



Automazione industriale dispense del corso

3. Processi, impianti e controllo

Luigi Piroddi
piroddi@elet.polimi.it

Introduzione

Un sistema automatizzato comprende essenzialmente due elementi:

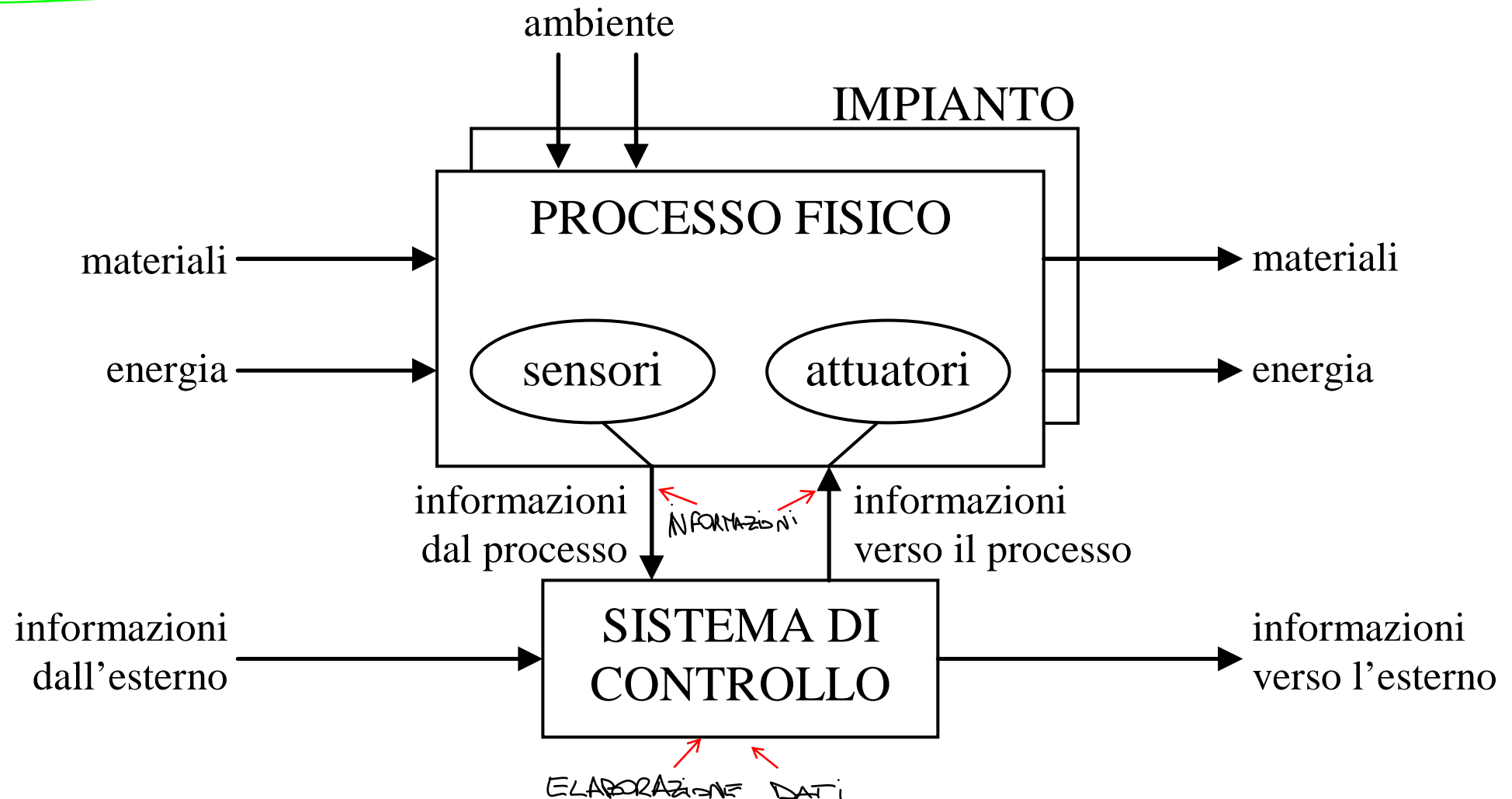
- ▶ un *processo fisico*, ovvero una combinazione di operazioni (p.es. azioni di movimento, lavorazioni meccaniche) e trasformazioni chimico/fisiche (p.es. reazioni chimiche, flussi di massa o energia) che permettono l'ottenimento di prodotti finiti a partire da materie prime
- ▶ un *sistema di controllo*, ovvero un dispositivo (o un insieme di dispositivi interconnessi) che scambia informazioni con il processo, allo scopo di modificarne il comportamento (nella maniera desiderata):
 - ▼ riceve misure dello stato del processo (mediante sensori)
 - ▼ le elabora secondo algoritmi pre-specificati (mediante un sistema di elaborazione)
 - ▼ trasmette comandi al processo (attraverso gli attuatori)
 - ▼ il sistema di controllo può interagire anche con entità esterne, p.es. un operatore umano o un livello di controllo gerarchicamente superiore, per ricevere istruzioni e fornire informazioni

Si definisce inoltre *impianto industriale* l'insieme dei macchinari, delle strutture, degli edifici, e di altri componenti di varia natura, tutti finalizzati all'ottenimento di un unico scopo produttivo, ovvero alla realizzazione del processo.

Per interagire con il processo, il sistema di controllo si avvale di:

- ▶ dispositivi che trasmettono informazioni sullo stato dell'impianto (*misure*)
 - ▼ il *sensore* è un elemento che produce un'uscita dipendente da una variabile fisica da cui è interessato, secondo una legge fissata (p.es. un sensore meccanico di forza produce uno spostamento proporzionale alla forza esercitata su di esso; un sensore elettrico di spostamento determina una capacità proporzionale alla distanza tra le armature)
 - ▼ il *trasduttore* converte l'informazione proveniente dal sensore sotto forma di variabile fisica o chimica, in una grandezza di natura differente (tipicamente elettrica)
 - ▼ di solito sensore e trasduttore sono integrati in un unico elemento, indicato indifferentemente con uno dei due nomi
 - ▼ il trasduttore generalmente segue il sensore (ed è a sua volta seguito da un circuito di condizionamento, per amplificare il segnale e ridurre il livello di rumore, e in generale per rendere il segnale compatibile con il dispositivo di elaborazione)
- ▶ dispositivi che trasmettono informazioni all'impianto per modificarne lo stato (*comandi*)
 - ▼ un *attuatore* altera il valore di variabili di controllo del processo
 - ▼ un *pre-attuatore* si occupa della conversione delle informazioni in variabili fisiche e della necessaria amplificazione della potenza
 - ▼ ad esempio una valvola è un attuatore e il motore che la movimenta è il suo pre-attuatore

La strumentazione nel suo complesso può essere considerata parte del processo fisico (*sistema strumentato*) e ne costituisce l'interfaccia verso il sistema di controllo.



Il sistema di controllo è quindi un sistema per il trattamento delle informazioni, ossia un *sistema informatico*.

L'elaborazione effettuata dal sistema di controllo consiste nell'applicare algoritmi di *controllo*, ovvero quell'insieme di regole o funzioni che prescrivono come si deve pilotare l'impianto al fine di ottenere la corretta esecuzione del processo.

Più in dettaglio le *leggi di controllo* sono i legami formali (matematici e/o logici) tra opportune variabili che descrivono lo stato dell'impianto (*variabili controllate*) e altre variabili (dette *variabili di controllo*), che consentono di modificarlo.

