

Flexible manufacturing systems



Componenti di un FMS

Il controllo numerico

- Con il termine controllo numerico (CN) si vuole intendere che il funzionamento della macchine è controllato direttamente da un *computer* locale (unità di governo)
- Il controllo numerico consente di trasmettere alla macchina utensile informazioni dalle quali conseguono tutti le azioni compiute dalla macchina stessa
- Con il Controllo Numerico si sfruttano l'informatica e l'elettronica per migliorare prestazioni e flessibilità delle macchine utensili

Il controllo numerico

- Le macchine dotate di controllo numerico necessitano di un'operatività da parte dell'uomo completamente diversa rispetto alla macchina tradizionale
- Le prime macchine a CN furono costruite nella metà circa degli anni '50 ma la loro diffusione su larga scala ebbe inizio negli anni '70.
- La prima macchina in assoluto è stata costruita negli USA nel 1947 per l'industria aeronautica per rispondere alla necessità di ottenere superfici complesse in tempi ragionevoli.

Evoluzione tecnologica

■ Macchina tradizionale

- Tempi passivi (taglio aria e fermo macchina) consistenti
- Maggiori possibilità di errori
- Produttività dipendente anche dall'abilità dell'operatore

■ Macchina CN

- Tempi passivi molto ridotti legati anche alle attrezzature delle quali è dotata la macchina
- Errori possibili praticamente solo in fase di programmazione
- Risultato sostanzialmente svincolato dalle capacità operative dell'operatore
- Produttività dipendente in larga parte dal livello tecnologico della macchina

Interfaccia uomo-macchina

■ Macchina tradizionale

- Analisi del disegno
- Attività mnemoniche per l'individuazione della sequenza delle operazioni
- Fissaggio pezzo
- Fissaggio utensili
- Impostazione dei parametri di lavorazione
- Esecuzione delle operazioni

■ Macchina CN

- Preparazione *off-line* del programma su calcolatore
- Trasferimento del programma alla macchina
- Fissaggio pezzo
- Caricamento utensili
- Avvio lavorazione
- Supervisione delle operazioni

Opportunità e problemi

■ Opportunità

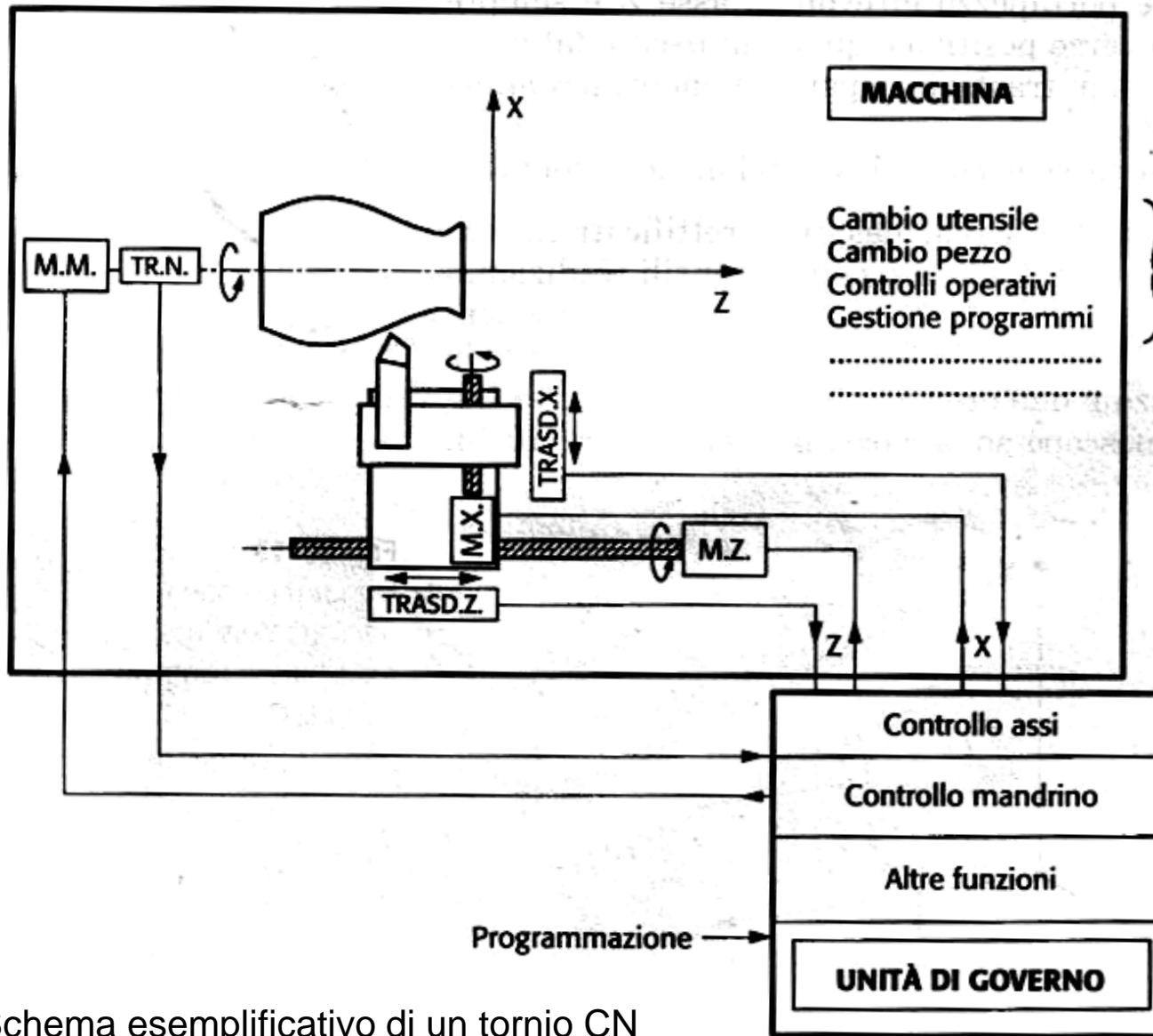
- Elevata automazione
- Elevata flessibilità
- Riduzione tempi passivi
- Aumento produttività
- Miglioramento della qualità
- Riduzione scarti
- Riduzione manodopera
- Aumento versatilità

■ Problemi

- Costi elevati connessi con:
 - Gli investimenti di acquisto
 - La manutenzione
 - L'assistenza
 - La programmazione dei cicli di lavorazione

Caratteristiche macchine CN

- Un motore per ogni asse controllato (movimenti sincronizzati e simultanei)
- Organi in movimento dotati di trasduttori che riconoscono continuamente la posizione degli assi
- Potenze installate notevoli
- Velocità dei movimenti di posizionamento molto elevate
- Meccanismi portautensili per il cambio veloci degli utensili
- Dispositivi portapallet per la sostituzione rapida dei pezzi lavorati con i pezzi da lavorare
- Convogliatori tali da facilitare la raccolta e l'evacuazione dei trucioli
- Barriere scorrevoli a delimitare l'area di lavoro per la sicurezza degli operatori



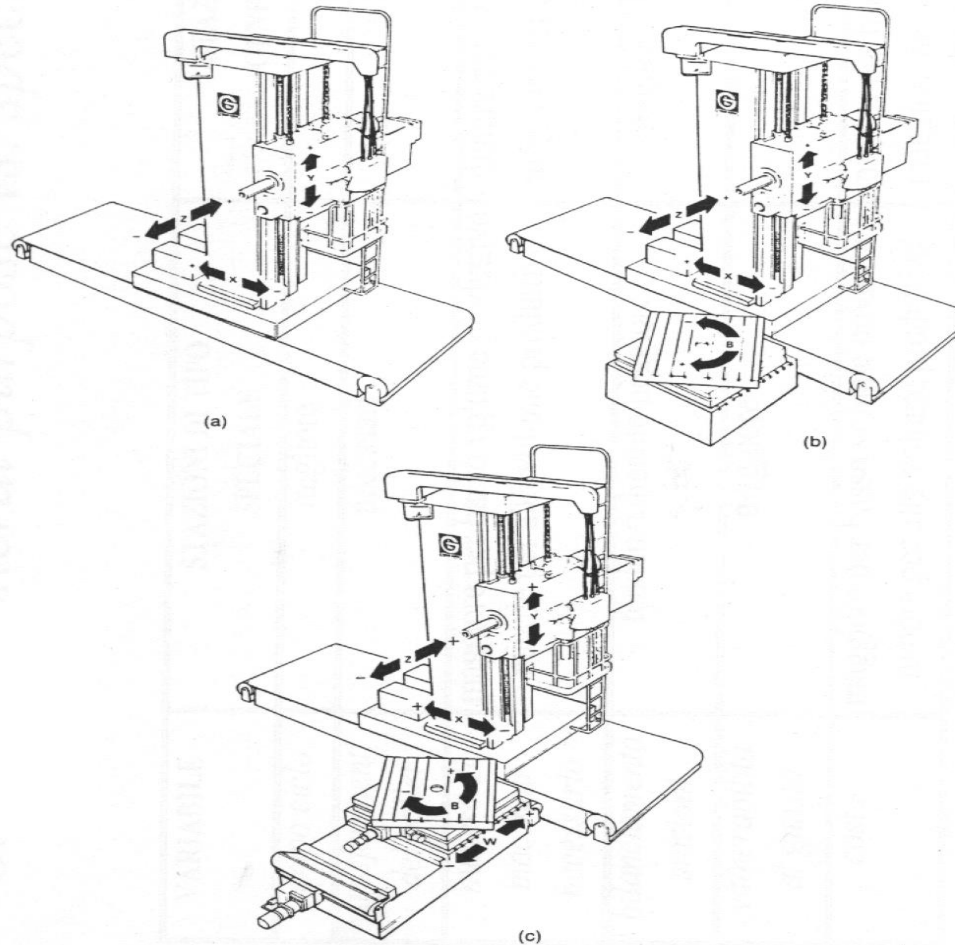
MM: motore mandrino
 TRN: trasduttore velocità
 angolare
 MZ: motore asse Z
 TRSDZ: trasduttore asse Z
 MX: motore asse X
 TRSDX: trasduttore asse X

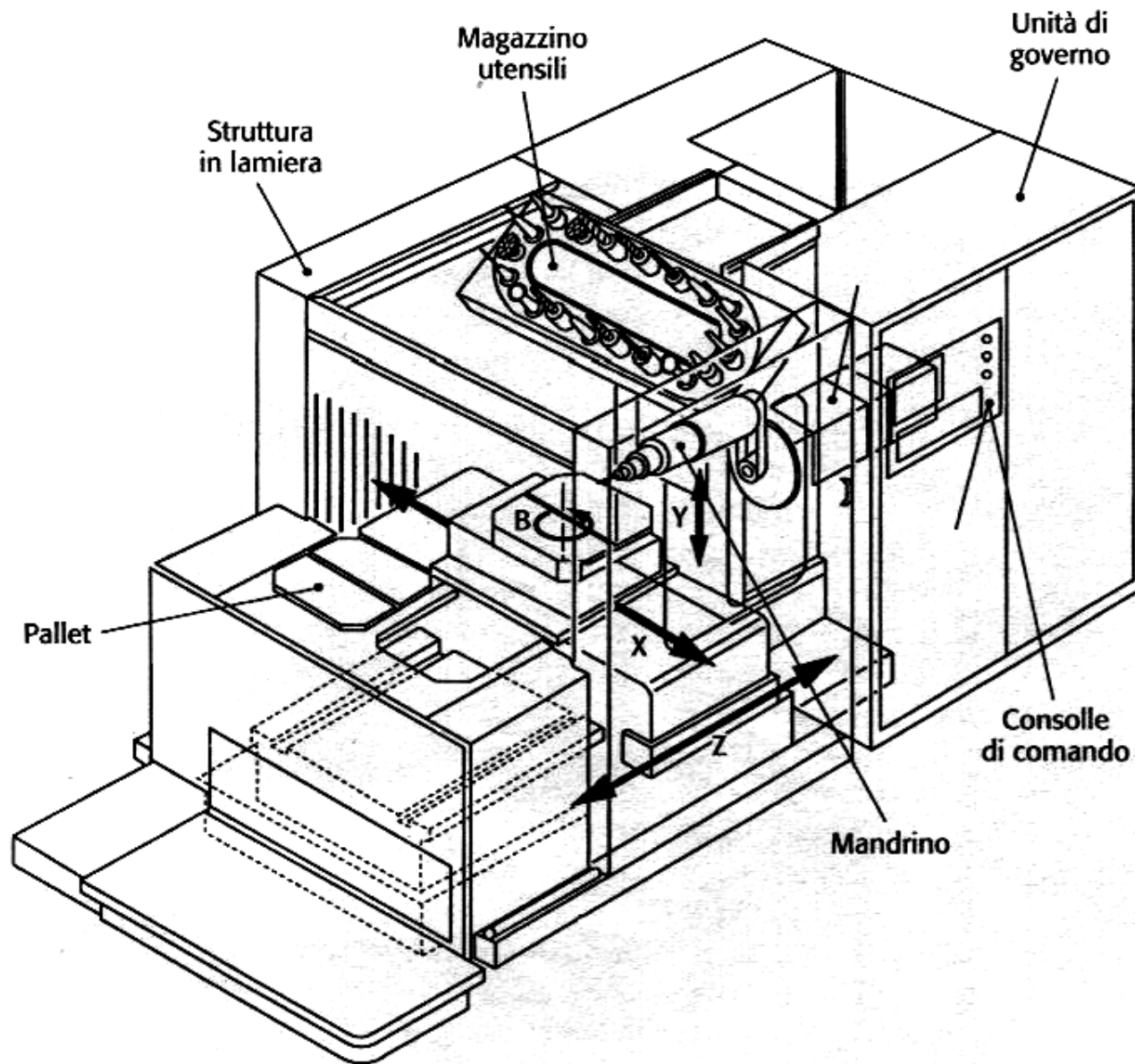
Schema esemplificativo di un tornio CN

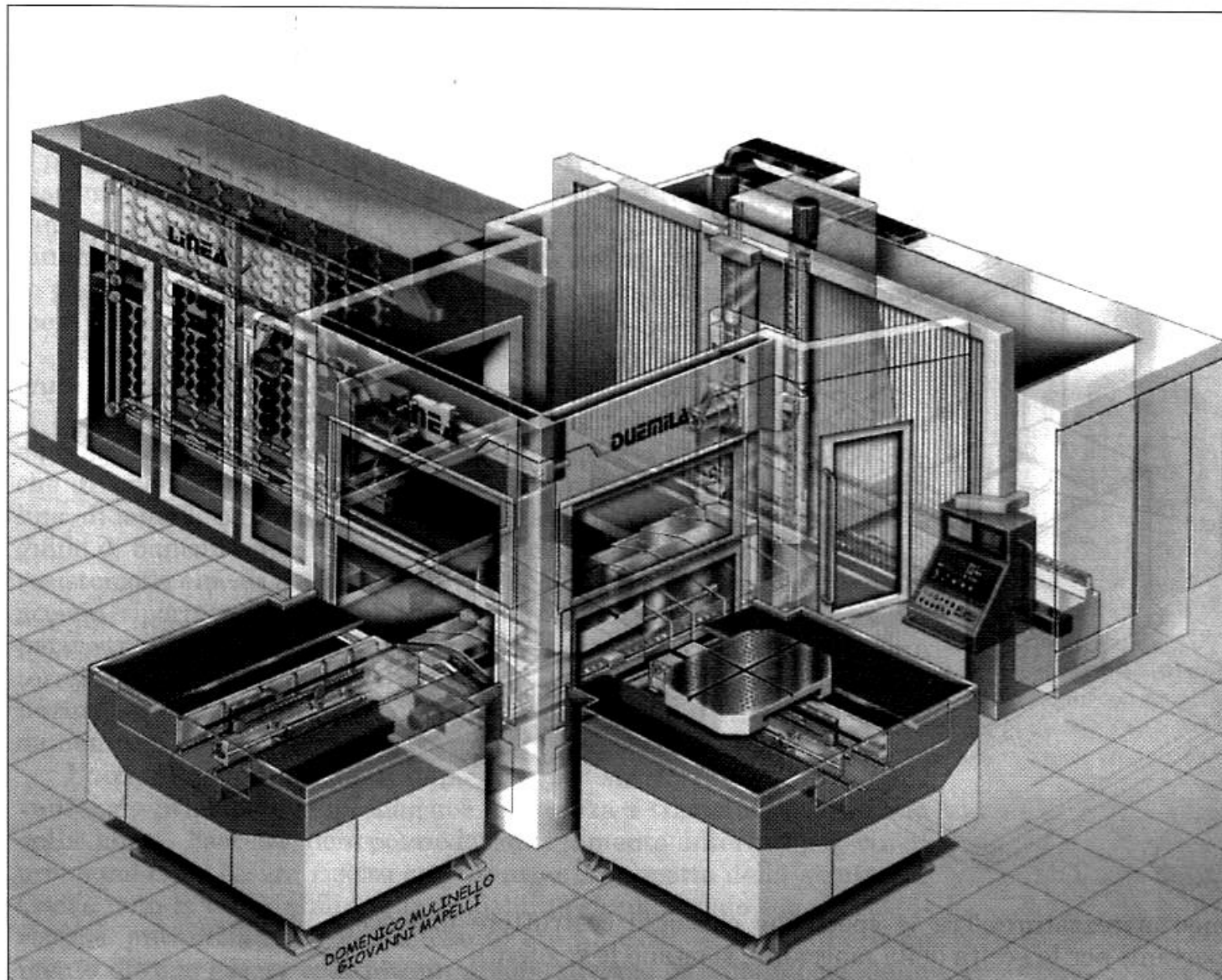
Centro di lavoro (*machining centre*)

- È una macchina multiscopo altamente flessibile sulla quale è possibile effettuare un elevato numero di operazioni (alesatura, foratura, fresatura, filettatura,)
- Principali caratteristiche tecniche del centro di lavoro:
 - Campo operativo o cubo di lavoro
 - Orientamento dell'asse di rotazione del mandrino (p.e.: orizzontale)
 - Numero di assi controllati
 - Massima velocità di rotazione del mandrino
 - Massima velocità di traslazione degli assi a vuoto
 - Potenza installata e disponibile

