo. Si parla allora di controllori e sistemi di controllo *naturali*, mentre in caso contrario si dice che essi sono *artificiali*. Questi ultimi si possono classificare in *manuali* e *automatici*, a seconda che l'azione di controllo sia esercitata dall'uomo o da un dispositivo progettato appositamente.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo



Elementi di un sistema di controllo.

Esempio – Un autoveicolo è normalmente condotto da un pilota umano, che ne costituisce un controllore manuale. Tuttavia, si trovano ormai in commercio dispositivi che consentono il controllo automatico della velocità (*cruise control*) senza alcun intervento umano, se non quello necessario per impostare la velocità desiderata. Inoltre, sono in fase avanzata di studio i sistemi per il controllo automatico della traiettoria, da utilizzare su percorsi autostradali attrezzati.

Si osservi che sistemi di controllo automatico del moto sono già da tempo diffusissimi sugli aeromobili (piloti automatici). Essi agiscono sulla potenza erogata dai motori e sulla posizione delle superfici mobili (timone e alettoni) per seguire una determinata rotta con una velocità prefissata.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Specifiche di progetto – L'obiettivo di progetto espresso dalla relazione

$$\text{variabile controllata} = \text{segnale di riferimento}$$

prevede la perfetta identità tra la variabile controllata e il segnale di riferimento. Esso è ideale in quanto per molte ragioni è, di fatto, irraggiungibile.

Nella pratica applicativa, fortunatamente, si può ritenere che un problema di controllo sia stato risolto convenientemente anche se la relazione riportata in precedenza è soddisfatta solo in via approssimata. Naturalmente le approssimazioni accettabili devono essere precisate caso per caso. Però, in termini generali, si può dire che la relazione

$$\text{variabile controllata} \simeq \text{segnale di riferimento}$$

viene tradotta nell'imporre che l'*errore* del sistema di controllo definito come

$$\text{errore} = \text{segnale di riferimento} - \text{variabile controllata}$$

soddisfi un insieme di *requisiti*, o *specifiche*, che esprimono la necessità che esso risulti «accettabilmente piccolo» in tutte le condizioni di funzionamento di interesse.

Queste, a loro volta, corrispondono ai valori che possono assumere i parametri del

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

processo e agli andamenti prevedibili dei disturbi, oltre che alla situazione in cui si trova il processo all'inizio dell'intervallo di tempo di controllo.

Per quanto riguarda i parametri e i disturbi, è molto utile conoscere i rispettivi valori e andamenti nominali, nonché le classi cui appartengono i valori e gli andamenti veri. Inoltre, di solito un unico controllore deve essere in grado di imporre al processo comportamenti di volta in volta differenti, cioè, nel momento in cui si progetta il controllore, il segnale di riferimento non è del tutto noto, ma se ne conosce soltanto una classe funzionale di appartenenza.

All'obiettivo di rendere “piccolo” l'errore si aggiunge di solito una richiesta di *moderazione del controllo*, che è motivata sia dalla tipica presenza di vincoli sul valore massimo, o minimo, che può assumere la variabile di controllo sia dall'ovvia necessità di evitare che il processo riceva sollecitazioni eccessive. Pertanto, anche per le variabili di controllo potranno essere definite opportune specifiche. È chiaro che l'ottenimento di un buon comportamento dell'errore è in contrasto, fortunatamente solo parziale, con l'obiettivo di evitare una sollecitazione eccessiva del controllo.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Esempio – Pensando al periodo estivo, si può assumere che le temperature desiderate nei diversi ambienti siano funzioni costanti a tratti i cui valori non scendano mai al di sotto di 24°C e non salgano mai oltre 28°C . Per quanto riguarda i disturbi, la temperatura esterna potrebbe essere descritta anch'essa con riferimento alle sue caratteristiche temporali, considerandola una funzione continua con valori appartenenti a un intervallo conosciuto; il suo andamento nominale potrebbe essere costituito da una sinusoide di ampiezza nota e periodo di 24 ore. Informazioni analoghe potrebbero essere disponibili a proposito della potenza termica trasmessa dal sole per irraggiamento. Per i coefficienti di scambio termico delle pareti, la conoscenza delle caratteristiche dei materiali potrebbe consentire almeno di considerare noti i rispettivi intervalli di appartenenza.

Chiaramente, non si può pensare che, durante il funzionamento, la temperatura controllata coincida sempre con quella desiderata: di solito è sufficiente che l'errore sia piccolo. Per esempio, ci si può accontentare del fatto che l'errore sia nullo, se la temperatura desiderata è costante, e che, di fronte a sue brusche variazioni, esso ritorni a zero in tempi brevi, indipendentemente dagli andamenti dei disturbi e dai valori dei parametri.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

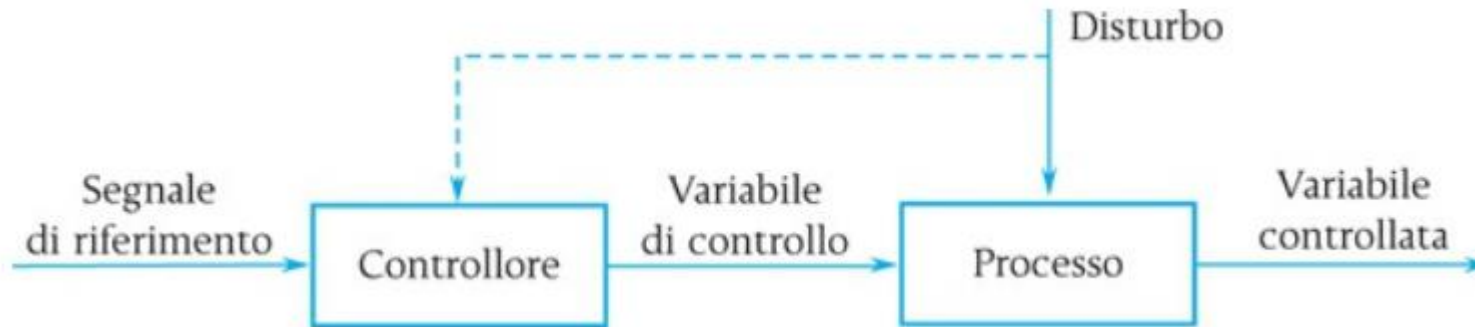
Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Controllo in anello aperto e controllo in anello chiuso – Le informazioni in possesso del progettista del controllore sulle variabili in gioco, che sono state discusse in precedenza (specifiche di progetto), non devono essere confuse con le informazioni di cui dispone il regolatore durante il funzionamento.

