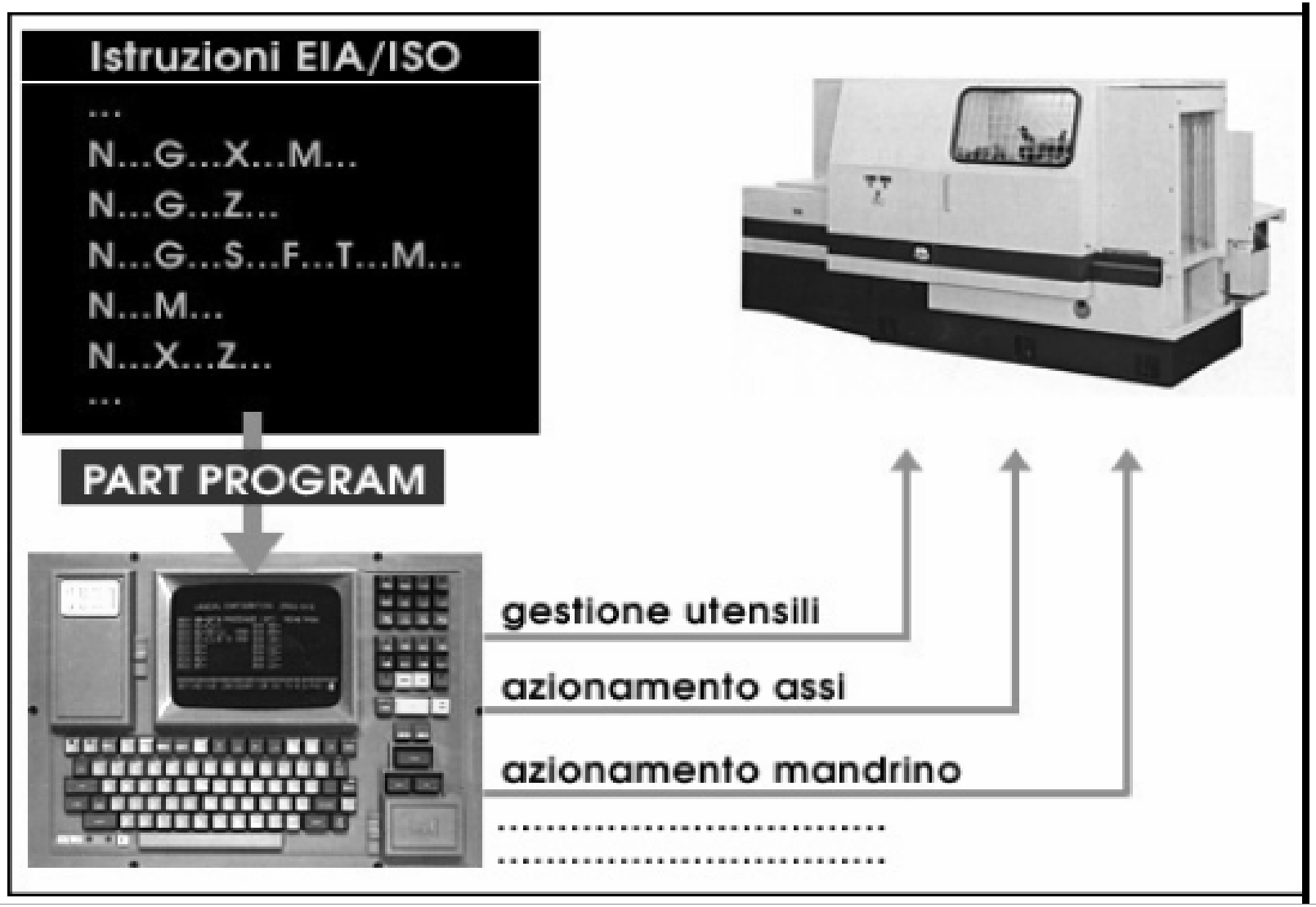
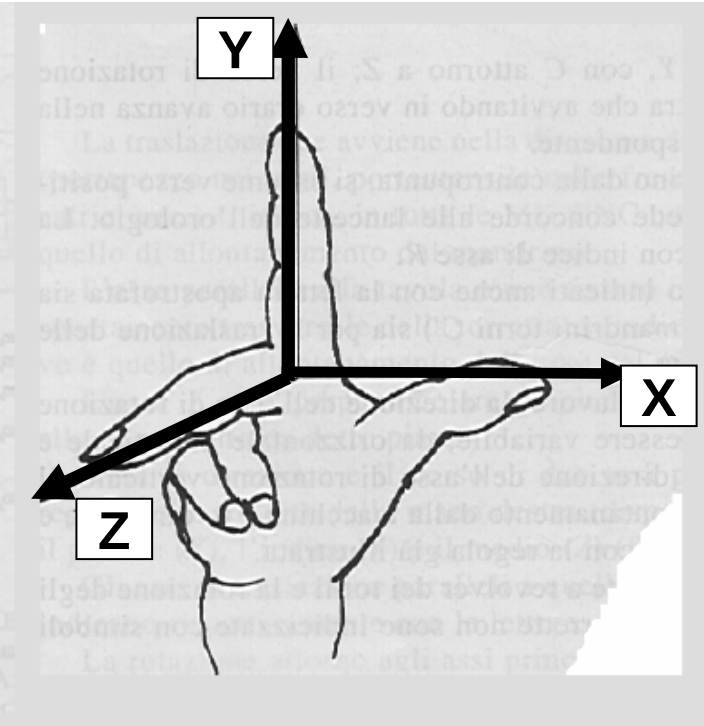
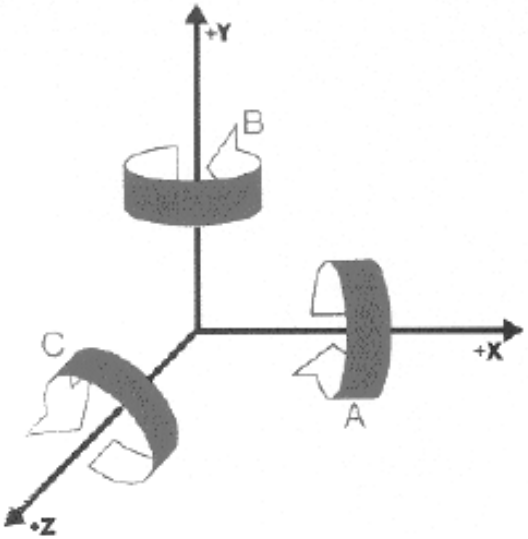
INTRODUZIONE ALLA PROGRAMMAZIONE DELLE MUCN

MACCHINA UTENSILE CN



SISTEMA DI RIFERIMENTO





SISTEMA DI RIFERIMENTO E ASSI MACCHINA

L'asse **Z** è sempre coincidente o parallelo con l'asse del mandrino.

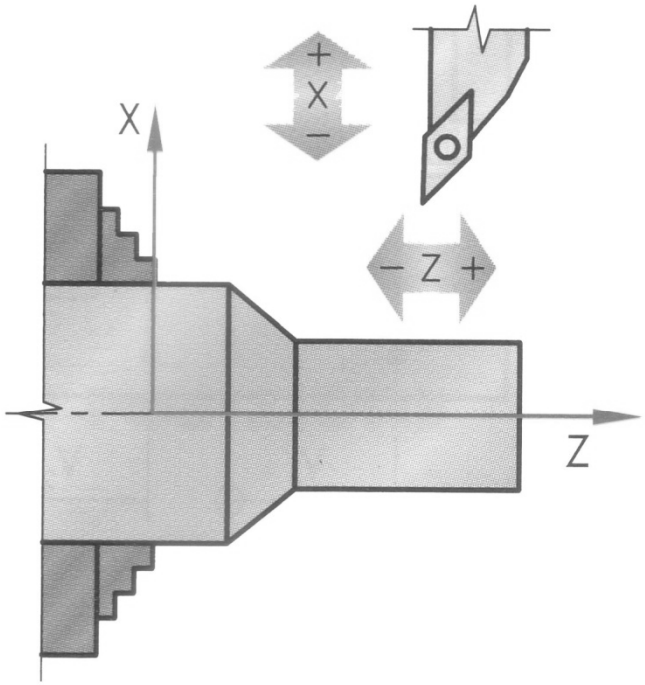
Il verso positivo dell'asse **Z** è quello per cui si ha un allontanamento dell'utensile dal pezzo

Il verso positivo dell'asse **X**, nelle macchine a mandrino orizzontale, è rivolto a destra guardando dal mandrino verso il pezzo in lavorazione

L'asse **Y** è perpendicolare al piano definito dagli assi X e Y ed il suo verso positivo è definito dalla regola della mano destra

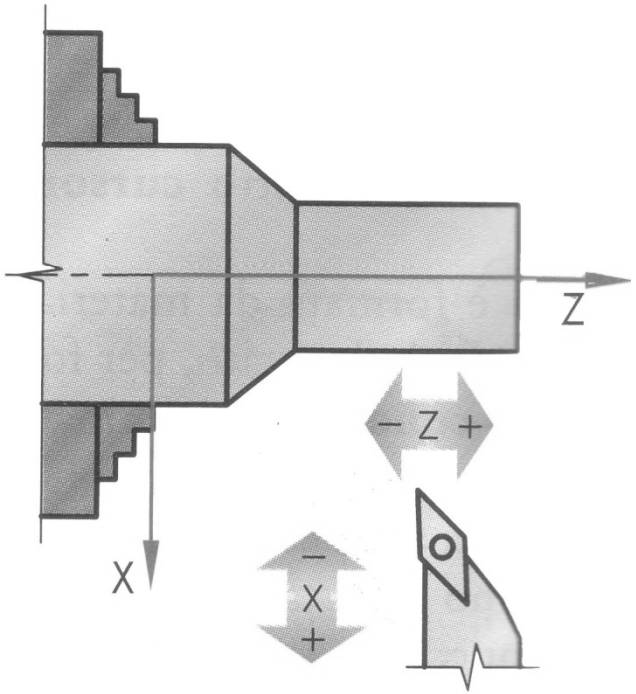
Possono esservi assi ausiliari di traslazione U, V, W.

ASSI TORNIO

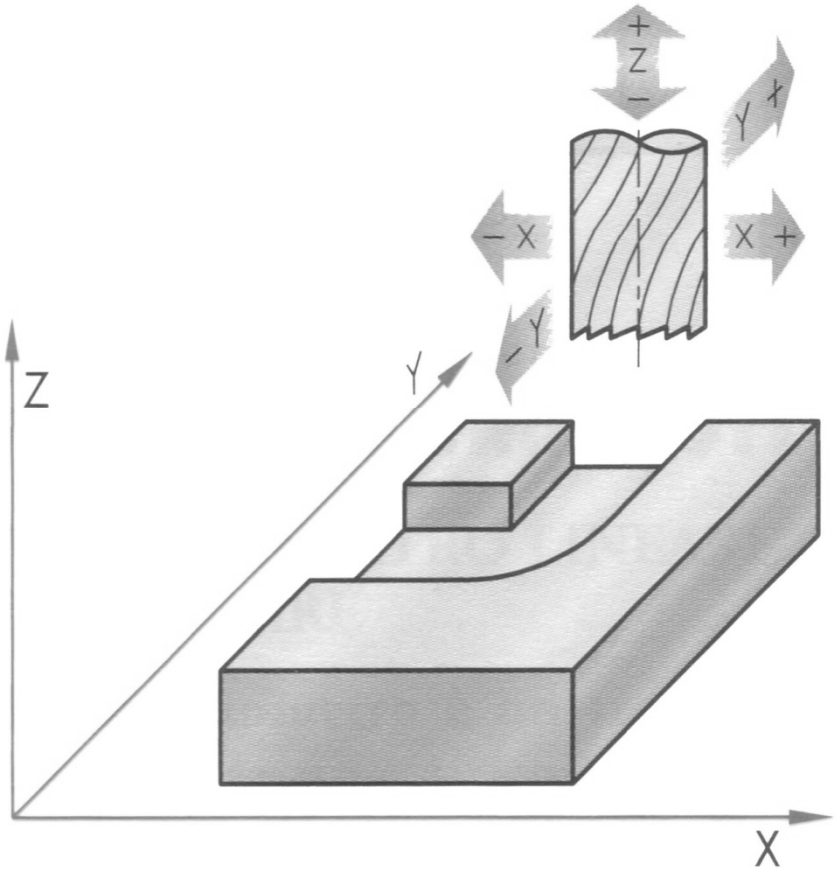


Utensile dietro l'asse

Utensile davanti all'asse



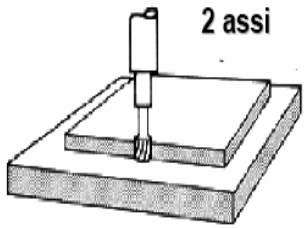
ASSI FRESATRICE



CLASSIFICAZIONE ASSI CONTROLLATI

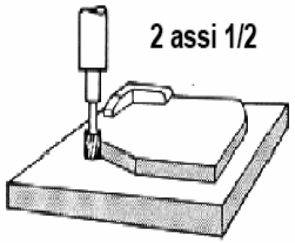
2 Assi

X e Y possono interpolare (muoversi insieme in modo coordinato).
Lungo Z l'utensile non ha alcuna possibilità di movimento indicizzato (controllato).
La lavorazione complessiva giace sullo stesso piano.



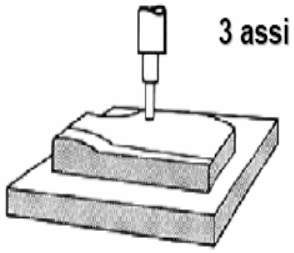
2,5 Assi

X e Y possono interpolare.
L'asse Z può variare la sua quota, ma non interpolare con gli assi X e Y.
La lavorazione complessiva avviene su piani paralleli al piano principale, a livelli Z diversi.

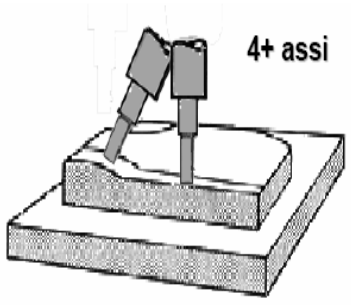


3 Assi

Si richiede un movimento simultaneo e coordinato degli assi X,Y e Z.
Adatto per la lavorazione di molte superfici free-form.



