



**IL CNC
IL LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE PER LA MACCHINE UTENSILI A
CNC
Fondamenti**

**Centro per l'Automazione e la Meccanica
Via Rainusso 138/N – 41100 – Modena**

INDICE

1- La metodologia ed il linguaggio di programmazione	pag. 2
1.1 – Introduzione alla programmazione	2
1.2 – Gli assi di lavoro	4
1.3 – Punto zero macchina	5
1.4 – Punto zero pezzo	6
2 – Elementi fondamentali della programmazione CNC	9
2.1 – Il linguaggio – generalità-	9

LA METODOLOGIA ED IL LINGUAGGIO DI PROGRAMMAZIONE

Introduzione alla programmazione

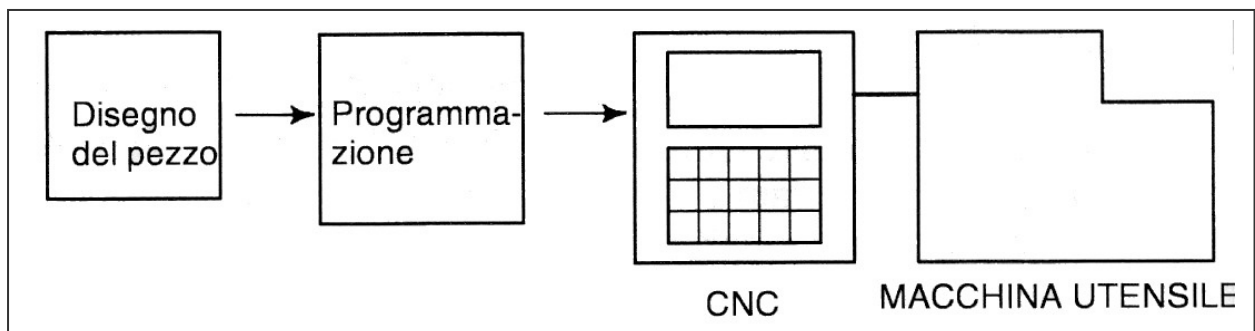
La stesura di un programma per la lavorazione di un determinato pezzo è preceduta da una serie d'analisi e considerazioni, che trovano la loro traduzione pratica nel *ciclo di lavoro*. Questo documento, che accompagna qualsiasi lavorazione alle macchine utensili, siano esse di tipo tradizionale, speciale o a CN/CNC, è una guida la quale consente uno sviluppo ordinato e razionale di tutte le operazioni necessarie alla realizzazione del pezzo finito; siano esse lavorazioni vere e proprie o anche semplicemente di preparazione, o di coordinamento con interventi lavorativi da eseguire su macchine, reparti o in sedi diverse.

Non essendo però materia di questo corso, ne tralasciamo un'ulteriore descrizione per quanto interessante possa essere; ci limitiamo a riportare solamente quelle attività che il ciclo di lavoro dedica all'impiego di macchine utensili a CNC, e sono:

- definizione dell'*insieme utensile*: la dimensione del gruppo formato da *utensile/portautensile ed attacco* costituisce un riferimento che ci accompagnerà durante tutto il suo impiego, e deve essere pertanto individuato e poi *presettato*. Il tutto va quindi a formare la *scheda utensili*.
- definizione *percorsi*: si tratta d'individuare e valutare i percorsi d'accostamento dell'utensile al pezzo nella zona da lavorare, tenendo conto degli ingombri dello stesso, delle eventuali attrezzature e del gruppo utensile medesimo. Le relative informazioni costituiscono la *scheda preparazione macchina*.

Detto ciò, che consideriamo la premessa necessaria all'introduzione alla programmazione delle macchine utensili CNC, vogliamo aprire una breve parentesi sulle diverse modalità di programmazione, intese come attività da svolgere per la compilazione del programma.

1. PROGRAMMAZIONE AD INDIRIZZI (o MANUALE o TRADIZIONALE). Il programmatore, sulla scorta del disegno e del ciclo di lavoro, individua e trascrive una successione ordinata e dettagliata d'operazioni, necessarie affinché la macchina esegua automaticamente le lavorazioni previste. Per ogni operazione sono indicati i percorsi d'avvicinamento e di lavoro, il tipo d'utensile ed il relativo ingombro, i dati di taglio, ecc., nonché le attività accessorie quali accensione/spegnimento macchina, accensione/spegnimento refrigerante, caricamento/scaricamento utensile, ecc. I dati così elaborati saranno poi trasferiti dal documento cartaceo all'unità di governo della macchina.



2. **PROGRAMMAZIONE CAD/CAM.** In questo caso, sistemi computerizzati e software opportunamente studiati consentono di ridurre notevolmente il lavoro d'analisi e di stesura da parte del programmatore. Infatti, attraverso la lettura del disegno che appare sul monitor, ed all'individuazione (es. mediante mouse-puntatore) della lavorazione da eseguire (es. foro), il sistema, attingendo direttamente dal disegno le informazioni necessarie, elabora autonomamente il relativo programma di lavoro.

Questo metodo offre il vantaggio di un notevole risparmio dei tempi e dei costi di programmazione; il CAD/CAM offre inoltre la possibilità di gestire centralmente diverse unità operatrici, anche se dotate di linguaggi di programmazione diversi fra loro e non tutti noti al programmatore stesso. Il limite di questo sistema è una certa rigidità che rende difficoltosi gli interventi integrativi e/o correttivi al programma.

Per l'esecuzione di lavorazioni semplici, sia sotto l'aspetto del numero d'operazioni sia della difficoltà specifiche, è ancora preferibile il metodo di programmazione tradizionale.

3. **PROGRAMMAZIONE PERSONALIZZATA macchina per macchina.** Il software è predisposto per elaborare autonomamente informazioni basilari semplici, risparmiando all'operatore la formulazione dettagliata fin nei minimi particolari, tipica della programmazione tradizionale. E' comunque escluso un travaso diretto di dati dal sistema CAD (disegno) a quello CAM (macchina utensile).

Con questa modalità il programmatore interpreta il disegno e fornisce le necessarie informazioni al computer della macchina utensile rispondendo ad una serie di quesiti semplici che gli giungono dallo schermo del monitor.

Le domande, poste in forma schematica, riprendono il metodo delle finestre di *Window* (in inglese finestra) ormai universalmente affermato. Un esempio per tutti: per comandare alla macchina l'esecuzione di un foro s'attiva l'icona *foro*, dalla cui visualizzazione s'apriranno a catena una o più finestre nelle quali indicare: il diametro, la profondità, gli interassi, il grado di finitura e di precisione, ecc., con un dialogo diretto fra programmatore e schermo.

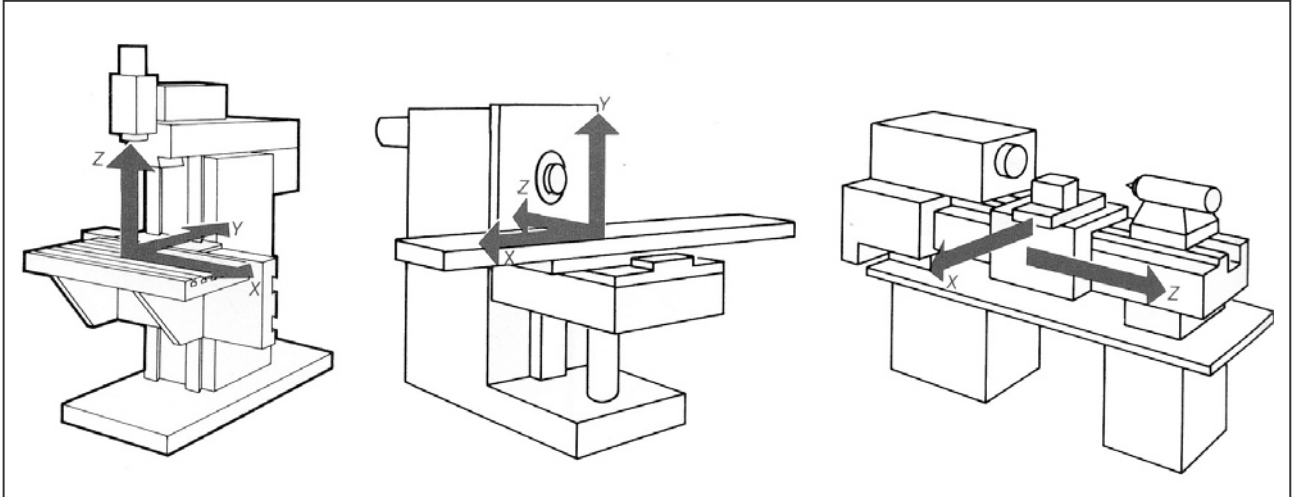
I vantaggi ed il risparmio economico rappresentati da tale metodo si materializzano in:

