

Listato ISO – Specifiche

Questo documento descrive il linguaggio di programmazione interpretato da ISOCNC.

Versione: **1.1.1.0**

Aggiornamento: **14.02.2017**

I. Listato ISO. Specifiche

I.0 Indice

1. Programma ISO. Caratteri ammessi. Lettere maiuscole e minuscole
2. Formato di una linea ISO
 - 2.0. Numeri di riga
 - 2.1. Valori numerici
 - 2.2. Parole
 - 2.3. Commenti
3. G modali e non modali
 - 3.1 Unità di misura per i lineari (G70, G71)
 - 3.2 Sistemi di riferimento: sistema di riferimento di macchina, sistema di riferimento di pezzo (G92) e sistema di riferimento relativo (G24, G27, G28, G29)
 - 3.3 Dimensioni assolute (G90) e incrementali (G91)
 - 3.4 G di movimento (G00, G01, G02, G03)
 - 3.4.1 Posizionamento rapido (G00)
 - 3.4.2 Interpolazione lineare (G01)
 - 3.4.3.a Interpolazione circolare (elicolidale) oraria e antioraria (G02, G03) e selezione del piano (G17, G18, G19)
 - 3.4.3.b Interpolazione elicolidale
 - 3.4.3.c Interpolazione circolare (elicolidale) con variazione delle quote dei rotanti
 - 3.5 Tipo di interpolazione (G48, G49)
 - 3.7 Modalità di assegnazione del feed rate (G93, G94, F)
 - 3.8 Arresto a fine blocco (G09)
 - 3.9 Applicazione istruzioni MDI (G909)
 - 3.10 Attesa (G04)
 - 3.11 Aggiornamento parametrica da ciclica (G990)
 - 3.12 Imposta stato macchina di attesa – "Pending" a fine programma (G200)
4. Funzioni M
 - 4.1 Fine programma (M02)
 - 4.2 Avviamento e arresto del mandrino (M03, M04, M05), gestione della velocità (S)
 - 4.3 Cambio utensile (M06)
 - 4.4 M definite dall'utente
5. Istruzione di salto a etichetta condizionato – IF condizione GOTO etichetta
6. Registri
7. Errori ISO

Questa specifica definisce le regole ortografiche, sintattiche e logiche per il linguaggio ISO interpretato da ISOCNC. Una qualunque violazione di tali regole, all'atto della sua rilevazione, comporta l'interruzione dell'esecuzione del programma e la contestuale segnalazione all'utente dell'errore rilevato. Ad ogni possibile tipo di errore corrispondono un codice, un messaggio di errore sintetico ed un messaggio informativo complementare (cfr. I.6).

I.1. Programma ISO. Caratteri ammessi. Lettere maiuscole e minuscole

Il linguaggio di programmazione interpretato da ISOCNC è basato su linee di testo concluse da un terminatore (carriage return o line feed o entrambi). Una *linea* che includa comandi e/o dati per il controllo numerico viene definita anche "*blocco*"; possono poi esserci righe interamente commentate (cfr. I.2.3) o bianche (contenenti cioè eventualmente solo spazi e/o caratteri di tabulazione): in entrambi i casi vengono ignorate dall'interprete. Più linee di codice in sequenza (listato ISO) formano un *programma*, memorizzabile in un file di testo. Di seguito è riportato, a titolo di esempio, un semplice programma ISO conforme alle specifiche di seguito esposte¹:

```
G0 X100.00 Y100.00 Z+5.65 ;posizionamento rapido
G28 X100.00 Y100.00 Z0.00 ; Sistema di riferimento di pezzo
S5000 ;giri/min (impostazione velocità rotazione mandrino)
M03 ;avvio rotazione mandrino (oraria)
G01 Z-3.00 ;movimento in interpolazione
; traccio un quadrato:
G91 (passo a coordinate incrementali) G1 X+10.50 (interpolazione)
(è in presa una G1) Y+10.50
X-10.50
Y-10.50
M05 ;arresto rotazione mandrino
M02 ;termine programma
```

