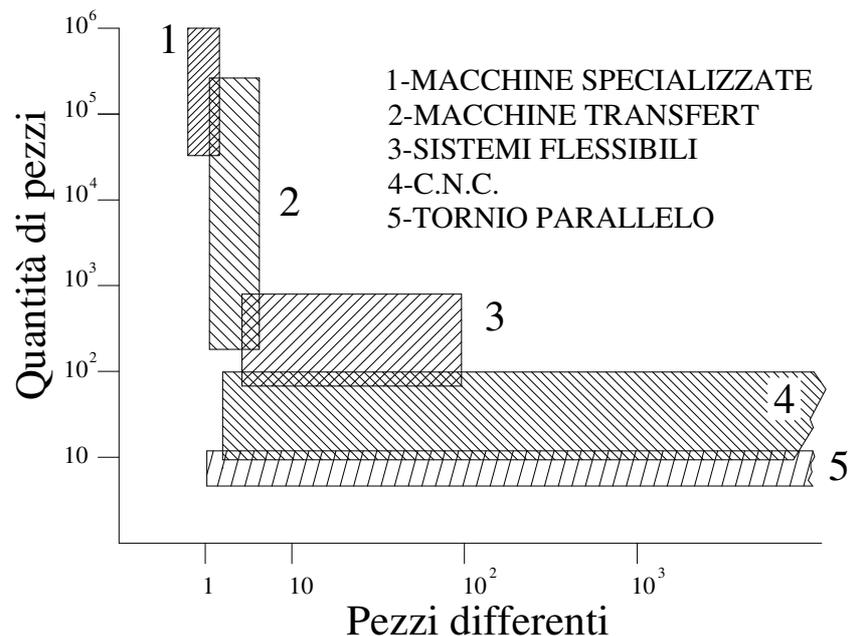


MACCHINE A CONTROLLO NUMERICO

C.N.C.

Marino prof. Mazzoni

Evoluzione delle macchine utensili



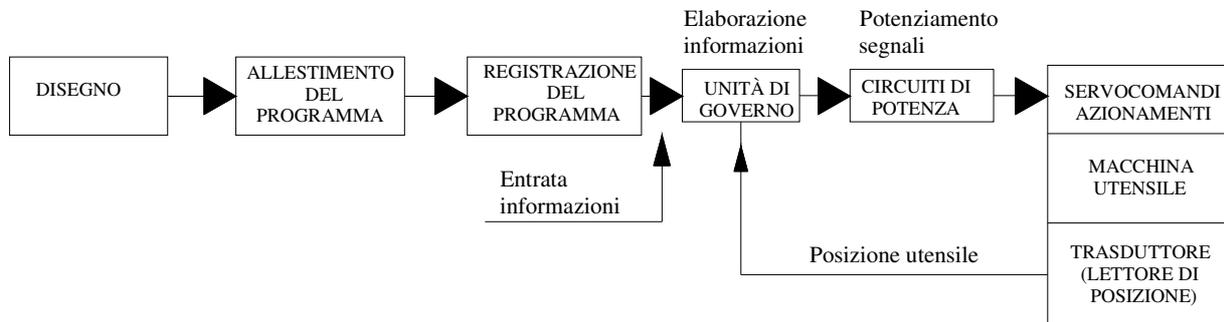
IL termine **controllo numerico** è riferito sinteticamente a sistemi elettronici formati da circuiti modificabili provvisti di memorie a logica programmabile.

I sistemi elettronici a logica programmabile sono detti comunemente **unità di governo** o **unità di controllo**.

Una macchina a controllo numerico possiede una **struttura meccanica**. I suoi meccanismi tecnologicamente avanzati sono presenti anche sulle macchine tradizionali ma sono subordinati all'azione preminente del sistema elettronico a logica programmabile.

Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento della macchina a controllo numerico si basa essenzialmente sul redigere un programma con simboli convenzionati e sostituire le prestazioni di un operatore nell'effettuare le manovre con i vari meccanismi. Tali manovre saranno comandate da apparecchiature elettriche – elettroniche atte ad eseguire, a tempo opportuno e in modo sequenziale, e con la massima precisione un programma di lavoro.



Linguaggio e formato delle istruzioni.

L'unità di governo coordina e regola con procedura automatica tutti i moti che partecipano al processo di trasformazione di un pezzo greggio in un manufatto finito. La collezione d'istruzioni raccolte costituisce il **programma**.

I linguaggi più diffusi (programmi) adatti ad un controllo numerico sono composti da simboli, lettere dell'alfabeto e da numeri.

Si dà il nome di **istruzioni** ai simboli alfa-numerici impiegati per trasmettere all'unità di governo i dati e le disposizioni contenuti in un programma.

Struttura dei programmi

1. Le funzioni: Prende il nome di funzione ogni istruzione o ordine di movimento, espresso in codice, da impartire alla macchina utensile.
2. I caratteri: Tutte le lettere dell'alfabeto, i numeri e i segni particolari, prendono il nome di caratteri e rappresentano l'unità di informazione più piccola.
3. La parola: È l'insieme di simboli costituiti da una lettera dell'alfabeto e da uno o più numeri.
4. L'indirizzo: La lettera dell'alfabeto, parte della parola, costituisce l'indirizzo che identifica il tipo di istruzione.

Le funzioni più importanti

- **N** (numero di sequenza): riporta in ordine progressivo di intervento la serie naturale dei numeri interi. Esempio: N 1Ø – N 2Ø ...

- **G** (funzioni preparatorie): è l'indirizzo che raggruppa le funzioni relative al moto degli utensili.
- **F** (avanzamenti e non solo): in generale indirizza il messaggio ai servomotori che regolano la velocità d'avanzamento dell'utensile.
- **S** (velocità di taglio e non solo): generalmente esprime la velocità costante in m/minuto o il numero di giri fisso al minuto.
- **T** (utensile): si invia all'unità di governo l'istruzione sul codice e tipo di utensile richiesto nella lavorazione.
- **M** (funzioni miscellanee): si riferiscono a comandi del tipo ON – OFF . In genere comandano servomotori o letture di programma. Es: M Ø7 inserzione lubrificante (ON) oppure M Ø9 disinserzione lubrificante (OFF).

Funzioni preparatorie più usate (G..)

G00 = Va in rapida;

G01 = interpolazione lineare;

G02 = interpolazione circolare oraria;

G03 = interpolazione circolare antioraria;

G04 = tempo di sosta programmata in secondi "F" o in giri "S" (non è modale);

G33 = filettatura a passo costante (la filettatura richiede i giri costanti);

G40 = senza compensazione raggio utensile;

G41 = compensazione raggio utensile a sinistra del percorso;

G42 = compensazione raggio utensile a destra del percorso;

G43 = compensazione utensile positiva parassiale;

G44 = compensazione utensile negativa parassiale;

G90 = Programmazione assoluta;

G91 = programmazione incrementale;

G94 = avanzamento mm/minuto (fresatrice);

G95 = avanzamento mm/giro;

G96 = velocità di taglio costante;

G97 = rotazione mandrino giri/minuto costanti.

Funzioni miscellanee più usate (M..)

M00 = arresto programmato;

M01 = arresto programmato opzionale;

M02 = arresto programma (salto a fine programma);

M03 = rotazione oraria mandrino;

M04 = rotazione antioraria mandrino;

M05 = arresto mandrino non orientato;

M06 = cambio utensile (ordine esecutivo);

M07 – M08 = inserzione refrigerante;

M09 = disinserzione lubrificante;

M30 = fine programma, arresto dei moti e ripresa inizio programma.