4 Assi.

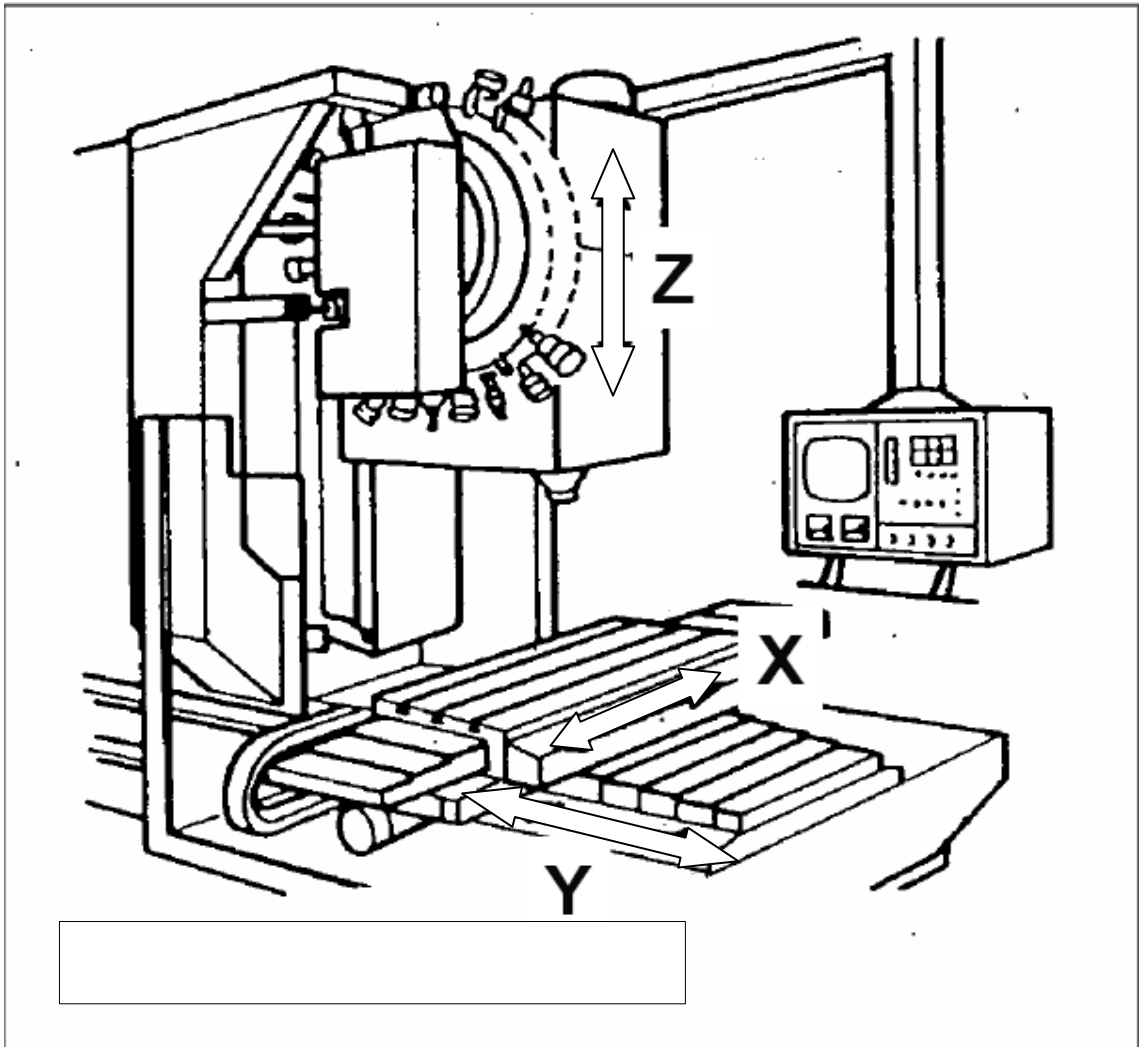


La lavorazione avviene mediante il movimento interpolato dei 3 assi principali unito ad un movimento di rotazione (sull'utensile o sul pezzo).
Se il 4° asse è interpolato con gli altri tre, si parla di 4assi vero,
Se il 4° asse può solo ruotare mentre gli altri assi sono fermi, si parla di 4 assi indexato.

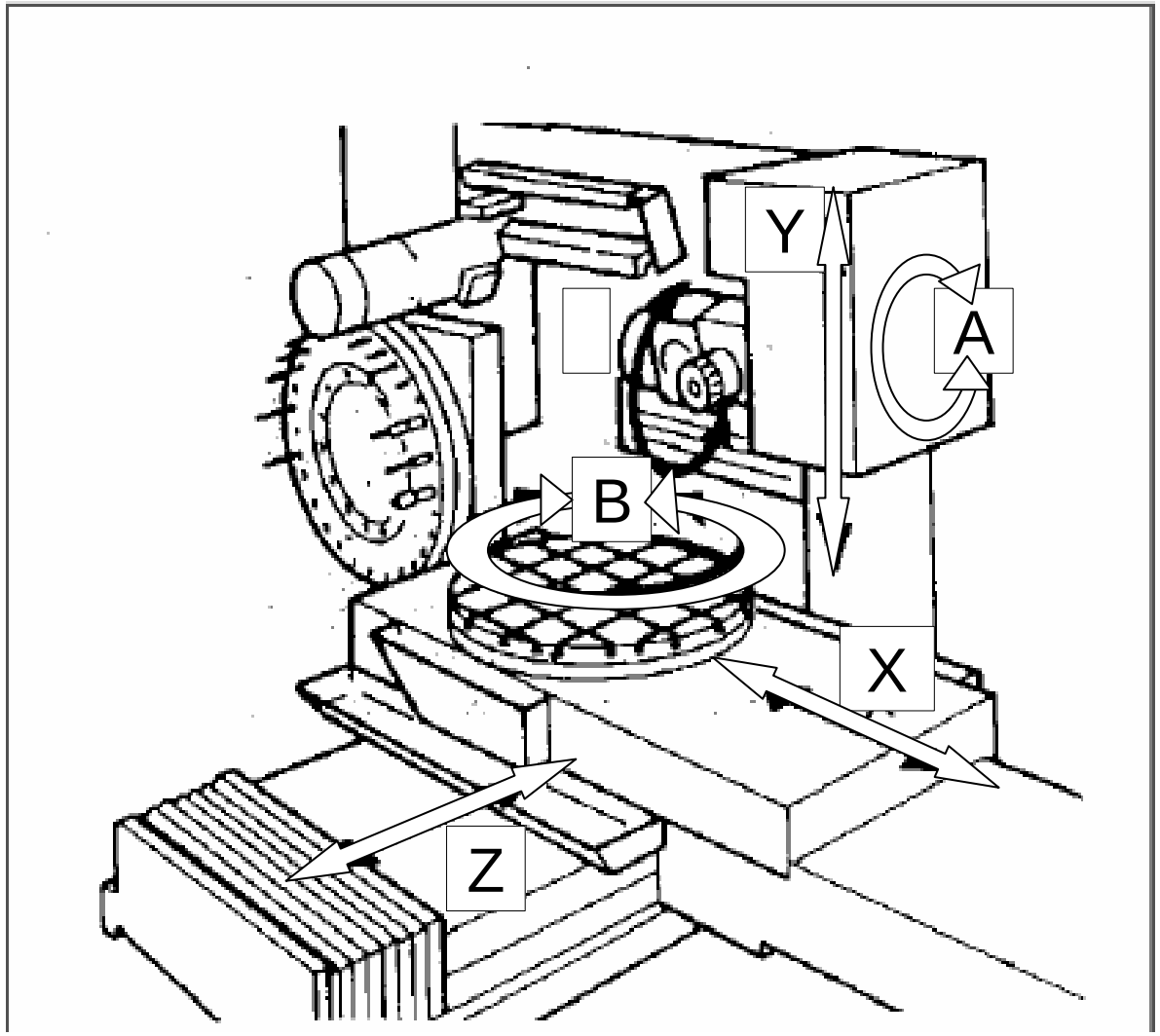
5 Assi

La lavorazione avviene mediante il movimento interpolato dei 3 assi principali unito alla rotazione sia della testa porta-utensile che del pezzo.
5 assi vero: in grado di interpolare simultaneamente i 5 movimenti.
4,5 assi: interpolazione simultanea dei 3 assi + una rotazione. Sono poi in grado di riposizionare con una quinta rotazione.
3+2 assi: interpolazione simultanea dei 3 assi. Sono poi in grado di riposizionare per rotazione sia il pezzo che la testa porta-utensile.