Leggendo un listato ISO occorre distinguere fra sezioni che costituiscono le istruzioni in senso stretto e quelle di commenti (cfr. I.2.3). Nelle prime sono ammesse solo le lettere maiuscole²; quelle minuscole sono permesse solo nei commenti. Nel caricamento di un file ISO, le lettere minuscole che fossero presenti al di fuori di aree commentate vengono convertite da ISOCNC nelle corrispondenti maiuscole; in fase di editazione guidata è possibile l'inserimento delle sole maiuscole. Nel listato propriamente inteso compariranno quindi solo lettere maiuscole che come tali verranno memorizzate in caso di salvataggio del file. La formattazione dei caratteri nelle aree di commento viene ignorata.

Una *parola*, composta da una lettera seguita da un numero (ad esempio: **G02**, **T503008**, **S5000**, **M30**, **X-150.11**), può alternativamente dare un comando o fornire un argomento ad un comando. Ad esempio la successione delle due parole **G0 Z-5.65**, parte di una linea valida, precisa un comando (**G0**: movimento in rapido, cfr. I.3.4.1) e un argomento a tale comando (**Z-5.65**: il valore di Z al termine del movimento deve essere -5.65). Un'*istruzione* è definita da un comando e dagli eventuali argomenti associati.

¹ Utilizzando i commenti (cfr. I.2.3), vengono sommariamente indicate le azioni richieste al compilatore. Le istruzioni presenti in questo breve listato d'esempio vengono illustrate in dettaglio nel seguito della specifica.

² Per i caratteri alfabetici ammessi si veda la sezione I.2.2.

La maggioranza delle istruzioni interpretate da ISOCNC inizia con **G** o con **M**. Le corrispondenti parole sono chiamate "codici G" (G per "generale") e "codici M" (M per "miscellaneo").

Spazi e caratteri di tabulazione sono ammessi ovunque all'interno di una linea di codice e, all'interno di un'istruzione, non ne cambiano in alcun modo il significato: scrivere, ad esempio, **G 0 Z - 5 . 65** è del tutto equivalente a scrivere **G0Z-5.65**.

Un programma costituito da blocchi con le relative parole, raggruppate in istruzioni, deve obbedire a regole di struttura, sintassi e formattazione. Qualsiasi elemento che, non esplicitamente ammesso, figurasse nelle istruzioni del listato viene segnalato dall'interprete ISO come errore.

I.2. Formato di una linea ISO

I.2.0. Numeri di riga

Sono ammessi (pur non essendo in alcun modo obbligatori) e vengono precisati mediante una sequenza composta dalla lettera **N** seguita da numero intero non negativo né separatori per le migliaia (**N20000** è valido; **N-20000** e **N20,000** sono invalidi)³.

La sequenza che precisa il numero di riga può trovarsi in qualsivoglia posizione all'interno del blocco (purché non venga a spezzare la serie degli argomenti delle **G** che ne richiedono; si veda più avanti), sebbene comunemente venga posizionata all'inizio dello stesso. Blocchi successivi dovrebbero avere necessariamente numeri di riga diversi e crescenti. Tuttavia a tal proposito, allo stato, non viene effettuato alcun controllo.

Si noti che la sequenza che precisa il numero di riga non è propriamente una parola (cfr. I.2.3), sebbene con quest'ultima condivide il formato.

I.2.1. Valori numerici

Un numero riconosciuto da ISOCNC è una sequenza di caratteri iniziata eventualmente da un segno ("+" o "-") e seguita da un numero variabile di cifre con un eventuale separatore decimale. Per il formato dei valori numerici decimali si prevede che la parte intera e quella decimale siano separate dal punto ("."): la virgola (",") non è ammessa come separatore decimale. Per i valori decimali compresi (in modulo) fra 0 e 1, il separatore può essere o non essere preceduto dallo zero (è valida tanto la forma **0.35** che **.35**). Non è previsto alcun limite al numero di cifre significative⁴.