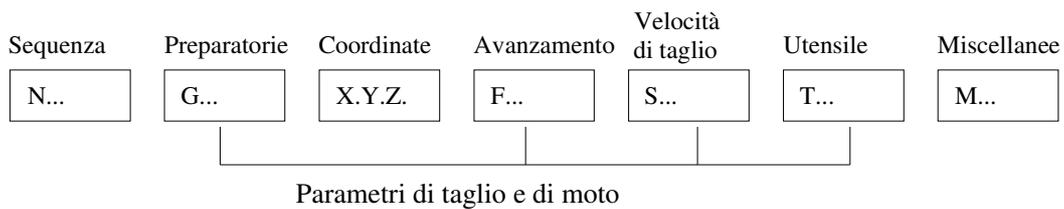
Nota: modale significa che la funzione rimane presente ed esecutiva nel programma fino all'inserimento di una informazione contraria che la modifichi o annulli.

Esempio: **M03** = rotazione oraria mandrino, **M04** = rotazione antioraria mandrino.

Il blocco

Tutte le funzioni che prendono parte a ogni singola operazione e compaiono nel programma in un unico gruppo, prendono il nome di blocco.

Esempio:



Un blocco non deve essere necessariamente composto da tutti gli elementi dell'esempio; può bastare il numero di sequenza ed una sola informazione per formare un blocco.

Inizio del programma

Tutti i programmi in linguaggio **I.S.O. Standard** (International Organization for Standardization) devono iniziare con il simbolo **%**. Possono terminare con **EOR** (end of record) ma generalmente finiscono con **M30**, tenuto conto che un programma non viene utilizzato per un solo pezzo ma normalmente almeno per qualche centinaio di pezzi.

Cambio utensili

Tutti i tempi di fermata della macchina utensile, e quindi anche la sostituzione dell'utensile, si traduce in un costo aggiuntivo e quindi in una perdita di denaro.

Sulle macchine tradizionali il cambio si svolge secondo la sequenza:

1) arresto del moto; 2) estrazione dell'utensile da sostituire; 3) scelta dell'utensile subentrante; 4) posa in opera dell'utensile successivo per la lavorazione; 5) avvio del moto.

Sulle macchine a controllo numerico le fasi 3) scelta dell'utensile subentrante avviene durante la lettura del programma da parte del controllo, che provvede al posizionamento dell'utensile successivo in tempi rapidi e prima che l'utensile impegnato abbia finito la sua funzione. Anche la fase 4) posa in opera dell'utensile successivo per la lavorazione avviene con la massima rapidità.

I torni, le fresatrici e soprattutto i centri di lavoro hanno a disposizione una vastissima gamma di utensili disposti in modo sequenziale (giostre) o in modo casuale (random) già posizionati sul supporto porta utensile e già “premessati da presetting o preset”, cioè misurati negli ingombri. Catalogati nella memoria del magazzino utensili e controllo in funzione della forma, caratteristiche di lavoro, parametri di taglio, rendimenti, consumi, storia d' durata del tagliente, ecc.

Strumenti di monitoraggio

Per monitoraggio degli utensili si definisce una serie d'apparecchiature atte a rilevare elettronicamente lo stato d'efficienza degli utensili. Con idonei allarmi e bloccaggi, ogni irregolarità nel processo di taglio sarà annullata tempestivamente.

Principi fondamentali della programmazione

La programmazione passa attraverso queste fasi:

- 1) Analisi del problema. Esame del disegno. Scelta del piazzamento del pezzo sulla macchina. Eventuale adattamento della quotatura.
- 2) Analisi delle fasi di lavorazione e determinazione dei parametri di taglio.
- 3) Stesura del programma suddividendo in tante operazioni elementari, nonostante la complessità del manufatto, eseguite con logica sequenziale.

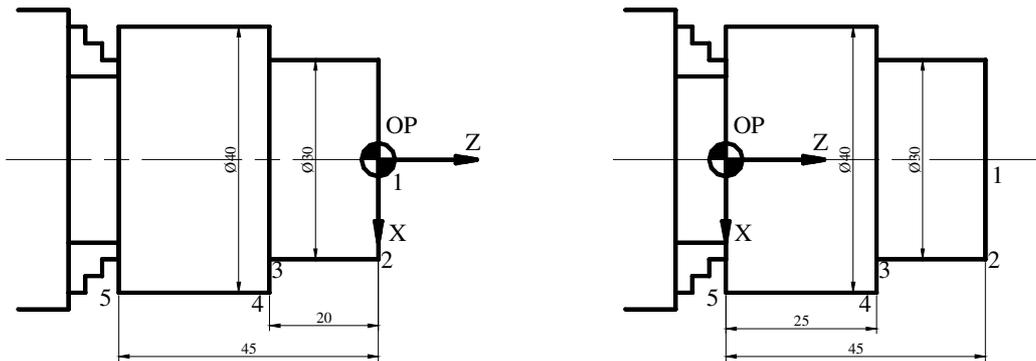
Analisi del problema

Le misure d'ingombro del pezzo devono essere compatibili con la grandezza della macchina. Le quote del disegno devono far riferimento alla scelta della posizione dell'**OP** (origine pezzo) prescelto. Si deve definire le scelte geometriche e tecnologiche degli utensili impiegati e quindi i vari parametri di taglio, analizzare le fasi di lavorazione e l'ordine di esecuzione.

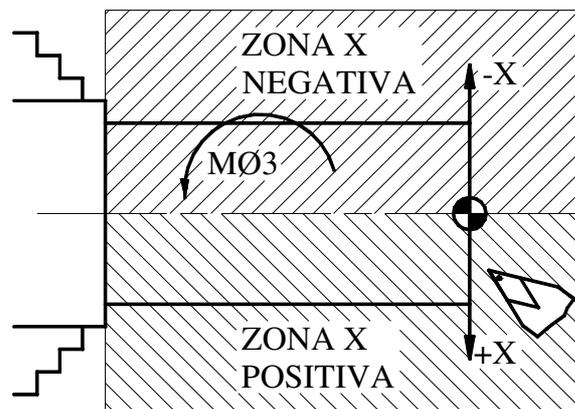
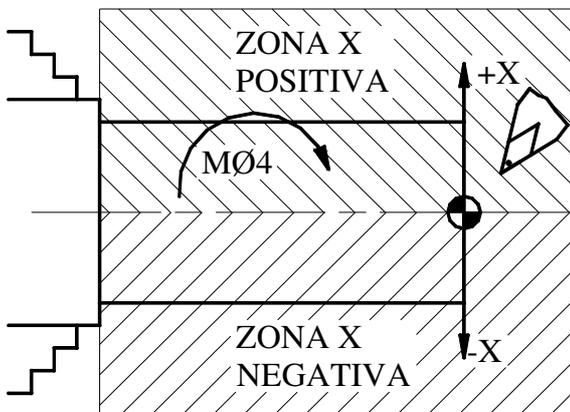
IL punto zero o punto d'origine **OP**.

Questo punto particolare assume un'importanza decisiva, poiché dalla sua posizione che viene decisa dal disegnatore, dipende il processo esecutivo, la rappresentazione delle quote e quindi il programma.

Esempio:



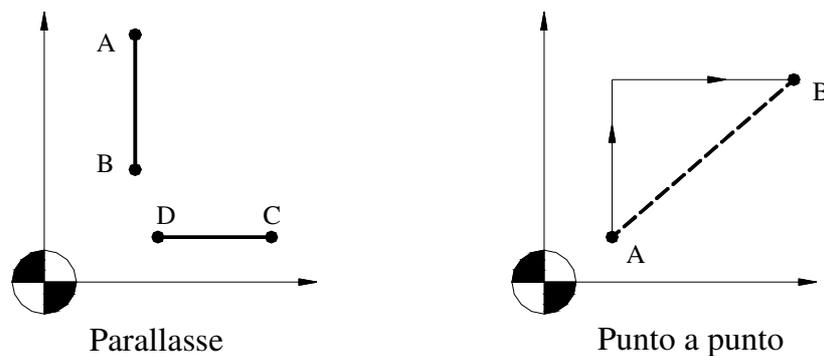
Molto importante è definire la posizione del carrello porta utensile.



