

CONTROLLO NUMERICO

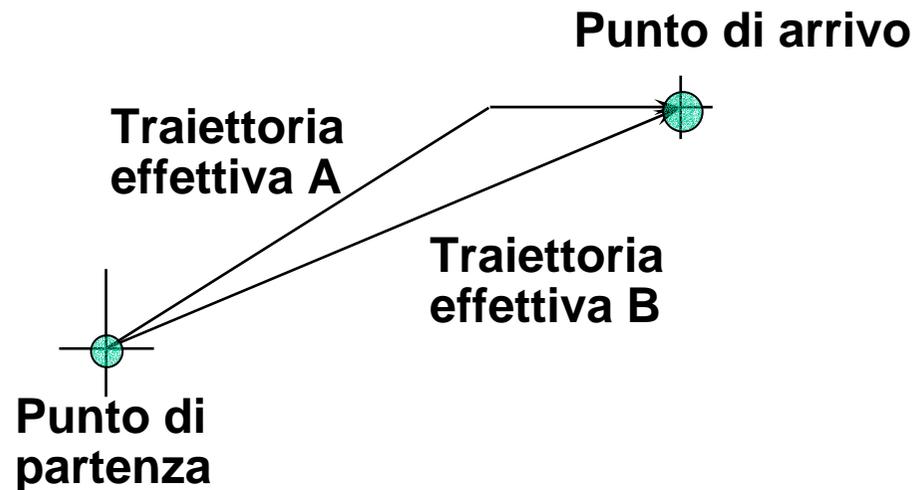
Corso di Sistemi integrati di Produzione A.A.2004-05
Prof. G. A. Berti

CLASSIFICAZIONE delle MACCHINE a CN

1. Controllo del movimento: punto a punto (PTP), parassiale e continuo (Contornatura)
2. Loop di controllo: a loop aperto e a loop chiuso
3. Motori: idraulico, elettrico o pneumatico
4. Sistemi di posizionamento: incrementale e assoluto
5. Hardwired NC e softwired Computer Numerical Control (CNC)

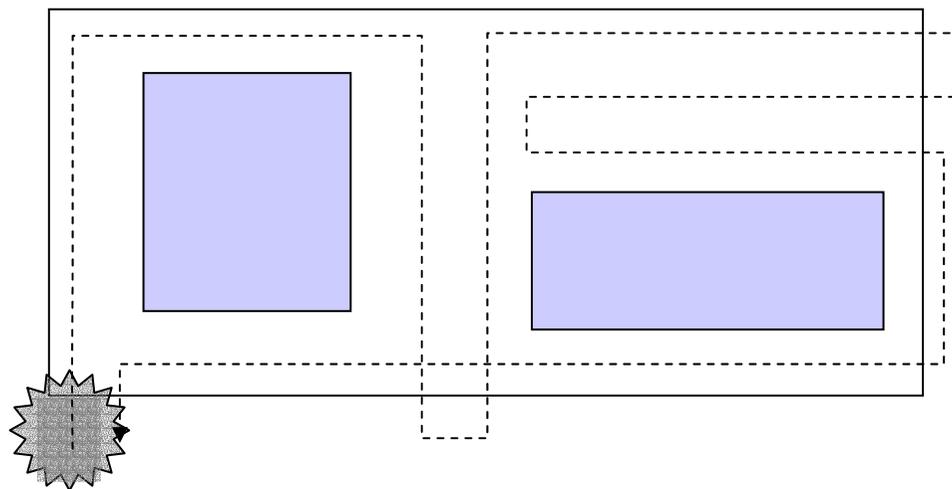
Controllo Punto a Punto

- Movimento alla massima velocità da un punto a un altro punto.
- Accuratezza del punto di arrivo ma nessun controllo sulla traiettoria.
- Applicazioni: Operazioni di Foratura, Saldature per punti.
- Traiettoria e velocità di trasferimento non sono controllati numericamente



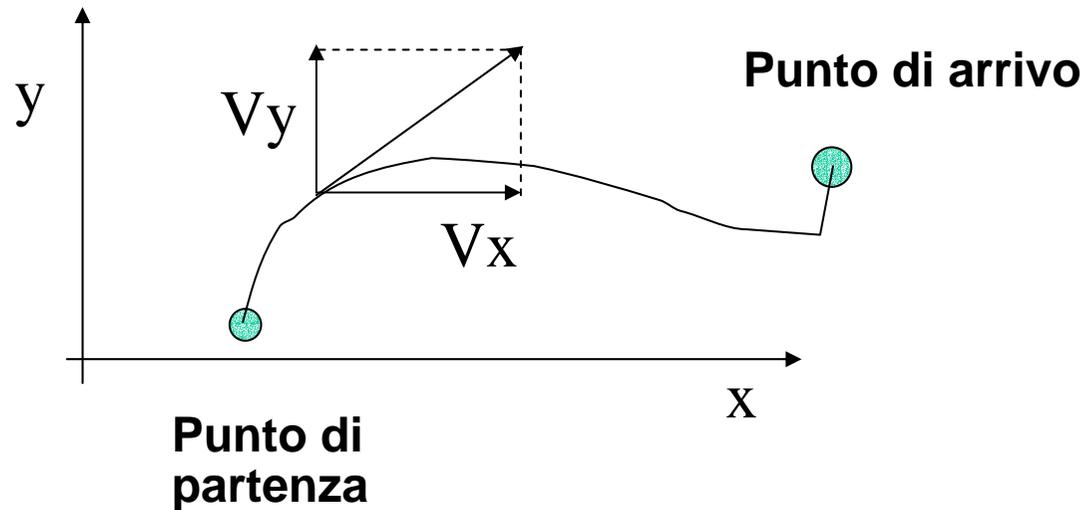
Controllo Parassiale

- Consente di controllare l'utensile lungo traiettorie rettilinee parallele agli assi coordinati
- Applicazioni: fresatrici per contornature rettangolari
- Non è possibile combinare movimenti su più assi in modo da generare una traiettoria, anche se le velocità lungo gli assi coordinati sono controllate (singolarmente e non simultaneamente)

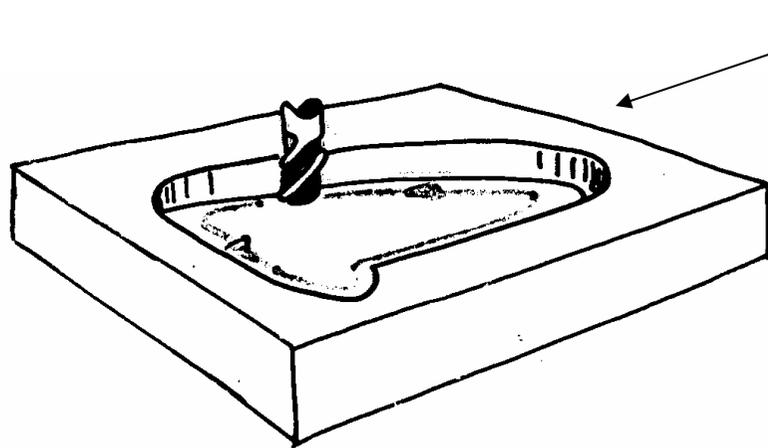


Controllo continuo o a contornatura

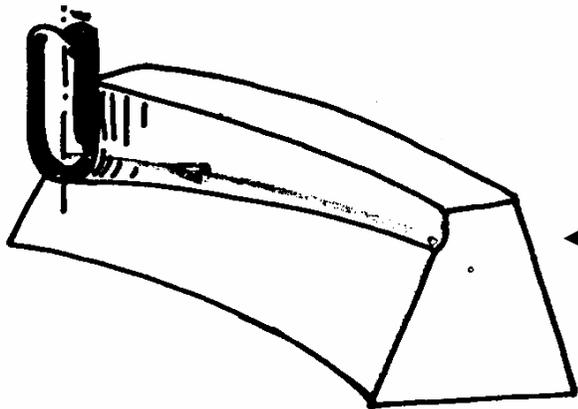
- Viene controllata sia la posizione che la velocità su almeno due assi contemporaneamente (controllo di traiettoria)
- Consente di lavorare profili.
- E' preciso.
- Utilizza interpolatori lineari e circolari.



Controllo continuo o a contornatura



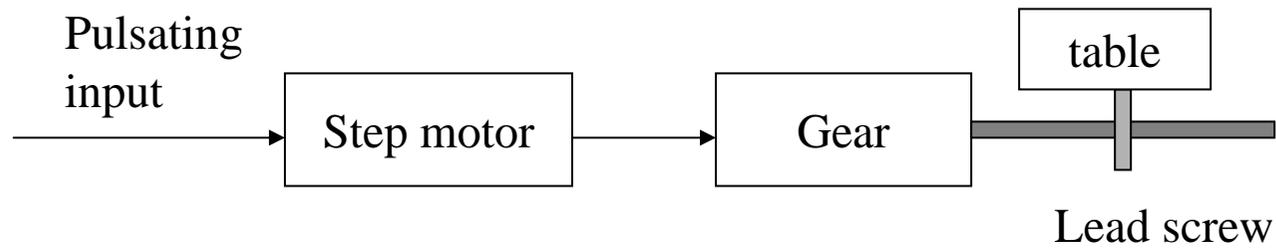
- 2 assi = contornatura piana
- 2 assi e $\frac{1}{2}$ = lavorazioni per isolivello o a terrazze (due assi sono controllati contemporaneamente mentre il terzo è fermo; terminata la lavorazione nel piano i due assi si fermano e il terzo asse porta l'utensile in un piano parallelo a quello precedentemente lavorato)



