

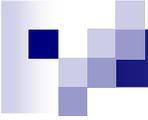


# Il controllo numerico



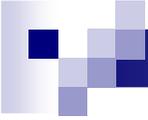
# La lavorazione ed il controllo

- Le prime macchine a controllo numerico CN furono costruite nella metà circa degli anni '50 ma la loro diffusione su larga scala ebbe inizio negli anni '70.
- Con il Controllo Numerico si sfrutta l'informatica e l'elettronica per migliorare prestazioni, automazione 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
- Il controllo numerico (CN) consente di trasmettere informazioni alla macchina utensile dalle quali conseguono tutti i movimenti
- La prima macchina in assoluto è stata costruita negli USA nel 1947 per l'industria aeronautica per la necessità di ottenere superfici complesse in tempi ragionevoli.



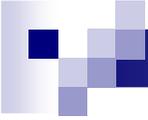
# Evoluzione tecnologica

## ■ Macchina tradizionale

- Tempi di fermo macchina consistenti
- Possibilità di errori
- Produttività connessa all'abilità dell'operatore
- Risultato legato anche alle capacità operative dell'uomo

## ■ Macchina CN

- Tempi passivi minimi in funzione della macchina
- Errori possibili solo in fase di programmazione
- Produttività connessa allo stato dell'arte della tecnologia
- Risultato sostanzialmente svincolato dalle capacità operative dell'uomo



# Interfaccia uomo-macchina

## ■ Macchina tradizionale

- Analisi del disegno
- Attività mnemoniche  
Individuazione sequenza  
operazioni
- Fissaggio pezzo
- Fissaggio utensili
- Impostazione dei parametri  
di lavorazione
- Esecuzione delle  
operazioni

## ■ Macchina CN

- Preparazione del  
programma su PC
- Trasferimento del  
programma alla macchina
- Fissaggio pezzo
- Caricamento utensili
- Supervisione delle  
operazioni



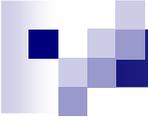
# Opportunità e problemi

## ■ Opportunità

- Elevata automazione
- Elevata flessibilità
- Riduzione tempi passivi
- Aumento produttività
- Miglioramento della qualità
- Riduzione scarti
- Riduzione manodopera
- Aumento versatilità  
(*machining center*)

