

Tecnologie per l'Automazione
e la Robotica

Caratteristiche generali dei dispositivi/apparati/sistemi per il controllo

CARATTERISTICHE GENERALI DEI SISTEMI DI CONTROLLO

Caratteristiche funzionali:

In genere i componenti di un dispositivo di controllo vengono scelti nel campo della produzione commerciale (solo raramente vengono progettati e costruiti dall'utilizzatore), facendo riferimento ai cataloghi delle ditte costruttrici.

Per tener conto del comportamento del componente nel sistema di controllo da progettare è necessario disporre di un certo numero di grandezze e di parametri che qualifichino tale comportamento da un punto di vista esterno:

1- caratterizzazione del componente

2- interazione del componente con gli altri ad esso collegati.

1- caratterizzazione del componente:

- campo di escursione ammisible per l'ingresso e conseguente per l'uscita (ad ex. per un amplificatore è il campo di variazione delle tensioni d'ingresso e di uscita entro il quale il suo comportamento è lineare)

- legame tra le grandezze di uscita e di ingresso:

in condizioni di regime \Rightarrow caratteristiche statiche in genere sotto forma grafica (ad ex. in un motore, caratteristica meccanico coppia-velocità)

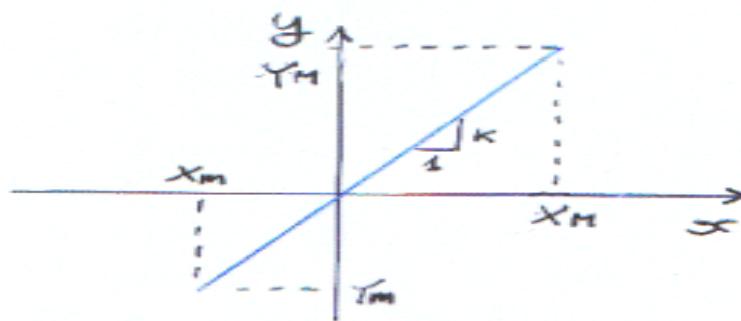
in condizioni di regime \Rightarrow alcuni parametri significativi
(precisione, soglia, scostamento dalla
linearità, etc.)

in condizioni dinamiche \Rightarrow nel caso lineare sono sufficienti
i coefficienti della funzione (o matrice) di trasferimento o della
risposta armonica o parametri legati a tali coefficienti (costanti
di tempo, banda passante, tempo di solita, etc);

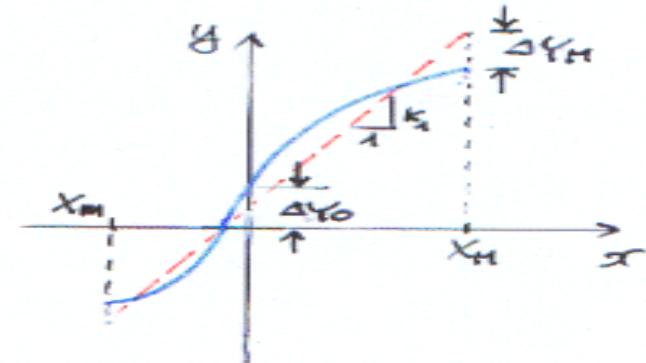
nel caso non lineare si considera
no modelli lineari equivalenti relativi a diverse condizioni
operative.

- 2- interazione del componente con gli altri ad esso collegati
sono caratterizzate da parametri che permettono di valutare
gli effetti di carico esercitati e subiti (nel caso lineare si
considerano le impedenze di ingresso e di uscita).

Ad esempio, i trasduttori impiegati nei sistemi di controllo sono sufficientemente caratterizzati attraverso il solo legame ingresso-uscita di regime:



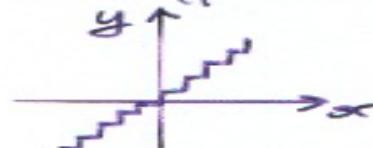
legame statico ingresso-uscita
ideale



reale

- campo dell'ingresso: x_m, x_h
- campo dell'uscita : y_m, y_h
- guadagno o costante di trasduzione: k
- errore di linearità: Δy_m è la massima deviazione dell'uscita dalla linea retta che meglio approssima la curvaistica effettiva (linea tratt. rossa);
- errore di fuorigioco: Δy_o è l'errore sull'uscita quando l'ingresso è nullo;
- errore di guadagno: $100 \frac{(k_1 - k)}{k}$ (espresso in percentuale)
- errore globale o precisione: massima deviazione dell'uscita dalla curva ideale, è funz. dei precedenti errori

- errore di quantizzazione o risoluzione: incertezza dell'uscita dovuta al fatto che la caratteristica effettiva è discontinua (potenziometri a filo, strum. digitali)



- effetto di carico dell'ingresso (entità della perturbazione operata da parte del componente sul sistema nel quale è inserito: corrente di ingresso ed impedenza di ingresso nel caso di amplificatore elettronico; coppia resistente nel caso di un potenziometro);
- effetto di carico sull'uscita (grandezze otte a stabilire l'ottitudine del componente a ricevere perturbazioni sulla uscita, ad esempio l'impedenza di uscita nel caso di un amplificatore elettronico)

Per componenti prodotti in serie, dei vari parametri vengono forniti il **valore tipico** (il valore più probabile) e i **valori minimo e massimo** che definiscono il campo in cui è garantita l'appartenenza del valore effettivo.