- limitata qualificazione specifica
- è sufficiente un operatore provvisto di un minimo di conoscenze di programmazione CNC, perché sia in grado d'operare alternandosi su macchine dotate di linguaggi di programmazione diversi
- contenimento degli errori dovuto al numero limitato d'operazioni necessarie alla programmazione ed alla semplicità della procedura
- flessibilità del sistema, consentito da un accesso facilitato per modifiche od integrazioni al programma.

In questo lavoro ci occuperemo essenzialmente della programmazione per indirizzi, o tradizionale, essendo la più completa anche se la più complessa: perché attraverso il suo apprendimento potremo poi liberamente accedere agli altri sistemi di programmazione.

ASSI DI LAVORO

Gli assi d'una macchina utensile rappresentano una linea immaginaria lungo la quale si sviluppa un determinato movimento (o percorso), dell'utensile o del pezzo; si possono avere assi lineari ed assi rotativi.



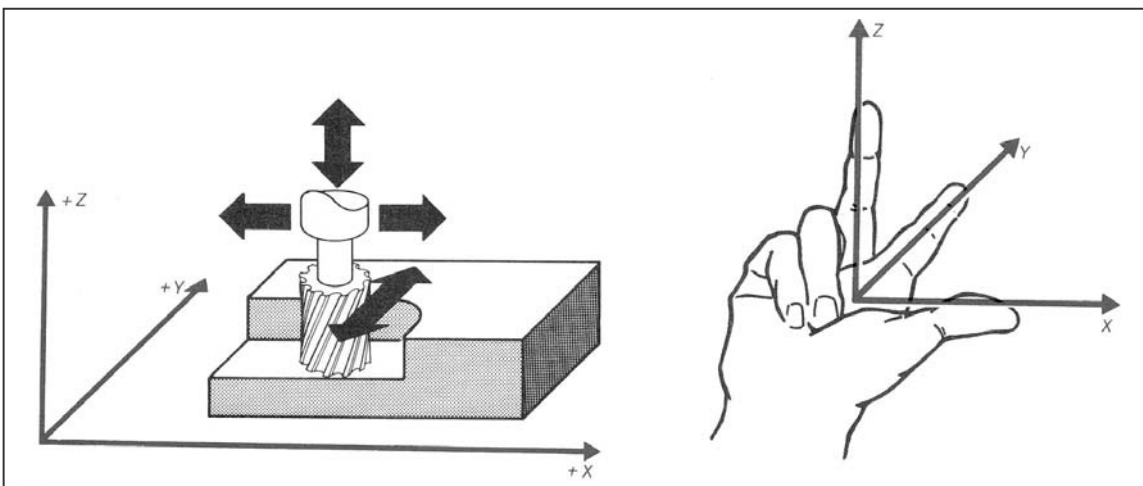
La figura sopra mostra l'andamento dei tre principali assi: **X**, **Y**, **Z**, disposti su tre piani (cartesiani) ortogonali fra di loro.

Regola della mano destra

Partiamo dalle seguenti considerazioni:

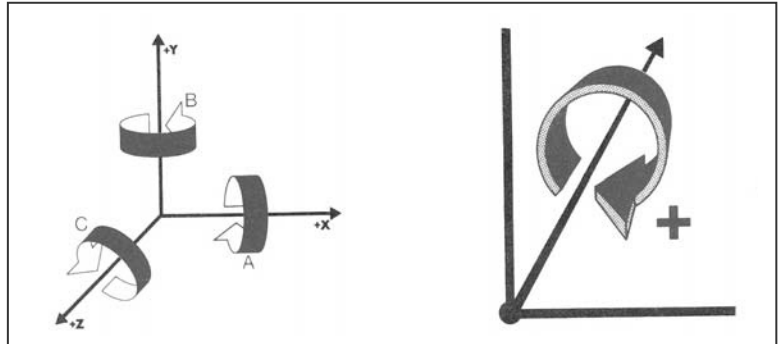
- l'**asse Z** è sempre parallelo all'asse del mandrino della macchina
- il **verso positivo** dell'asse Z è quello in allontanamento dal pezzo

Immaginiamo quindi di porci di fronte ad una fresatrice verticale; solleviamo la mano destra nella configurazione che vediamo nella figura sotto. Le direzioni degli assi X, Y e Z sono individuate rispettivamente dal pollice, dall'indice e dal medio; il *verso positivo*, tenendo conto della seconda considerazione iniziale, è indicato in uscita dalle tre dita sopracitate. Il centro della mano coincide quindi con l'incrocio degli assi, origine del nostro sistema cartesiano. Inoltre:



Assi rotativi

L'asse rotativo è un movimento rotatorio perpendicolare ad un determinato asse lineare; la rotazione è positiva quando, guardando dall'origine delle coordinate in direzione del verso positivo dell'asse, la rotazione appare in senso orario. I principali assi rotativi **A, B, C**, sono rispettivamente abbinati agli assi di movimento X,Y,Z, come mostrato in figura a fianco.



Assi addizionali

Una macchina utensile può disporre di altri movimenti, disposti su piani diversi da quelli descritti:

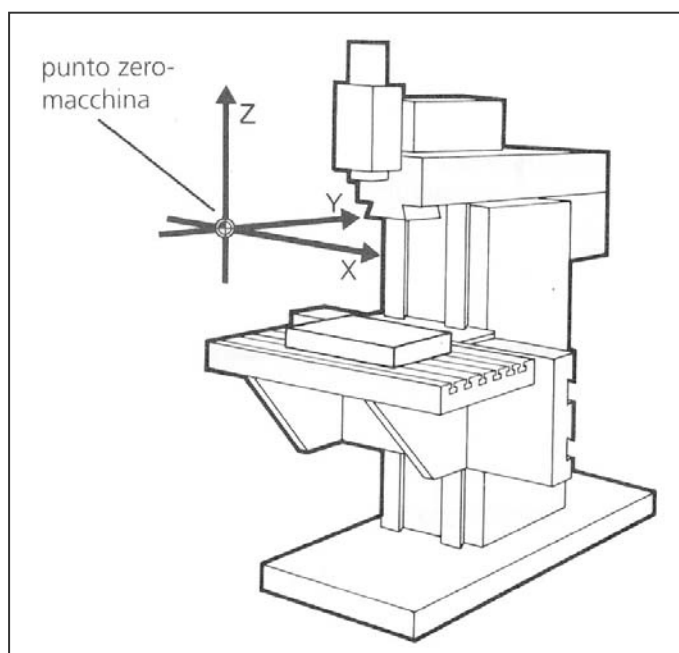
- assi di movimento secondari U,V,W, paralleli rispettivamente agli assi X,Y,Z
- assi di movimento terziari P,Q,R
- assi rotativi D,E, rispettivamente perpendicolari agli assi U,V.

CAMPO DI LAVORO

E' lo spazio entro il quale la macchina utensile riesce ad operare ed è determinato dall'inizio e dal fine corsa di ciascun asse. In realtà, pur partendo da questi parametri, il vero *campo operativo* tiene conto anche delle dimensioni dell'utensile. Il pezzo naturalmente deve avere dimensioni tali da essere contenuto nel campo di lavoro; quantomeno devono essere comprese le zone oggetto delle lavorazioni preventivate. Se tali condizioni non sono rispettate il sistema operativo della macchina lo segnala ed impedisce l'inizio delle lavorazioni.

