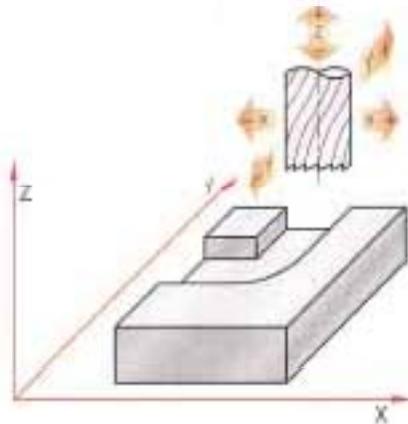




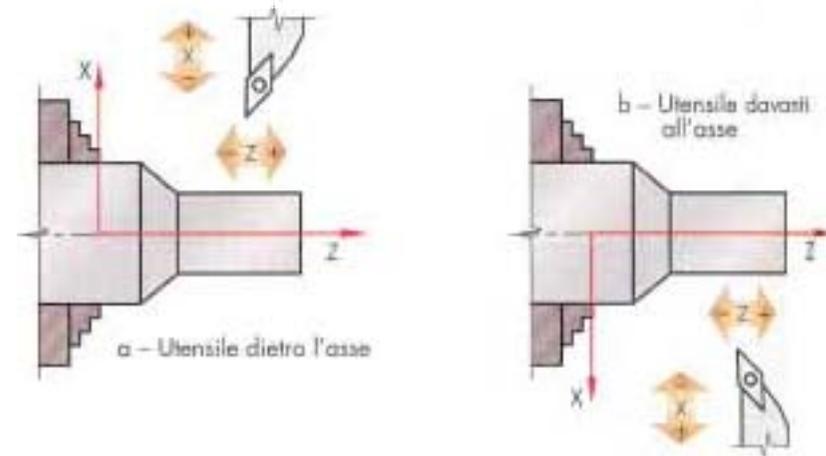
LINGUAGGIO di PROGRAMMAZIONE ISO

SISTEMI DI COORDINATE



Il sistema di riferimento utilizzato nelle fresatrici è costituito da 3 assi X, Y, Z assegnati ai 3 movimenti principali.

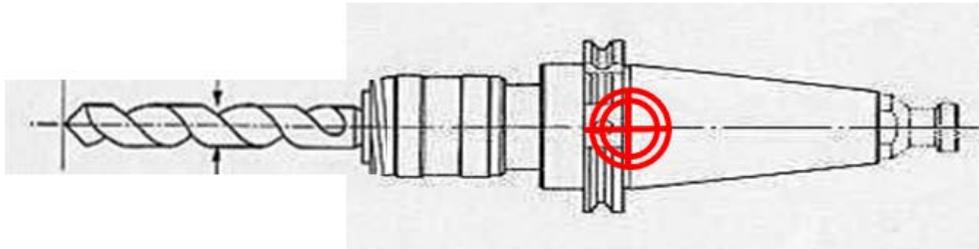
N.B.: nel programmare le macchine CNC si intende che a muoversi sia sempre il mandrino anche quando in effetti è la tavola a muoversi.



Il sistema di riferimento utilizzato nei torni è costituito da 2 assi X, Z (per la rotazione del pezzo montato sul mandrino le coordinate Y assumono sempre valori identici alle coordinate X).



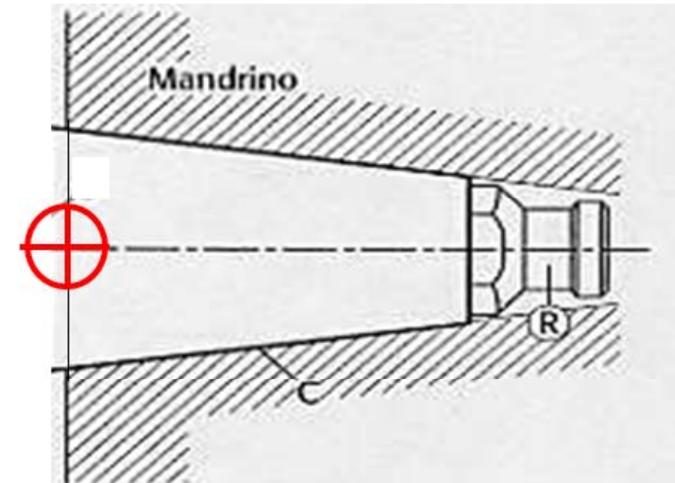
ZERO UTENSILE \equiv E



Lo zero pezzo per l'asse di lavoro (Z) si esegue sfiorando il naso del mandrino sul pezzo.

In seguito a tale operazione in un'apposita videata del CNC, riservata alla compensazione degli utensili, si vanno ad indicare le lunghezze effettive dei vari utensili.

ZERO INNESTO \equiv N



Lo zero innesto viene fatto coincidere con lo zero utensile.



Simbologia

ZERO PEZZO \equiv W



ZERO MACCHINA \equiv M



ZERO - UTENSILE \equiv E

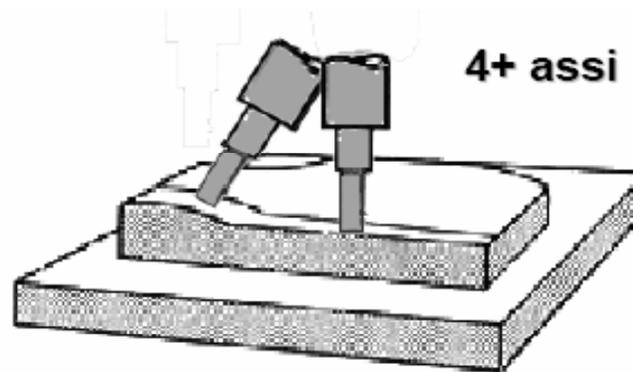
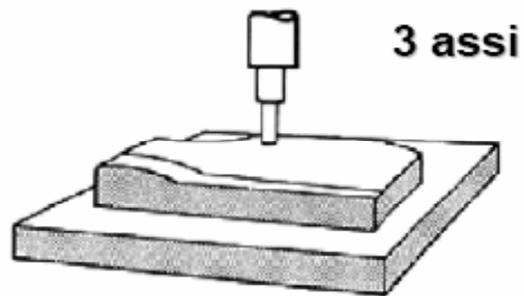
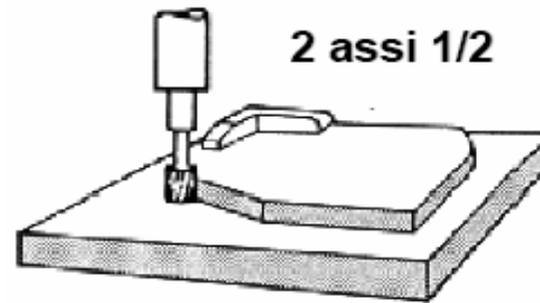
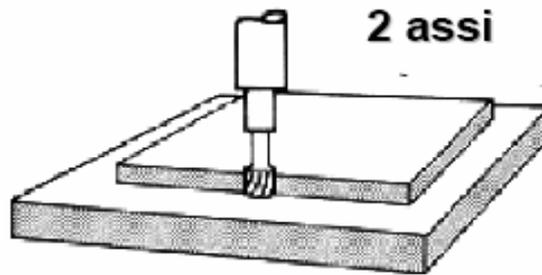


ZERO - PORTAUTENSILE \equiv N



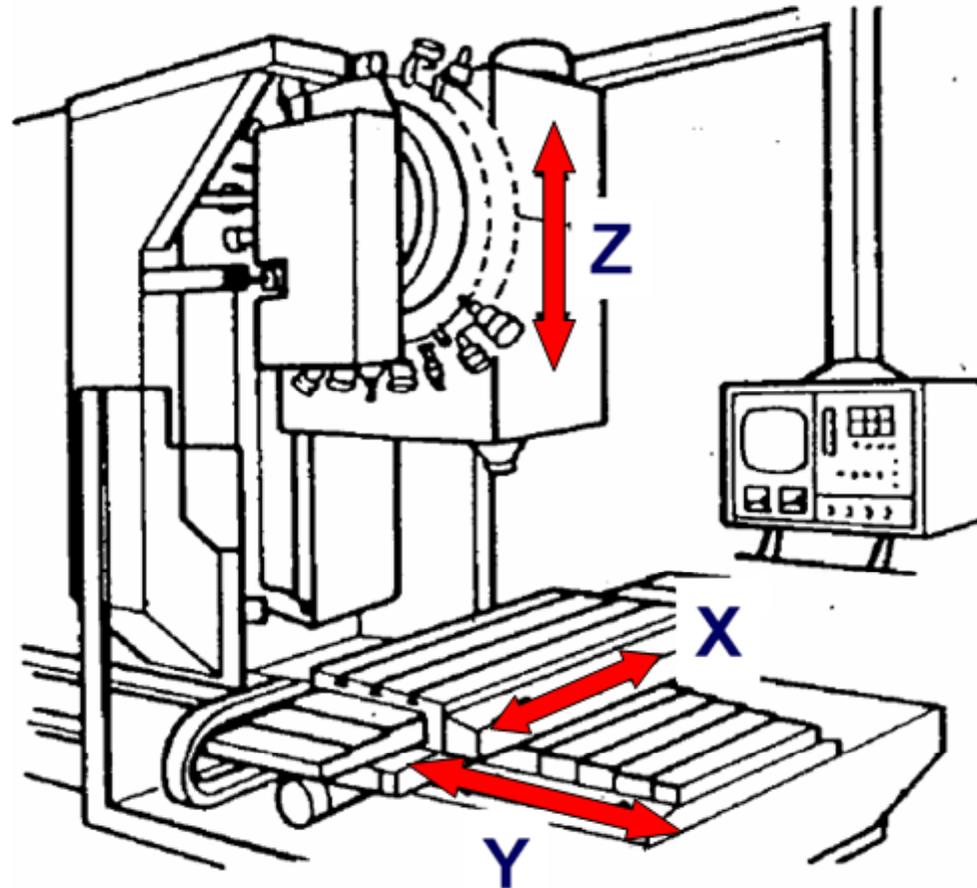


Classificazione assi controllati



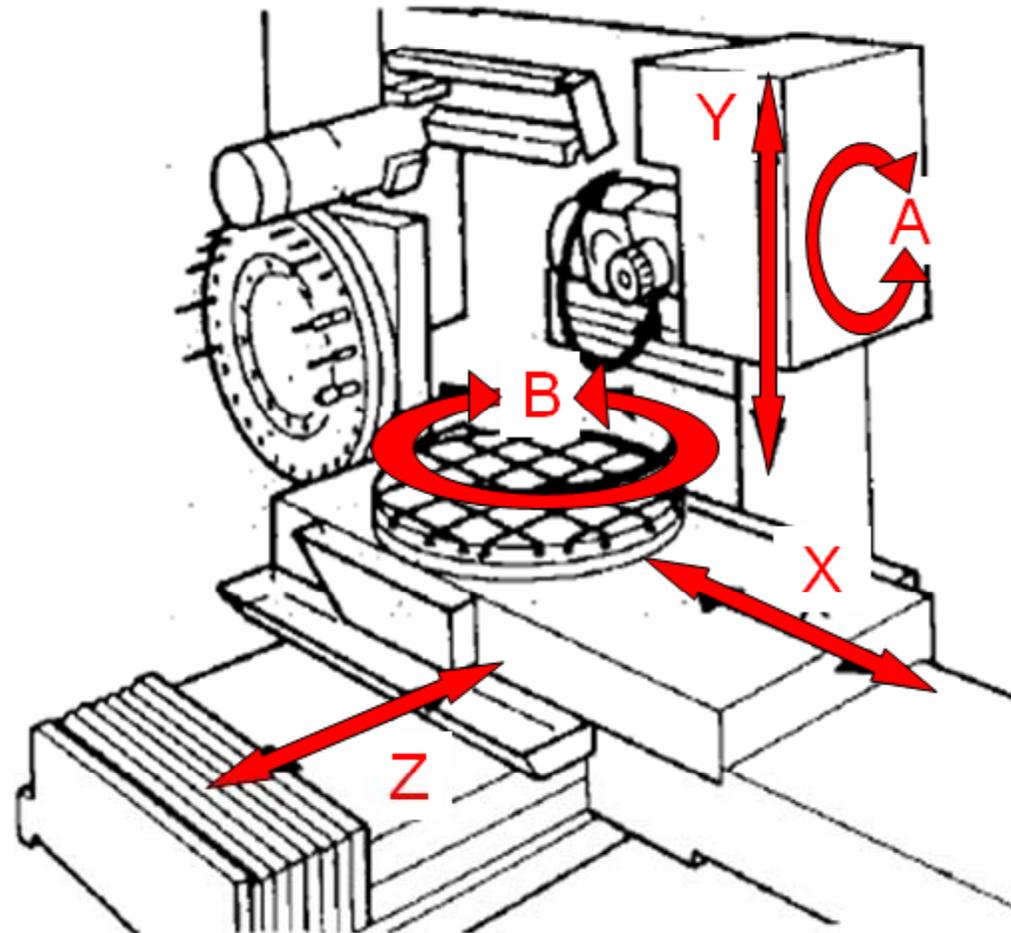


Centro di lavoro a 3 assi controllati



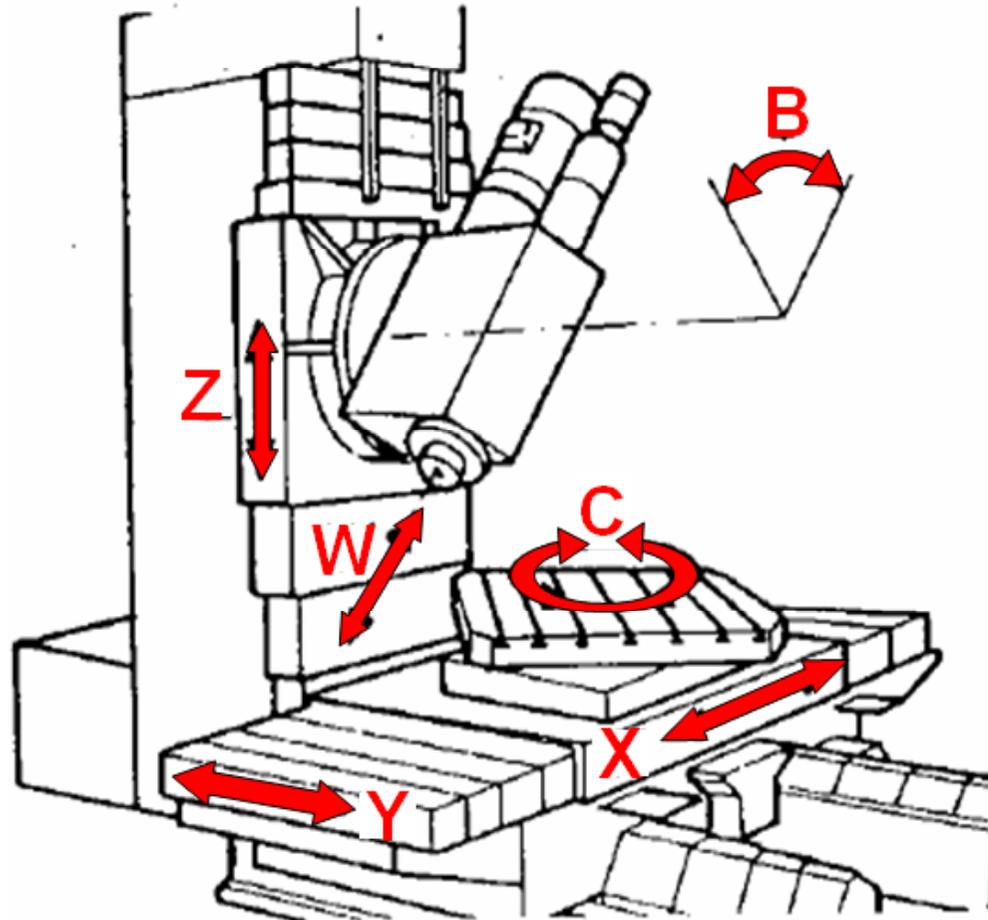


Centro di lavoro a 5 assi controllati





Centro di lavoro a 6 assi controllati





Principi di programmazione CNC

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

In ogni caso la programmazione precede sempre l'esecuzione della lavorazione e comporta un'attenta analisi del pezzo per definire:

1. la posizione dello zero pezzo (OP) a cui fare riferimento per l'assegnazione delle coordinate dei punti fondamentali del profilo del pezzo;
2. le modalità di bloccaggio del pezzo sulla macchina per tenere conto della presenza delle staffe nel percorso utensile;
3. la successione delle fasi di lavorazione;
4. gli utensili da utilizzare;
5. i parametri di taglio da impostare.