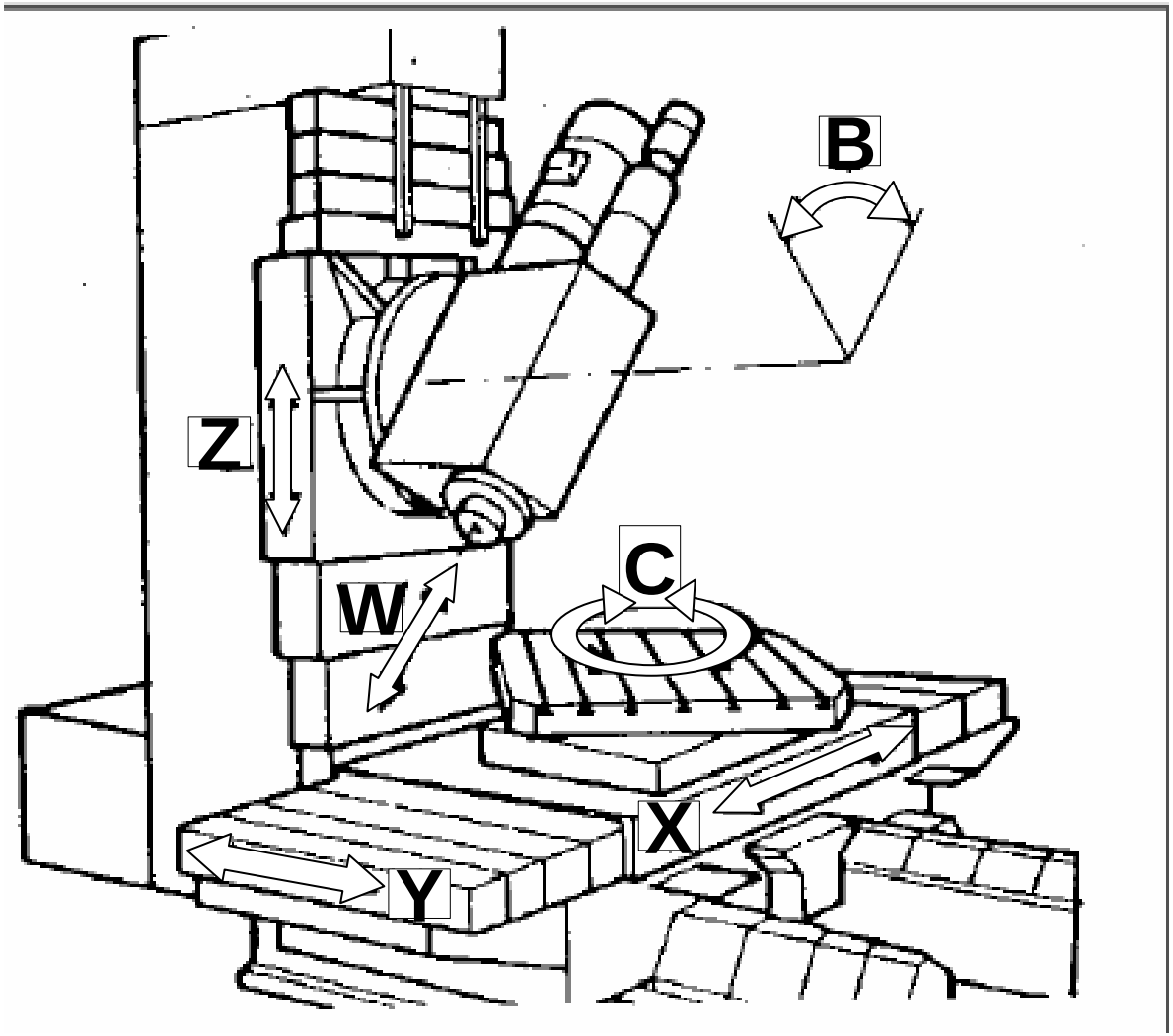
Centro di lavoro a 3 assi controllati



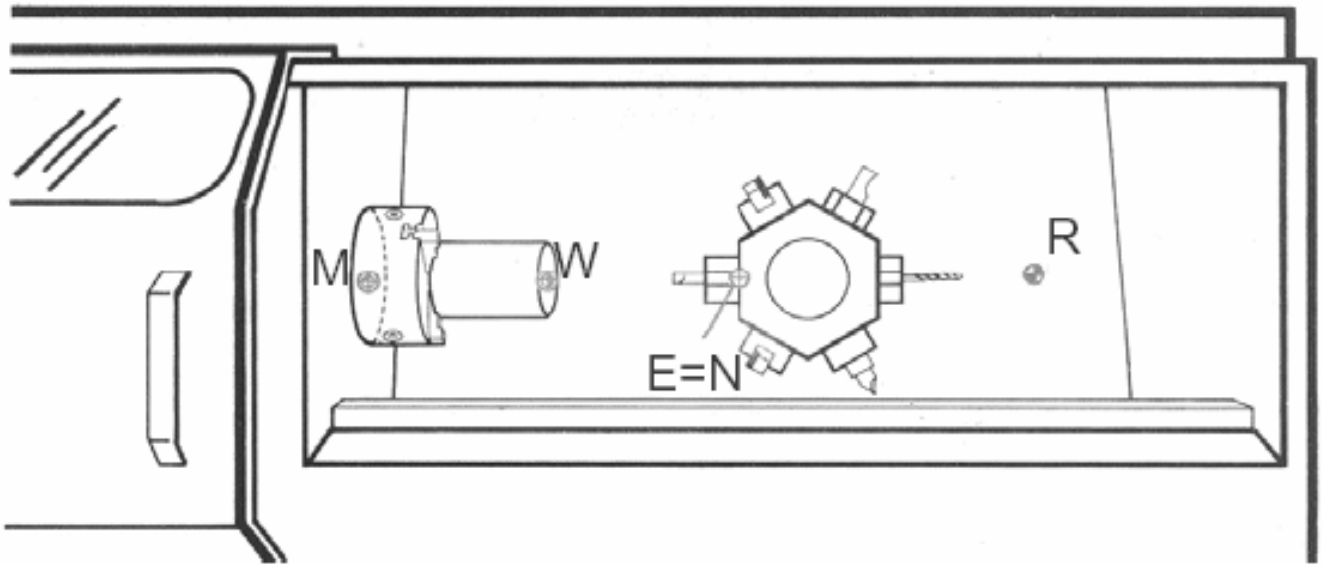
Centro di lavoro a 5 assi controllati



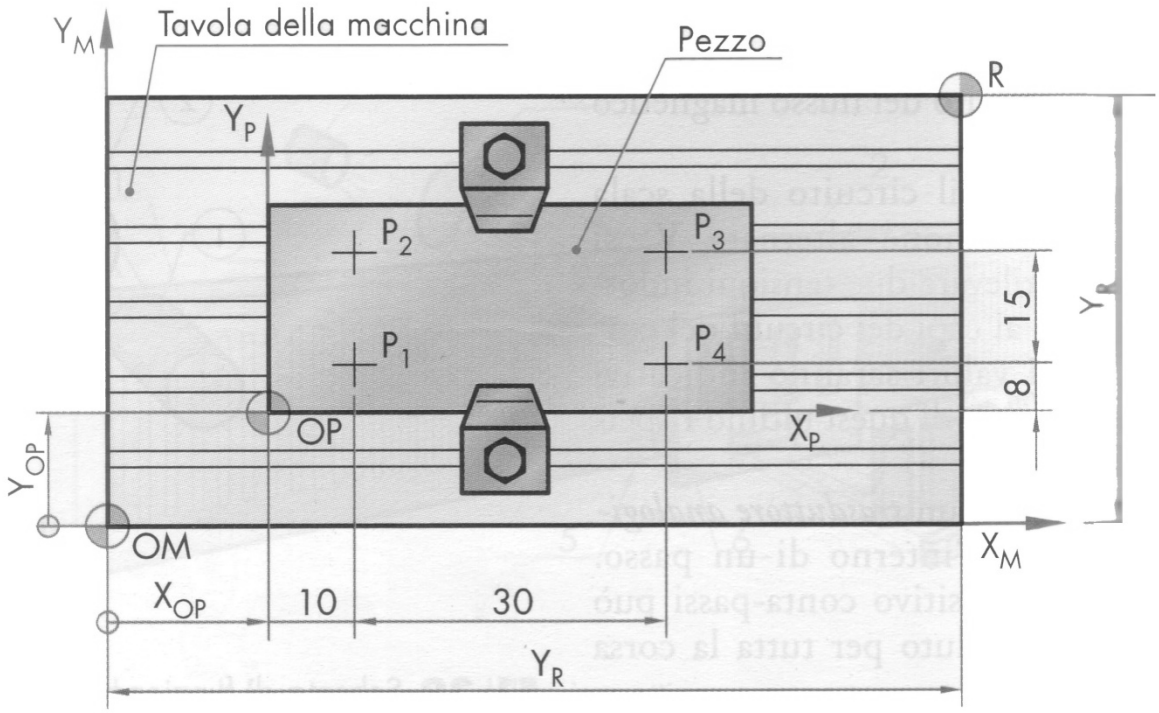
Centro di lavoro a 6 assi controllati



RIFERIMENTI



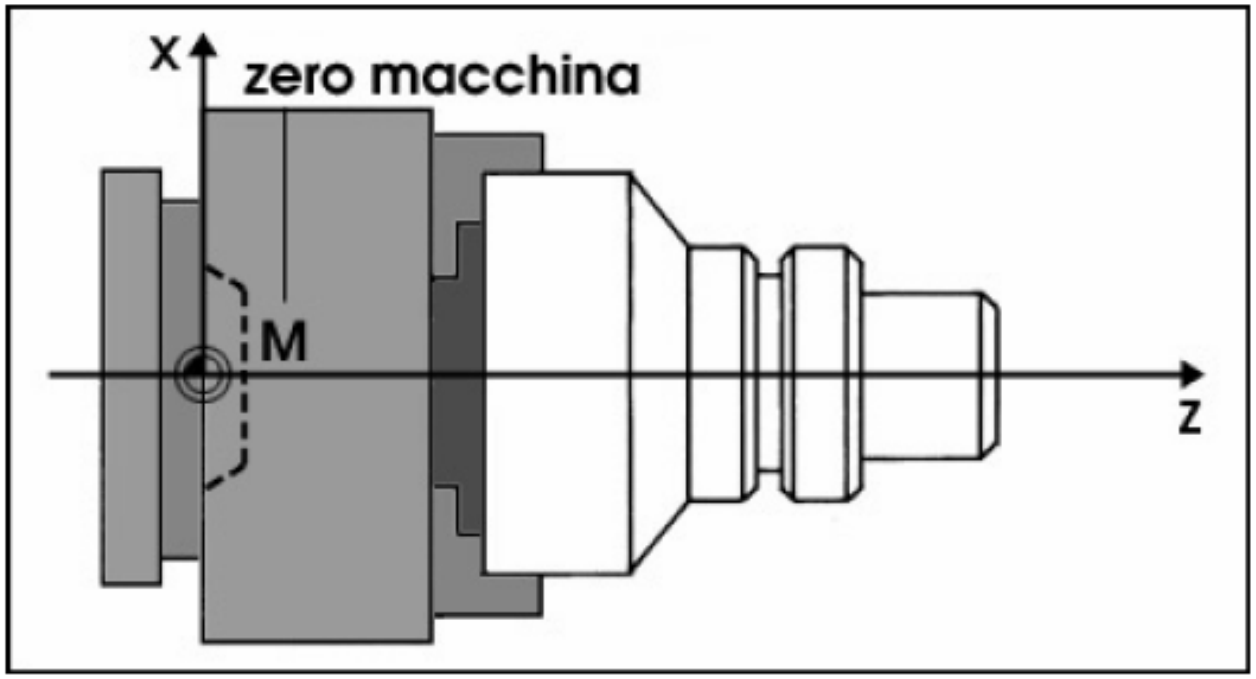
- **zero macchina** **M**
- **zero di riferimento** **R**
- **zero pezzo** **W**
- **zero utensile** **E**
- **zero innesto** **N**



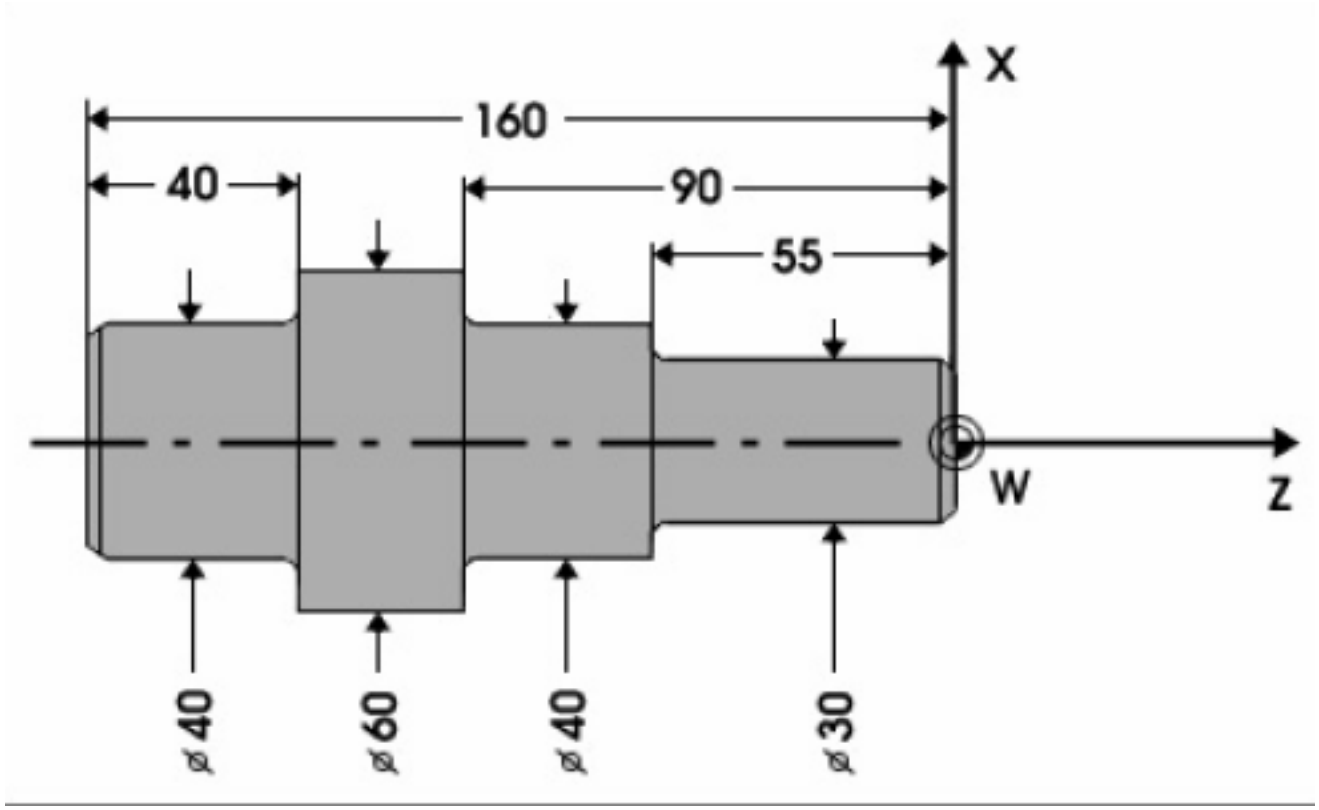
Punti zero macchina (OM) e zero pezzo (OP) in una fresatrice.

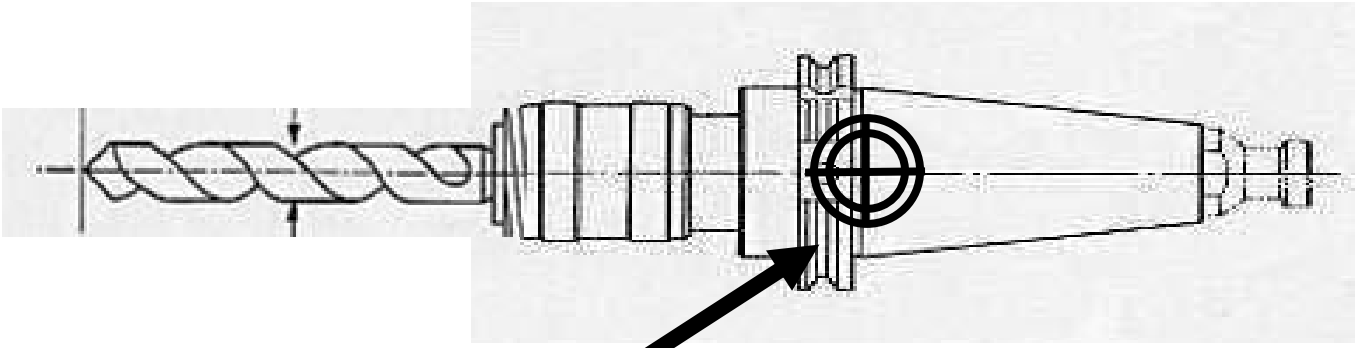
Il controllo numerico fissa un proprio sistema di riferimento ed origine assoluta : **ZERO MACCHINA M**

Per i torni è tipicamente fissato nel centro del mandrino

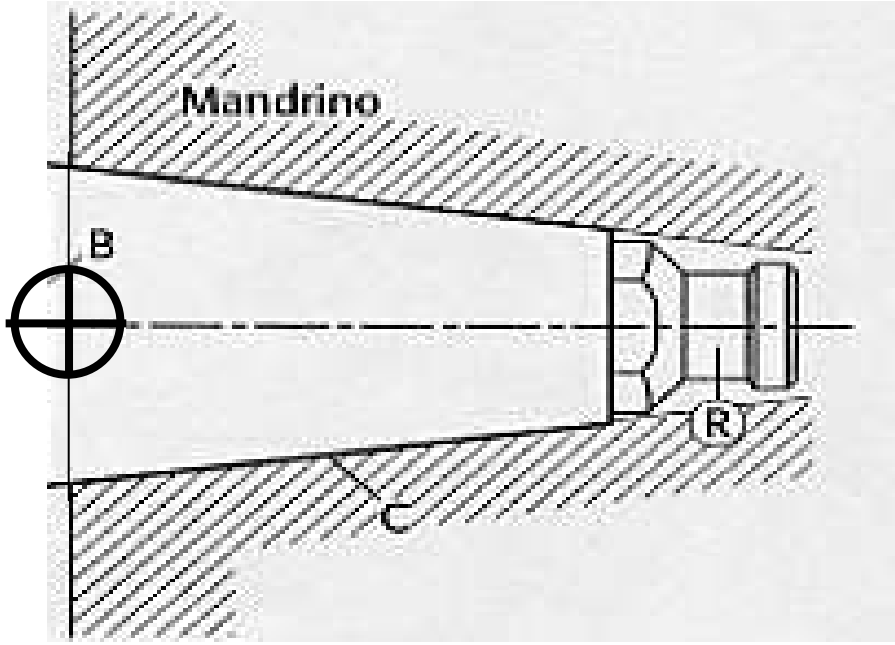


Il programmatore in base alla quotatura del disegno stabilisce uno ZERO PEZZO W rispetto al quale programma gli spostamenti.





Zero utensile **E**



Zero portautensile **N**

PROGRAMMAZIONE

Le macchine utensili a CN funzionano eseguendo una serie di direttive fornite mediante un programma.

I movimenti della macchina sono designati in modo tale che il programmatore supporrà sempre che l'utensile sia in moto rispetto al sistema di coordinate associato al pezzo, che viene considerato fisso.