Nella prassi, spesso si fa qualche confusione di terminologia:

- ▶ “processo” e “impianto” usati come sinonimi
- ▶ “software di controllo” e “funzioni di controllo”
- ▶ “calcolatore” o “elettronica” invece di “sistema di controllo”
- ▶ “sensore” e “trasduttore” usati come sinonimi

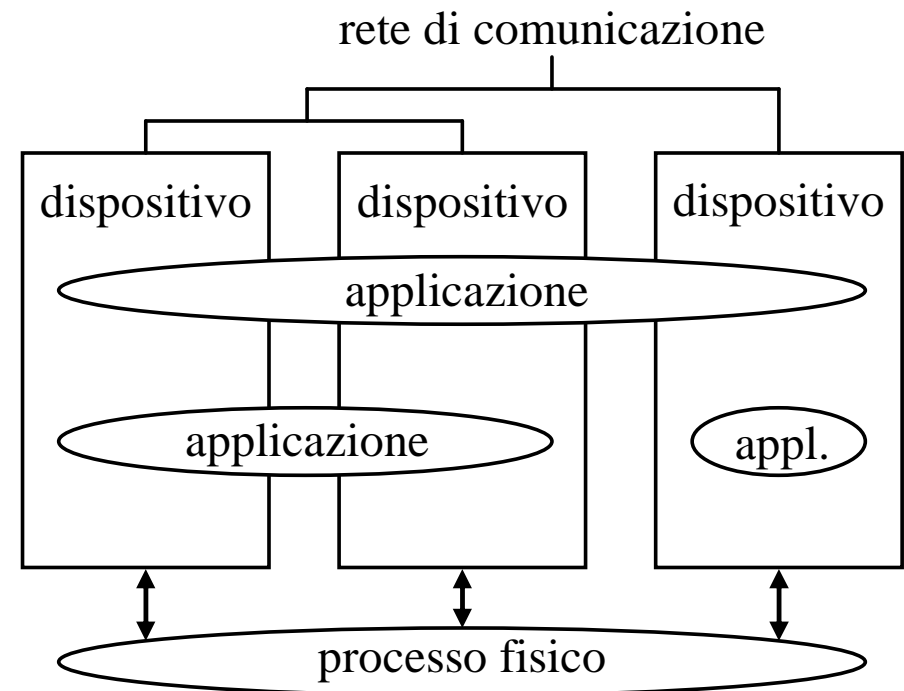
Definizione di sistema di controllo e misura (standard IEC 61131)

Un sistema di controllo e misura di un processo industriale può essere descritto come un insieme di *dispositivi* interconnessi e comunicanti tra di loro attraverso una o più *reti di comunicazione*.

Una *funzionalità* espletata da tale sistema è modellizzata come una *applicazione*, che può risiedere su un singolo dispositivo o essere distribuita su più dispositivi.

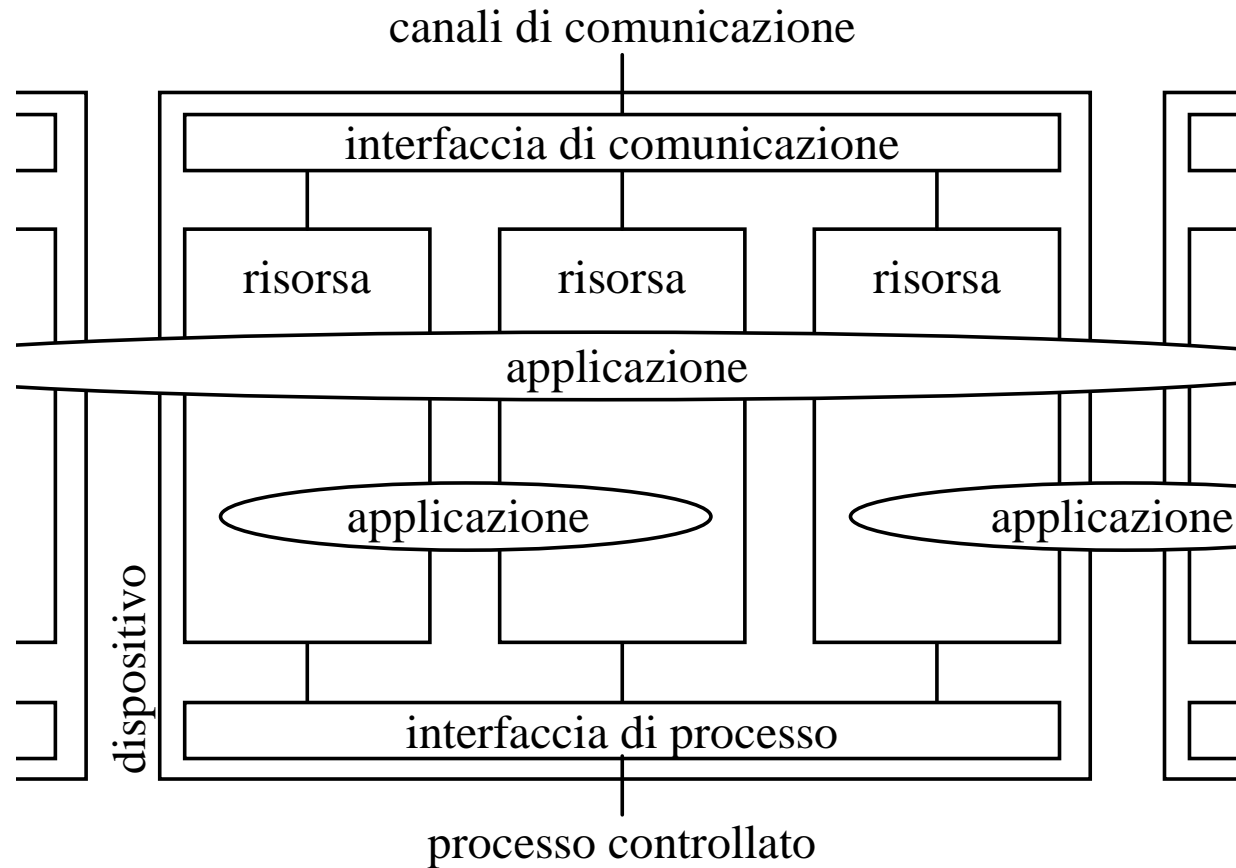
Il *dispositivo* è definito come un'entità fisica indipendente capace di realizzare una o più funzionalità e limitato dalle sue interfacce (componenti HW/SW di comunicazione con l'esterno).

Esempio di applicazione distribuita: chiusura di un anello di controllo, dove un dispositivo si occupa dell'acquisizione delle misure, uno dell'applicazione dell'algoritmo di controllo e uno dell'invio dei comandi al processo.



Un dispositivo contiene almeno:

- ▶ una *risorsa*
- ▶ un'*interfaccia* (verso il processo o la rete di comunicazione).



Una *risorsa* è una suddivisione logica della struttura SW di un dispositivo, che abbia un controllo indipendente delle sue operazioni (ovvero può essere creata, configurata, parametrizzata, eseguita, cancellata, senza condizionare altre risorse).

Una risorsa:

- ▶ è un'entità capace di eseguire programmi
- ▶ accetta dati e/o eventi dal processo e/o dalla rete di comunicazione
- ▶ effettua un'elaborazione sui dati e/o eventi acquisiti
- ▶ restituisce dati e/o eventi al processo e/o alla rete di comunicazione

così come specificato dall'applicazione che la sta usando.

In una risorsa devono essere presenti:

- ▶ una o più applicazioni locali o parti di applicazioni distribuite, che processano dati ed eventi interni
- ▶ funzioni che collegano i dati e gli eventi da e verso il processo e/o la rete di comunicazione
- ▶ una funzione di pianificazione (p.es. ciclica) delle attività

Un'*interfaccia di processo* mette in relazione le risorse contenute nel dispositivo con il processo fisico, comunicando con i sensori e gli attuatori.

Le informazioni scambiate con il processo sono presentate alle risorse come dati o eventi.

- ▶ i *dati* dono rappresentazioni formali di fatti, atti alla comunicazione e al processamento da parte di una risorsa (p.es. la codifica binaria di una misura)
- ▶ gli *eventi* rappresentano l'occorrenza di condizioni particolari (p.es. il raggiungimento di una certa temperatura)

Un'*interfaccia di comunicazione* mette in relazione le risorse appartenenti a dispositivi diversi, per lo scambio di informazioni attraverso la rete di comunicazione.

Attraverso questa interfaccia, oltre a dati ed eventi, possono essere presentati alla risorsa altri servizi:

- ▶ supporto alla programmazione
- ▶ configurazione del sistema
- ▶ diagnostica

Un'*applicazione* specifica le operazioni che devono essere svolte sui dati come conseguenza degli eventi.

Una risorsa determina le risposte da dare ad eventi interni, di processo o di comunicazione, mediante le relazioni causali specificate dall'applicazione.