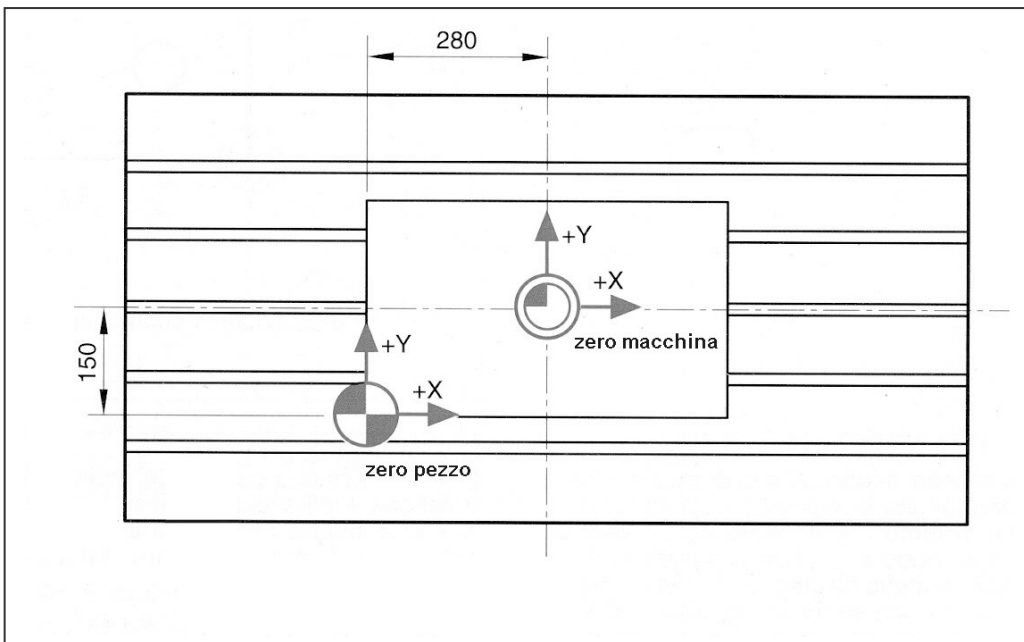
PUNTO ZERO MACCHINA

Lo zero macchina è un punto prefissato dal costruttore della macchina; esso è l'origine del sistema di coordinate della macchina e il punto di partenza di tutti gli ulteriori sistemi di coordinate e punti di riferimento della macchina. Nei torni il punto zero macchina di solito giace al centro della superficie di battuta del naso del mandrino. Nelle fresatrici il punto zero macchina varia da costruttore a costruttore, quasi sempre però verso le estremità positive della corsa degli assi.



PUNTO ZERO PEZZO

Lo *zero pezzo* è un punto di riferimento che stabilisce il sistema di coordinate del pezzo in relazione al punto zero macchina. Il punto zero pezzo è scelto dal programmatore e introdotto nel sistema di controllo CNC della macchina durante la fase di messa a punto della lavorazione di quel pezzo. Il programmatore può scegliere liberamente la posizione dello zero pezzo all'interno dell'area di lavoro della macchina. Tuttavia è preferibile posizionare lo zero pezzo in modo da facilitare la conversione dei valori delle quote del disegno in valori di coordinate; la scelta accurata dello zero pezzo quindi può semplificare notevolmente il calcolo dei punti da programmare.

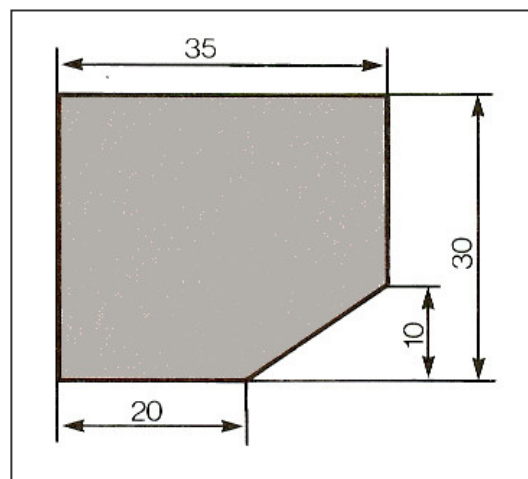


COORDINATE CARTESIANE

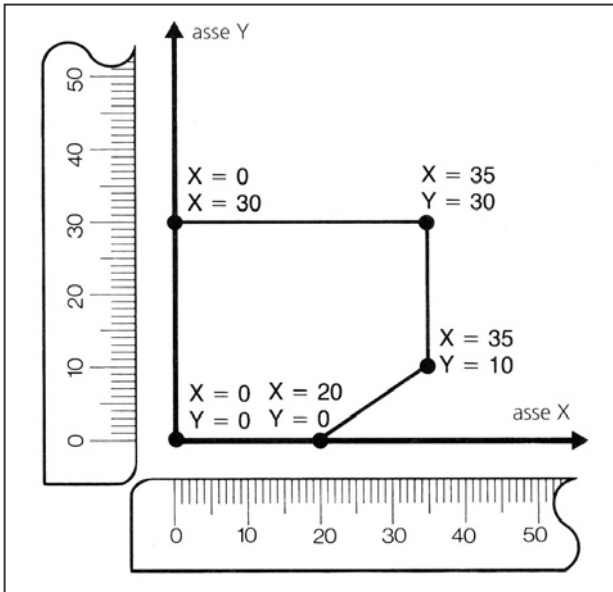
Il termine *coordinate* che noi useremo normalmente da qui in poi deriva dal concetto di *coordinate cartesiane*: si tratta di un sistema per definire con esattezza la posizione di un punto in un **piano** (2 assi) o nello **spazio** (3 assi) partendo da un'origine O.

Coordinate cartesiane nel piano

Con l'aiuto di un sistema di coordinate a due assi è possibile descrivere esattamente la posizione di tutti i punti (punti di vertice, centri di cerchio, ecc) del disegno di un pezzo. La forma di un pezzo è normalmente descritta in modo accurato per mezzo del disegno del particolare corredato di quotatura. Se si pone il disegno del pezzo in un sistema di coordinate la sua forma risulta descritta in modo univoco, attraverso la determinazione della posizione dei punti di quotatura.



A tal fine si devono leggere le distanze di ogni punto di quotatura degli assi X e Y.