Centri di lavoro a 3,4 e 5 assi



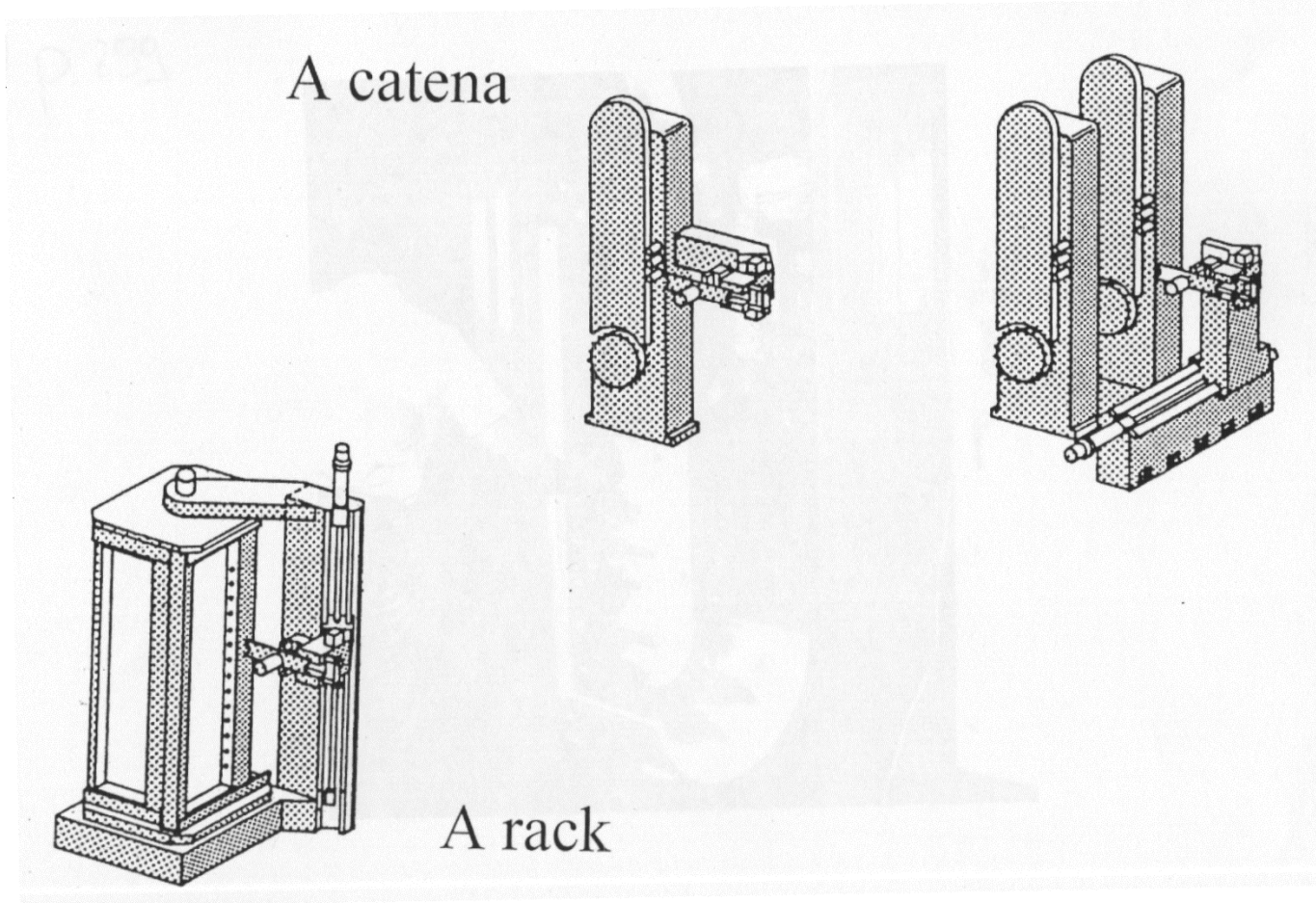




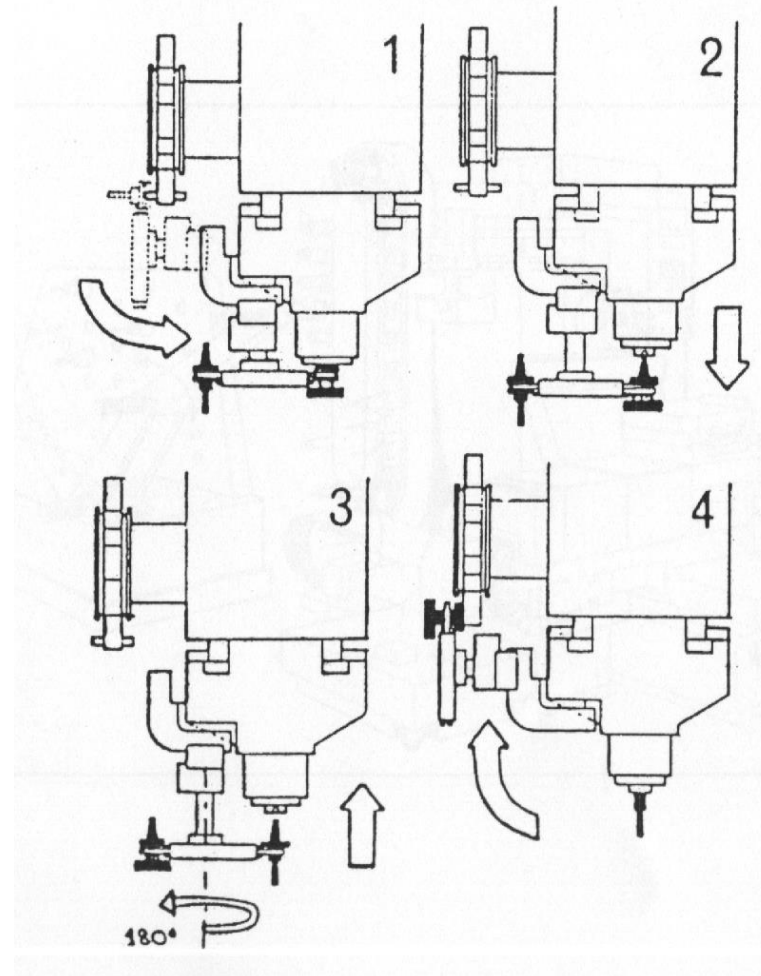
Magazzini utensili

- Tutti gli utensili necessari per la lavorazione di un pezzo e/o di un *set* di pezzi devono essere posizionati nel magazzino portautensili della macchina utensile prima dell'inizio delle lavorazioni
- Prima del loro posizionamento, gli utensili sono prelevati *off-line* (determinazione delle loro dimensioni rispetto a un punto di riferimento fisso). I dati di *presetting* devono essere memorizzati nell'unità di governo in modo da poter eseguire correttamente le lavorazioni.
- La capacità dei magazzini utensili può arrivare a qualche centinaio di utensili presenti contemporaneamente

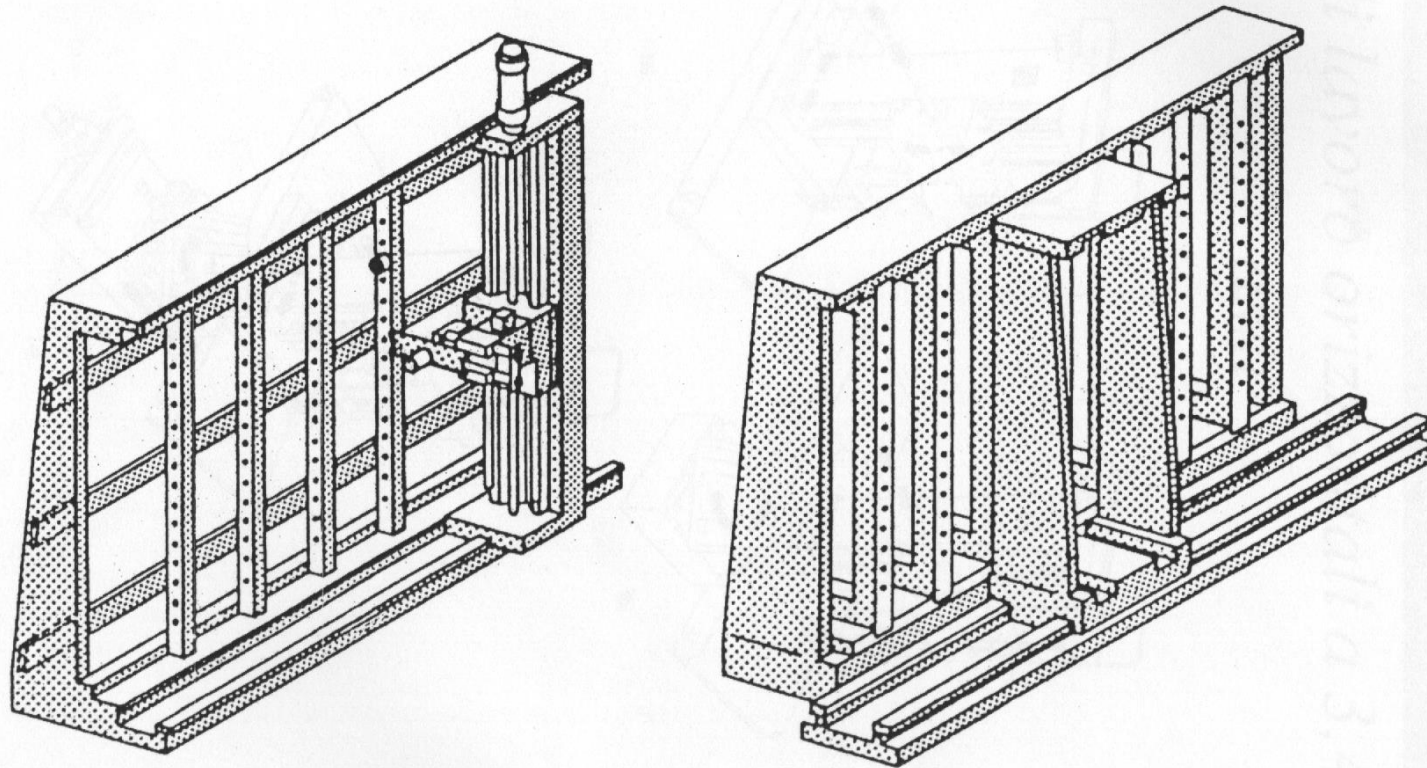
Magazzino utensili di macchina



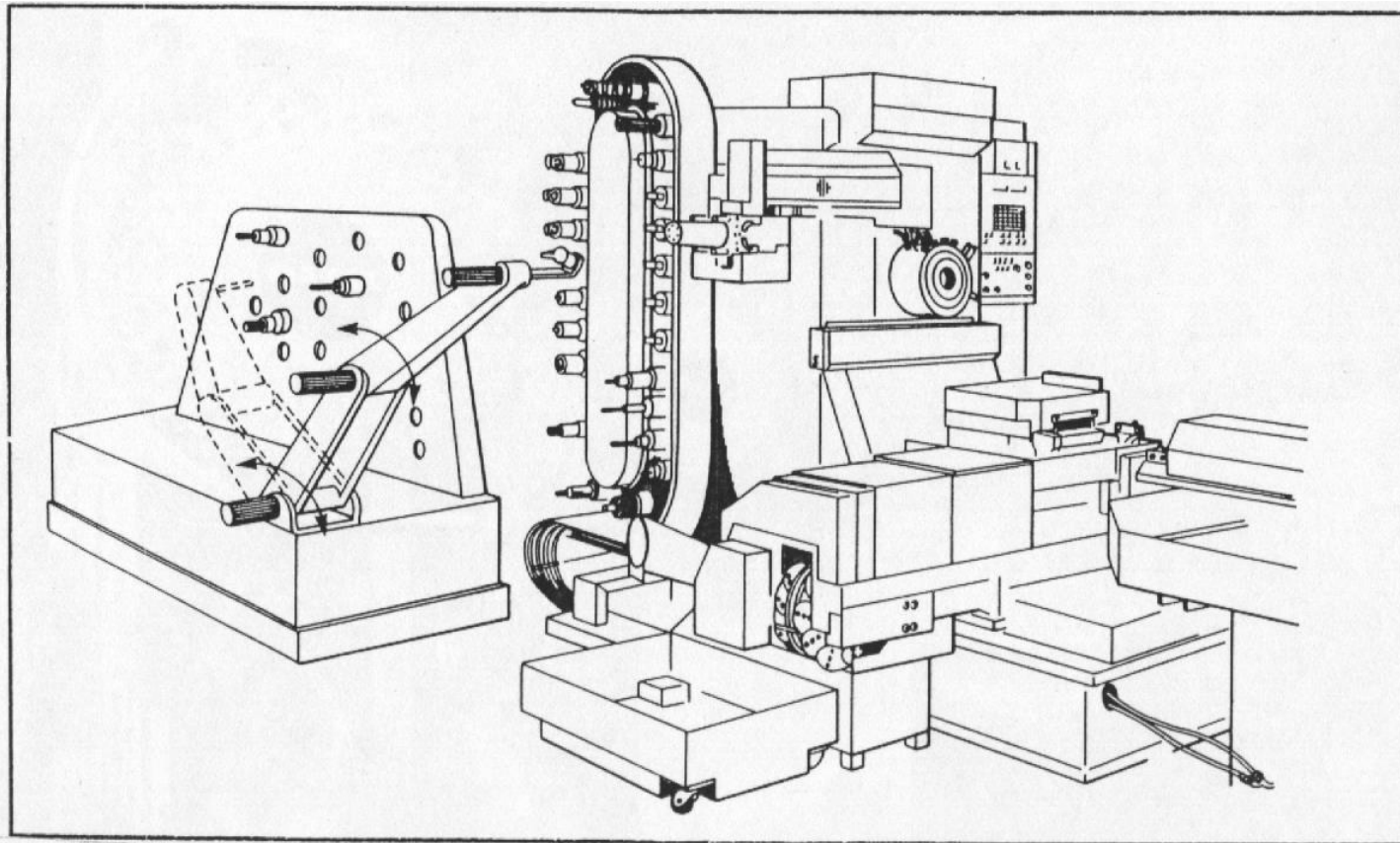
Cambio automatico dell'utensile



Magazzino utensili di sistema



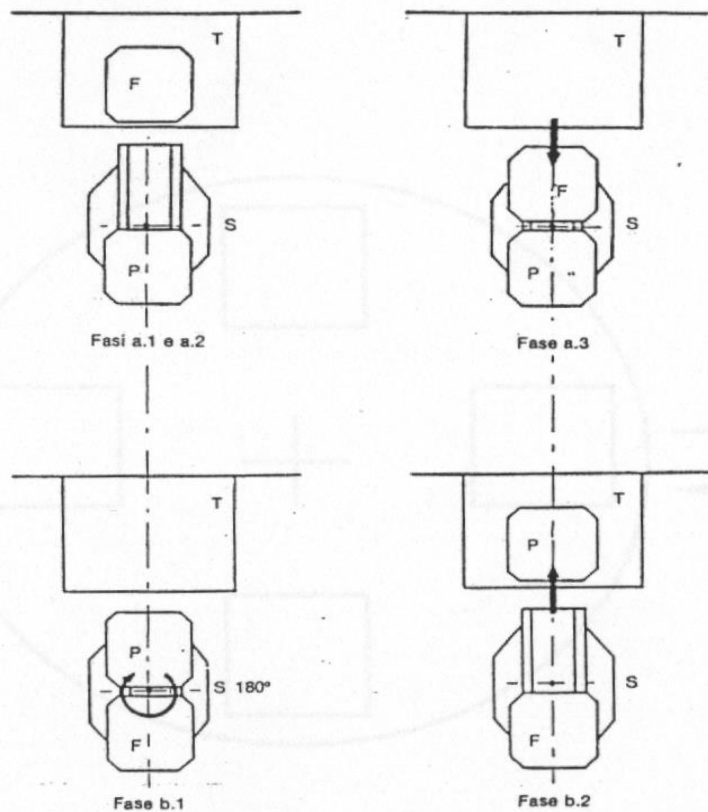
Sistema di cambio utensili con AGV



Sistemi di cambio pezzo

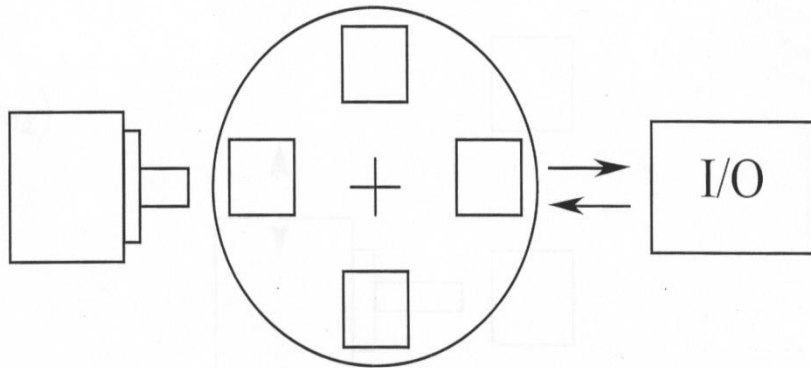
- Il cambio del pezzo deve risultare il più rapido possibile per poter evitare perdite di tempo nelle fasi di lavorazione.
- Viene utilizzata una tavola porta-pezzo (pallet) movimentata da un sistema automatico
- Diversi centri CN possono essere collegati tra loro e prevedere sistemi di trasporto di pallet portapezzo tra un centro e l'altro