Esempi di risposte:

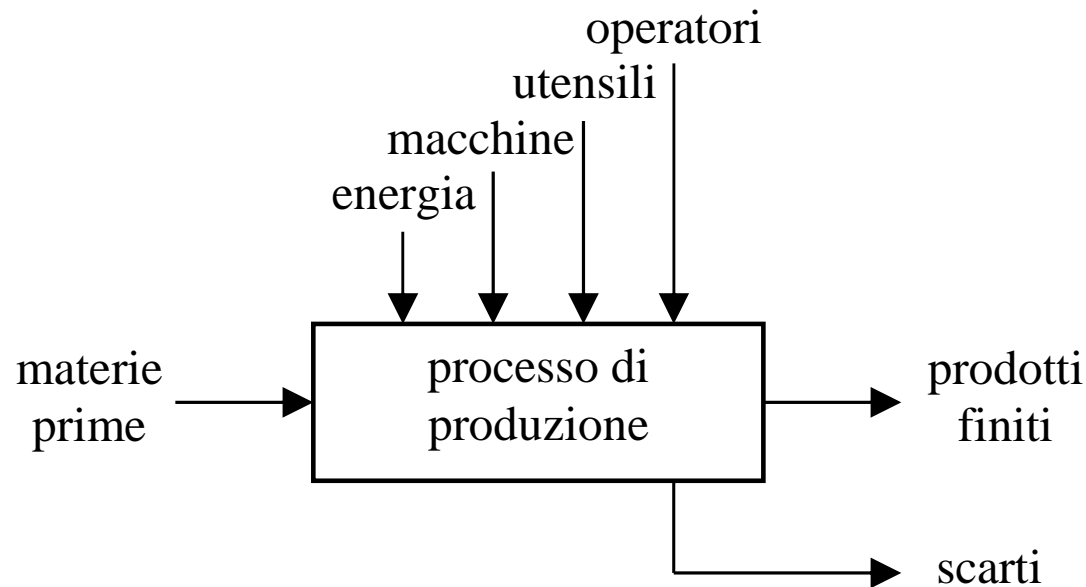
- ▶ pianificazione di operazioni
- ▶ esecuzione di operazioni
- ▶ modifica di variabili
- ▶ generazione di eventi addizionali
- ▶ interazione con le interfacce di processo e comunicazione

Un moderno sistema di controllo e misura è quindi costituito da diversi dispositivi di elaborazione dell'informazione interconnessi tra loro e con diverse funzioni e caratteristiche:

- ▶ alcuni saranno collegati direttamente a macchine che devono controllare, e quindi avranno requisiti specifici, come sistemi operativi real-time e multitasking, interfacce di processo molto sviluppate e specifiche per l'applicazione, robustezza costruttiva (v. p.es. i controllori logici programmabili o PLC)
- ▶ altri saranno dedicati all'interfaccia uomo-macchina, e avranno quindi bisogno più di capacità grafiche e di comunicazione, che di interfaccia di processo, non essendo direttamente collegati ad esso (possono essere dei normali PC)
- ▶ altri saranno dedicati al controllo di macchine complesse, come un robot industriale
- ▶ altri ancora dovranno gestire la base dati

Processi e impianti industriali

Un *processo di produzione (manufacturing)* è una combinazione di operazioni e trasformazioni chimico/fisiche che permettono l'ottenimento di prodotti finiti a partire da materie prime.



Ingredienti o fattori fondamentali:

- ▶ energia
- ▶ informazione
- ▶ controllo

Esempi di processi produttivi industriali:

- ▶ processo di produzione di energia
 - ▼ materie prime: combustibile fossile, ossigeno
 - ▼ prodotto finito: energia elettrica
- ▶ processo di produzione di vernici
 - ▼ materie prime: resine, coloranti, acqua, additivi (in opportune quantità)
 - ▼ prodotto finito: vernice
- ▶ processo di lavorazione di testate di motori
 - ▼ materie prime: pezzo metallico grezzo
 - ▼ prodotto finito: testata del motore
- ▶ processo di assemblaggio
 - ▼ materie prime: componente 1, componente 2, ..., componente n
 - ▼ prodotto finito: prodotto assemblato

I processi industriali si possono catalogare in base alle tipologia delle principali operazioni e trasformazioni necessarie per produrre prodotti finiti:

- ▶ processi continui
- ▶ processi batch
- ▶ processi semi-continui
- ▶ processi discreti

Un *impianto industriale* è un aggregato di macchinari, edifici, e altri componenti di varia natura, tutti finalizzati all'ottenimento di un unico scopo produttivo, ovvero alla realizzazione di un processo.

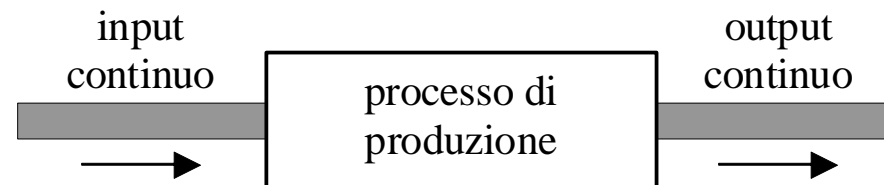
Esempi:

- ▶ impianto di produzione di energia
 - ▼ tubature, caldaia, turbine, bruciatori, pompe, valvole, camini, edifici di sostegno e di contenimento, sensori, ecc.
- ▶ impianto di produzione di vernici
 - ▼ reattori (dove avvengono le reazioni principali), miscelatori, riscaldatori, tubature, pompe, valvole, edificio di sostegno e di contenimento, sensori, ecc.
- ▶ impianto di lavorazione di testate di motori
 - ▼ macchina con dei mandrini per la lavorazione meccanica (fresatura, foratura, ecc.), sistema di controllo numerico (posizionamento corretto dell'utensile del mandrino), dispositivo di cambio utensile automatico, protezioni, sistemi di scarico trucioli, ecc.
- ▶ impianto di assemblaggio
 - ▼ centri di lavoro, celle di assemblaggio, magazzini dei componenti e dei prodotti finiti, sistemi di confezionamento e imballaggio, nastri trasportatori, manipolatori robotici, ecc.

Processi continui

I *processi continui* sono processi in cui le principali operazioni coinvolgono trasformazioni continue di massa, energia e quantità di moto su un flusso continuo di materiale.

Avvengono cioè scambi continui nel tempo di massa, energia e quantità di moto tra sottosistemi (tipicamente fluidi allo stato liquido o gassoso) dell'impianto.



Quando un processo continuo funziona a regime, l'obiettivo è di ottenere un prodotto dalla qualità uniforme nel tempo, a prescindere dal tempo in cui il processo è rimasto attivo.

In generale, un processo continuo può durare giorni o settimane e viene spento solo per operazioni di verifica, pulizia, manutenzione (programmata o necessaria a causa di un guasto).

Queste trasformazioni continue possono essere descritte mediante grandezze fisiche che variano in modo continuo nel tempo, come p.es.:

- ▶ *temperatura* \Rightarrow scambio di calore
(p.es. temperatura di fumi di scarico di una centrale o di un liquido all'interno di un circuito idraulico)
- ▶ *livello* \Rightarrow scambio di massa
(p.es. livello di liquido di serbatoio)
- ▶ *pressione* \Rightarrow scambio di quantità di moto
(p.es. pressione di aria, di vapore o di olio)