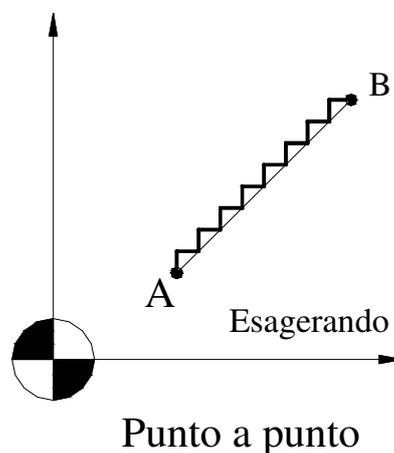
Per quanto si riferisce agli spostamenti, convenzionalmente è stato stabilito che la direzione dell'asse **Z** coincida, su tutte le macchine a controllo numerico, con l'asse di rotazione del mandrino porta pezzo (tornio) o porta utensili (fresatrice, trapano ecc.).

I moti dell'utensile

- a) **Movimento parassiale.** Si ha movimento parassiale quando sul tornio, la traiettoria è parallela all'asse X oppure all'asse Z. In questo caso entra in funzione un solo servomotore.
- b) **Movimento punto a punto.** Quando la traiettoria da A a B non è parallela ai due assi cartesiani X e Z. In questo caso entrano in azione ambedue i servomotori.



Nel movimento punto a punto, l'utensile sotto l'effetto della somma vettoriale dei due moti assiali, passa a micro scalini dal punto A al punto B programmato. In definitiva, percorrendo traiettorie curve o quando le coordinate degli assi X e Z sono contemporaneamente modificate, il grado di finitura superficiale risulta deficitario.



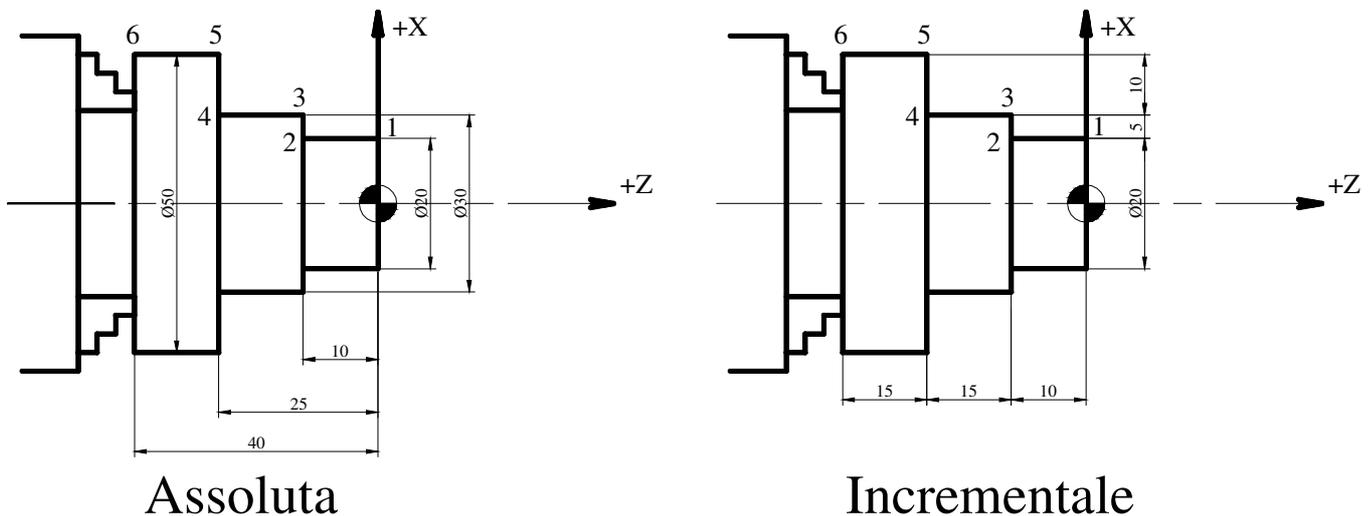
Programmazione Assoluta e programmazione Incrementale (G90- G91)

Il programmatore ha a disposizione, oltre al posizionamento dell'origine del pezzo OP già menzionato, due modi di quotare un particolare meccanico; rispettivamente in valore assoluto e in valore incrementale.

Con la programmazione assoluta tutte le quote, le informazioni dimensionali, e quindi gli spostamenti dell'utensile rispetto al pezzo, fanno sempre riferimento al punto di origine OP.

Con la programmazione incrementale ogni posizione raggiunta nell'operazione elementare precedente, va considerata come punto di partenza OP raggiunto e quindi si azzerano le coordinate cartesiane.

Esempio:



Coordinate dei punti:

Punto 1	X20	Z0
Punto 2	X20	Z-10
Punto 3	X30	Z-10
Punto 4	X30	Z-25
Punto 5	X50	Z-25
Punto 6	X50	Z-40

Coordinate dei punti:

Punto 1	X20	Z0
Punto 2	X0	Z-10
Punto 3	X10	Z0
Punto 4	X0	Z-15
Punto 5	X20	Z0
Punto 6	X0	Z-15

La funzione G90 (programmazione assoluta) è sempre attiva all'accensione dell'unità di governo. Si dice pertanto che è in default cioè sempre residente.

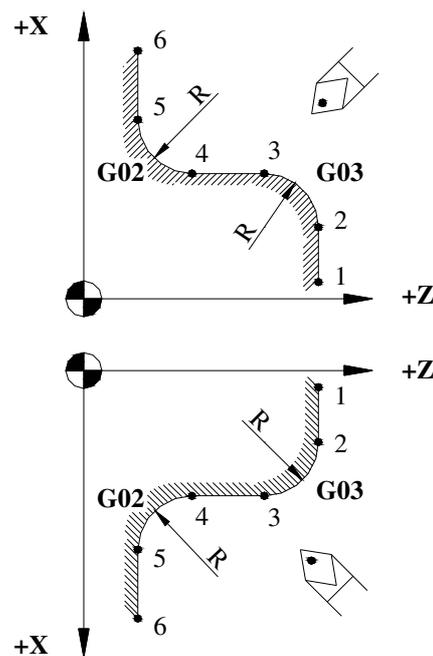
Interpolazione circolare oraria e antioraria

Per la programmazione di un'interpolazione circolare sono necessari i seguenti parametri:

- Senso del moto rotatorio; orario e antiorario dell'utensile (lancette dell'orologio).
- Le informazioni geometriche; coordinate dei punti iniziali e finali dell'arco e valore del solo raggio che fino a 180° sarà positivo $+R$, oltre i 180° negativo $-R$.
- Le coordinate finali dell'arco e le coordinate del centro, espresse in misure incrementali, utilizzano gli speciali indirizzi $\pm I =$ specifica la misura nel senso dell'asse X ; $\pm K =$ specifica la misura nel senso dell'asse Z in tornitura. Si aggiunge $\pm J =$ specifica la misura nel senso dell'asse Y (in fresatura o 3D).

Nei torni con torretta anteriore e posteriore, è stato stabilito come regola generale che il senso di rotazione si individua osservando l'arco dal lato in cui si trova ad agire l'utensile piazzato sul carrello posteriore.

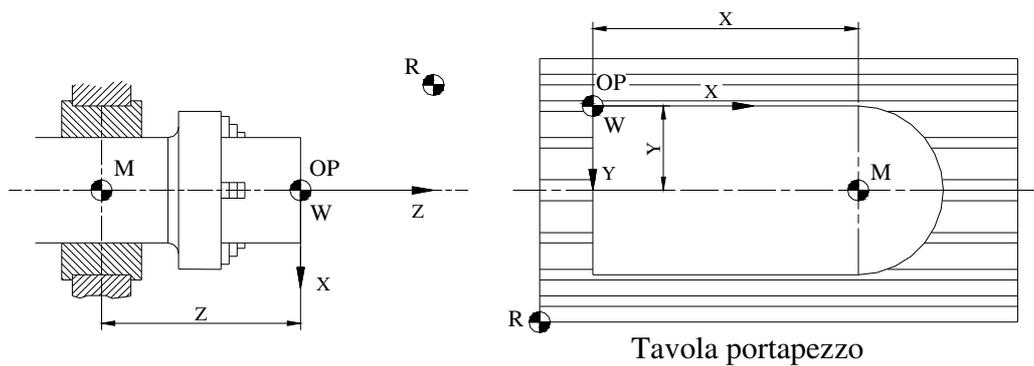
Il senso orario o antiorario così stabilito vale anche quando l'utensile è montato sulla torretta anteriore.