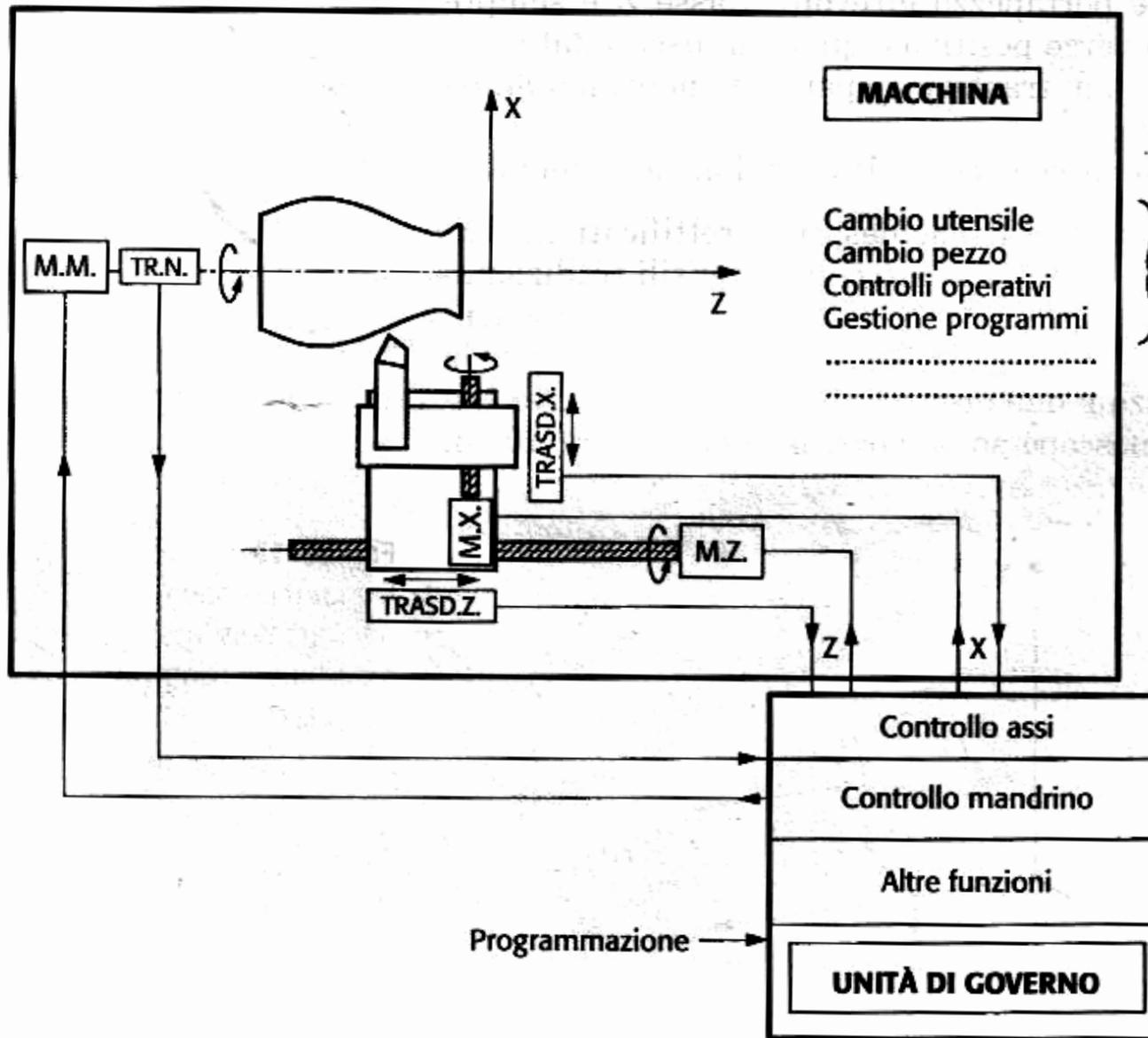
## ■ Problemi

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

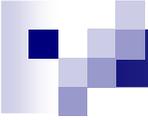


# Caratteristiche macchine CN

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

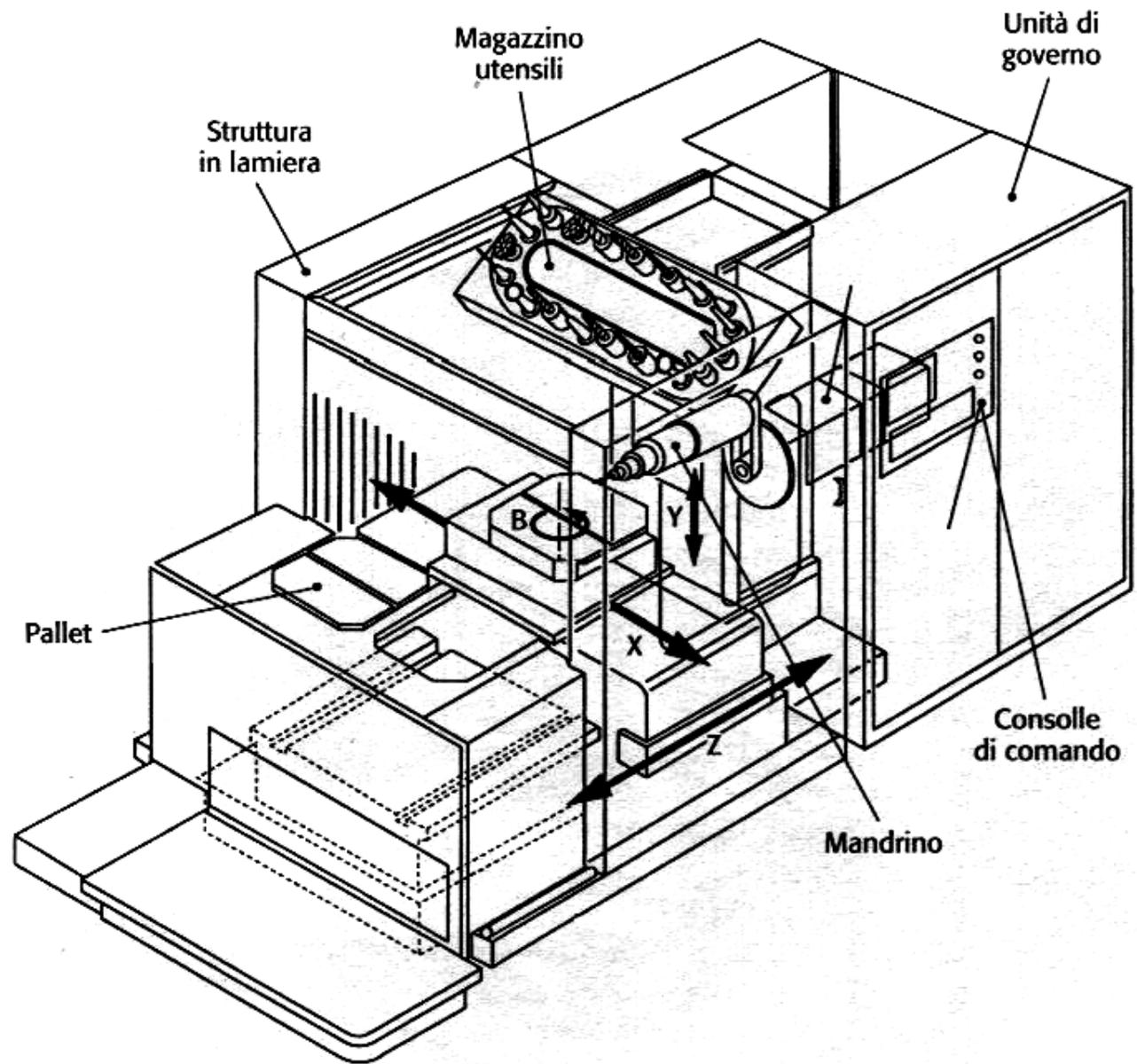
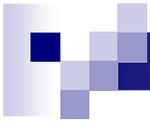