Il Part Program

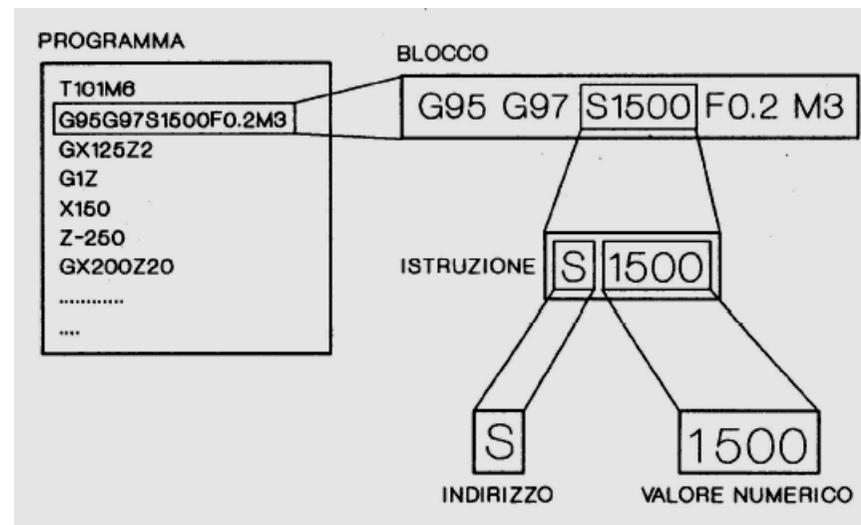
Viene redatto secondo lo standard internazionale di programmazione UNI ISO 6983:

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

Ciascuna istruzione è costituita da **caratteri alfanumerici** in cui il primo, letterale, definisce l'**indirizzo** mentre il secondo, numerico, definisce i **dati di parola**

Struttura del programma





Elenco completo degli indirizzi della
Programmazione ISO 6983

CARATTERE	SIGNIFICATO
Caratteri speciali	
%	Inizio programma
LF	Fine blocco
:	Suddivisione di programma (per evidenziare il cambio utensile)
/	Salto di blocco a predisposizione (per evitare lavorazioni saltuarie)
{	Inizio dei dati da ignorare
}	Fine dei dati da ignorare
Indirizzi	
A	Coordinata angolare attorno all'asse X
B	Coordinata angolare attorno all'asse Y
C	Coordinata angolare attorno all'asse Z
D	Coordinata angolare attorno a un asse speciale, o terza velocità di avanzamento, o funzione utensile per l'indicazione della correzione utensile
E	Coordinata angolare attorno a un asse speciale, o seconda velocità di avanzamento
F	Velocità di avanzamento (Feed)
G	Funzione preparatoria (General function)
H	Indirizzo a disposizione
I	Parametro di interpolazione o passo di filettatura secondo X
J	Parametro di interpolazione o passo di filettatura secondo Y
K	Parametro di interpolazione o passo di filettatura secondo Z
L	Indirizzo a disposizione
M	Funzione ausiliaria (Miscellaneous)
N	Numero di blocco (Number)
O	Indirizzo a disposizione
P	Movimento terziario parallelo all'asse X, o primo fattore di correzione del raggio utensile
Q	Movimento terziario parallelo all'asse Y, o secondo fattore di correzione del raggio utensile
R	Quota di stop su l'asse Z (Rapid), o movimento terziario parallelo all'asse Z, o terzo fattore di correzione del raggio utensile
S	Velocità di rotazione del mandrino (Spindle)
T	Numero utensile (Tool)
U	Movimento secondario attorno all'asse X
V	Movimento secondario attorno all'asse Y
W	Movimento secondario attorno all'asse Z
X	Movimento principale dell'asse X
Y	Movimento principale dell'asse Y
Z	Movimento principale dell'asse Z



Ordine di inserimento delle istruzioni in un blocco



- Numero di sequenza N**
- Funzioni Generali o preparatorie G**
- Coordinate del punto di arrivo:
 - per gli assi lineari X**,Y**,Z**
 - per gli assi di rotazione A**,B**,C**
 - per gli assi supplementari U**,V**,W**
 - 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 N**

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

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

Può essere omesso

L'incremento di 10 in 10 è convenzionale, in quanto permette di aggiungere un ulteriore blocco tra altri due in un secondo momento, se necessario

N10

N20

N30

...

...



Alcune funzioni generali o preparatorie G**

sono dette "funzioni preparatorie" perché non compiono alcuna azione ma hanno il compito di indicare alla macchina in che modo gli spostamenti dovranno essere eseguiti.

G00	Interpolazione lineare in rapido	G54	Impostazione coordinate del pezzo
G01	Interpolazione lineare a velocità impostabile (lavoro)	G70	Misure in pollici
G02	Interpolazione circolare oraria	G71	Misure in mm
G03	Interpolazione circolare antioraria	G81- 89	Cicli fissi
G04	Tempo di sosta	G90	Programmazione assoluta
G17	Selezione Piano di interpolazione X-Y con asse di lavoro Z	G91	Programmazione incrementale
G18	Selezione Piano di interpolazione X-Z con asse di lavoro Y	G92	Max. velocità rotazione mandrino
G19	Selezione Piano di interpolazione Y-Z con asse di lavoro X	G94	Avanzamento in mm/min
G40	Fine compensazione raggio utensile	G95	Avanzamento in mm/giro
G41	Compensazione raggio utensile a sx	G96	Velocità taglio in m/min
G42	Compensazione raggio utensile a dx	G97	Velocità taglio in giri/min

Ad es.: **G00**, indica alla macchina che la traslazione lineare di uno o più assi dovrà avvenire alla massima velocità consentita



“Funzioni Preparatorie” ISO -G

Codice	Funzione	Codice	Funzione
G0 *	Movimento in rapido	G51	Compensazione lunghezza utensile [+;0]
G1	Interpolazione lineare (moto di lavoro)	G52	Compensazione lunghezza utensile [-;0]
G2	Interpolazione circolare orario	G53	Cancellazione dello spostamento di origine e compensazione utensile lineare
G3	Interpolazione circolare antiorario	G54	Spostamento di origine asse X
G4	Scatto a fine passo (tempo programmato)	G55	Spostamento di origine asse Y
G5	Ariesto sospensivo	G56	Spostamento di origine asse Z
G6	Interpolazione parabolica	G57	Spostamento di origine asse X, Y
G7	Non definita	G58	Spostamento di origine asse X, Z
G8	Accelerazione a inizio passo	G59	Spostamento di origine asse Y, Z
G9	Decelerazione a fine passo	G60	Posizionamento preciso 1
G10	Interpolazione lineare di grandi dimensioni	G61	Posizionamento preciso 2
G11	Interpolazione lineare di piccole dimensioni	G62	Posizionamento grossolano
G12	Interpolazione nella spirale	G63	Filettatura
G13	Selezione dell'asse	G64	Variazione della velocità di avanzamento s/0 del mandrino
G16	Selezione dell'asse	G68	Correzione utensile (angolo interno)
G17 *	Selezione piano di lavoro XY	G69	Correzione utensile (angolo esterno)
G18	Selezione piano di lavoro XZ	G70	Inmissione dati in pollici
G19	Selezione piano di lavoro YZ	G71 *	Inmissione dati in millimetri
G20	Interpolazione circolare orario (grandi dimensioni)	G80 *	Cancellazione esecuzione di ciclo fisso
G21	Interpolazione circolare orario (piccole dimensioni)	G81	Ciclo di foratura poco profonda (arrintratura)
G22	Movimenti accoppiati (+)	G82	Ciclo di foratura (con tempo di sosta finale)
G23	Movimenti accoppiati ()	G83	Ciclo di foratura profonda con scorcio trucioli
G30	Interpolazione circolare antiorario (grandi dimensioni)	G84	Ciclo di maschiatura
G31	Interpolazione circolare antiorario (piccole dimensioni)	G85	Ciclo di alesatura
G33	Filettatura con passo costante	G86	Ciclo di boreatura con fermata mandrino
G34	Filettatura con passo crescente	G87	Ciclo esecuzione tasche rettangolari
G35	Filettatura con passo decrescente	G88	Ciclo esecuzione ascia (sed per linguette)
G40 *	Cancellazione compensazione raggio utensile	G89	Ciclo esecuzione tasche circolari
G41	Compensazione raggio utensile a sinistra	G90 *	Programmazione assoluta
G42	Compensazione raggio utensile a destra	G91	Programmazione incrementale (coordinate relative)
G43	Compensazione lunghezza utensile [+]	G92	Precarica dei registri
G44	Compensazione lunghezza utensile []	G93	Avanzamento inverso nel tempo
G45	Compensazione lunghezza utensile [+;+]	G94 *	Avanzamento in mm/min
G46	Compensazione lunghezza utensile [+;-]	G95	Avanzamento in mm/giri
G47	Compensazione lunghezza utensile [-;-]	G96	Velocità costante in m/min (M)
G48	Compensazione lunghezza utensile [-;+]	G97 *	Rotazione mandrino in giri/min
G49	Compensazione lunghezza utensile [0;+]		
G50	Compensazione lunghezza utensile [0;-]		

* Prezzi di default all'esecuzione della macchina.



Alcune funzioni preparatorie sono **modali** → una volta attivate restano attive per tutta l'esecuzione del programma ovvero sino a quando non si disattivano.

Ci sono funzioni modali che si escludono a vicenda se inserite in un medesimo blocco. In questo caso resterà attiva l'ultimo inserita

Le altre sono **non modali** o autocancellanti.

Esempio:

N10 G00 G01

G00 = traslazione rapida degli assi

G01 = traslazione interpolata degli assi (velocità lavoro)



La macchina ha dei codici "G" che sono attivi di default all'accensione e che quindi si possono omettere durante la programmazione

... porre ATTENZIONE a quando vengono disattivati inserendo un codice dello stesso gruppo di appartenenza al bisogno, dovranno essere naturalmente richiamati in programma!

I codici "G" attivi all'accensione variano da macchina a macchina, inoltre su alcuni CN si possono anche impostare a piacere.

Generalmente alcuni codici attivi all'accensione sono i seguenti:

G00 G17 G40 G54 G90 ecc.



Coordinate del punto di arrivo

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

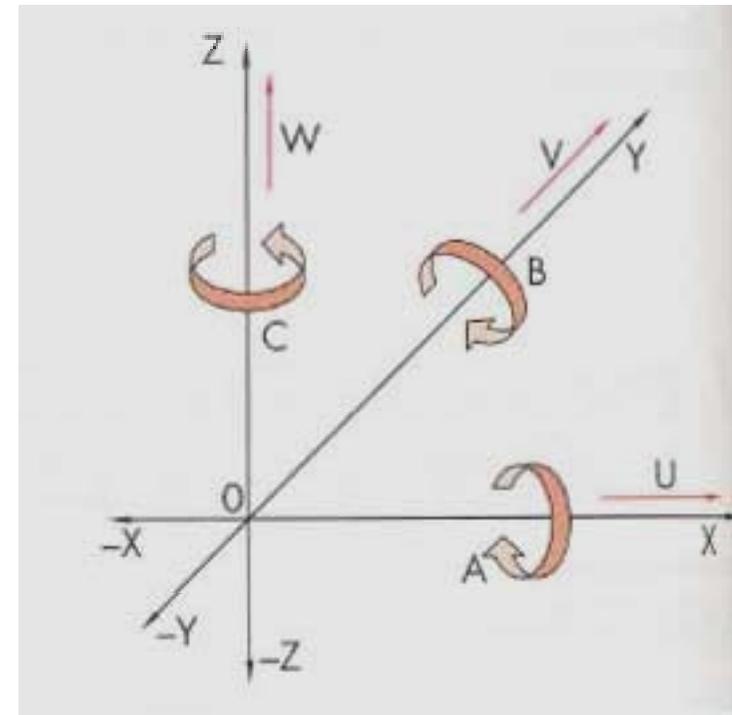
Non è necessario ripetere le coordinate che non mutano fra un posizionamento e il successivo

X ** Y ** Z **
U ** V ** W **

per default espresse in mm

A ** B ** C **

per default espresse in °





Programmazione Assoluta (G90) e Programmazione Incrementale (G91)

L'assegnazione delle quote, può essere determinata

- *rispetto allo zero del pezzo* → si indicano le quote in modo assoluto (G90).

- *rispetto al punto in cui in quel momento sono posizionati gli assi* → si indicano le quote in modo incrementale (G91).

N.B.: è un comando modale!

Esempio:

Programma 1 con quote assolute

```
G90 G0 X135 Y100;  
Z-30;  
G1 F300 X185;  
X235;  
X285;  
X335;  
N20 Z3;  
M30;
```

Programma 2 con quote incrementali

```
G90 G0 X135 Y100;  
Z-30;  
G91 G1 F300 X50;  
/ X50;  
X50;  
X50;  
N20 Z3;  
M30;
```



Alcune funzioni ausiliarie o miscelanee M**

sono dette "funzioni ausiliarie" perché sono comandi che svolgono azioni che sono di ausilio alla programmazione (arrestano l'esecuzione del programma, determinano la fine del programma ecc..) e alla lavorazione (attivano il mandrino, attivano il refrigerante ecc..).

La M è seguita da un numero compreso tra 00 e 99.

Se programmate in un blocco contenente movimenti degli assi, sono attive prima del movimento.

M00	Arresto stop programmato	M05	Stop rotazione mandrino
M01	Arresto opzionale	M06	Cambio utensili
M02	Fine programma senza riavvolgimento	M08	Start refrigerante (modale)
M03	Rotazione mandrino oraria (modale)	M09	Stop refrigerante
M04	Rotazione mandrino antioraria (modale)	M30	Fine programma con riavvolgimento

Ad eccezione di quelle indicate, sono tutte impostate dal costruttore della macchina utensile (ad es.: nei CNC Mitsubishi, M98 ed M99 sono dedicate ai sottoprogrammi).



“Funzioni Ausiliarie” ISO -M

Codice	Funzione	Codice	Funzione
M0	Arresto-esecuzione programma	M39 *	Gamma di velocità del mandrino 2
M1	Arresto programma a predisposizione	M40	Cambio gamme di velocità mandrino
M2	Fine programma	M41	Cambio gamme di velocità mandrino
M3 *	Rotazione ariaria del mandrino	M42	Cambio gamme di velocità mandrino
M4 *	Rotazione antioraria del mandrino	M43	Cambio gamme di velocità mandrino
M5 *	Arresto rotazione mandrino	M44	Cambio gamme di velocità mandrino
M6	Cambio automatico dell'utensile	M45	Cambio gamme di velocità mandrino
M7 *	Erogazione refrigerante 2	M48	Disattivazione di M49
M8 *	Erogazione refrigerante 1	M49	Interdizione variazione manuale di velocità
M9 *	Arresto refrigerante	M50 *	Erogazione refrigerante 3
M10 *	Tavola rotante bloccata	M51 *	Erogazione refrigerante 4
M11 *	Tavola rotante sbloccata	M55 *	Spostamento lineare del pezzo nella posizione 1
M13 *	Rotazione ariaria mandrino + refrigerante	M56 *	Spostamento lineare del pezzo nella posizione 2
M14 *	Rotazione antioraria mandrino + refrigerante	M60	Cambio pallet [cambio pezzo in lavoro]
M15	Movimento in senso positivo	M61 *	Cambio pallet sinistro
M16	Movimento in senso negativo	M62 *	Cambio pallet destro
M17	Risciacquatura dei trucioli	M66	Cambio manuale dell'utensile
M18	Pulitura dei pezzi	M68	Bloccaggio pezzo
M19	Arresto orientato rotazione mandrino	M69	Sbloccaggio pezzo
M30	Fine programma con ritorno all'inizio [reset]	M71 *	Spostamento angolare pezzo in posizione 1
M31	Interdizione di interblocco	M72 *	Spostamento angolare pezzo in posizione 2
M36 *	Gamma di velocità avanzamento 1	M78	Bloccaggio tavola
M37 *	Gamma di velocità avanzamento 2	M79	Sbloccaggio tavola
M38 *	Gamma di velocità del mandrino 1		

* Mantengono la funzione finché un successivo comando non le dia altro.



Velocità di avanzamento F***

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 S***

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

Può essere espressa in:

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

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

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

$$N \quad [\text{giri/min}]$$



Funzioni di richiamo utensile T**

L'utensile da impiegare per una determinata operazione viene selezionato con la lettera di indirizzo T (*tool*)

In alcuni controlli l'indirizzo è seguito 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.

In altri controlli (CNC mitsubishi serie Meldas 500) la lunghezza ed il raggio dell'utensile vengono richiamati facendo riferimento a due indirizzi distinti : H* e D*** rispettivamente. Esiste una numerazione da 1 a 200 e per comodità si consiglia di utilizzare per l'utensile 1: il parametro 1 per la compensazione lunghezza utensile ed il parametro 101 per la compensazione raggio utensile. Per l'utensile 2 i parametri: 2 e 102 etc. Quindi, in questo caso le compensazioni si attivano così:

T1 M6;
G43 Z100 H1;
G41 X..Y..D101....;

G43 [Offset lunghezza utensile]



Esempio di blocco

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

Numero
blocco

Informazioni
geometriche

Informazioni
tecnologiche



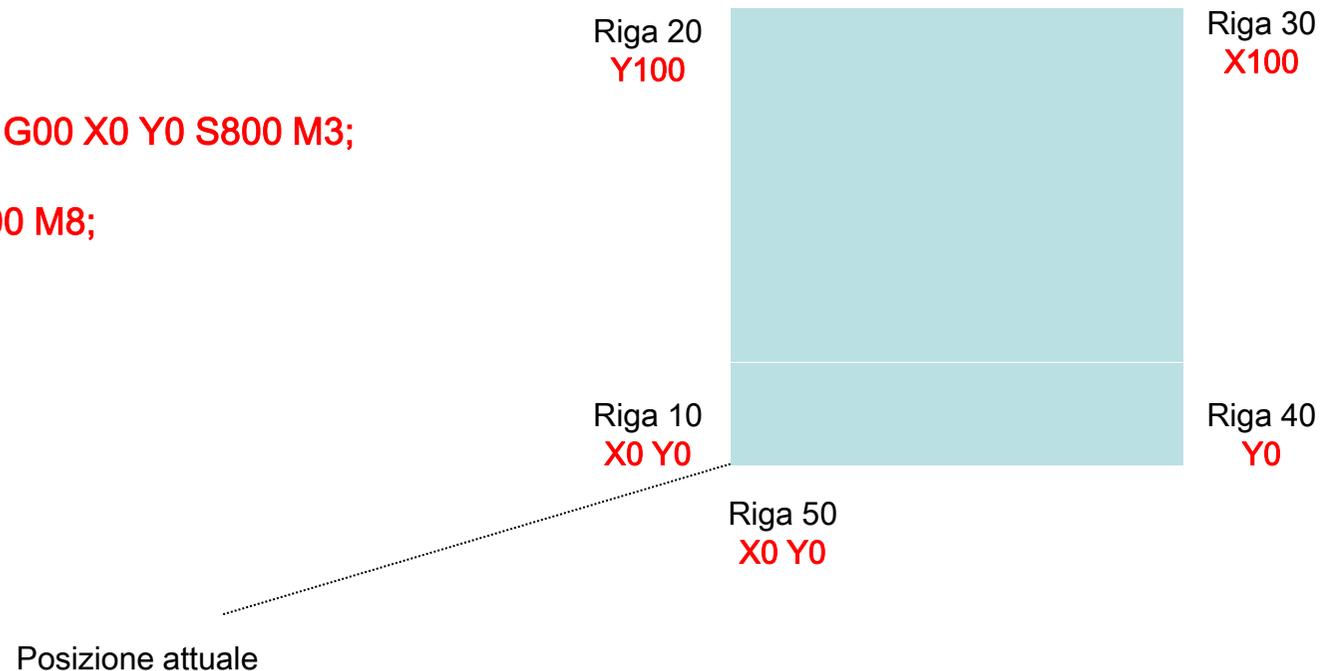
PROGRAMMAZIONE CNC per FRESATRICI e CENTRI di LAVORO

Le interpolazioni lineari

Sono movimenti di uno o più assi che si spostano, dal punto in cui si trovano ad un punto programmabile, formando linee rette.