Per gli **errori**, per i quali si considerano normalmente il **valore assoluto**, si danno il **valore tipico** e il **valore massimo**.

**Fattori generali che influenzano la
scelta dei dispositivi/apparati/sistemi
per il controllo**

Fattori che influenzano la scelta dei componenti:

la scelta dei singoli componenti non è determinata solo dalle loro caratteristiche funzionali, ma anche da numerosi altri fattori:

- * sorgenti di alimentazione {
 - elettriche { continue
alternate
 - pneumatiche
 - idrauliche
- * ambiente di funzionamento {
 - temperatura
 - pressione
 - umidità
 - contaminazione atmosferiche
 - vibrazioni meccaniche
 - rumore
- * fattori generali: {
 - costo
 - affidabilità
 - manutenzione
 - reperibilità
 - standardizzazione
 - ingombro

Particolarmente
importante

Affidabilità (Reliability)

L'affidabilità è un parametro statistico definito come la probabilità che ha un componente o un sistema di funzionare correttamente, entro certi limiti, per un periodo di tempo determinato e in condizioni assegnate.

Tale parametro è importante per:

- la sicurezza di funzionamento
- la stesura di un programma di manutenzione preventiva

Diversi fattori influiscono sull'affidabilità di un sistema:

- le condizioni ambientali di funzionamento
- il tipo di manutenzione
- l'accuratezza di progettazione
- la tolleranza dei componenti

Alcuni aspetti legati all'analisi dell'affidabilità

L'argomento risulta notevolmente complesso e rientra nel campo dell'analisi statistica.

In relazione ad un sistema o ad un componente elementare si definiscono le seguenti grandezze:

1) grado di affidabilità

$P(t)$: probabilità che il sistema o il componente funzioni per il tempo t , in date condizioni;

2) probabilità di guasto $Q(t)$: probabilità che il sistema o il componente subisca un guasto nel tempo di funzionamento t .

Evidentemente: $Q(t) = 1 - P(t)$

3) vita media T : periodo di tempo dopo il quale in media il sistema o il componente subisce un guasto.

Il parametro T corrisponde evidentemente al valore del tempo in corrispondenza al quale la probabilità che il sistema o il componente sia funzionante

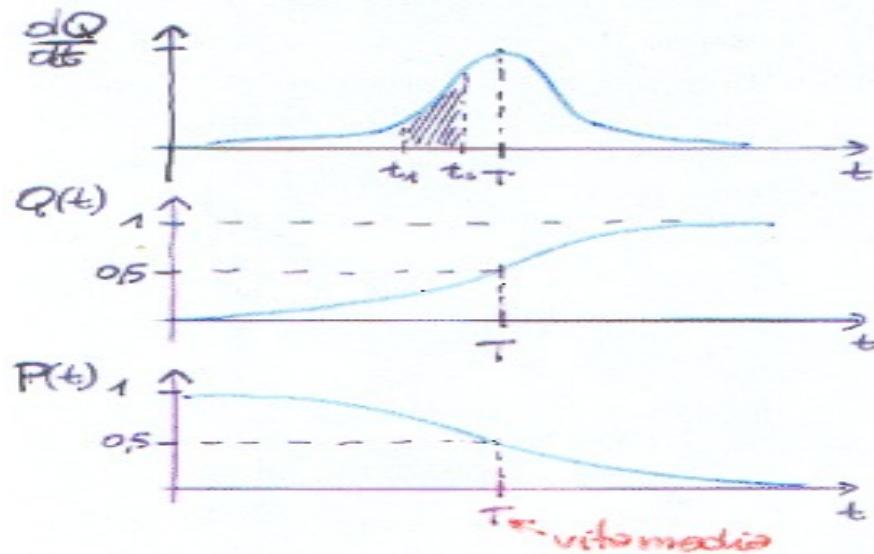
$$P(T) = Q(T) = 0,5$$

T è il periodo di tempo durante il quale ci si può servire di un apparato con sufficiente grado di affidabilità

Nel caso in cui l'affidabilità venga modellata con un processo stocastico gaussiano con distribuzione normale:

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T)^2}{2\sigma^2}}$$

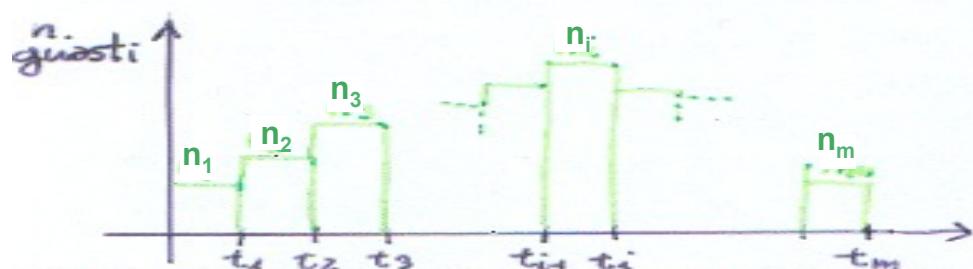
← densità di probabilità di questo



area tratteggiata indica la probabilità di questo nello intervallo $t_1 \leq t \leq t_2$.

Il grado di affidabilità decresce tanto più rapidamente intorno al valore di T tanto è minore la varianza.

Le funzioni $P(t)$, $Q(t)$ e dQ/dt possono essere ricavate sperimentalmente eseguendo misure su un numero di componenti abbastanza grande. Se N è il numero totale di componenti osservati, n_i è il numero di componenti che subiscono un guasto nell'i-mo intervallo $[t_{i-1}, t_i]$ $i = 1, 2, \dots, m$, $t_0 = 0$



$$P(t_i) \approx 1 - \frac{\sum_{e=1}^i n_e}{N}$$

$$Q(t_i) \approx \frac{\sum_{e=1}^i n_e}{N}$$

$$\frac{dQ}{dt}|_{t_i} \approx \frac{n_i}{N}$$

$$T \approx \frac{\sum_{e=1}^m t_e n_e}{N}$$

Relazioni approssimate

Noti i gradi di affidamento dei singoli componenti è possibile determinare il grado totale di affidamento del sistema. Si distinguono 3 casi:

1) - componenti in serie: un sistema ha componenti in serie quando la rottura di un solo componente provoca l'andata fuori servizio di tutto il sistema.

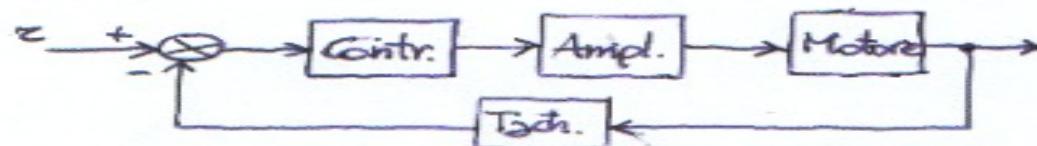
Il grado di affidamento totale $P_t(t)$ è minore di quello del singolo componente (è pari alla probabilità che in un dato istante siano integri tutti i suoi componenti):

grado di affidabilità totale $\rightarrow P_t = \prod_{i=1}^n P_i$ n:= numero di componenti

così:

$$Q_t = 1 - \prod_{i=1}^n (1-Q_i)$$

Ad esempio:



$$P_t = P_{\text{Contr.}} \cdot P_{\text{Amp.}} \cdot P_{\text{Mot.}} \cdot P_{\text{Tach.}}$$



Il guasto di ogni singolo componente provoca l'andata fuori servizio di tutto il sistema

2) - componenti in parallelo: per migliorare il grado di affidamento si duplicano le parti essenziali del sistema. In questo caso la rottura di un componente non provoca l'arresto del sistema (resta in servizio quella duplicata)

$$Q_t = \prod_{i=1}^n Q_i$$

probabilità di guasto totale

n := numero di unità in parallelo

per avere un guasto del sistema
devo avere un guasto su tutti i componenti

$$P_t = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i)$$

3) - sistemi ad intervento di soccorso: se hanno parti duplicate ma una sola è in servizio, le altre vengono inserite successivamente ognuna in caso di guasto della precedente

$$T_t = \sum_{i=1}^n T_i$$

vita media totale

n := numero di unità in parallelo

CONTROLLO DI PROCESSO

Processo:= un insieme di operazioni o di trasformazioni che devono avvenire in sequenza opportuna in un impianto o in un sistema fisico, al fine di ottenere la produzione di un oggetto o l'evoluzione di grandezze o parametri di interesse.

Esempi : processi di produzione , trasporto di materiale o di energia , trasmissione ed elaborazione d'informazioni usati per la fabbricazione ed il trattamento di beni materiali.

Controllo di processo deve fare in modo ^{che} l'insieme di tutte le operazioni avvengano in modo corretto ed affidabile , con il minimo intervento umano , anche in presenza di variazioni ambientali e parametriche

L'hardware del controllo di processo: strumentazione di processo, attuatori, controllori di processo (uC) dispositivi per l'interconnessione e l'integrazione dei sistemi

Evoluzione storica del controllo di processo

L'utilizzo di un calcolatore numerico per il controllo di processi industriali ha un interesse sempre crescente, sia per renderlo elemento determinante della sua regolazione, sia per utilizzarlo al meglio delle sue possibilità per la gestione dell'impianto.