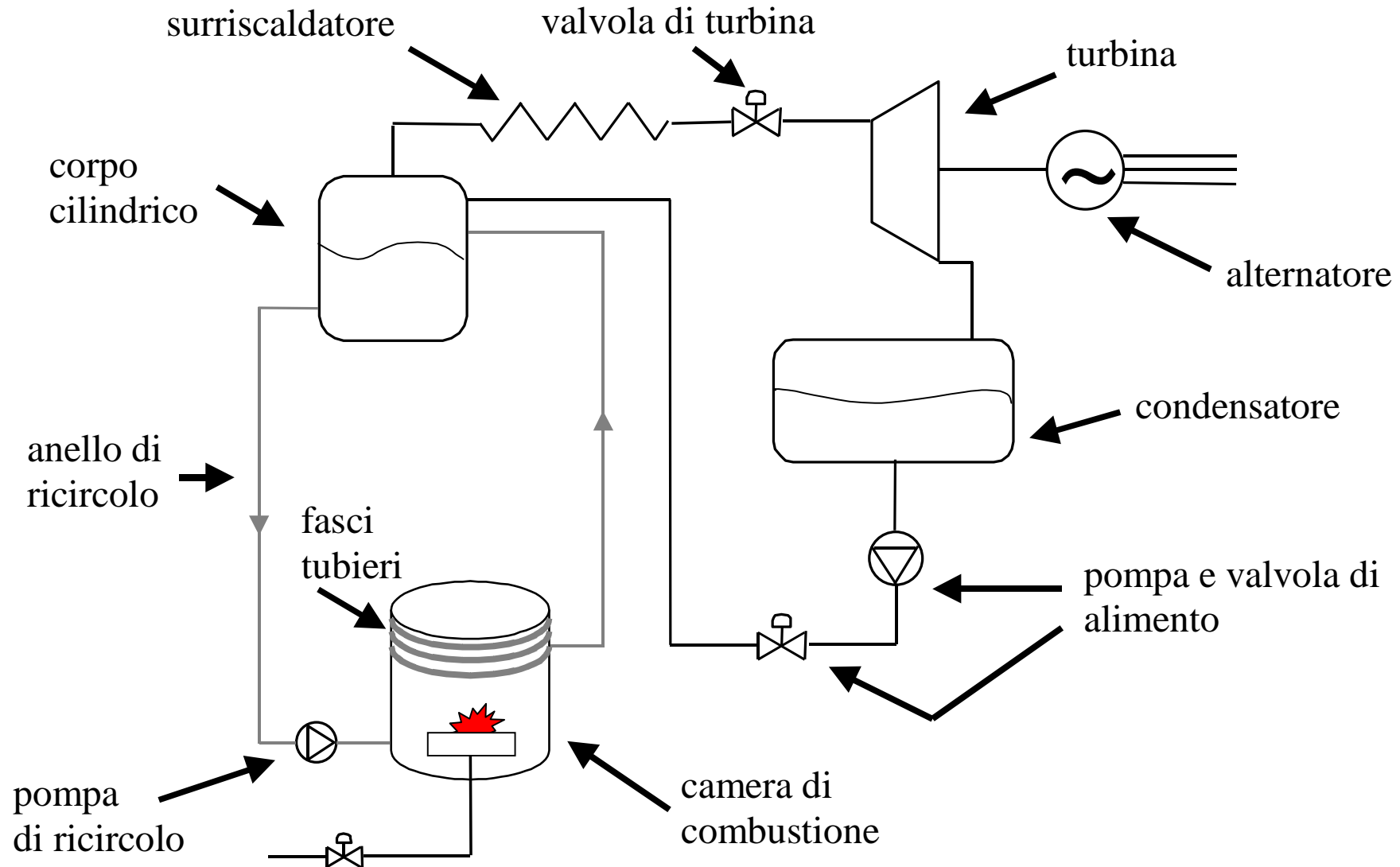
Tipologie degli impianti continui (*industria di processo*):

- ▶ impianti per la produzione di energia
- ▶ impianti per la distribuzione di energia, acqua, gas, ecc.
- ▶ impianti di estrazione di petrolio, gas, ecc.
- ▶ impianti di laminazione
- ▶ impianti idraulici di raccolta e distribuzione di liquidi o gas
- ▶ forni, essiccatoi
- ▶ impianti per la produzione di vetro, cemento, carta, argilla espansa

Componenti principali:

- ▶ pompe, compressori e ventilatori → trasporto materiale
- ▶ valvole, tubazioni, serbatoi e corpi cilindrici
- ▶ scambiatori di calore, bruciatori, turbine
- ▶ trasformatori, alternatori, motori elettrici
- ▶ forni, essicatori
- ▶ pistoni, circuiti idraulici e pneumatici

Esempio: impianto di produzione di energia elettrica



Problematiche “continue” (o di “controllo”):

- ▶ pompe, compressori e ventilatori → trasporto materiale
- ▶ controllo livello in corpo cilindrico e condensatore
- ▶ controllo pressione in corpo cilindrico
- ▶ controllo portata e temperatura del vapore in turbina

Problematiche “discrete” (di “automazione”):

- ▶ tali impianti non si possono avviare o spegnere “avviando” o “spegnendo” solamente i singoli componenti, ma occorre predisporre opportune sequenze di avviamento/spegnimento dei singoli dispositivi
- ▶ inoltre, non è conveniente spegnerli all’occorrenza di un guasto qualunque, ma occorre seguire opportune procedure ed opportune verifiche

Ad esempio il SAB (Sistema Avviamento Bruciatori) controlla che i bruciatori si accendano secondo una sequenza specifica, dopo opportune verifiche:

- ▶ verifica della presenza di comburente (ossigeno) in percentuali desiderate
- ▶ verifica della fiamma pilota
- ▶ verifica dell'operatività di ugelli aria e combustibile

L'SPA (Sistema Pompe Alimento) controlla che le pompe di alimento siano avviate e spente secondo una sequenza specifica, dopo opportune verifiche (pressione in mandata, temperatura cuscinetti, lubrificazione cuscinetti), e che siano gestite secondo modalità stabilite (stand-by, in parallelo, ecc.)

Gestione automatico/manuale: l'impianto e ogni componente o macchinario deve poter essere gestito sia in modalità automatica che manuale.

A questo scopo occorre definire delle logiche di priorità nella gestione:

- ▶ che fare se il componente A riceve due comandi contraddittori?
- ▶ se il componente A è in modalità manuale, posso comandare B in automatico?

L'automazione “discreta” di impianti continui non serve quindi alla gestione delle condizioni nominali di funzionamento, ma a realizzare alcuni comportamenti specifici:

- ▶ funzioni di avviamento e spegnimento
- ▶ gestione allarmi
- ▶ supervisione

Queste funzioni sono singolarmente semplici, ma sono numerose, con numerose variabili (ingresso/uscita e stato), interagenti fra di loro e con il controllo modulante.

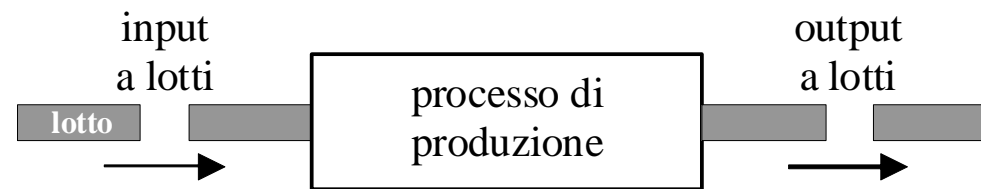
Processi batch

Un *processo batch* è “un processo che porta alla produzione di quantità finite di materiale, ottenute sottoponendo quantità finite di materiali grezzi ad un insieme ordinato di attività di processo lungo un periodo di tempo finito e utilizzando uno o più dispositivi/apparecchiature” (standard ISA S88).

- ▶ i prodotti vengono lavorati in quantità, dette *lotti* (in inglese *batch*), di dimensioni non fissate a priori, ma scalabili
- ▶ non è stabilita la quantità di prodotto che si deve produrre, ma solo la sequenza di lavorazione, o *ricetta* (*recipe*)
- ▶ gli ingredienti del processo rimangono in un reattore finché le caratteristiche non sono mutate in accordo con le specifiche
- ▶ tutte le modifiche/manipolazioni dei materiali avvengono all'interno di un numero limitato di contenitori
- ▶ l'apparecchiatura è riutilizzabile per produrre prodotti differenti, ma è normalmente richiesta una fase di pulizia dei contenitori utilizzati
- ▶ inoltre, la quantità di prodotto realizzabile in un periodo ragionevole di tempo è comunque limitata

I processi batch:

- ▶ *non sono continui*
il processo viene interrotto dopo la lavorazione di un lotto e ripreso con un lotto successivo
- ▶ *non sono discreti*
non esistono parti che si possono facilmente separare e identificare
ad esempio un prodotto imbottigliato è uguale e indistinguibile da bottiglia a bottiglia (dello stesso lotto)



Tipicamente i processi batch servono per la produzione di sostanze chimiche, organiche o inorganiche:

- ▶ prodotti realizzati secondo diverse formule, ma in piccole quantità (prodotti farmaceutici, profumi, detersivi, esplosivi)
- ▶ prodotti costosi con mercato ristretto o ciclo di vita ridotto (profumi)
- ▶ prodotti che richiedono tempi lunghi di maturazione o fermentazione in condizioni regolate (vino, birra, bevande alcoliche)