Esempio:

```
N5 T1 M06  
N10 G17 G54 G90 G00 X0 Y0 S800 M3;  
N15 Z-10;  
N20 G01 F300 Y100 M8;  
N30 X100;  
/ N40 Y0;  
N50 X0 Y0;  
N60 M30;
```





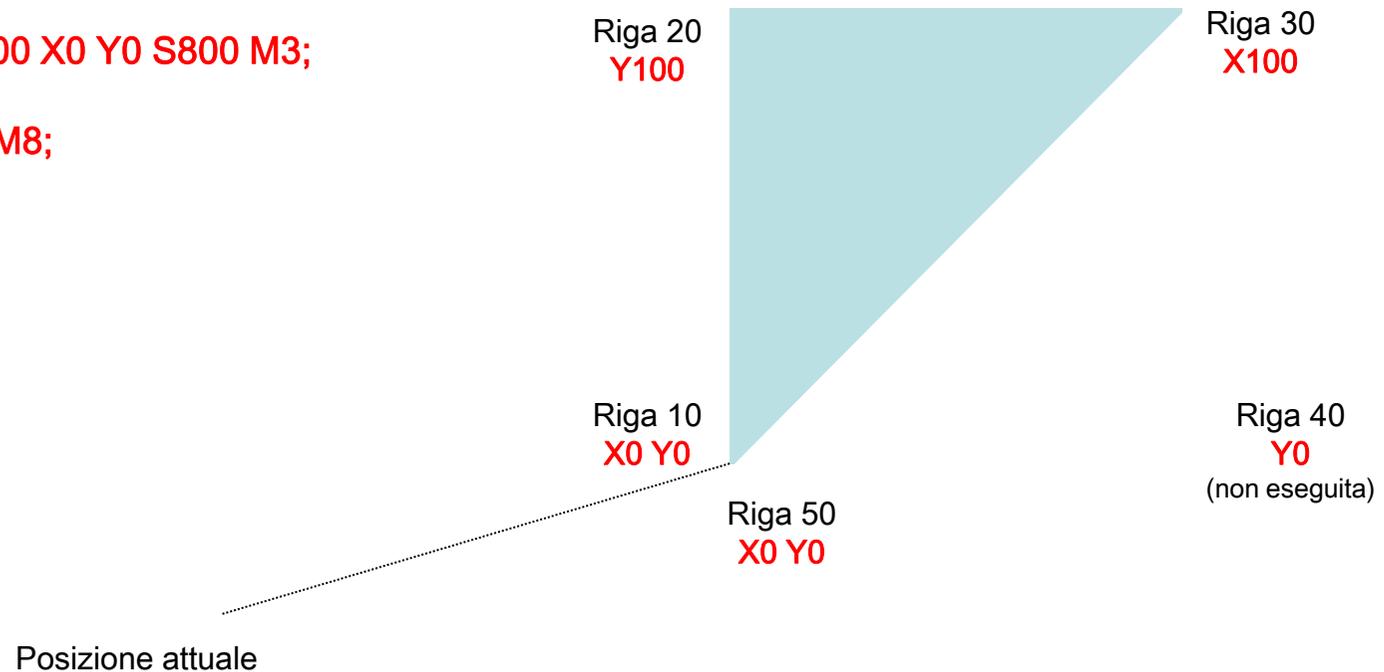
N.B.: Il blocco 40 dell'esempio è barrato → se si decide di inserire l'apposito interruttore tale spostamento non verrà eseguito. Ciò che si ottiene in tal caso è un movimento di questo tipo.

Esempio:

```
N5 T1 M06  
N10 G17 G54 G90 G00 X0 Y0 S800 M3;  
N15 Z-10;  
N20 G01 F300 Y100 M8;  
N30 X100;
```

```
/ N40 Y0;
```

```
N50 X0 Y0;  
N60 M30;
```





Per semplificare la scrittura dei blocchi, alcuni CN offrono la possibilità di apportare modifiche alla modalità standard di programmazione, omettendo alcuni caratteri:

- 1- Il numero dei blocchi può essere omissso e si utilizza solo si prevede di dover ripartire, in fase di programmazione da quel blocco. Infatti i CN hanno una funzione di ricerca blocco che permette di ripartire anche da metà programma.
- 2- Lo zero iniziale può essere omissso (G01 = G1 ecc.) ma quello dopo una cifra deve essere inserito (in M30 non si può omettere lo zero perché diventerebbe M3 che ha un'altro significato)
- 3- In molti CN (consultare il manuale della macchina utensile) i comandi con dato di parola con tutti zeri, possono essere tutti omisssi:

M00 = M

G00 = G

X0 = X

Y0 = Y

Z0 = Z

ecc.

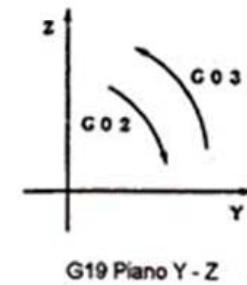
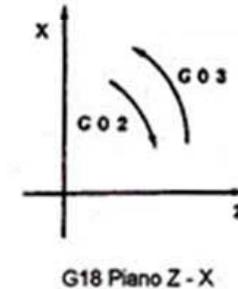
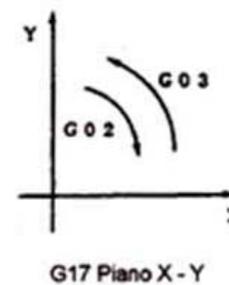
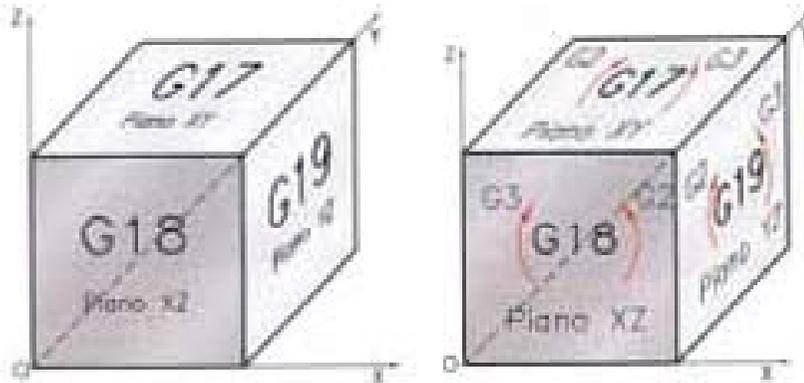


Le interpolazioni circolari

Le interpolazioni circolari sono movimenti di due assi che si spostano, dal punto in cui si trovano ad un punto programmabile, formando archi di cerchio o cerchi completi;

G17, G18, G19 indicano il piano su cui l'utensile viene spostato quando si esegue un'interpolazione circolare;

Ad es.: G17 indica che la traslazione circolare avverrà muovendo gli assi X ed Y mentre l'asse Z rimarrà fermo. È impostato di default e si può omettere.



Le interpolazioni circolari possono avvenire in senso orario (G02) oppure antiorario (G03).



Modalità per definire un'interpolazione circolare

- mediante impostazione del raggio dell'arco

Se si vuole definire un arco di cerchio lo si può fare indicando il punto di partenza, il punto di arrivo e il raggio dell'arco.

Per definire il raggio si usa la lettera R oppure la lettera U (in funzione del manuale della MU).

Esempio:

G0 X0 Y0;

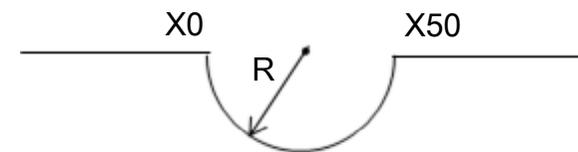
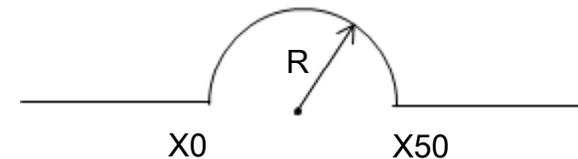
G17 G2 F300 X50 Y0 R25;

Sostituendo G2 con G3 si ottiene il semicerchio seguente:

Esempio:

G0 X0 Y0;

G17 G3 F300 X50 Y0 R25;



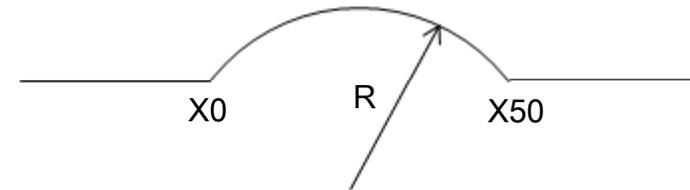


Cosa accade se:

- $R < 25$???
- $R > 25$

Esempio:

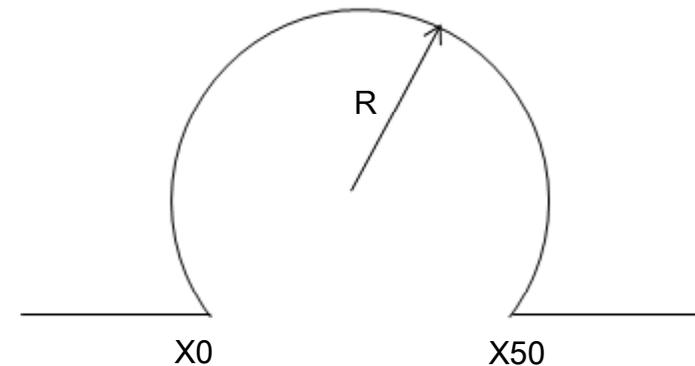
```
G0 X0 Y0;  
G17 G2 F300 X50 Y0 R100;
```



Per indicare archi di cerchio superiori a 180° si deve indicare R come dato negativo.

Esempio:

```
G0 X0 Y0;  
G17 G2 F300 X50 Y0 R-100;
```





- mediante impostazione con i parametri di interpolazione:

permette la programmazione di cerchi completi ma anche di interpolazioni elicoidali con una sola riga di istruzioni.

Ciascuno degli assi X, Y, Z, possiede un proprio indirizzo che serve a dichiarare le coordinate del centro dell'arco. I tre indirizzi sono denominati parametri di interpolazione e sono così assegnati.

X	Y	Z
I	J	K

I PARAMETRI DI INTERPOLAZIONE HANNO LA FUNZIONE DI INDICARE AL CONTROLLO NUMERICO DOVE SI TROVA IL CENTRO DEL CERCHIO RISPETTO AL PUNTO IN CUI GLI ASSI SI TROVANO IN QUEL MOMENTO.



Mentre gli indirizzi X, Y, Z, possono essere assegnati sia in assoluto sia in incrementale, i parametri di interpolazione devono sottostare a quanto segue:

- devono essere dichiarati dopo gli indirizzi X, Y, Z;
- possono essere omessi (se l'interpolazione avviene in X e Y si useranno soltanto i parametri di quei due assi ovvero I e J);
- vanno inseriti sempre nella giusta sequenza (I, J, K,) e vanno dichiarati sempre con valori incrementali a partire dal punto iniziale dell'arco.

Nota: Alcuni controlli numerici, ed anche lo standard ISO, richiedono che il centro dell'arco sia dichiarato in forma assoluta rispetto allo zero pezzo. (Occorre sempre fare riferimento al manuale).

Se dunque vogliamo eseguire il semicerchio della lezione precedente:

Con dichiarazione del raggio:

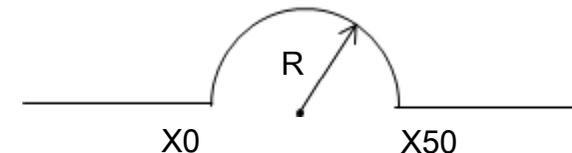
N1 G90 G0 X10 Y0;

N2 G17 G2 F300 X50 Y0 R25;

Con dichiarazione dei parametri di interpolazione:

N3 G90 G0 X10 Y0;

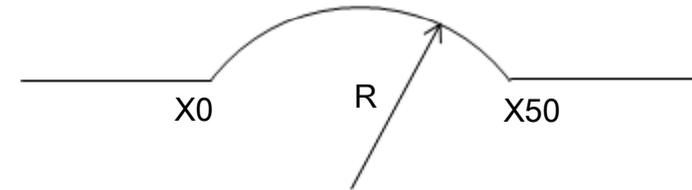
N4 G17 G2 F300 X50 Y0 I25 J0;





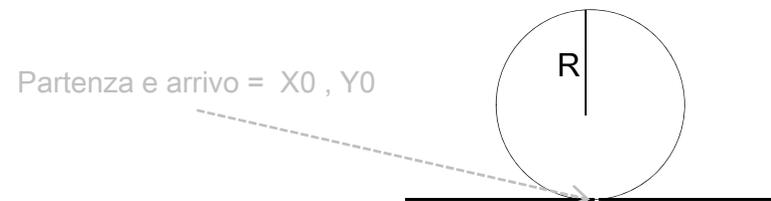
Nel caso di questo arco di cerchio invece il centro Y non è sullo stesso piano ma sappiamo che si trova a 94,54 mm dal punto di partenza.

```
N3 G90 G0 X0 Y0;  
N4 G17 G2 F300 X50 Y0 I25 J-94.54;
```



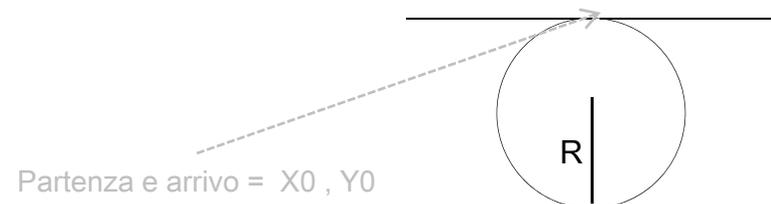
Per eseguire un cerchio completo la procedura è la stessa, soltanto si indicano le quote finali X ed Y con lo stesso valore di quelle iniziali in questo modo:

```
N3 G90 G0 X0 Y0;  
N4 G17 G2 F300 X0 Y0 I0 J100;
```



Se indichiamo semplicemente il parametro d'interpolazione "J" con segno positivo otterremo quanto segue:

```
N3 G90 G0 X0 Y0;  
N4 G17 G2 F300 X0 Y0 I0 J-100;
```

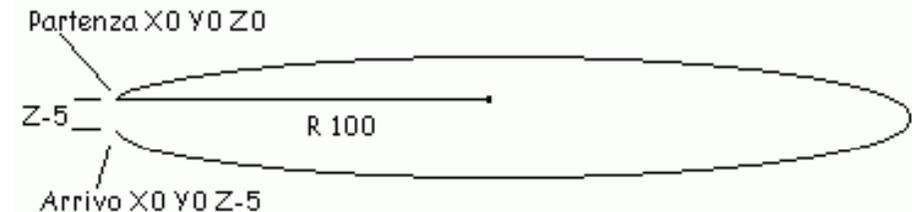




Interpolazioni elicoidali

Aggiungendo anche una quota per l'asse Z si ottiene una interpolazione elicoidale:

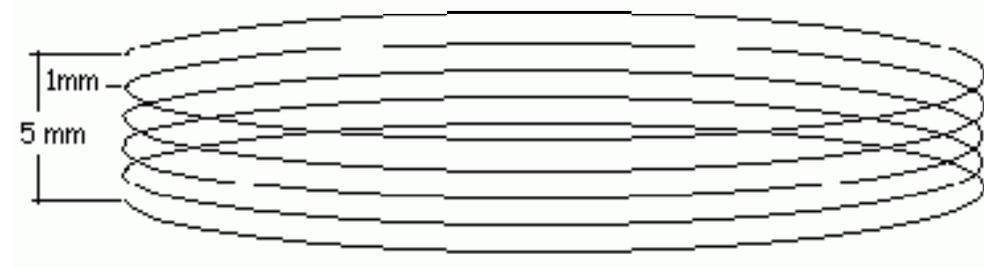
```
N3 G90 G0 X0 Y0 Z0;  
N4 G17 G2 F300 X0 Y0 Z-5 I100 J0;
```



Alcune macchine permettono anche lavorazioni elicoidali a più spire; aggiungendo, con la lettera "P", il n° di cerchi che si vuole far eseguire alla macchina, essa raggiungerà la quota finale Z eseguendo tutti i cerchi indicati.

Nel caso sopra descritto, abbiamo un'unica spira elicoidale con avanzamento Z di 5 mm.

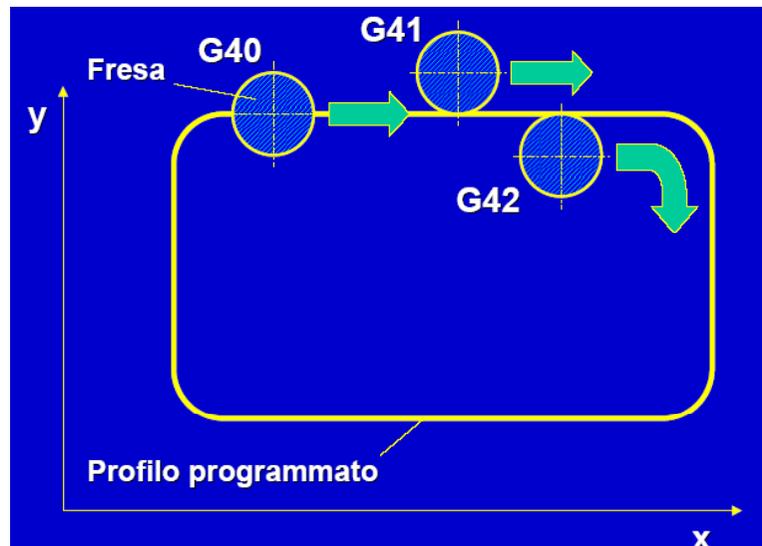
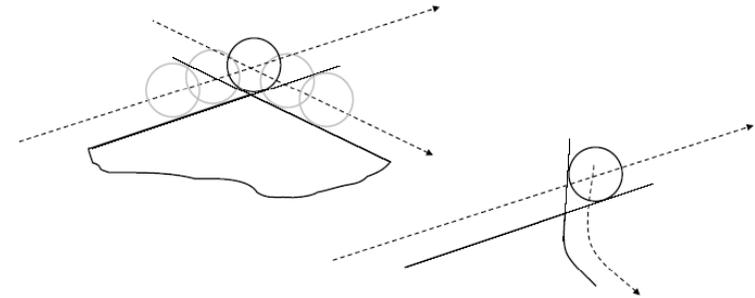
```
N3 G90 G0 X0 Y0 Z0;  
N4 G17 G2 F300 X0 Y0 Z-5 I100 J0 P5;
```





Compensazione del raggio fresa

Un problema, talvolta, di difficile soluzione nasce quando si devono eseguire contornature di pezzi complessi in quanto l'utensile ha sempre un raggio da tener presente durante la programmazione. Per evitare calcoli anche molto difficili il CNC dà la possibilità di attivare una correzione del raggio utensile, gestendo in automatico tutti i calcoli matematici.