Punti di riferimento sulle macchine a controllo numerico

Nel controllo numerico delle macchine utensili si prendono in considerazione 3 punti fondamentali di riferimento:

- il punto di riferimento fisso di macchina **R** (anche H=home, cambio utensili) che è posto al limite del campo di lavoro degli utensili;
- il punto di riferimento zero macchina **M** esso pure fisso e registrato in modo permanente nelle memorie;
- il punto di riferimento zero pezzo **OP** o **W** già noto.



Programmazione delle lavorazioni elementari

Per la redazione del programma si possono adottare metodi di programmazione manuale o automatica (o semiautomatica).

Programmazione manuale: si impiega nelle normali operazioni di tornitura, foratura e nelle fresature semplici di interpolazione lineare, circolare o di contornatura nel piano.

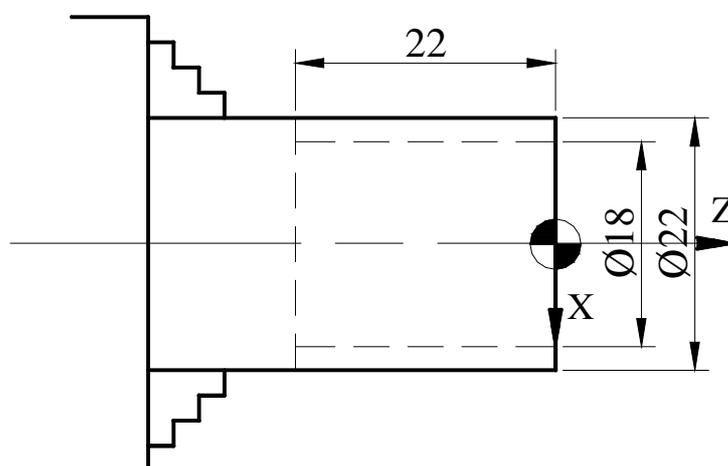
Programmazione automatica: nelle lavorazioni complesse di particolari superfici curve e contornature complicate o svuotamenti con macroistruzioni.

Non è escluso che nella compilazione e stesura di un programma si incorra in errori, omissioni, sviste o impostazioni sbagliate.

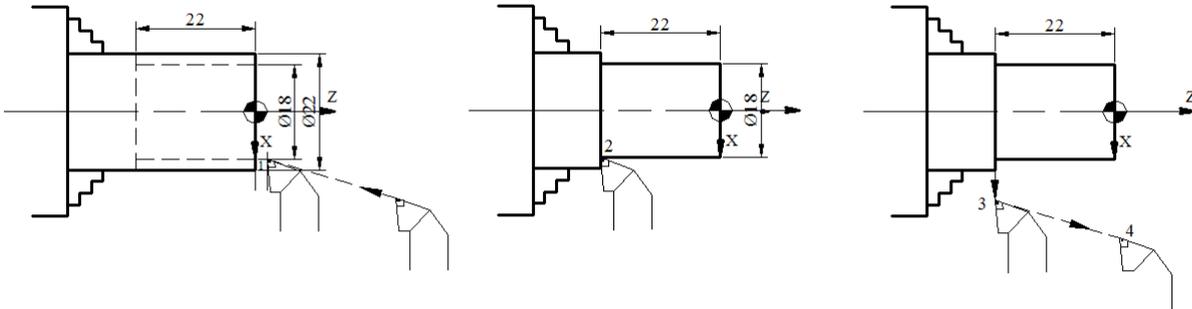
Prima di rendere esecutivo un programma è opportuno utilizzare un simulatore che, senza fare danni evidenzia gli errori commessi.

La simulazione grafica si esegue a macchina ferma o in moto ma senza utensile e procedendo blocco dopo blocco.

Alcuni esempi di semplici programmazioni

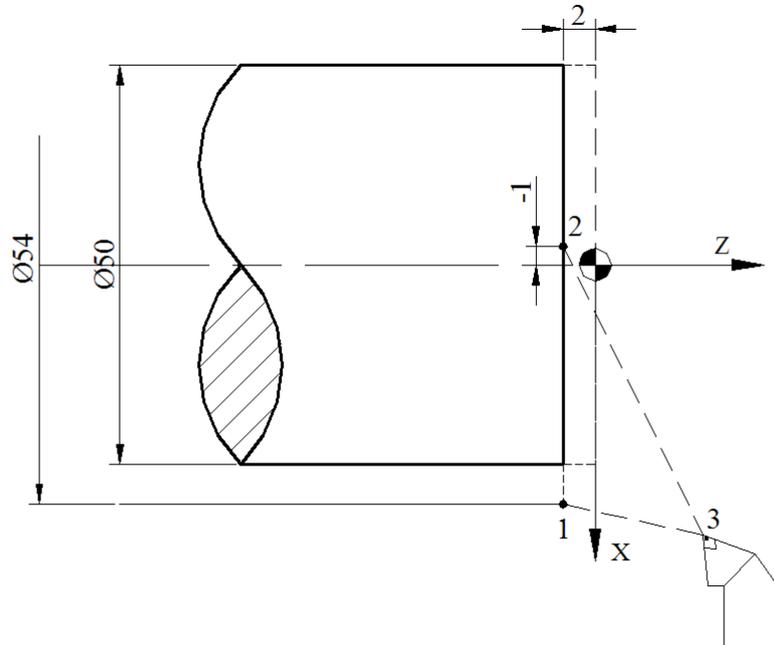


Programma n°1 - passata di tornitura



%	inizio programma
N10 T104 M06	utensile 1; cambio utensile
N20 G97 S2000 G95 F0.1 M03	giri fissi=2000; avanzamento=0.1 mm/giro; rotazione oraria mandrino
N30 G00 X18 Z2 M08	in rapida alle coordinate X e Z; inserzione lubrificante
N40 G01 X18 Z-22	interpolazione lineare; coordinate finali della passata
N50 G01 X26 Z-22	interpolazione lineare di sfacciatura e uscita pezzo
N60 G00 X200 Z200 M09	in rapida al punto R o H ; lubrificante off
N70 M30	fine programma e riposizionamento inizio (%)