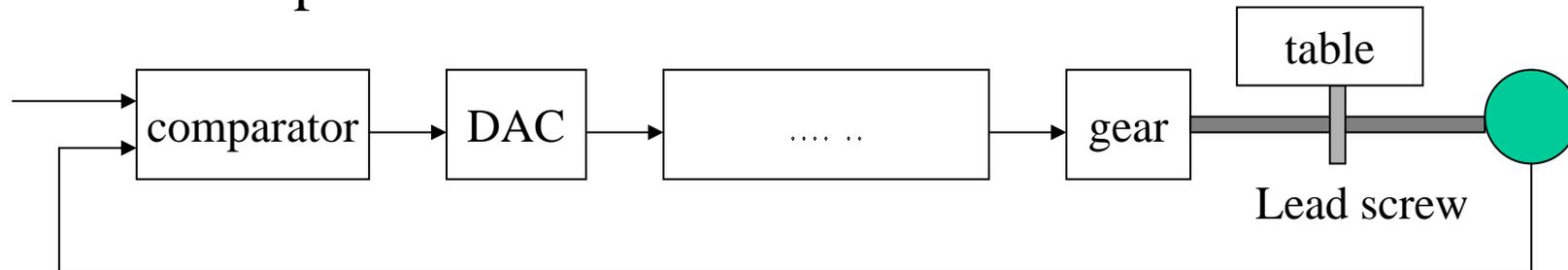
- 3 assi = contornatura tridimensionale
- 5 assi = superfici sculturate

Loop di controllo: a loop aperto e a loop chiuso

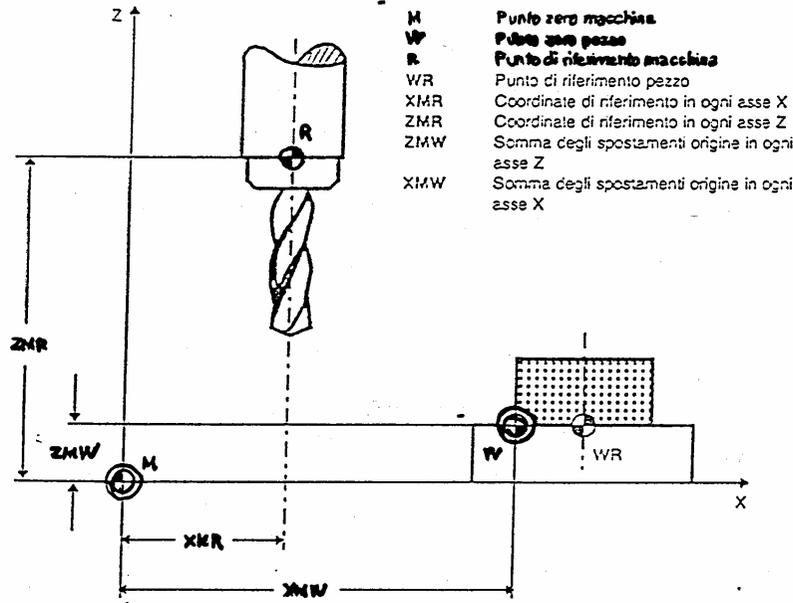
- Open-loop ..



- Closed-loop ..



Posizione di zero o punto origine



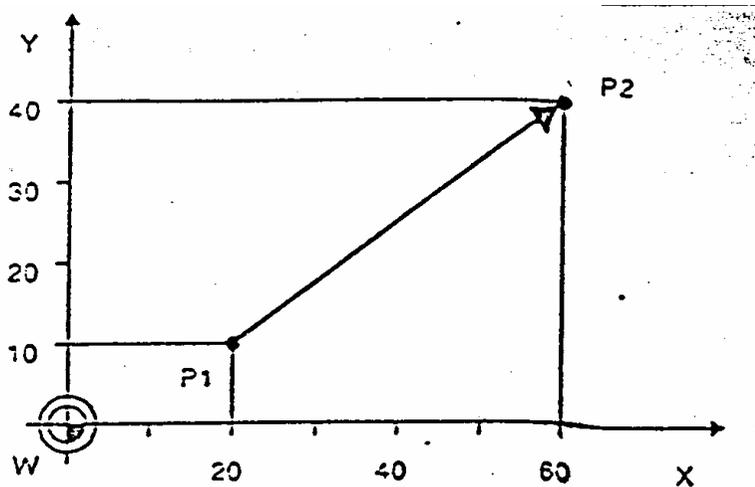
M = origine sistema riferimento macchina

W = origine sistema riferimento solidale al pezzo

R = punto di riferimento della macchina (deve essere raggiunto ad ogni accensione o reset della macchina e serve per sincronizzare il Controllo con la Macchina)

- Posizione di zero fissa:
l'origine è sempre posizionata nello stesso punto rispetto alla tavola della macchina (MOLTO RARA)
- posizione di zero variabile:
l'operatore assegna la posizione di zero ad un punto qualunque rispetto alla tavola della macchina (PIU' FREQUENTE)

Posizionamento assoluto o incrementale



L'utensile si trova nella
posizione P1 e deve
spostarsi nel punto P2

- **Posizionamento assoluto:** le posizioni dell'utensile sono definite in relazione alla posizione di zero ($x=60$, $y=40$)
- **Posizionamento incrementale:** le posizioni dell'utensile sono definite con riferimento alla posizione precedente ($x=40$, $y=30$)

FORMATI dei Programmi

EIA RS-274 standard (N-G Code)

- Formato fisso sequenziale

0010 01 07500 06250 00000 00000 612

- Formato con indirizzi di blocco

- Formato sequenziale con tabulatori Tab sequential format

T0010 T01 T07500 T06250 T T T612

- **Formato con indirizzi di parola (Word)**

N0010 G01 X07500 Y06250 S612

Parole NC (WORDS)

Un programma in questo formato consiste in blocchi di istruzioni costituite dalle seguenti parole:

N, G, X, Y, Z, A, B, C, I, J, K, F, S, T, R,
M

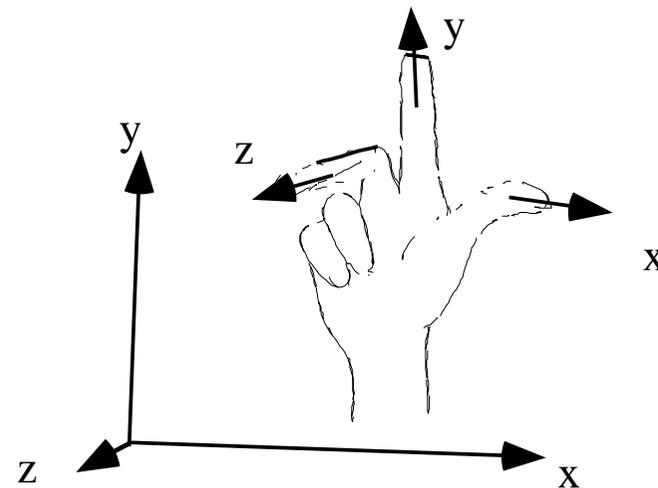
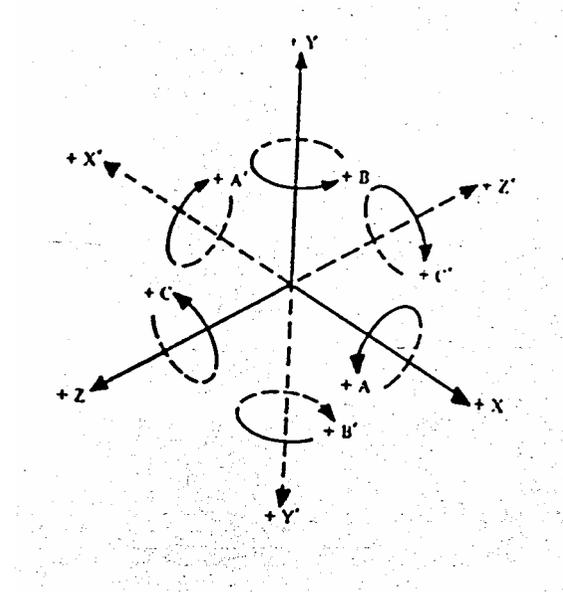
Lo standard EIA, RS-273 definisce il set di tali codici standard.

Requisiti del controllo NC

- a. Funzioni Preparatorie **G**: tipo unità di misura, tipo di interpolazione, programmazione assoluta o incrementale, scelta del piano per interpolazione circolare, compensazioni utensile, ecc.
- b. Coordinate: 3 assi di traslazione e 3 assi di rotazione.
- c. Parametri macchina: avanzamento **F** e velocità mandrino **S**.
- d. Utensile: diametro, numero dell'utensile, cambio utensile.
- e. Cicli fissi: foratura, alesatura, foratura profonda, maschiatura, svuotamento tasca, ecc.
- f. Controllo lubrificante: on/off, ecc.
- g. Controlli diversi (Miscellanea) **M**: mandrino on/off, senso rotazione mandrino, cambio pallet, controllo serraggio utensili, etc.
- h. Interpolatori: lineare, circolare.