Per i valori numerici tanto interi quanto decimali, eventuali zeri iniziali o finali sono semplicemente ignorati: scrivere **G001 Z-05.6500** o **G1 Z-5.65** è assolutamente equivalente.

I.2.2. Parole

Una parola, validamente interpretata da ISOCNC, si compone di una delle lettere elencate nella seguente tabella⁵ seguita da un numero⁶. La lettera è anche detta *codice* della parola.

³ Qualora venga precisato un numero di riga in un formato non valido viene segnalato errore [IS0056; cfr. I.6].

⁴ Un numero che non aderisce alle specifiche sopra indicate genera una segnalazione di errore [IS0006; cfr. I.6].

⁵ Qualora ISOCNC rilevi una parola che non inizia con una delle lettere elencate segnala errore [IS0003; cfr. I.6].

⁶ Se ad una lettera non segue un numero viene segnalato un errore [IS0004; cfr. I.6]; se è presente un numero non preceduto da una lettera viene segnalato errore [IS0005; cfr. I.6].

Lettera	Significato
A	Asse A (rotante, intorno a X), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a X (G24)
B	Asse B (rotante, intorno a Y), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a Y (G24)
C	Asse C (rotante, intorno a Z), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a Z (G24)
F	Feed rate
G	Funzione generale (cfr. I.3)
I	Coordinata X del centro di un arco (G02/G03), componente del vettore \mathbf{j}_F rispetto a X (G24, G28)
J	Coordinata Y del centro di un arco (G02/G03), componente del vettore \mathbf{j}_F rispetto a Y (G24, G28)
K	Coordinata Z del centro di un arco (G02/G03), componente del vettore \mathbf{j}_F rispetto a Z (G24, G28)
M	Funzione miscelanea (cfr. I.4)
P	Componente del vettore \mathbf{k}_F rispetto a X (G24, G28), Tempo di attesa in secondi (G04)
Q	Componente del vettore \mathbf{k}_F rispetto a Y (G24, G28)
R	Raggio di un arco di cerchio (G02/G03), componente del vettore \mathbf{k}_F rispetto a Z (G24, G28)
S	Velocità mandrino (spindle speed)
T	Selezione utensile (tool)
X	Asse X (lineare), coordinata X dell'origine del piano (G24), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a X (G28)
Y	Asse Y (lineare), coordinata Y dell'origine del piano (G24), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a Y (G28)
Z	Asse Z (lineare), coordinata Z dell'origine del piano (G24), componente del vettore \mathbf{i}_F rispetto a Z (G28)

Tav. 1. Caratteri alfabetici interpretati da ISO/CNC come valido inizio di una parola

La lettera **G** (cfr. I.3) può essere seguita solo da un numero *intero* avente un *massimo di tre cifre*⁷; la lettera **M** (cfr. I.4) può essere seguita solo da un numero *intero* avente un *massimo di tre cifre*⁸. La lettera **T** (cfr. I.4.3) può essere seguita solo da un numero *intero* avente esattamente *sei cifre*⁹. A tutte le altre lettere possono seguire numeri tanto interi che decimali senza particolari limiti di lunghezza.

I.2.3. Commenti

I commenti sono ammessi in due forme:

- a) tra parentesi tonde: tutto ciò che è compreso fra la parentesi tonda di apertura, inclusa, e la parentesi tonda di chiusura, inclusa, viene

⁷ In caso contrario viene segnalato errore [ISO007; cfr. I.6].

⁸ In caso contrario viene segnalato errore [ISO008; cfr. I.6].