Ogni controllore, per poter agire sul processo in maniera opportuna, deve necessariamente avere delle informazioni sul segnale di riferimento. Molto spesso l'azione di controllo dipende dal passato e dal presente dell'andamento desiderato della variabile controllata, ma non dal futuro; cioè, all'istante $t = \bar{t}$ è noto al regolatore l'andamento effettivo del segnale di riferimento per $t \leq \bar{t}$, se il tempo è continuo. Se invece il tempo è discreto, all'istante $k = \bar{k}$ il controllore conosce l'andamento effettivo del segnale di riferimento per $k \leq \bar{k}$. È inoltre possibile, anche se non indispensabile, che il controllore conosca passato e presente del disturbo, o di qualche sua componente. Quando il controllore possiede informazioni solo sul segnale di riferimento ed eventualmente sul disturbo, esso si dice in *anello aperto*, o *ad azione diretta* (in inglese *feedforward*), e così si denomina anche il sistema di controllo corrispondente. Questa struttura di controllo è illustrata dallo schema riportato nella slide seguente.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

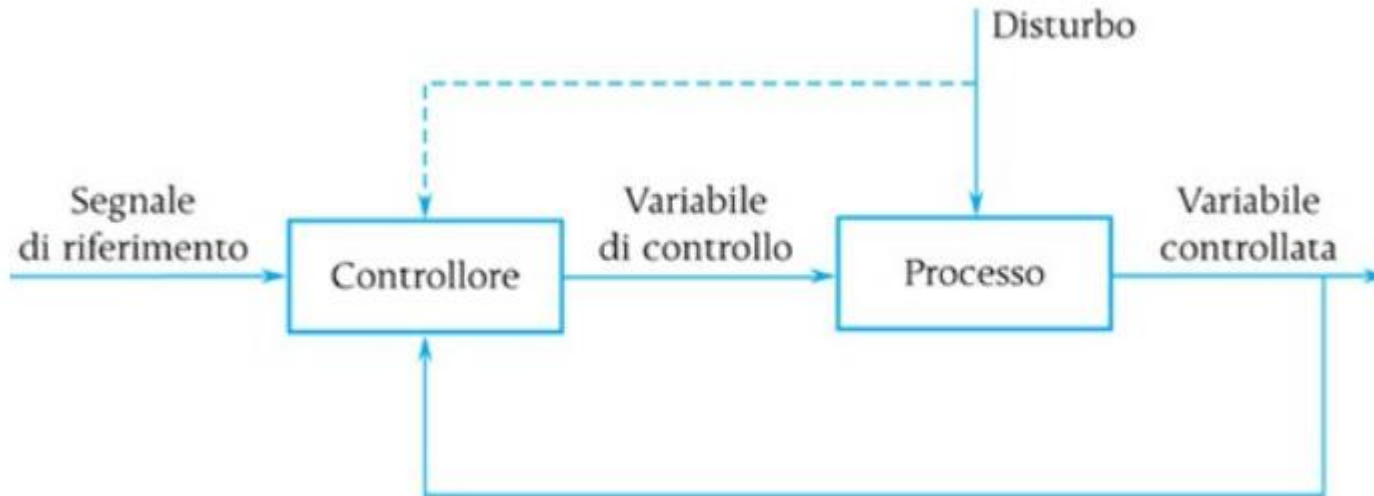


Sistema di controllo in anello aperto.

In aggiunta a quanto appena detto, accade spesso che la variabile controllata sia misurabile e disponibile al regolatore. Allora l'azione di controllo impressa al processo in $t = \bar{t}$ (o $k = \bar{k}$) dipende anche dall'andamento della variabile controllata per $t \leq \bar{t}$ (o $k \leq \bar{k}$) e il controllore si dice in *anello chiuso*, o in *retroazione* (in inglese *feedback*); analogamente si parla di sistema di controllo *in anello chiuso*, o *retroazionato* (si veda la figura riportata nella slide seguente). Se il disturbo è misurabile e la variabile di controllo, in anello aperto o chiuso, ne dipende, si usa dire che il controllore effettua una *compensazione del disturbo*. La compensazione costituisce comunque un'azione in anello aperto: le dizioni «anello chiuso» e «retroazione» vengono infatti riservate per indicare la dipendenza della variabile di controllo da quella controllata, che

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo



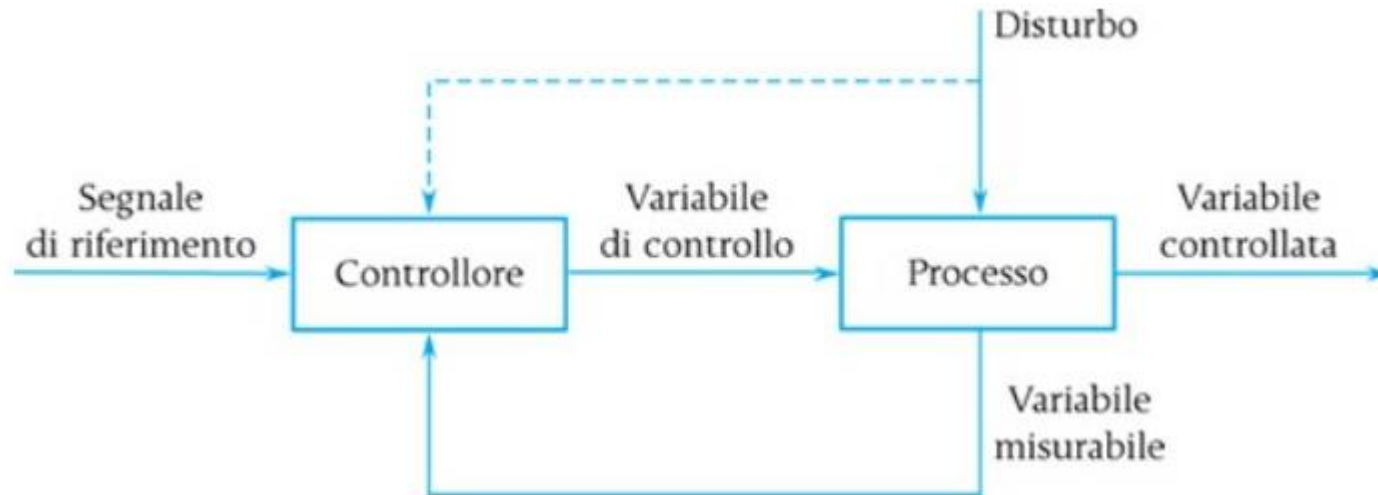
Sistema di controllo in anello chiuso.

evidentemente dipende dalla prima.