Sistemi di Riferimento

- Terna destrorsa ortogonale
- Traslazioni
 - $X=X'$
 - $Y=Y'$
 - $Z=Z'$
- Rotazioni
 - $A=A'$
 - $B=B'$
 - $C=C'$
- Assi lineari secondari paralleli agli assi principali (U, V, W)



FUNZIONI



- G0 (G00): spostamento rapido (corsa rapida)
- G1 (G01): interpolazione lineare
- G2 (G02): interpolazione circolare in senso orario
- G2 (G02): interpolazione circolare in senso antiorario
- G4 (G04): tempo di sosta
- G11 : programmazione di due rette con raggi o smussi alle intersezioni
- G14 : funzione di ripetizione, ordine di salto
- G17 : selezione piano XY
- G18 : selezione piano XZ
- G19 : selezione piano ZY
- G22 : richiamo sottoprogramma
- G23 : richiamo programma
- G26 : avanzamento 100%
- G40 : nessuna correzione raggio
- G41 : correzione raggio a sinistra
- G42 : correzione raggio a destra
- G43 : correzione raggio sino a:
- G44 : correzione raggio oltre a:

FUNZIONI



- G70 : sistema di immissione in pollici
- G71 : sistema di immissione metrico
- G72 : nessuna lavorazione simmetrica attiva
- G73 : attivata lavorazione simmetrica
- G77 : richiamo ciclo su circonferenza
- G78 : definizione punti
- G79 : richiamo ciclo
- G81 : ciclo di foratura
- G83 : ciclo di foratura profonda
- G84 : ciclo di maschiatura
- G85 : ciclo di alesatura
- G86 : ciclo di barenatura
- G87 : ciclo di fresatura di tasche rettangolari
- G88 : ciclo di fresatura di cave
- G89 : ciclo di fresatura di tasche circolari

FUNZIONI

G

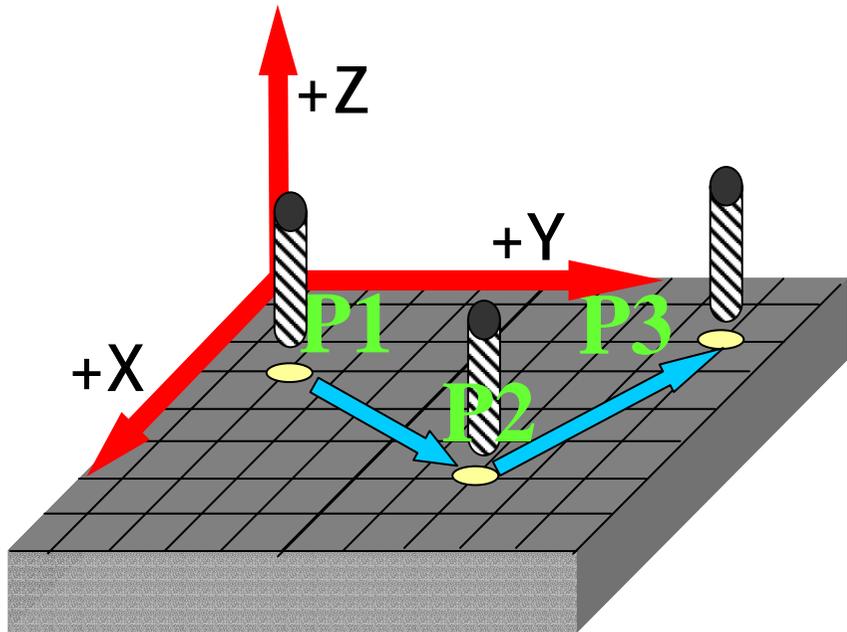
- **G90** : programmazione in misure assolute
- **G91** : programmazione in misure incrementali
- **G94** : avanzamento in mm/min.
- **G95** : avanzamento in mm/giro
- **G82** : sistema di coordinate cilindriche

- **T** : definizione dell'**UTENSILE**
- **S** : **NUMERO di GIRI del MANDRINO**
- **F** : **VELOCITA' di AVANZAMENTO**

FUNZIONI



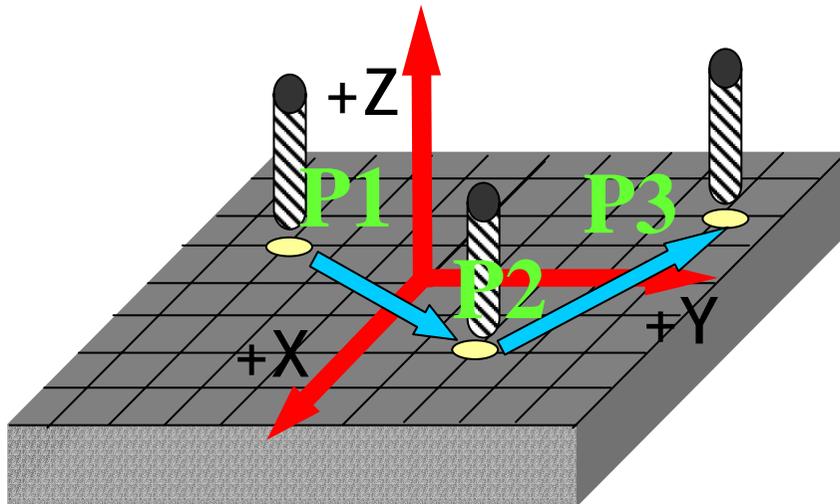
- M0 : programma stop
- M3 : rotazione mandrino in senso orario
- M4 : rotazione mandrino in senso antiorario
- M5 : rotazione mandrino stop
- M6 : cambio utensile automatico
- M7 : adduzione interna refrigerante inserita
- M8 : refrigerante inserito
- M9 : refrigerante disinserito
- M10 : tavola rotante NC bloccata
- M11 : tavola rotante NC sbloccata
- M13 : mandrino in senso orario + refrigerante inserito
- M14 : mandrino in senso antiorario + refrigerante inserito
- M16 : disattivazione M17 & M18
- M17 : risciacquatura trucioli
- M18 : pulitura pezzo
- M30 : fine programma



n.. G90
 ⇓
 n.. X30 Y20
 ⇓
 n.. X60 Y70
 ⇓
 n.. X20 Y90

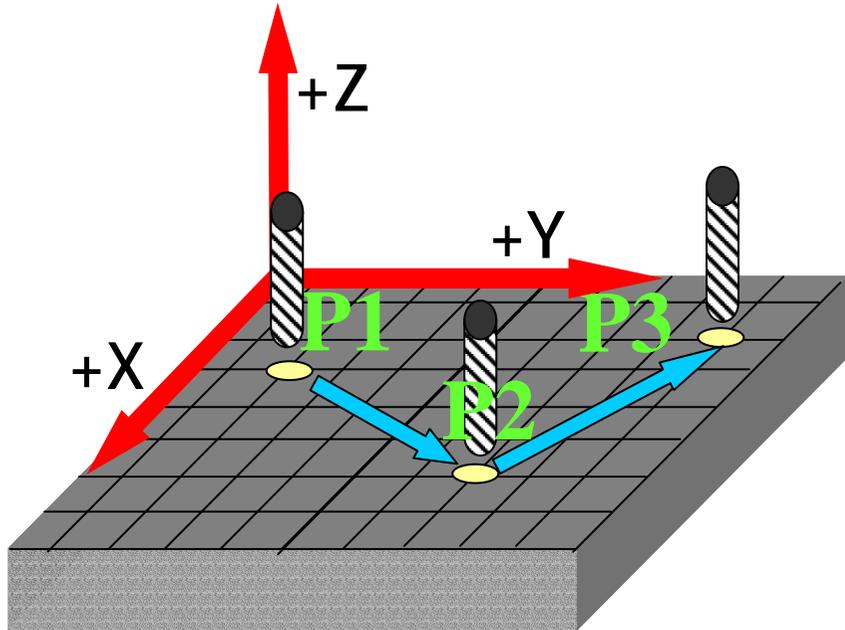
COORDINATE
 (MEASURE)
ABSOLUTE

G90



n.. X-10 Y-30
 ⇓
 n.. X20 Y20
 ⇓
 n.. X-20 Y40

COORDINATE
(MISURE)
INCREMENTALI



n.. G91



n.. X? Y?

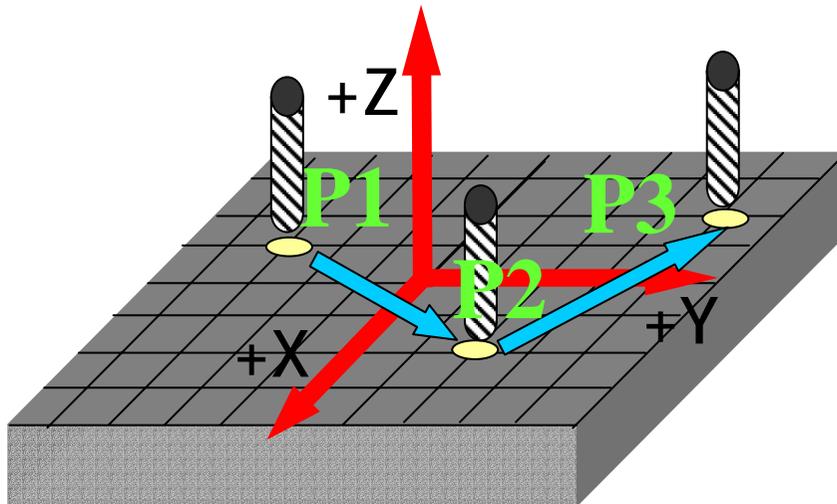


n.. X30 Y50



n.. X-40 Y20

G91



n.. X? Y?