I settori industriali interessati sono tipicamente:

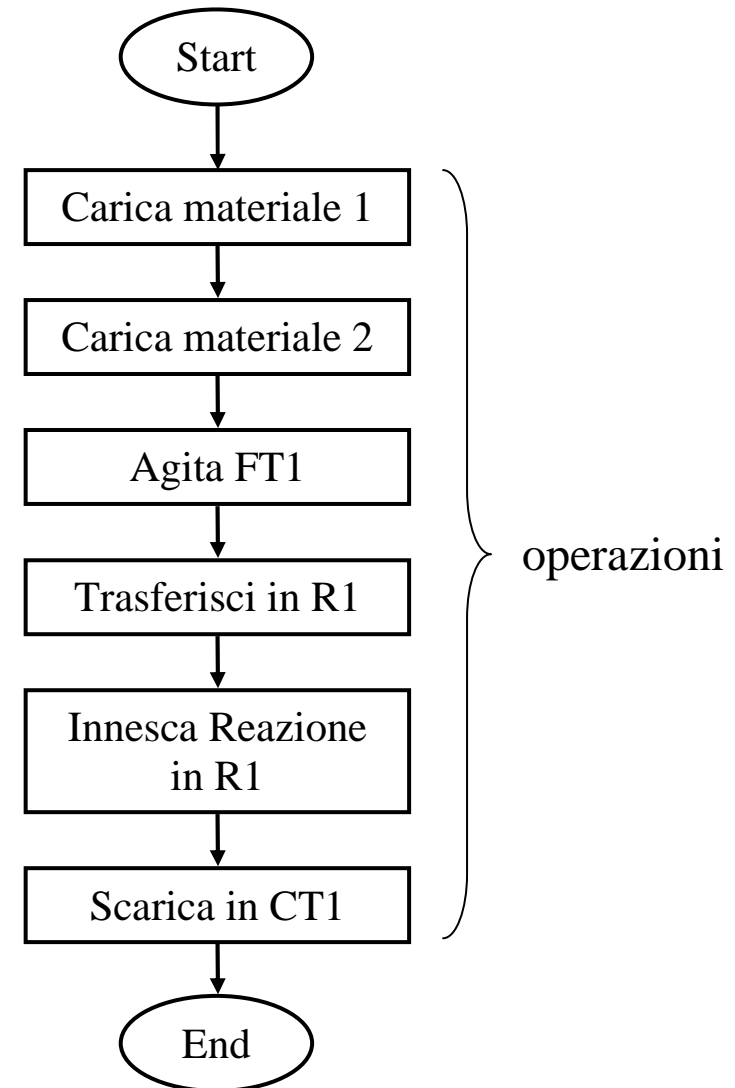
- ▶ chimica generale
p.es.: vernici, detersivi, resine, polimeri, plastiche, profumi
- ▶ farmaceutica
p.es.: medicinali, biotecnologie
- ▶ alimentare
p.es.: conservanti, coloranti, materiali igienici per imballaggio

Il controllo di tali impianti è basato sulle ricette di lavorazione.

La *ricetta* è la sequenza (in senso generalizzato) delle lavorazioni da compiere sulle materie prime per ottenere il prodotto finito.

La normativa S88 separa nettamente la descrizione delle operazioni da svolgere da quella delle apparecchiature utilizzate per il loro svolgimento e delle loro funzionalità.

Tale separazione consente, p.es. di riprogettare le ricette senza modificare il sistema di controllo, e di eseguire la stessa operazione su macchine diverse con le stesse funzionalità.



Rappresentazione in flow chart di una ricetta

Una ricetta contiene:

- ▶ un *header*, con le informazioni identificative e amministrative della ricetta
- ▶ una *formula*, che elenca i materiali in ingresso e in uscita dal processo, e i parametri specifici del processo (p.es. tempi di cottura, temperature, quantità dei materiali)
- ▶ una *procedura*, che descrive i passi da compiere per fare il prodotto
- ▶ *equipment requirements*, che descrivono i requisiti specifici che le apparecchiature devono possedere per svolgere la produzione
- ▶ *altre informazioni*, relative all’ottemperanza di normative, alla sicurezza, ai diagrammi di flusso del processo, al packaging e all’etichettatura del prodotto.

Le ricette non servono a descrivere solo i processi realizzativi dei prodotti, ma anche operazioni accessorie, come per esempio operazioni di:

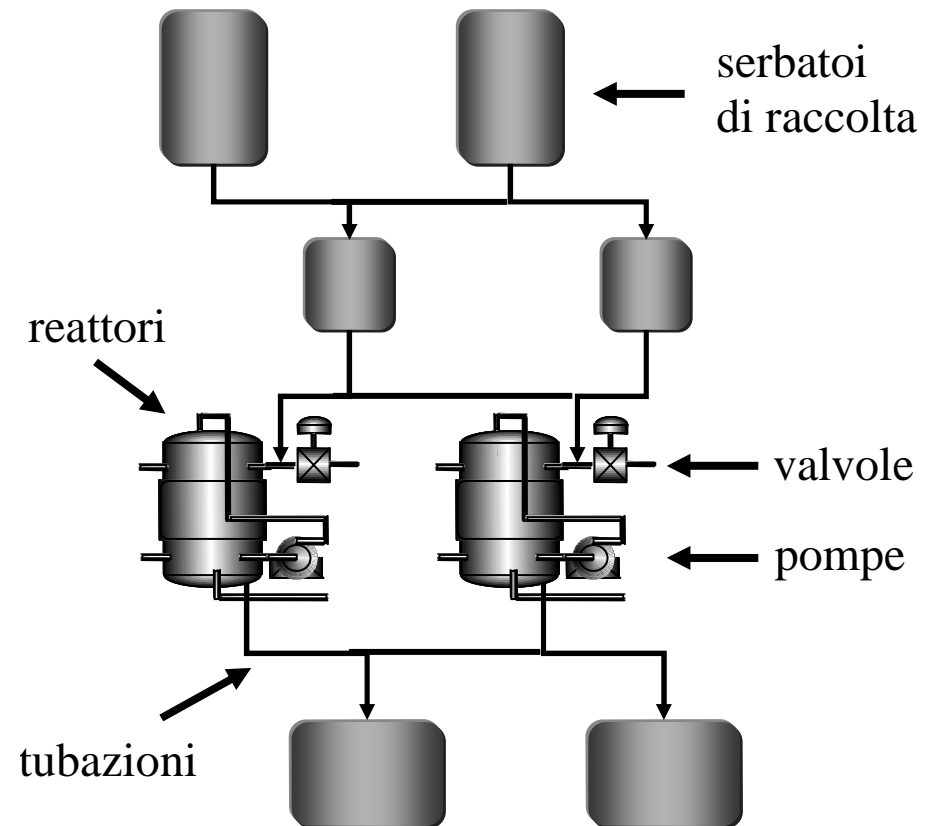
- ▶ lavaggio/pulizia/sterilizzazione delle apparecchiature
- ▶ settaggio/spegnimento di unità produttive
- ▶ preparazione di materiale di alimento
- ▶ ispezione/manutenzione delle apparecchiature

Struttura tipica di impianto

La realizzazione delle ricette richiede opportuni componenti di processo:

- ▶ sistemi di *trasporto*
p.es.: pompe, valvole, tubazioni, collettori
- ▶ sistemi di *lavorazione*
p.es.: reattori, serbatoi, agitatori

Per il controllo di un impianto batch è generalmente necessario disporre di timer, switch, allarmi, indicatori di flusso, livello, temperatura e pressione.



Dato che gli stessi serbatoi/reattori devono essere riutilizzati più volte, i tempi di carico/scarico, di raggiungimento della temperatura/pressione di lavoro e di pulizia sono critici per l'efficienza dell'impianto.