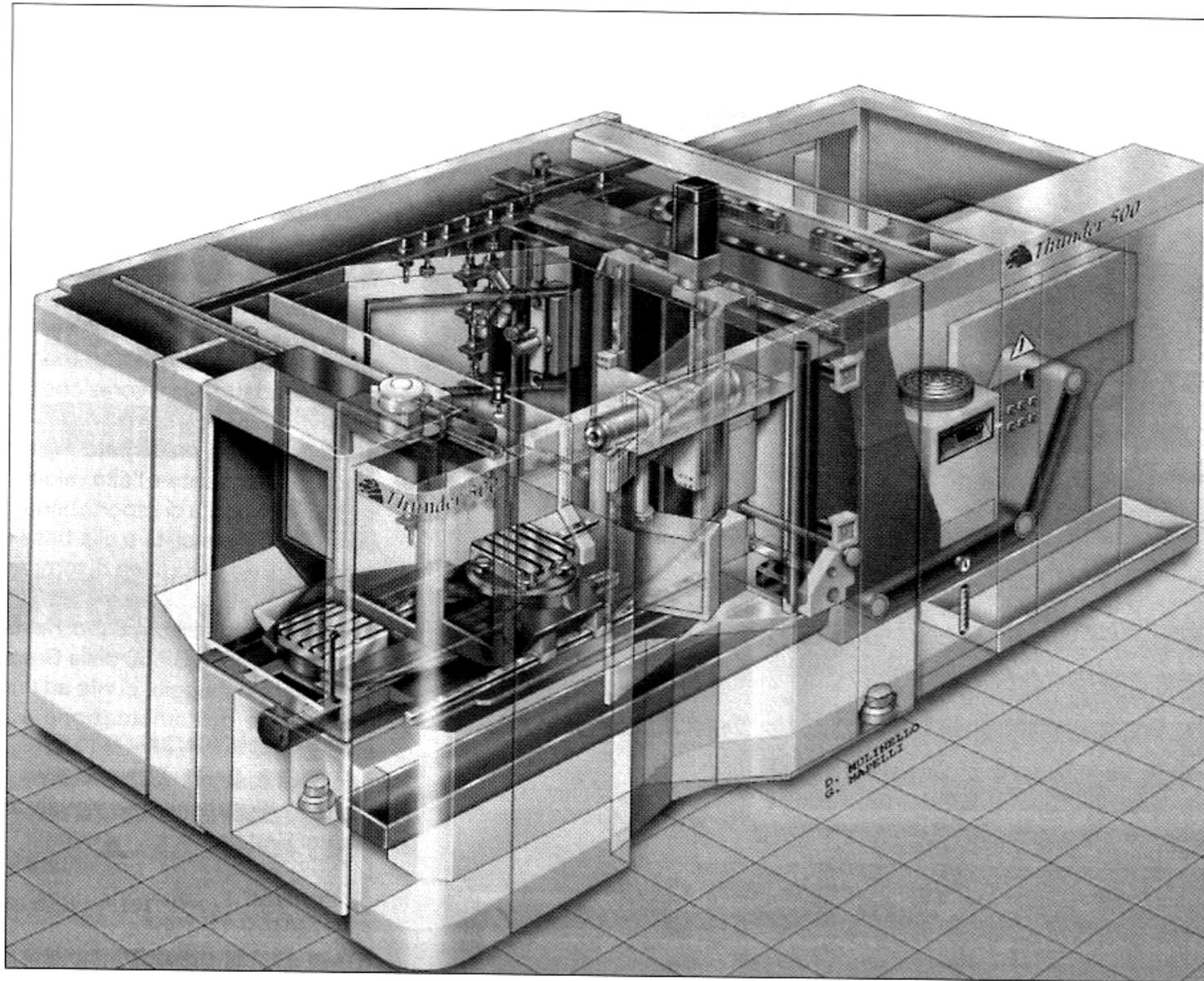
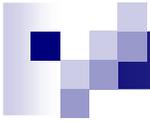
**Fig. 10-12** Schema esemplificativo di una macchina a controllo numerico a due assi (tomio).  
 MM = motore mandrino  
 TR.N = trasduttore velocità angolare mandrino  
 TRASD X, TRASD Z = trasduttori di posizione assi X e Z  
 M.Z, M.X = motori assi Z e X.