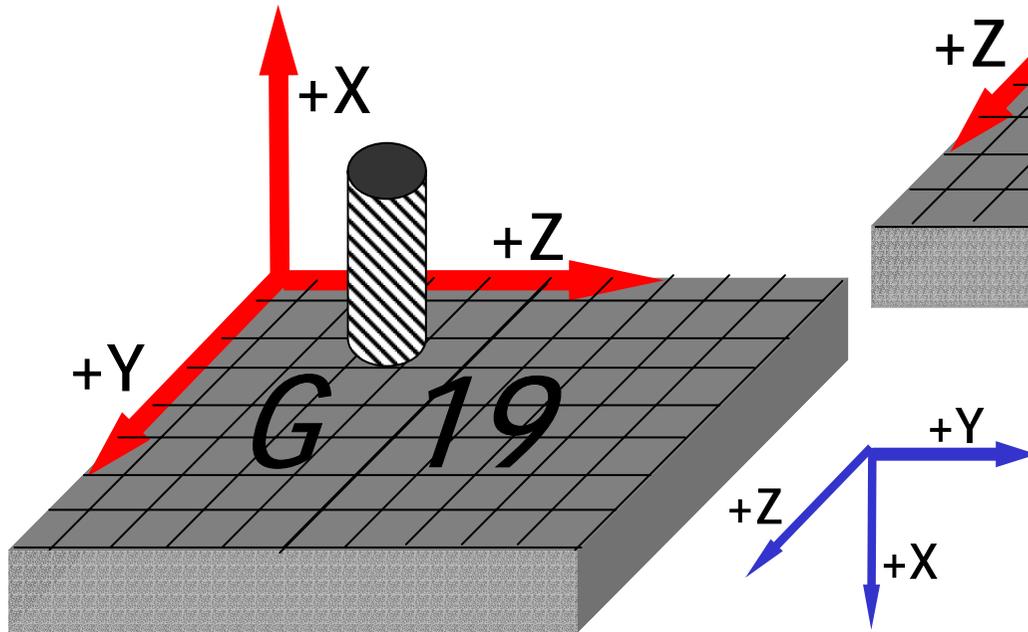
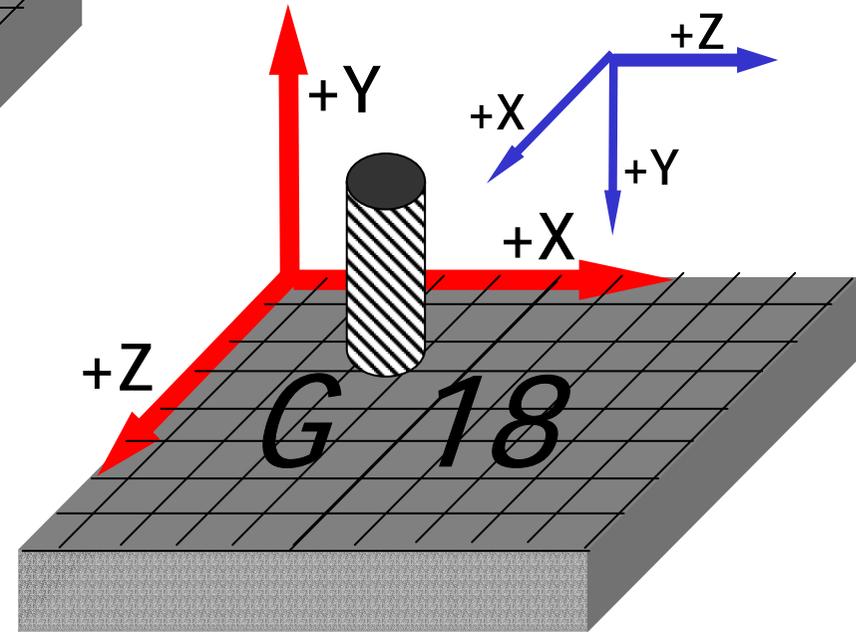
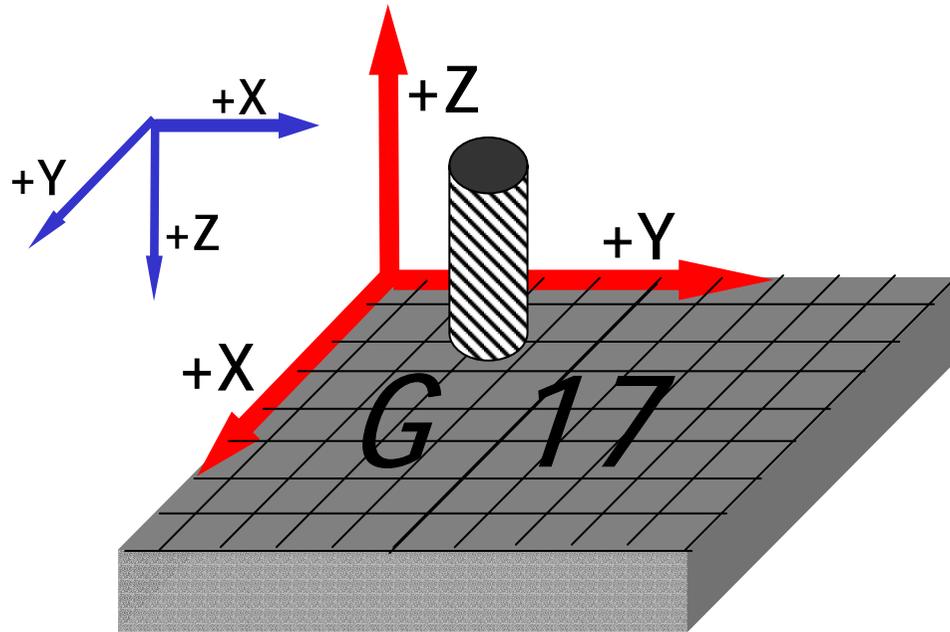


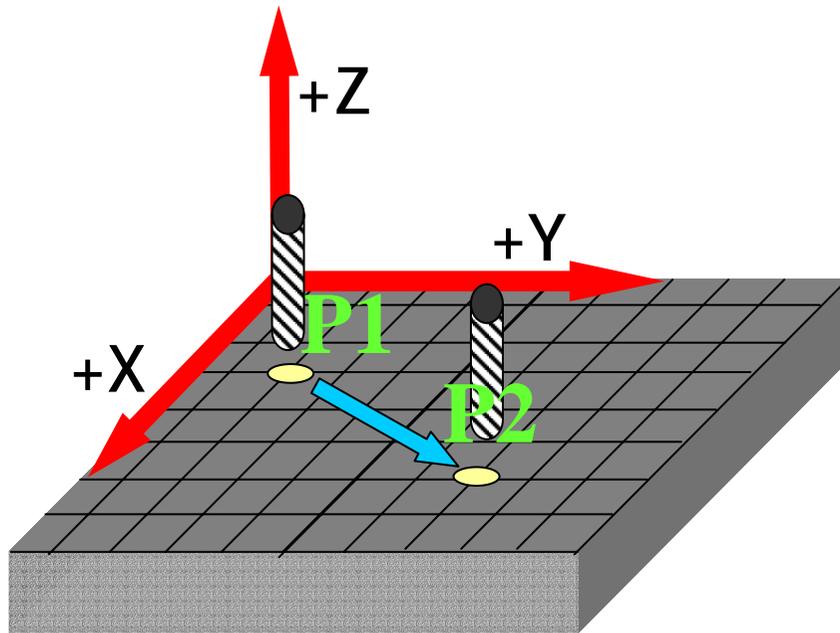
n.. X30 Y50



n.. X-40 Y20

DEFINIZIONE E SELEZIONE PIANO DI LAVORO





AVANZAMENTO RAPIDO

GO (*G00*)

VA DAL PUNTO P1
AL PUNTO P2 ALLA
MASSIMA VELOCITA'

coordinate assolute

n.. X30_(XP1) Y20_(YP1)



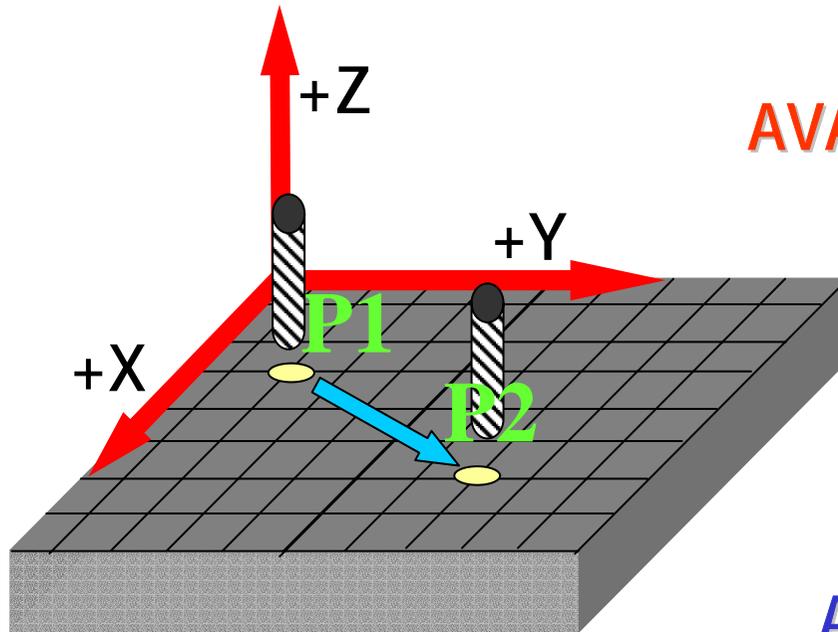
n+1 G0 X60_(XP2) Y70_(XP2)

coordinate incrementali

n.. X?_(XP1) Y?_(YP1)



n+1 G0 X30_(ΔXP2) Y50_(ΔXP2)



AVANZAMENTO SU UNA RETTA

G1 (*G01*)

VA DAL PUNTO P1
AL PUNTO P2 CON LA
VELOCITA' DI
AVANZAMENTO F IMPOSTATA

coordinate assolute

n.. X30_(XP1) Y20_(YP1)



n+1 G1 X60_(XP2) Y70_(XP2)

coordinate incrementali

n.. X?_(XP1) Y?_(YP1)



n+1 G1 X30_(ΔXP2) Y50_(ΔXP2)