Nei sistemi di controllo, l'aspetto "hardware" diviene sempre meno un problema, mentre la maggiore difficoltà rimane sempre la scelta delle variabili da controllare e gli obiettivi del controllo.

Lo stato attuale dei sistemi di controllo dei processi con calcolatori è il risultato dello sviluppo che va dai sistemi analogici tradizionali a quelli numerici, con funzioni di ottimizzazione, utilizzanti più livelli di calcolatori, connessi in "rete".

In questo sviluppo, il campo di intervento dell'operatore (uomo) di processo è stato radicalmente cambiato:

- in precedenza era l'unico agente decisionale in ogni situazione
- attualmente svolge funzioni di supervisione ed interviene nelle azioni di controllo solo in casi eccezionali ed ad un livello qualitativo più alto.

Architetture e prodotti per il controllo di processo

- Regolatori industriali (PID)
- Programmable Logic Controller (PLC)
- Distributed Control Systems (DCS)

Altro

- SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition
- Reti di dispositivi (Fieldbus)
- “Connectivity products” I/O distribuiti con rete digitale (ethernet o altro)

Funzioni di un sistema di controllo ed automazione

Le funzioni di controllo comprendono:

- regolazioni analogiche singolo anello (ad esempio classiche leggi PID, funzioni di ottimizzazione, controllo predittivo, ...)
- regolazioni logiche che, elaborando segnali digitali (DI - Digital Inputs), portano all'emissione di comandi di tipo logico (DO - Digital Output, tipo apri/chiudi, accendi/spegni) o a fornire sequenze di processo

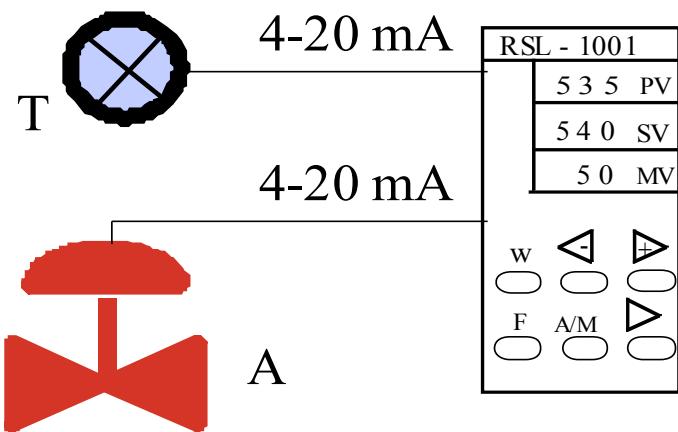
La supervisione comprende acquisizione, gestione, elaborazione e presentazione agli operatori dei dati (segnali) del processo (interfaccia uomo-macchina)

L'interfaccia uomo-macchina deve consentire:

- All'operatore la corretta conduzione dell'impianto
- All'ingegnere di processo di configurare il sistema
- Al tecnico di manutenzione di ottenere le informazioni utili per la diagnostica dello stato dei componenti dell'impianto
- Al supervisore generale ('manager') del processo di ottenere, per esempio, dati riservati sui livelli di produzione e sulla qualità del lavoro

Architetture dei sistemi di controllo

Singolo loop

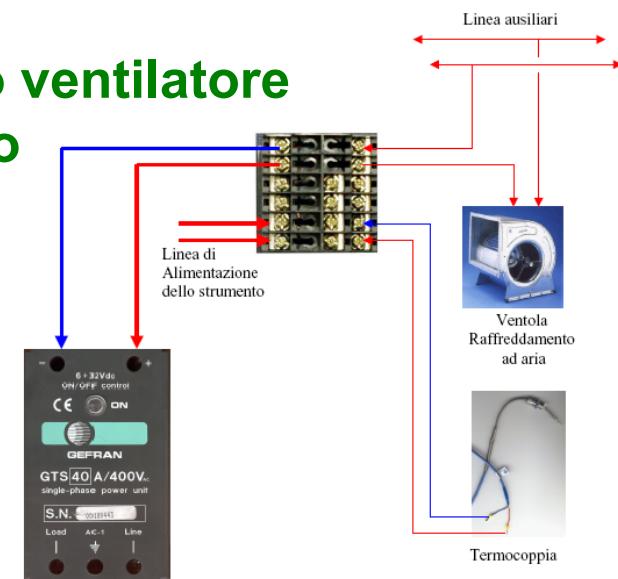


L'architettura a singolo anello è l'architettura tradizionale dei sistemi di controllo elettronici realizzati con regolatori industriali. Si tratta della connessione punto-punto di figura: regolatore industriale PID collegato con segnali analogici sia ad un trasmettitore (T) sia ad un attuatore (A)