Questi termini sono anche usati con riferimento al caso in cui la variabile generata dal controllore sia fatta dipendere, invece che dalla variabile controllata, da un'altra *variabile misurabile* del processo, a sua volta influenzata dalla variabile di controllo (si veda la figura riportata nella slide seguente).

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

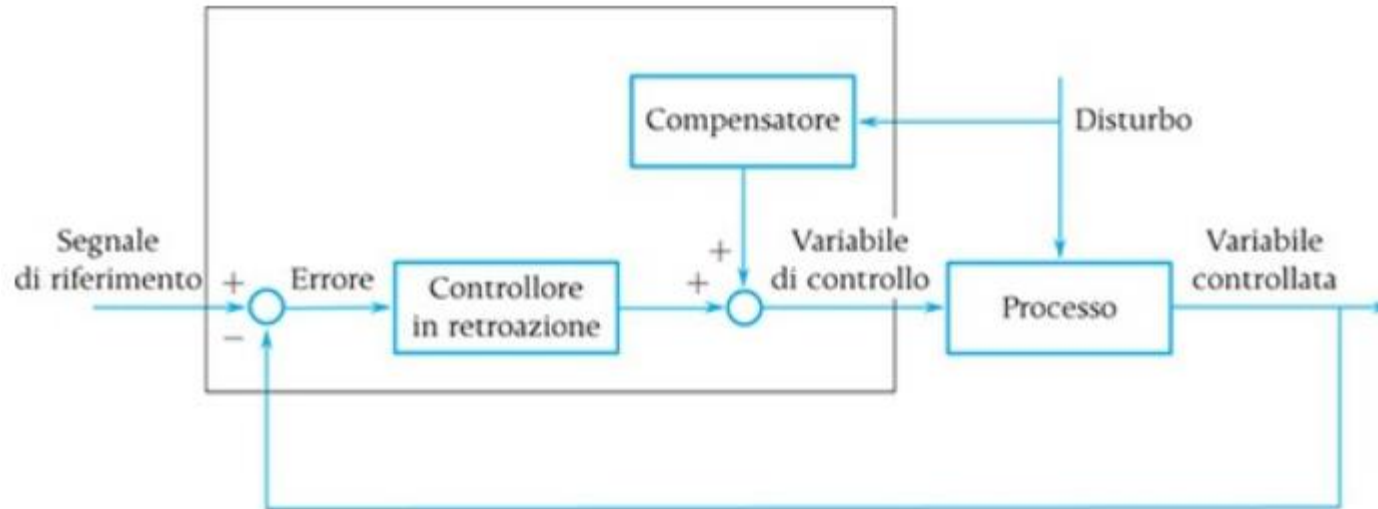


Sistema di controllo in anello chiuso con variabile controllata e misurabile diverse.

Una situazione tipica di controllo in retroazione con compensazione si ha quando la variabile di controllo è costituita dalla somma di due addendi: uno di essi dipende solo dal disturbo ed è generato da un *compensatore* (pertanto è in anello aperto); l'altro, piuttosto che dipendere separatamente dal segnale di riferimento e dalla variabile controllata, è una funzione dell'errore (si veda la slide 10) che viene generata da un controllore in retroazione. Come mostrato nella figura riportata nella slide seguente, l'intero controllore è dunque costituito da due elementi di regolazione e due nodi sommatori. Tuttavia, con lieve abuso di linguaggio, il termine

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo



Sistema di controllo sull'errore con compensazione.

controllore sarà spesso riferito al solo compensatore o al solo controllore in retroazione, dando per scontata la presenza dei nodi sommatori.

La struttura di controllo in anello chiuso è evidentemente più potente di quella in anello aperto. In termini generali, è chiaro che quanto maggiori sono le informazioni sul processo a disposizione del controllore, tanto migliori sono le prestazioni ottenibili. Alcuni risultati importanti possono essere ottenuti solo mediante controllori in anello chiuso (soprattutto quelli in cui si misura proprio la variabile controllata; si veda la figura riportata nella slide 15). I controllori in anello aperto sono

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

«ciechi», nel senso che non hanno modo di rilevare le conseguenze del fatto che il processo si trovi in condizioni perturbate, invece che nominali. Tuttavia, proprio la circostanza che in un sistema di controllo retroazionato la variabile di controllo dipende da un'altra variabile, che a sua volta dipende da essa stessa («si mangia la coda»), può essere fonte di problemi, per cui i sistemi di controllo in anello chiuso richiedono particolare attenzione nel progetto.

Esempio – Realizzare in anello aperto il sistema di controllo della temperatura di un edificio significa assegnare la portata d'aria da addurre in ogni istante di tempo in funzione della temperatura desiderata ed eventualmente di quella esterna (compensazione). Nel far ciò ci si deve riferire a opportune ipotesi sui parametri e i disturbi non misurati: è prassi comune assumere che essi siano tutti pari ai loro valori o andamenti nominali. Se durante il funzionamento queste ipotesi non fossero verificate, gli obiettivi del controllo non sarebbero raggiunti. Lo stesso sistema di controllo, realizzato in anello chiuso, fa dipendere la portata d'aria anche dalla temperatura controllata. Il controllore ha allora l'informazione necessaria per accertare continuamente le deviazioni dal comportamento nominale del processo e operare congruentemente. Anche le conseguenze di eventi imprevisti (come l'apertura di una finestra) saranno rilevate e potranno essere contrastate.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Aspetti realizzativi – Per quanto riguarda gli aspetti realizzativi, risultano di particolare importanza la tecnologia del controllore e la strumentazione di processo.

- Tecnologia del controllore: un regolatore deve elaborare l'informazione disponibile per generare un'appropriata azione di controllo sul processo. Per costruire un controllore automatico si possono utilizzare varie tecnologie. I controllori più moderni sono realizzati con tecnologia digitale. Si tratta, in questo caso, di microprocessori o calcolatori appositamente predisposti, nei quali gli algoritmi di controllo implementati dipendono solo dalla natura di un programma di calcolo e quindi possono essere facilmente impostati, magari sfruttando interfacce apposite. Di fatto, i controllori digitali hanno veramente rivoluzionato lo scenario, consentendo di superare le limitazioni realizzative poste dai controllori di altro tipo: è nato così il *controllo digitale*. Non si può però tacere il fatto che l'uso di controllori digitali, nei quali le variabili in gioco sono sequenze di numeri i cui valori sono soggetti alle approssimazioni dovute alle codifiche usate, comporta non piccole difficoltà in sede di analisi e di progetto, anche per la necessità di considerare la presenza nell'anello di apparecchiature che effettuano le necessarie conversioni delle variabili dal mondo del tempo continuo, tipico per i processi, a quello digitale e viceversa.