Scambiatori di pallet: rotante a due posti

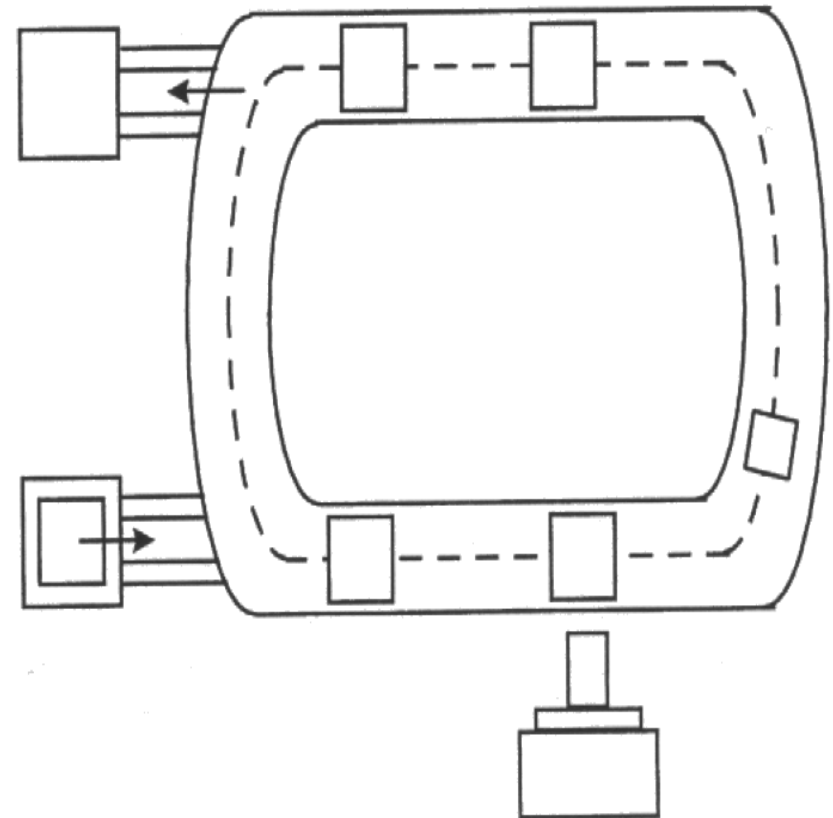


T, tavola portapezzo
F, pallet con pezzo finito
P, pallet con pezzo da lavorare
S, sistema per lo scambio dei pallet

Tavola rotante



Carosello di pallet



Testa mobile

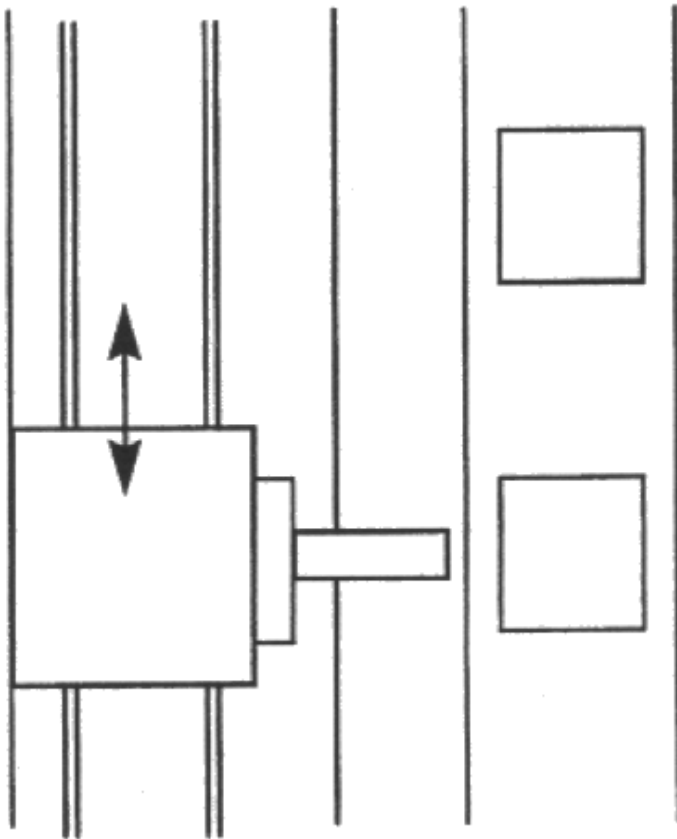
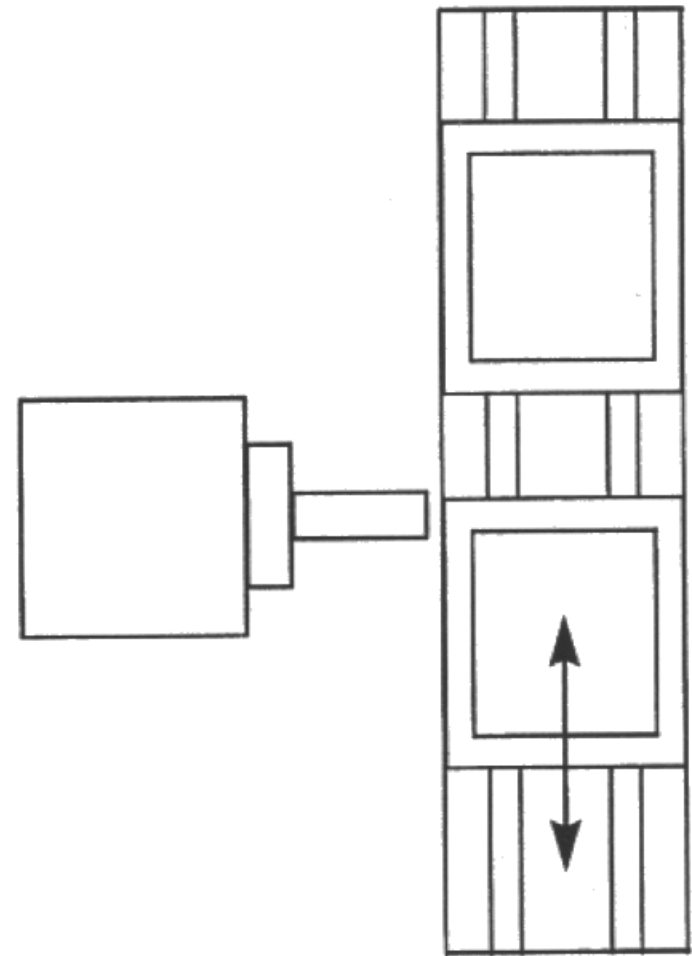
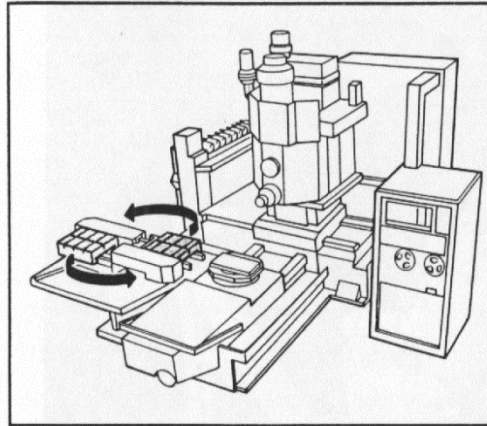


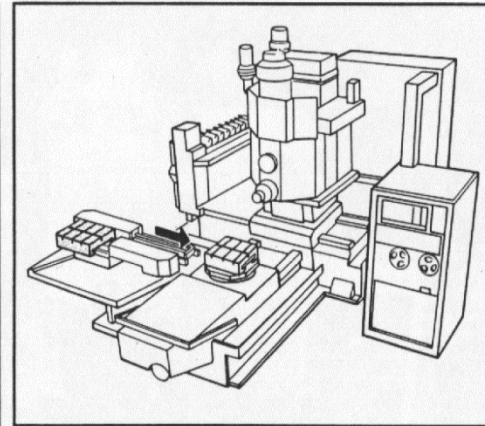
Tavola pendolare



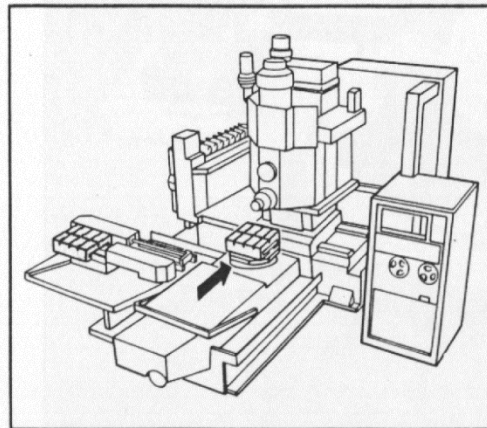
Shuttle



(a)

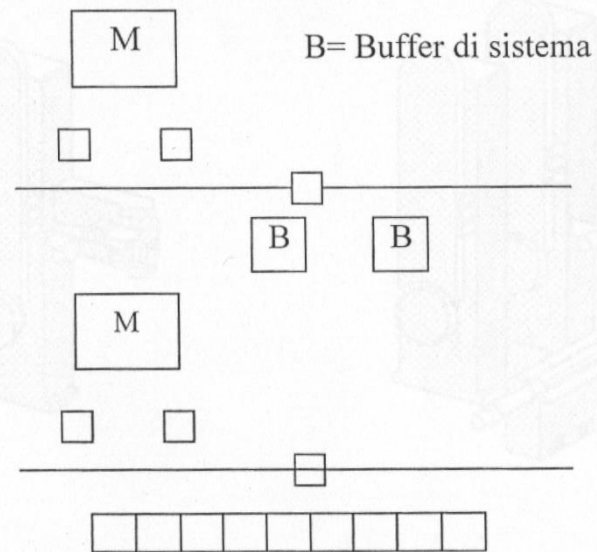


(b)