Programma n°2 - sfacciatura



%

N10 T03 M06

N20 G96 S150 G95 F0.1 D2500

D = limite massimo di giri del
mandrino

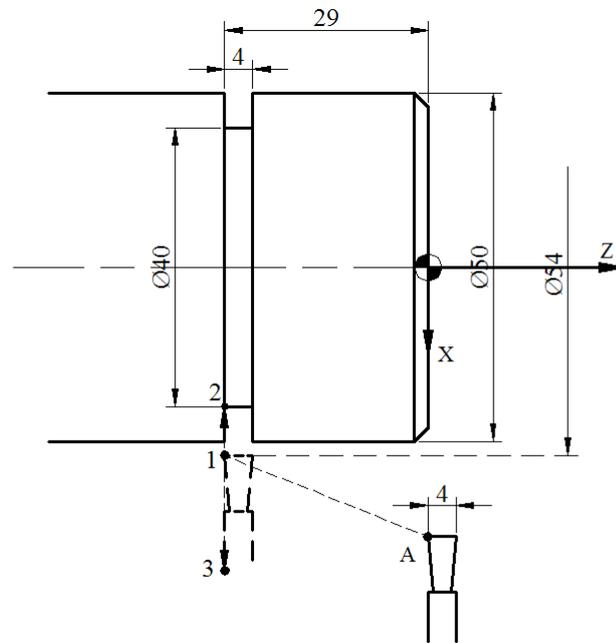
N30 G00 X54 Z-2 M03 M08

N40 G01 X-1 Z-2

N50 G00 X200 Z200 M09

N60 M30

Programma n°3 - esecuzione di una gola



%

N10 T08 M06

N20 G96 S80 G95 F0.05 M03

N30 G00 X54 Z-29 M08

il vertice A è il riferimento per il
Presetting dell'utensile

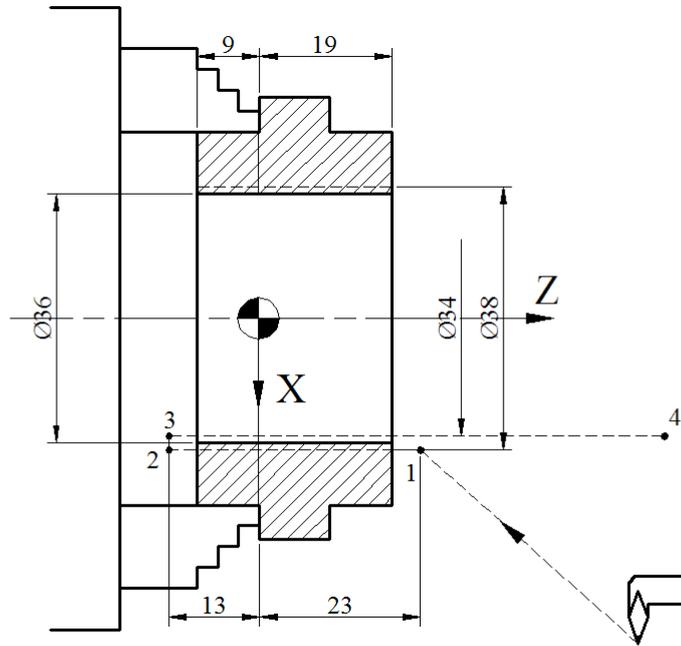
N40 G01 X40 Z-29

N50 G00 X60

N60 G00 X200 Z200 M09

N70 M30

Programma n°4 - alesatura al tornio



%

N10 T04 M06

N20 G97 S830 G95 F0.1 M03

velocità di taglio di 100 m/minuto

N30 G00 X38 Z23 M08

N40 G01 X38 Z-13

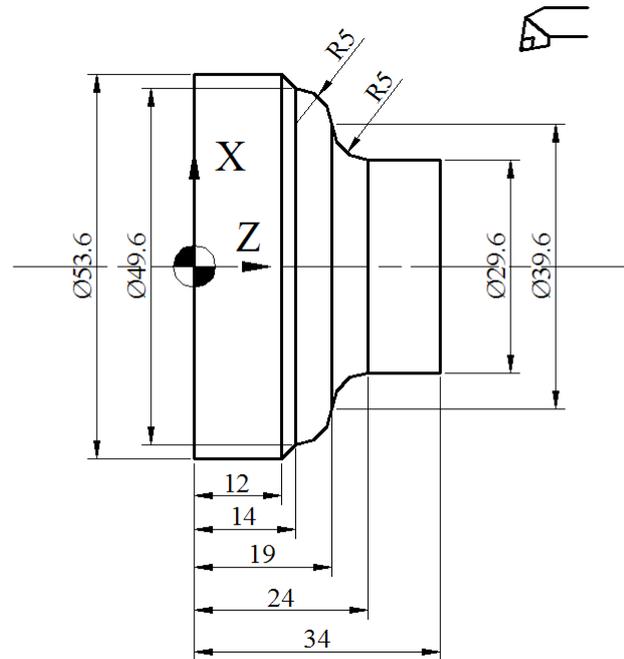
N50 G00 X34 Z-13

N60 G00 X34 Z200 M09

N70 G00 X200 Z200

N80 M30

Programma n° 5 - tornitura con interpolazione circolare



%

N10 T105 M06 D2500

N20 G96 S150 G95 F.2 M04

N30 G00 X32 Z34 M08

esecuzione di sfacciatura

N40 G01 X-1

N50 G00 X29.6 Z36

N60 G01 Z24

N70 G02 X39.6 Z19 R5

interpolazione oraria

N80 G03 X49.6 Z14 R5

interpolazione antioraria

N90 G01 X53.6 Z12

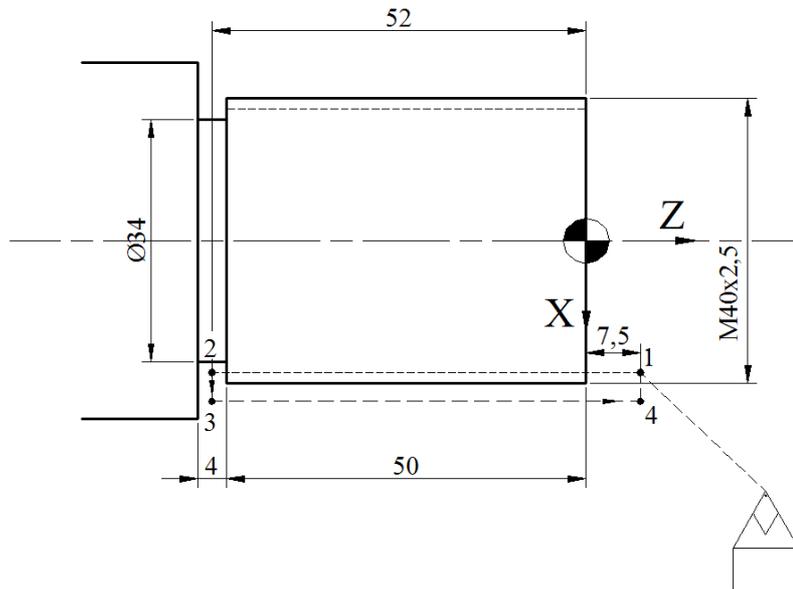
N100 G01 Z-1

a sinistra di OP

N110 G00 X200 Z200 M09

N120 M30

Programma n°6 – filettatura



%

N10 T103 M06

N20 G97 S640 M03

$V_t=80 \text{ m/1'}$; passo=2,5 mm

N30 G00 X16.93 Z7.5 M08

una passata come esempio;
 $Z=7.5=3$ volte il passo per
 permettere di raggiungere i giri
 richiesti

N40 G33 K2.5 Z-52

$K2.5=F2.5$ con G95 (in genere si
 usano i cicli di filettatura)