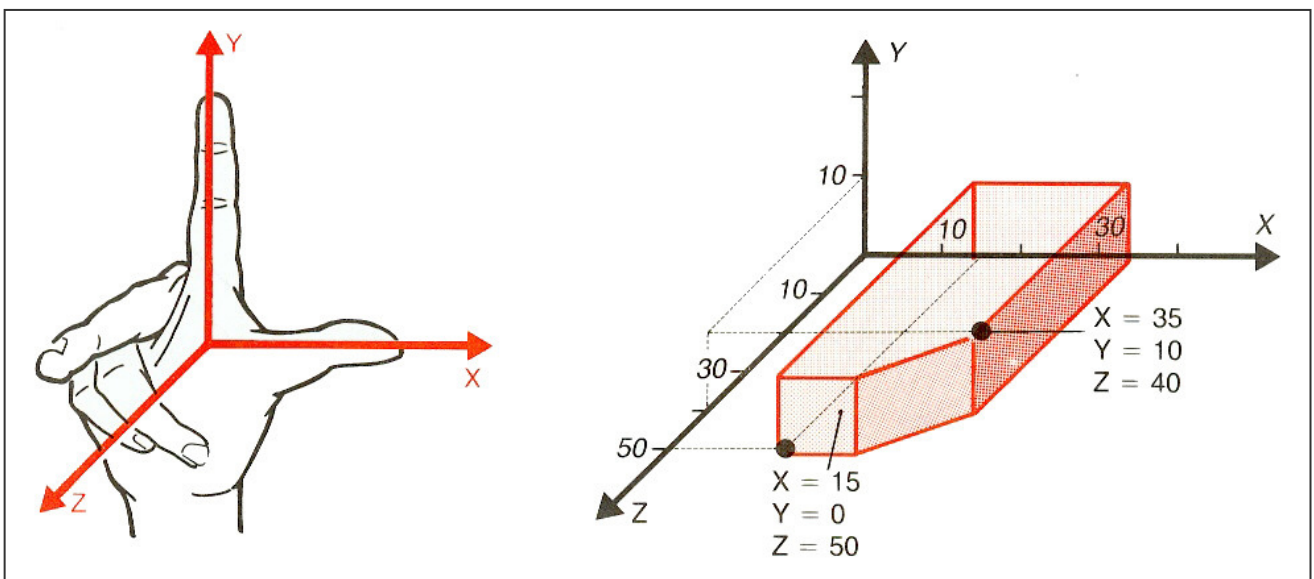


Le distanze dei punti dall'asse Y si chiamano **coordinate X**, dato che possono essere stabilite utilizzando la scala sull'asse X.
 Le distanze dei punti dall'asse X si chiamano **coordinate Y**, dato che possono essere stabilite utilizzando la scala sull'asse Y.

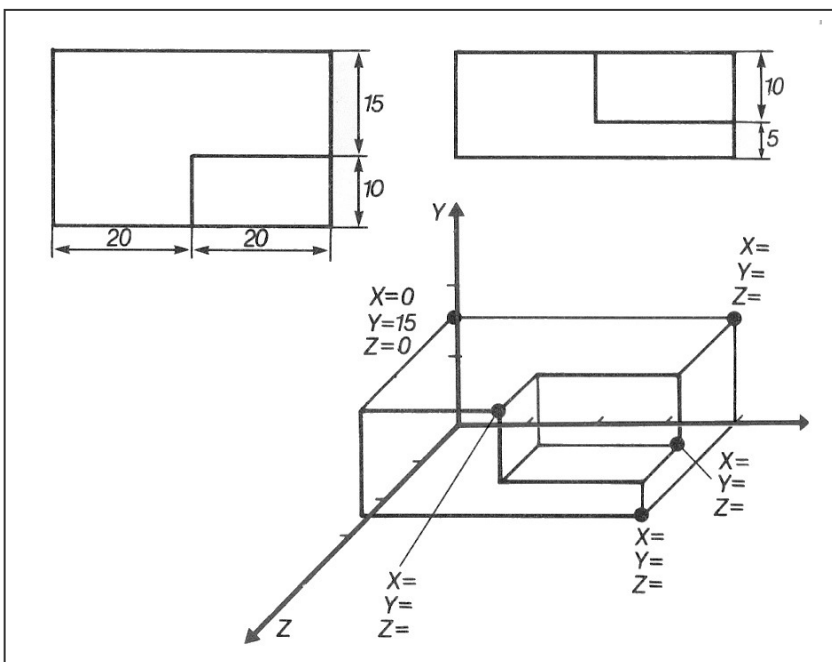
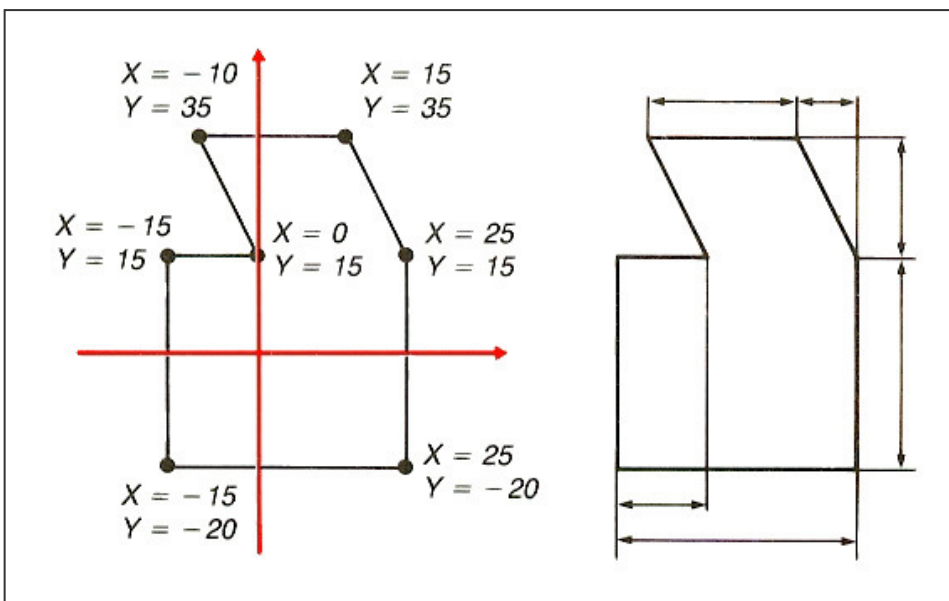
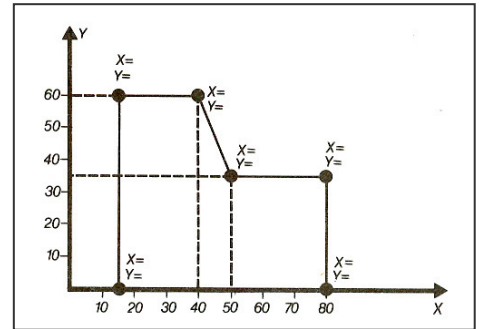
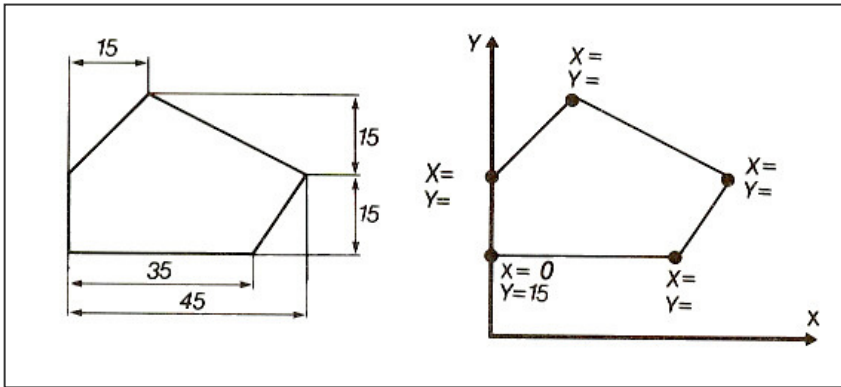
In un sistema di coordinate a due assi la posizione di un punto è stabilita in modo univoco per mezzo della coppia di coordinate (X,Y). Nell'esempio a fianco sono riportate le coordinate X e Y dei punti del pezzo rappresentato nella figura precedente.

Coordinate cartesiane nello spazio

Innanzitutto dobbiamo evidenziare le differenze esistenti fra il pezzo nel disegno e quello reale sulla macchina: il pezzo sul disegno viene rappresentato su di un piano con due dimensioni: l'altezza e la larghezza; per rappresentarlo nella terza dimensione, lo spessore, dobbiamo ribaltarlo (ribaltamento della vista). Per ovviare a tale inconveniente, nel trasferimento delle quote in macchina s'utilizza una terza coordinata (asse Z), come le prime due ma perpendicolare ad esse. Il punto d'intersezione fra le tre coordinate si farà coincidere con lo zero pezzo; in questo modo si ha la possibilità di individuare qualsiasi punto di un pezzo in macchina, così come esemplificato schematicamente nella figura sotto.