- G40** compensazione off
- G41** compensazione a sx
- G42** compensazione a dx



Occorre prestare molta attenzione quando si attivano le compensazioni poiché la macchina ha bisogno di un movimento degli assi per rendere effettiva tale compensazione.

Posizionare dunque la macchina ad una distanza di sicurezza dal pezzo e quindi fornire il comando di correzione portando gli assi sul primo punto di lavorazione.

Se tale punto è X0 ed Y0 allora:

(Programma per CNC mitsubishi serie Meldas 500)

N10 T1 M6 (Cambio utensile);

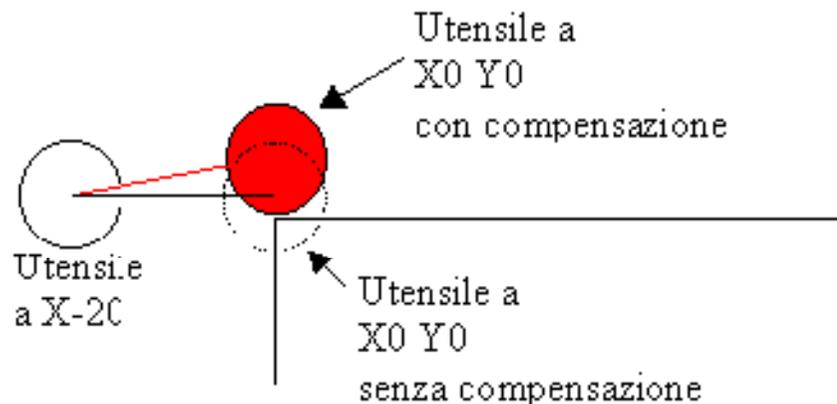
.....;

G43 Z3 H1 (Compensazione lunghezza utensile);

G0 X-20 Y1 (Posizionamento assi senza compensazione raggio utensile);

G41 X0 Y0 D101 (Accostamento al pezzo con attivazione compensazione);

.....;





I cicli fissi

Se si vuole eseguire un semplice foro si dovrebbero stilare tutte queste righe d'istruzione:

G0 G90 X... Y....(Posizionamento assi in rapido);
Z3(Avvicinamento in rapido Z a distanza di sicurezza);
G1 F100 Z-20 (Foratura a velocità lavoro);
G0 Z3 (Uscita in rapido);

Queste istruzioni possono essere eseguite da qualsiasi controllo perché rispecchiano lo standard ISO → ogni volta che si deve eseguire un foro però, si dovrebbero ripetere tutte queste istruzioni.



Il ciclo fisso è costituito da una serie di istruzioni contenute nel controllo numerico che sono richiamabili con una riga di istruzione contenente i seguenti dati:

STRUTTURA della RIGA di ISTRUZIONE:

- comando che determina il modo di lavorazione (G81 etc.),
- dati di posizionamento,
- dati di lavorazione,
- ripetizioni.



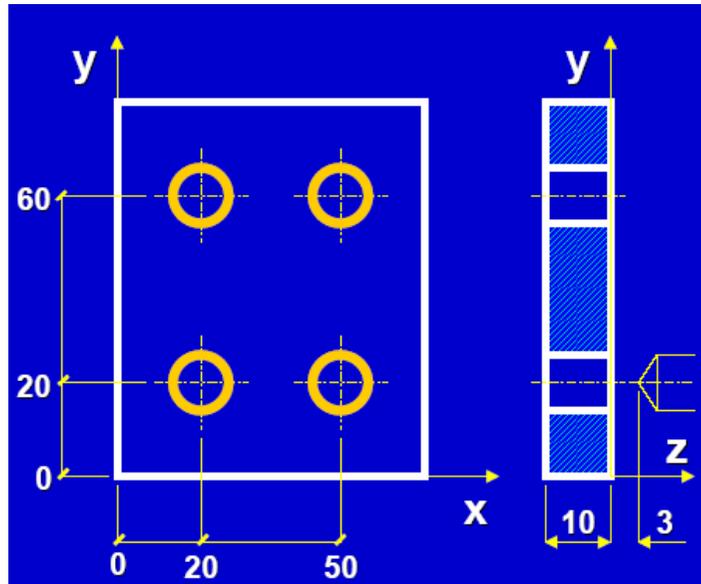
Modi di lavorazione

G80	Soppressione del ciclo
G81	Foratura normale
G82	Foratura con sosta (lamatura)
G83	Foratura profonda (con scarico)
G84	Filettature
G85	Alesature
G86	Barenatura

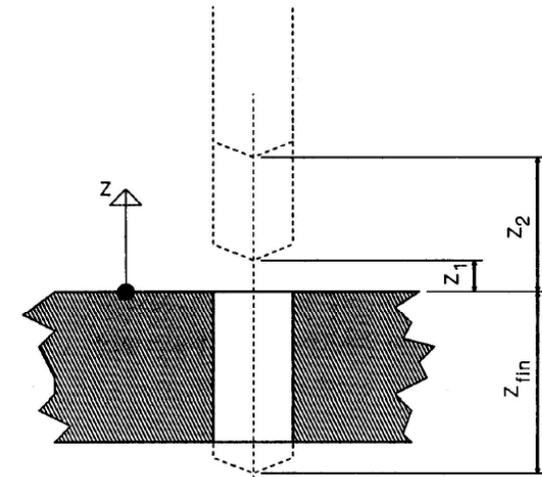
N.B.: Ci sono anche altri modi di lavorazione (in genere si arriva fino a G89) ma tendono a variare in base al modello di CNC;



Per eseguire più fori dello stesso tipo sarà dunque sufficiente indicare le quote di posizionamento del nuovo foro:



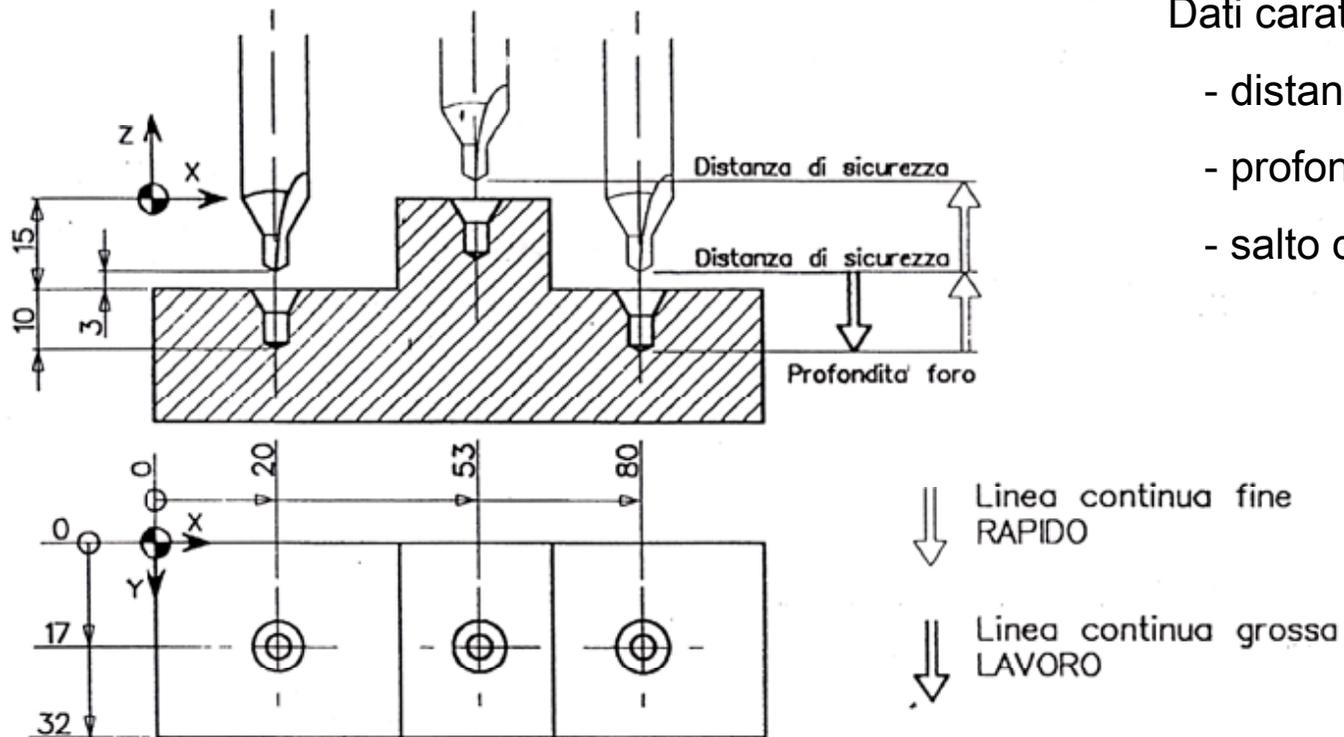
```
N80 T03 03 M06  
N90 S1100 F0.1 M03;  
N100 G81 R3 Z-15  
N110 X20Y20;  
N120 Y60;  
N130 X50  
N140 Y20  
N150 G80 Z100;
```





Applicazione del ciclo G81

Foratura poco profonda → la massima profondità si raggiunge in una sola passata.



Dati caratteristici della lavorazione:

- distanza di sicurezza
- profondità di lavorazione
- salto di un ostacolo o cambio piano



Fasi del ciclo:

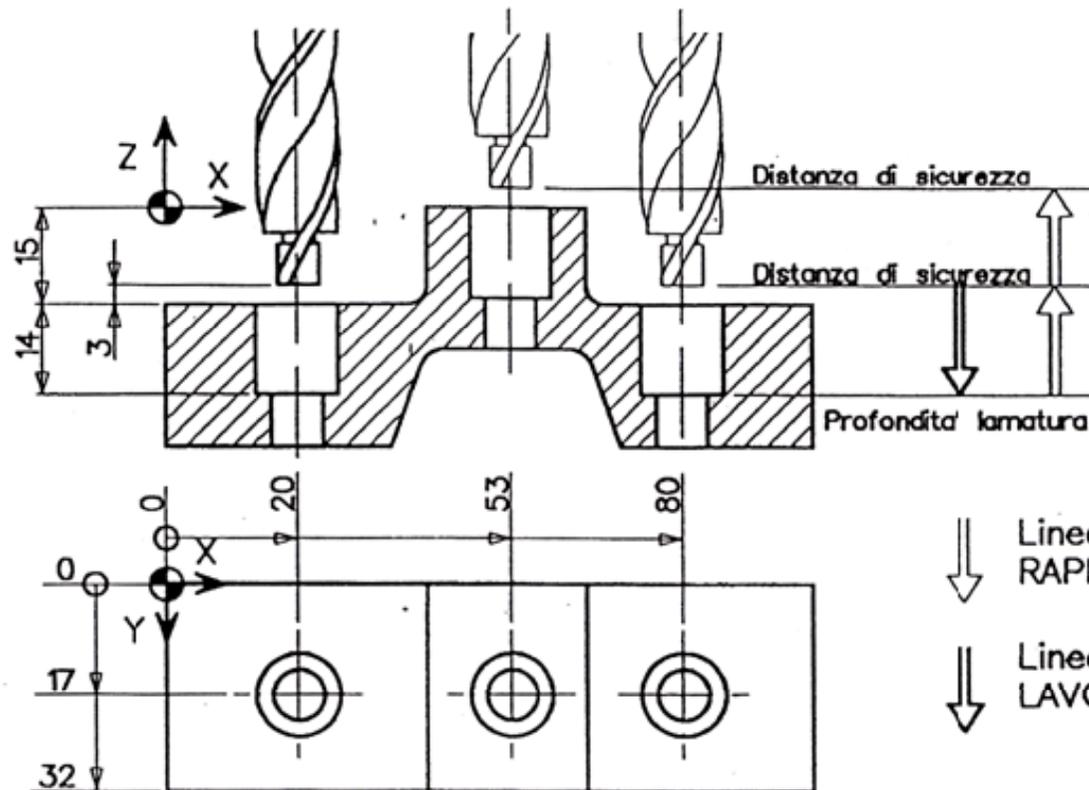
- Posizionamento in rapido sulle coordinate dell'asse del foro
- Avvicinamento rapido al pezzo fino alla quota di sicurezza
- Moto di lavoro fino alla massima profondità
- Ritorno rapido alla quota di sicurezza
- Allontanamento alla quota di disimpegno per ostacolo

E.C.S.	FANUC
<p>N11 ... N12 G81 R-12 E-25 RA3 F*** S*** M** N13 X20 Y-17 N14 X53 R3 E-10 N15 X80 R-12 RA3 E-25 N16 G80 Z100 ...</p>	<p>N13 Z3 N14 G81 X20 Y-17 Z-25 R-12 K1 G98 N15 X80 N16 G81 X53 Y-17 Z-10 R3 K1 G99 N17 G80 Z100 N18 ...</p>
<p>R = avvicinamento in rapido E = profondità del foro in assoluto Ra = quota di svincolo G80 = cancella il ciclo</p>	<p>Z = profondità del foro R = avvicinamento in rapido K1 = n° di ripetizioni K0 = memorizza il ciclo G80 = cancella il ciclo G98 = ritorno alla quota precedente l'attivazione del ciclo G99 = ritorno alla quota z stabilita con R nella def. del ciclo</p>



Applicazione del ciclo G82

Lamatura di fori → la massima profondità si raggiunge con una sola passata.



Dati caratteristici della lavorazione:

- distanza di sicurezza
- profondità di lavorazione
- tempo di sosta
- quota di disimpegno per ostacolo



Fasi del ciclo:

- Posizionamento in rapido sulle coordinate dell'asse del foro
- Avvicinamento rapido al pezzo fino alla quota di sicurezza
- Moto di lavoro fino alla massima profondità
- Tempo di sosta per regolarizzare il foro
- Allontanamento alla quota di disimpegno per ostacolo

E.C.S.	FANUC
N11 ...	N13 Z3
N12 G82 R-12 E-37 RA3 F*** S*** M**	N14 G82 X20 Y-17 Z-37 R-12 P2 K1 G98
N13 X20 Y-17	N15 X80
N14 X53 R3 E-23	N16 G82 Z-23 R2 X53 Y-17 P2 K1 G99
N15 X80 R-12 E-37	N17 G80 Z100
N16 G80 Z100 ...	N18 ...
R = avvicinamento in rapido	Z = profondità del foro
E = profondità del foro in assoluto	R = avvicinamento in rapido
Ra = quota di svincolo	K1 = n° di ripetizioni
G80 = cancella il ciclo	K0 = memorizza il ciclo
	P = tempo do sosta
	G80 = cancella il ciclo
	G98 = ritorno alla quota precedente l'attivazione del ciclo
	G99 = ritorno alla quota z stabilita con R nella def . del ciclo



Fasi del ciclo:

- Posizionamento in rapido sulle coordinate dell'asse del foro
- Avvicinamento rapido al pezzo fino alla quota di sicurezza
- Moto di lavoro fino ad una profondità stabilita
- Ritorno alla quota sicurezza per scarico del truciolo
- Discesa rapida sino alla profondità raggiunta
- Incremento della profondità di ...mm
- Ritorno alla quota sicurezza per scarico del truciolo
- Discesa rapida sino all'ultima profondità raggiunta
- Incremento della profondità di ...mm
- etc. ... fino alla massima profondità del foro
- Ritorno rapido alla quota sicurezza
- Allontanamento alla quota di disimpegno per ostacolo



E.C.S.

N11 ...
N12 G83 R-12 E-60 RA3 D15 F*** S*** M**
N13 X20 Y-17
N14 X53 R3 E-45
N15 X80 R-12 E-60
N16 G80 Z100 ...

R = avvicinamento in rapido
E = profondità del foro in assoluto
Ra = quota di svincolo
G80 = cancella il ciclo

FANUC

N12 ...
N13 Z3
N14 G83 X20 Y-17 Z-60 R-12 Q5 K1 G98
N15 X80
N16 G83 X53 Y-17 R3 Z-45 Q5 K1 G99
N17 G80 Z100
N18 ...

Z = profondità del foro
R = avvicinamento in rapido
Q = incremento di profondità
K = n° di ripetizioni
G80 = cancella il ciclo
G98 = ritorno alla quota precedente l'attivazione del ciclo
G99 = ritorno alla quota z stabilita con R nella def. del ciclo



I raccordi e gli smussi

Nel punto in cui due rette si intersecano è possibile eseguire tramite controllo numerico raccordi o smussi.

Si prenda in esame l'esecuzione delle fresature A, B, C: utilizzando la funzione di smusso per la figura B e di raccordo per la figura C (controllo mitsubishi serie Meldas 500):

A:

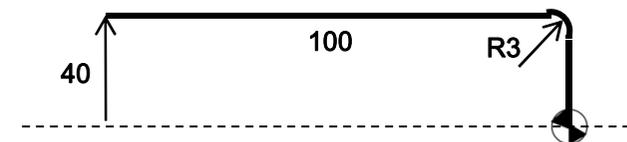
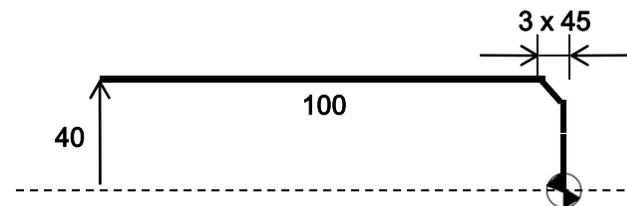
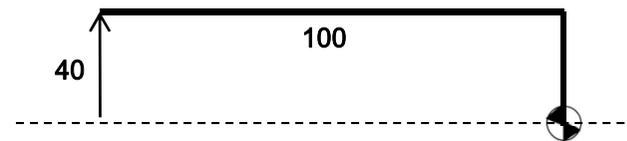
```
N10 G0 X0 Y0.....;  
N20 G1 F100 Y40  
N30 X-100
```

B:

```
N10 G0 X0 Y0.....;  
N20 G1 F100 Y40 ,C3;  
N30 X-100
```

C:

```
N10 G0 X0 Y0.....;  
N20 G1 F100 Y40 ,R3;  
N30 X-100
```





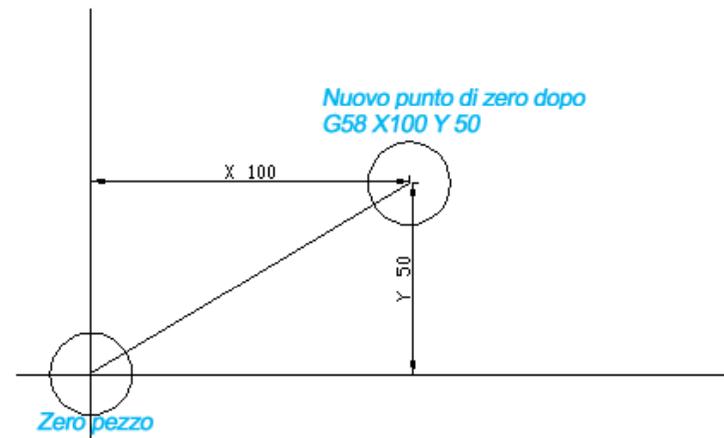
Indirizzi per alcune marche di controlli numerici:

Marca	Smusso	Raccordo
Olivetti	B	R
E.C.S	E	RA
Siemens	U-	U
Fanuc	C-	R
Mitsubishi	,C	,R



Il cambio origine

Durante la programmazione può rendersi necessario impostare un punto di zero del pezzo diverso dallo zero pezzo G54.