Il programma contiene

ISTRUZIONI

Geometriche *(dim. pezzo, movim. utensile pezzo)*

Tecnologiche *(ω, feed, utensile)*

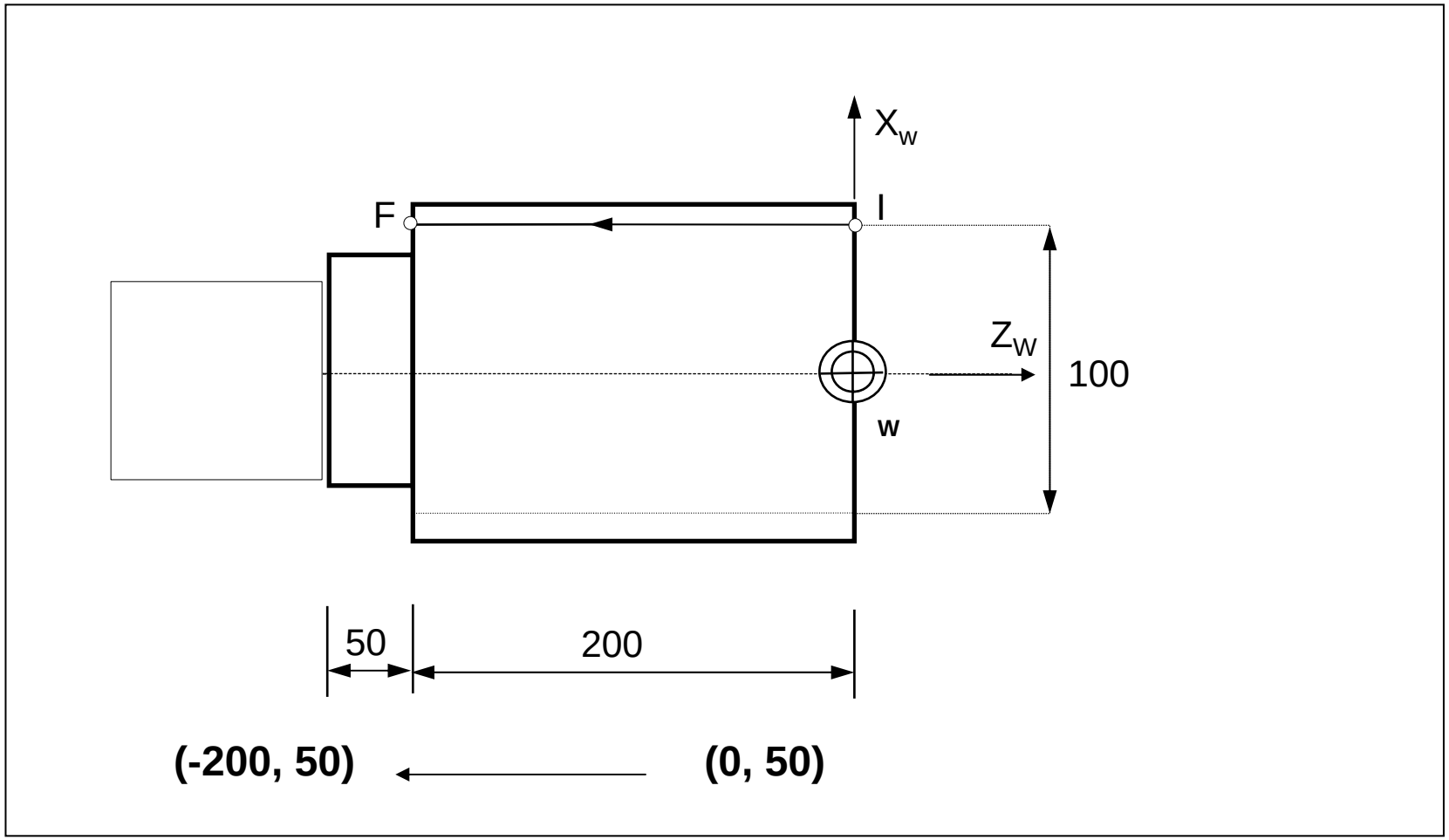
Cinematiche *(interpolazione)*

COMANDI

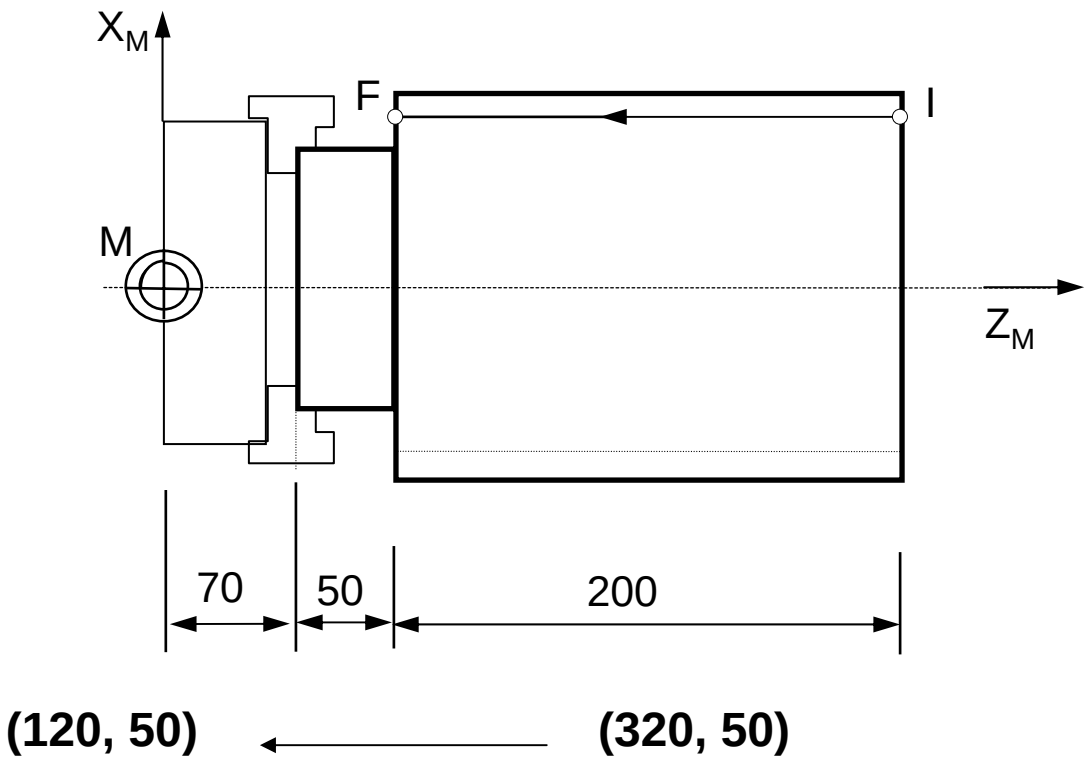
Interruttori

(circuiti lubro-refrig., verso rotaz. mandrino, sistema cambio utensile)

PROGRAMMATORE



CONTROLLO



Queste coordinate si ottengono aggiungendo lo spostamento di origine: +320 su Z

PROGRAMMATORE

DEFINISCE LA TRAIETTORIA dell' utensile (<u>considerato come un punto</u>) rispetto ad una terna di assi solidale con il pezzo e con origine nello

ZERO - PEZZO ≡ W

INFORMA IL CONTROLLO
dimensioni caratteristiche utensile rispetto allo

ZERO - UTENSILE ≡ E

coincidente con lo

ZERO - PORTAUTENSILE ≡ N

TRASFORMAZIONE terna solidale pezzo con terna solidale macchina

W → **M**

CONTROLLO

MUOVE gli organi mobili per realizzare la traiettoria programmata
ESEGUE le operazioni tecnologiche richieste

Programmazione ISO

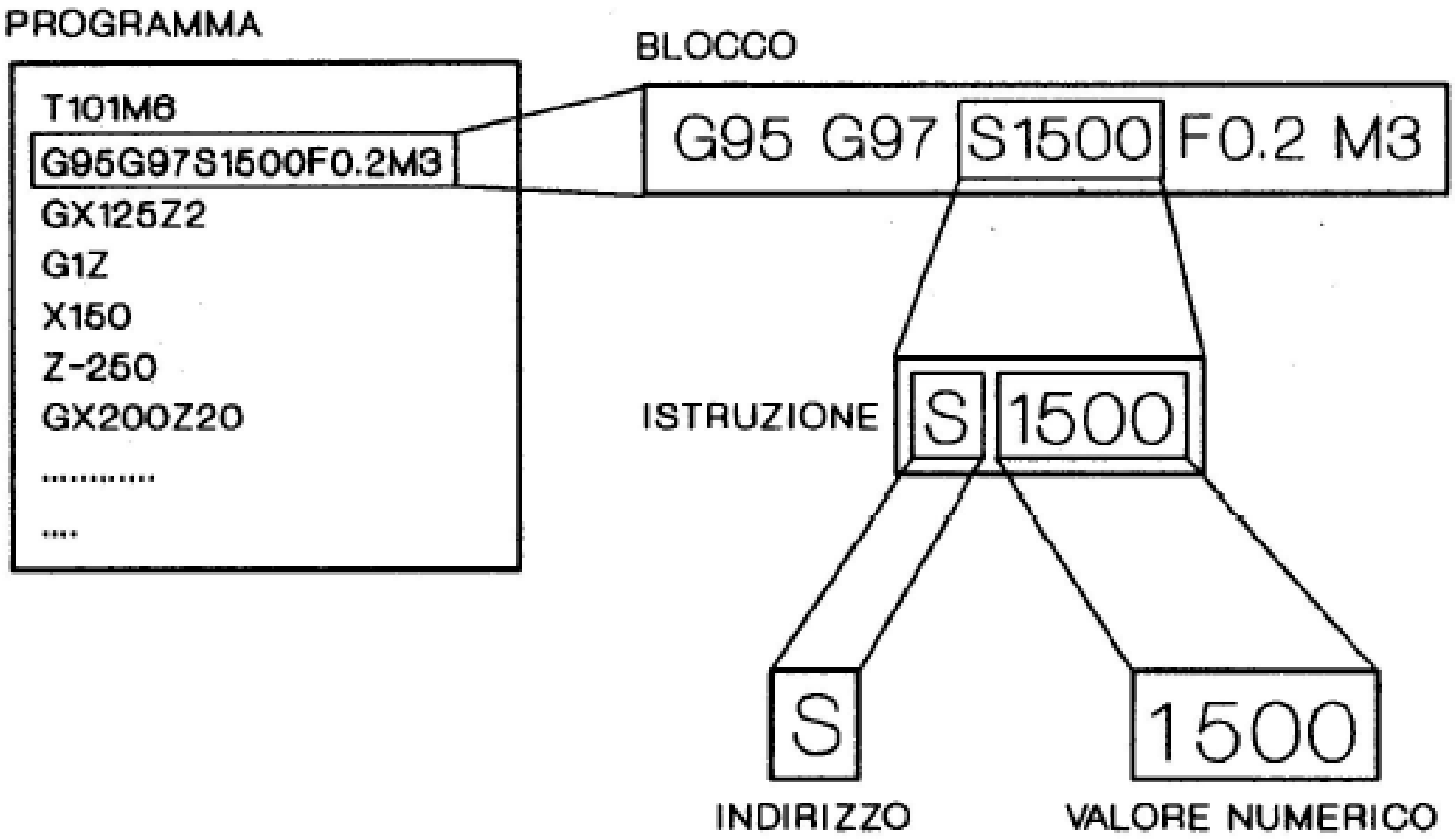
Le istruzioni che la macchina deve eseguire per realizzare le diverse operazioni di una lavorazione vengono scritte in un ***Part Program*** redatto secondo lo standard internazionale di programmazione UNI ISO 6983.

Tale programma è costituito da un insieme di blocchi di dati.

Ciascun blocco è formato da una serie di parole ognuna delle quali corrisponde ad una specifica istruzione da inviare al sistema di controllo.

Le parole (o istruzioni) sono costituite da caratteri alfanumerici di cui il primo letterale

Struttura di un programma



Ordine di inserimento delle parole (istruzioni) in un blocco

• Numero di sequenza	N
• Funzioni Generali o preparatorie	G
• Coordinate punto di arrivo	X,Y,Z
• Coordinate ausiliarie di interpolazione	I,J,K
• Velocità di avanzamento	F
• Velocità di taglio	S
• Funzioni di richiamo utensile	T
• Funzioni ausiliarie o miscellanee	M

Numero di sequenza

Ogni blocco inizia con una parola che ne indica il suo numero di sequenza.

Tale numero indica al controllo la sequenza temporale dei blocchi da eseguire

N10 ……

N20 ……

N30 ……

…

…

Alcune funzioni generali o preparatorie

G00	**Controllo punto a punto in rapido**	**G81- 89**	**Cicli fissi**
G01	**Interpolazione lineare**	**G90**	**Programmaz. assoluta**
G02	**Interpolazione circolare oraria**	**G91**	**Programmaz. Incrementale**
G03	**Interpolazione circolare antioraria**	**G92**	**Max. vel.rotaz. mandrino**
G17	**Piano di interpolaz. X-Y**	**G94**	**Avanzamento in mm/min**
G18	**Piano di interpolaz. X-Z**	**G95**	**Avanzamento in mm/giro**
G19	**Piano di interpolaz. Y-Z**	**G96**	**Vel. taglio in m/min**
G40	**Cancellaz. compensaz. utensile**	**G97**	**Vel. taglio in giri/min**
G41	**Compensaz. utensile a sx**		
G42	**Compensaz. utensile a dx**		
G70	**Misure in pollici**		
G71	**Misure in mm**		

Le funzioni G 00..03 sono **modali**, restano cioè attive sino a quando non viene richiamata un'altra di queste.

Le altre sono **autocancellanti**

Coordinate del punto di arrivo

Indicano il punto di arrivo dell'utensile proveniente da un punto precedentemente raggiunto.