Esercizi sul piano cartesiano



ELEMENTI FONDAMENTALI DELLA PROGRAMMAZIONE CNC

Linguaggio

Il linguaggio, in generale, è un mezzo che consente di comunicare con gli altri; nel caso specifico è il modo in cui le informazioni possono veicolare indifferentemente dall'operatore al cervello della macchina e viceversa. Si tratta in definitiva di scritte formate da:

LETTERE • NUMERI • CODICI SPECIALI • SEGNI + e -

Internazionalmente esiste un tipo di linguaggio di riferimento che è l'ISO STANDARD, raccomandato a tutte le aziende costruttrici di macchine utensili CNC, le quali però molto spesso lo personalizzano introducendo, piccole modifiche costituite da simboli e codici propri. Noi, in questa sede, utilizzeremo il linguaggio ISO STANDARD con qualche cenno ad ECS per confrontare i due linguaggi che non sono proprio del tutto simili; per chi dovesse trovarsi di fronte a realtà diverse sappia che l'apprendimento delle varianti di un nuovo linguaggio è estremamente semplice. Di seguito, come facente parte del linguaggio ISO, forniamo un elenco di caratteri speciali, stampabili e non stampabili.

Caratteri stampabili ISO 6983		Caratteri non stampabili ISO 6983	
Carattere	Significato	Carattere	Significato
%	Inizio o fine programma	TAB	Tabulazione
(Inizio commento	LF/CR	Fine blocco
)	Fine commento	CR	Ritorno carrello
+	Segno di somma	SP	Spazio
-	Segno di sottrazione	DEL	Cancellazione
,	Virgola		
/	Salto blocco		
.	Punto decimale		
:	Segno d'allineamento		

Indirizzo

L'indirizzo è una *lettera* che indica il tipo d'informazione che stiamo trattando. Es. :

- **X +20** L'informazione è indirizzata sull'asse X (indirizzo), sul quale è stato impostato uno spostamento positivo di 20 mm
- **F 120** L'informazione riguarda (come apprenderemo in seguito) la velocità d'avanzamento, indirizzo: F, che è di 120 mm/m'
- **M 03** L'indirizzo M ci dice che l'informazione riguarda la rotazione del mandrino, e 03 (codice avente valore di simbolo) indica il senso di rotazione orario. Per stabilire a quanti giri dovrà ruotare dovremo aggiungere:
- **S 500** Per dire che la velocità di rotazione del mandrino, indirizzo: S, è di 500 giri /m'

Tabella degli indirizzi

INDIRIZZI PER PROGRAMMAZIONE – ISO 6983	
A	Movimento rotativo intorno a X
B	“ “ “ “ Y
C	“ “ “ “ Z
D	Seconda funzione utensile o utilizzata in applicazioni speciali
E	Seconda funzione di avanzamento o utilizzata in applicazioni speciali
F	Avanzamento
G	Funzioni generali o preparatorie
H	Correttore raggio o compensazione lunghezza utensile
I	Definizione del centro nell'interpolazione circolare, asse X
J	Definizione del centro nell'interpolazione circolare, asse Y
K	Definizione del centro nell'interpolazione circolare, asse Z
M	Funzioni ausiliarie (miscellanee)
N	Numero di blocco
P	Movimento terziario parallelo asse X
Q	“ “ “ “ Y
R	“ “ “ “ Z
S	Velocità di rotazione del mandrino
T	Definizione di utensile
U	Movimento secondario parallelo asse X
V	“ “ “ “ Y
W	“ “ “ “ Z
X	Movimento principale asse X
Y	“ “ “ Y
Z	“ “ “ Z

Parola

La parola è l'insieme dell'indirizzo e del suo valore; *X -20, F 120, S 500* sono altrettante parole formate dall'indirizzo e dal suo valore; così anche per *M 03*, dove però 03 non è un valore di una determinata grandezza, ma un codice fisso che indica uno dei due sensi di rotazione del mandrino (orario).

Blocco e numerazione del blocco

Il blocco è l'insieme di tutte le informazioni necessarie per conseguire una determinata operazione; è solitamente contenuto in una riga di programma ed è formato da più parole. E' indicato con la lettera **N** (indirizzo) seguito da un numero a quattro cifre, per cui un programma può contenere un massimo di 9999 blocchi. Data l'ampia disponibilità, generalmente si adotta una numerazione progressiva di dieci in dieci (es. *N0000 – N0010 – N0020 – ecc.*); ciò per dare la possibilità di correggere e d'integrare il programma con l'inserimento di nuovi blocchi intermedi (es. *N0000 – N0010 – N0013 – N0017 – N0020 – ecc.*).

Esempi di blocchi: *N0050 G00 X40 Y-15 Z20 M30*
N0010 T7 S600 F60 M03

In alcuni linguaggi, come Fanuc, la numerazione dei blocchi è facoltativa in quanto il controllo esegue comunque le informazioni nella successione in cui sono scritte senza l'esigenza dell'indirizzo N e del numero iniziale. Il problema può nascere quando si devono individuare nel programma blocchi ben precisi (ad esempio per ripetizioni di parti di programma, salti di programma utilizzando il "goto", utilizzo di sottoprogrammi ecc..) in cui si rende necessario numerare quel blocco in particolare con l'indirizzo N seguito da un numero a quattro cifre lasciando inalterati i blocchi precedenti e successivi.

All'interno del blocco, la successione delle varie parole segue convenienze di programmazione e non influenza l'esecuzione, perché il CNC saprà ordinarle secondo una sua logica operativa. Si suggerisce comunque il seguente ordine di stesura: *definizione utensile – funzioni preparatorie G – coordinate – funzioni miscellanee M.*

Funzioni preparatorie "G" (generali)

Le funzioni preparatorie hanno il compito di disporre la macchina utensile ad eseguire tutte le lavorazioni necessarie alla realizzazione del pezzo. Esse sono identificabili dalla lettera **G** seguita da un codice di diversificazione formato da due numeri.

Definiscono modo e tipo di spostamento dell'utensile o del pezzo; si suddividono in due gruppi: *principali*, relative agli spostamenti degli assi; *secondarie*, relative a particolari modalità di lavoro.

All'interno del blocco, vanno scritte all'inizio subito dopo il numero di sequenza e, in uno stesso blocco, si possono programmare più funzioni G, purché non in contrasto fra loro cioè non dello stesso gruppo.

Le funzioni preparatorie restano memorizzate per l'intera durata d'esecuzione del programma; si possono cancellare con altre funzioni G specifiche atte a disabilitare funzioni precedentemente programmate (ad esempio la G 40 disabilita la compensazione raggio a sinistra o a destra G41 o G42), o tra loro, se appartengono allo stesso tipo (ad esempio la G 01 sostituisce G 00).

A seguito riportiamo l'elenco delle funzioni G del manuale Fanuc ricordando che sebbene questo linguaggio derivi dall' ISO STANDARD, la casa costruttrice ha personalizzato alcune funzioni G che si differenziano quindi dall'ISO classico; inoltre:

- I codici G sono elencati per gruppo.
- Le funzioni G (modali) contrassegnate nell'elenco da un triangolino nero sono quelle presenti all'accensione del controllo o dopo un reset.
- Se viene specificato un codice G non compreso nella tabella o un codice G opzionale non previsto dal sistema, si ha un allarme (N. 010).
- Un blocco può contenere più codici G, se sono dello stesso gruppo il codice G attivo è l'ultimo.