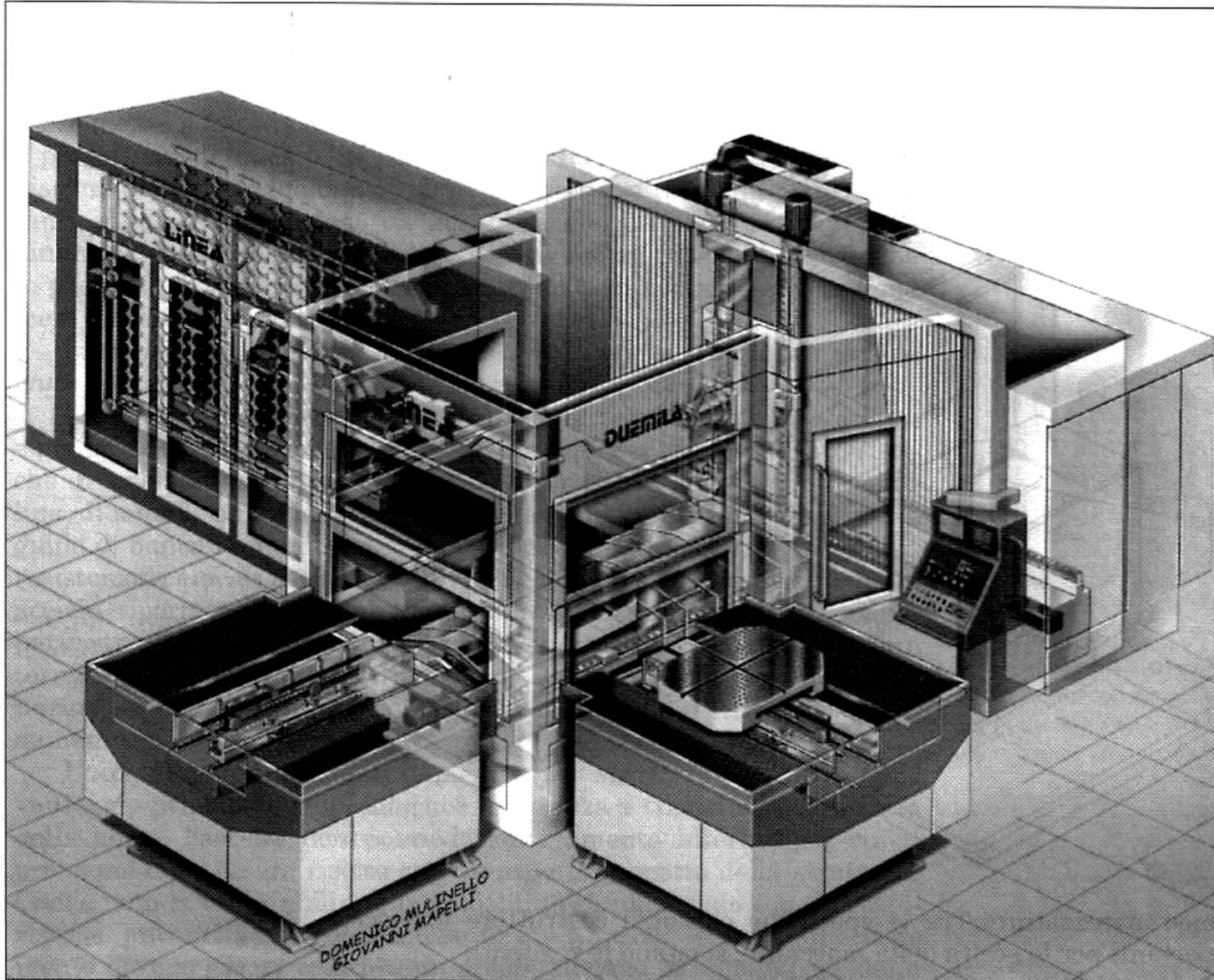
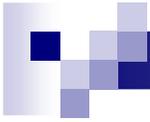


# Centri di lavoro

- Sono macchine multiscopo altamente flessibili sulle quali è possibile effettuare un elevato numero di operazioni (alesatura, foratura, fresatura, filettatura, ....)
- Specifiche per la scelta della macchina:
  - Campo operativo o cubo di lavoro
  - Posizione orizzontale e verticale del mandrino
  - Numero di assi controllati e massima velocità
  - Potenza disponibile