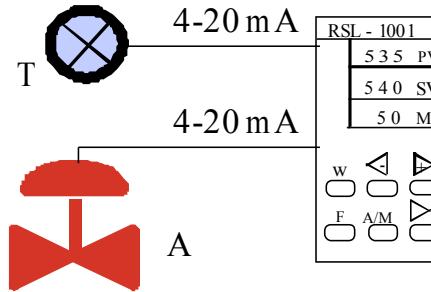
PID: GEFTRAN 600

Schema pilotaggio ventilatore per raffreddamento

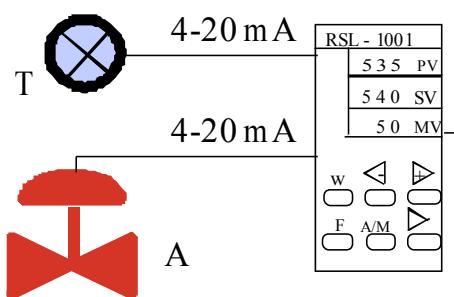
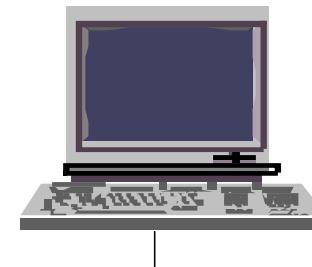


Architetture dei sistemi di controllo

Singolo loop



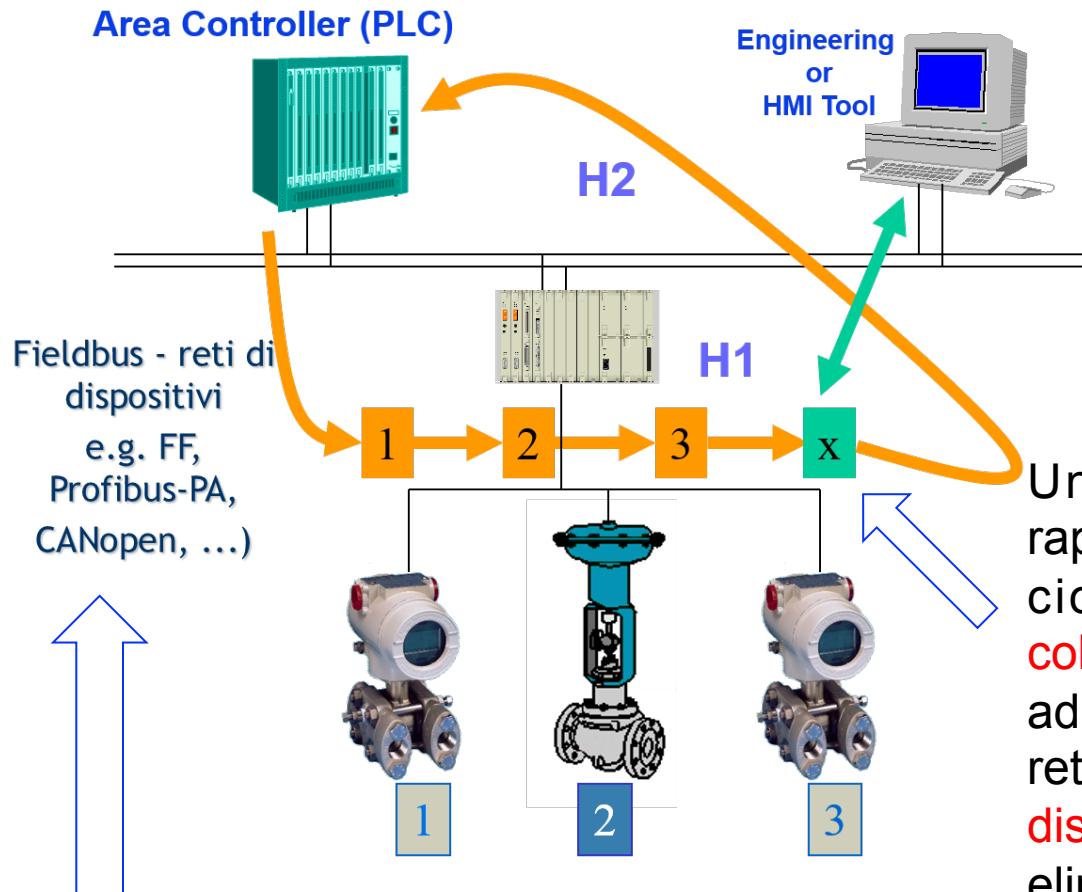
con supervisore



Quando i regolatori a singola stazione sono numerosi, può essere opportuno collegarli a un calcolatore remoto, corredato di software specifico con funzioni di gestione, supervisione e interfaccia uomo-macchina (**SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition**). Il calcolatore, per esempio, riceve i valori delle variabili misurate e di controllo dei vari regolatori, li presenta all'operatore mediante schemi sinottici, consente di inviare i set-point ed i comandi di configurazione ai regolatori