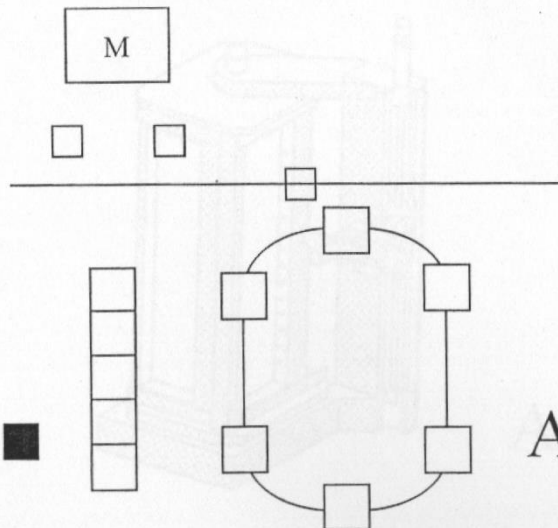


Buffer di sistema o interoperazionale

■ A posizioni singole

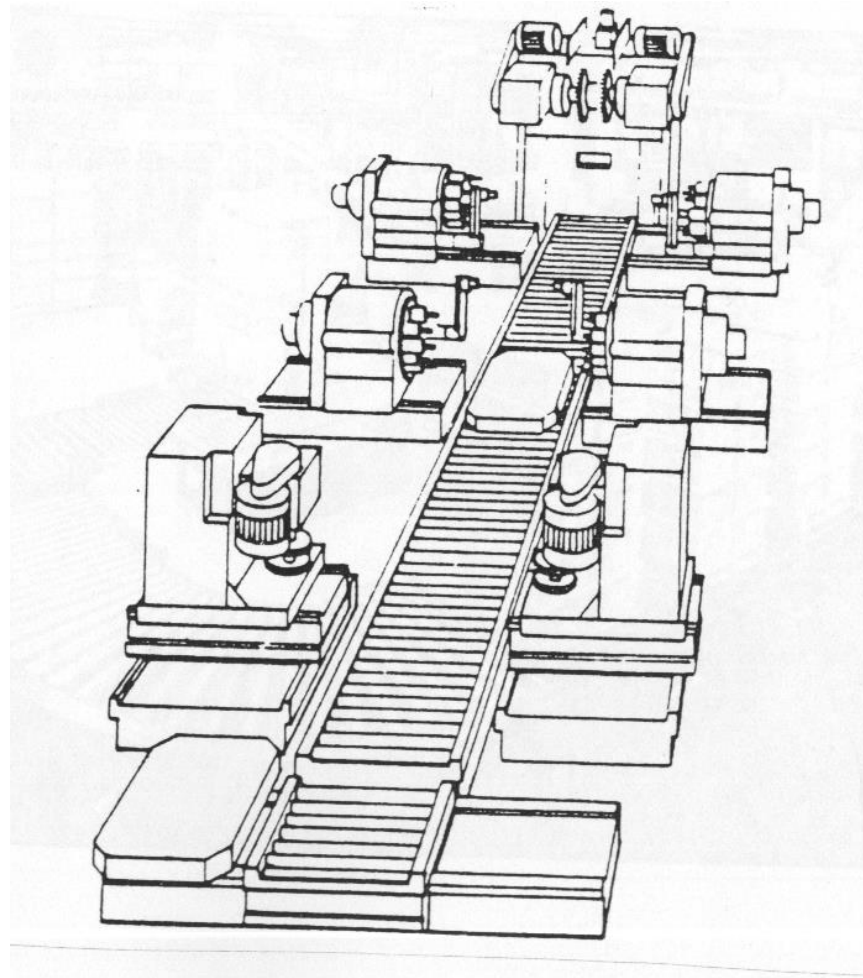


■ A scaffalatura

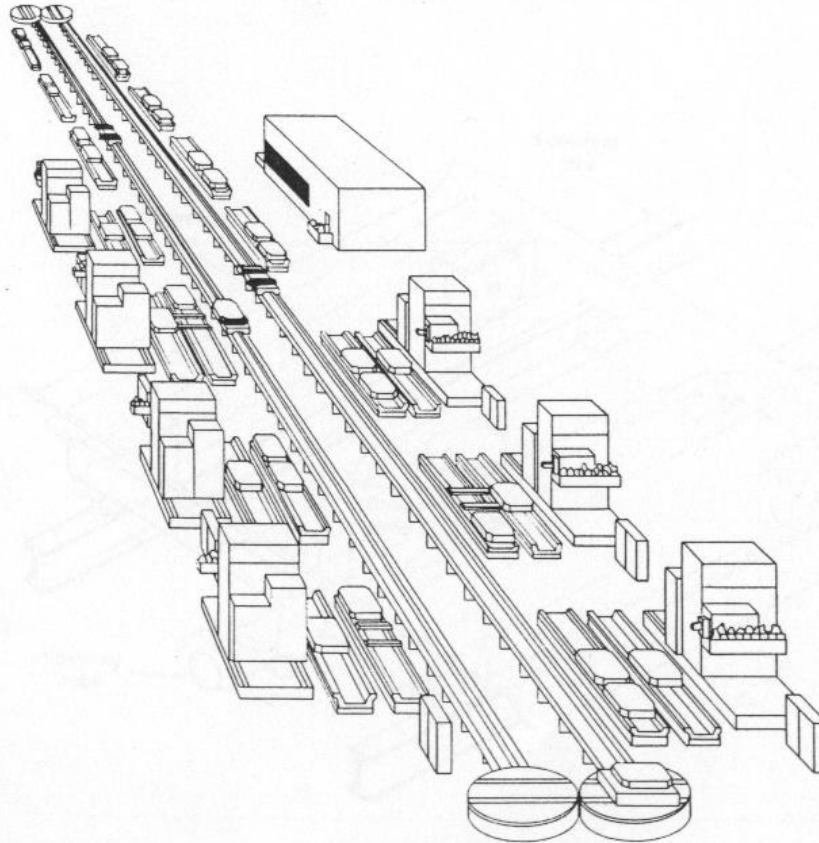


■ A carosello rotante

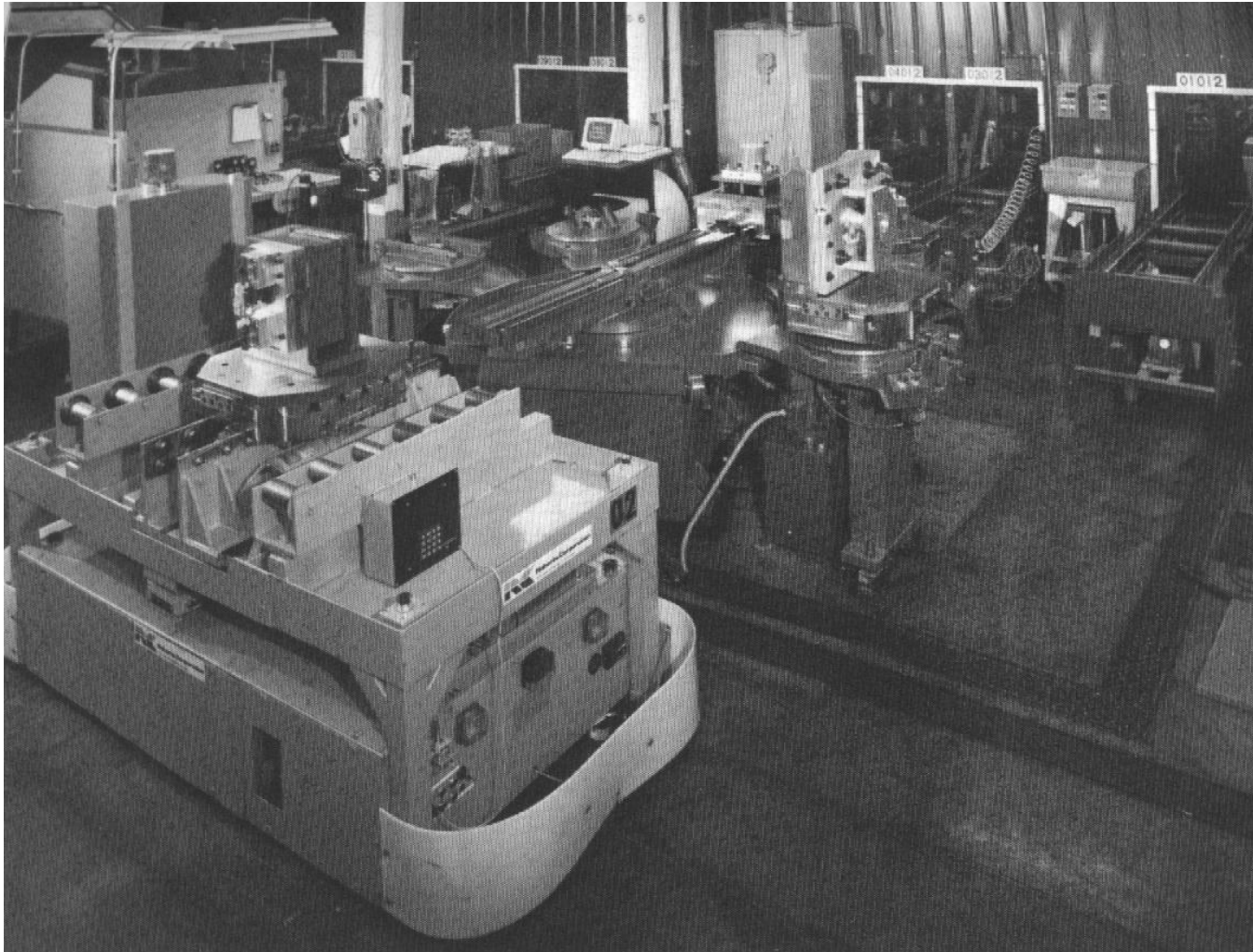
Convogliatore a rulliera



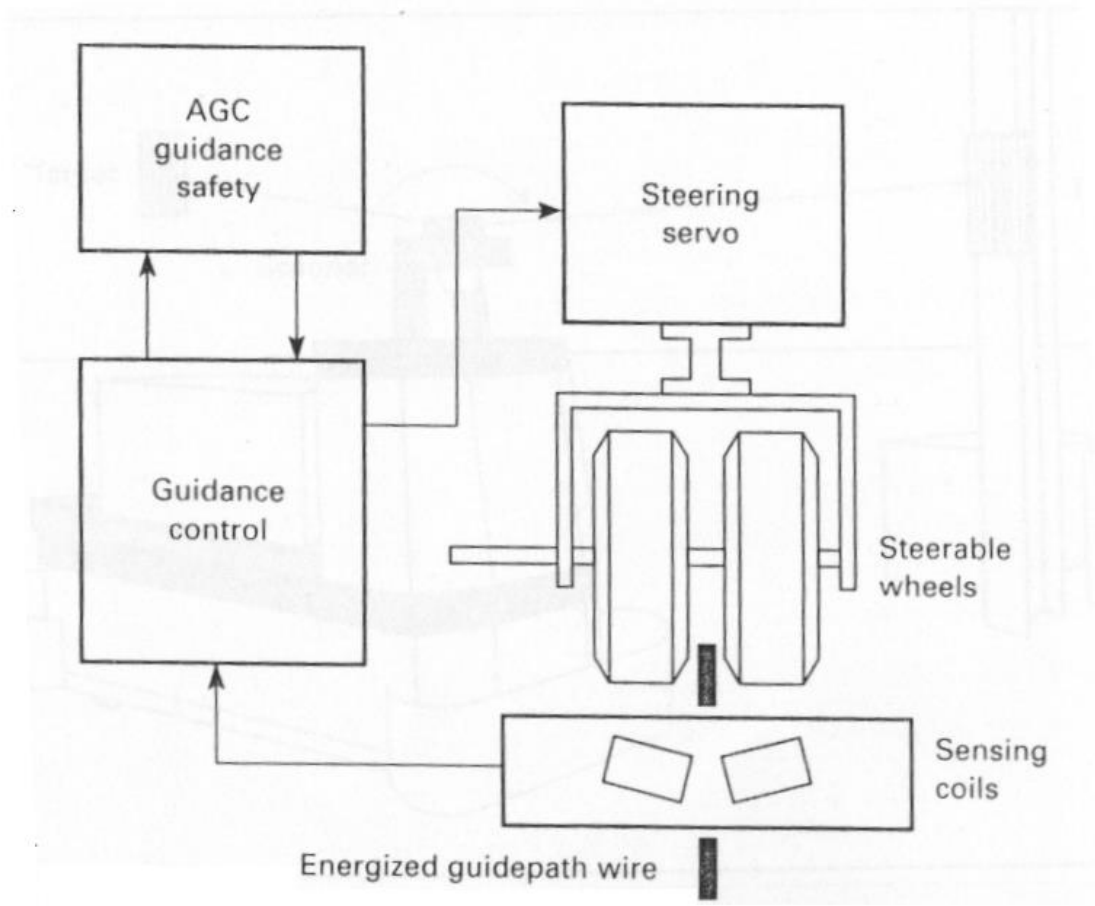
Trasporto su rotaie



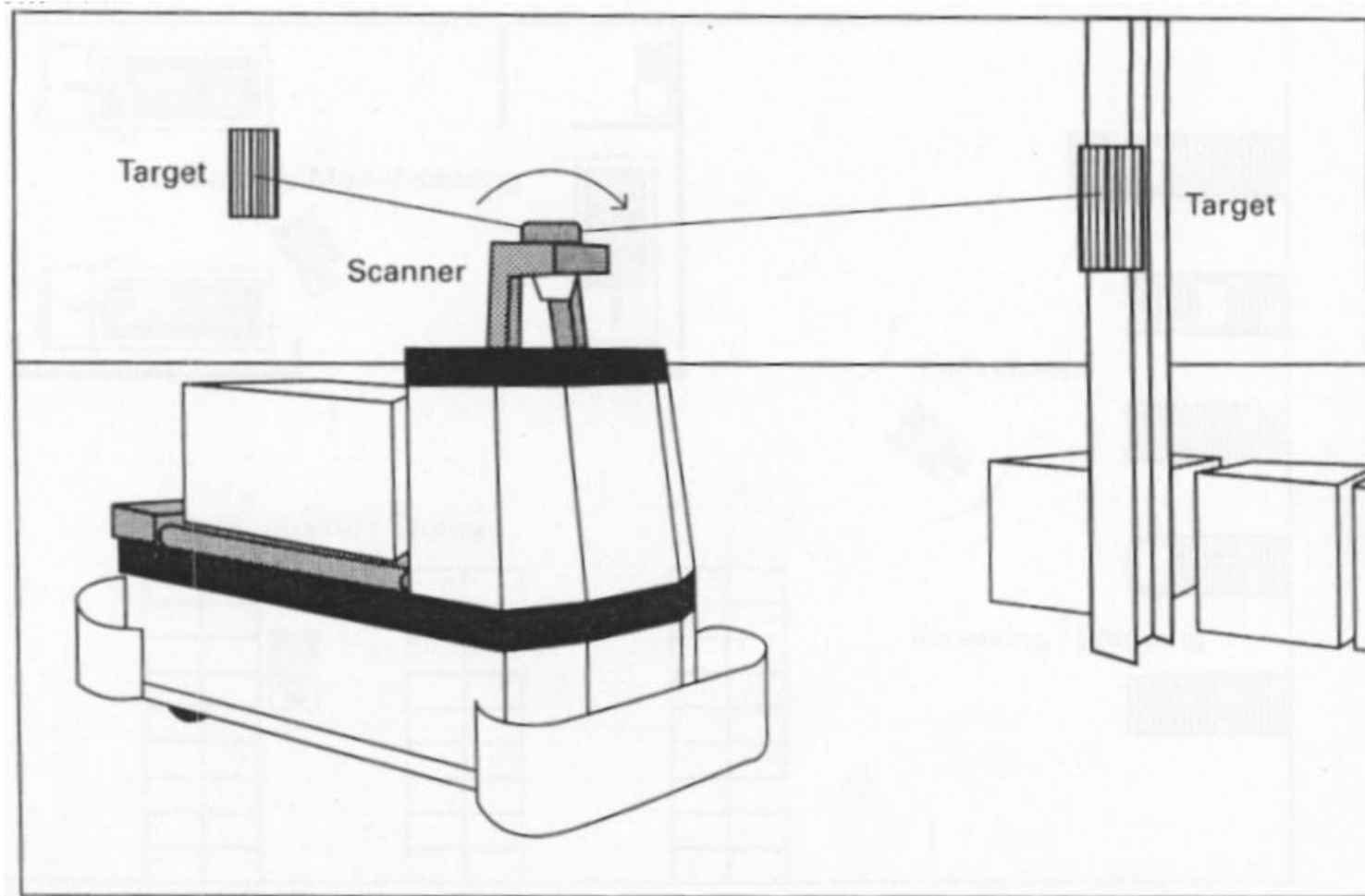
Automated Guided Vehicle (AGV)



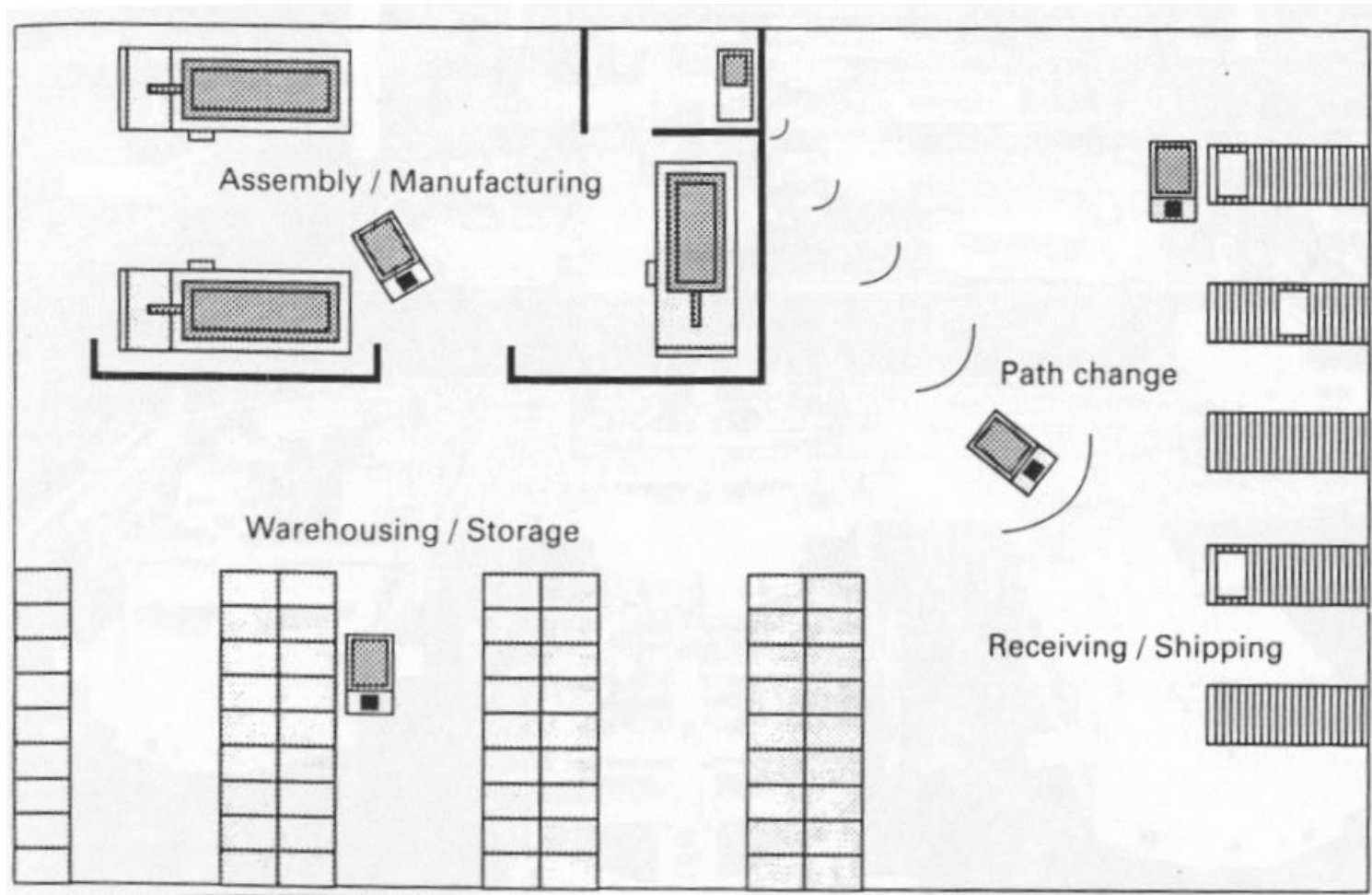
Sistema di guida di un AGV (1)



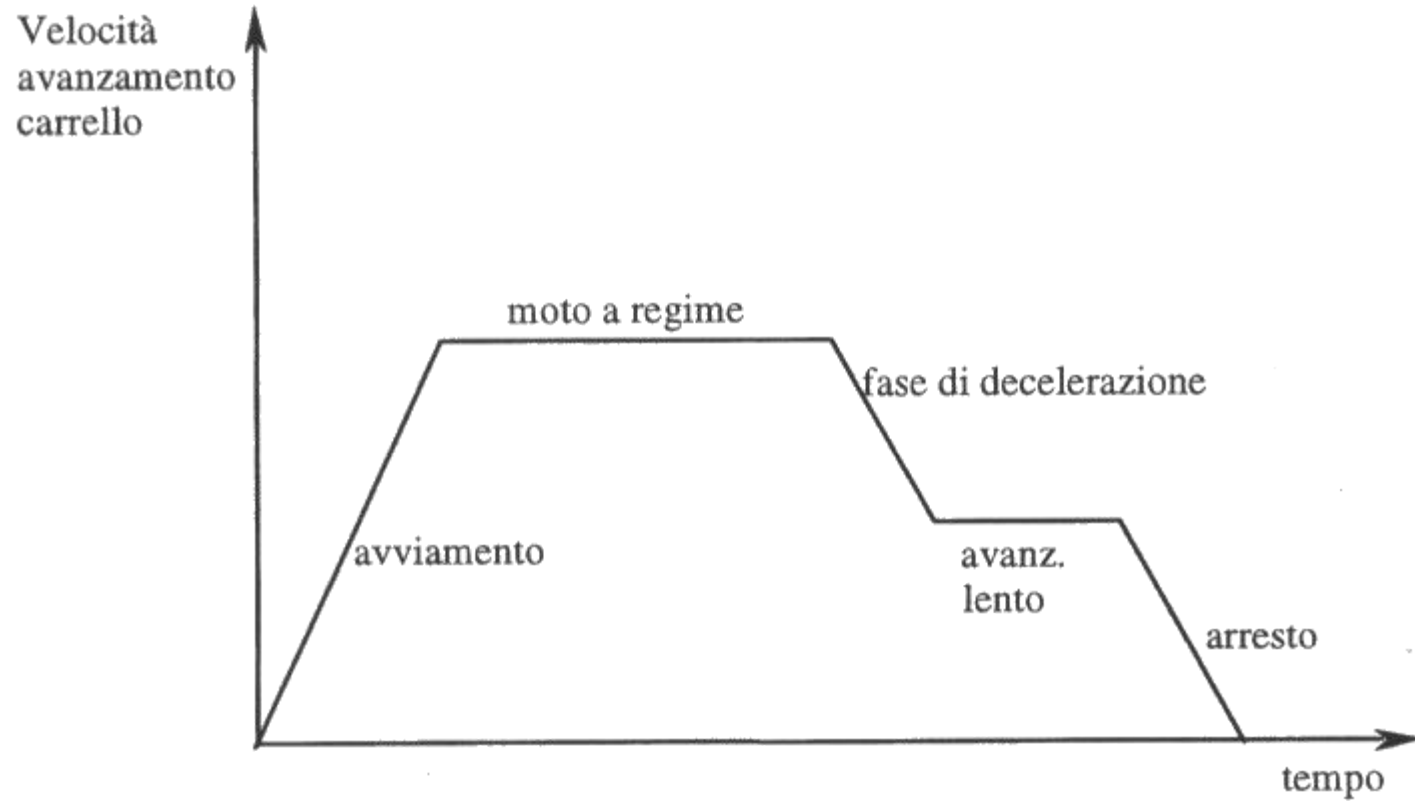
Sistema di guida di un AGV (2)



Sistema di guida di un AGV (3)