⁹ In caso contrario viene segnalato errore [ISO009; cfr. I.6].

ignorato nella compilazione. Un esempio di linea valida contenente un commento in questa forma è riportato di seguito:

G1 X82.5393 (commento) Y87.9137 (altro commento) Z0

Alla parentesi tonda di apertura (“(”) deve corrispondere la parentesi tonda di chiusura (“)”) *entro il termine della stessa linea e viceversa*¹⁰.

b) dopo il punto e virgola (“;”): tutto ciò che segue nella riga è considerato commentato:

X82.4165 Y88.0227 Z0 ;C48.4241 B87.742

I.3. G modali e non modali

Le funzioni G si distinguono fra *modali* e *non modali*.

G modali

Le funzioni G di tipo *modale* definiscono un’ipostazione operativa persistente: rimangono “attive” fintanto che non vengano sostituite con la “messa in presa” di altre determinate G. Tipicamente cioè esistono gruppi di G alternative e mutuamente esclusive (*gruppi o famiglie modali*). Ad esempio le **G70** e **G71** (cfr. I.3.1) definiscono come interpretare i valori delle quote, *in alternativa* fra unità di misura rispettivamente anglosassoni o SI e costituiscono quindi un gruppo modale.

Per quasi tutte le famiglie di G modali esiste una *G di default* che è implicitamente attiva dall’inizio stesso del programma (fa eccezione il gruppo di movimento, cfr. I.3.4): nel caso delle **G70** e **G71**, ad esempio, è attiva di default la **G71** (unità SI).

Ribadendo il concetto con altre parole, si può dire che le G modali sono organizzabili logicamente in *gruppi modali*: per ciascuno di questi gruppi, ad un dato istante, un solo membro può essere “in presa” (in altri termini, per due membri di un gruppo modale è logicamente impossibile essere attivi contemporaneamente). I gruppi sono mostrati nella seguente tabella (ove presente, è indicato in grassetto il codice G di default).

Gruppo	Codice G	Significato
Movimento ¹¹	G00	Posizionamento rapido
	G01	Interpolazione lineare
	G02	Interpolazione circolare (elicoidale) oraria
	G03	Interpolazione circolare (elicoidale) antioraria
Selezione piano interpolazione circolare	G17	Piano XY (default)
	G18	Piano ZX
	G19	Piano YZ
Assunzione sistema di riferimento di faccia	G24	Orientazione generica degli assi con origine definita dall’istruzione
	G27	Coincidente con quello di pezzo (default)
	G28	Orientazione generica degli assi con origine nella posizione corrente

¹⁰ In caso contrario viene segnalato un errore [ISO001, ISO002; cfr. I.6].

¹¹ Non ha default.

	G29	Rototraslazione del sistema di riferimento
Riduzione profilo	G38	Non attiva (default)
	G39	Attiva
Correzione raggio fresa	G40	Nessuna correzione (default)
	G41	A sinistra del profilo
	G42	A destra del profilo
Tipo interpolazione	G48	3 assi (default)
	G49	5 assi
Unità di misura	G70	Anglosassoni: in, in/min
	G71	SI: mm, mm/min (default)
Dimensioni	G90	Assolute (default)
	G91	Incrementali
Assunzione sistema di riferimento di pezzo	G92	Di default è attiva la G92 X0 Y0 Z0 (il s.d.r. di pezzo coincide con quello di macchina, cfr. I.3.2)
Feed rate	G93	Inverso del tempo di esecuzione
	G94	Unità di misura/min (default)

Tav. 2. Gruppi di G modali interpretate da ISOCNC

Un discorso particolare merita la **G92**: il gruppo cui appartiene, per quanto illustrato nella tabella 2 sembra apparentemente composto da un solo elemento. In realtà tale gruppo, tenuto conto della possibilità di specificare argomenti per la **G92** (come illustrato nel § I.3.2) è costituito da infiniti elementi.

G non modali

Altre funzioni G indicate come *non modali* sono attive soltanto nel blocco all'interno del quale sono programmate.

Nella tabella successiva sono indicate le G non modali interpretate da ISOCNC¹².