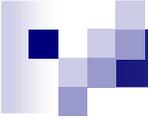






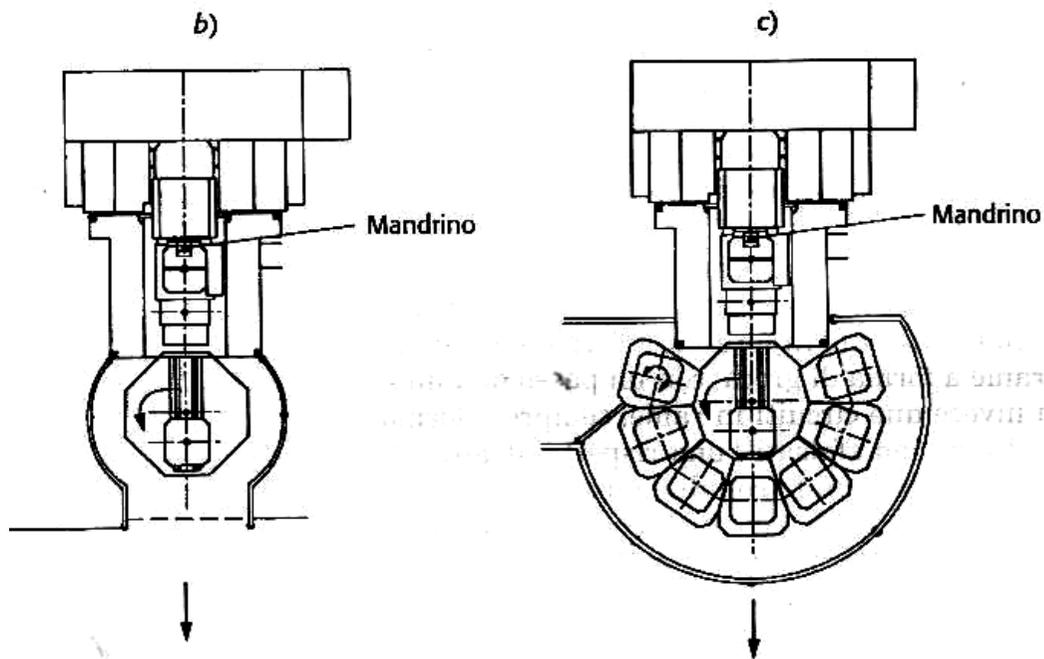
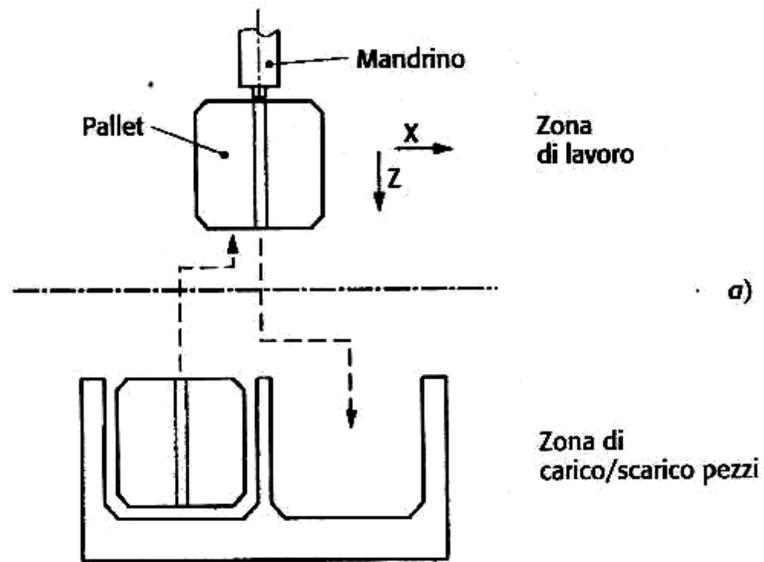
# Magazzini utensili

- Tutti gli utensili da impiegarsi per la lavorazione di un pezzo e di un *set* di pezzi devono essere posizionati nel magazzino portautensili della macchina utensile
- Prima del loro posizionamento, *off-line*, sono controllati e ne viene eseguito il *presetting* (determinazione delle loro dimensioni rispetto a un punto di riferimento fisso). Questi dati 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