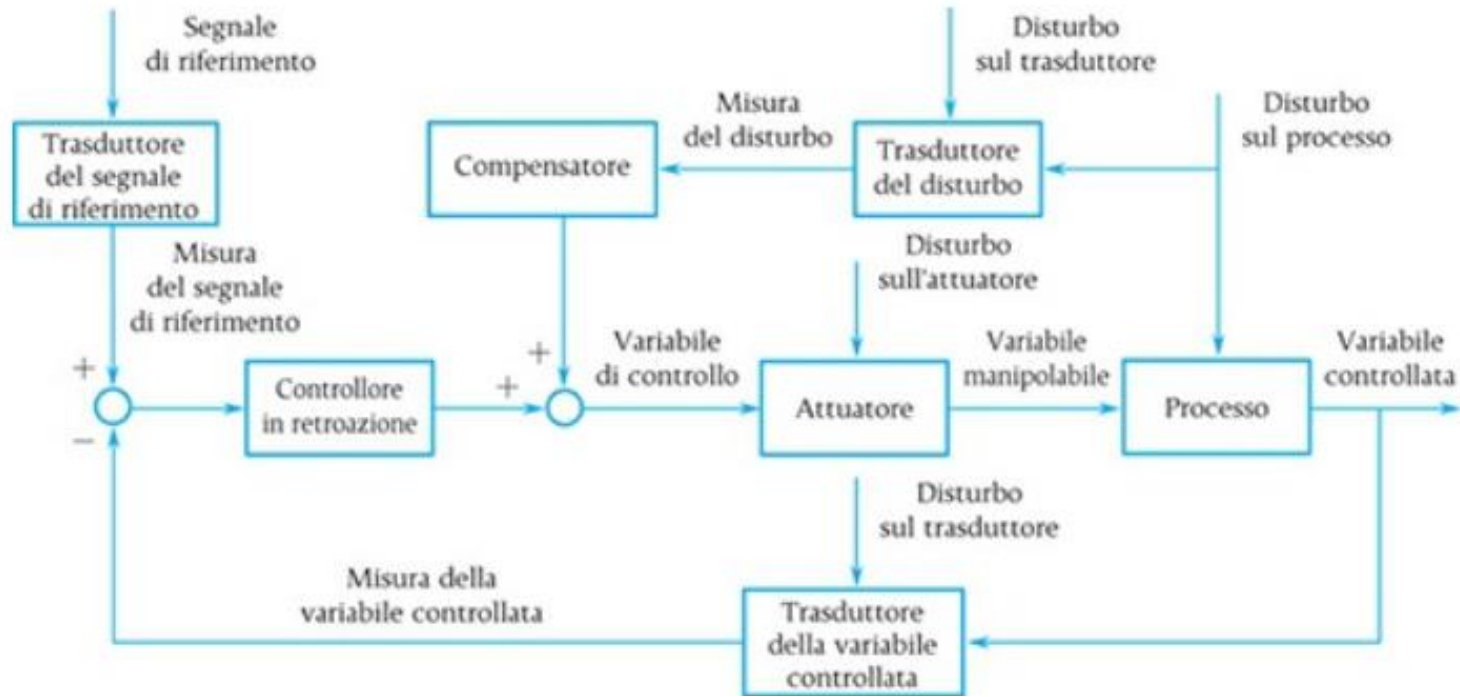
ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

- Strumentazione di processo: affinché un processo possa essere connesso a un controllore, è indispensabile che esso sia corredato da un'adeguata *strumentazione* che lo predispone al controllo. Pertanto, gli schemi dei sistemi di controllo riportati nelle slide precedenti devono essere interpretati come configurazioni valide in linea di principio. Invece, nella pratica, a monte del processo vi è un *attuatore* per ogni variabile di controllo e ogni variabile misurata richiede la presenza di un *trasduttore*. Allora, per esempio, lo schema di controllo sull'errore con compensazione della figura riportata nella slide 17 diviene quello della figura riportata nella slide seguente.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