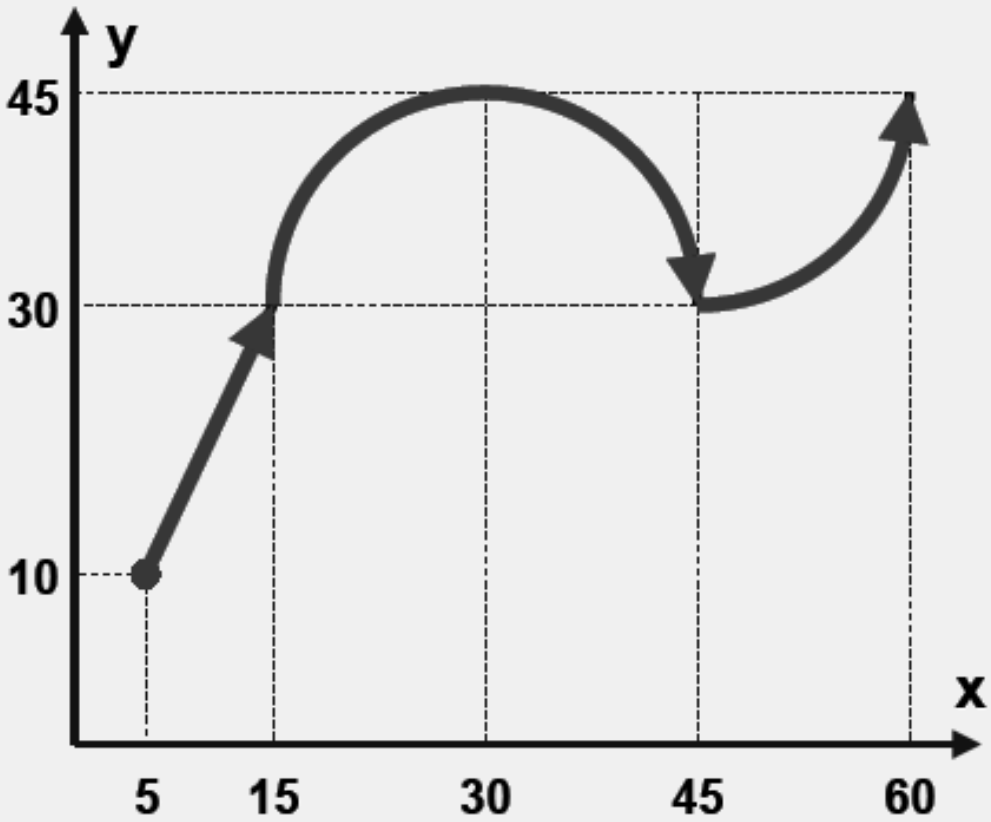
Non è necessario ripetere le coordinate che non mutano fra un posizionamento e il successivo

X xx Y yy Z zz

Per default espresse in mm

All'accensione della macchina è attivo il metodo di programmazione assoluto (G90), mentre il metodo di programmazione incrementale è attivabile mediante la funzione generale G91

Esempio *(interpolazione)*



. . . . . .

G0 X5 Y10

G1 X15 Y30

G2 X45 Y30 I15 J0

G3 X60 Y45 I 0 J15

. . . . . .

Le coordinate del centro circonferenza **(I,J)** sono definite in modalità incrementale rispetto al punto di partenza

Velocità di avanzamento

Viene impostata facendo seguire alla lettera **F** ***(feed)*** il valore numerico individuato nella stesura del ciclo di lavorazione

Può essere espressa in

mm/min (G94) di default su fresatrici e centri di lavoro

mm/giro (G95) di default su torni e centri di tornitura

Velocità di taglio

Viene impostata facendo seguire alla lettera **S** ***(speed)*** la velocità di taglio individuata nella stesura del ciclo di lavorazione

Può essere espressa in

giri/min (G97) vel. rotaz. mandrino: di default all'accensione della macchina

m/min (G96) per tornitura frontale (sfacciatura) e esecuzione di gole a vel. di taglio costante

$V_t = 2\pi r * N * 10^{-3}$ [m/min] N [giri/min]

Funzioni di richiamo utensile

L'utensile da impiegare per una determinata operazione viene selezionato con la lettera di indirizzo **T** ***(tool)*** seguita da due coppie di cifre da 01 a 99.

La prima coppia indica il numero progressivo assegnato all'utensile corrispondente alla posizione occupata nel magazzino.

La seconda coppia di cifre indica la locazione di memoria in cui sono state registrate le caratteristiche geometriche dell'utensile quali lunghezza e raggio, necessarie per la compensazione dell'utensile.

Funzioni ausiliarie o miscellanee

M seguita da un numero compreso tra 00 e 99.
Se programmate in un blocco contenente movimenti degli assi, sono attive prima del movimento
Possono in genere essere viste come degli interruttori che azionano dei processi

M02	**fine programma**	
M03	**rotaz. oraria mandrino**	*modale*
M04	**rotaz. antioraria mandrino**	*modale*
M05	**arresto mandrino**	
M06	**cambio utensile**	
M08	**inserzione pompa fluido luborefr.**	*modale*
M09	**fermata erogazione fluido**	
M10	**blocco assi non in ciclo**	*modale*
M11	**sblocco assi non in ciclo**	*modale*

Esempio di blocco

N10 G03 X20 Z36 I10 K10 F0.3 S1500 T01 M06

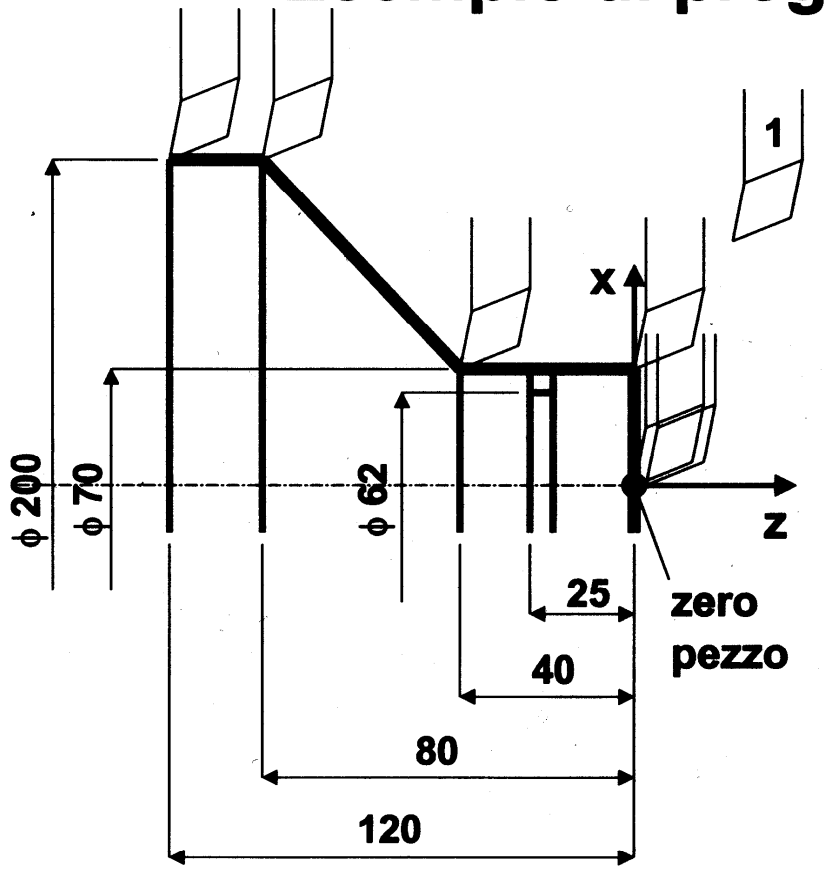
Numero blocco

Informazioni geometriche

Informazioni tecnologiche

Informazioni ausiliarie

Esempio di programma



Scelta utensile

T1.1 M6

V_t [giri/min]

G97 **S100 M4 F0.2**

Rotaz. antioraria

G0 X0 Z1

G1 Z0

X70

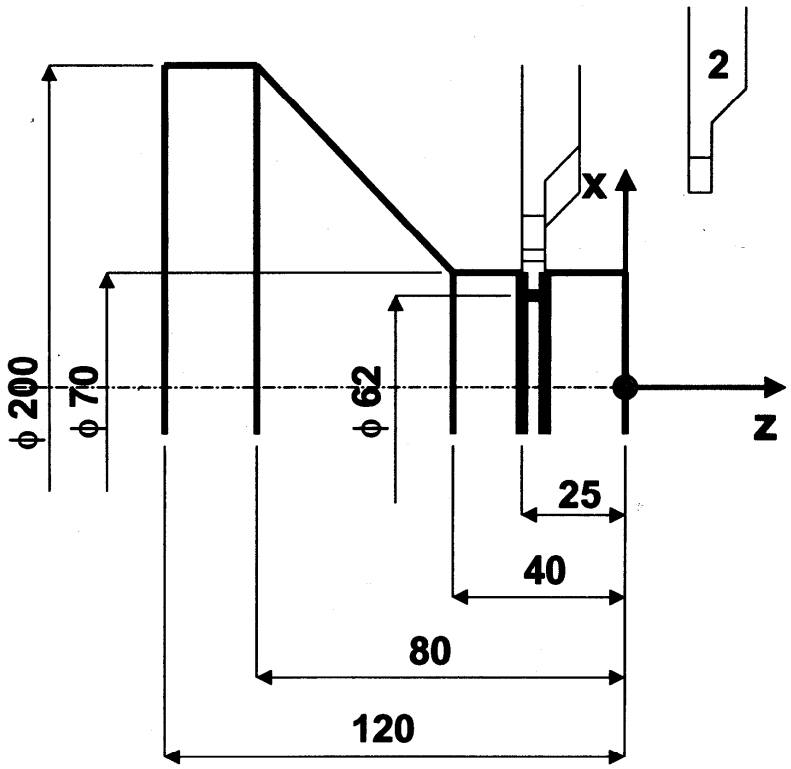
Z-40

X200 Z-80

Z-120

G0 X250 Z150

Esempio di programma



T2.2 M6

G96 S300 M4 F0.08

G0 X72 Z-25

G1 X62

G0 X72

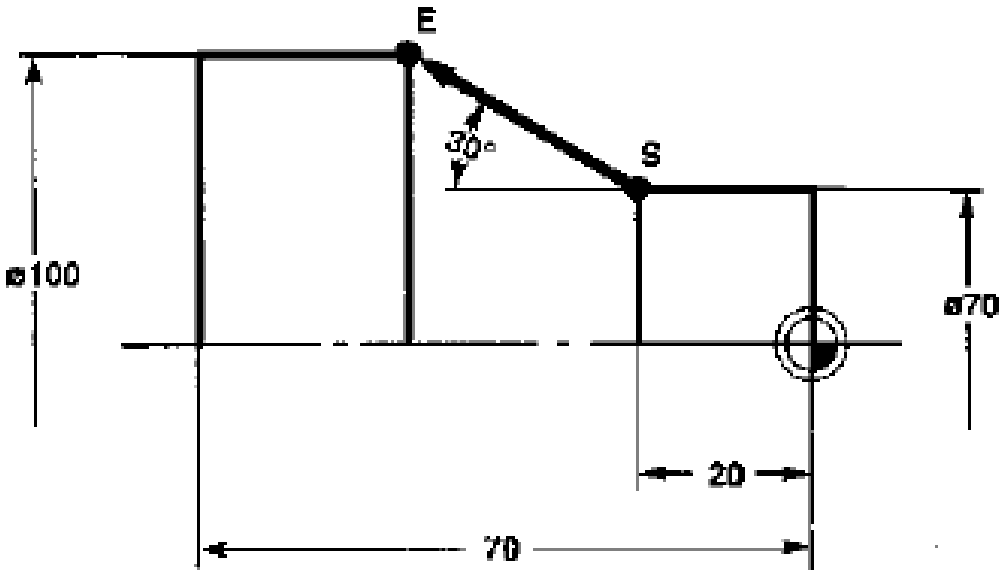
X250 Z150

M30

V_t [m/min]

Fine programma e riavvolgimento nastro

Interpolazione lineare diagonale con quota angolare A

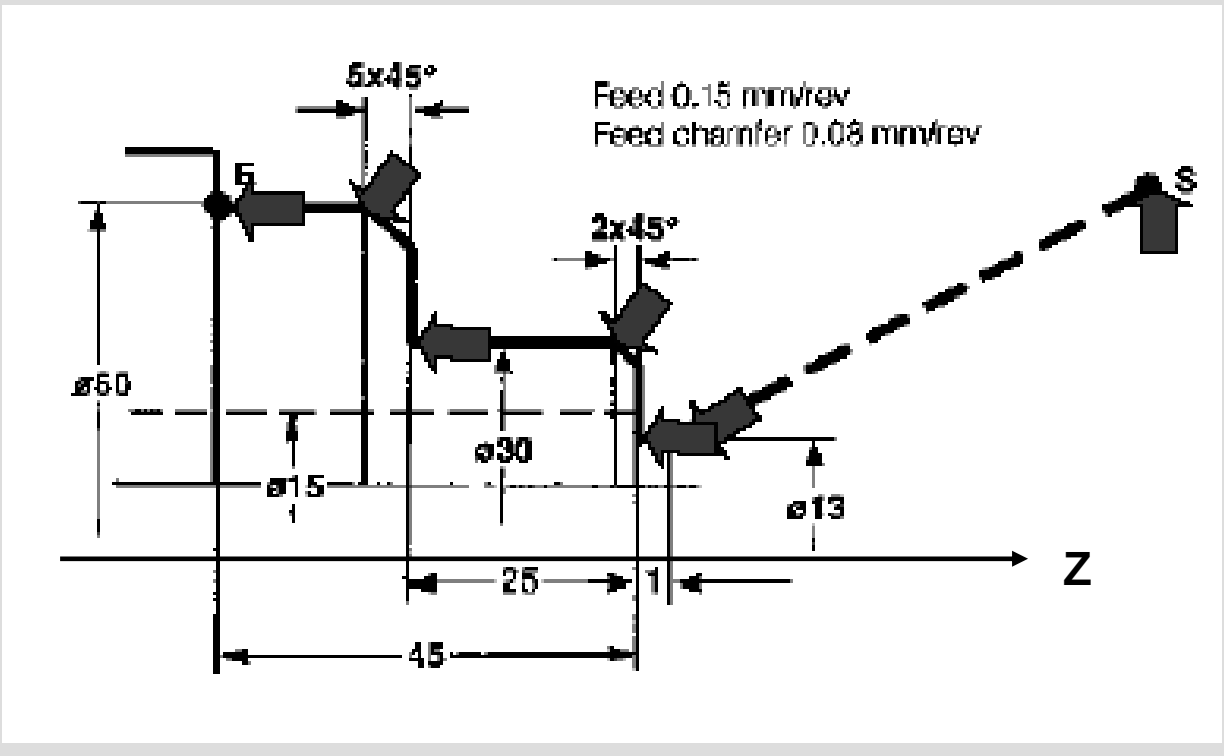


G01 X100 A150

oppure

G01 X100 A-30

Smusso a 45° con cateto D




```
G0 X13 Z1
G1 Z0 F0.15
G1 X30 D2 E0.08
G1 Z-25
G1 X60 D5
G1 Z-45
```