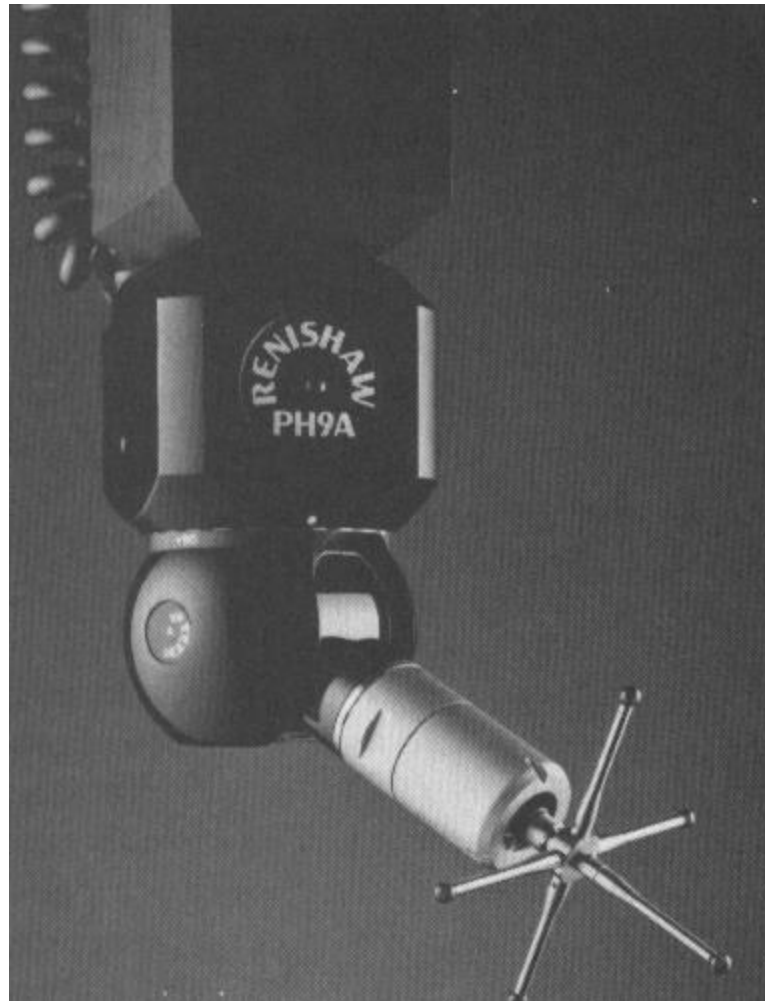
Profilo di velocità di un AGV



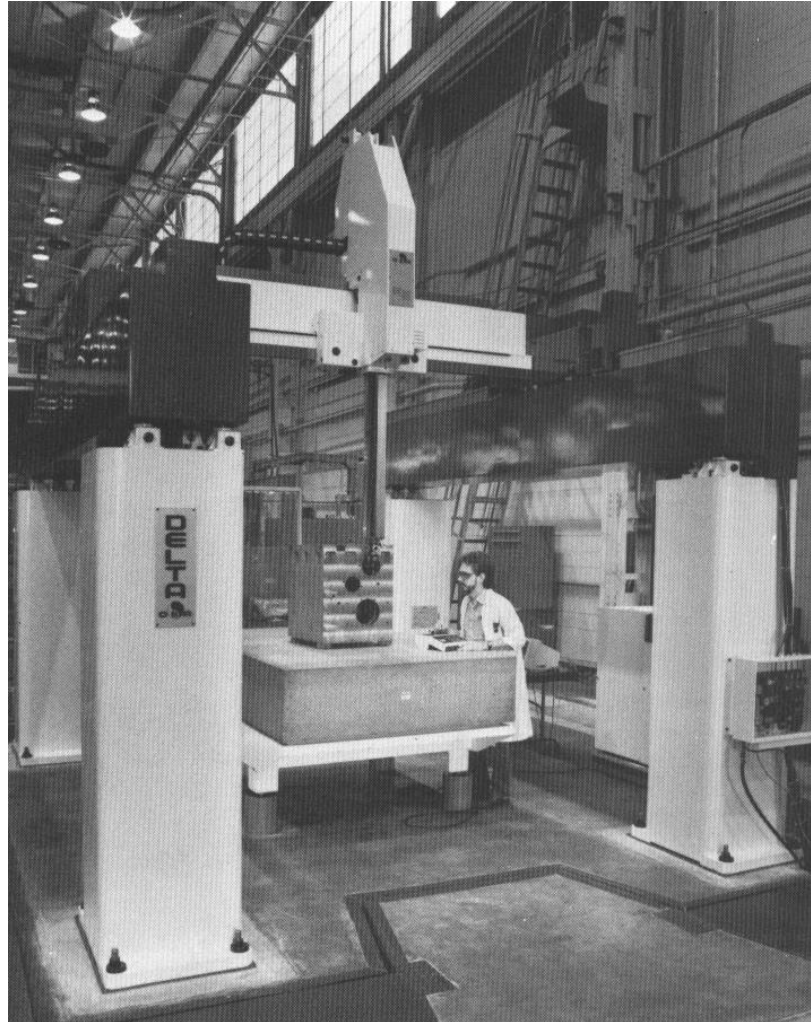
Controllo dimensionale



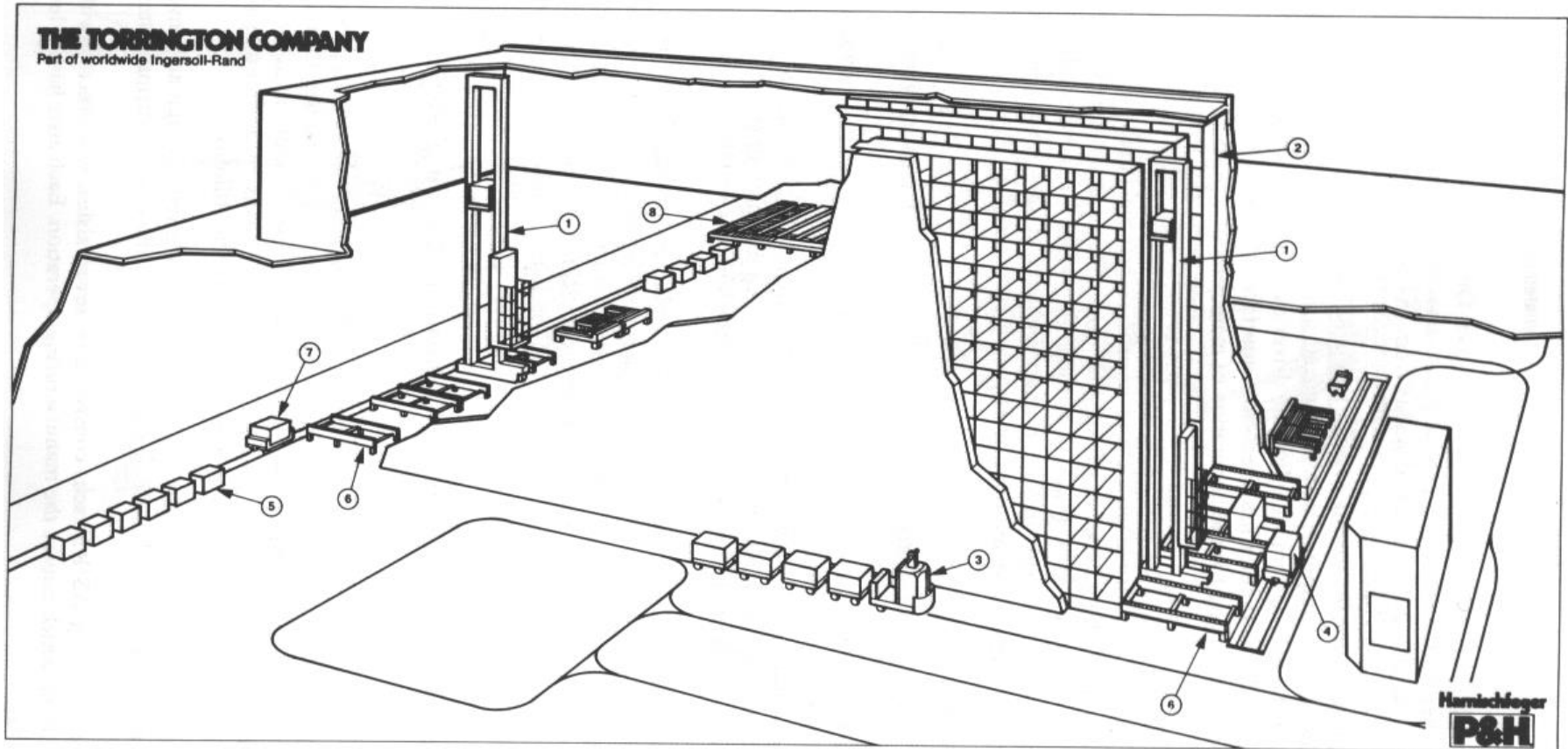
Tastatore multitesta



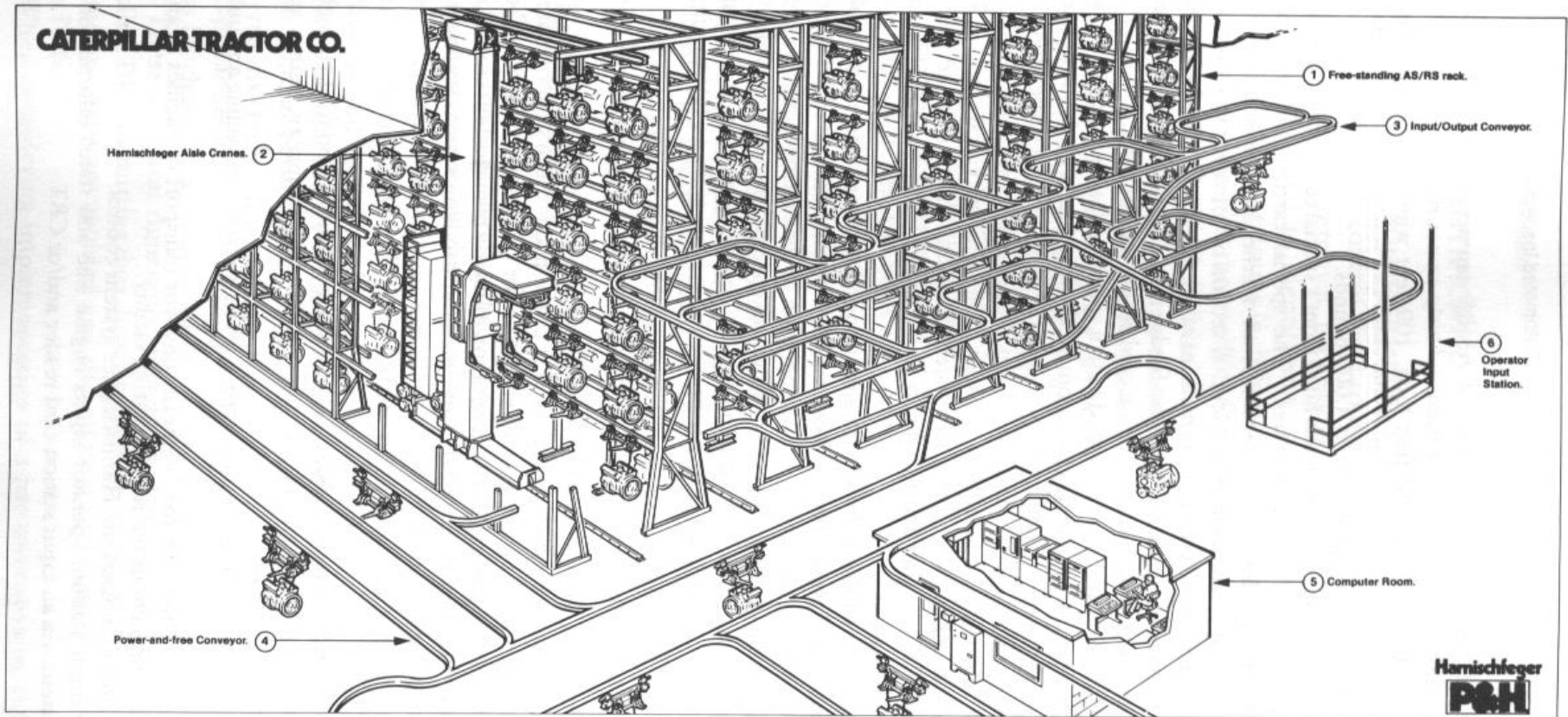
Sistema *gantry* per il controllo dimensionale



Automated Storage/Retrieval System - ASRS - (Ingersoll-Rand)

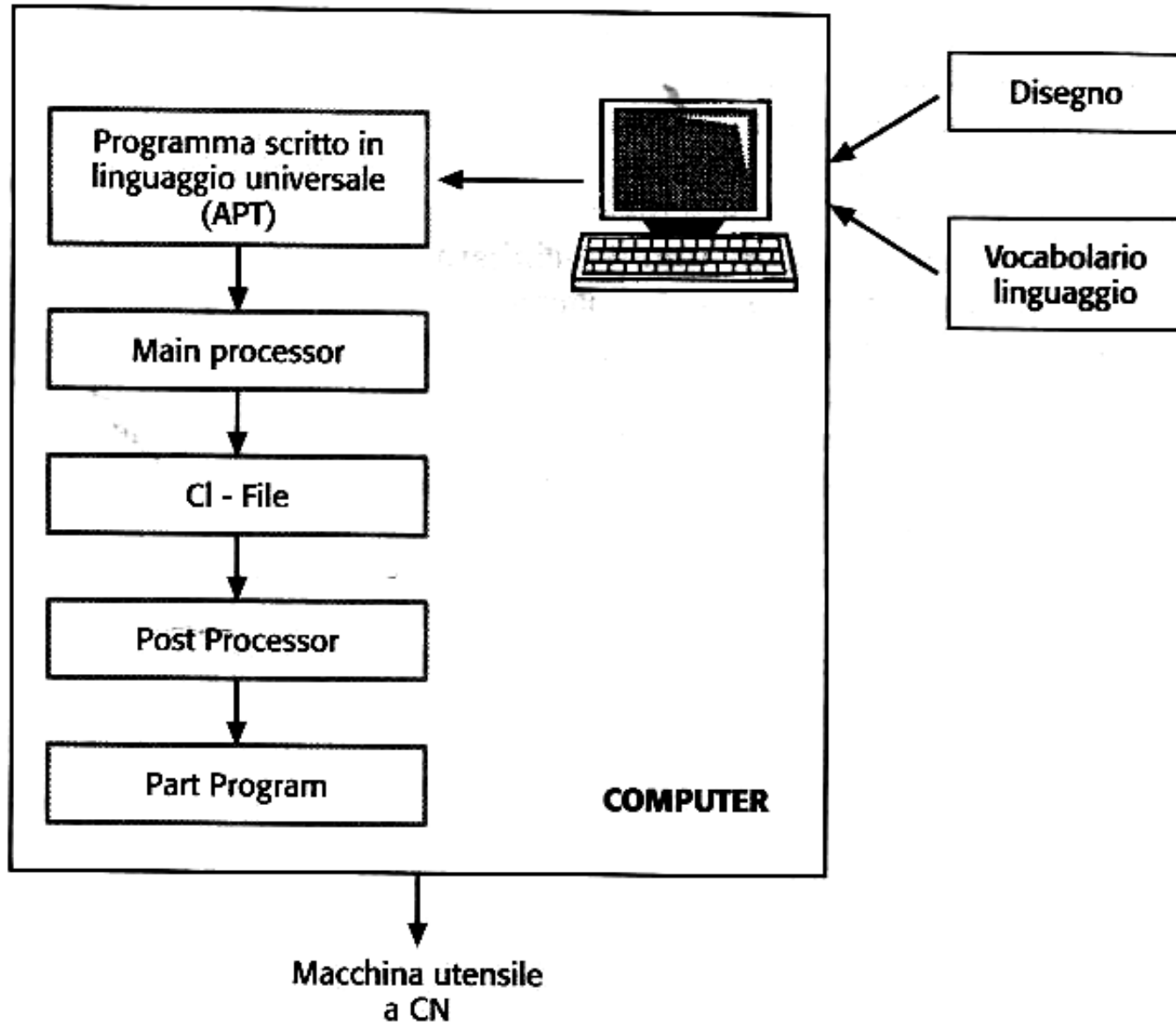


Automated Storage/Retrieval System - ASRS - (Caterpillar)



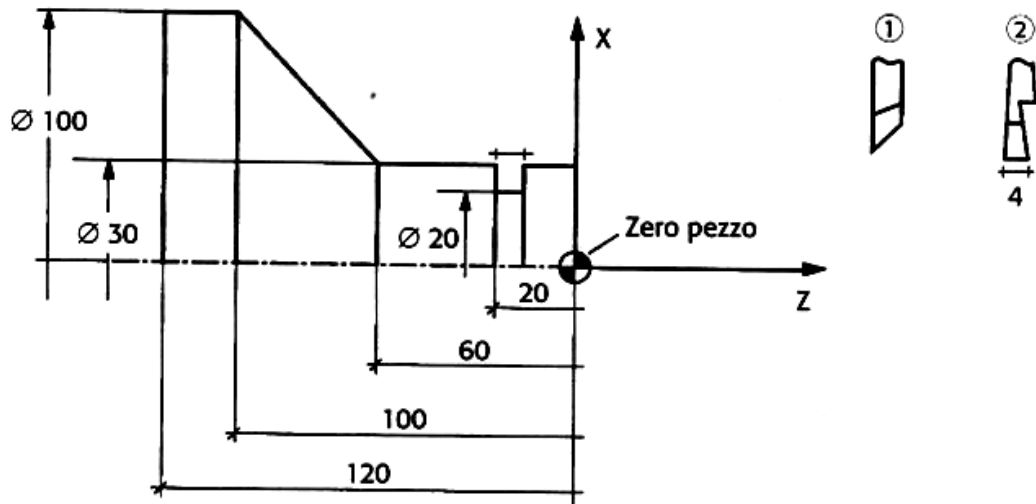


Focus su macchine a CN



Elementi della programmazione

- Nel *part program* devono essere contenute tutte le informazioni necessarie per l'esecuzione delle lavorazioni, ovvero:
 - In merito alla traiettoria dell'utensile rispetto al pezzo, sia di tipo geometrico che relative alle modalità di movimento (di avanzamento, di taglio, di posizionamento, ...)
 - Riguardanti i parametri tecnologici scelti (velocità, avanzamento,)
 - Altre informazioni ausiliarie quali:
 - Selezione dell'utensile
 - Uso di fluidi di taglio
 - Carico/scarico dei pallet
 -



- | | | |
|--------------------------|-------|--|
| T 101 M 6 | ————— | Chiamata utensile 1 |
| G 96 S 100 M4 F2 | ————— | Impostazione parametri di taglio |
| G 0 X Z 1 | ————— | Avvicinamento rapido |
| G 1 Z | ————— | Tornitura profilo |
| X 30 | | |
| Z - 60 | | |
| X 100 Z - 100 | | |
| Z - 120 | ————— | Allontanamento rapido |
| G 0 X 150 Z 150 | ————— | Chiamata utensile 2 |
| T 202 M 6 | ————— | Impostazioni parametri di taglio e apertura refrigerante |
| G 97 S 300 M 4 F.08 M 08 | ————— | |
| G 0 X 31 Z - 20 | ————— | Avvicinamento rapido |
| G 1 X 20 | ————— | Esecuzione gola |
| G 0 X 31 | ————— | Allontanamento rapido |
| Z 150 M 09 | ————— | e stop refrigerante |
| M 30 | ————— | Stop programma e reset |

Un semplice programma nel linguaggio delle macchine a controllo numerico

La lavorazione

- Il programma di lavorazione è caricato nella memoria dell'unità di governo
- È richiamato quando si dovranno lavorare i pezzi
- Prima di cominciare qualunque lavorazione occorre individuare lo “zero macchina” che costituirà l'origine di partenza di tutte le istruzioni di movimento
- Si esegue un ciclo programma a vuoto (completo o parziale) per verificare l'assenza di errori di programmazione
- Si posizionano i pezzi
- Si lancia il programma