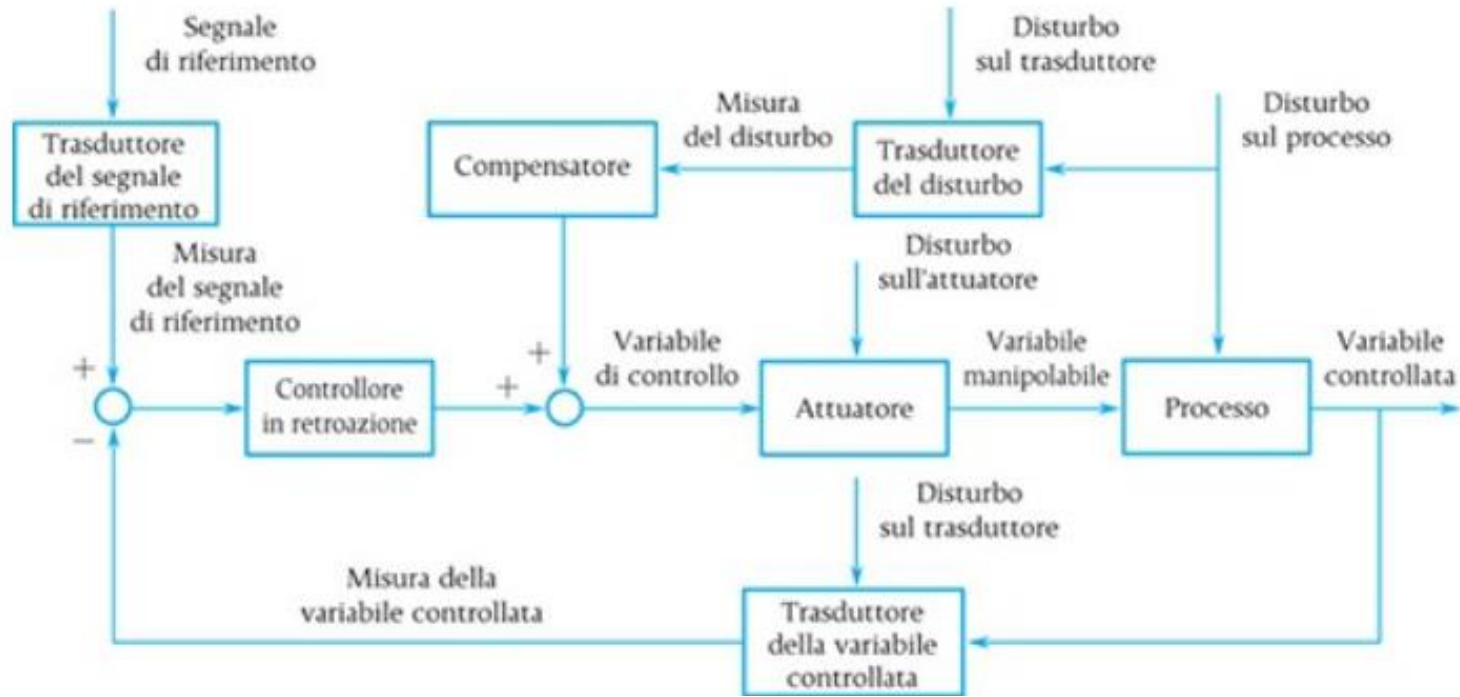


Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

In tale schema compaiono anche disturbi sull'attuatore e sui trasduttori: quello sull'attuatore potrebbe essere compensato come quello sul processo, mentre non è realistico pensare di poter misurare i disturbi sui trasduttori.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

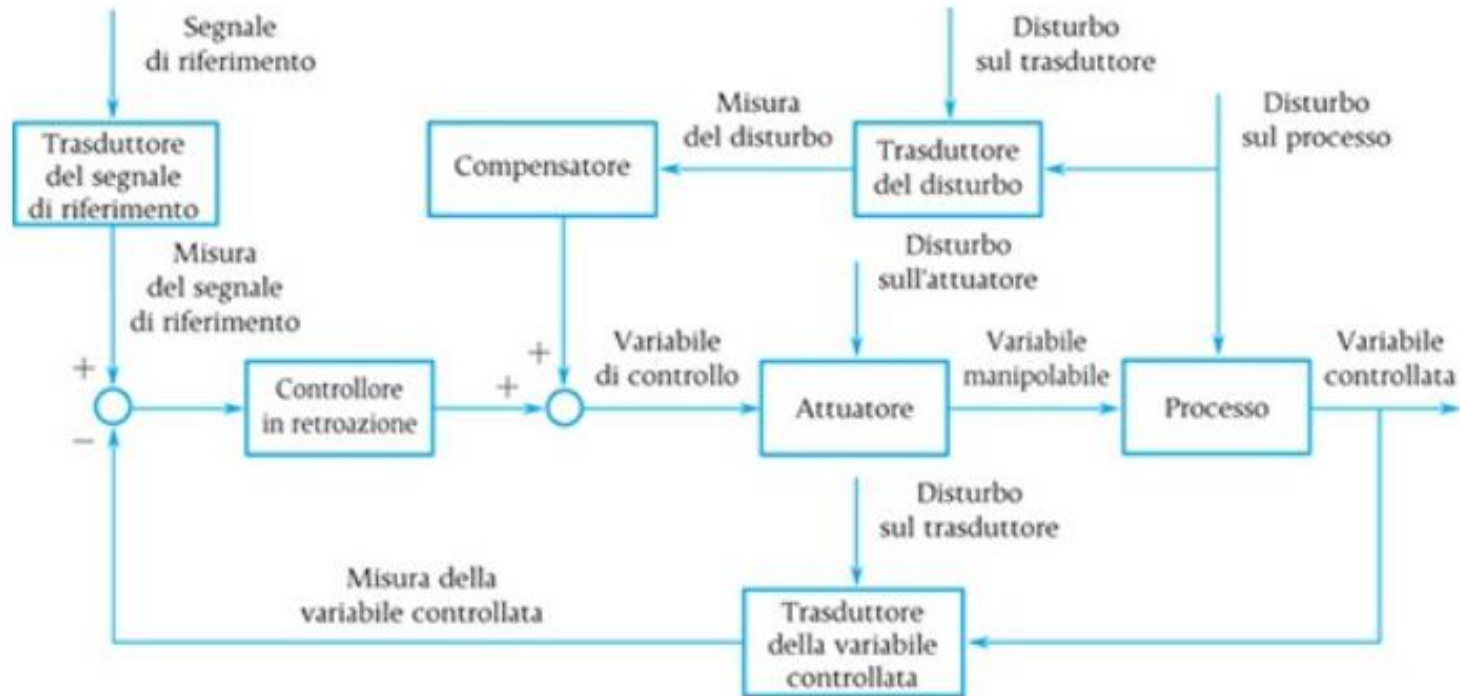


Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

I trasduttori della variabile controllata e del disturbo effettuano la misura delle rispettive grandezze fisiche tramite opportuni sensori, e quindi elaborano le informazioni rendendole compatibili con la tecnologia del controllore, cui poi le trasmettono, eventualmente a distanza. Per esempio, se si adotta un controllore