Cicli fissi di foratura

G81 foratura

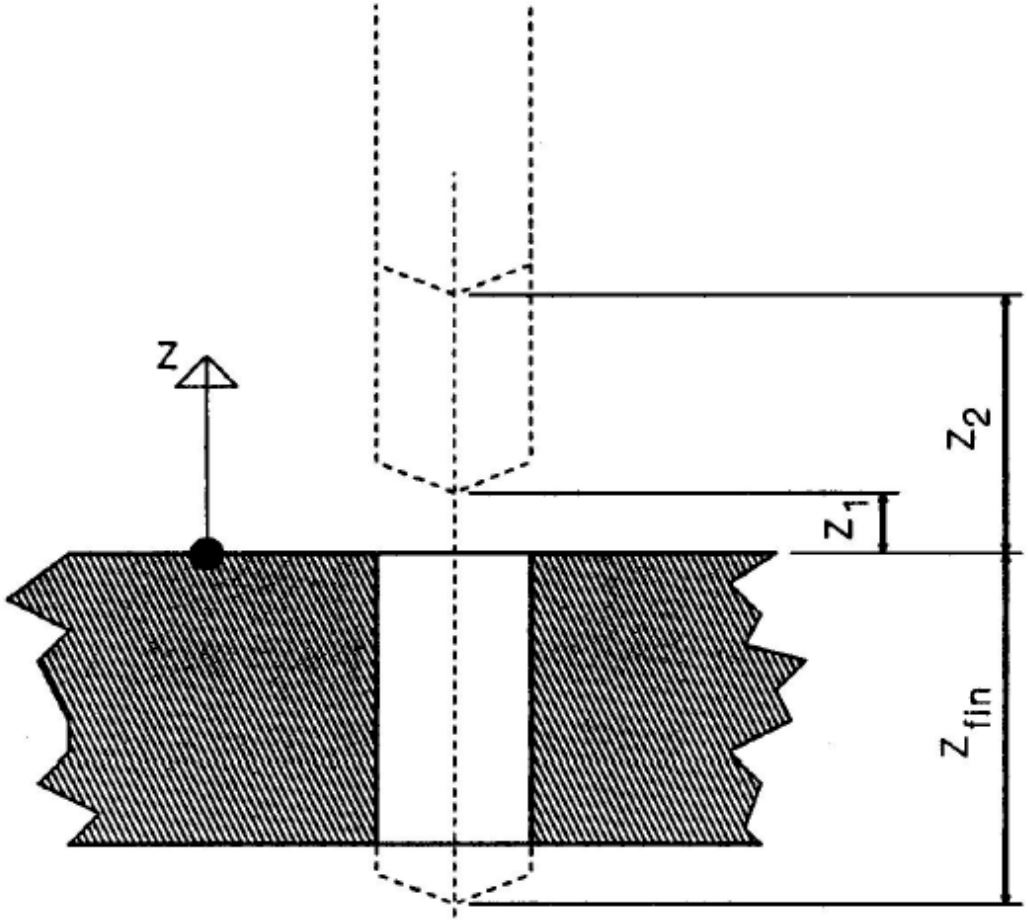
(fori passanti)

G82 fori ciechi

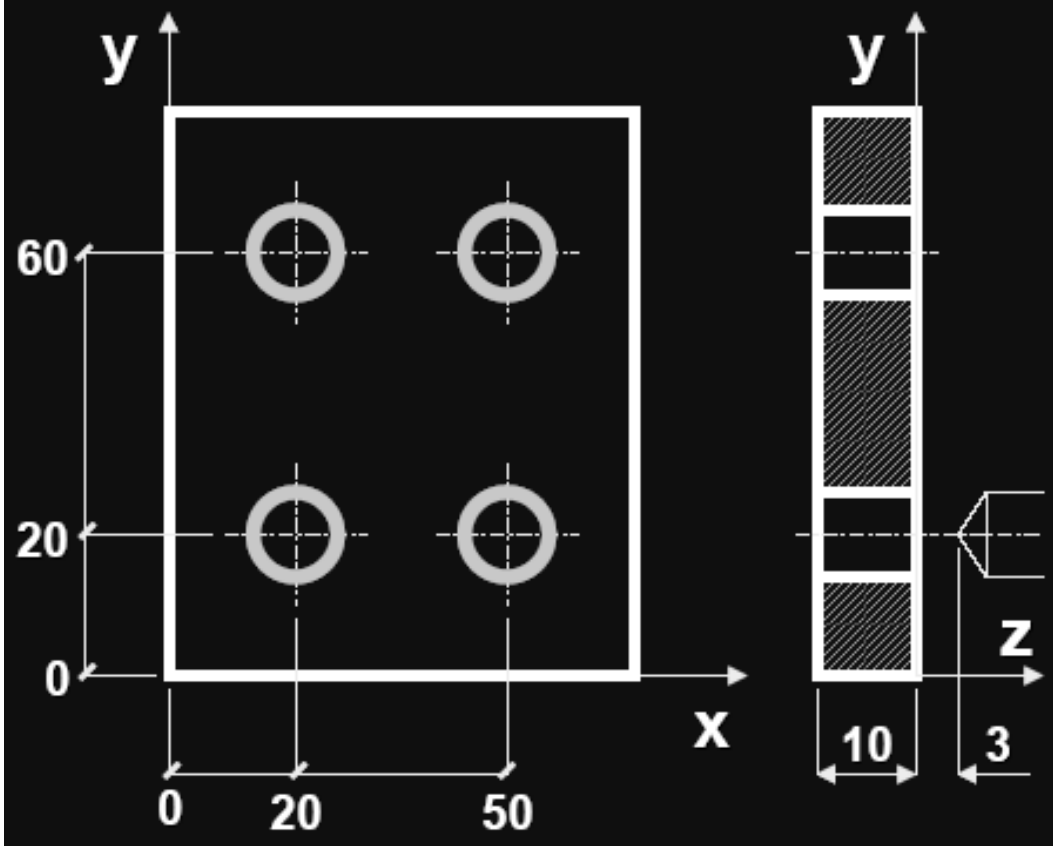
(sosta sul fondo)

G83 foratura profonda

(evacuazione truciolo)



Ciclo fisso di foratura G81



T3.3 M6

S1100 F0.1 M3

G81 R3 Z-15

X20 Y20

Y60

X50

Y20

G80 Z100

Ciclo fisso sgrossatura // asse z

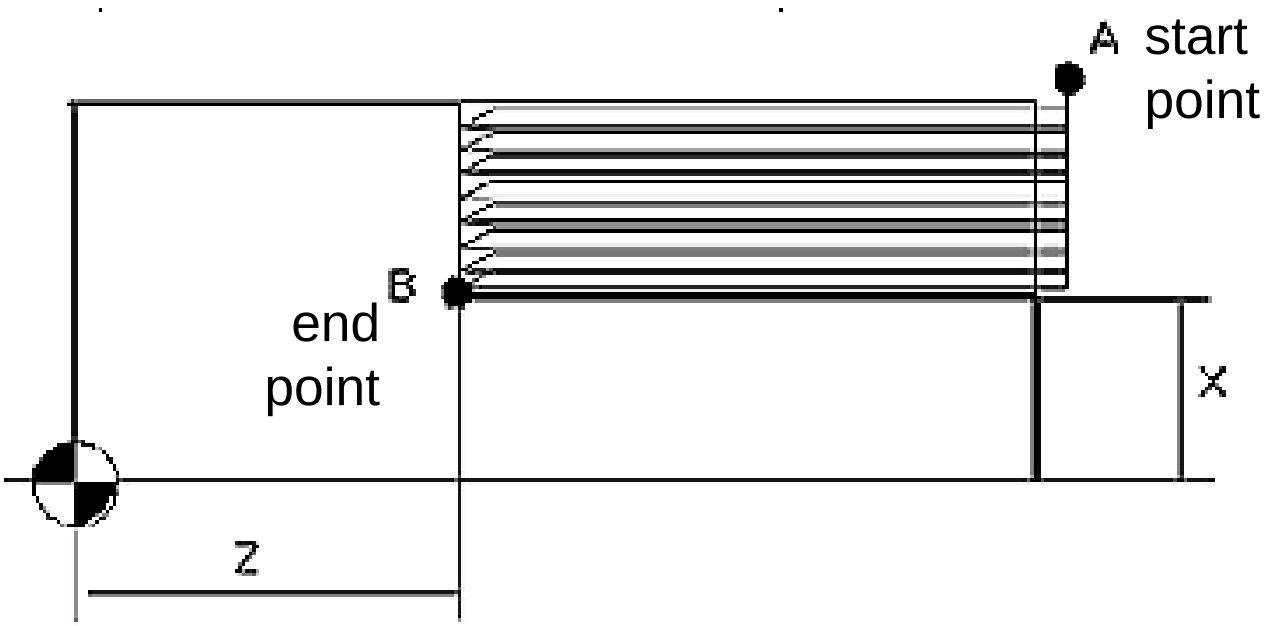
G84 X ….. Z ….. P- …..

coord. punto finale **B**

profondità di passata

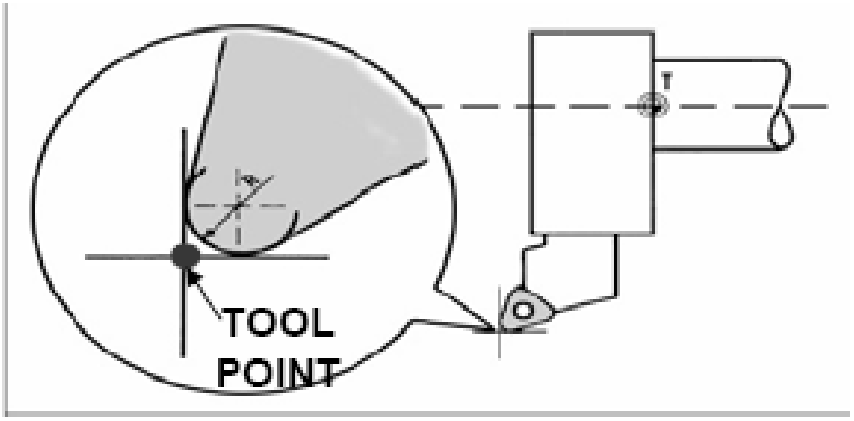
Prima della chiamata ciclo utensile in A

A fine ciclo l'utensile torna in A

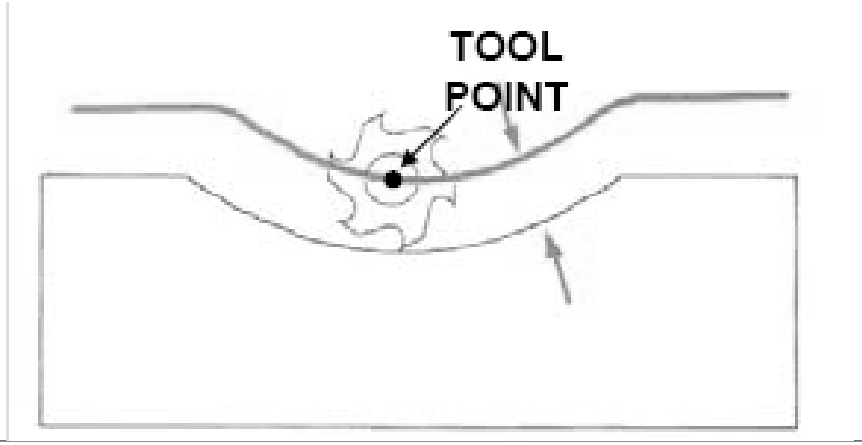


Percorso utensile

Il percorso utensile viene programmato rispetto ad un punto di riferimento.