In molti controlli il codice è:

G58 X..Y..Z...

tra gli indirizzi X,Y,Z, vanno dichiarati soltanto quelli a cui si vuole cambiare l'origine, le cifre dopo tali indirizzi saranno la distanza dal punto di zero pezzo al nuovo origine.



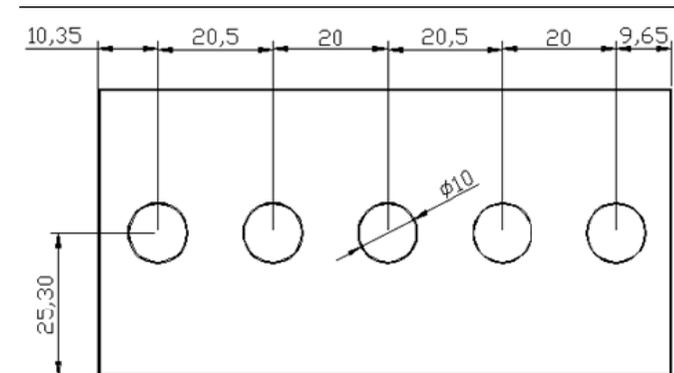
Il primo foro, sia in X che in Y non sono ad una misura piena ma a 10,35 X e a 25,30 Y.
In particolar modo per l'asse X si rischia di commettere errori nella programmazione dei successivi fori.

Senza cambio origine

```
N10.....;  
G54 G90 G0.....;  
.....;  
  
G81 X10.35 Y25.30 Z-10 R3 F100;  
  
X30.85;  
X50.85;  
X71.35;  
X91.35;  
G80.....;
```

Con cambio origine

```
N10.....;  
G54 G90 G0.....;  
G58 X10.35 Y25.30 .;  
G81 X0 Y0 Z-10 R3 F100;  
X20.5;  
X40.5;  
X61;  
X81;  
G80.....;
```





I sottoprogrammi

Sono parti di programma che per esigenze di lavorazione devono essere ripetute più di una volta nel corso del programma principale.

Si può evitare di scrivere le stesse righe di programma ripetute volte racchiudendole in un sottoprogramma che si richiama semplicemente indicando il nome del sottoprogramma stesso.

È anche possibile richiamare un sottoprogramma dall'interno di un'altro sottoprogramma, questa procedura si chiama "*annidamento o intercalamento di sottoprogrammi*". Si possono richiamare sottoprogrammi in intercalamento fino a 4 livelli per alcuni CNC e fino ad 8 o più per altri più sofisticati.

Prendiamo in esame il sistema del CNC Mitsubishi in quanto ha molte opzioni:

Il comando è M98 P (+ Numero sottoprogramma. Es. M98 P10).

Il programma principale (MPF = Main program file) viene terminato con M30.

Il sottoprogramma (SPF = Sub program file) viene richiamato dal programma principale con M98 e viene terminato con M99 (Nel CN Siemens si termina con M17).



Formato comandi:

M98	P..	H..	L..
Richiamo sottoprogramma	n° sottoprogramma esterno	n° riga di inizio	n° ripetizioni

M98 H1000; si richiama un sottoprogramma interno al programma principale, che ha inizio alla riga N1000; sarà eseguito fino al comando M99. Il controllo sa infatti che se non viene indicato l'indirizzo "P", il sottoprogramma si trova all'interno del programma principale.

M98 H1000 L2; si richiama un sottoprogramma interno al programma principale, che ha inizio alla riga N1000; sarà eseguito fino al comando M99 e per due volte consecutive.

M98 P100; si richiama un sottoprogramma esterno al programma principale, presente nella memoria del CN con il nome MPF100 ; verrà eseguito dalla prima riga di istruzione, fino al comando M99.

M98 P100 H50; si richiama un sottoprogramma esterno al programma principale, presente nella memoria del CN con il nome MPF100 ; esso verrà eseguito dalla riga di istruzione N50, fino al comando M99.

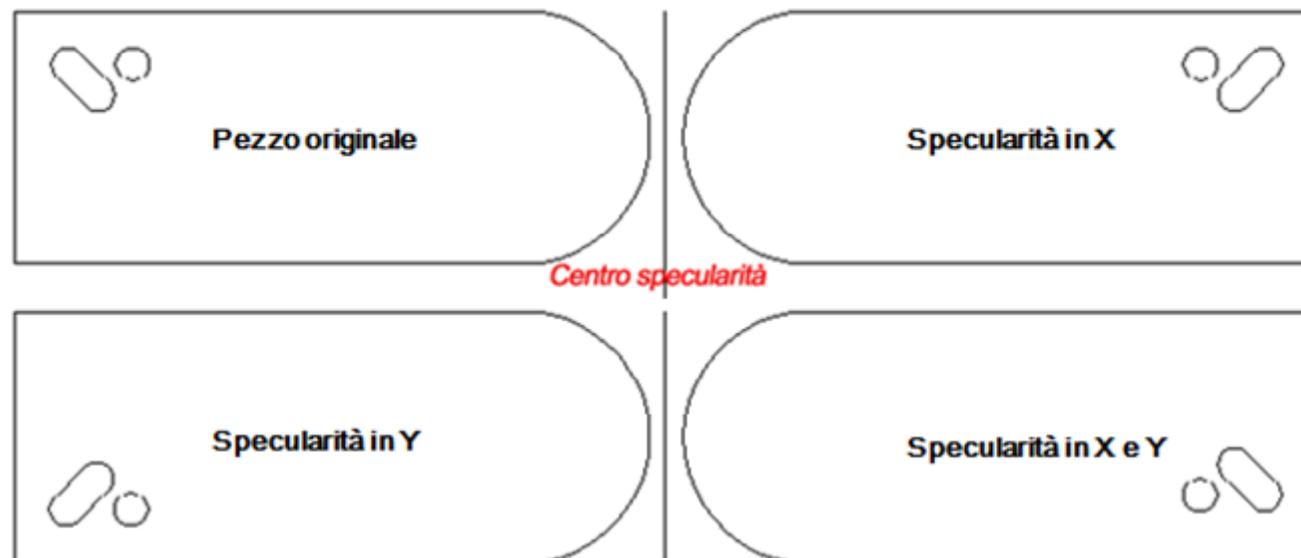
M98 P100 H50 L2; si richiama un sottoprogramma esterno al programma principale, presente nella memoria del CN con il nome MPF100 ; verrà eseguito dalla riga di istruzione N50, fino al comando M99 per due volte consecutive.



La specularità

Funzione che permette di sfruttare lo stesso programma per eseguire pezzi che sono uguali nella lavorazione ma speculari tra loro (destri e sinistri).

È possibile attivare la specularità di uno o anche più assi contemporaneamente.



Il controllo numerico, quando viene attivata la specularità, inverte il segno per tutte le quote programmate di quell'asse.



Per mitsubishi il comando è:

G51.1 X100 Y50;

il dato numerico che segue X indica il centro dell'immagine speculare per l'asse X, mentre il dato numerico che segue Y indica il centro dell'immagine speculare per l'asse Y (vanno naturalmente indicati soltanto quegli assi a cui si intende attivare la specularità)

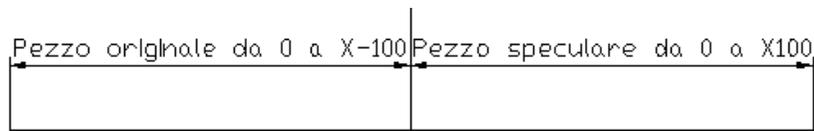
G50.1 X Y

disattiva la specularità.

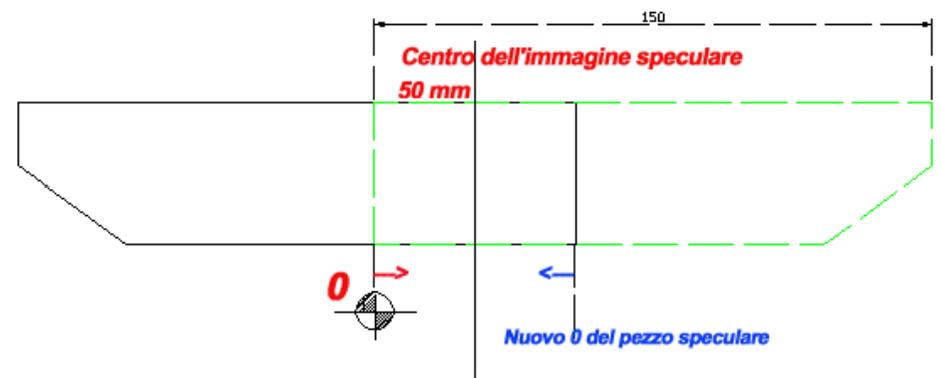


Osservazioni sulla funzione specularità

Se si programma una fresatura che parte da X0 fino ad X-100, attivando la specularità in X con centro dell'immagine a zero (punto di zero pezzo), si ottiene una lavorazione del pezzo speculare con inizio da X0 fino ad X100.



Se al pezzo originale (tratteggio verde) viene attivata una specularità in X con centro dell'immagine speculare a 50 mm, sarà da quel punto ruotato su sé stesso, ottenendo la posizione del pezzo speculare (quello nero), con il punto di zero che si sposta di 100mm in positivo (50 + 50).





Esempi di PROGRAMMAZIONE CNC per FRESATRICI e CENTRI di LAVORO

Esercizio 1

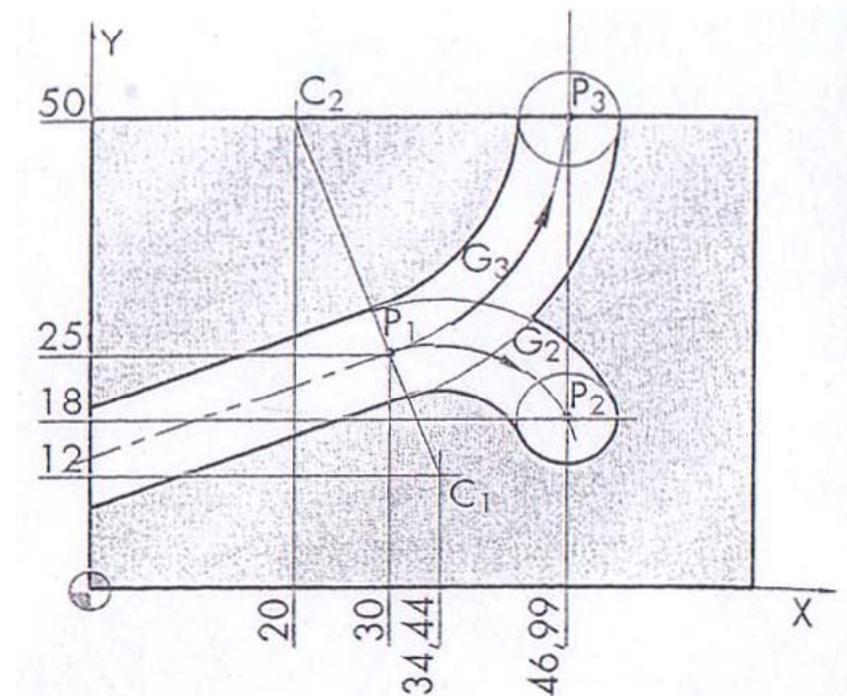
Scrivere i blocchi di programmazione per effettuare i percorsi di lavoro corrispondenti agli archi P_1P_2 con centro C_1 e P_1P_3 con centro C_2

Il piano di lavoro XY è selezionato dalla funzione preparatoria G17 già attiva all'accensione della macchina. In questo piano le coordinate dei centri degli archi sono definite dalle lettere di indirizzo I e J.

I blocchi di programmazione richiesti, con la macchina posizionata sul punto 1, saranno rispettivamente:

N24 G2 X46,99 Y18 I34,44 J12

N25 G3 X46,99 Y50 I20 J50



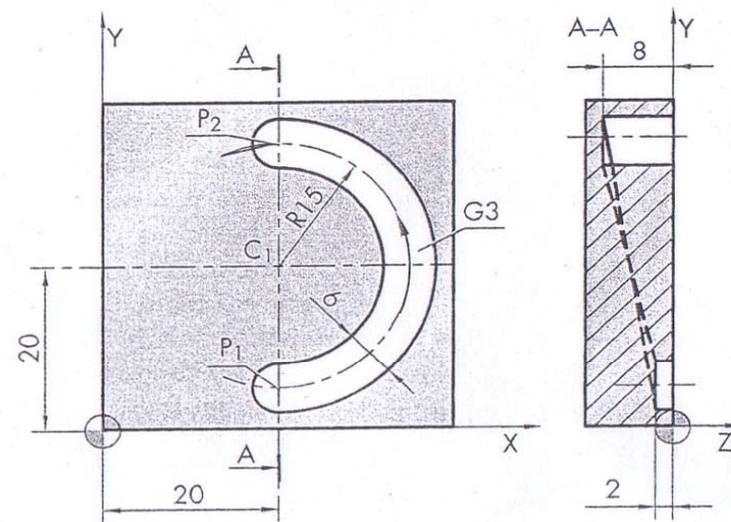


Esercizio 2

Scrivere i blocchi di programmazione per effettuare il percorso di lavoro elicoidale corrispondente all'arco P_1P_2 con centro C_1

Il piano di lavoro XY è selezionato dalla funzione preparatoria G17 già attiva all'accensione della macchina. In questo piano le coordinate dei centri degli archi sono definite dalle lettere di indirizzo I e J.

Contemporaneamente all'interpolazione circolare dovrà essere programmato anche l'avanzamento in Z dalla quota -2 alla quota -8.



N1 M06 T5 (fresa $\phi=6$)

N2 G90 G17 S1200 M13

N3 G0 X20 Y5 Z2

N4 G1 Z-2 F20

N5 G3 X20 Y35 I20 J20 Z-8 F60

N6 R2

N7 G0 X100 Y50 M5

scelta utensile

progr. assoluta, piano xy, rot. oraria + refrig

posizionamento in rapido

inizio esecuzione percorso di lavoro

interp. circolare antioraria

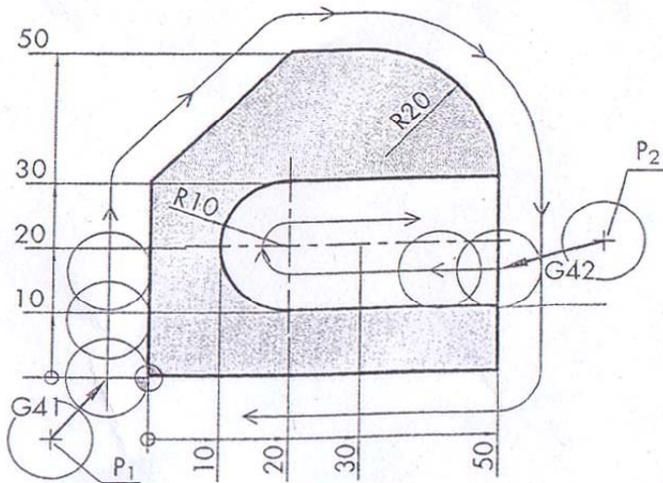
quota di rapido sull'asse Z

allontanamento in rapido



Esercizio 3

Effettuare la programmazione della fresatura del profilo esterno e della tasca interna del pezzo



```
N1 M06 T7 (fresa  $\phi=12$ )
N2 G90 S1200 M13
N3 G0 X-15 Y-10 Z2 (punto P1)
N4 G3 Z-5
N5 G1 G41 X0 Y0 F60
  (compensazione a sx)
N6 Y30
N7 X20 Y50
N8 X30
N9 G2 X50 Y30 I30 J30
  (interpolazione oraria)
N10 Y0
N11 X-5
N12 G40 R2
N13 G0 X65 Y20 (punto P2)

N14 Z-4
N15 G1 G42 X50 Y10
  (compensazione a Dx)
N16 X20
N17 G2 X20 Y30 I20 J20
  (interpolazione oraria)
N18 X55
N19 G40 R2
N20 G0 X100 Y50 Z30 M6
```



Esercizio 4

Effettuare la programmazione della scanalatura a "L" sul pezzo con il controllo preciso del percorso utensile

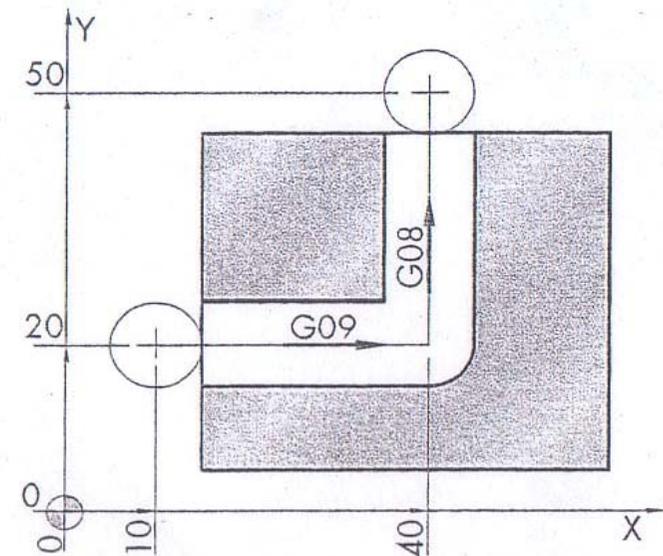
Le forze di taglio che si sviluppano durante l'asportazione producono la deformazione torsionale e flessionale dell'utensile in lavorazione. Per evitare questo inconveniente si utilizzano le due funzioni preparatorie:

G9 – Decelerazione costante

(introduce in prossimità dell'arresto una diminuzione graduale delle deformazioni ed un controllo preciso della posizione da raggiungere)