Sistemi CAM – *Computer Aided Manufacturing*

- I sistemi CAD possono essere integrati con il relativo pacchetto CAM che permette di creare, a partire dal disegno, il *part program* con i percorsi utensile da passare direttamente alla macchina CN per realizzare le operazioni di lavorazione

Controllo numerico: conclusioni

- I due parametri fondamentali e qualificanti di qualunque sistema produttivo sono le caratteristiche contrastanti di:
 - Produttività: ovvero capacità di lavorare una quantità elevata di pezzi in un tempo assegnato rispettando livelli prefissati di qualità e di costo
 - Flessibilità: ovvero capacità di adattarsi velocemente a lavorare un gran numero di pezzi dalle caratteristiche diverse e mutevoli
- Le macchine CN rispondono ottimamente alle caratteristiche citate in quanto garantiscono:
 - Tempi ridotti di esecuzione (produttività)
 - Tempi passivi minimi (flessibilità)

Controllo numerico: conclusioni

- Lavorazioni ove offrono particolari vantaggi:
 - di pezzi di forma complessa
 - di pezzi che richiedono numerosi utensili
 - controllo continuo delle velocità di taglio
 - Impiego di operatori non altamente qualificati

- Oltre all'applicazione principe del CN nell'ambito dell'asportazione di truciolo, esistono altri ambiti applicativi, quali:
 - I robot
 - Le macchine di misura
 - I centri per la lavorazione della lamiera
 - I sistemi di taglio con laser, *water jet*, di semilavorati piani

- L'insieme di più macchine a CN compongono i sistemi FMS – *Flexible Manufacturing Systems* basati sul collegamento informatico delle singole unità con un PC centrale che gestisce lo smistamento dei lavori da svolgere sulle diverse macchine



Robot

I robot universali di Rossum (K. Capek), 1920

- In questo dramma teatrale si usò per la prima volta il termine da *robot* = lavoro forzato o pesante

Le leggi della robotica (I. Asimov), 1942

- *A robot may not injure a human being or, through inaction, allow a human being to come to harm*
- *A robot must obey any orders given to it by human beings, except where such orders will conflict with the First Law*
- *A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law*

Principali tipologie di robot



cartesiano



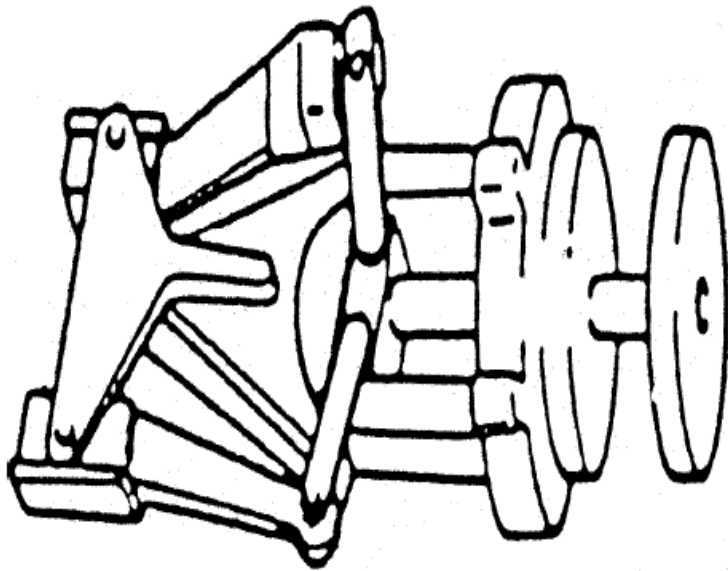
antropomorfo



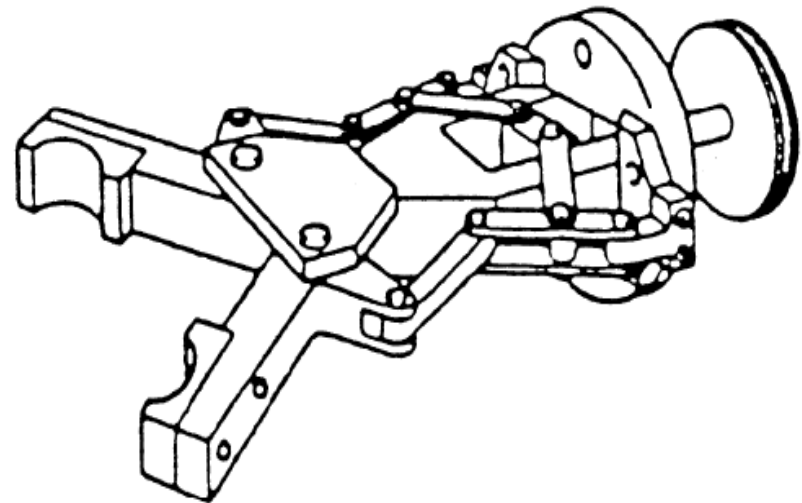
SCARA

Elementi costitutivi dei robot: la mano

La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



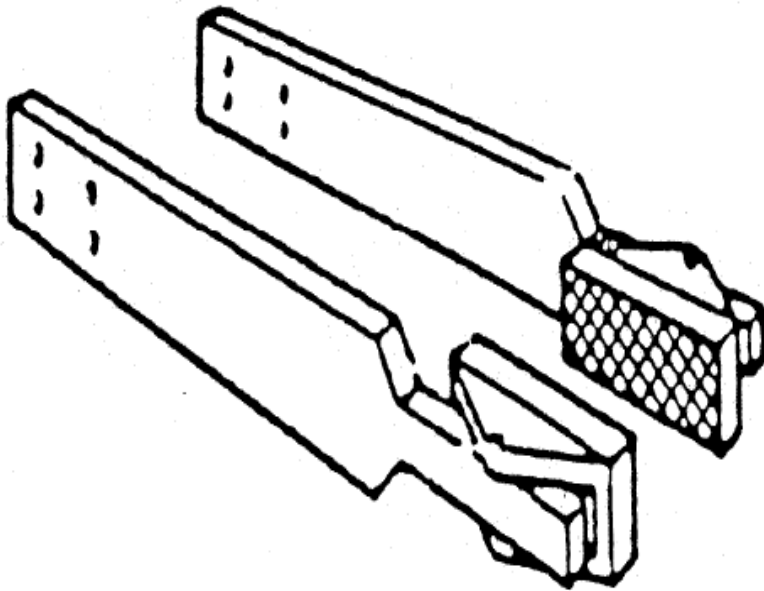
mano standard



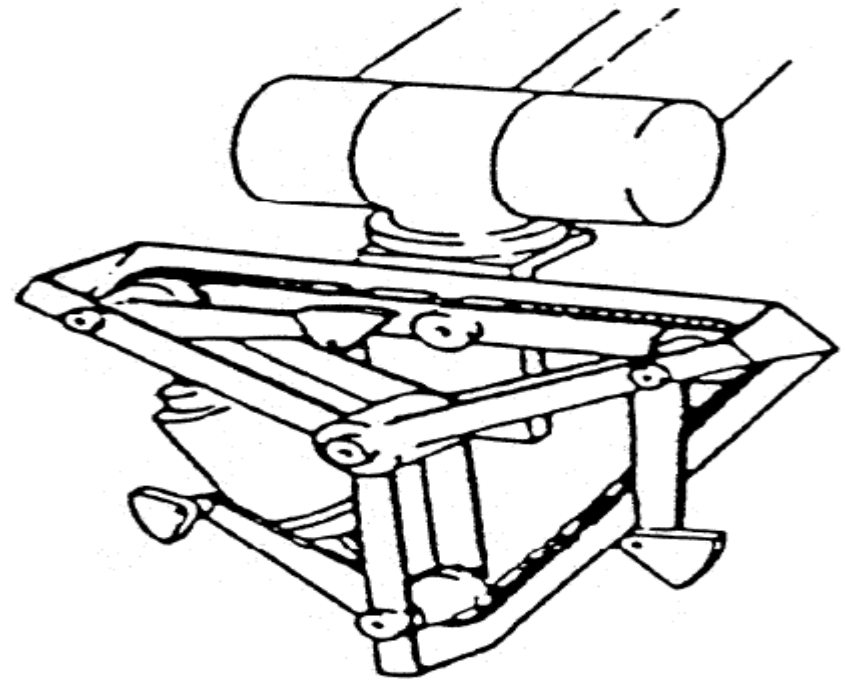
mano di grande apertura

Elementi costitutivi dei robot: la mano

La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



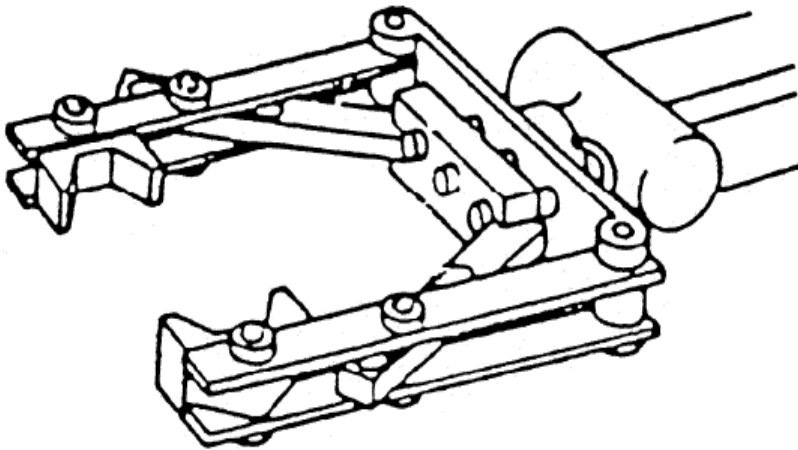
mano a dita allineanti



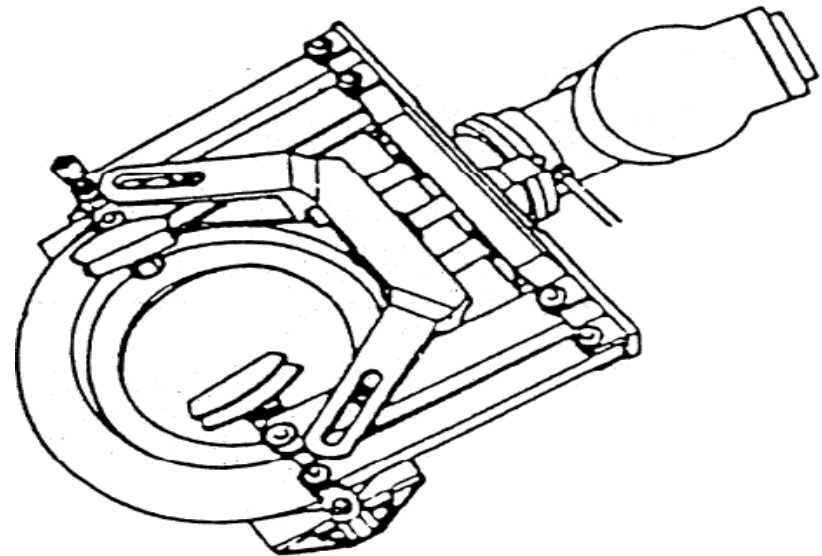
mano autocentrante

Elementi costitutivi dei robot: la mano

La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



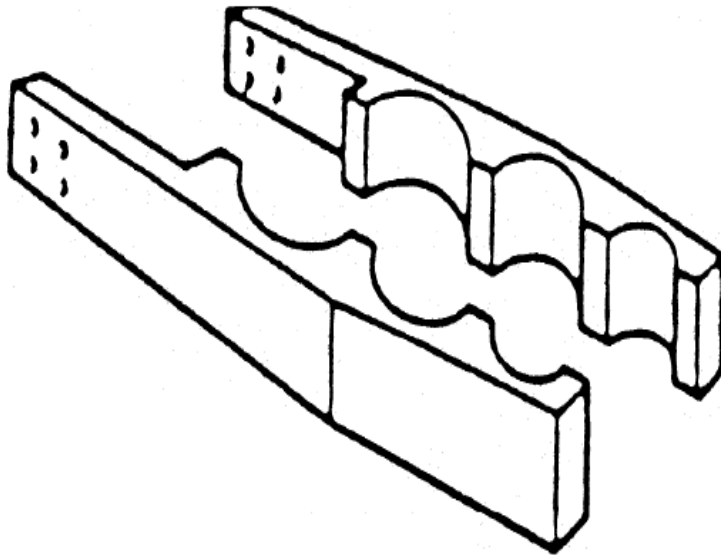
mano con camme



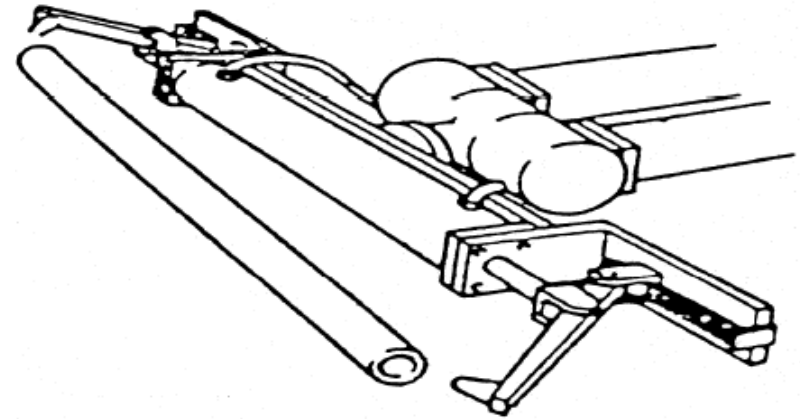
mano con camme con
ganasce interne e esterne