Tornitura



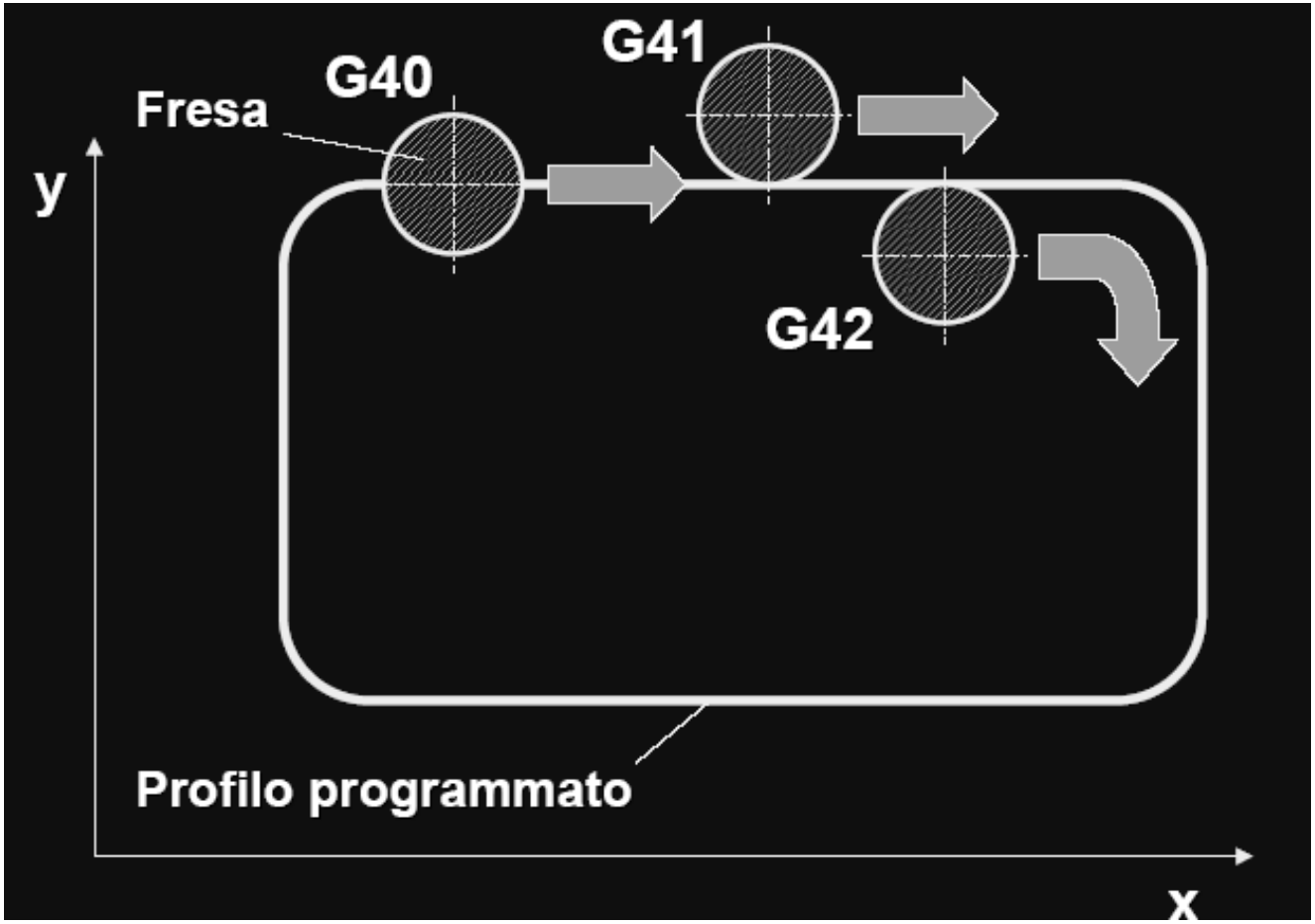
Fresatura

Compensazione diametro utensile *(fresatura)*

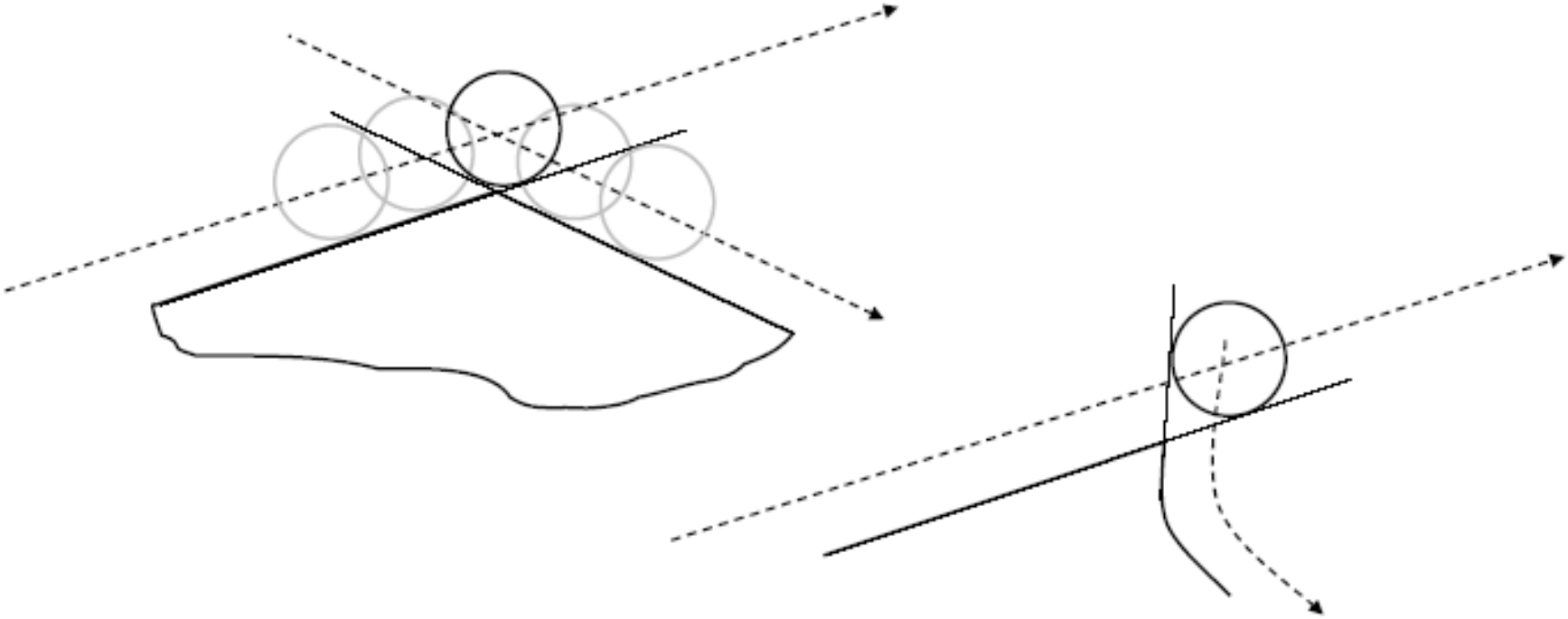
G40 off

G41 sx

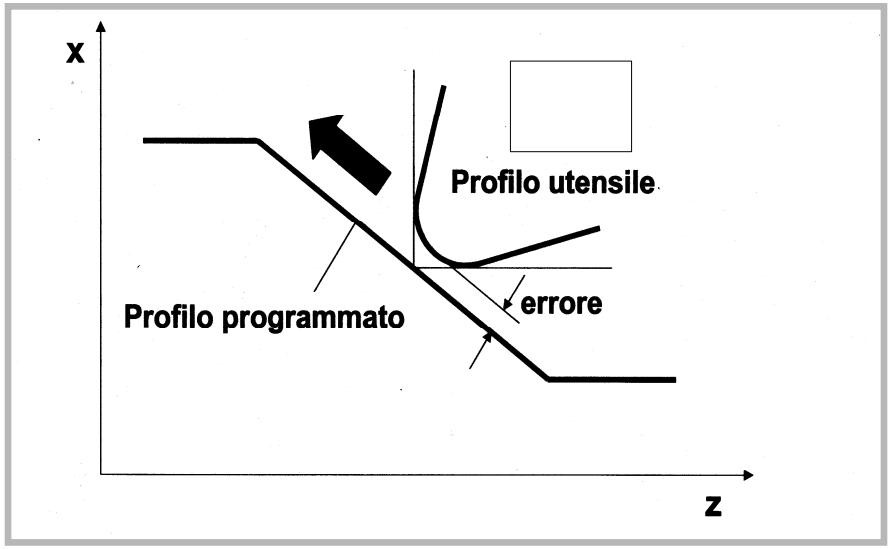
G42 dx



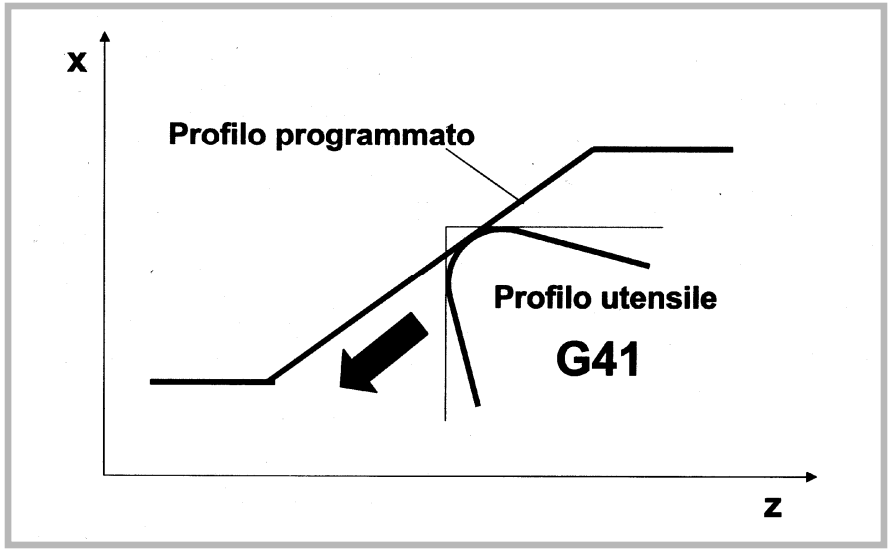
Offset agli spigoli

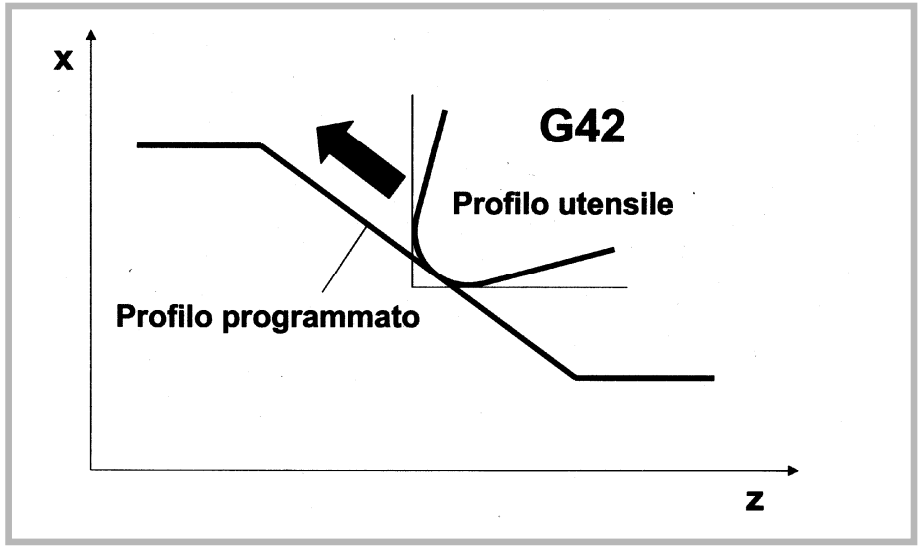


Compensazione raggio utensile *(tornitura)*



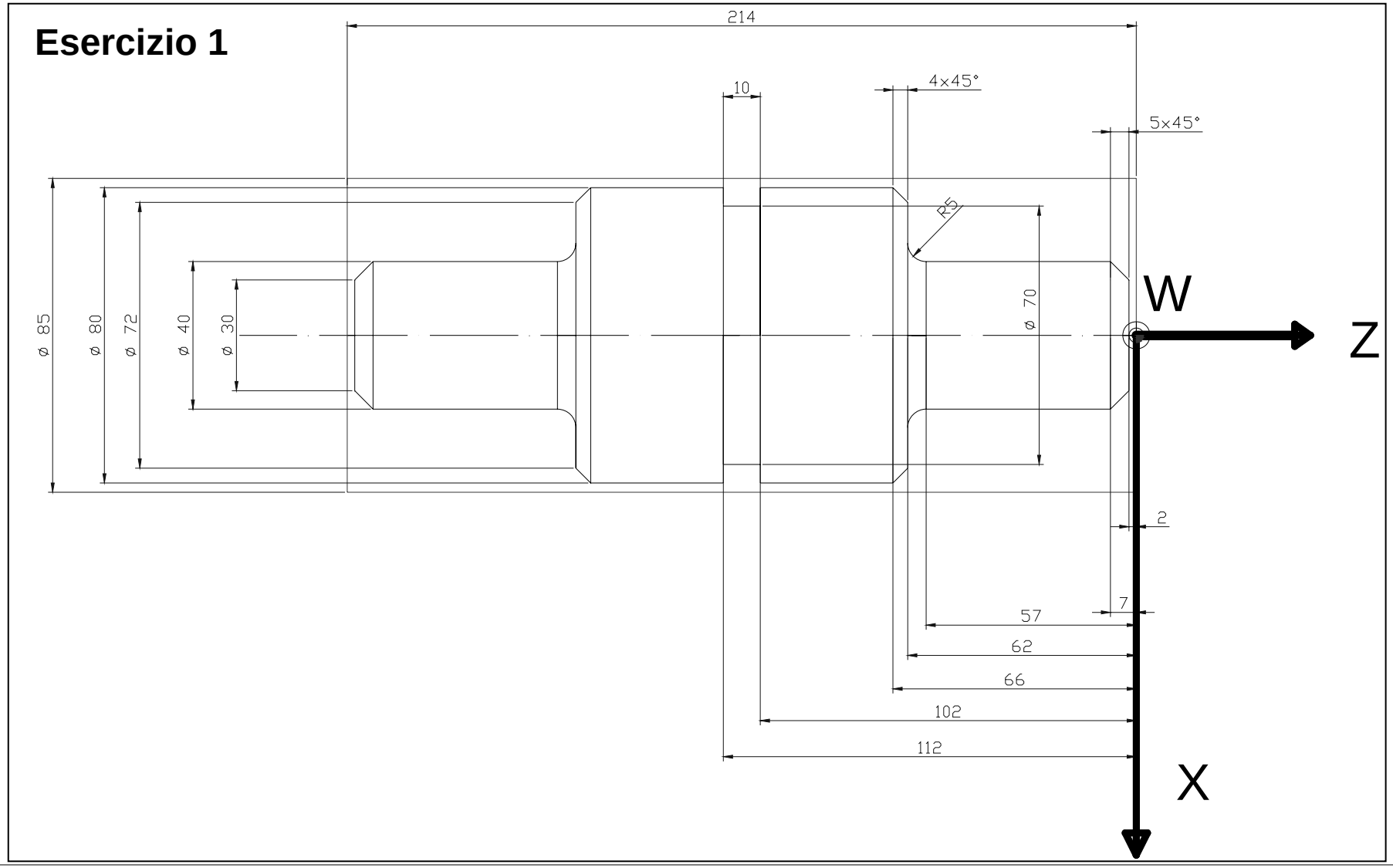
Errori lungo conicità e raccordi

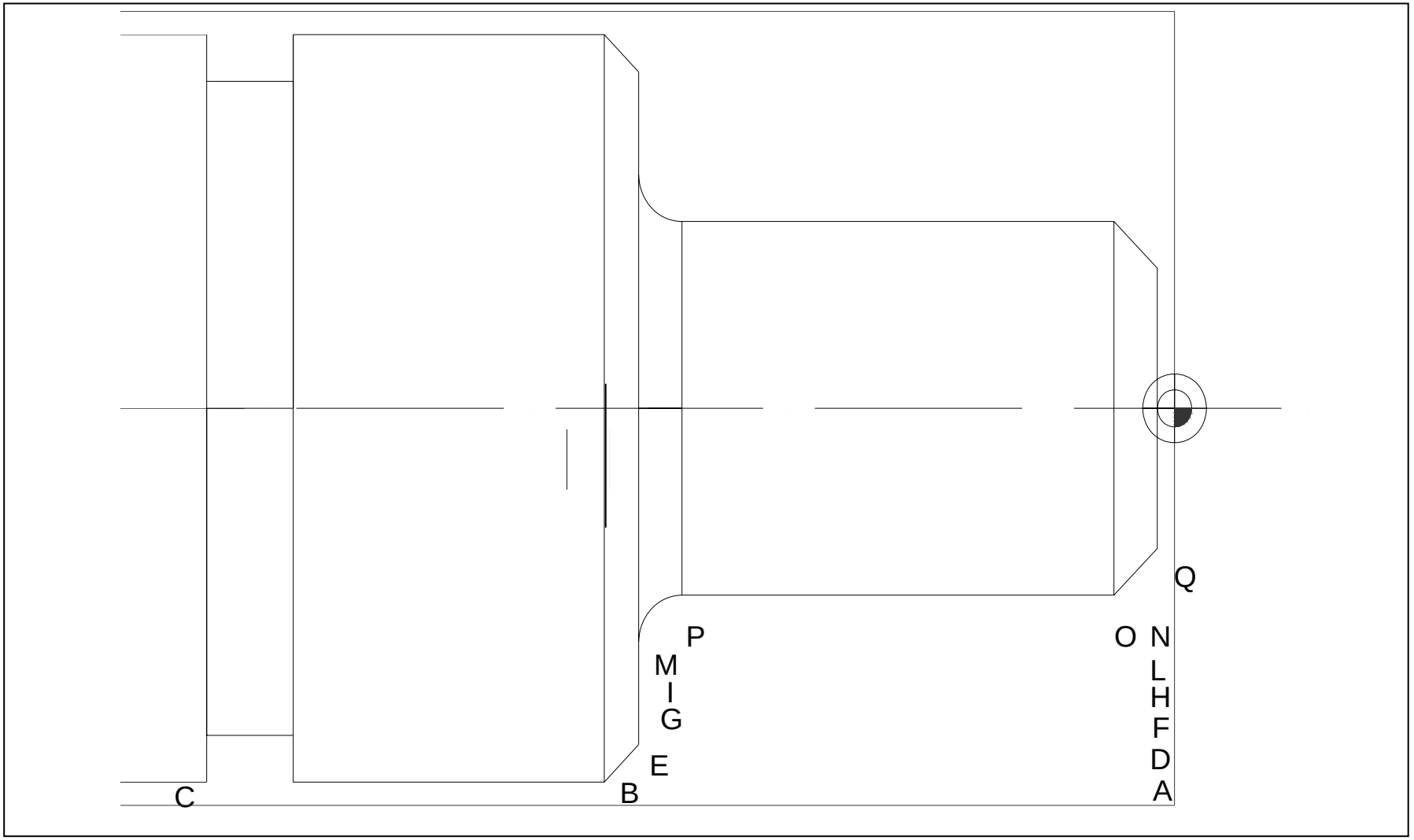




Esempi di programmazione di torni a controllo numerico

Esercizio 1




Q
P
O
N
M
L
I
H
G
F
E
D
C
B
A

La realizzazione del pezzo avverrà in due fasi: nella prima si asporterà materiale dal lato destro fino alla realizzazione della gola, nella seconda si posizionerà il pezzo nel mandrino, con griffe morbide, dalla parte già lavorata e il sovrametallo verrà asportato con modalità identiche a quelle della prima fase che sarà di seguito descritta nel dettaglio.

Le lavorazioni saranno effettuate secondo la seguente sequenza:

- sfacciatura
- tornitura cilindrica esterna di sgrossatura in più passate sino a lasciare 1 mm di sovrametallo
- tornitura cilindrica esterna di finitura
- realizzazione gola con utensile di larghezza pari a quella della gola

Per facilitare la stesura del part program è utile redigere una tabella con le coordinate dei punti caratteristici della lavorazione

	start	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q
X	50	41	41	41	37	37	33	33	29	29	25	25	21	21	21	15
Z	-2	0	-65	-115	0	-61	0	-61	0	-61	0	-61	0	-6	-56	0

Nel part program che segue, il posizionamento dell'utensile è programmato in modalità assoluta.

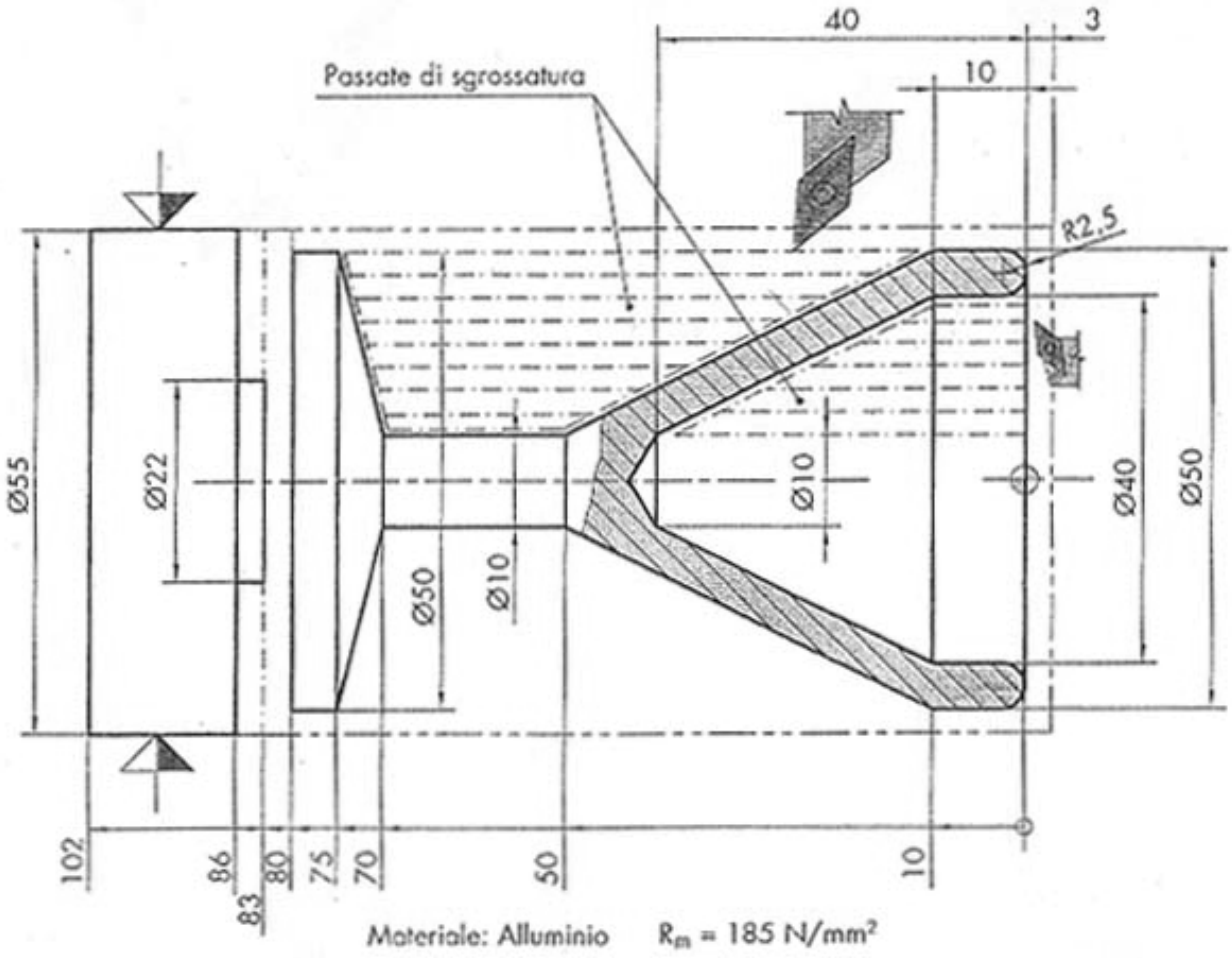
% Albero	inizio programma, descrizione pezzo
N010 G00 X150 Z200 T0101 M06 (MSG, UT. SGR)	prelev. utensile sgrossatore
N020 G92 S2400	limitaz. max vel mandrino
N030 G96 G95 F0.3 S300 M04 M08	vel taglio cost m/min, feed mm/giro, rotaz.antioraria, fluido lubrorefr.
N040 X50 Z-2	posizionamento in rapido punto start
N050 G01 X-0.5	sfacciatura
N060 G00 Z0	allontanamento in rapido utensile
N070 X41	posizionamento in A
N080 G01 Z-115	torn. cil .est fino a C
N090 X45	allontanamento utensile
N100 G00 Z0	ritorno in rapido
N110 X37	posizionamento in D
N120 G01 Z-61	prima passata sgrossatura DE

N130 X41 Z -65	eliminaz. sovrametallo spigolo EB
N140 G00 Z0	ritorno in rapido
N150 X33	posizionamento in F
N160 G01 Z-61	seconda passata sgrossatura FG
N170 X35	allontanamento utensile
N180 G00 Z0	ritorno in rapido
N190 X29	posizionamento in H
N200 G01 Z-61	terza passata di sgrossatura HI
N210 X31	allontanamento utensile
N220 G00 Z0	ritorno in rapido
N230 X25	posiz. In L
N240 G01 Z-61	quarta passata di sgrossatura LM
N250 X27	allontanamento utensile
N260 G00 Z0	ritorno in rapido

N270 X21	posiz. in N
N280 G01 Z-56	quinta passata di sgrossatura NP
N290 X25 Z-61	eliminaz. sovrametallo spigolo PM
N300 G00 Z0	ritorno in rapido
N310 X15	posiz. in Q
N320 G01 X21 Z-6 M09	asportazione spigolo QO, arresto fluido luborefr.
N330 G00 X50 Z200 T0202 M06 (MSG, UT. FIN)	cambio utensile finitore
N340 F0.15 S400 M08	impost. parametri taglio, pompa fluido on