G8 – Accelerazione costante

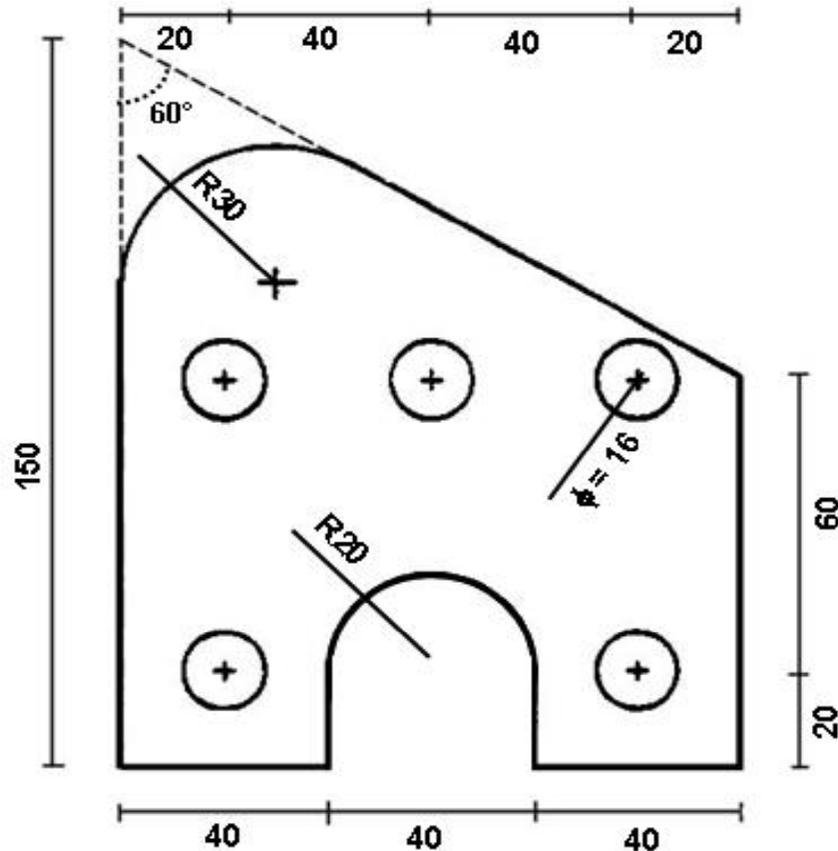
(introduce nel moto di partenza un'accelerazione costante, accorgimento necessario per quando il percorso utensile in una lavorazione continua presenta un brusco cambiamento di direzione)



```
N32 G1 G9 X40 F80  
N33 G8 Y50
```



Esercizio 5



Spessore piastra = 20mm
da realizzare 5 fori passanti di $\phi = 16$ mm

Si vuole realizzare, mediante fresatura periferica in discordanza, la contornatura di finitura della piastra.

Si ipotizzi di aver già realizzato una operazione di sgrossatura e che quindi lo spessore di sovrametallo da asportare sia costante e pari alla profondità di passata.

Parametri di taglio (contornatura)

Fresa di $\phi = 20$ mm con 10 denti, $f = 0,05$ mm/dente, $v_t = 62,8$ m/min

Parametri di taglio (foratura)

$f = 0,3$ mm/giro, $v_t = 30$ m/min



L'esempio viene svolto con programmazione manuale secondo la metodologia:

- Incrementale senza la compensazione utensile
- Assoluta con la compensazione automatica dell'utensile

CONVERSIONE in *giri/min* per la velocità di taglio e *mm/min* per l'avanzamento

FRESATURA

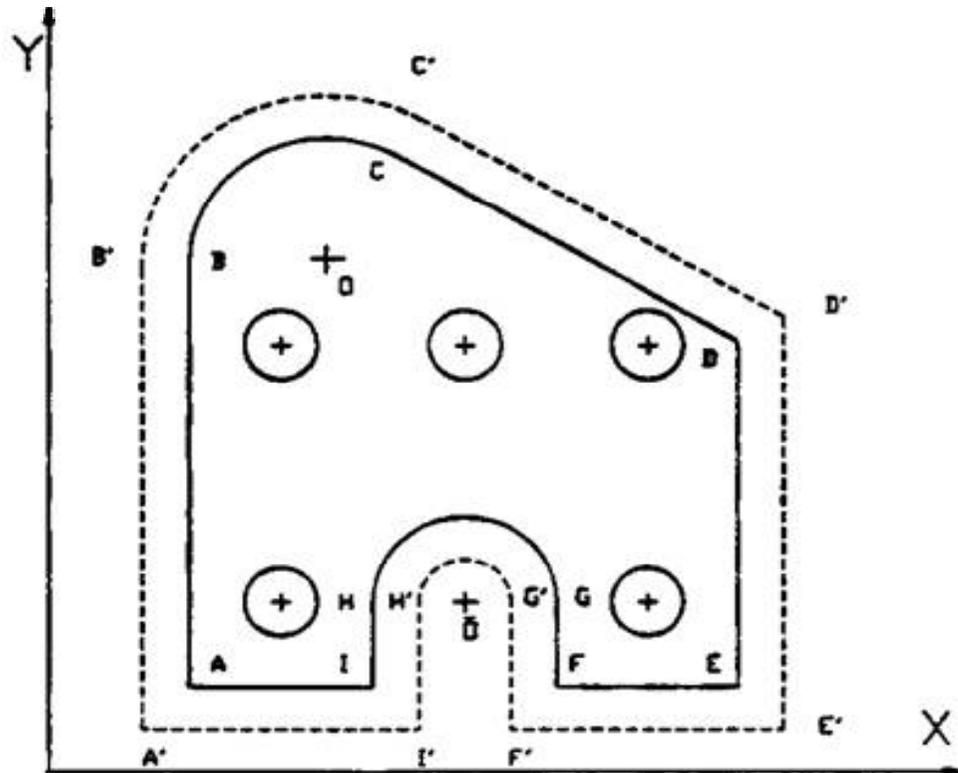
$$S = \frac{1000 \cdot v_t}{\pi \cdot D_{fresa}} = 1000 \text{ giri / min}$$

$$F = S \cdot Z \cdot a_z = 500 \text{ mm / min}$$

FORATURA

$$S = \frac{1000 \cdot v_t}{\pi \cdot D_{punta}} = 600 \text{ giri / min}$$

$$F = S \cdot a_g = 180 \text{ mm / min}$$



Profilo reale di contornatura	X	Y
A	30.00	20.00
B	30.00	118.04
C	75.00	144.02
D	150.00	100.72
E	150.00	20.00
F	110.00	20.00
G	110.00	40.00
H	70.00	40.00
I	70.00	20.00
O	60.00	118.04
Ō	90.00	40.00

Traiettoria del centro fresa	X	Y
A'	20.00	10.00
B'	20.00	118.04
C'	80.00	152.68
D'	160.00	106.49
E'	160.00	10.00
F'	100.00	10.00
G'	100.00	40.00
H'	80.00	40.00
I'	80.00	10.00
O'	60.00	118.04
Ō'	90.00	40.00



Programmazione manuale incrementale senza la compensazione utensile

% Piastra PN4321

Tipo pezzo lavorato

N010 G00 X-100 Y-200 Z300 F9999 T0101

M06

prelevamento fresa

N020 X0 Y0 Z0

spostamento in rapido nell'origine

N030 G91 X20 Y10 S1000 M04 M08

coordinate incr., imp. vel. di rotazione e
verso antiorario, fluido lubrorefr.

N040 G01 Y108.04 F500

imp. vel. di avanz., lav. tratto AB

N050 G02 X60 Y34.64 I40 J0 F667

lav. tratto BC, variazione vel. di avanz

N060 G01 X80 Y-46.19 F500

lav. tratto CD, modifica avanz.

N070 Y-96.49

lav. tratto DE

N080 X-60

lav. tratto EF

N090 Y30

lav. tratto FG

N100 G03 X-20 I-10 J0 F333

lav. tratto GH, modifica avanzamento



N110 G01 Y-30 F500

lav. tratto HI, modifica avanzamento

N120 X-60

lav. tratto IA

N130 G00 X-20 Y-10

allontanamento utensile in rapido

(verifica correttezza quote X=0 e Y=0)

N140 G90 M05 M09

coord. assolute, arresto mandrino,
chiusura refrig.

N150 X-100 Y-200 Z300 T0202 M06

cambio utensile x ciclo fisso foratura

N160 X50 Y40 Z2 S600 M08

spost. nel centro del 1° foro, imp vel. di
rotaz. mandrino, apertura refrigerante

N170 G81 R2 Z-22 F180 M03

inizio ciclo fisso di foratura, imp.

avanzamento, rot. oraria e lav. 1° foro

N180 Y100

lav. 2° foro

N190 X90

lav. 3° foro



N200 X130

lav. 4° foro

N210 Y40

lav. ultimo foro

N220 G80 M05 M09

cancellazione ciclo fisso, arresto
mandrino, chiusura refrigerante

N230 G00 X-100 Y-200 Z300

allontanamento rapido utensile

N240 M30

fine programma



Programmazione manuale assoluta con la compensazione utensile

% Piastra PN4321

N010 G00 X-100 Y-200 Z300 F9999 T0101 M06

N020 X0 Y0 Z0

N030 G01 G41 X30 Y20 S1000 M04 M08

N040 X30 Y118.04 F500

N050 G02 X75 Y144.02 I30 J0

N060 G01 X150 Y100.72

N070 X150 Y20

N080 X110 Y20

N090 X110 Y30

N100 G03 X70 Y40 I-10 J0

Tipo pezzo lavorato

prelevamento fresa

spostamento in rapido nell'origine
compensazione utensile a sx., imp. vel.
di rotazione e v. antiorario, refrigerante

imp. vel. di avanz., lav. tratto AB

lav. tratto BC

lav. tratto CD

lav. tratto DE

lav. tratto EF

lav. tratto FG

lav. tratto GH, int. circolare antioraria



N110 G01 X70 Y20

lav. tratto HI

N120 X20 Y30

lav. tratto IA

N130 G00 G90 X0 Y0 F9999 M05 M09

allont. utensile in rapido, coord. assolute,
arresto mandrino, chiusura refrigerante

N140 X-100 Y-200 Z300 T0202 M06

cambio utensile x ciclo fisso foratura

N150 X50 Y40 Z2 S600 M08

spost. nel centro del 1° foro, imp vel. di
rotaz. mandrino, apertura refrigerante

N160 G81 R2 Z-22 F180 M03

inizio ciclo fisso di foratura, imp.

avanzamento, rot. oraria e lav. 1° foro

N170 Y100

lav. 2° foro

N180 X90

lav. 3° foro

N190 X130

lav. 4° foro



N200 Y40

lav. ultimo foro

N210 G80 M05 M09

cancellazione ciclo fisso, arresto

mandrino, chiusura refrigerante

N220 G00 X-100 Y-200 Z300

allontanamento rapido utensile

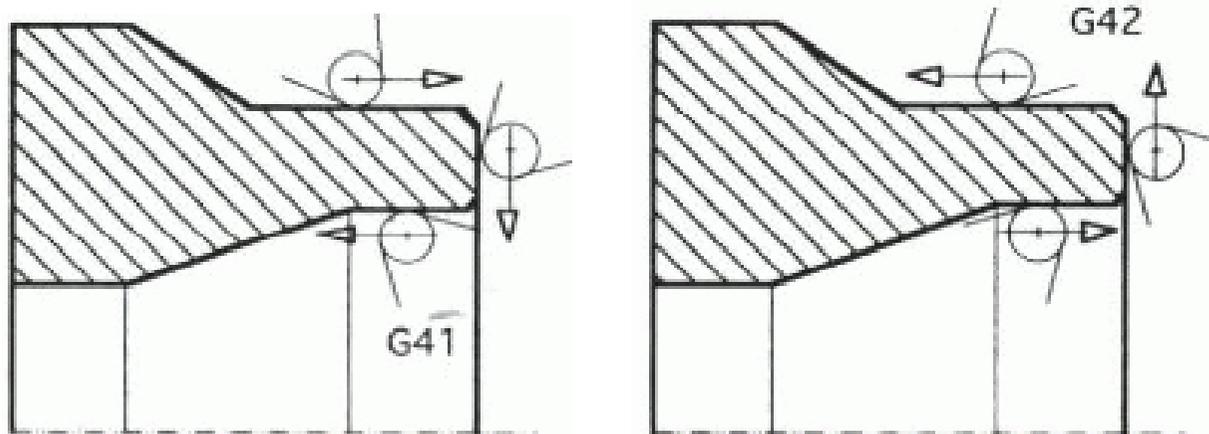
N230 M30

fine programma



PROGRAMMAZIONE CNC per TORNI

Per facilitare la programmazione, anche nel tornio, analogamente ai centri di lavoro, esiste una tabella correttori utensili dove si inseriscono i dati di ingombro dell'utensile (geometria X, Z e raggio), bisogna indicare anche la tipologia dell'utensile scelto (utensile tornitore, utensile sfacciatore, utensile alesatore (nei vari tipi)). Basterà dunque attivare la correzione utensile e programmare il pezzo con le quote reali del pezzo finito seguendo le regole dell'attivazione raggio utensile.



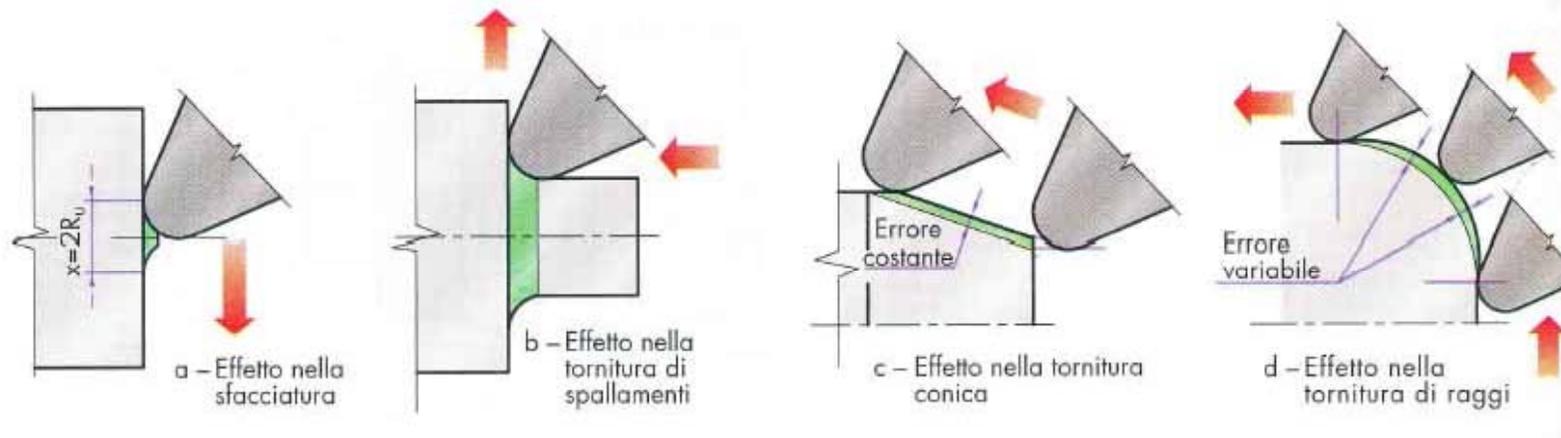
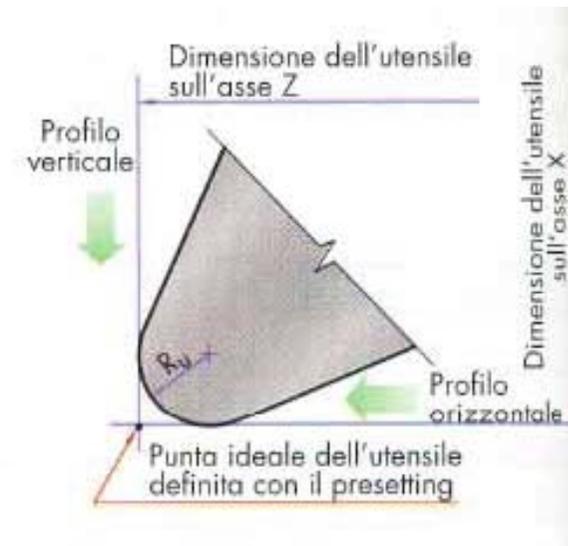


Il raggio di punta degli utensili

Quando l'utensile presenta un raggio di curvatura, la punta che viene a contatto con il pezzo non corrisponde più all'intersezione P delle sue dimensioni sugli assi X e Z definite dal presetting.

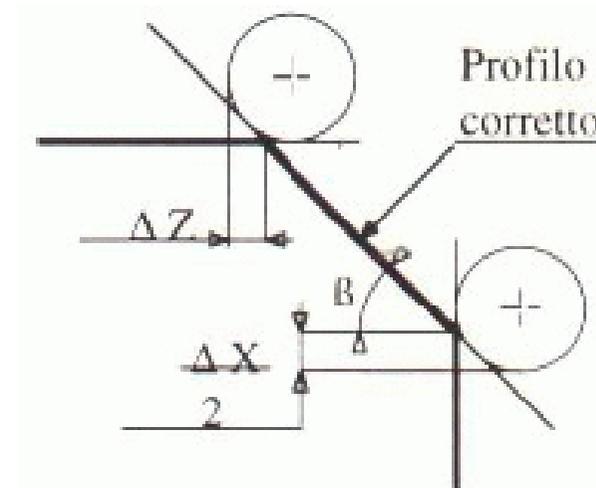
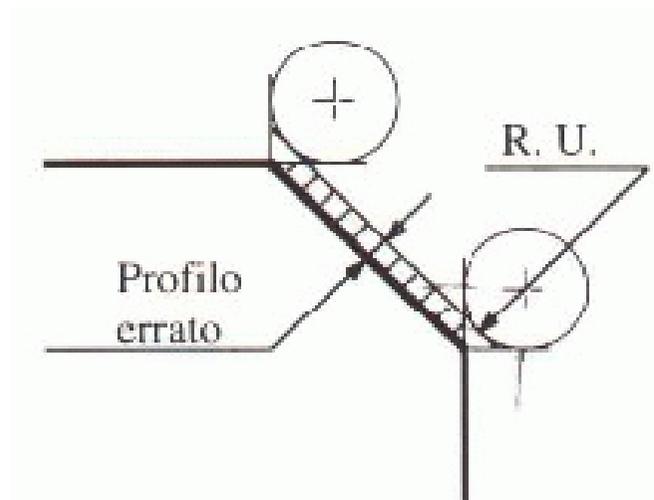
Gli effetti della lavorazione sono evidenti :

- nelle torniture di sfacciatura;
- nelle torniture con battuta di appoggio;
- nelle torniture coniche e di raccordi.