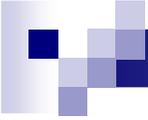
# Sistemi di cambio pezzo

- 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



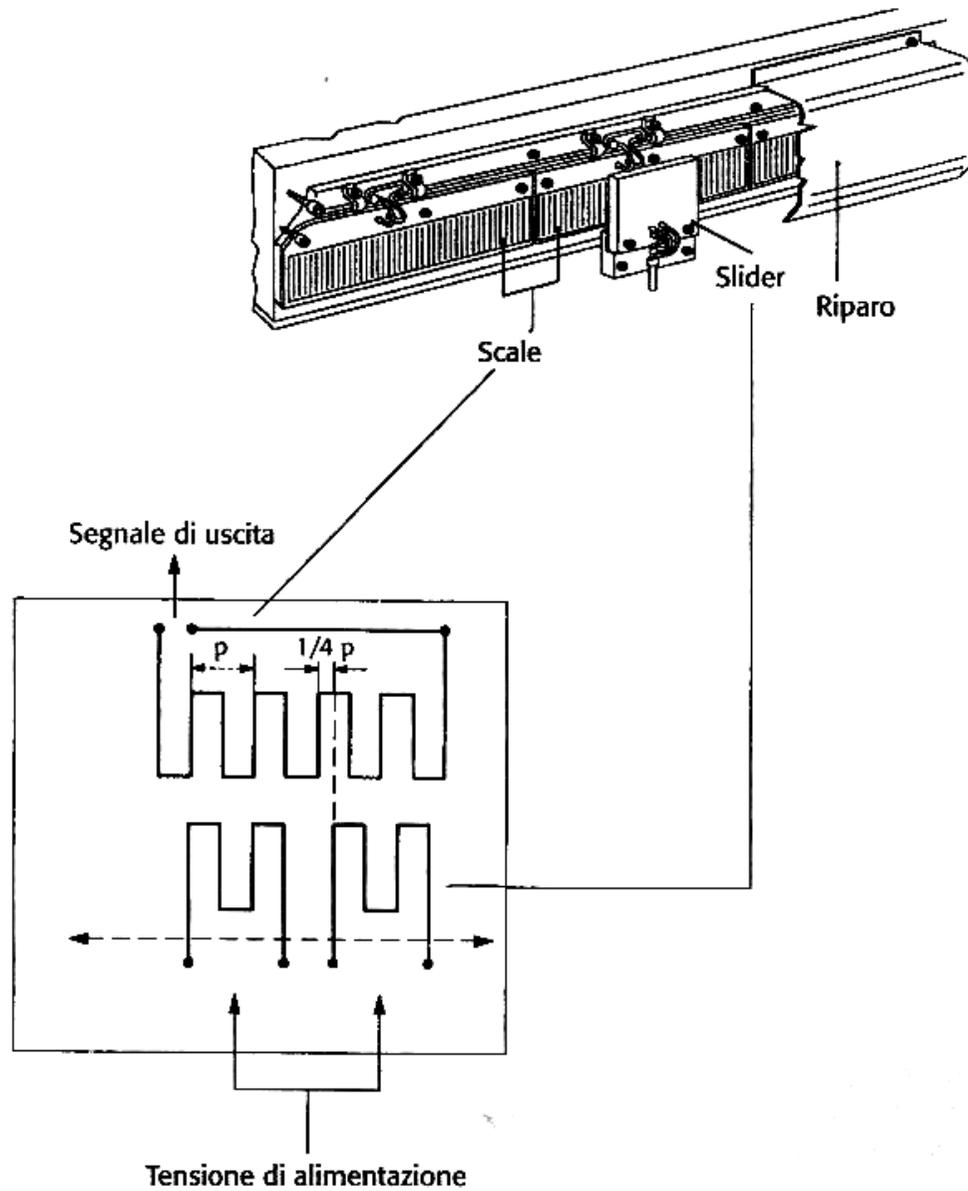
**Fig. 10-27** Schema di alcuni sistemi di cambio pallet.

a) sistema lineare;  
 b) sistema girevole a 2 stazioni;  
 c) sistema girevole con magazzino pallet.



# Sistema di controllo

- Sistema di controllo degli assi
  - È un sistema ad anello chiuso ove vengono verificati continuamente posizione e velocità di ogni movimento relativo all'asse
  - Il trasduttore di velocità è costituito da una dinamo tachimetrica che fornisce un valore di tensione proporzionale alla velocità angolare dell'albero motore
  - Il trasduttore di posizione dell'asse può essere invece:
    - Diretto se misura linearmente la posizione della tavola
    - Indiretto se misura l'angolo di rotazione della vite di movimentazione rispetto alla madrevite