Architetture dei sistemi di controllo

Reti di dispositivi



Le **reti digitali** di comunicazione stanno portando notevoli innovazioni nelle architetture dei **sistemi di controllo distribuito**: architettura multiprocessore dove le funzioni di controllo e supervisione distribuite tra più CPU

Un'innovazione rivoluzionaria è rappresentata dalle **reti di dispositivo**, cioè reti digitali concepite per **collegare tra loro**, ed eventualmente ad un DCS, a un PLC, o a un'altra rete aziendale di livello più alto, i **dispositivi di campo** e i **regolatori** eliminando i collegamenti analogici

Purtroppo a causa dei contrastanti interessi commerciali di alcuni grandi produttori **non è stato possibile definire un unico standard** che garantirebbe l'intercambiabilità e l'interoperatività dei dispositivi di operatori diversi

DCS - Distributed Control System

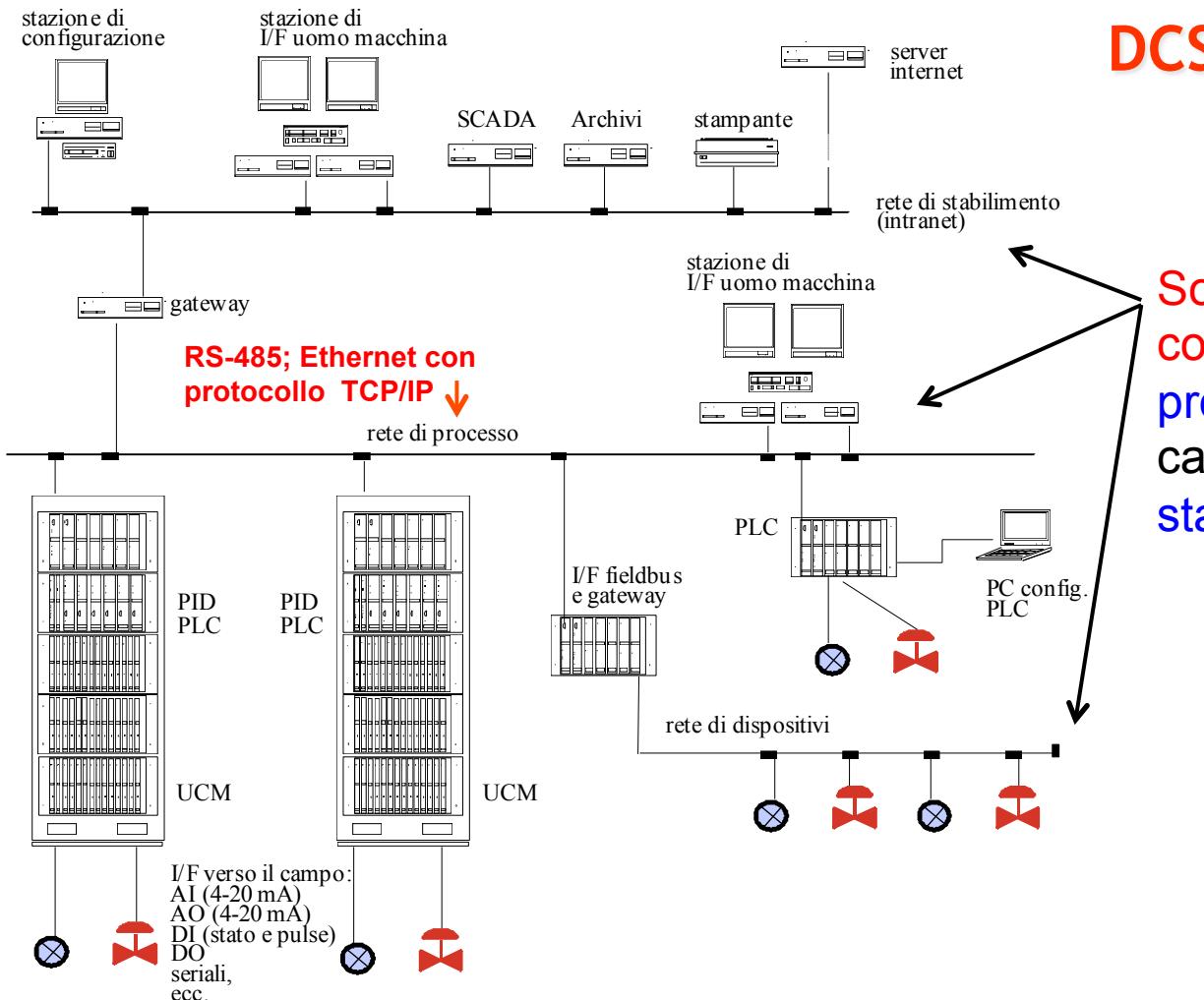
Modularità del hardware

Componenti

- stazioni interfaccia operatore
- unità di controllo e misura
- periferiche (stampa, memoria di massa)
- stazioni di configurazione
- reti di comunicazione
- ridondanze