Elenco dei codici G (1/3)

Codice G	Gruppo	Funzione	
█ G00	01	Posizionamento (rapido)	
█ G01		Interpolazione lineare	
G02		Interpolazione circolare/elicoidale in senso orario	
G03		Interpolazione circolare/elicoidale in senso antiorario	
G04	00	Sosta, arresto esatto	
G05		Ciclo di lavorazione ad alta velocità	
G07		Interpolazione con asse ipotetico	
G07.1 (G107)		Interpolazione cilindrica	
G08		Controllo Look-ahead	
G09		Arresto esatto	
G10		Immissione dati da programma	
G11		Cancella il modo immissione dati da programma	
█ G15	17	Cancella i comandi in coordinate polari	
G16		Comandi in coordinate polari	
█ G17	02	Selezione piano XY	Xp: Asse X o suo asse parallelo
█ G18		Selezione piano ZX	Yp: Asse Y o suo asse parallelo
█ G19		Selezione piano YZ	Zp: Asse Z o suo asse parallelo
G20	06	Programmazione in pollici	
G21		Programmazione in millimetri	
█ G22	04	Attiva il controllo delle zone di sicurezza	
G23		Disattiva il controllo delle zone di sicurezza	
█ G25	24	Rilevazione fluttuazioni velocità mandrino off	
G26		Rilevazione fluttuazioni velocità mandrino on	
G27	00	Controllo del ritorno al punto di riferimento	
G28		Ritorno al punto di riferimento	
G29		Ritorno dal punto di riferimento	
G30		Ritorno al secondo, terzo o quarto punto di riferimento	
G31		Funzione di salto della lavorazione	
G33	01	Filettatura	
G37	00	Misura automatica lunghezza utensile	
G39		Interpolazione circolare sugli spigoli	
█ G40	07	Cancella la compensazione raggio utensile/Cancella la compensazione tridimensionale	
G41		Compensazione raggio utensile a sinistra/Compensazione tridimensionale	
G42		Attiva la compensazione raggio utensile a destra	
█ G40.1 (G150)	19	Cancella il modo controllo della direzione normale	
G41.1 (G151)		Attiva il modo controllo direzione normale a sinistra	
G42.1 (G152)		Attiva il modo controllo direzione normale a destra	
G43	08	Compensazione lunghezza utensile, direzione positiva	
G44		Compensazione lunghezza utensile, direzione negativa	

Elenco dei codici G (2/3)

Codice G	Gruppo	Funzione
G45	00	Incremento correzione utensile
G46		Decremento correzione utensile
G47		Doppio incremento correzione utensile
G48		Doppio decremento correzione utensile
▲ G49	08	Cancella la compensazione lunghezza utensile
▲ G50	11	Cancella la scala
G51		Attiva la scala
▲ G50.1	22	Cancella l'immagine speculare programmabile
G51.1		Attiva l'immagine speculare programmabile
G52	00	Impostazione del sistema di coordinate locali
G53		Selezione del sistema di coordinate della macchina
▲ G54	14	Selezione del sistema di coordinate del pezzo 1
G54.1		Selezione del sistema addizionale di coordinate del pezzo
G55		Selezione del sistema di coordinate del pezzo 2
G56		Selezione del sistema di coordinate del pezzo 3
G57		Selezione del sistema di coordinate del pezzo 4
G58		Selezione del sistema di coordinate del pezzo 5
G59		Selezione del sistema di coordinate del pezzo 6
G60	00	Posizionamento unidirezionale
G61	15	Modo arresto esatto
G62		Regolazione automatica velocità sugli spigoli
G63		Modo maschiatura
▲ G64		Modo lavorazione normale
G65	00	Richiamo macro
G66	12	Richiamo macro modale
▲ G67		Cancella richiamo macro modale
G68	16	Rotazione coordinate
▲ G69		Cancella rotazione coordinate
G73	09	Ciclo di foratura a tratti
G74		Ciclo di contromaschiatura
G76	09	Barenatura fine
▲ G80	09	Cancella il ciclo fisso
G81		Ciclo di foratura o comando operazione esterna
G82		Ciclo di foratura
G83		Ciclo di foratura a tratti
G84		Ciclo di maschiatura
G85		Ciclo di barenatura
G86		Ciclo di barenatura
G87		Ciclo di barenatura posteriore
G88		Ciclo di barenatura
G89		Ciclo di barenatura

Elenco dei codici G (3/3)

Codice G	Gruppo	Funzione
█ G90	03	Programmazione assoluta
█ G91		Programmazione incrementale
G92	00	Impostazione del sistema di coordinate del pezzo o limitazione della velocità del mandrino
G92.1		Preset del sistema di coordinate del pezzo
█ G94	05	Avanzamento al minuto
G95		Avanzamento al giro
G96	13	Velocità di taglio costante
█ G97		Cancella la velocità di taglio costante
█ G98	10	Ritorno al livello iniziale
G99		Ritorno al livello del punto R

Funzioni ausiliarie “M” (Miscellanee)

Sono istruzioni che attivano, o disattivano, funzioni on/off della macchina utensile ma che non comprendono posizionamenti o spostamenti degli assi; sono funzioni ausiliarie: la rotazione del mandrino, l'erogazione del refrigerante, il cambio dell'utensile, bloccaggio assi ecc. Tali funzioni sono identificate con la lettera **M** seguita da un codice d'identificazione formato da due numeri e compaiono a fine blocco; nello stesso blocco possono comparire più funzioni M (generalmente non più di due) non contrastanti fra loro. Restano memorizzate nel corso d'esecuzione del programma e si cancellano (salvo poche eccezioni) con una M di cancellazione o di significato contrario.

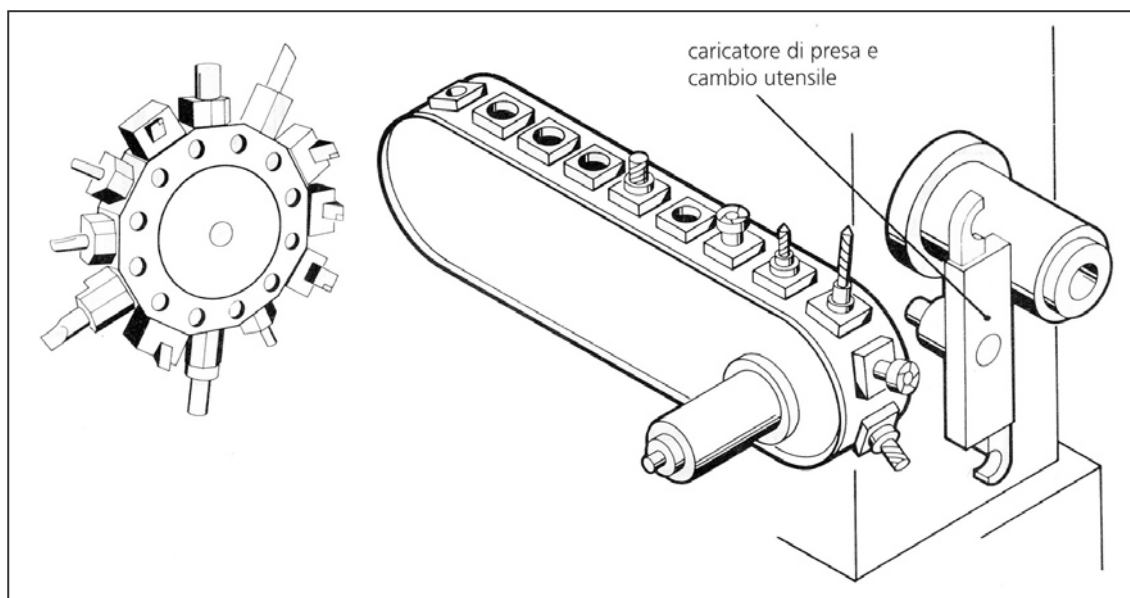
ELENCO FUNZIONI AUSILIARIE	
M 00	Arresto programma
M 01	Arresto programma opzionale
M 02	Fine programma
M 03	Rotazione mandrino in senso orario
M 04	Rotazione mandrino in senso antiorario
M 05	Arresto mandrino
M 06	Cambio utensile
M 07	Erogazione refrigerante 1
M 08	Erogazione refrigerante 2
M 09	Arresto refrigerante
M 10	Bloccaggio assi
M 11	Sbloccaggio assi
M 13	Attivazione refrigerante più rotazione oraria mandrino
M 14	Attivazione refrigerante più rotazione antioraria mandrino
M 15	Spostamento in rapido o in lavoro +
M 16	Spostamento in rapido o in lavoro -
M 19	Arresto mandrino orientato
M 30	Fine nastro e riposizionamento ad inizio programma
M 31	Sospensione
M 32 a M 35	Velocità di taglio costante
M 36	Gamma di velocità avanzamento 1
M 37	Gamma di velocità avanzamento 2
M 38	Gamma di velocità del mandrino 1
M 39	Gamma di velocità del mandrino 2
M 40 a M 45	Cambio gamme di velocità
M 50	Erogazione refrigerante 3
M 51	Erogazione refrigerante 4
M 55	Spostamento utensile 1 in una posizione predefinita
M 56	Spostamento utensile 2 in una posizione predefinita
M 60	Cambio pezzo
M 61	Spostamento del pezzo in posizione 1
M 62	Spostamento del pezzo in posizione 2
M 68	Bloccaggio pezzo
M 69	Sbloccaggio pezzo
M 70	Spostamento angolare del pezzo in posizione 1
M 71	Spostamento angolare del pezzo in posizione 2
M 78	Bloccaggio tavola
M 79	Sbloccaggio tavola

Numero programma

La necessità di distinguere all'interno della memoria del sistema i vari programmi che contiene è soddisfatta con l'associare ad ogni programma un numero od un nome proprio d'*identificazione* che dovrà essere necessariamente univoco. Il formato del numero di programma è strettamente legato al tipo di CNC utilizzato, ad esempio FANUC richiede la lettera "O" seguita da un numero a 4 cifre (es. O0001) mentre invece l'ISO STANDARD classico utilizza la lettera "P" seguita da un numero a due cifre che vanno inseriti all'inizio del primo blocco.