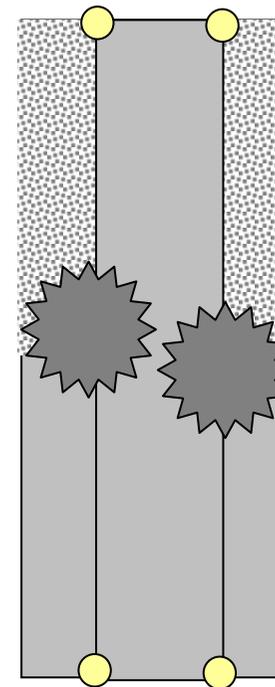
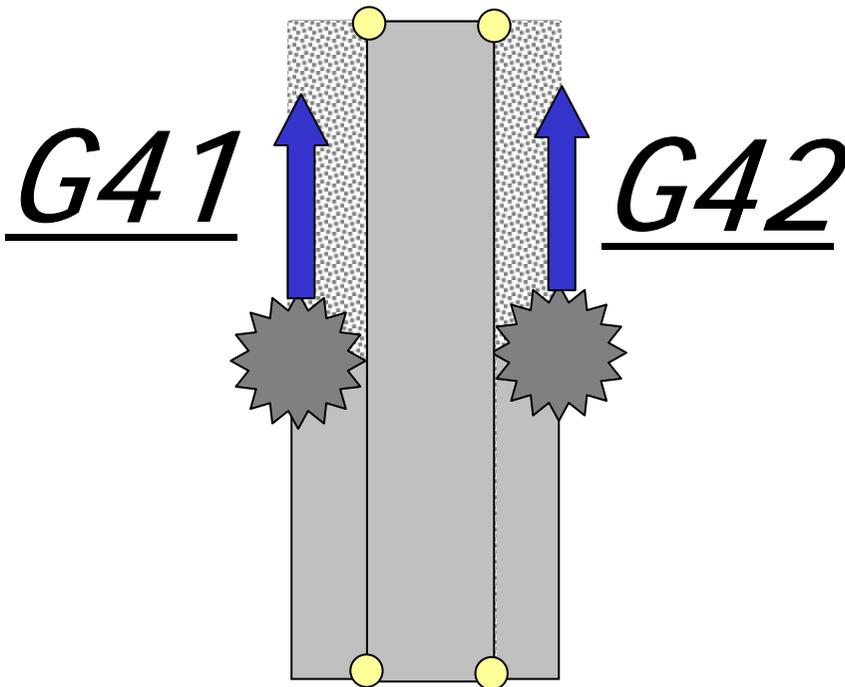
CORREZIONI (COMPENSAZIONI)
RAGGIO FRESA

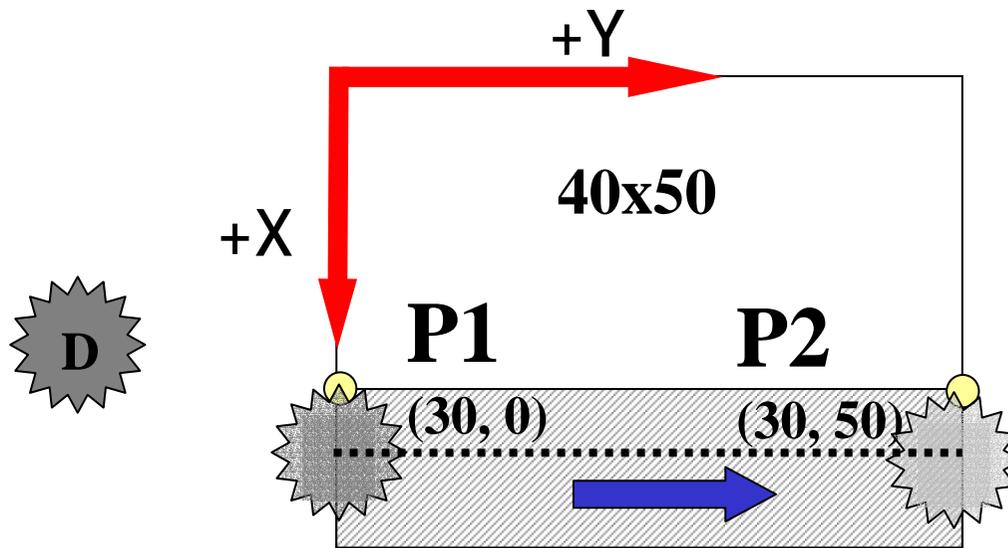
G40 G41 G42

Correzione
raggio
sinistra dal
contorno fresa

Correzione
raggio
destra dal
contorno fresa

Con G40 si
annullano
G41 e G42

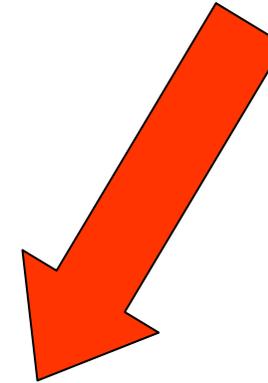


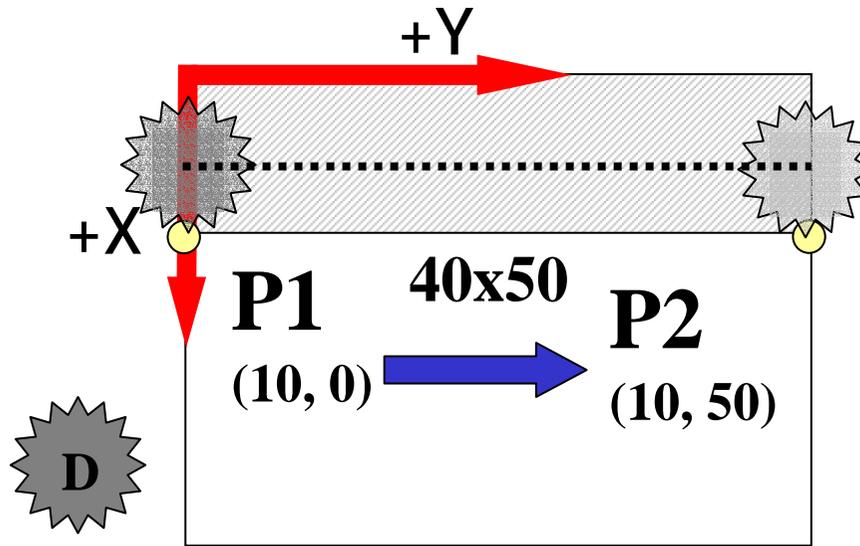


*Il diametro
fresa è già
stato
definito (T)*

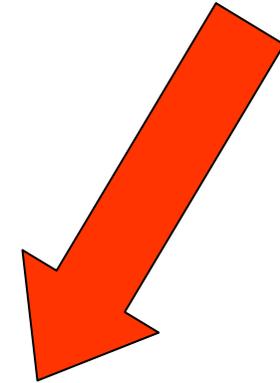
n.. G90
 n.. G40
 n.. G1 F100
 n.. X(30+D/2) Y0
 n..
 n.. X(30+D/2) Y50

n.. G90
 n.. G42
 n.. G1 F100
 n.. X30 Y0
 n..
 n.. X30 Y50





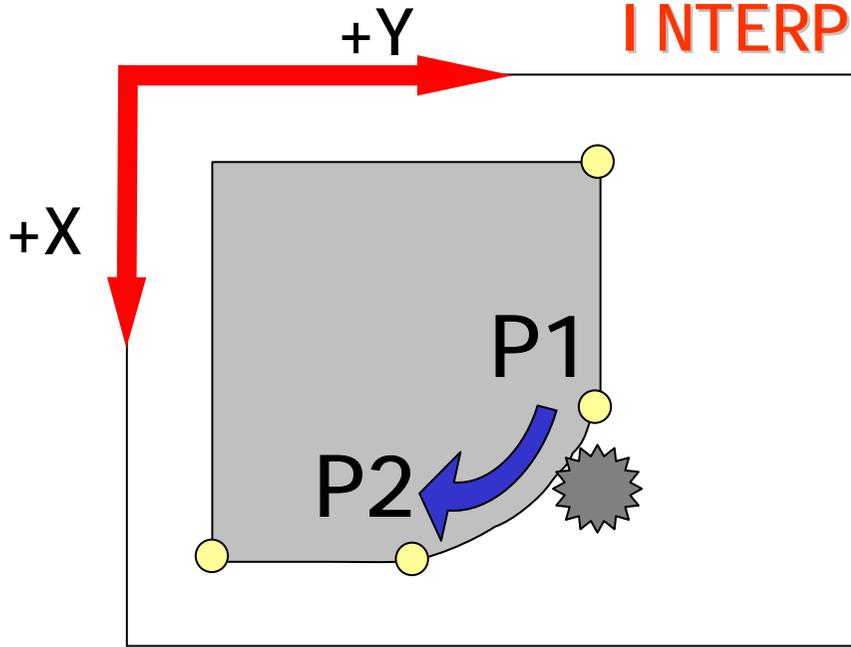
*Il diametro
fresa è già
stato
definito (T)*



n.. **G90**
n.. **G40**
n.. **G1 F100**
n.. **X(10-D/2) Y0**
n..
n.. **X(10-D/2) Y50**

n.. **G90**
n.. **G41**
n.. **G1 F100**
n.. **X10 Y0**
n..
n.. **X10 Y50**

INTERPOLAZIONE CIRCOLARE ORARIA



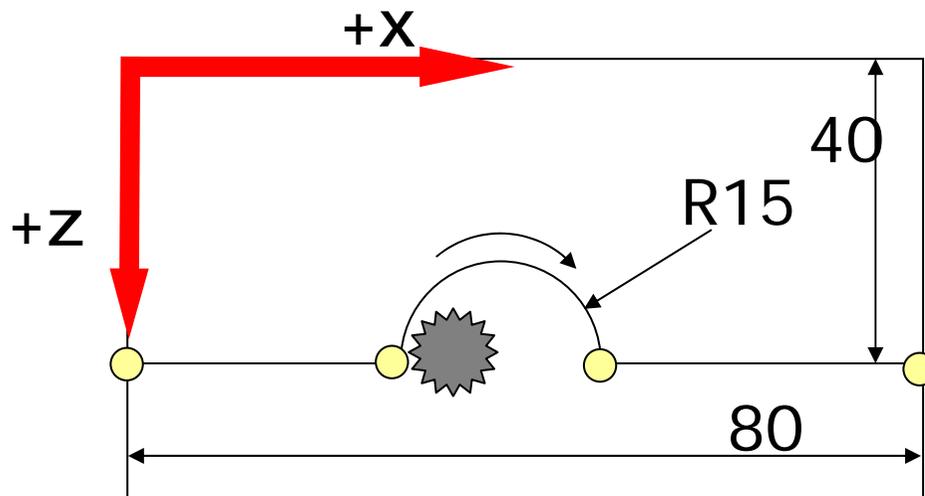
G2 (G02)

Blocco:

n. . G2 X. . Y. . R. .