Classificazione di impianti batch

Gli impianti batch vengono classificati:

- ▶ in base a quanti tipi di prodotti vengono lavorati:
prodotto singolo / multi-prodotto
- ▶ in base a quanti dispositivi sono impiegati nella realizzazione di un prodotto:
a linea singola / multi-linea

Tipologie di impianti:

	linea singola	linea multipla
prodotto singolo	l'impianto è dedicato alla produzione di un solo tipo di prodotto ed è composto da un unico flusso di lavorazione	l'impianto è mono-prodotto, ma il “lotto” può seguire vari percorsi “paralleli”, a seconda della disponibilità dei componenti
prodotto multiplo	l'impianto può produrre vari tipi di prodotti (varie ricette), ma ancora è presente un unico flusso di lavorazione	l'impianto può produrre vari tipi di prodotti, seguendo percorsi alternativi, a seconda della disponibilità dei componenti; questa configurazione è quella più vantaggiosa dal punto di vista della gestione economica dell'impianto, ma è anche quella più difficile da controllare (massima flessibilità)

Problematiche di automazione

- ▶ **definizione della ricetta di lavorazione**
organizzazione dei passi logici, corrispondenti ad operazioni sul sistema, che compongono la ricetta
- ▶ **gestione delle risorse dell'impianto**
gestione dei componenti e delle attrezzature dell'impianto, per far svolgere all'impianto stesso le operazioni definite nella ricetta
- ▶ **gestione dei lotti**
più lotti di un'unica ricetta o di più ricette diverse possono essere presenti nel sistema

L'automazione serve a

- ▶ realizzare la ripetitività delle operazioni e quindi delle ricette
- ▶ garantire un uso corretto delle risorse di impianto (generalmente viene utilizzata in modo conservativo, e introduce più rigidità nel sistema produttivo)
- ▶ aumentare la flessibilità di conduzione dell'impianto, se si introducono algoritmi e modelli sofisticati

Processi semi-continui

I *processi semi-continui* sono processi particolari che hanno caratteristiche in comune sia con i processi continui che con quelli batch.

Tipicamente, sono dedicati ad applicazioni specifiche e ripetitive, come ad esempio

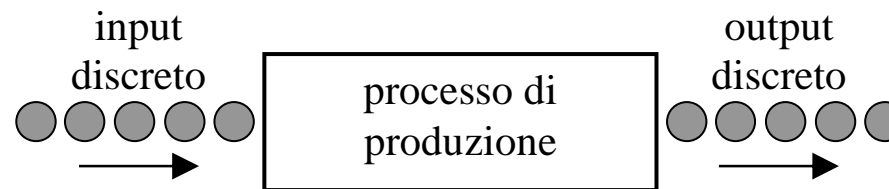
- ▶ il filtraggio/pulizia di gas o liquidi
- ▶ la deumidificazione dell'aria
- ▶ il trattamento di acque

La funzione di questi processi è di separare componenti da un flusso continuo (particelle sospese in un liquido, il vapore acqueo nell'aria, ioni disciolti in acqua, ecc.):

- ❶ il componente separato si accumula in un'unità di processo fino a riempimento; in questa fase, il processo è sostanzialmente di tipo continuo
- ❷ a riempimento completato, il processo viene interrotto per svuotare e ripulire il serbatoio; poi il processo viene riavviato

Processi discreti: sistemi manifatturieri

I *processi discreti* (industria manifatturiera) sono processi caratterizzati da cicli di lavorazione che coinvolgono singole parti o singole unità di prodotto. I materiali di partenza e i prodotti finali sono *numerabili*.



Esempi: sistemi manifatturieri per lavorazione (tornitura, fresatura, foratura, saldatura), assemblaggio, manipolazione e stoccaggio.

Gli impianti manifatturieri svolgono tipicamente operazioni di:

- ▶ *lavorazione*
operazioni di trasformazione fisica del prodotto e di montaggio delle parti
- ▶ *trasporto*
di prodotti, di pallet, di utensili
- ▶ *immagazzinamento*
di prodotti (grezzi, semilavorati e finiti), di pallet, di utensili

L'automazione riguarda tutte tali attività!

Lavorazioni

Lavorazioni principali:

- ▶ meccaniche (con asportazione di truciolo)
- ▶ per deformazione plastica (laminazione, trafilatura, stampaggio)
- ▶ assemblaggio
- ▶ disassemblaggio (riciclaggio e recupero di componenti (schede elettroniche, apparecchi elettrici, ecc.))
- ▶ fusione, saldatura
- ▶ colorazione, verniciatura

Lavorazioni ausiliarie:

- ▶ immatricolazione (catalogazione, codice di appartenenza ad un lotto)
- ▶ controllo qualità
- ▶ pulitura, lavaggio, lucidatura
- ▶ etichettatura
- ▶ imballaggio e confezionamento

Trasporto

Ogni impianto manifatturiero è dotato di sistemi di trasporto dei prodotti:

- ▶ dal magazzino dei prodotti grezzi al primo centro di lavoro
- ▶ da un centro di lavoro al successivo
- ▶ dall'ultimo centro di lavoro al magazzino dei prodotti finiti

Mezzi di trasporto automatico dei prodotti:

- ▶ nastri, rulliere, catene di trasporto
- ▶ ascensori (per portare i prodotti a quote differenti)
- ▶ carrelli a guida automatica o AGV (su binari fissi o piste magnetiche)
- ▶ manipolatori robotici (per operazioni di movimentazione complesse) (fissi o mobili)
- ▶ “carri-ponte” (per pesi elevati e distanze notevoli)

All'interno dell'impianto vengono anche movimentati:

- ▶ pallet (vassoi che portano il prodotto) → tipicamente ricircolano nell'impianto
- ▶ utensili (dal magazzino degli utensili alla macchina, o da una macchina ad un'altra (utensili condivisi))

Immagazzinamento e bufferizzazione

Nell’impianto vanno previsti anche magazzini per:

- ▶ accumulo prodotti grezzi/finiti/semilavorati
- ▶ accumulo pallet
- ▶ accumulo utensili

I buffer servono per:

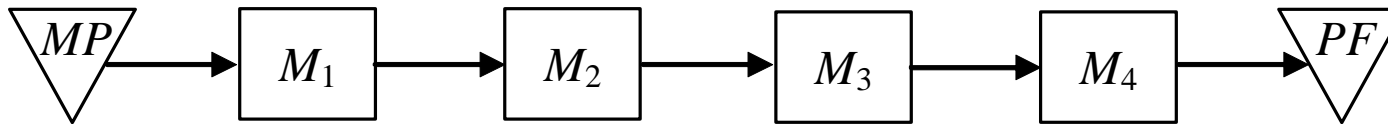
- ▶ gestire code in ingresso ad una macchina operatrice
- ▶ assorbire diverse velocità di lavorazione

I sistemi di immagazzinamento possono essere gestiti manualmente o in modo automatizzato.

Tipologie di produzione manifatturiera

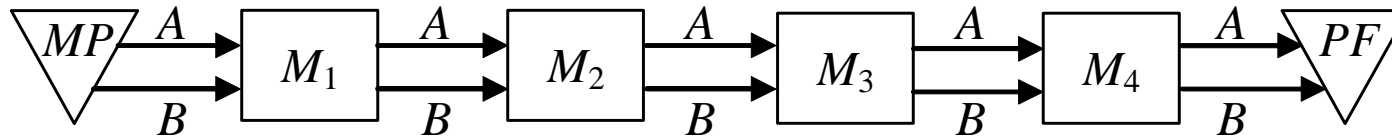
Linee di produzione per prodotto o a trasferimento di prodotto (transfer lines)

Insieme di macchine progettato per realizzare rigidamente una sequenza prefissata di lavorazioni, per prodotti da ottenere in grandi quantità e con varianti limitate.