In particolare, nella figura a sinistra lo smusso eseguito risulta essere più piccolo di quello richiesto proprio perché non è stato considerato il raggio di punta dell'utensile, nella figura a destra invece l'esatta programmazione del profilo può avvenire solo con alcuni calcoli matematici.



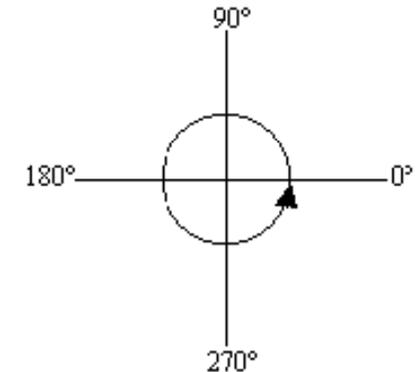


Torniture coniche

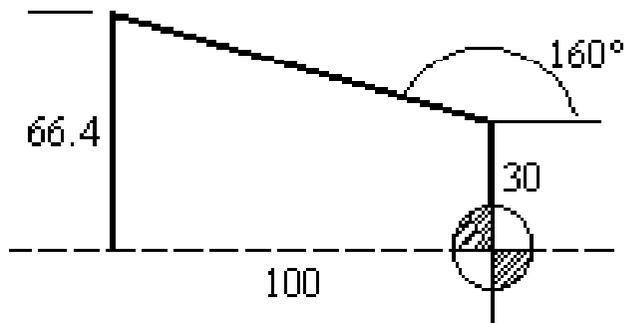
Per eseguire torniture coniche, oltre al modo consueto che consiste nell'indicare il punto X e Z iniziali e finali, nella programmazione del tornio è molto usato il metodo di indicazione dell'angolo polare.

Il codice per indicare al controllo l'angolo polare è A...(es. A120).

L'angolo polare è sempre determinato nel modo rappresentato nel disegno.



Quando sul disegno, oltre alle quote X e Z è indicato l'angolo di un pezzo conico da eseguire, il programmatore ha tre modi per far eseguire tale conicità alla macchina:



Con quote di partenza e arrivo X e Y:

G01 X30 Z0
X66.4 Z-100

Con quote di partenza, l'angolo polare e X:

G01 X30 Z0
A160 X66.4

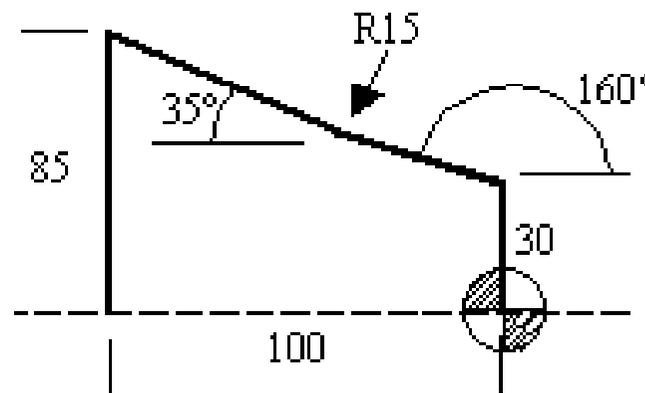
Con quote di partenza, l'angolo polare e X:

G01 X30 Z0
A160 Z-100



Questo sistema è particolarmente utile quando vi sono doppie conicità ed è sconosciuto il punto di intersezione delle due rette.

Ad es. nel disegno non sono note le quote del punto di intersezione delle due conicità, inoltre esse sono anche raccordate tra loro con raggio 15. È chiaro che la programmazione di questo pezzo sarà eseguita dopo numerosi calcoli matematici o dopo uno studio su un sistema cad. Ma la macchina CNC è in grado di risolvere facilmente questo problema con l'assegnazione dell'angolo polare in aggiunta alla funzione di raccordo e smusso già trattata nel nostro corso.



La programmazione di questo pezzo si risolve in due semplici righe d'istruzione:

```
N10 G01 X30 Z0
```

```
N20 G01 A160 R15 A145 X85 Z-100
```




ISO

X100 Z50

- 1 - G0 X0 Z1
- 2 - G1 Z0
- 3 - G3 X20 Z-10 I0 K-10
- 4 - G2 X36 Z-18 I14 K-10
- 5 - G1 X46
- 6 - G0 X100 Z50

E.C.S

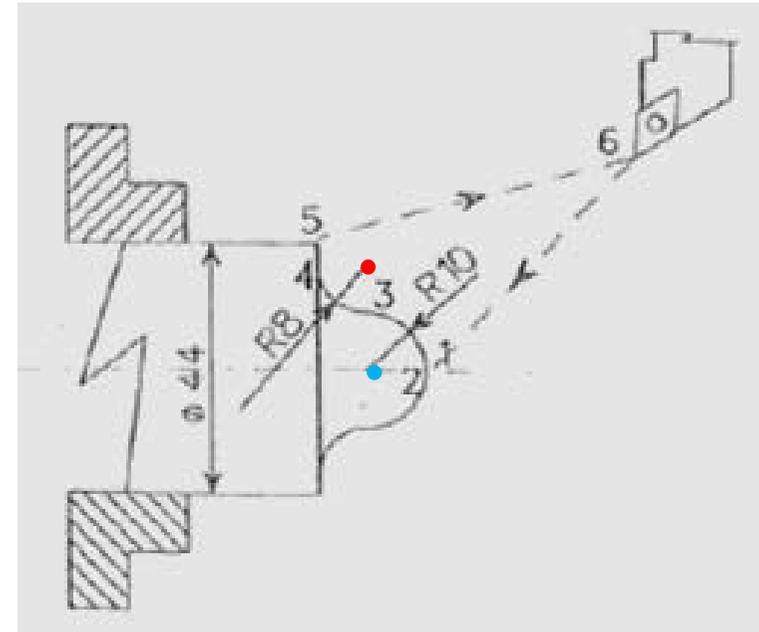
X100 Z50

- 1 - G0 X0 Z1
- 2 - G1 Z0
- 3 - G3 X20 Z-10 I0 K-10
- 4 - G2 X36 Z-18 I28 K-10
- 5 - G1 X46
- 6 - G0 X100 Z50

FANUC

X100 Z50

- 1 - G0 X0 Z1
- 2 - G1 Z0
- 3 - G3 X20 Z-10 R10
- 4 - G2 X36 Z-18 R8
- 5 - G1 X46
- 6 - G0 X100 Z50





Cicli per l'esecuzione di gole

Spesso capita di dover eseguire gole di misura maggiore dell'utensile utilizzato.

Mediante impiego del ciclo è possibile, con pochi dati, eseguire la gola in automatico decidendo anche il numero di passate.

I cicli per l'esecuzione di gole si distinguono in:

- Ciclo per gole frontali della larghezza superiore all' utensile con un numero di passate determinate in automatico.
- Ciclo per gole radiali della larghezza superiore all' utensile con un numero di passate determinate in automatico.



Ciclo per gole radiali della larghezza superiore all' utensile con un numero di passate determinate in automatico

G75 R ...

G75 X ... Z ... P ... Q ... F ...

R = Distanza di ritrazione dell' utensile in mm.

X = Diametro della gola.

Z = Punto finale della gola.

P = Profondità di penetrazione prima di ogni ritrazione, espresse in millesimi.

Q = Spostamento dell' utensile lungo l' asse Z.

F = Velocità di avanzamento lavoro.

N10.....

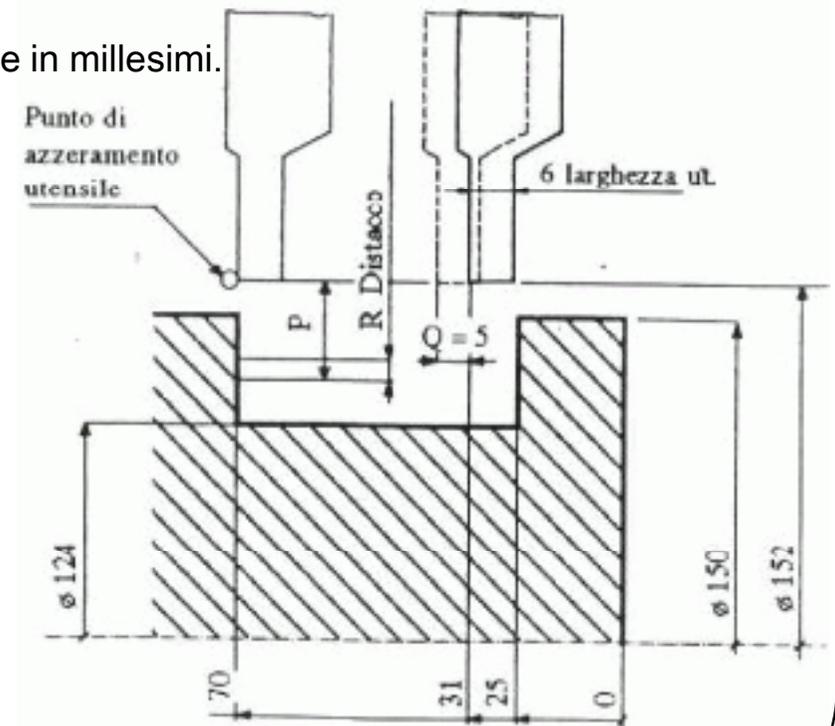
N20 G0 X152 Z-31

N30 G75 R1

N40 G75X124 Z-70 P8000Q5000 F0.1

N50 G0 X200 Z200

N60 M30





Cicli di sgrossatura

Nella lavorazione al tornio, la forma finale del pezzo non si raggiunge mai in un'unica passata ma in più passate eseguite con un utensile sgrossatore e quindi con apposito utensile finitore. Le sgrossature impegnano dunque la maggior parte del tempo di lavorazione del pezzo e programmare tutte le passate di sgrossatura sarebbe un'impresa assai ardua.

Per tale ragione la maggior parte dei torni a CNC sono dotati di cicli speciali che determinano in alcuni casi, in automatico il numero di passate e il percorso.

Si possono così eseguire senza problemi le sgrossature di un qualsiasi profilo.

Si determina il profilo finale del pezzo da eseguire, quindi si richiama il ciclo di sgrossatura desiderato impostando le velocità del mandrino (S) e degli assi (F), indicando quanto sovrametallo in X ed in Y lasciare, infine, se presente si esegue il ciclo di finitura.

Generalmente esistono tre tipi di cicli di sgrossatura:

Illustreremo due di questi tre cicli applicando una programmazione di un pezzo con il controllo Olivetti per il primo e con E.C.S per il secondo.



1 - (DFP,n, G00 X.. Z... OLIVETTI

...

2 -)

3 - G00 X... Z...

4 - (SZP,n, I.. K..L...]

5 - (CLP,n)

- 1 - "(DFP," Apertura della definizione del profilo.
"n," numero progressivo del profilo da lavorare
"G00 X.. Z.." punto di partenza del profilo
")" fine della definizione del profilo
- 2 -)" fine della definizione del profilo
- 3 - "G00 X..Z.." punto di attacco per la sgrossatura,
esterno al profilo di almeno la quantità di materiale
indicato con "I e K".
- 4 - "(SZP," Sgrossatura parallela all'asse Z con
prefinitura "n" numero del profilo da sgrossare.
"I..K.." quantità di sovrametallo in incrementale
da lasciare lungo gli assi X e Z per la finitura
"L.." numero di passate per la sgrossatura.
- 5 - (CLP,n) chiamata del profilo numero "n" per la
finitura

(SXP, ... indica la sgrossatura parallela all'asse X, i parametri
vanno espressi allo stesso modo.

(SGP, .. Indica la sgrossatura parallela al profilo.
con X si indica il sovrametallo, dato dalla differenza tra diametro
massimo del sovrametallo e il diametro minimo del profilo in
quel punto. Il valore espresso deve essere radiale.
Z indica il sovrametallo sull'asse omonimo.

I, K, L hanno il significato precedente.

es: (SGP,n, X.. Z.. I.. K.. L..)

Il punto di partenza per la sgrossatura del profilo deve essere
esterno alla quota massima del pezzo maggiorata della somma
del valore del sovrametallo da asportare e del sovrametallo da
lasciare per la finitura.

E.C.S

Definizione del quadrilatero di sgrossatura, i lati
indicati nell'ordine sono: in alto a DX, in basso a DX,
in alto a SX, in basso a SX.

G64 X.. Z.. IA.. KA.. IB.. KB.. I.. K.. HB.. E..

"X..Z.." Punto di inizio del quadrilatero di
sgrossatura, punto più esterno.

"IA KA " Diametro minimo del profilo verso il punto
origine in X, in Z.

"IB KB " Diametro massimo del profilo verso
l'interno, e massima profondità in Z.

"I..K.." Spigolo interno opposto al punto X Z .

"HB.." numero di passate di sgrossatura.

"E.." modalità di attacco, in entrata, e di stacco, in
uscita, nelle fasi di lavorazione del profilo.

E0 = entrata in rapido uscita in rapido.

E1 = entrata in lavoro uscita in rapido.

E2 = entrata in rapido uscita in lavoro.

E3 = entrata in lavoro uscita in lavoro.

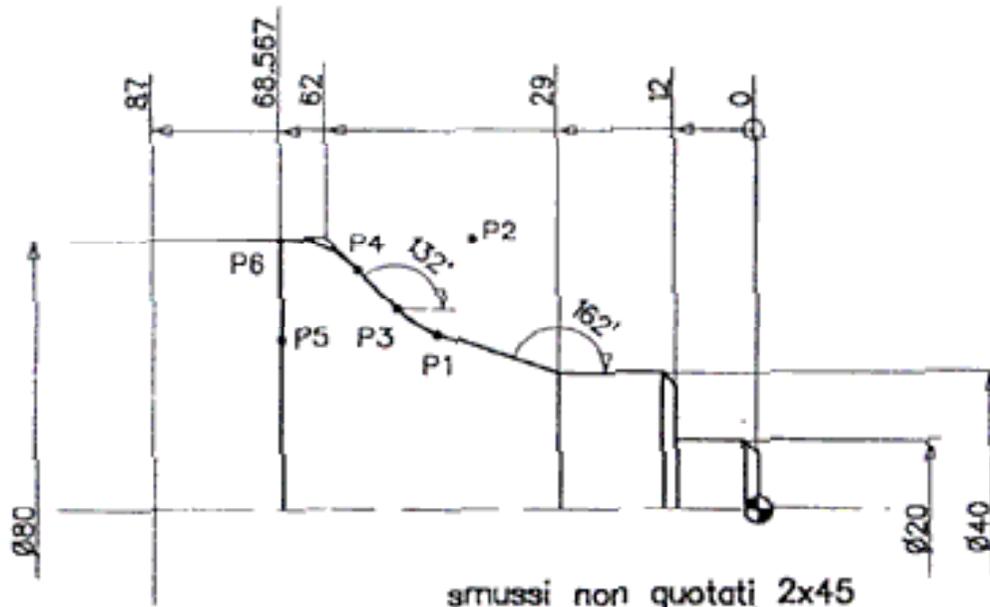
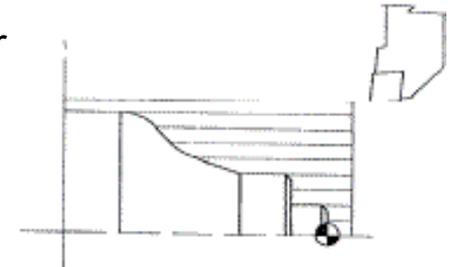
Per eseguire la sgrossatura parallela all'asse X si
invertono i dati di IA KA con IB KB.

La lavorazione parallela al profilo viene eseguita
tramite una ripetizione del profilo, traslando di volta
in volta l'origine lungo l'asse X.



1) parallelo all'asse Z

Si utilizza nella costruzione ad esempio di alberi laddove la maggior parte di materiale da asportare è maggiore lungo l'asse longitudinale.



	X	Z	I	K	
P1	51.81	-47.174			
P3	58.577	-52.384	74.636	-43.466	P2
P4	70.736	-57.858			
P6	80	-68.262	66	-68.262	P5

Attivazione del ciclo per cnc OLIVETTI

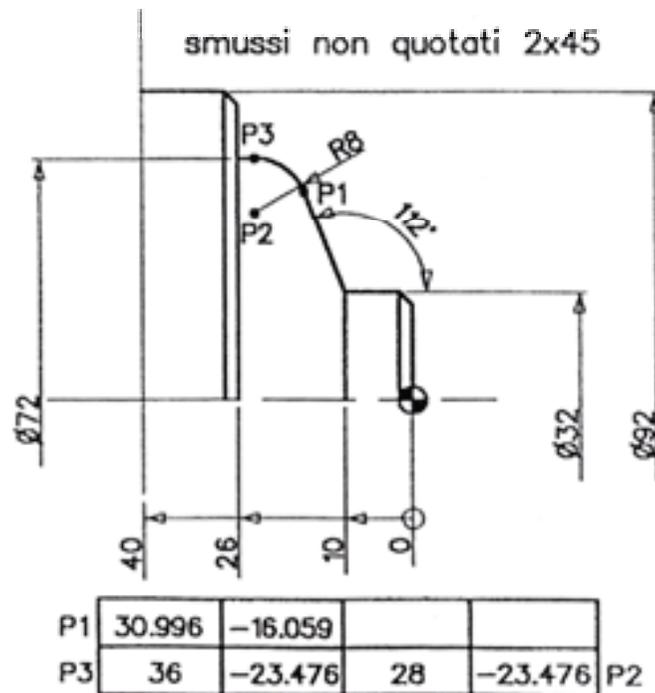
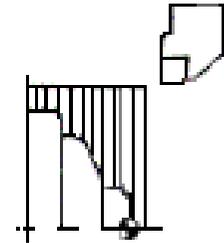
```

N10 G96 G28 T101 M6 S150 F0.3 M3
N11 (DPF,1, G00 X0 Z2
N12 G01 X0 Z0
N13 G01 X20 B2 F0.15
N14 G01 A180 A90 X40 Z-12 B2
N15 G01 Z-29
N16 G01 A162 R25 A132 X80 Z-62 R15
N17 G1 Z-87
N18 )
N19 G00 X82 Z3
N20 (SZP,1, I0.5 K0.5 L10)
N21 (CLP,1)
N22 G00 X100 Z100 M30
    
```



2) parallelo all'asse X

Viene impiegato nella sgrossatura di flange dove solitamente il materiale da asportare è maggiore lungo l'asse diametrale.