N50 G00 X45 Z7.5

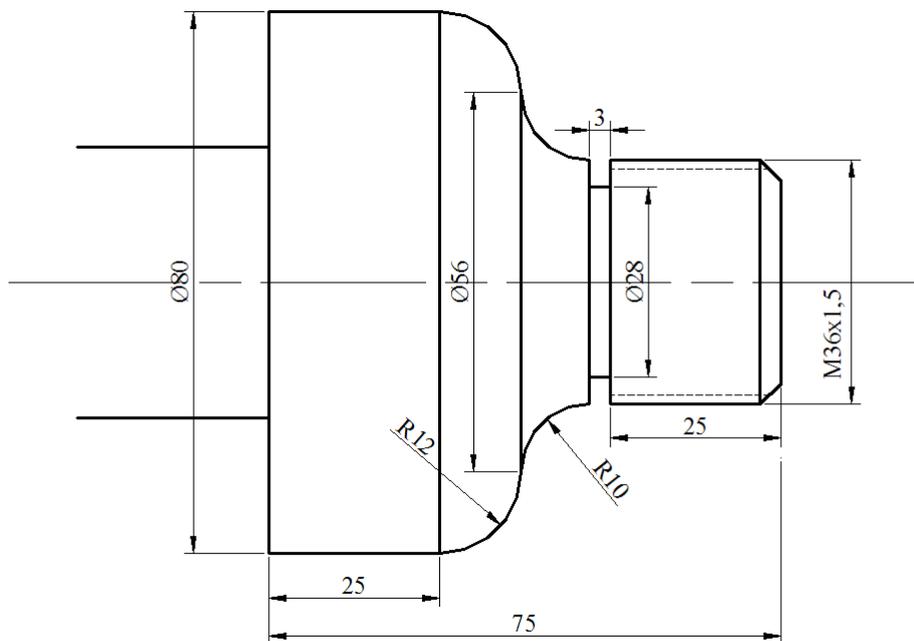
eventuale seconda passata;
 altrimenti

N60 X200 Z200 M09

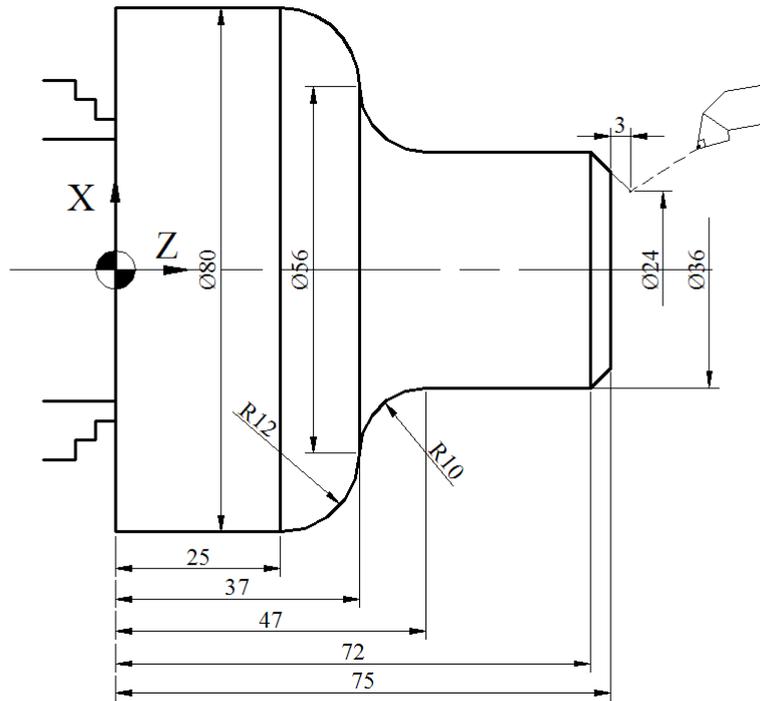
N70 M30

Le diverse passate nell'eseguire una filettatura utilizzano la lettera $\pm I$ che specifica l'incremento di misura nel senso dell'asse X.

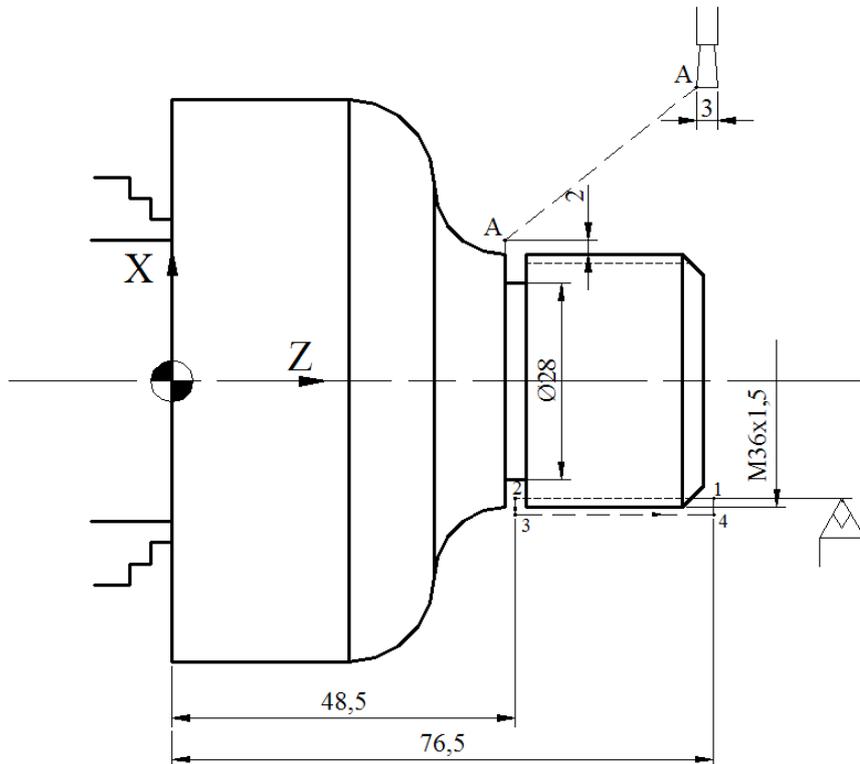
Programma n° 7 – lavorazione multipla di tornitura



Pezzo meccanico da eseguire.



Prima fase: contornatura esterna.



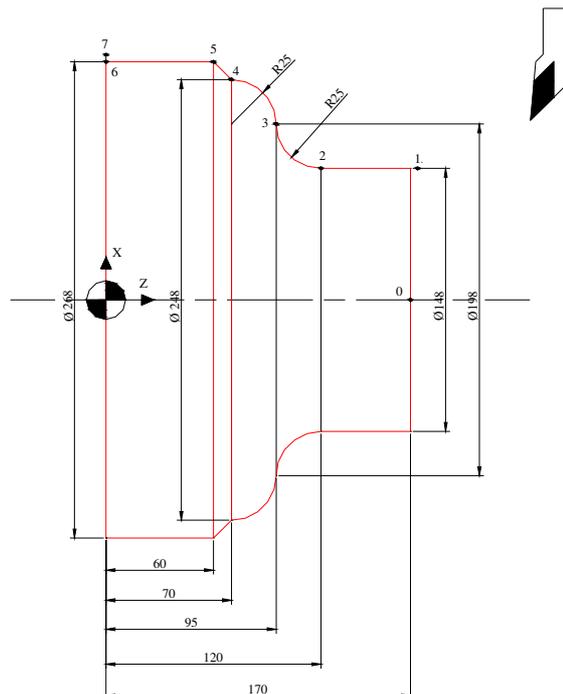
Seconda fase: esecuzione gola e poi la filettatura.