Elementi costitutivi dei robot: la mano

La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



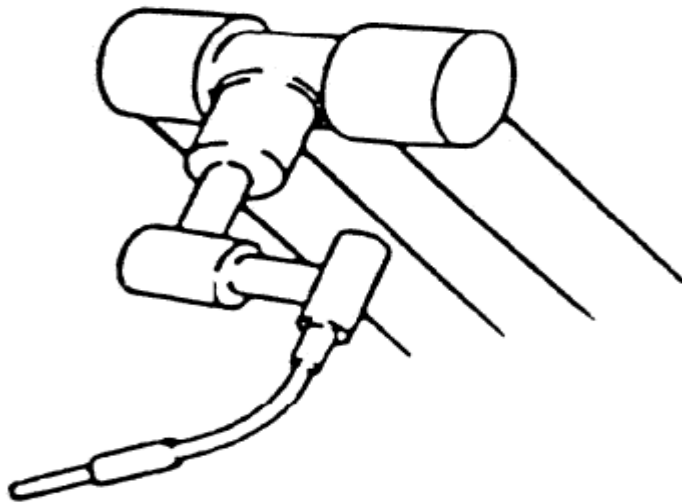
mano per pezzi
di diverse dimensioni



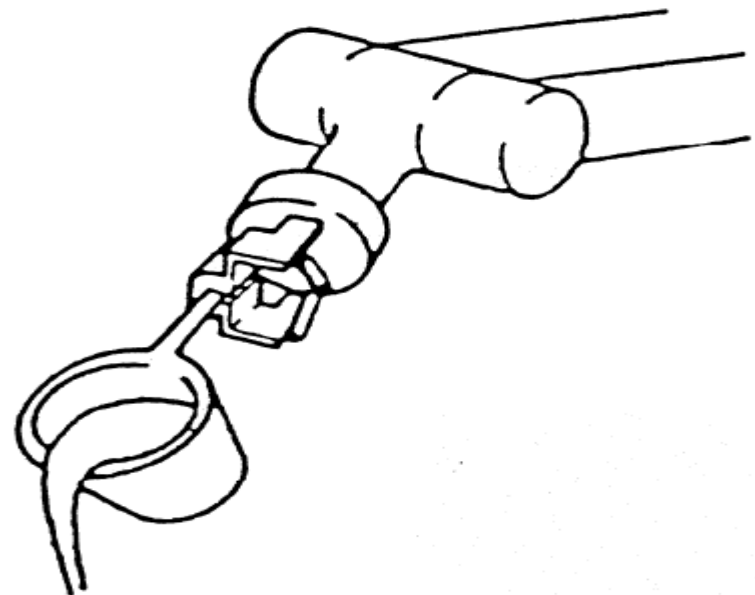
mano speciale per tubi di vetro

Elementi costitutivi dei robot: la mano

La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



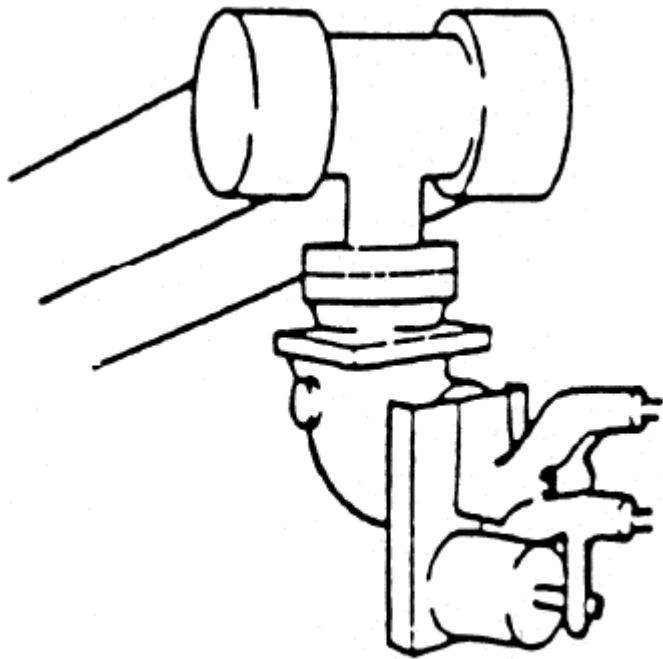
torcia per saldatura ad arco



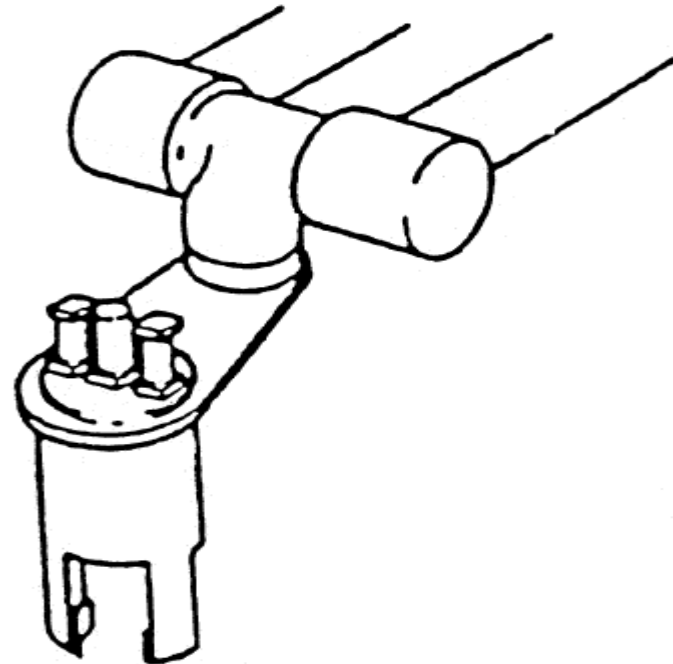
mano con siviera

Elementi costitutivi dei robot: la mano

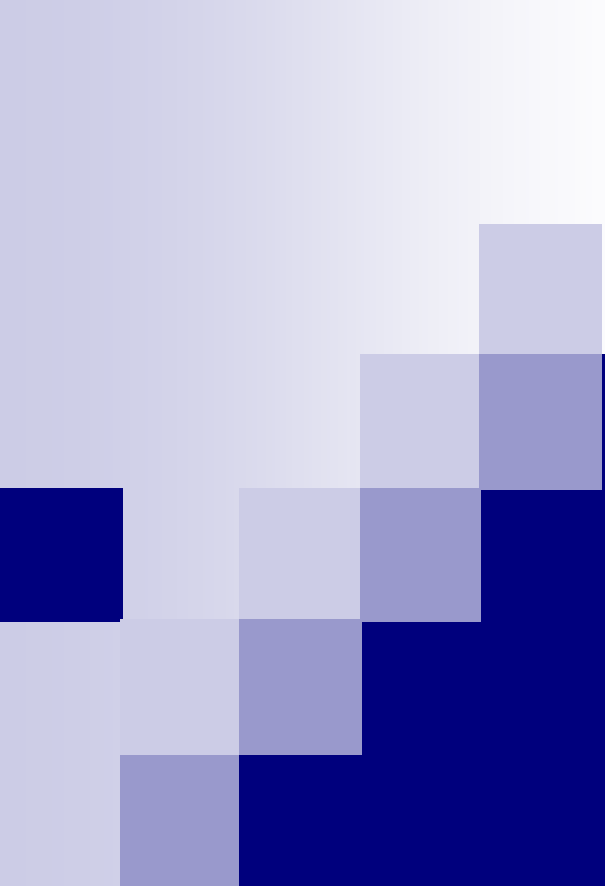
La mano può svolgere funzioni di presa (*gripper*) o di *end effector*



pistola per saldatura per punti

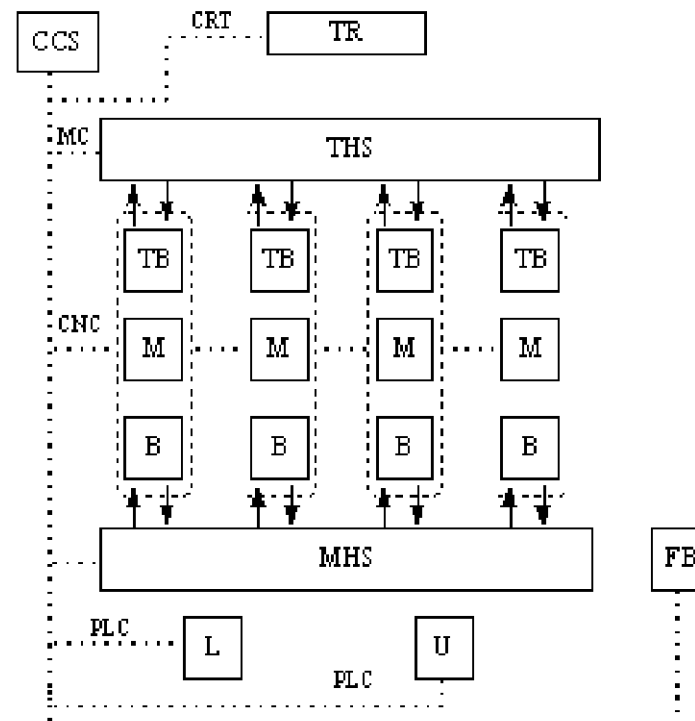


chiave pneumatica



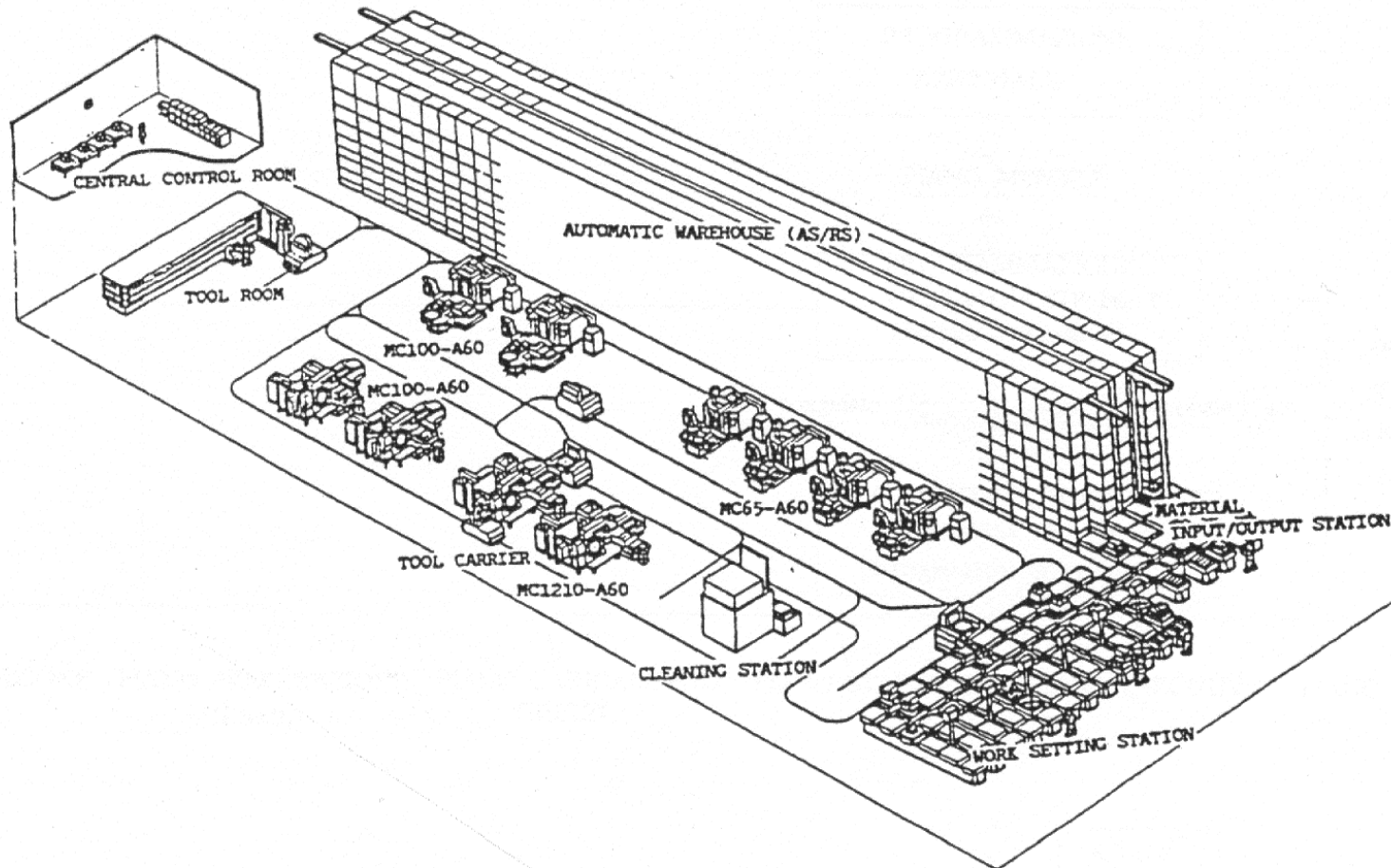
FMS – schema concettuale e esempi

Sistema logico-concettuale di un FMS

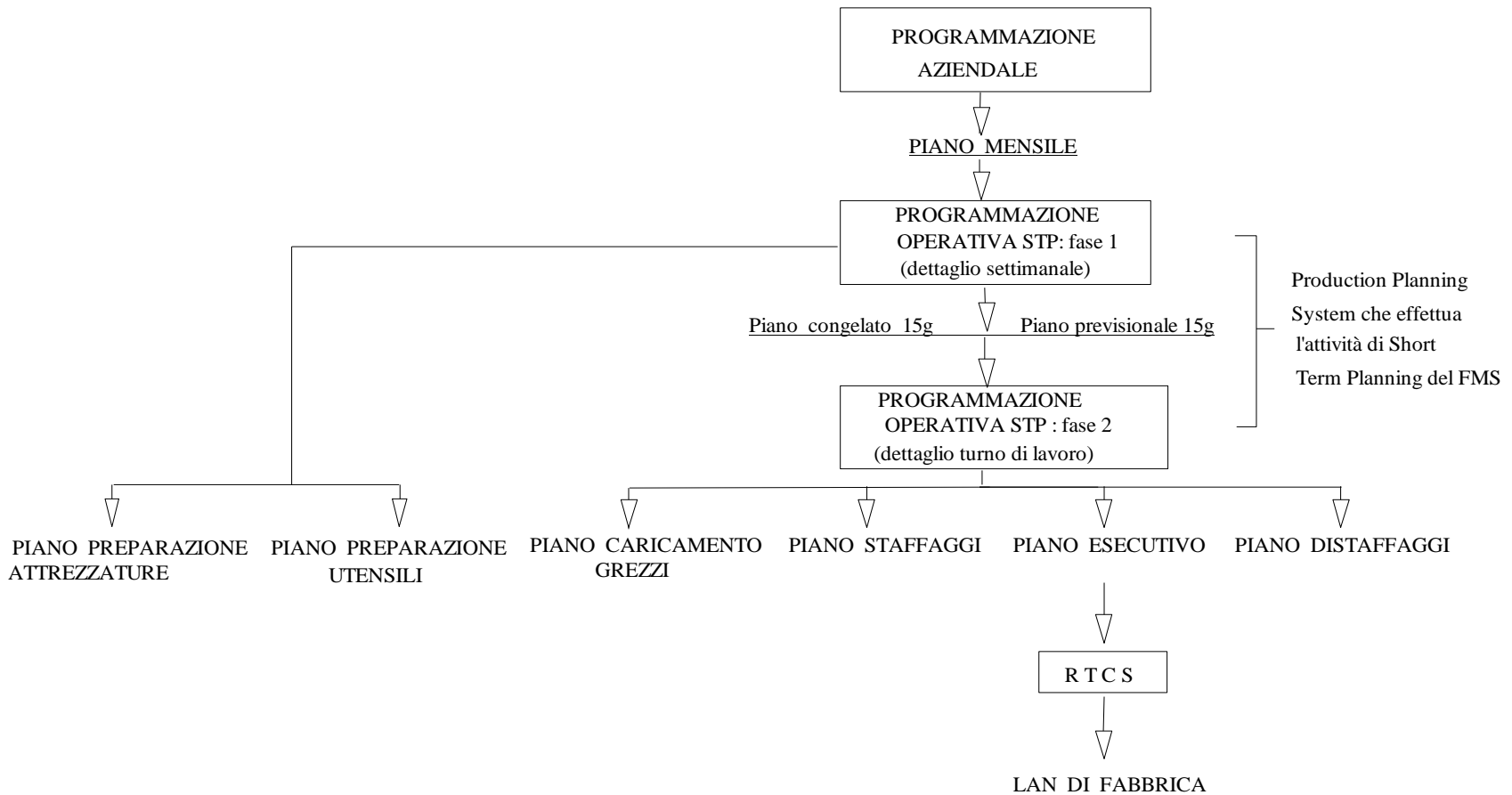


Legenda	
M = NC Machine	TB = Tool Buffer
MHS = Material Handling System	L = Load
B = Buffer storage	U = Unload
WS = Work Station	FB = Fixture Buffer
TR = Tool Room	CCS = Computer Control System
THS = Tool Handling System = Data Network

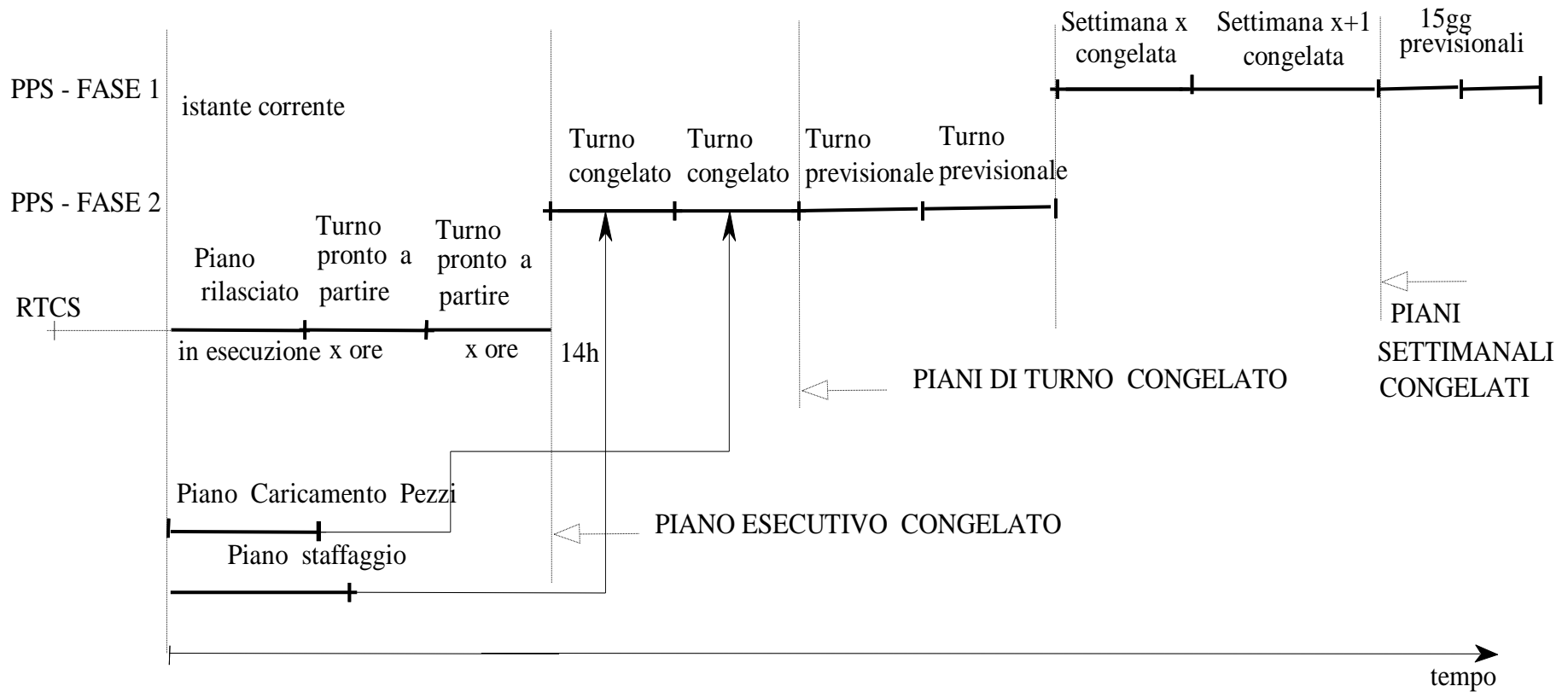
Il sistema MAX MAKINO



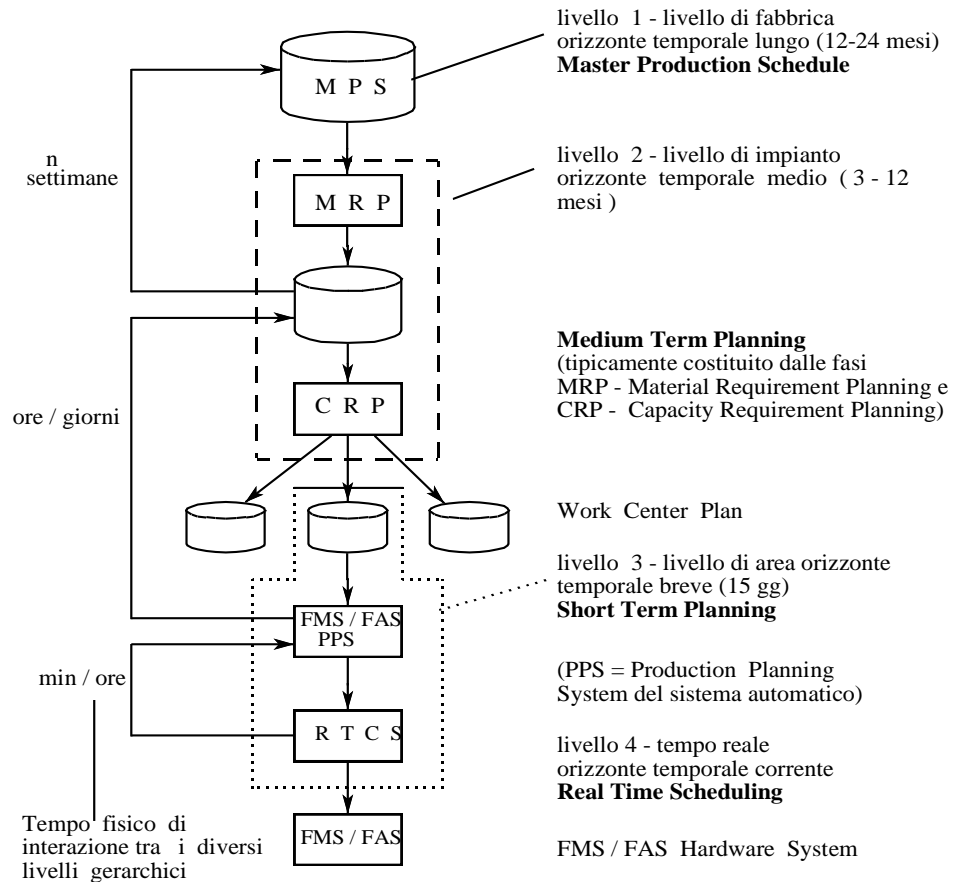
Attività di programmazione di breve termine