Funzioni cambio utensili "T"

La funzione T, quand'è programmata, dispone la macchina al cambio dell'utensile secondo una sequenza prestabilita; ma solo se la stessa è provvista di un magazzino utensili. Nel linguaggio Fanuc alla lettera *T* segue un numero a due cifre che indica il numero dell'utensile nel magazzino (T01). Il numero massimo programmabile quindi è dato dal numero massimo di utensili che il magazzino può contenere; se si programma un numero maggiore il controllo segnala un errore di programmazione. Nel caso di macchine utensili dove il cambio avviene manualmente, di fronte a tale istruzione la macchina s'arresta in attesa che l'operatore effettui il cambio e ripristini il funzionamento. Se questa è invece dotata di cambio automatico dell'utensile, con l'istruzione *T* abbinata all'istruzione *M06* s'attivano una serie d'operazioni, le quali riguardano sia il deposito dell'utensile in utilizzo, sia il prelievo di quello successivamente previsto. Naturalmente, per utensile intendiamo il gruppo *utensile-portautensile*, le cui quote operative sono state *presettate*, ed inserite nella memoria del CN all'atto dell'immissione dell'utensile nel magazzino della MU.



Le misure rilevate dal presetting vengono inserite in apposite memorie del CN e richiamate nel programma con la lettera *H* seguita da un numero a due cifre che indica la locazione di memoria dove sono state salvate. In queste locazioni verranno salvate sia le dimensioni dei *raggi* che le compensazioni delle *lunghezze* degli utensili; entrambe queste misure verranno poi richiamate nel programma con la lettera *H*, consigliamo quindi di definire locazioni di memoria ben precise per i raggi e per le lunghezze e un criterio chiaro e univoco di assegnazione dei parametri memorizzati con l'utensile a cui si riferiscono.

Ad esempio, in un magazzino a 10 posti, all'utensile T01 potrebbe corrispondere la locazione di memoria H01 per la compensazione della lunghezza e la locazione H11 per la compensazione del raggio così si avrebbero le posizioni da 1 a 10 per le lunghezze e da 11 a 20 per i raggi con il vantaggio di avere il numero a destra delle due cifre uguale a quello dell'utensile.

In alcuni CNC per effettuare il cambio utensile non occorre la combinazione T e M06 ma è necessario inserire solo il numero del nuovo utensile desiderato con la lettera T seguita da un numero a 4 cifre separate da un punto dopo le prime due: es. T01.01 dove le prime due cifre indicano il numero dell'utensile nel magazzino e le seconde due la locazione di memoria che contiene i parametri di correzione raggio e lunghezza.

Avanzamento "F" (feed)

La **velocità d'avanzamento dell'utensile in lavoro** è impostata con la funzione *F (feed)* preceduta da una particolare funzione G che sta ad indicare l'unità di misura dell'avanzamento stesso; es.:

G 94 F 75 avanzamento in mm/m', per macchine utensili con utensile in rotazione (es. fresatrice) dove F è l'indirizzo e 75 il valore in mm/m'

G 95 F 0,10 avanzamento in mm/giro, per macchine utensili con pezzo in rotazione (es. tornio) dove F è l'indirizzo e 0,10 il valore in mm/giro

Numero di giri "S" (speed)

Questa funzione è contraddistinta dalla lettera *S (speed)* ed indica la **velocità di rotazione del mandrino** in giri/m', quindi la conseguente rotazione del pezzo o dell'utensile a seconda del tipo di macchina (nella fresatrice ruota l'utensile nel tornio il pezzo); es.:

S 950 950 giri/m' del pezzo sul tornio o dell'utensile sulla fresatrice

Velocità di taglio costante "G" 96

Nel tornio, dove l'utensile può lavorare su diametri diversi anche per una singola lavorazione (es. sfacciatura), l'esigenza d'avere una velocità di taglio costante ha suggerito l'introduzione della funzione G 96. Programmando questa funzione si avrà la velocità di rotazione in giri/min calcolata e variata automaticamente dal controllo durante la lavorazione al variare del diametro, e la velocità di taglio in m/min impostata da programma con la lettera S. In questo caso è indispensabile introdurre un limite massimo al numero di giri (S_{max}), per evitare d'*andare fuorigiri*; infatti nel caso di una sfacciatura il tendere del diametro verso zero porterebbe ad un numero di giri infinito (dalla formula $\phi = 0 \Rightarrow N_g = \infty$).

Es. di programmazione:

N 10

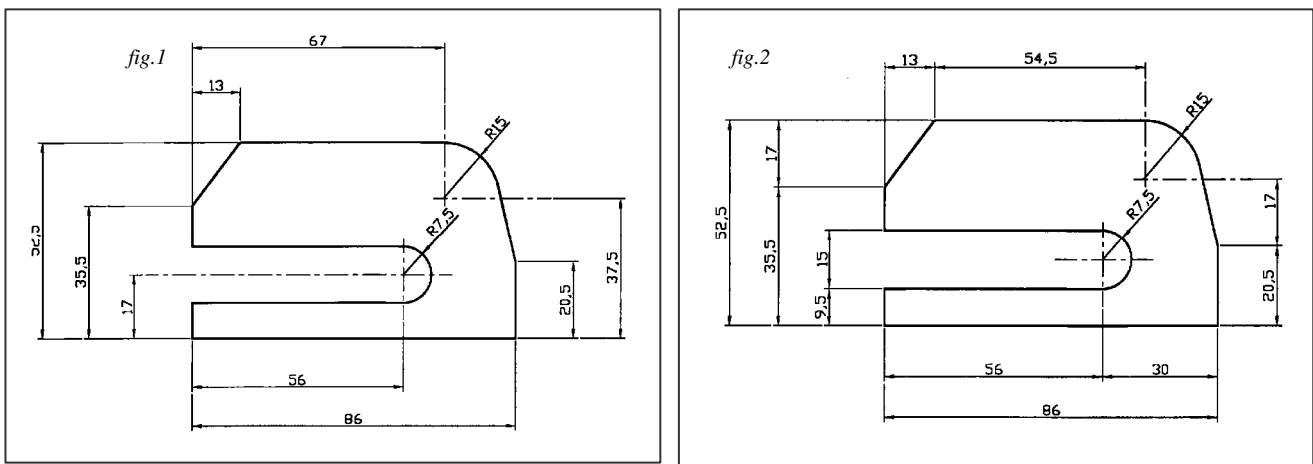
N 20 G 96 S 100 (velocità costante di 100 m/m')

N 30 Smax 1800 (impostazione di un limite max di 1800 giri/m')

Programmazione Assoluta ed Incrementale G 90 e G 91

In un disegno, quote parallele fra loro possono avere un'origine comune, come in fig. 1; in tal caso si tratta di *quote assolute*, in quanto identificano la distanza di un particolare da un punto (linea o piano) comune di riferimento. Se la disposizione invece è tale che tutte queste quote sono messe in successione continua, come indicato in fig. 2 avremo *quote incrementali*: indirettamente, dalla seconda in poi, registrano un incremento rispetto la quota che la precede. A seconda che l'immissione dei dati segua il primo od il secondo dei metodi di quotatura, avremo una *programmazione assoluta* o una *programmazione incrementale*, e sono attivate dalle seguenti funzioni:

- G90 programmazione assoluta, (fig.1 - con disegno quotato in *parallelo*)
- G91 programmazione incrementale, (fig.2 - con disegno quotato in *serie*)



Interpolazioni

Nel soffermarci, nella prima parte, sulle prestazioni d'un controllo numerico abbiamo accennato ai diversi tipi d'interpolazione.