Coordinate
punto finale

raggio
del l'arco (U)



Fresatura arco di 180°

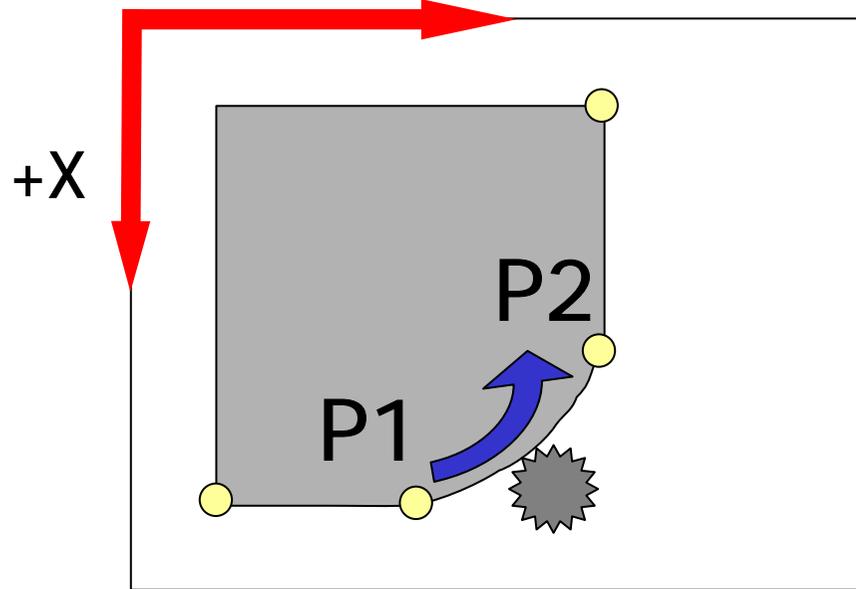
n. . G42

n. . G1 X25 F100

n. . G2 X55 Z40 R15

n. . G1 X87

INTERPOLAZIONE CIRCOLARE ANTI ORARIA



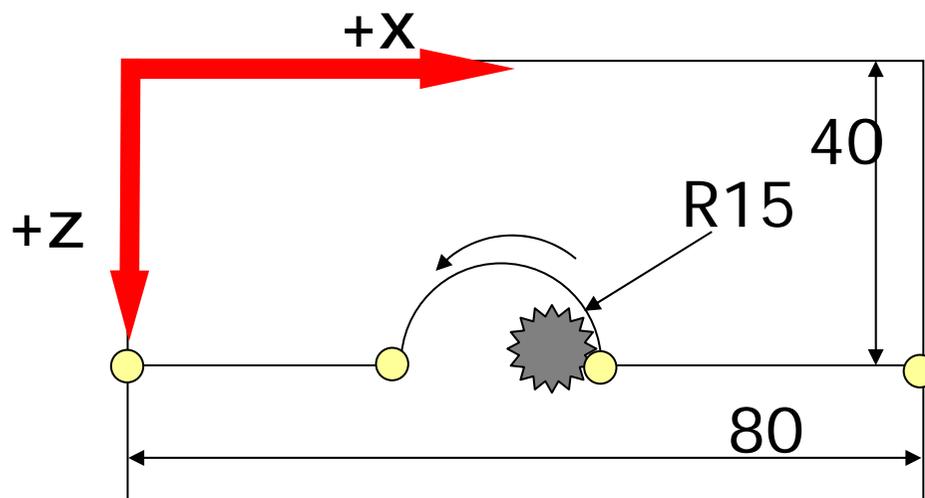
G3 (G03)

Blocko:

n. . G3 X. . Y. . R. .

Coordinate
punto finale

raggio
del l'arco



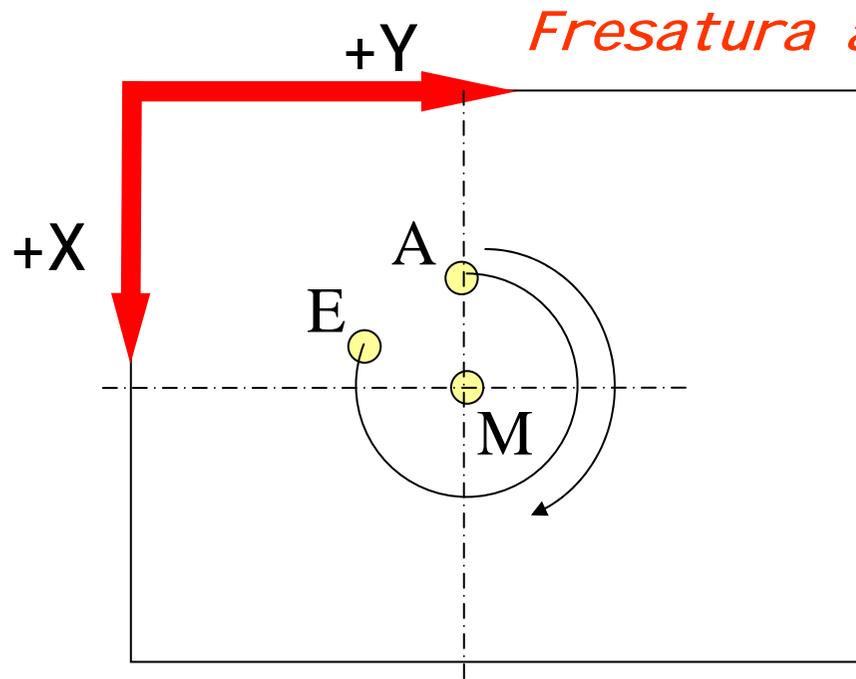
Fresatura arco di 180°

n. . G41

n. . G1 X55 F100

n. . G3 X25 Z40 R15

n. . G1 X87



Fresatura arco di verso da 180°

coordinate del centro del cerchio:

- I: *coordinata X*
- J: *coordinata Y*
- K: *coordinata Z*

A: punto iniziale

E: punto finale

M: centro cerchio

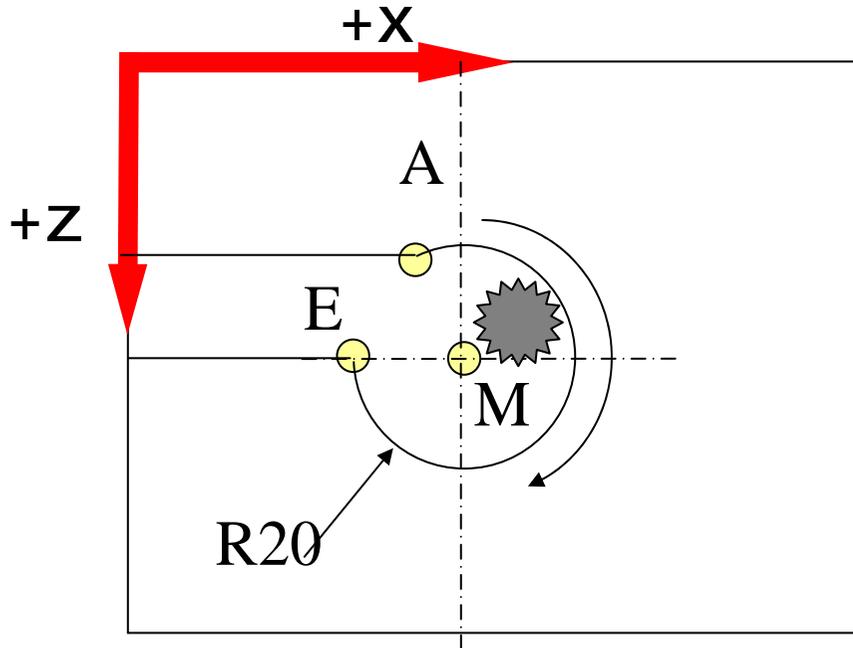
Blocco:

n. . G. . X. . Y. . I. . J. .
Se sono nel piano XY (G17)

n. . G. . X. . z. . I. . K. .
Se sono nel piano XZ (G18)

n. . G. . z. . Y. . k. . J. .
Se sono nel piano ZY (G19)

coordinate punto finale E
 +
coordinate centro M



A (25, ..)
 E (15, 30)
 M (35, 30)

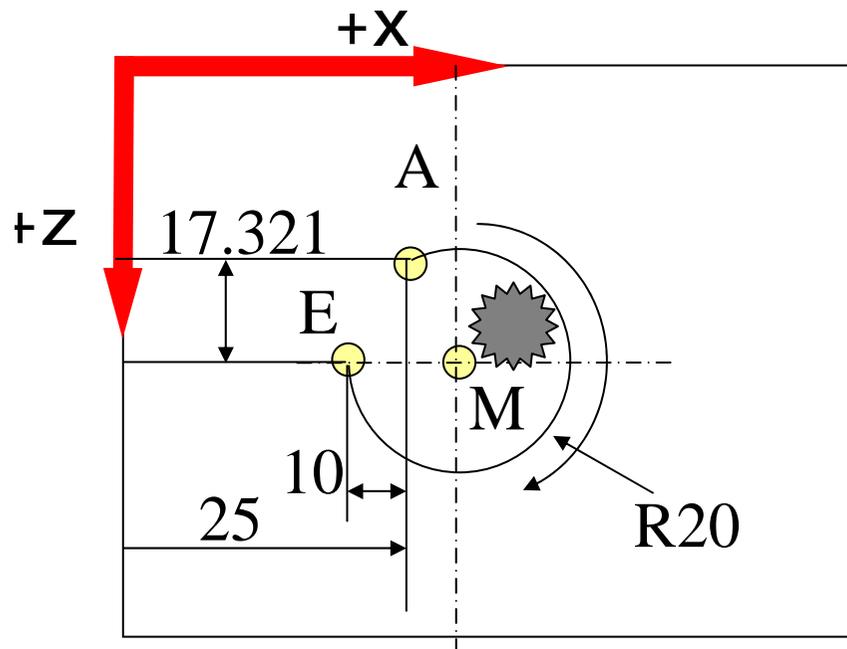
In coordinate absolute

n. . G42

n. . G1 X25 F100

n. . G2 X15 Z30 I 35 K30

n. . G1 X-7



A (25, ..)
 E (-10, 17.321)
 M (10, 17.321)