E' un sistema di controllo automatico costituito da diversi sottosistemi, tra cui quello di acquisizione e di elaborazione dei dati, in grado di scambiare autonomamente informazioni con il campo (processo o impianto) in architettura distribuita, ovvero non centralizzata. In altre parole non esiste un unico computer controllore di tutto il sistema ma diversi controllori dislocati per sezioni di impianto

Architetture dei sistemi di controllo



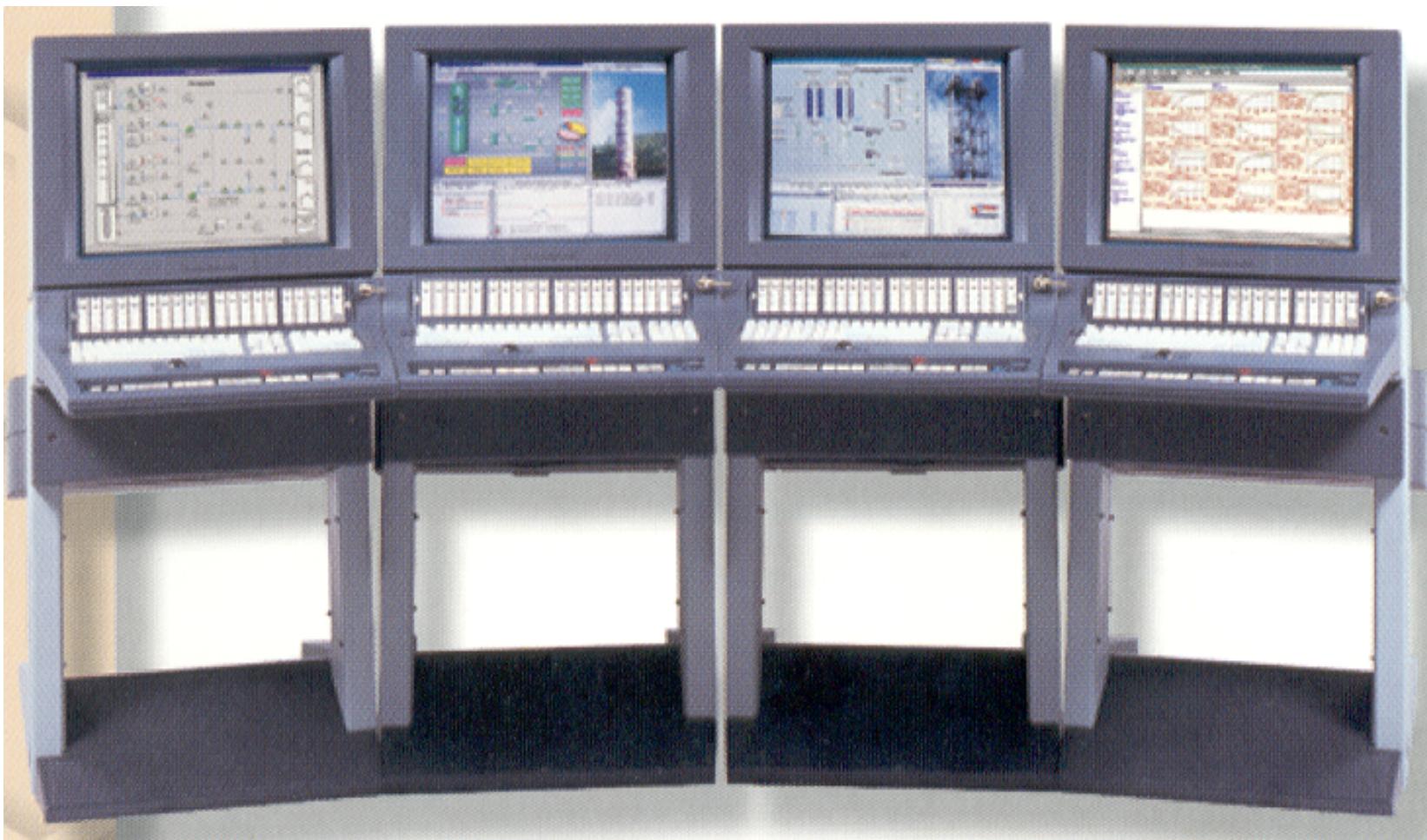
DCS

Sono presenti tre reti di comunicazione digitale: reti di processo e di dispositivi (reti di campo – field bus) e rete di stabilimento (Ethernet)

Sono presenti le stazioni di interfaccia uomo-macchina, le unità di controllo e misura (UCM) e le unità di elaborazione, che eseguono le funzioni di supervisione (SCADA). La struttura del DCS nel suo complesso è modulare: si possono aggiungere nuove UCM, unità di elaborazione, stazioni di interfaccia uomo macchina, ...