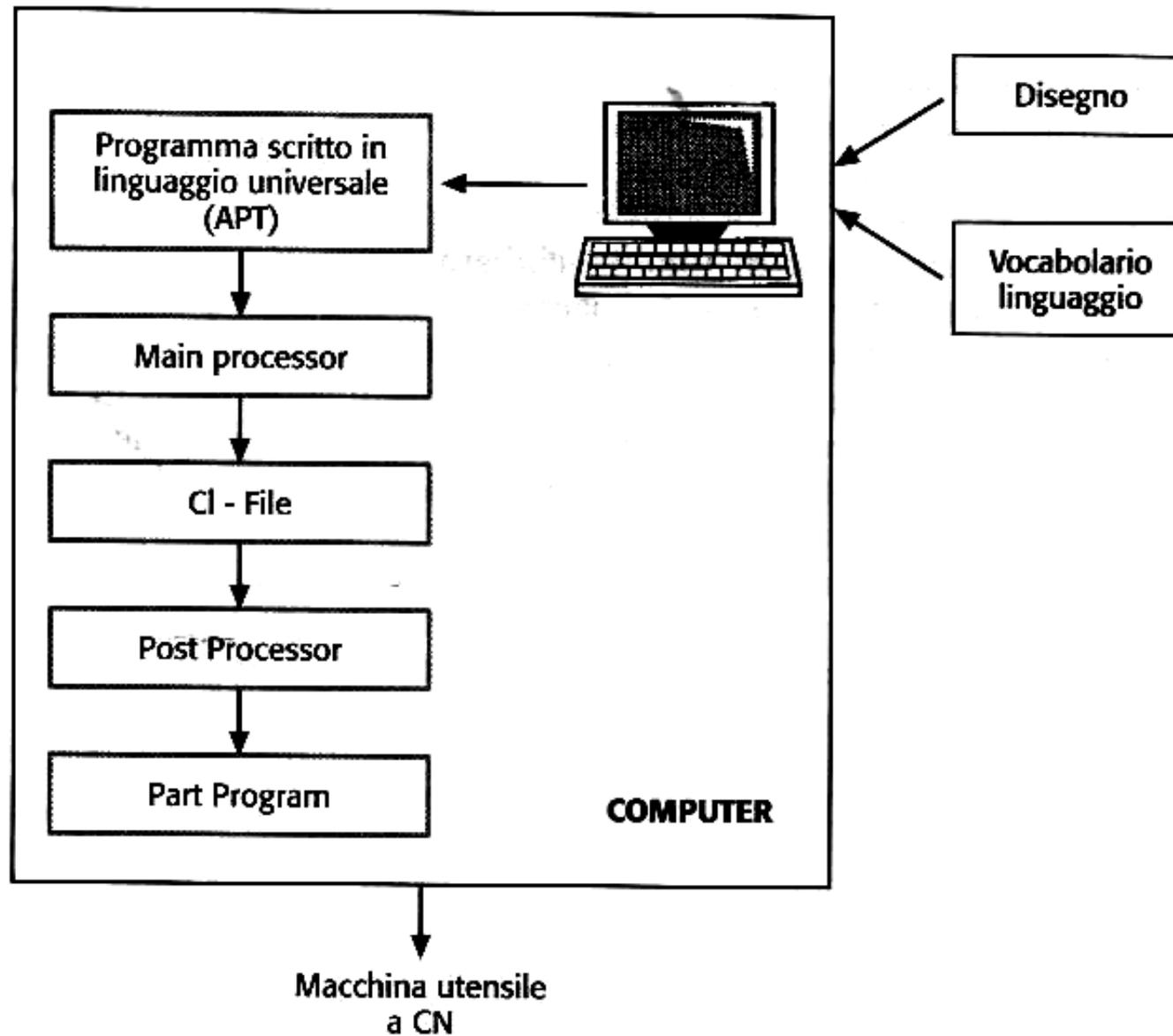


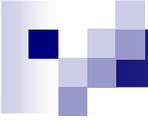
**Fig. 10-29** Schema di un trasduttore di posizione tipo inductosyn.



# Unità di governo

- L'unità di governo è l'*hardware* che controlla completamente il funzionamento della macchina e nella versione CNC (*Computerized Numerical Control*) è del tutto simile ad un comune *computer*
- Elementi dell'unità di governo:
  - Scheda Microprocessore che gestisce le interfacce con tutte le periferiche ammissibili
  - Scheda Master che:
    - Smista i comandi ai diversi organi , motori, servomotori, ...
    - Gestisce gli interpolatori che controllano le traiettorie (velocità ed accelerazioni) degli organi in movimento
    - Controlla i comparatori che segnalano lo scostamento tra quota raggiunta e da raggiungere
    - Effettua i controlli delle funzioni ausiliarie (fluido da taglio, cambio utensili, ...)
  - Schede input-output quali servosistemi, trasduttori, microinterruttori, ...
- Fondamentale, prima di cominciare qualunque lavorazione è individuare lo "zero" che costituirà l'origine di partenza di tutte le istruzioni di movimento