Ora definiamo secondo un linguaggio pratico, che per *interpolazione* intendiamo descrivere il tipo di percorso che compie l'utensile, sia nella sua fase di avvicinamento (posizionamento) sia di lavoro, mediante il movimento combinato e simultaneo di due o più assi. Esistono diversi tipi di interpolazione e più precisamente:

- *Interpolazione lineare*: l'utensile percorre uno o più tratti rettilinei.
- *Interpolazione circolare*: (oraria o antioraria) l'utensile si muove compiendo uno o più archi di cerchi in un piano prestabilito.
- *Interpolazione elicoidale*: all'interpolazione circolare si aggiunge un movimento secondo un asse perpendicolare al piano del movimento circolare; abbiamo pertanto un movimento d'avvolgimento a vite.

Movimento rapido G 00

Con l'attivazione di questa funzione l'utensile si sposta al massimo della velocità consentita dalla macchina senza dover impostare un valore d'avanzamento F . E' una funzione modale e resta pertanto attiva fino all'introduzione di una funzione di movimento diversa. Possiamo considerarla *un'interpolazione lineare* ad alta velocità, quindi di spostamento per un avvicinamento al pezzo e non di lavoro, con cui l'utensile raggiunge le coordinate prestabilite:

```
N... G00 X 100 Y 150 Z 200
```

Interpolazione lineare G 01 (LAVORO)

E' un *movimento di lavoro* in cui l'utensile compie un percorso rettilineo alla velocità F da noi impostata per raggiungere, dalla posizione di partenza, il punto finale prestabilito. Anche questa ha carattere modale quindi resta attiva fino all'inserimento di una nuova funzione di movimento che la modifica.

```
N ... G01 X 110 Y 160 Z 210
```

Interpolazione circolare oraria G 02 e antioraria G 03

Si tratta di un *movimento di lavoro* in cui l'utensile descrive *archi di circonferenza o circonferenze intere* su di un piano prestabilito, alla velocità di spostamento F da noi programmata. Se la rotazione che l'utensile compie è in **senso orario** allora dovremo utilizzare la funzione **G02**; al contrario se la rotazione è in **senso antiorario** allora dovremo utilizzare la funzione **G03**. Anche queste, come le precedenti G00 e G01, sono funzioni modali con le quali l'utensile dal punto di partenza raggiunge il punto finale dell'arco prestabilito; in questo caso però, oltre alle coordinate **X**, **Y** e **Z** del punto d'arrivo dovremo anche conoscere, e quindi programmare, le coordinate del centro dell'arco o della circonferenza che andranno scritte con gli indirizzi **I**, **J** e **K**; dove:

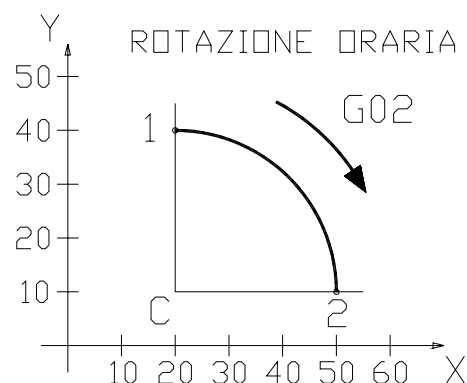
- **I** coordinata del centro in X
- **J** " " " " Y
- **K** " " " " Z

Nel linguaggio ISO STANDARD le coordinate del centro della circonferenza vengono fornite in **assoluto**, cioè rispetto allo *zero-pezzo*, come le coordinate del punto finale; per cui il blocco di programmazione dell'arco rappresentato in figura diventerebbe:

Per una rotazione oraria

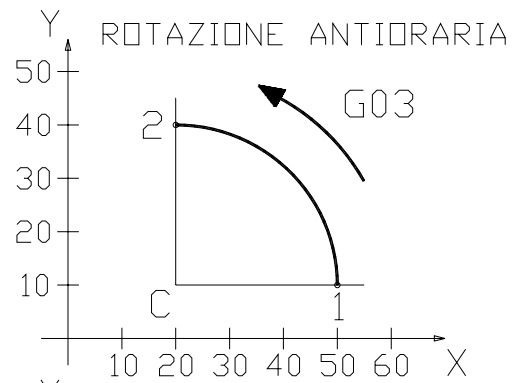
```
N..... G02 XPF YPF IXC JYC
```

```
N..... G02 X 50 Y 10 I 20 J 10
```



Per una rotazione antioraria

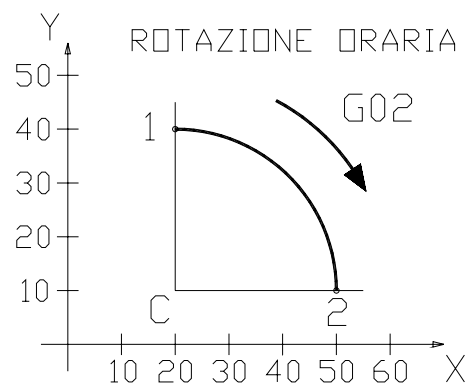
N..... G03 X_{PF} Y_{PF} I_{XC} J_{YC}
N..... G03 X20 Y40 I20 J10



In altri controlli, come ad esempio FANUC, le coordinate del centro della circonferenza vanno fornite esclusivamente in **incrementale** rispetto cioè al *punto di partenza dell'arco*, anche se le coordinate del punto finale sono in assoluto; in questo caso il blocco di programmazione dello stesso arco rappresentato nella figura precedente diventerebbe:

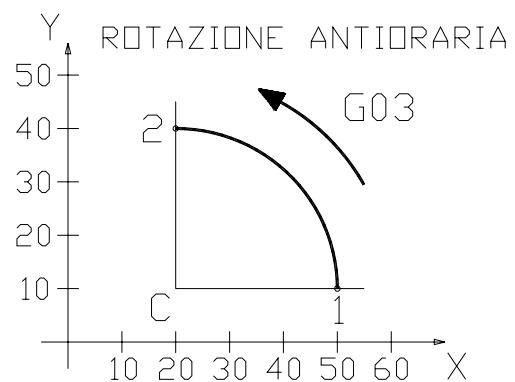
Per una rotazione oraria

N..... G02 X_{PFa} Y_{PFa} I_{Xci} J_{Yci}
N..... G02 X50 Y10 I0 J-30



Per una rotazione antioraria

N..... G03 X_{PFa} Y_{PFa} I_{Xci} J_{Yci}
N..... G03 X20 Y40 I-30 J0



Poiché gli archi descritti con le funzioni di interpolazione circolare oraria e antioraria si sviluppano su di un piano, nella stesura del programma dobbiamo necessariamente precisare il piano interessato dal movimento, indicandolo con le funzioni G17, G18, G19 in base agli assi che individuano quel piano:

- **G 17** piano d'interpolazione XY
- **G 18** piano d'interpolazione XZ
- **G 19** piano d'interpolazione YZ

Stila un listato in linguaggio ISO CNC per il componente nel disegno in allegato (esercizio applicativo.pdf) riportando

- 1) lo zero pezzo a disegno
- 2) gli assi di riferimento a disegno
- 3) gli utensili utilizzati (T01, T02, ...)
- 4) i parametri di taglio (S e F)
- 5) il programma in G-Code