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

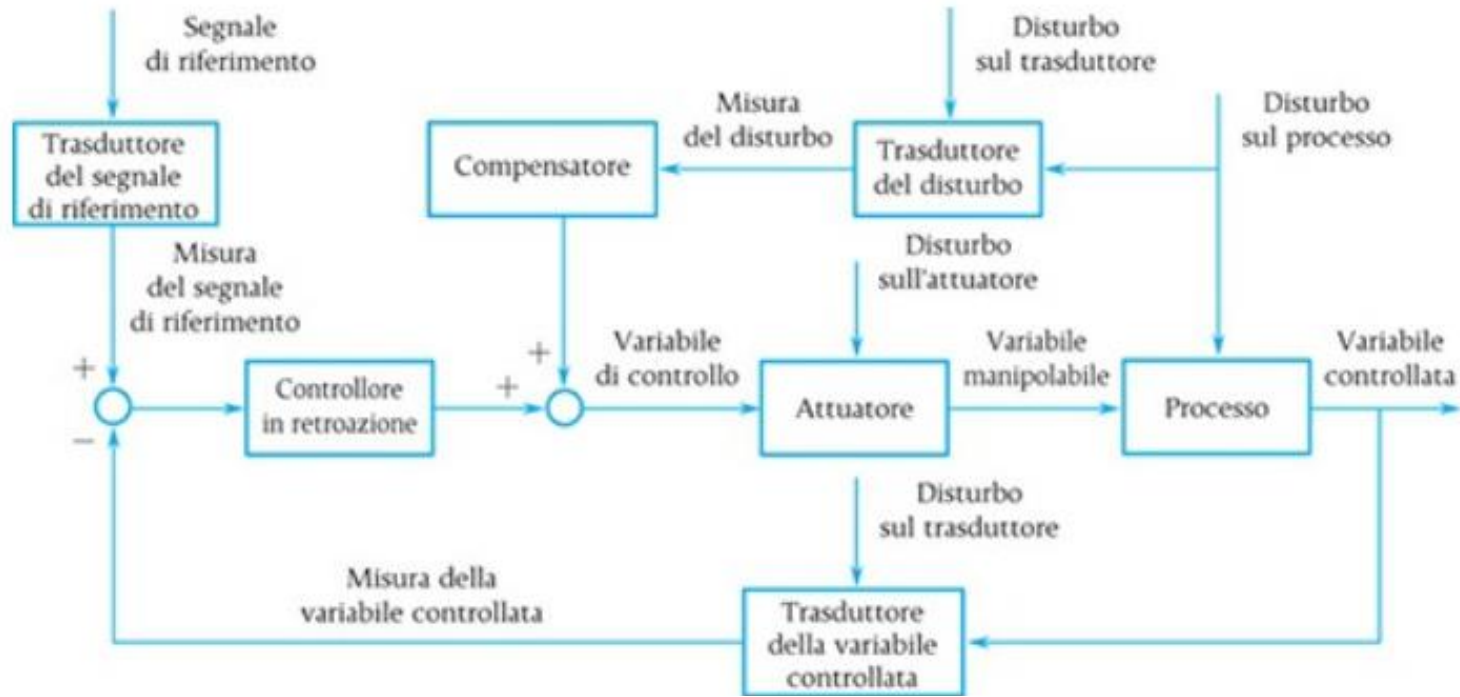


Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

elettronico, tutte le variabili di processo (come temperature, pressioni o velocità) vengono trasformate in correnti elettriche oppure tensioni. Per coerenza la stessa operazione deve essere effettuata, almeno in via concettuale, sull'andamento desiderato della variabile controllata.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

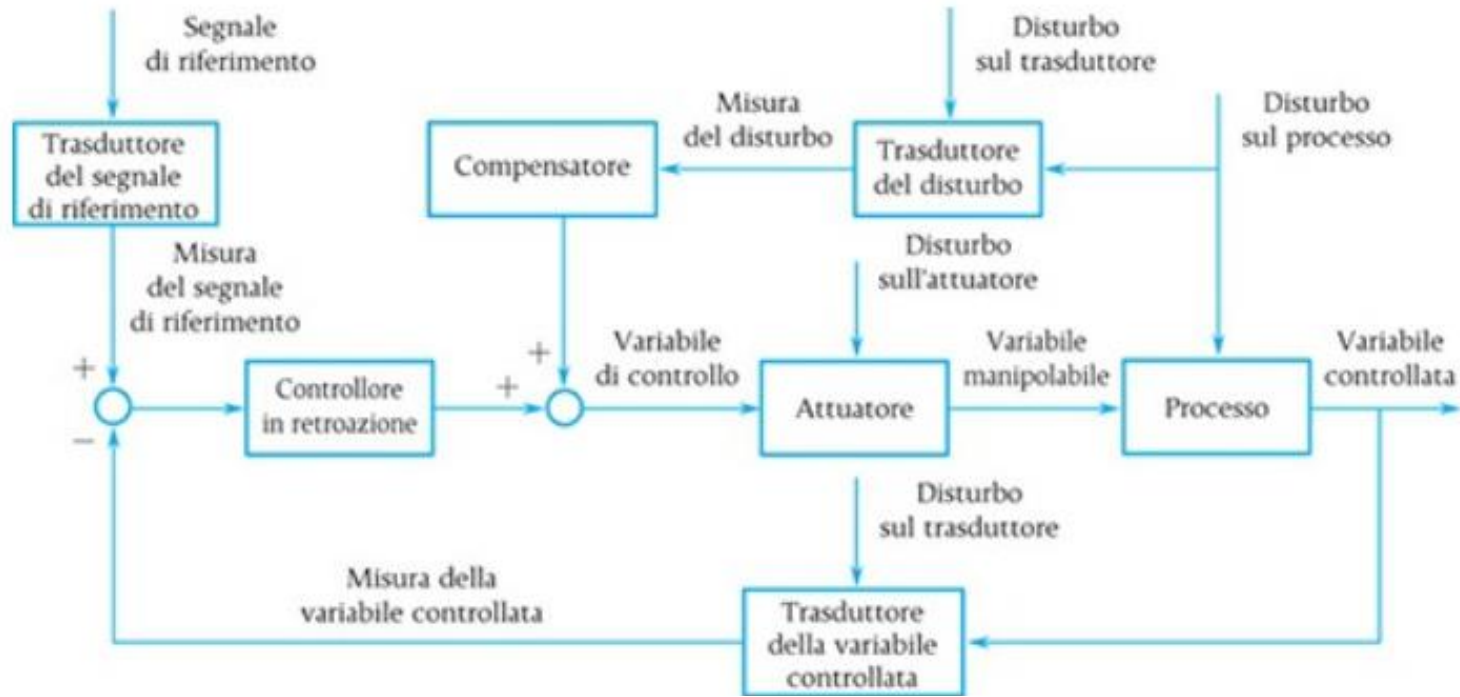


Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

L'attuatore ha la funzione di convertire le variabili prodotte dal controllore nelle *variabili manipolabili*, che sono relative al processo. Inoltre, imprime un'amplificazione alle variabili di controllo, necessaria perché esse possano effettivamente influire sul processo: infatti, per motivi costruttivi, il controllore