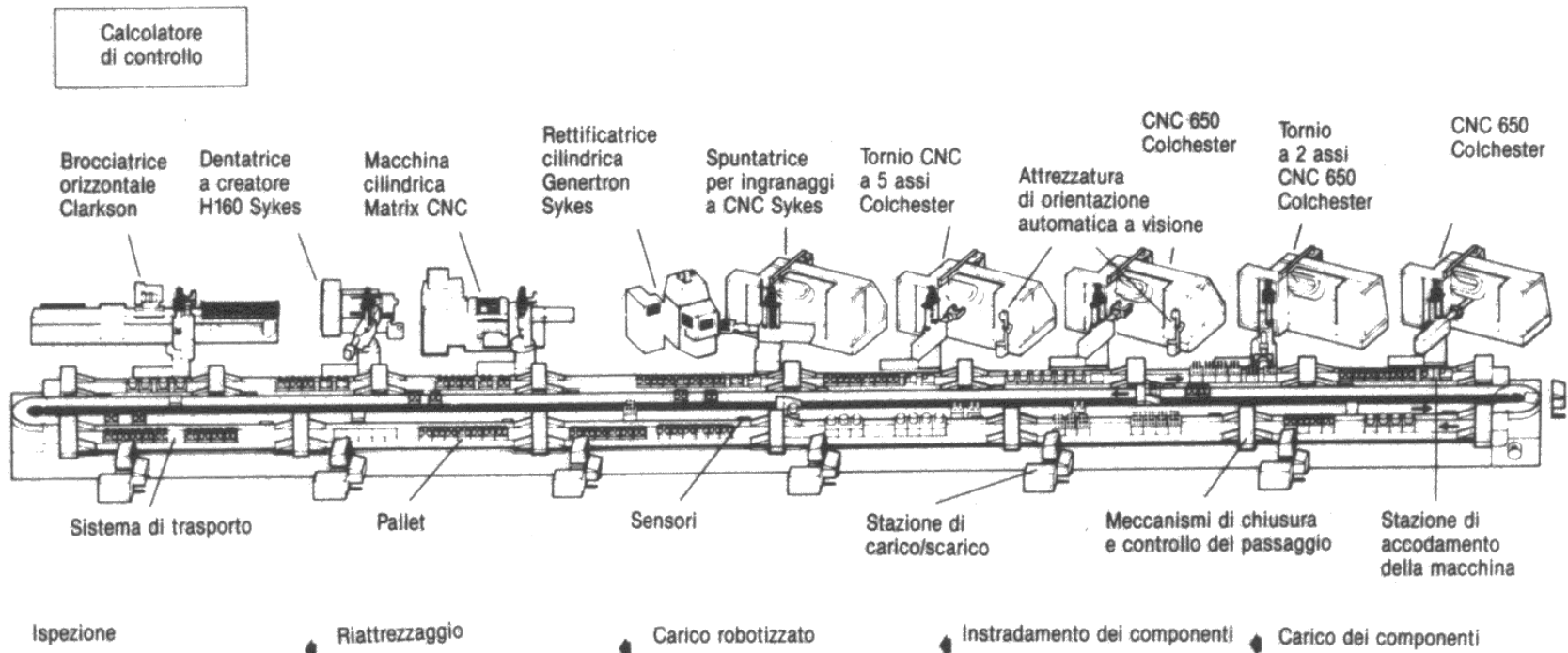
Orizzonte temporale pianificato



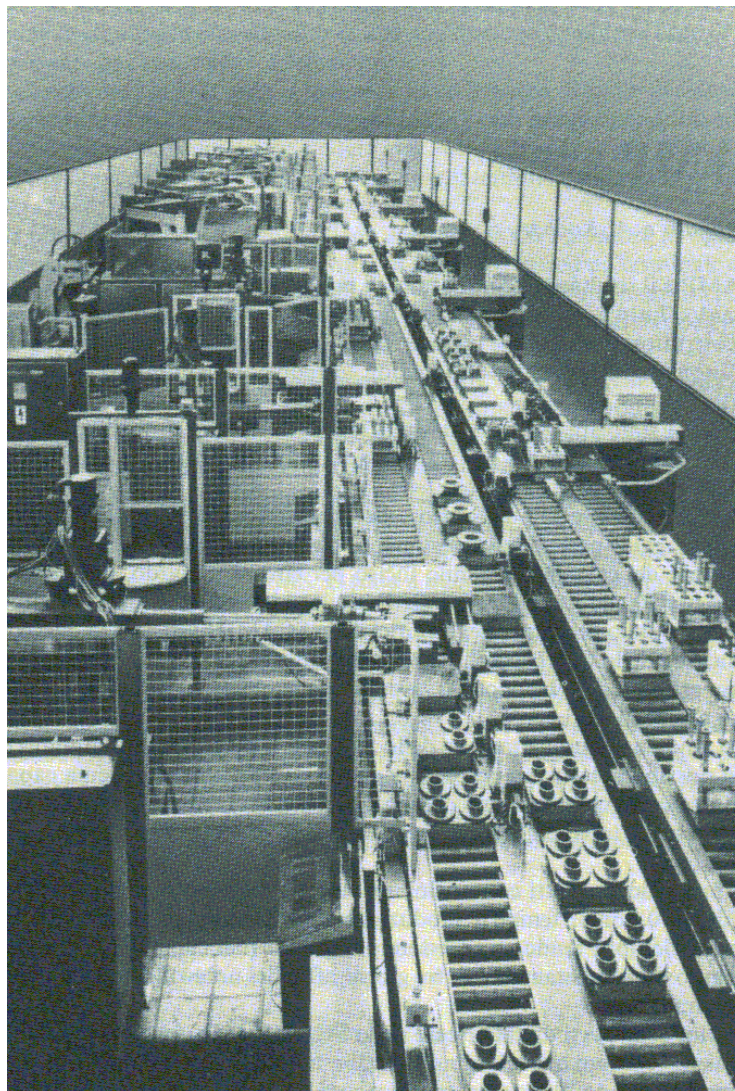
Architettura del sistema di gestione



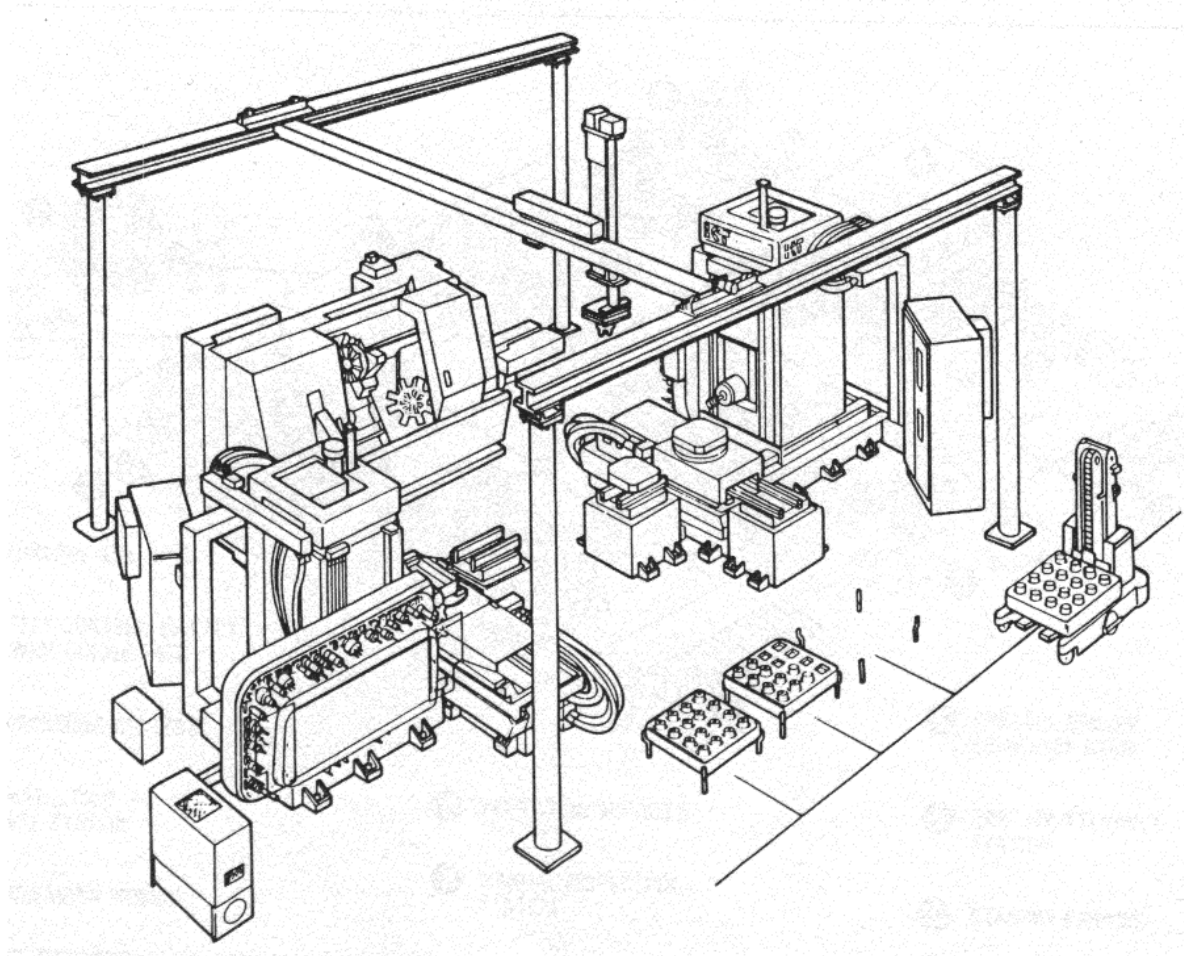
Il sistema SCAMP



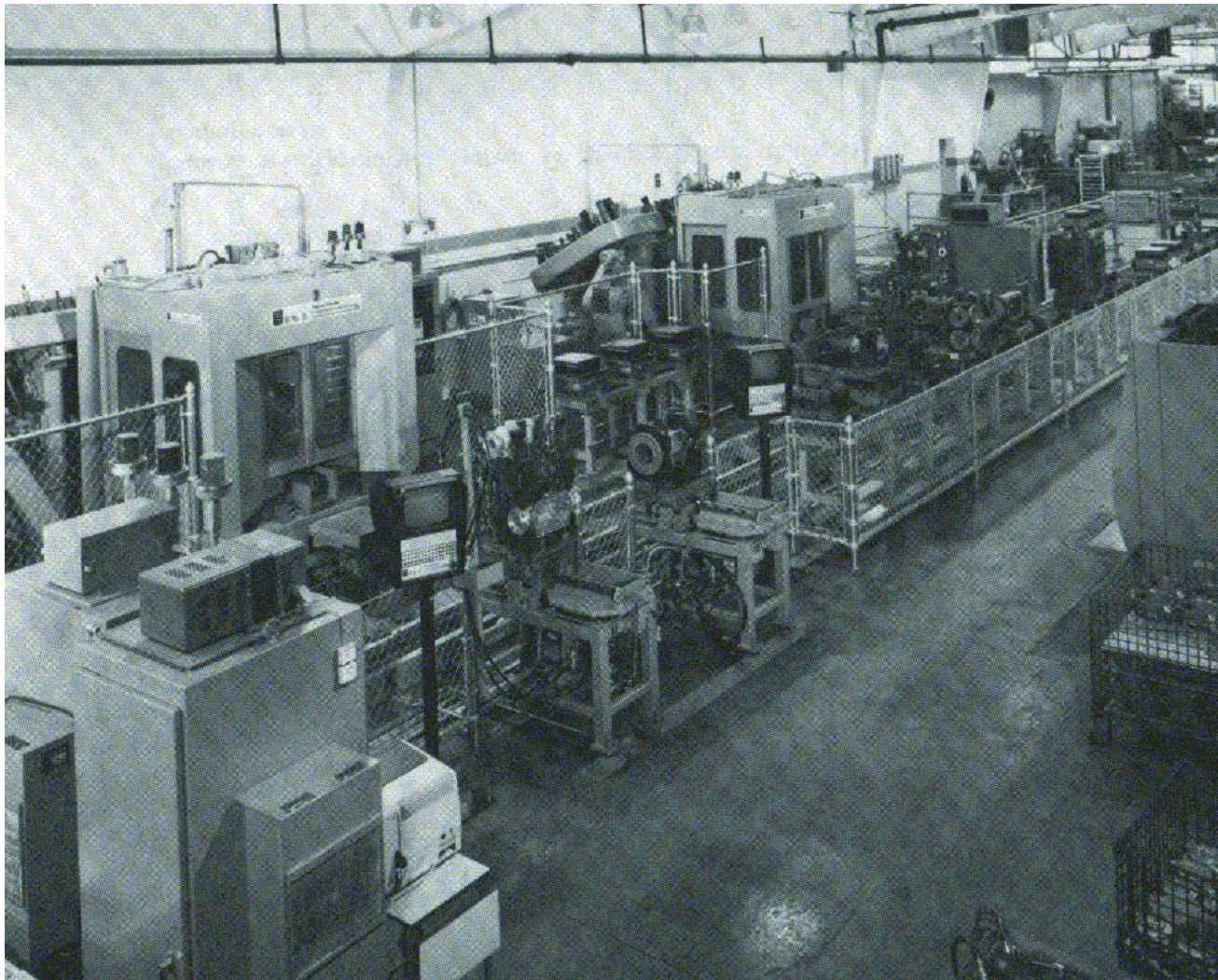
Il sistema SCAMP



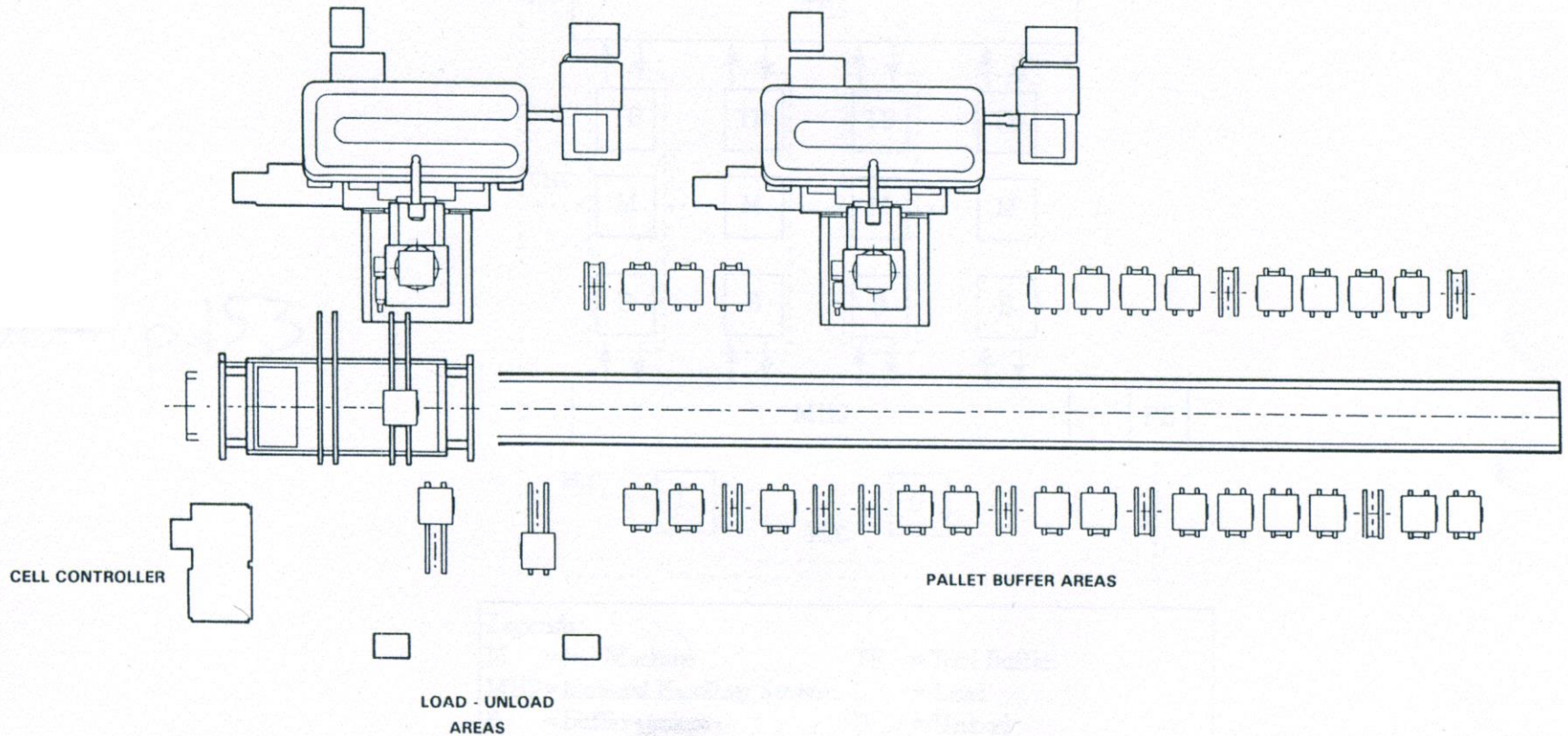
Esempio di cella di produzione



Cella della Badger Meter



Cella della Badger Meter



FMS della FANUC