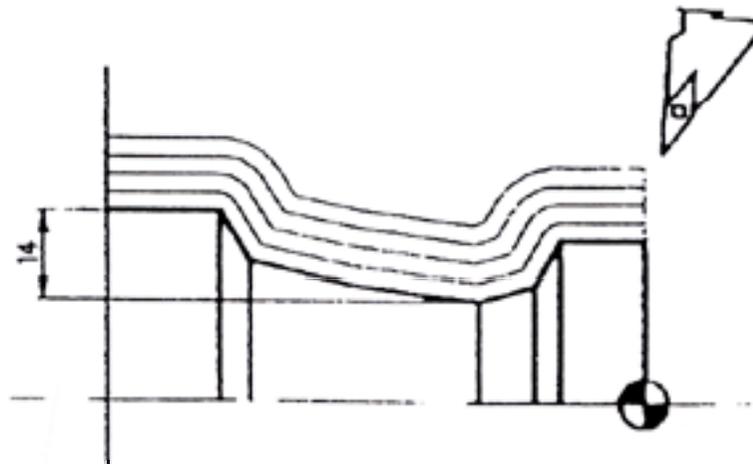
Attivazione del ciclo per cnc E.C.S.

```
N0 G96 S150 F.3 T1 M6 MS 2000
N1 G64 X96 Z2 IA0 KA-10.327 IB-60 KB0 I-60 K-10.327 HB3 E2
N2 G64 X96 Z-9 IA0 KA-8 IB-60 KB-0 I-20 K-8 HB3 E2
N3 G64 X96 Z-17 IA0 KA-8 IB-20 KB0 I-20 K-8 HB3 E2
N4 G00 X36 Z0 (Finitura)
N5 G01 X0 Z0
N6 G01 X34 Z0 E2 F.15
N7G1 X32 Z-10
N8 G01 RC-22 RA8
N9 G01 RC-90 X72 Z-26
N10 G01 RC0 E2
N11 G01 RC-90 X92 Z-40
N12 G00 X100 Z100 M2
```



3) parallelo al profilo da ottenere

Questo ciclo si utilizza quando si debbono sgrossare materiali già preformati (pezzi forgiati, pressofusi, fusioni ecc.) che quindi abbiano una quantità rilevante ma omogenea di materiale lungo il profilo del pezzo da ottenere. Si usa anche in caso di lavorazione di pezzi "sotto squadra" ovvero nella lavorazione di un punto del pezzo che si trova tra due spallamenti che hanno il diametro maggiore rispetto al punto da lavorare.





Le filettature

Anche per le filettature i controlli numerici possiedono appositi cicli che eseguono automaticamente qualsiasi filettatura sia essa interna od esterna. All'attivazione del ciclo, l'utensile esegue le passate di sgrossatura e di finitura quindi ritorna al punto di partenza.

E.C.S.

Vite..= filetto esterno
Madre Vite = filetto interno
E00 = Vite metrica
E01 = Madrevite metrica
E02 = Vite whitworth
E03 = Madrevite whitworth
E04 = Vite trapezia
E05 = Madrevite trapezia

Codici per filettature particolari
E06 = Vite generica
E07 = Madrevite a pane quadro
E08 = Vite a pane quadro
E09 = Madrevite a pane quadro
E10 = Vite metrica
E11 = Madrevite metrica

D = Distanza nel ritorno
RB = conicità in %
J = 0...999.999 profondità del filetto
JA,JB = angolo di entrata e uscita

Il ciclo si attiva con questa sintassi:

G63 X.. Z.. P KA HB E... HA D

Dove:

G63 = ciclo fisso di filettatura

X.. Z.. = Inizio filetto

P = Passo del filetto

KA = Lunghezza relativa della filettatura

HB = Passate di sgrossatura / finitura

E.. = Tipo di filettatura (vedi tabella in alto)

HA = (1..9) Numero di principi

D = Distanza nel ritorno (se omessa = 2 mm)



OLIVETTI

Significato dei valori numerici
corrispondenti alla posizione delle
lettere: a, b, c, d, e, fg

a = 1...9 stacco utensile nel ritorno
b = 0-1 gola sì, gola no
c = 1...9 numero di principi
d = 0-1 passo M passo W
e = passate di sgrossatura
fg = 00...99 passate di finitura

Il ciclo si attiva con questa sintassi:

G33 Z.. K L a b c d e fg

Dove:

G33 = ciclo fisso di filettatura

X.. Z.. = Entrambe se il filetto è conico

K = Passo misurato sull'asse del filetto

L+ = Filetto esterno

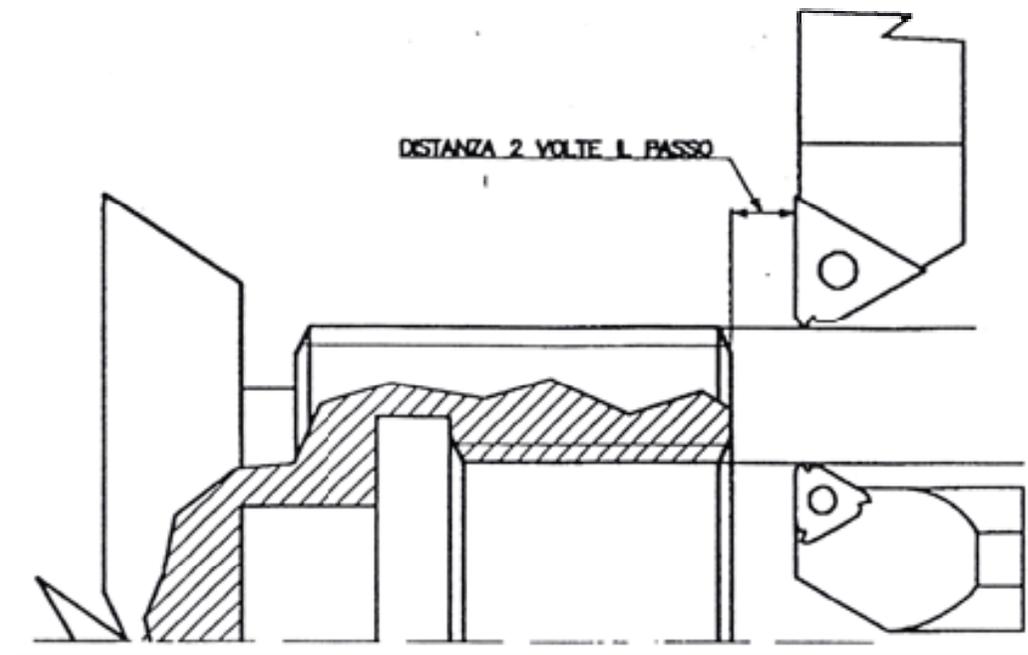
L- = Filetto interno

a b c d e fg = Vedi tabella



Esempio di una filettatura esterna da M60 x 2 ed una interna da M30 x 1.5.

Per l'esecuzione del ciclo di filettatura il programmatore porta l'utensile al punto iniziale, esso deve essere ad una distanza pari a due volte il passo del filetto, quindi si attiva il ciclo.





Listato per eseguire queste filettature valido con cnc *E.C.S.:*

N10 S200 M3

start mandrino

N20 G0 X60 Z4

posizionamento assi al punto iniziale del filetto esterno

N30 G63 X60 Z2 KA-50 P2 HB10/2 E00

attivazione del ciclo di filettatura esterna: lunghezza filetto 50 (KA- 50), passate = 10 in sgrossatura e 2 in finitura (HB10/2), tipo di filetto = vite metrica (E00), passo 2mm (P2)

N40 G0 X150 Z200

stacco dal pezzo per cambio utensile

N50 T....

cambio utensile

N60 G0 Z3

posizionamento assi al punto iniziale del filetto interno

N70 G63 X28.2 Z2 KA-20 P1.5 HB10/2 E01

attivazione del ciclo di filettatura interna: lunghezza filetto 20 (KA-20), passate = 10 in sgrossatura e 2 in finitura (HB10/2), tipo di filetto = madrevite metrica (E01), passo 1.5mm (P1.5)

N80 G0 X200 Z200 M30

stacco dal pezzo e fine programma



Listato per eseguire queste filettature valido con cnc *Olivetti*:

N10 G97 S200 T303 M6

N20 G0 X60 Z5

N30 G33 Z-50 K2 L+ 1010211

definizione dei parametri di lavoro e cambio utensile
posizionamento assi al punto iniziale del filetto esterno
attivazione del ciclo di filettatura esterna (L+) : lunghezza filetto 50 (Z-50), passate = , passo 2mm (K2). La serie di numeri che conclude la riga (1010211) corrisponde ai parametri a,b,c,d,e,fg descritti nella tabella del cnc olivetti di inizio pagina: nel ritorno stacco utensile di 1mm, non verrà eseguita nessuna gola, il filetto ha 1 principio ed è a passo 'M', verrà formato in 21 passate di sgrossatura ed 1 di finitura.

N40 G0 X150 Z200

N50 T....

N60 G0 Z2

N70 X28.2

N80 G33 Z-20 K1.5 L+ 1010211

stacco dal pezzo per cambio utensile
cambio utensile

posizionamento asse Z al punto iniziale del filetto interno

posizionamento asse X al punto iniziale del filetto interno

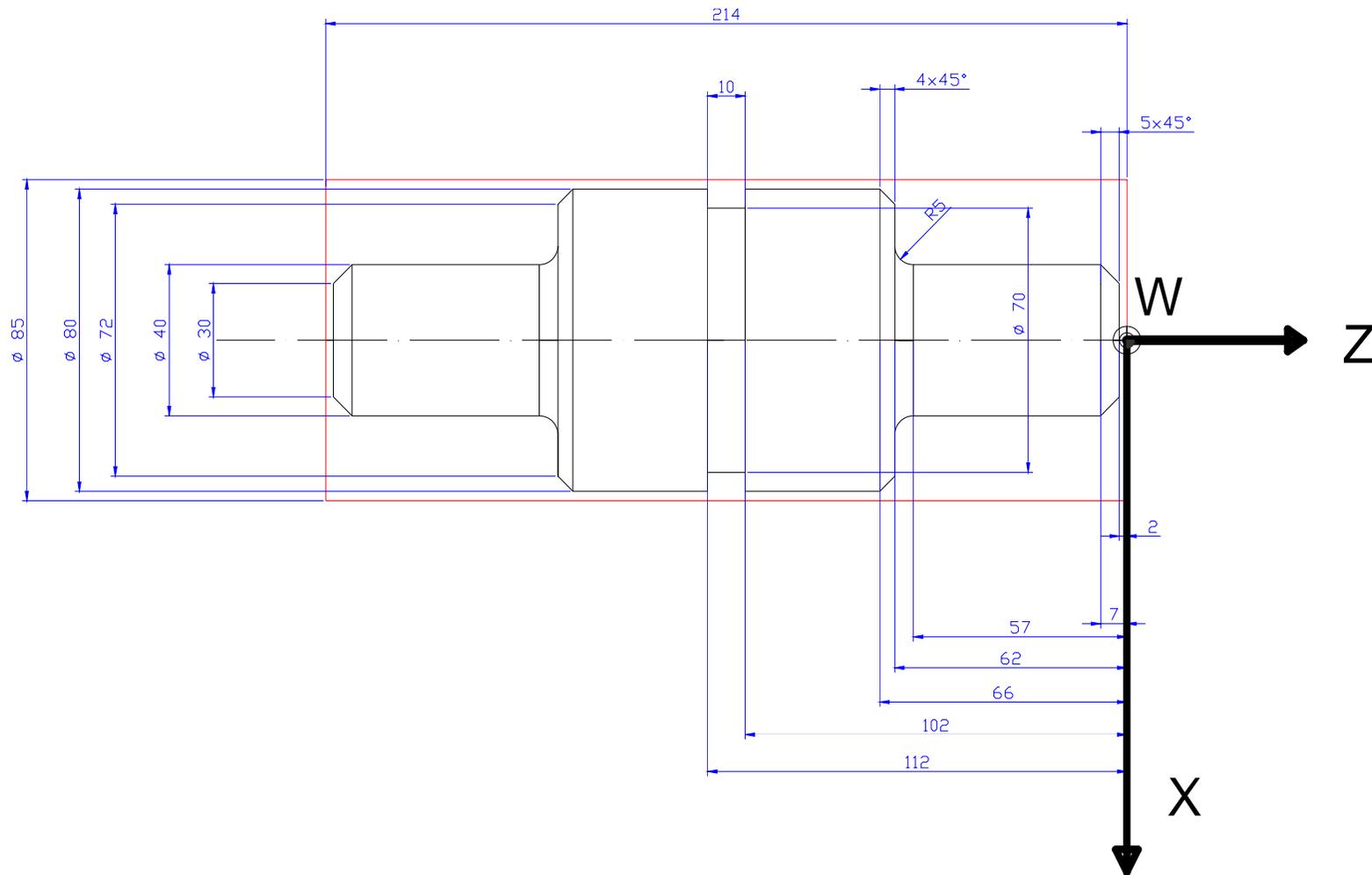
attivazione del ciclo di filettatura interna (L-) : lunghezza filetto 20 (Z-20), passate = , passo 1.5mm (K1.5). La serie di numeri che conclude la riga (1010211) corrisponde ai parametri a,b,c,d,e,fg descritti nella tabella del cnc olivetti di inizio pagina: nel ritorno stacco utensile di 1mm, non verrà eseguita nessuna gola, il filetto ha 1 principio ed è a passo 'M', verrà formato in 21 passate di sgrossatura ed 1 di finitura.

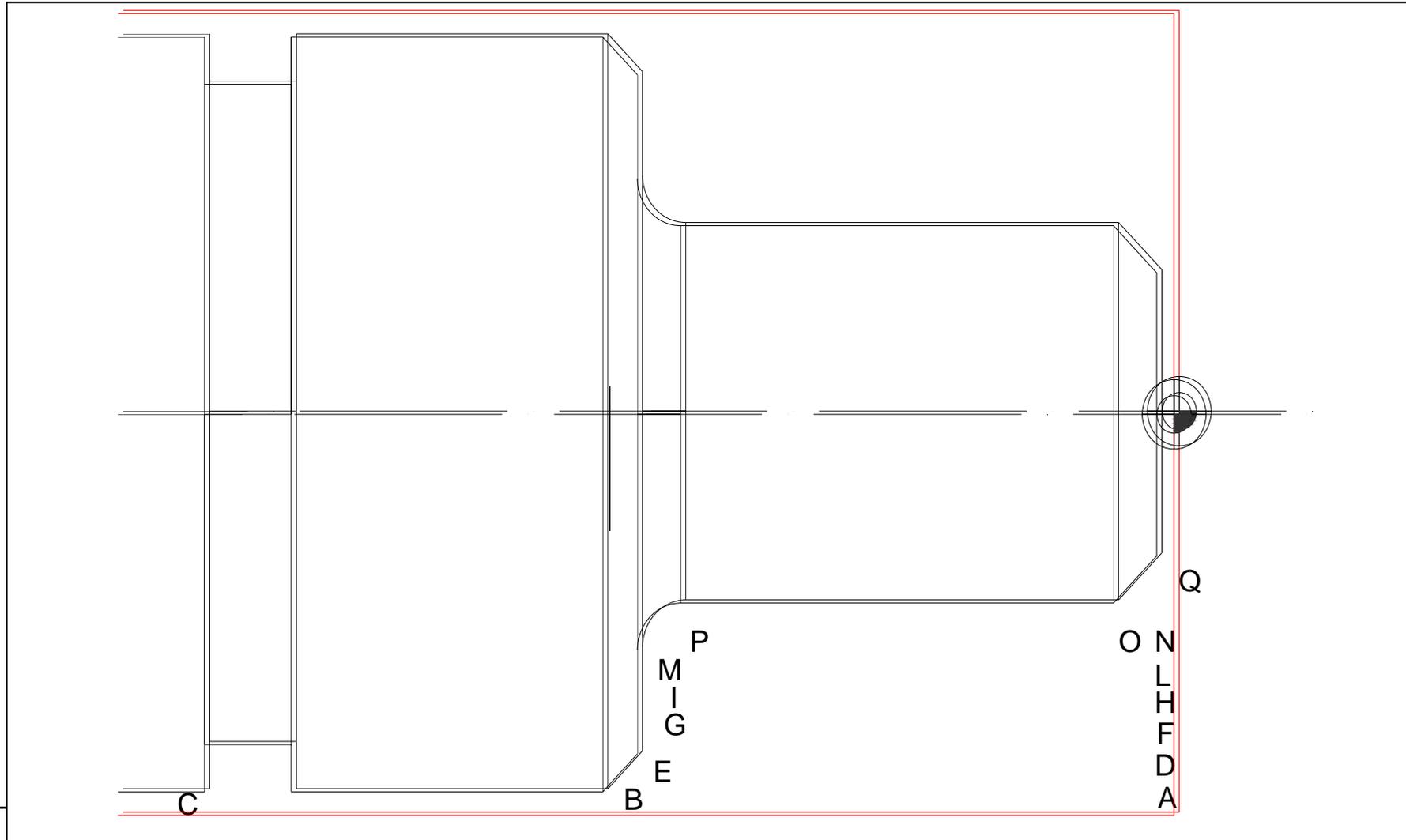
N90 X150 Z150 M30

stacco dal pezzo e fine programma



Esercizio 1







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	3 3	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

N010 G00 X150 Z200 T0101 M06 (MSG, UT. SGR)

N020 G92 S2400

N030 G96 G95 F0.3 S300 M04 M08

N040 X50 Z-2

N050 G01 X-0.5

N060 G00 Z0

N070 X41

N080 G01 Z-115

N090 X45

N100 G00 Z0

N110 X37

N120 G01 Z-61

inizio programma, descrizione pezzo

prelev. utensile sgrossatore

limitaz. max vel mandrino

vel taglio cost m/min, feed mm/giro,
rotaz. antioraria, fluido lubrorefr.

posizionamento in rapido punto start

sfacciatura

allontanamento in rapido utensile

posizionamento in A

torn. cil .est fino a C

allontanamento utensile

ritorno in rapido

posizionamento in D

prima passata sgrossatura DE



N130 X41 Z -65	eliminaz. sovrmetalto 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. sovrmetallico spigolo PM
N300 G00 Z0	ritorno in rapido
N310 X15	posiz. in Q
N320 G01 X21 Z-6 M09	asportazione spigolo QO, arresto fluido lubrefr.
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