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

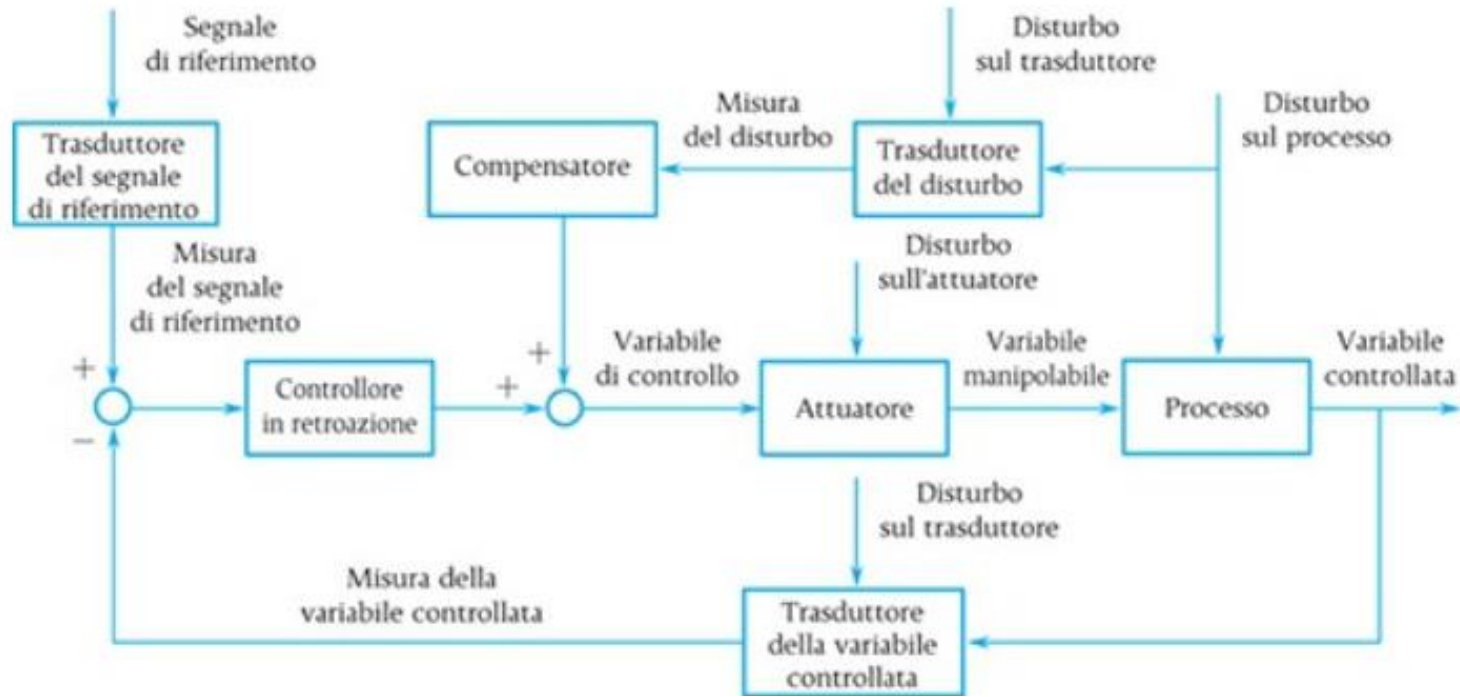


Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

funziona di solito a bassa potenza. Per esempio, utilizzando un apparato elettronico per controllare un robot, le variabili di controllo potrebbero essere tensioni con associata una bassa potenza e l'attuatore potrebbe essere costituito da amplificatori e motori elettrici che generano le coppie (variabili manipolabili) necessarie per ottenere i movimenti desiderati.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo



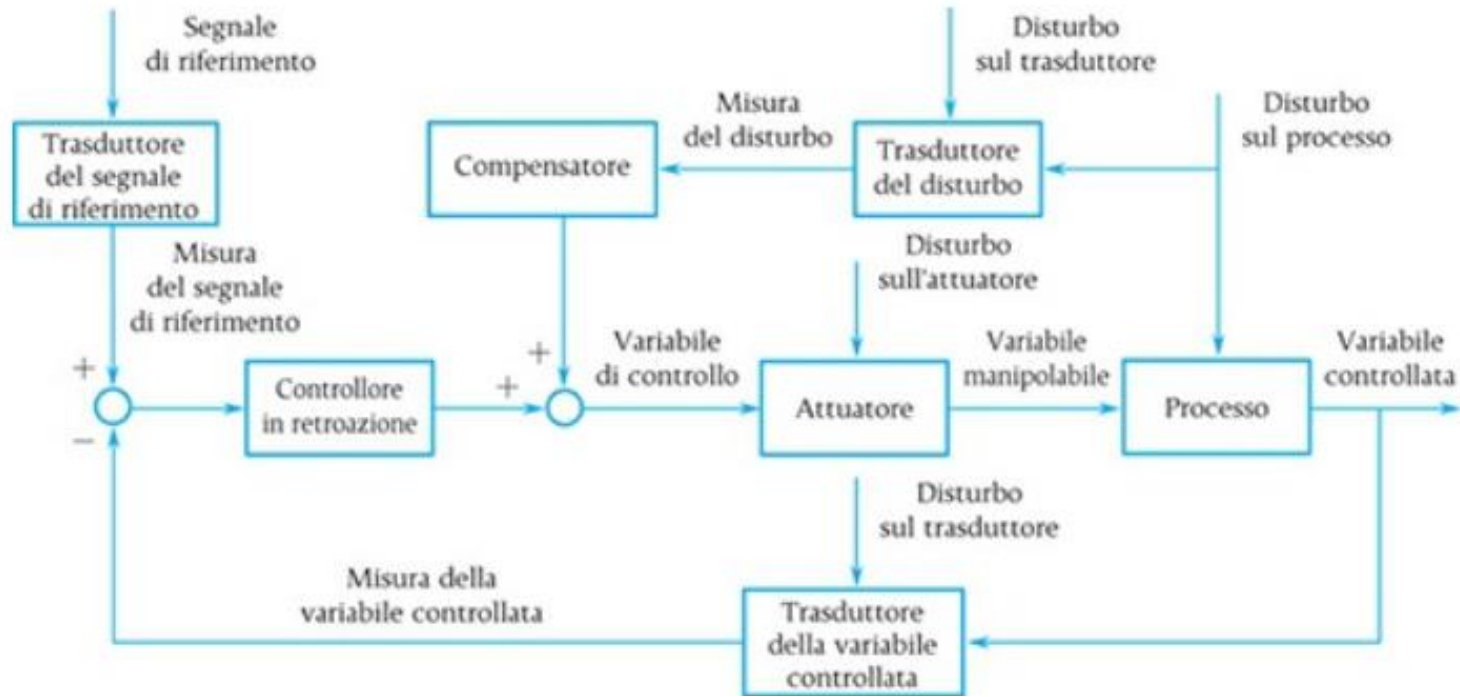
Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

Nel caso di adottare controllori digitali, all'interno della strumentazione occorre considerare anche opportuni convertitori.

È opportuno aggiungere che, in ogni caso, i controllori e la strumentazione di processo utilizzati in ambito industriale sono soggetti a stringenti normative, tese almeno a imporre che tutte le variabili di collegamento tra i

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo



Sistema di controllo in anello chiuso con compensazione, completo di strumentazione.

componenti assumano valori all'interno di intervalli prefissati. Il loro rispetto consente di interconnettere senza problemi apparecchiature di produttori diversi.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Si riportano alcuni esempi riguardo ai sistemi di controllo.