Codice G	Significato
G04	Attesa
G09	Arresto a fine blocco

Tav. 3. G non modali interpretate da ISOCNC

Ordine degli argomenti

Si precisa da subito che, per le istruzioni G che richiedono o ammettono due o più argomenti (**G00** [cfr. I.3.4.1], **G01** [cfr. I.3.4.2], **G02**, **G03** [cfr. I.3.4.3], **G28**, **G29** e **G92** [cfr. I.3.2]), detti argomenti possono essere specificati in un ordine qualsivoglia. Ad esempio, scrivere

G00 X3.57 Y-8.99 C45.7 B-18.9

o

¹² Le **G04** e **G09** sono discusse dopo le G modali (cfr. Rispettivamente I.3.9 e I.3.8).

G00 B-18.9 C45.7 X3.57 Y-8.99

è assolutamente equivalente, anche se è consigliabile, una volta stabilito un ordine, seguirlo costantemente (anche per agevolare l'individuazione delle quote omesse).

Di seguito sono discussi i singoli gruppi di G, presentati secondo un ordine logico.

I.3.1 Unità di misura per i lineari (G70, G71)

E' possibile precisare il tipo di unità di misura per le dimensioni associate agli assi lineari (parole X, Y, Z, I, J, K, P, Q ed R) o alle velocità lineari (parola F, cfr. I.3.7) mediante le istruzioni **G70** (anglosassoni: misure in *pollici, pollici al minuto*) e **G71**(SI: misure in *millimetri, millimetri al minuto*)¹³. Come indicato nella tabella 2, di default sono utilizzate le unità SI (**G71** in presa); l'uso delle unità anglosassoni deve essere richiesto esplicitamente utilizzando la **G70**.

Le **G70** e **G71** si possono trovare su qualunque linea, ma, se su quest'ultima è presente una qualunque G che può avere come argomenti delle dimensioni lineari, deve necessariamente precederla¹⁴. Cioè, è lecito ad esempio scrivere

G71 G00 X2.27 Y30.99 (corretto) ma non

G00 X2.27 Y30.99 G71 (errato)

Nel primo caso le coordinate X e Y verranno interpretate in pollici.

Se viene ripetuta una fra le **G70** e **G71** mentre la stessa è già in presa, viene segnalato un warning.

I.3.2 Sistemi di riferimento: sistema di riferimento di macchina, sistema di riferimento di pezzo (G92) e sistema di riferimento relativo (G24, G27, G28, G29)

Sistema di riferimento di macchina e sistema di pezzo

All'avvio, il controllo assume che le coordinate precisate dall'utente siano relative al *sistema di riferimento di macchina* (origine Ω_M , coincidente con il punto di setpoint, e assi cartesiani ortogonali X_M , Y_M e Z_M a formare una terna cartesiana ortogonale destra).

Poiché però può essere comodo utilizzare un sistema di riferimento specifico per il pezzo sul quale è prevista di volta in volta la lavorazione (programma), la **G92** permette di precisare le coordinate cartesiane ortogonali dell'origine Ω_P (X_{Ω_P} , Y_{Ω_P} e Z_{Ω_P}), precisate nel sistema di riferimento di macchina, di un *sistema di riferimento di pezzo* (o di programma), semplicemente *traslato* rispetto al primo. A valle della riga¹⁵

G92 $X_{X_{\Omega_P}}$ $Y_{Y_{\Omega_P}}$ $Z_{Z_{\Omega_P}}$

l'esecuzione, ad esempio, di una **G00 X0 Y0 Z0** porterà la punta dell'utensile nella posizione (X_{Ω_P} , Y_{Ω_P} , Z_{Ω_P}) relativamente al sistema di riferimento di macchina; successivamente, e simmetricamente, una **G00 X- X_{Ω_P} Y- Y_{Ω_P} Z- Z_{Ω_P}** riporterà la punta dell'utensile in coincidenza con lo zero di macchina (Ω_M).

¹³ Per gli angoli le dimensioni rimangono espresse in gradi.

¹⁴ Se ciò non avviene viene segnalato errore [ISO010; cfr. I.6].