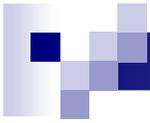
# La programmazione

- La programmazione può essere:
  - Manuale: quando l'operatore mediante il linguaggio della macchina scrive la sequenza delle operazioni dopo aver analizzato il disegno direttamente sull'interfaccia conversazionale della macchina stessa. Tale programmazione è detta appunto anche conversazionale o interattiva in quanto è il *software* stesso che interroga l'operatore circa le sue esigenze e realizza successivamente il *part program*. Può peraltro essere eseguita *off-line* con l'ausilio di simulatori
  - Automatica: quando l'operatore ricava la sequenza delle operazioni direttamente dal disegno mediante l'uso di un *computer* e un linguaggio di programmazione in grado di tradurre aspetti geometrici in tecnologici (ad es. APT - *Automatically Programmed Tools*). Viene generato il *CL-file* (*Cutter Location file*) che contiene le traiettorie degli utensili. Un post-processor traduce i dati generati nel programma per il CN specifico della macchina utensile



# 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
    - .....



## Programma

T101M6  
G95G97S1500F0.2M3  
GX125Z2  
G1Z  
X150  
Z-250  
GX200Z20  
.....  
.....

## Blocco

G95 G97 S1500 F0.2 M3

S 1500 Istruzione

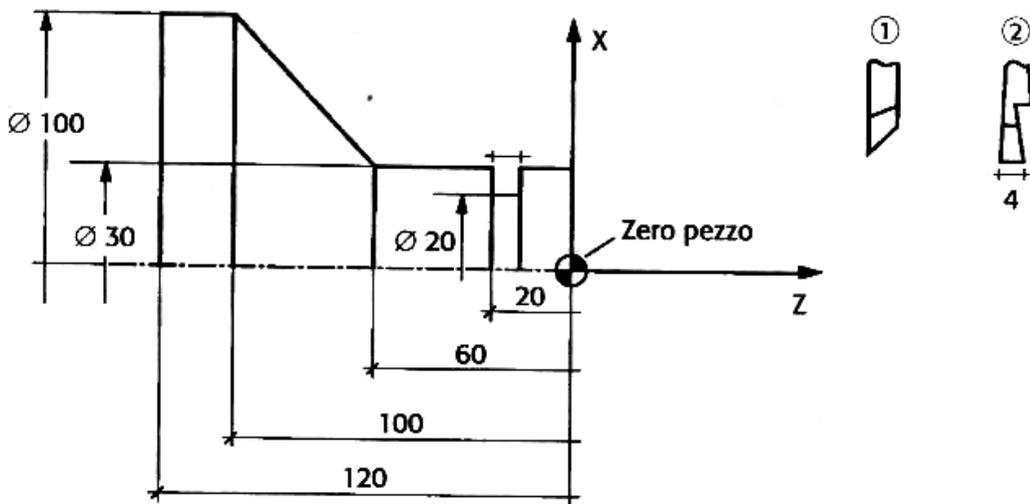
S

Indirizzo

1500

Valore numerico

I  
F



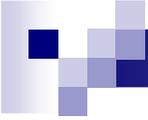
**Fig. 10-40** Esempio di programmazione di una lavorazione al tornio (si suppone che il soprametallo sulla superficie del pezzo sia costante).

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	
G 0 X 150 Z 150	Allontanamento rapido
T 202 M 6	Chiamata utensile 2
G 97 S 300 M 4 F.08 M 08	Impostazioni parametri di taglio e apertura refrigerante
G 0 X 31 Z - 20	Avvicinamento rapido
G 1 X 20	Esecuzione gola
G 0 X 31	Allontanamento rapido e stop refrigerante
Z 150 M 09	
M 30	Stop programma e reset



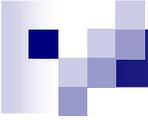
# Sistemi CAM – *Computer Aided Manufacturing*

- 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 offrono un buon compromesso delle caratteristiche citate in quanto garantiscono:
  - Tempi ridotti di esecuzione (produttività)
  - Tempi passivi minimi (flessibilità)



# Controllo numerico: conclusioni

- Lavorazioni ove offrono particolari vantaggi:
  - Realizzazione di pezzi di forma complessa
  - Esecuzione di pezzi con tolleranza ristretta
  - Lavorazioni di leghe leggere con elevate velocità di taglio
  - Operazioni ripetitive e di breve durata
  - Realizzazione di pezzi simili ma non esattamente uguali
  - Realizzazione di pezzi in lotti periodici (creazione di archivio)
  - Realizzazione di lavorazioni difficili anche con operatori non 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 anche non convenzionali (laser, *water jet*, ....)
- 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 tra le diverse macchine