Esempio 1 – Il pilota di un autoveicolo riunisce in sé le funzioni dei trasduttori e del controllore (manuale). Egli innanzitutto è capace, tramite la vista e con l'aiuto del tachimetro, di rilevare la posizione e la velocità (trasduzione). Quindi, per confronto con la posizione e la velocità desiderate, sa elaborare i dati raccolti così da decidere istante per istante quale debba essere la più opportuna posizione per il volante, per i pedali dell'acceleratore e del freno e per la leva del cambio (controllo). Tramite i meccanismi di attuazione queste grandezze determinano infine le variabili manipolabili: posizione delle ruote, quantità di miscela inviata ai cilindri, posizione delle ganasce dei freni, marcia innestata.

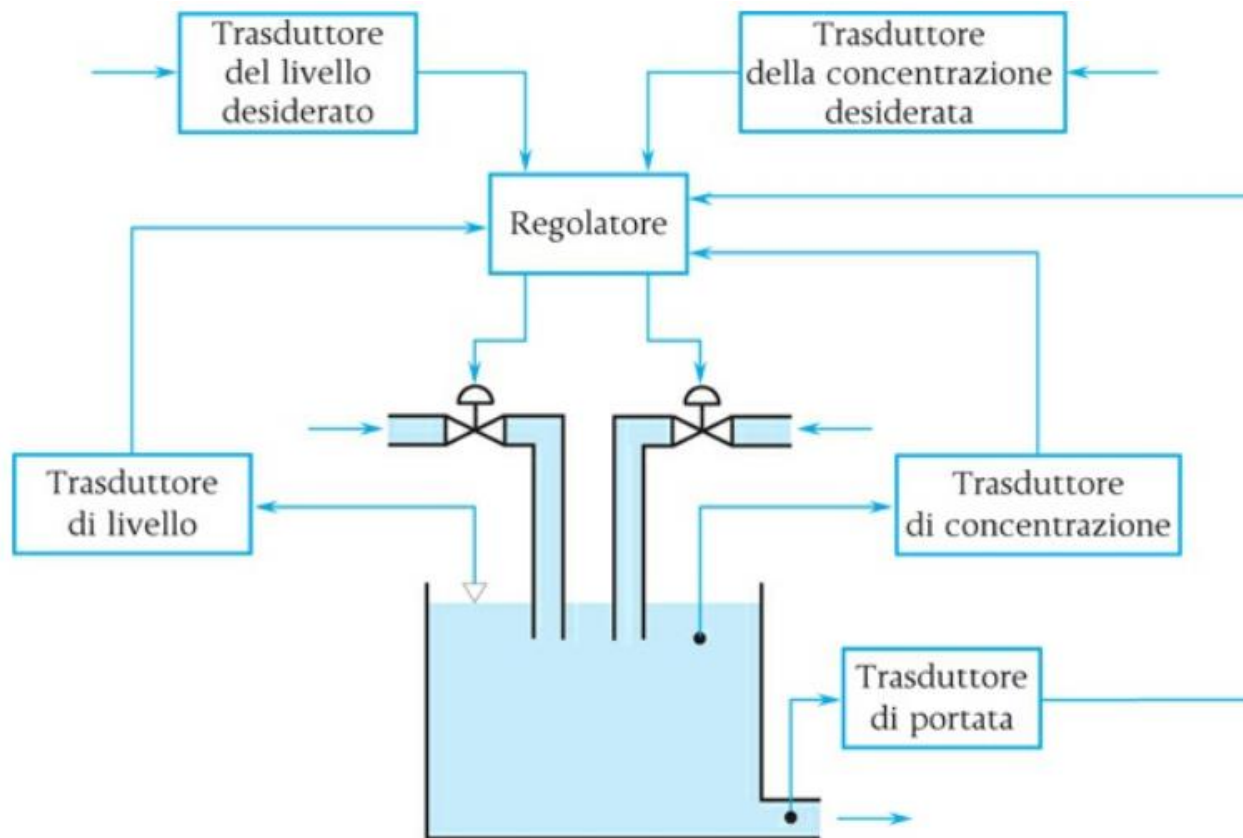
Invece, un sistema di controllo automatico della traiettoria è capace di misurare mediante opportuni sensori, per esempio ottici, le variabili di posizione e velocità e le rappresenta con segnali elettrici digitali (trasduzione). Successivamente esso determina le variabili di controllo, che sono altri segnali elettrici digitali (controllo). Si osservi che il volante, i pedali e la leva del cambio non sono più utilizzati. Infine, le variabili di controllo, tramite l'attuazione, agiscono sulle variabili manipolate. Ciò può richiedere l'uso di motori elettrici e pompe idrauliche.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Si riportano alcuni esempi riguardo ai sistemi di controllo.

Esempio 2 – In un serbatoio affluiscono due soluzioni liquide con concentrazioni diverse e parzialmente ignote di soluto in uno stesso solvente (si veda la figura).



Sistema idraulico dell'Esempio 2.

ELEMENTI DI SENSORISTICA E ATTUAZIONE

Problemi e sistemi di controllo – Sistemi di controllo

Esse si mescolano producendo una soluzione di concentrazione ancora diversa che viene usata dall'utenza secondo le sue necessità. Si desidera che il livello e la concentrazione della soluzione nel serbatoio siano costanti e pari a valori prefissati.

Per affrontare questo problema si può pensare di utilizzare un controllore in anello chiuso di tipo elettronico che svolga anche un'azione di compensazione della portata di fluido uscente. Occorrono allora tre trasduttori che misurino il livello di fluido nel serbatoio e la concentrazione della soluzione (variabili controllate), nonché la portata di fluido all'uscita (disturbo). Questi trasduttori devono fornire variabili elettriche che assumano valori all'interno di opportuni intervalli, così da essere intelligibili dal controllore. Su di esso andranno poi impostati i valori di altre variabili elettriche scalate in modo tale da rappresentare il segnale di riferimento (trasduttore del segnale di riferimento). Il controllore genererà, poi, due variabili elettriche che, opportunamente amplificate, agiranno su due motori e quindi su due valvole (attuatori), così da determinare le portate di ingresso dei due liquidi.

Riferimenti Bibliografici

- [1] Bolzern, P., Scattolini, R., Schiavoni, N. (2015). Fondamenti di controlli automatici. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-88-386-6882-1