¹⁵ Con il carattere *corsivo*, qui e per tutto il prosieguo, si indica *simbolicamente* un valore numerico (per una coordinata o altro).

Su una linea, l'istruzione **G92** deve essere l'unica presente¹⁶: in altri termini, su una riga nella quale viene programmata una **G92** non sono ammesse altre parole oltre a quelle che ne precisano gli argomenti. Di queste ultime ne è richiesta almeno una (eventualmente anche nulla)¹⁷; quelle omesse sono considerate nulle¹⁸.

Come già accennato, gli assi del sistema di riferimento di pezzo (X_P , Y_P e Z_P) rimangono comunque ordinatamente paralleli ai corrispondenti del sistema di riferimento di macchina (X_M , Y_M e Z_M). Si noti poi che gli argomenti della **G92** sono *sempre coordinate assolute* (non incrementali), indipendentemente dal fatto che siano in presa la **G90** o la **G91** (cfr. I.3.3)¹⁹.

Per tornare ad utilizzare coordinate riferite al sistema di riferimento di macchina basterà scrivere²⁰

G92 X0 Y0 Z0

Di default il sistema di riferimento di pezzo coincide con quello di macchina (in altri termini, all'avvio è in presa una **G92 X0 Y0 Z0**, come precisato nella tabella 2).

Si noti che per passare da un sistema di riferimento di pezzo ad un altro non è necessario "smontare" il sistema in presa (diversamente da quanto avviene per i s.d.r. di faccia, come illustrato poco oltre). E' cioè possibile che due **G92** si seguano senza passare per una **G92 X0 Y0 Z0**:

;metto in presa un sistema di riferimento di pezzo

;con origine nel punto (15.33, -8.9, 25.00)

:[coordinate relative al s.d.r. di macchina]:

G92 X15.33 Y-8.9 Z25.00

[eseguo istruzioni di movimento con quote relative al sistema in presa]

;metto in presa un sistema di riferimento di pezzo

;con origine nel punto (-29.82, 0.77, -11.3)

:[coordinate relative al s.d.r. di macchina]:

G92 X-29.82 Y0.77 Z-11.3

[eseguo istruzioni di movimento con quote relative al nuovo sistema in presa]

Sistemi di riferimento di faccia

Una volta impostato un sistema di riferimento di pezzo, può essere comodo (per semplificare la scrittura e l'intelligibilità delle istruzioni) adottare volta per volta dei sistemi di riferimento specifici per le *facce* da lavorare sul pezzo. Per fare questo esistono tre modalità, corrispondenti alle **G24**, **G28** e **G29**.

¹⁶ In caso contrario si segnala errore [ISO018; cfr. I.6].

¹⁷ In caso di mancanza si segnala errore [ISO025; cfr. I.6].

¹⁸ Per questa istruzione, ma ancor più per quelle che richiedono un certo numero di argomenti, sebbene sia possibile darli in un ordine qualsivoglia, è raccomandabile fornirli in una successione univoca.

¹⁹ La presenza di una **G91** (o **G90**), che offrirebbe la possibilità di un'erronea interpretazione, in una riga che precisa un cambio di sistema di riferimento non comunque è ammessa, in ossequio alla regola generale che richiede l'unicità su una linea di qualsivoglia istruzione che determina un cambio di sistema di riferimento.

²⁰ Si ribadisce che gli argomenti della **G92** sono sempre assoluti e riferiti al sistema di riferimento di macchina, non a quello correntemente in presa.