- ▶ un solo prodotto
- ▶ produzione di massa
- ▶ flusso di materiali lineare (in genere automatizzato)
- ▶ trasporto e gestione molto semplici, ma flessibilità minima
- ▶ prestazioni elevate
 - ▶ bassi tempi di attraversamento
 - ▶ elevata saturazione delle risorse
 - ▶ qualità uniforme dei prodotti

Produzione per flussi (flow shop):



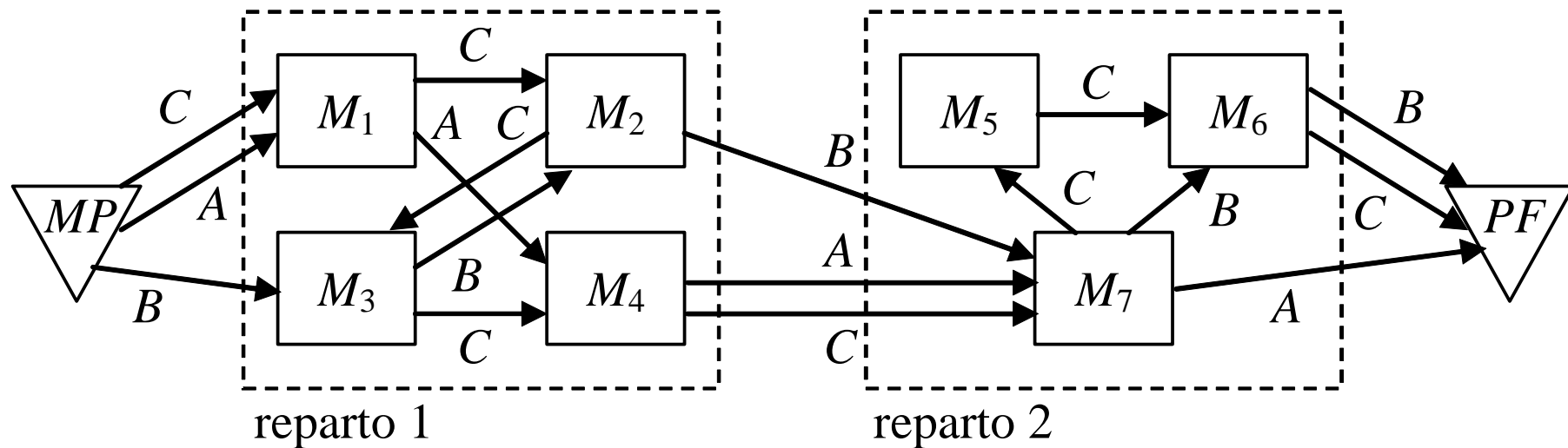
Caratteristiche principali:

- ▶ le macchine sono in linea
- ▶ diversi prodotti
- ▶ tutti i prodotti seguono la stessa sequenza di operazioni sulle stesse risorse
- ▶ le macchine eseguono la stessa operazione su prodotti diversi, ripetitivamente
- ▶ problemi di sequenziamento delle singole risorse

Produzione per reparti (job shop):

Ogni pezzo (o insieme di pezzi) richiede l'esecuzione di una serie di operazioni da parte di un gruppo di centri di lavoro (macchine, stazioni, gruppi di operatori) in una sequenza preassegnata (*ciclo tecnologico*).

Il pezzo (o lotto) si sposta da macchina a macchina o da reparto a reparto tramite un sistema di trasporto o pallet secondo un percorso prefissato (*routing*).



La varietà dei cicli da realizzare è tale che conviene aggregare i macchinari in reparti omogenei per tipo di lavorazione.

Caratteristiche principali:

- ▶ diverse categorie di prodotti
- ▶ i prodotti seguono sequenze diverse di lavorazione
- ▶ le operazioni non sono ripetitive
- ▶ maggiori scorte in lavorazione rispetto al caso del flow shop
- ▶ meno materie prime rispetto al caso del flow shop
- ▶ problemi di sequenziamento delle singole risorse
- ▶ flussi produttivi molto intrecciati
- ▶ alta flessibilità
- ▶ prestazioni basse
 - ▼ alti tempi di attraversamento
 - ▼ scarsa saturazione delle risorse
 - ▼ qualità non omogenea

Produzione per cellule (cell production)

Se è possibile individuare delle famiglie di pezzi con cicli di lavorazione sufficientemente omogenei, si possono creare gruppi di macchine (di natura diversa) adibite alle lavorazioni necessarie per ottenere l'intera famiglia di pezzi.

Caratteristiche della produzione per cellule:

- ▶ flussi produttivi meno intrecciati
- ▶ trasporto e gestione più semplici, ma minore flessibilità
- ▶ celle indipendenti per quanto riguarda pianificazione, controllo e amministrazione

Flexible Manufacturing Systems (FMS) e FAS (Flexible Assembly Systems)

Sistemi produttivi dotati di flessibilità riguardo p.es. all'ordine delle lavorazioni o all'assegnamento di operazioni alle risorse.

Non sono concettualmente diversi dalle cellule, ma le prestazioni sono notevolmente migliorate dalla presenza di un sistema di trasporto automatico e di un calcolatore che controlla il processo produttivo.

Caratteristiche principali:

- ▶ diversi prodotti
- ▶ sequenze di lavorazione diverse
- ▶ lavorazioni eseguite su più di una risorsa
- ▶ problemi di assegnazione delle operazioni alle risorse (gestione dei flussi)
 - ▼ dimensionamento
 - ▼ routing
- ▶ problemi di sequenziamento locale delle risorse
- ▶ grande flessibilità
- ▶ alto grado di automazione



Automazione rigida, programmabile e flessibile

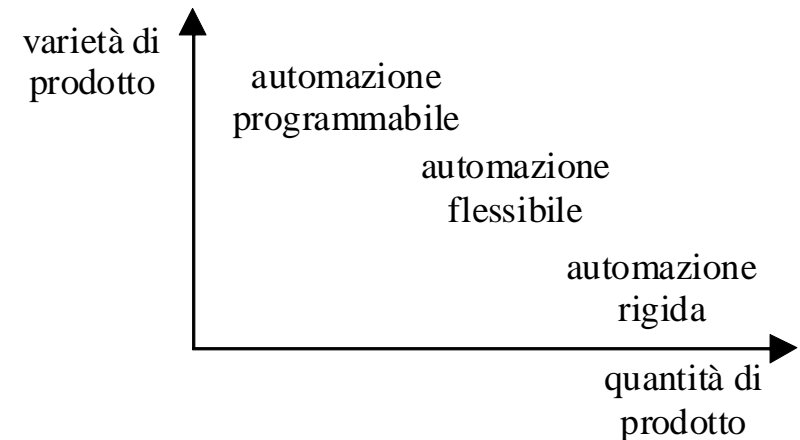
In un sistema di *automazione rigida* la sequenza produttiva è fissata (tipicamente, grandi produzioni a bassa varietà di prodotto).

In un sistema di *automazione programmabile* la sequenza produttiva può essere cambiata in funzione del prodotto (produzione di entità medio-bassa, spesso a lotti; p.es. processi batch, produzione con macchine a controllo numerico).

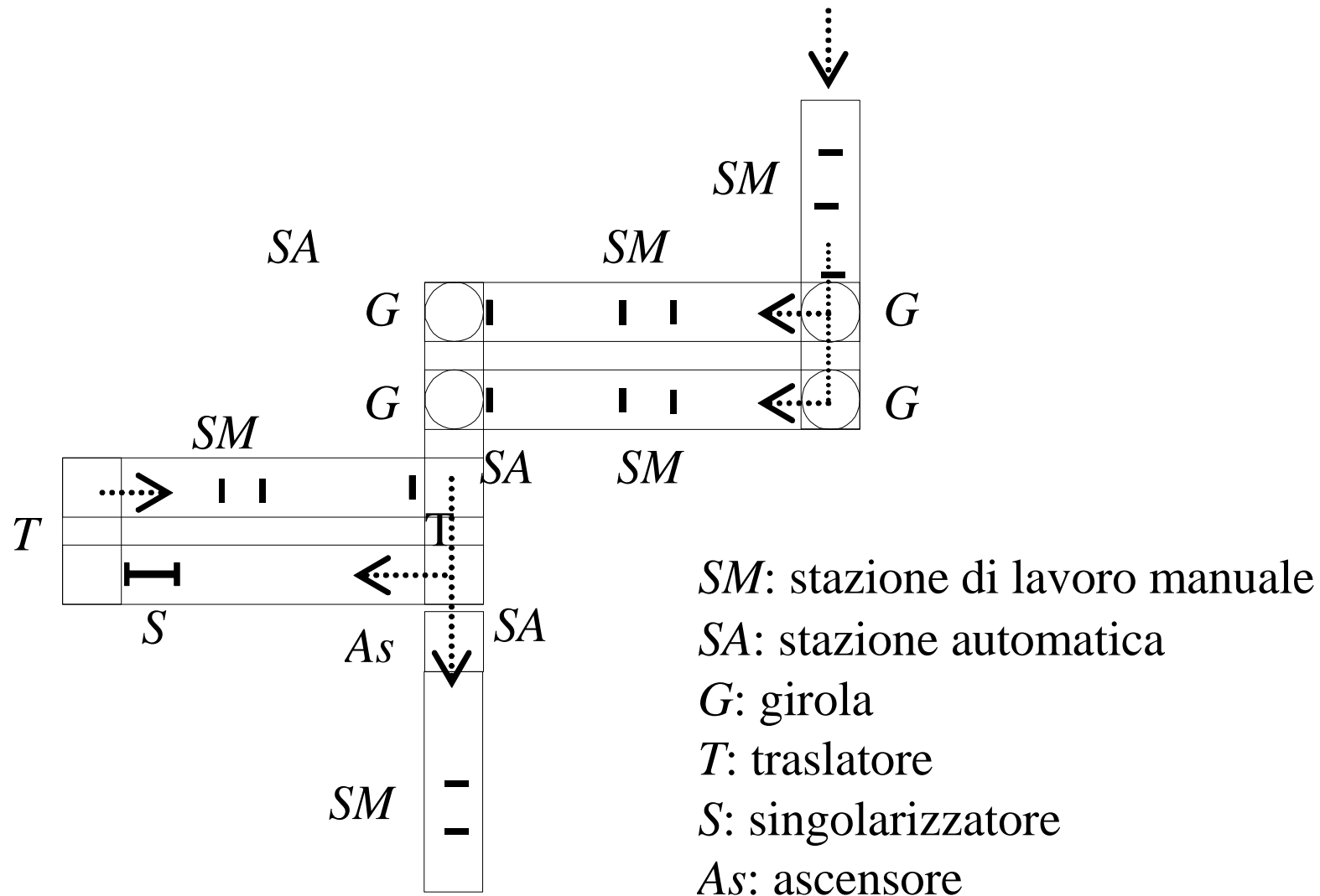
Vanno tipicamente previsti dei tempi di riprogrammazione e setup della produzione (p.es. lavaggio serbatoi).