N350 X15 Z0	avvicinamento in rapido a Q
N360 G01 Z-2	posiz. inizio finitura
N370 X20 Z-7	lavoraz. primo smusso
N380 Z-57	lavoraz. primo tratto cilindrico
N390 G02 X25 Z-62 I5 K0	lavoraz. raccordo circolare
N400 G01 X36	lavoraz. spalla battuta

N410 X40 Z-66	lavoraz. secondo smusso
N420 Z-115	lavoraz. secondo tratto cilindrico
N430 X42 M09	allontanamento utensile, pompa fluido off
N440 G00 X50 Z200 T0303 M06 (MSG, UT. TRONC)	cambio utensile
N450 Z-112 F0.1 S300 M08	impost. parametri taglio, pompa fluido on
N460 G01 X35	realizzazione gola
N470 G00 X50	allontanamento in rapido utensile
N480 Z200 M05 M02	allontanamento utensile dal pezzo, arresto mandrino, fine programma

Esercizio 2



Per ottenere l'oggetto mostrato in figura si dovrà prevedere l'esecuzione delle seguenti lavorazioni: sfacciatura, tornitura interna, tornitura esterna, e troncatura

Gli utensili previsti per le lavorazioni sono riportati nella tabella con i rispettivi parametri di taglio.

DESCRIZIONE DELL'UTENSILE	T	F [m/min]	S [giri/min]
Utensile a sfacciare	1	0,3	800
Punta da centri ø 2,5	2	0,2	1200
Punta ø 10	3	0,2	600
Utensile sgrossatore interni	4	0,2	600
Utensile finitore interni	5	0,1	1000
Utensile sgrossatore esterni	6	0,2	800
Utensile finitore esterni	7	0,1	1200
Utensile troncatore sp. 3	8	0,1	350

```
%
N010 P50 G95
N020 T1 M6
(Utensile a sfacciare)
N030 S800 M4
N040 G0 X60 Z1.6
N050 G1 X0 F0.3
N060 G0 Z3
N070 X60
N080 Z0.2
N090 G1 X0
N100 G0 Z2
N110 X100 Z80 T2 M6
(Punta da centri ø 2,5)
N120 S1200 M4
N130 G0 X0 Z3
N140 G81 Z-6 F0.2
N150 G80 X100 Z80 T3 M6
(Punta ø 10)
N160 S600 M4
N170 G83 Z-43 F0.2
N180 G80 X100 Z80 T4 M6
(Utensile sgrossatore interni)
N190 G0 X15 Z3
N200 G1 Z-32 F0.2
N210 X10 Z-37
N220 G0 Z3
N230 X20
N240 G1 Z-27
N250 X15 Z-37
N260 G0 Z3
N270 X25
N280 G1 Z-22
N290 X20 Z-27
N300 G0 Z3
N310 X30
N320 G1 Z-17
N330 X25 Z-22
N340 G0 Z3
N350 X34.5
N360 G1 Z-12
N370 X30 Z-17
N380 G0 Z3
N390 X39
N400 G1 Z-8
N410 X34.5 Z-12
N420 G0 Z3
N430 X100 Z80 T5 M6
(Utensile finitore interni)
N440 S1000 M4
N450 G0 X45 Z3
N460 G1 Z0 F0.1
N470 G2 X40 Z-2.5 I45 K-2.5
N480 G1 Z-10
N490 X10 Z-40
N500 G0 Z3
N510 X100 Z80 T6 M6
(Utensile sgrossatore esterni)
N520 S800 M4
N530 G0 X51 Z3
N540 G1 Z-86 F0.2
N550 G0 X53
N560 Z-13
N570 G1 X50
N580 X45 Z-18
```

```
N590 Z-73
N600 G0 X50
N610 Z-18
N620 X45
N630 G1 X40 Z-23
N640 Z-72,5
N650 G0 X45
N660 Z-23
N670 X40
N680 G1 X35 Z-28
N690 Z-72
N700 G0 X40
N710 Z-28
N720 X35
N730 G1 X30 Z-33
N740 Z-71.5
N750 G0 X35
N760 Z-33
N770 X30
N780 G1 X25 Z-38
N790 Z-71
N800 G0 X30
N810 Z-38
N820 X25
N830 G1 X20 Z-43
N840 Z-70.5
N850 G0 X25
N860 Z-43
N870 X20
N880 G1 X15.5 Z-48
N890 Z-70
N900 G0 X20
N910 Z-48
N920 X11 Z-52
N930 Z-69.5
N940 G0 X55
N950 X100 Z80 T7 M6
(Utensile finitore esterni)
N960 S1200 M4
N970 G0 X45 Z3
N980 G1 Z0 F0.1
N990 G3 X50 Z-2.5 I45 K-2.5
N1000 G1 Z-10
N1010 X10 Z-50
N1020 Z-70
N1030 X50 Z-75
N1040 Z-86
N1050 G0 X100 Z80 T8 M6
(Utensile troncatore sp. 3)
N1060 S350 M4
N1070 G0 X60 Z-83
N1080 G1 X21 F0.1
N1090 G0 X60
N1100 Z-86
N1110 G1 X22
N1120 Z-83
N1130 X-0.5
N1140 G0 X100 Z80 M5
N1150 M30
```