In coordinate incremental i

n. . G42

n. . G1 X25 F100

n. . G91

n. . G2 X-10 Z17.321 I 10 K17.321

n. . G90

n. . G1 X-7

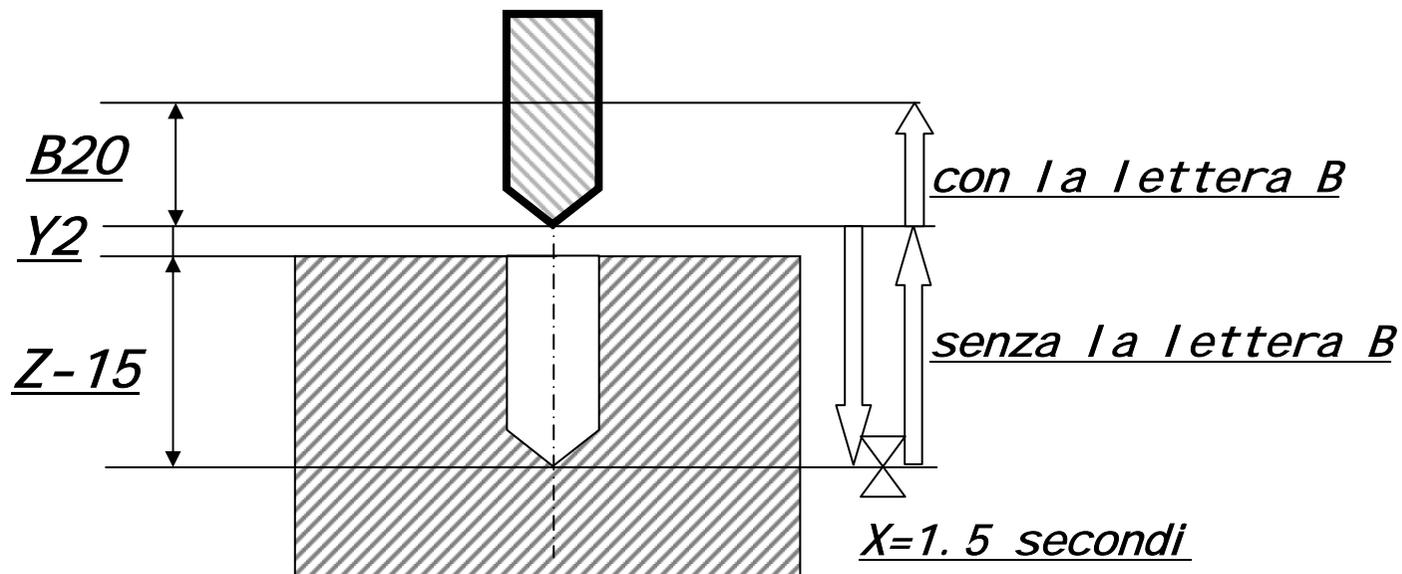
Ciclo di foratura

G81

Blocco:

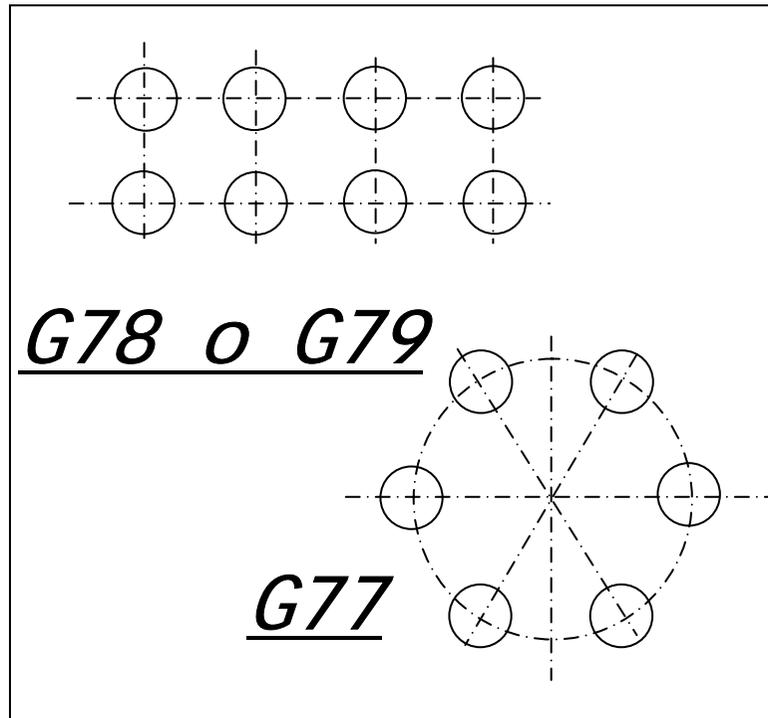
n. . G81 (X1.5) Y2 Z-15 B20 F. . S. . M. .

tempo di sosta *profondità*
accostamento *stacco*



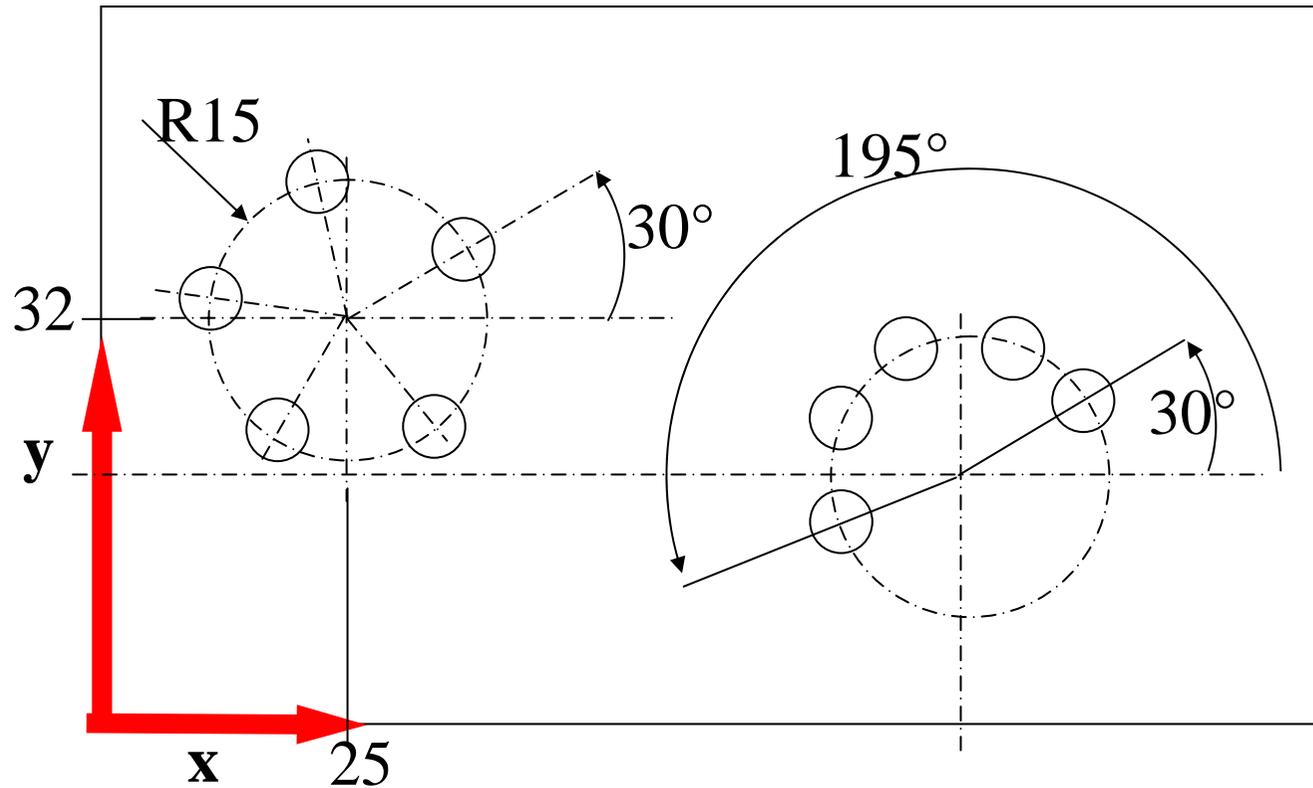
ri chiamo Ciclo

G77 G78 G79



ri chiamo Ciclo

G77



Bl occo:

n. . G81

*Raggi o
ci rconferenza*

*Numero
graduazi one*

n. . G77 X25 Y32 Z0 R15 I 30 J5 (K195)

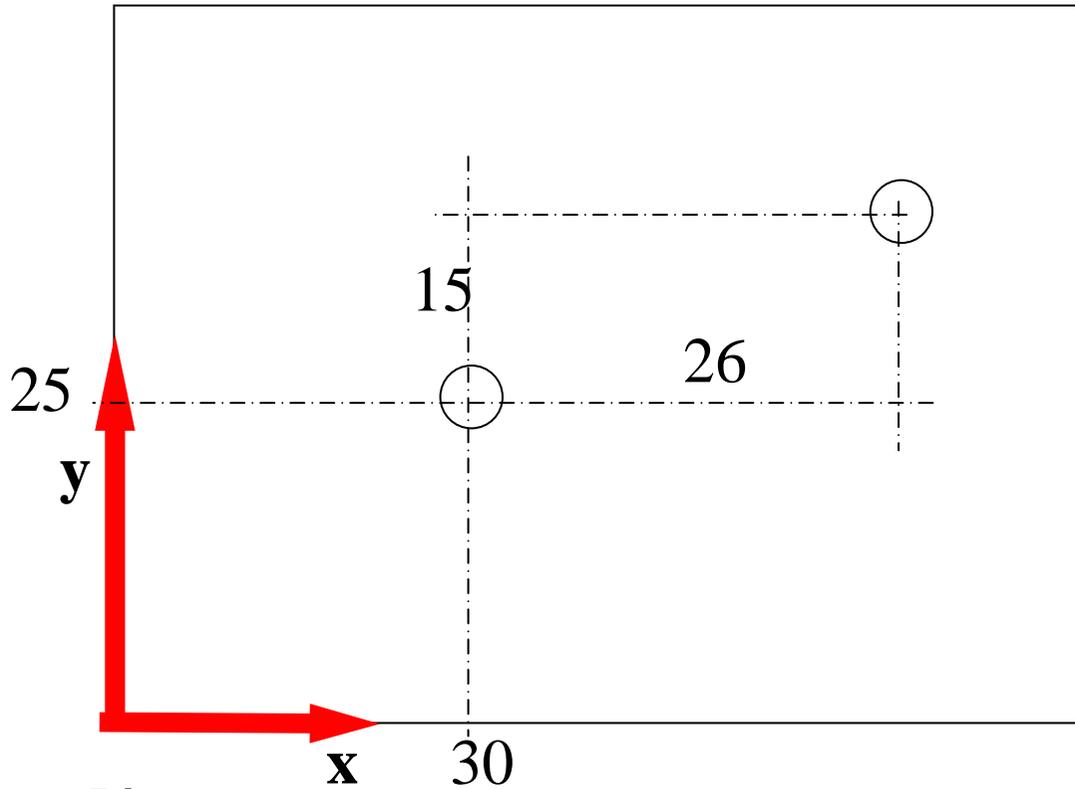
Punto centrale

*Angol o
i ni zia l e*

*Angol o
fi na l e*

ri chiamo Ciclo

G79



Bl occo:

n. . G81

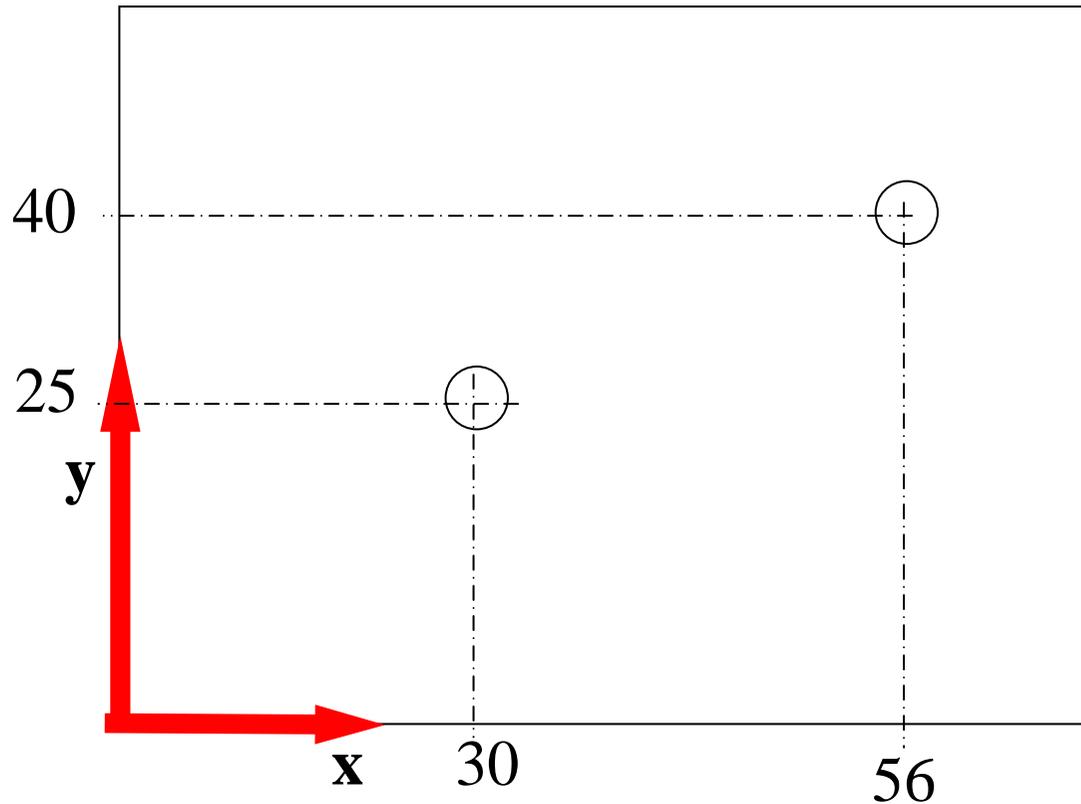
n. . G79 X30 Y25 Z0

n. . G91

n. . G79 X26 Y15 (Z. .)

Definizione punti

G78



G78 P1 X30 Y25 (Z)

G78 P2 X56 Y40 (Z)

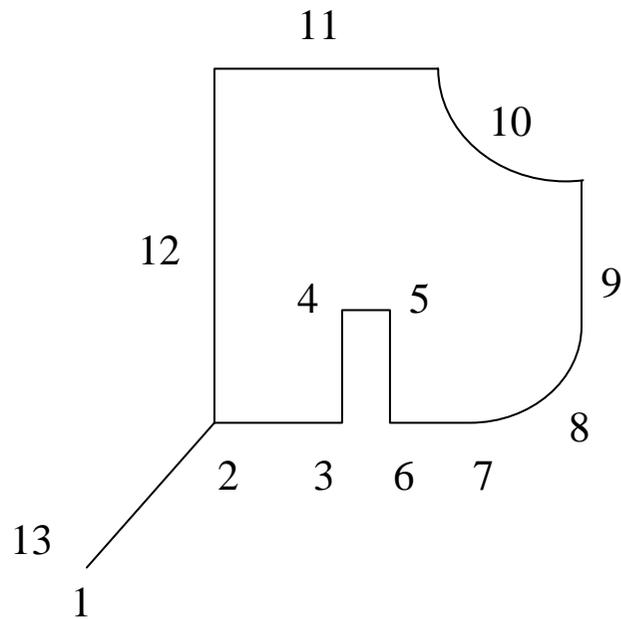
Blocco:

n. . G81

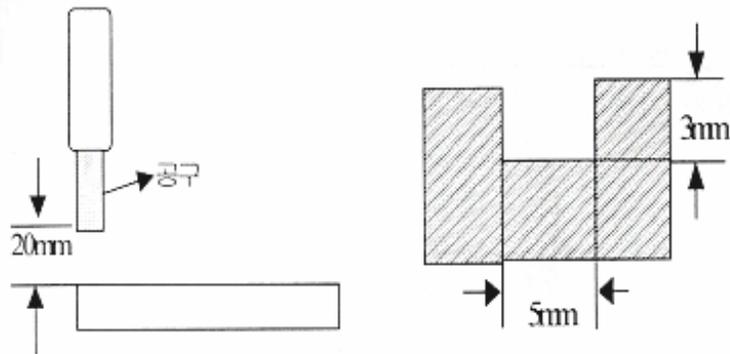
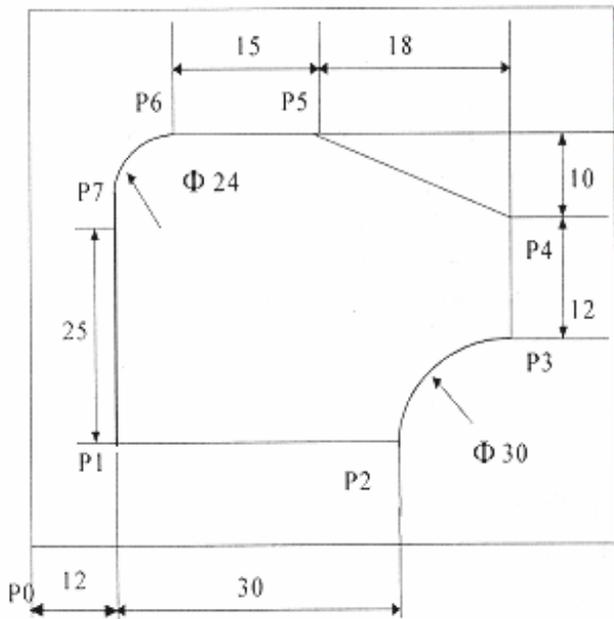
*n. . G79 P1 P2 **

**: max. 4 punti per blocco*

Esempio: senza compensazione raggio, seguio solo latraiettoria



```
N01 G92 X0.0 Y0.0 Z0.0;  
N02 G91 G00 X70.0 Y40.0 M03;  
N03 G01 X70.0 F300 S2000;  
N04 Y40.0;  
N05 X20.0;  
N06 Y-40.0;  
N07 X40.0  
N08 G17 G03 X40.0 Y40.0 J40.0;  
N09 G01 Y30.0;  
N10 G02 X-20.0 Y20.0 J20.0;  
N11 X-150.0;  
N12 Y-100.0;  
N13 G00 X-70.0 Y-40.0 M05 M02;
```



```

P0 → P1  G00 X12.0 Y12.0      ... ..
              S64 M03          ....
              M08              ... ..
              Z-15.0           ... ..
              G01 Z-0.8 F160   ....
P1 → P2  X30.0
P2 → P3  G02 X15.0 Y15.0 R15.0
P3 → P4  G01 Y12.0
P4 → P5  X-18.0 Y10.0
P5 → P6  X-15.0
P6 → P7  G03 X-12.0 Y-12.0 R12.0
P7 → P8  G01 Y-25.0
              G00 Z23.0
              M09              ... ..
              M05              ....
P1 → P0  G00 X-12.0 Y-12.0
              M02              .... ..

```

N10	G90	G70	S300	M03	absolute positioning; inch units; spindle speed 300 fpm, turn spindle on
N20	G00	X3	Y4		rapid move to: X = 3, Y = 4
N30	G01	Z-.5			cutting move to: Z = -.5 (lower tool to cut)
N40	Y7				cutting move to: Y = 7
N50	X6	Y10			cutting move to: X = 6, Y = 10
N60	Y5				cutting move to: Y = 5
N70	G02	X5	Y4	R1	circular interpolation move to: X = 5, Y = 4, with radius of 1
N80	G01	X3			cutting move to: X = 3
N90	G00	Z1			rapid move to lift tool from work piece
N100	M05				turn off spindle