Architetture dei sistemi di controllo

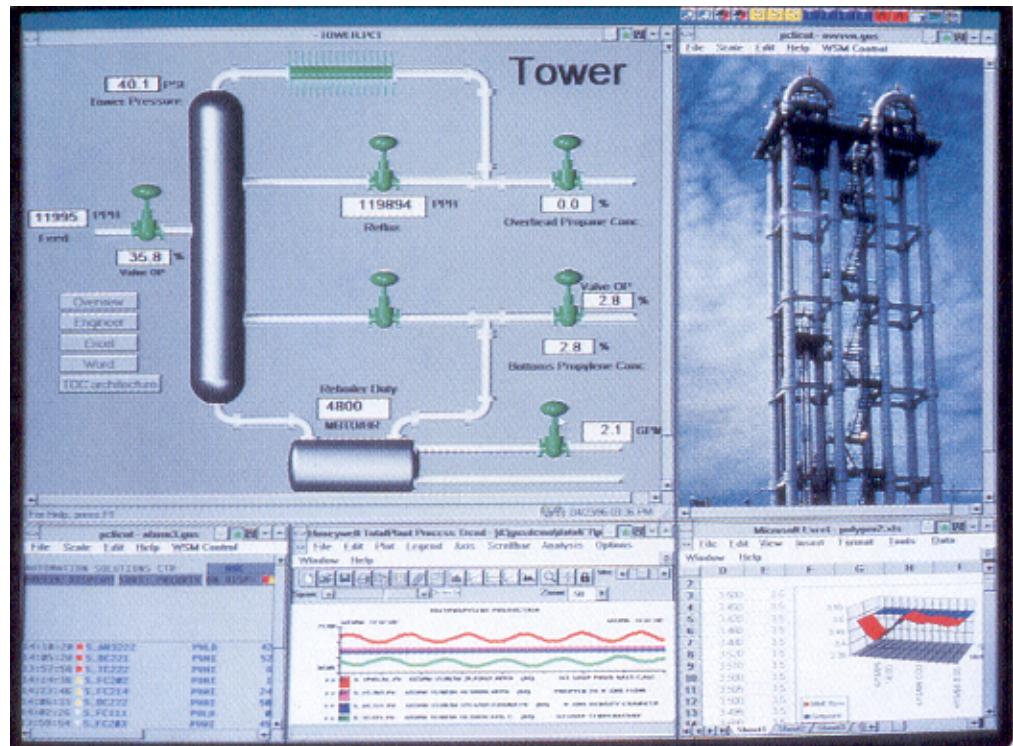
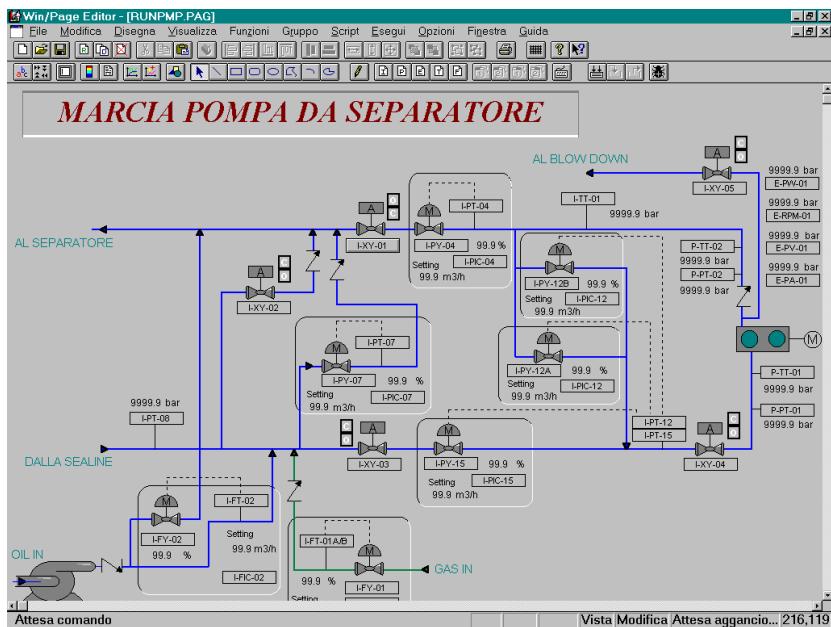
DCS - MMI (Man-Machine-Interface)



Architetture dei sistemi di controllo

DCS - MMI

La presentazione delle informazioni a video è supportata dall'impiego di pagine videografiche, interattive ed animate dette **sinottici di impianto**



DCS

Funzioni di un DCS

Supervisione

Controllo (PID + PLC + Controlli avanzati)

Protezione

Supervisione: acquisizione dati (100 ms, 500 ms, 1s

allarmi

elaborazioni

archiviazioni

stampa

interfaccia uomo-macchina conduzione (operatore)



Configurazione del DCS ([ingegnere di processo](#))