Nell'*automazione flessibile* (v. *FMS*) è possibile diversificare la produzione senza tali tempi morti.

Ciò è possibile perché i prodotti finali sono molto simili e le lavorazioni sono svolte da macchinari altamente flessibili e riconfigurabili (p.es. si può modificare l'ordine delle lavorazioni o l'assegnamento delle risorse).



Esempio: linea di lavorazione

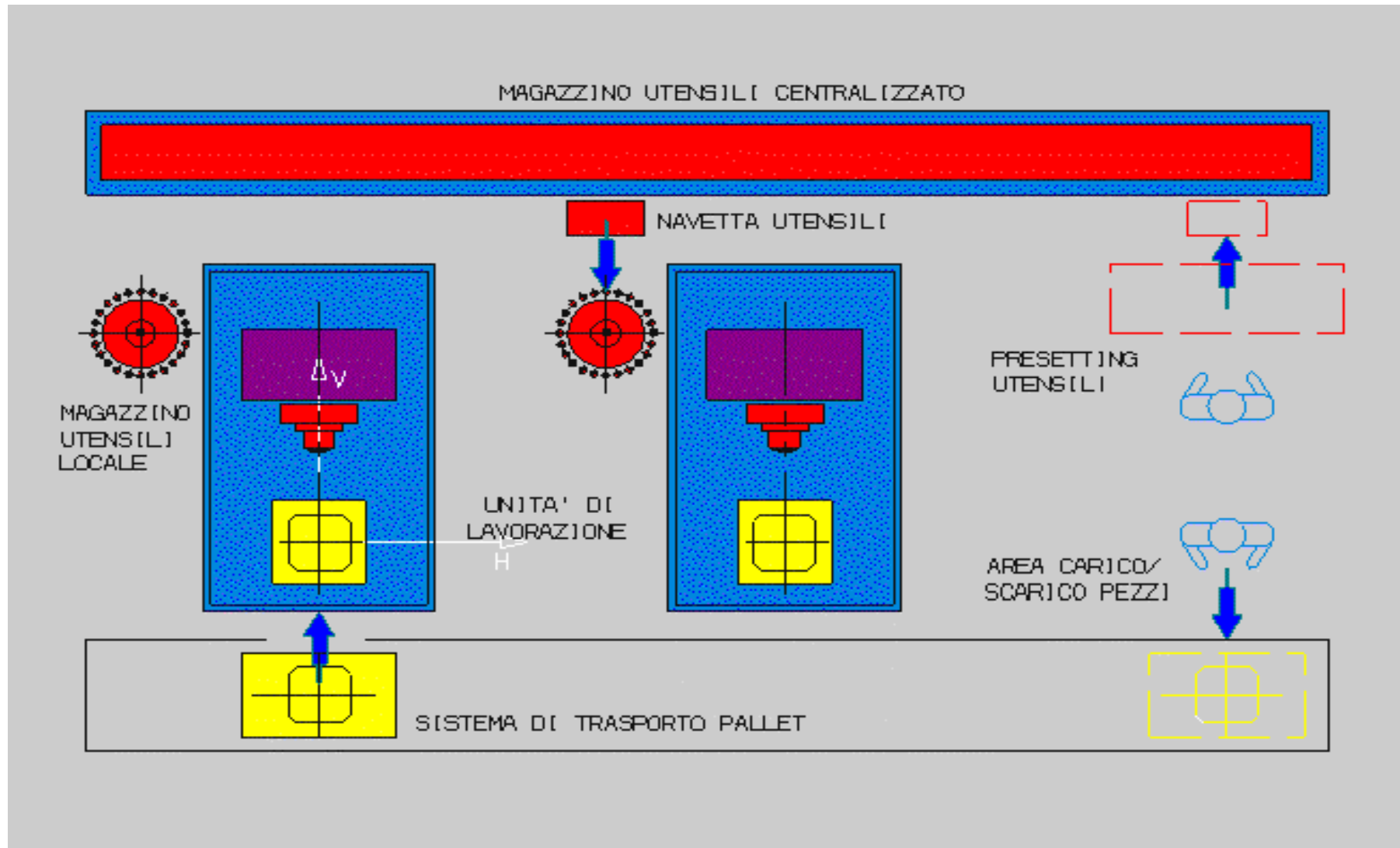




Lungo la linea ci sono vari dispositivi:

- ▶ stazioni manuali per lavorazioni manuali
- ▶ stazioni automatiche per il trasporto del pallet agli incroci
- ▶ girole per ruotare i pallet nei collegamenti tra linee a 90°
 - ▼ girole accoppiate = diramazione o incrocio
- ▶ anello di ricircolo per il controllo qualità
 - ▼ un prodotto viene prelevato dalla linea principale, viene portato in una baia dove viene testato ed eventualmente riparato e viene reimpresso sulla linea principale
- ▶ traslatore
- ▶ singolarizzatore
- ▶ ascensore

Esempio: centro di lavoro





Componenti:

- ▶ un sistema di trasporto pallet tramite navetta o carrello (in basso)
- ▶ due stazioni di lavoro (al centro)
sono indicati schematicamente il mandrino e la tavola porta-pezzo
- ▶ un magazzino utensili condivisi (in alto)
- ▶ due magazzini locali di utensili (a disco)
- ▶ due stazioni manuali per il presetting degli utensili sul magazzino centralizzato e per il carico/scarico pezzi

Esempio: linea di lavoro



Funzioni di controllo per tipologia di processo

I controlli industriali non sono nè logici nè modulanti, ma una combinazione.

	controllo logico	controllo modulante
processi continui	<ul style="list-style-type: none">▶ coordinamento complessivo▶ avviamento e spegnimento▶ guasti e emergenze	<ul style="list-style-type: none">▶ controlli primari (livelli, temperature, pressioni)▶ controlli asserviti (portata pompe, posizione valvole)
processi batch	<ul style="list-style-type: none">▶ controllo delle ricette▶ supervisione impianto▶ avviamento e spegnimento▶ guasti e emergenze▶ allocazione risorse impianto	<ul style="list-style-type: none">▶ controlli primari (livelli, temperature, pressioni)▶ controlli asserviti (portata pompe, posizione valvole)
processi discreti	<ul style="list-style-type: none">▶ controllo sequenze di lavoro delle singole macchine▶ supervisione impianto▶ avviamento e spegnimento▶ guasti e emergenze	<ul style="list-style-type: none">▶ controlli asserviti (posizionamento, velocità motori elettrici)

Nel corso ci concentreremo sul controllo logico di impianti e processi di produzione discreta.