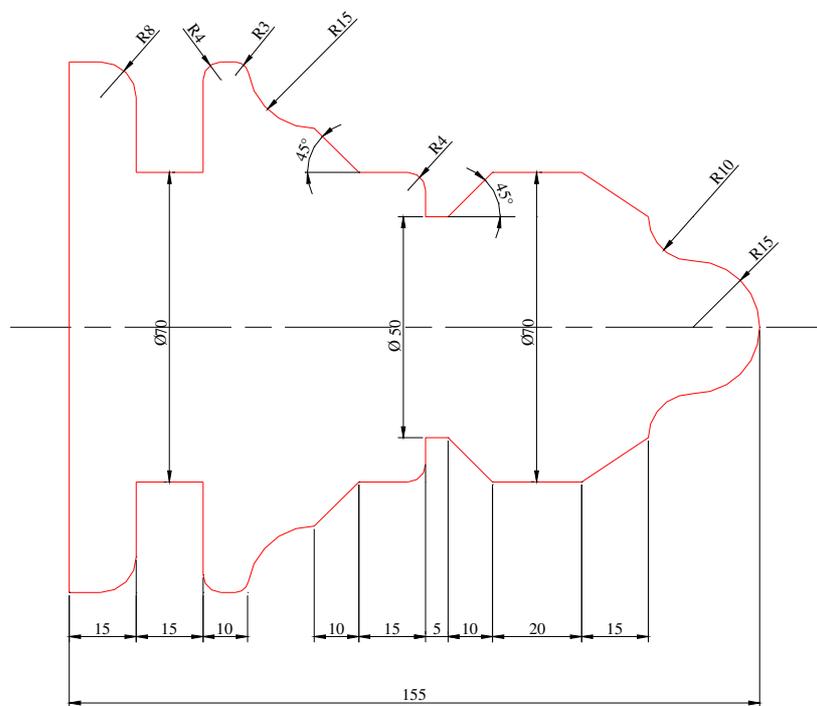
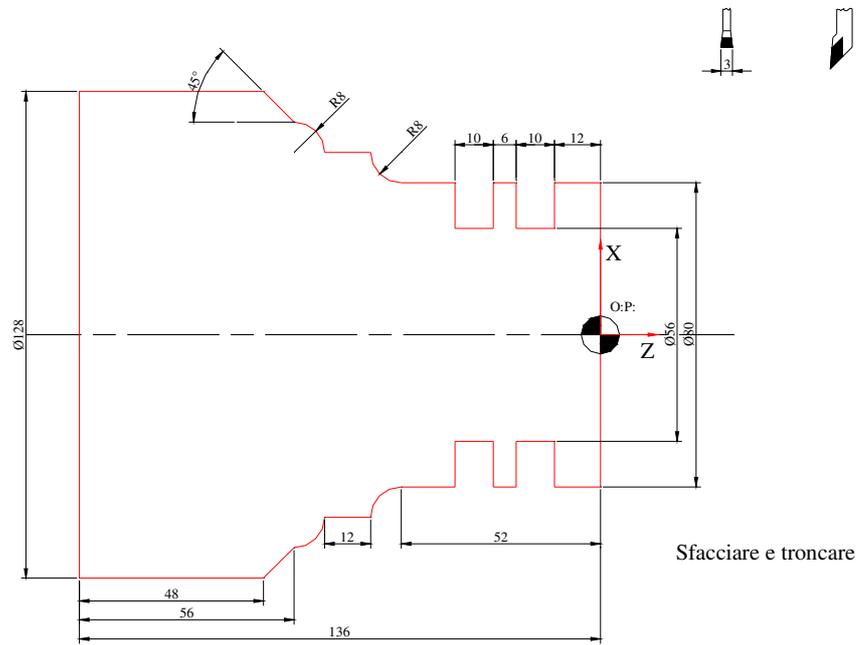
%

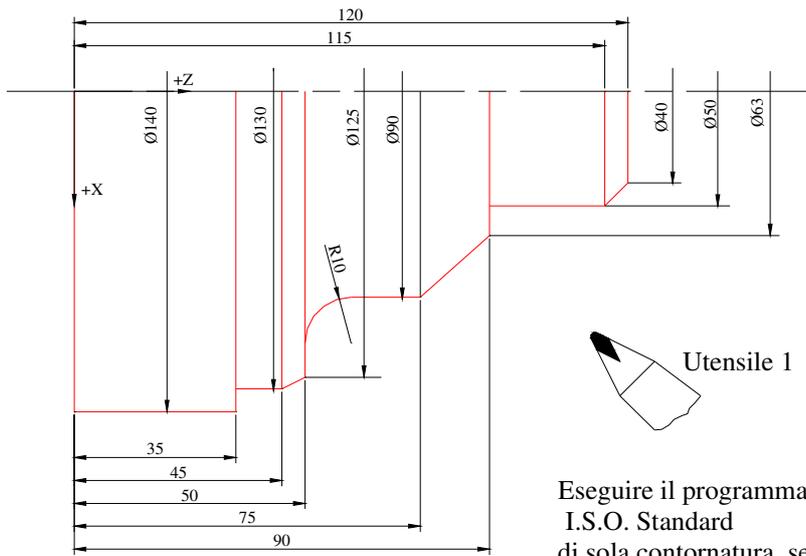
N10	T103	M06				utensile per finitura esterna
N20	G96	S150	G95	F.2	M04	
N30	G00	X24	Z78			
N40	G01	F.1	X36	Z72	M08	avanzamento ridotto per finitura
N50		F.2	Z47			ripristino avanzamento
N60	G02	X56	Z37	R10	F.1	avanzamento ridotto per finitura
N70	G03	X80	Z25	R12		
N80	G01		Z0	F.2		ripristino avanzamento
N90	G00	X84				
N100		X200	Z200	M09		
N110	T201	M06				utensile per gola
N120	G96	S80	F.05			avanzamento molto basso
N130	G00	X40	Z47	M08		
N140	G01	X28				l'utensile è largo quanto la gola
N150	G00	X40				
N160		X200	Z200	M09		
N170	T123	M06				utensile per filettare
N180	G97	S680	M03			$V_t = 60 \text{ m/1'}$
N190	G00	X35.2	Z76.5	M08		Z almeno 3 x passo=4.5 mm
N200	G33		Z48.5	F1.5		prima passata
N210	G00	X38				

N220 Z76.5
 N230 X34.4
 N240 G33 Z48.5 F1.5 seconda passata
 N250 G00 X38
 N260 Z76.5
 N270 X34.2
 N280 G33 Z48.5 F1.5 terza passata
 N290 G00 X38 M09
 N300 X200 Z200
 N310 M30

Qualche disegno da programmare

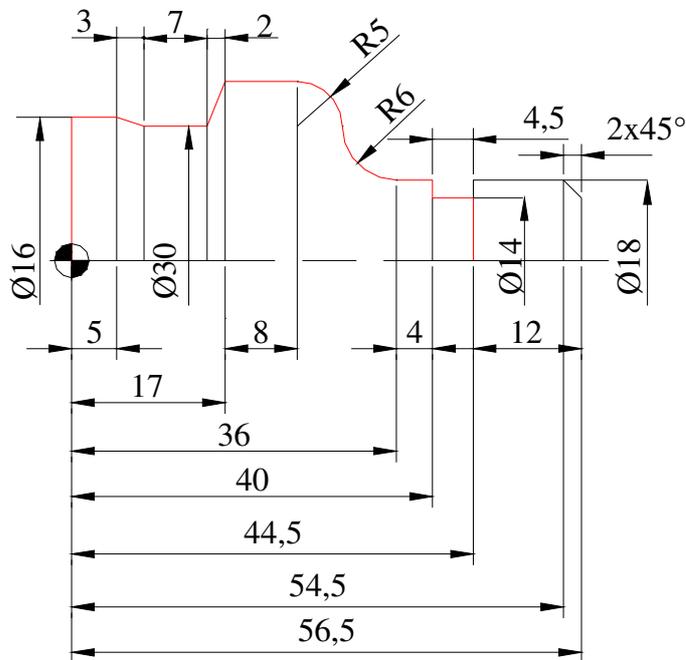


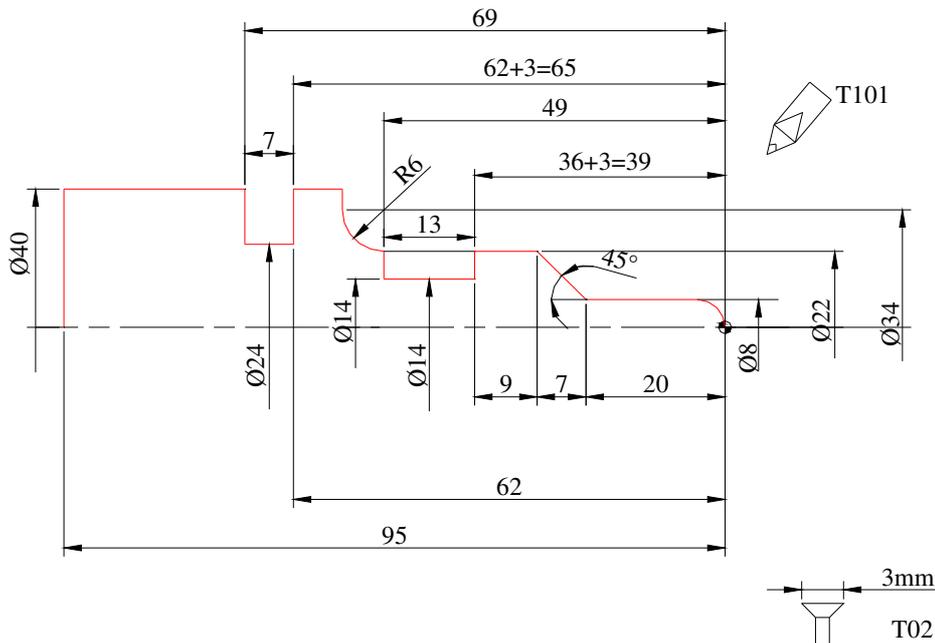




Eseguire il programma in C.N.C. -
I.S.O. Standard
di sola contornatura, senza tenere
in considerazione un eventuale sovrametallo.

Scegliere il percorso utensile definendo le etichette in funzione
ad una scelta individuale.
Non è obbligatorio nessun vincolo.





Influenza della forma del tagliente

Nelle lavorazioni precedenti sono stati impiegati utensili affilati a spigolo vivo. In realtà gli utensili hanno sempre la punta raccordata o raggiata. Anche gli utensili per gole hanno due piccoli raccordi lateralmente al tagliente principale.

Nella tornitura cilindrica con l'utensile perpendicolare all'asse di rotazione del mandrino la traiettoria dell'utensile a spigolo vivo coincide con quello dell'utensile a punta raggiata. Nella interpolazione circolare e nella tornitura conica le traiettorie dei due diversi tipi di utensile si differenziano notevolmente.

Nella programmazione delle diversità di traiettoria si tenga conto di:

- le superfici circolari convesse; il raggio della traiettoria concentrica vale

$$R_t = R \text{ curvatura del pezzo} + \text{raggio tagliente}$$

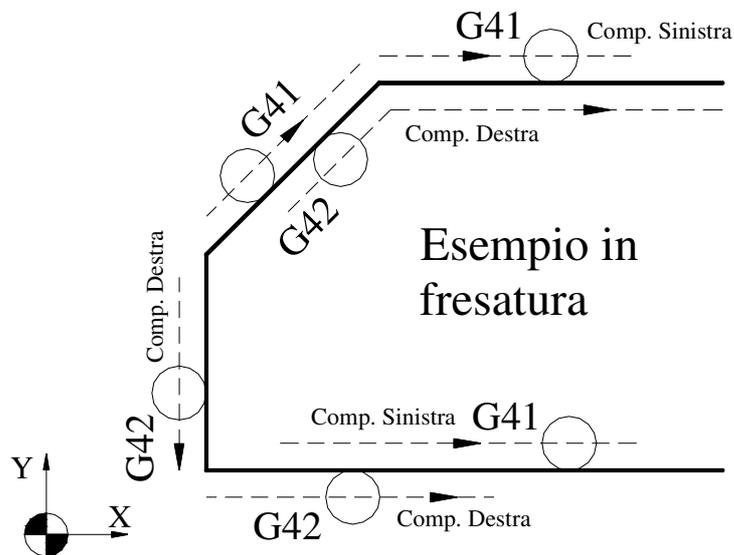
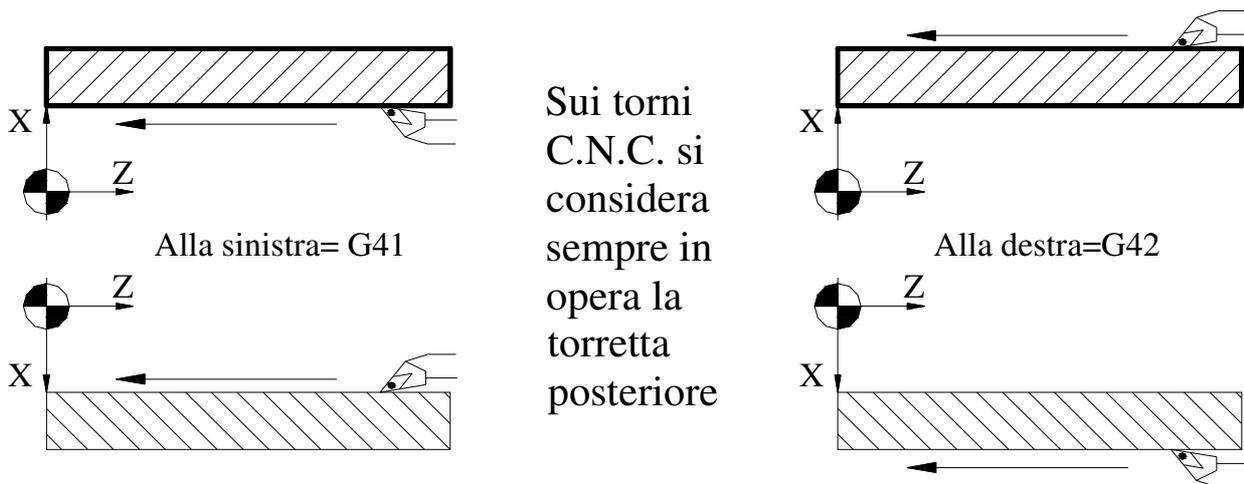
- le superfici circolari concave; il raggio della traiettoria vale

$$R_t = R \text{ curvatura del pezzo} - \text{raggio del tagliente.}$$

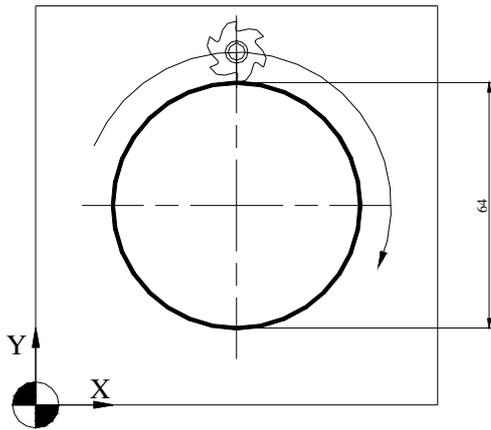
Si tenga conto che l'unità di governo considera il centro del raccordo in punta nel presetting già residente in memoria ed esegue quindi la **Compensazione utensile** in modo automatico. Il programmatore deve riferirsi pertanto al reale profilo del pezzo.

Compensazione utensile

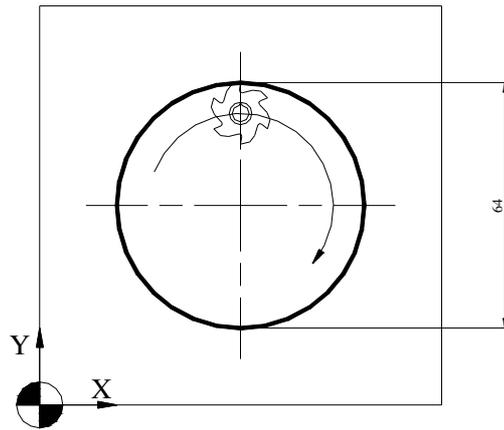
- 1) A sinistra della superficie lavorata; correzione - (meno) attivata dalla funzione G41
- 2) A destra della superficie lavorata; correzione + (più) attivata dalla funzione G42



Compensazione del raggio a sinistra e a destra.



G41 a sinistra - G43 e prima del cerchio base - concorde



G42 a destra - G44 e dopo il cerchio base - discorde

Ricapitolando:

- G43 indica che l'utensile nella sua corsa verso il punto programmato si colloca **prima** della superficie da lavorare; (meno il valore del raggio utensile)
- G44 si impiega per segnalare che l'utensile va a disporsi **oltre** la superficie da lavorare; (più il valore del raggio utensile)
- G41 segnala che l'utensile nel suo moto di lavoro, visto dall'asse Z, resta costantemente a **sinistra** della superficie da lavorare;
- G42 segnala che l'utensile, nella sua corsa, resta a **destra** della superficie da lavorare;
- G40 annulla le quattro funzioni sopra elencate.