Sistema di riferimento di faccia: G24

La prima modalità (G24) permette di impostare un sistema di riferimento avente l'origine nel punto di coordinate X , Y , Z ed assi X_F , Y_F e Z_F genericamente orientati rispetto a quelli cartesiani ortogonali del sistema di riferimento di pezzo. Indicate rispettivamente con (i_{XF}, i_{YF}, i_{ZF}) , (j_{XF}, j_{YF}, j_{ZF}) e (k_{XF}, k_{YF}, k_{ZF}) le terne ordinate delle componenti dei tre versori \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F e \mathbf{k}_F , rispettivamente secondo i tre assi X_P , Y_P e Z_P del sistema di riferimento di pezzo, con la riga seguente

G24 X Y Z Ai_{XF} Bi_{YF} Ci_{ZF} Ij_{XF} Jj_{YF} Kj_{ZF} Pk_{XF} Qk_{YF} Rk_{ZF}

si imposta detto sistema di riferimento, assumendo come origine (Ω_F) la posizione definita dalle coordinate X , Y , Z .

Si noti che gli argomenti della G24 esprimono *sempre coordinate assolute* (non incrementali), indipendentemente dal fatto che siano in presa la G90 o la G91 (cfr. I.3.3) e che tali coordinate sono riferite al sistema di riferimento di pezzo.

Su una riga nella quale è stata programmata una G24 non sono ammesse altre parole oltre a quelle che ne precisano gli argomenti²¹. Di queste ultime ne è richiesta almeno una per ciascun versore (e non nulla)²²; quelle omesse sono considerate nulle. Per la definizione di un sistema di riferimento valido, si richiede poi che i tre versori \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F e \mathbf{k}_F abbiano modulo non nullo²³ e non siano complanari²⁴. Riguardo alle coordinate del punto di applicazione del piano di riferimento, se omesse viene considerato il valore nullo.

Sistema di riferimento di faccia: G28

La seconda modalità (G28) permette di impostare un sistema di riferimento avente l'origine nel punto nel quale correntemente si trova la punta utensile ed assi X_F , Y_F e Z_F genericamente orientati rispetto a quelli cartesiani ortogonali del sistema di riferimento di pezzo. Indicate rispettivamente con (i_{XF}, i_{YF}, i_{ZF}) , (j_{XF}, j_{YF}, j_{ZF}) e (k_{XF}, k_{YF}, k_{ZF}) le terne ordinate delle componenti dei tre versori \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F e \mathbf{k}_F , rispettivamente secondo i tre assi X_P , Y_P e Z_P del sistema di riferimento di pezzo, con la riga seguente

G28 Xi_{XF} Yi_{YF} Zi_{ZF} Ij_{XF} Jj_{YF} Kj_{ZF} Pk_{XF} Qk_{YF} Rk_{ZF}

si imposta detto sistema di riferimento, assumendo come origine (Ω_F) la posizione corrente.

Su una riga nella quale è stata programmata una G28 non sono ammesse altre parole oltre a quelle che ne precisano gli argomenti²⁵. Di queste ultime ne è richiesta almeno una per ciascun versore (e non nulla)²⁶; quelle omesse sono considerate nulle. Per la definizione di un sistema di riferimento valido, si

²¹ In caso contrario si segnala errore [ISO018; cfr. I.6].

²² In caso di omissione completa delle componenti di un versore viene segnalato il corrispondente errore [ISO019, ISO020 e ISO021; cfr. I.6].

²³ Non si richiede peraltro strettamente un modulo unitario. Se il modulo risultasse praticamente nullo viene segnalato errore [ISO022; cfr. I.6].

²⁴ Se ciò si verificasse non sarebbe ovviamente possibile definire un sistema di riferimento spaziale e verrebbe quindi segnalato errore [ISO023; cfr. I.6].

²⁵ In caso contrario si segnala errore [ISO018; cfr. I.6].

²⁶ In caso di omissione completa delle componenti di un versore viene segnalato il corrispondente errore [ISO019, ISO020 e ISO021; cfr. I.6].

richiede poi che i tre versori \mathbf{i}_F , \mathbf{j}_F e \mathbf{k}_F abbiano modulo non nullo²⁷ e non siano complanari²⁸.

Sistema di riferimento di faccia: G29

La terza modalità per l'assunzione di un sistema di riferimento di faccia permette di precisare tanto l'origine ($x_{\Omega F}$, $y_{\Omega F}$ e $z_{\Omega F}$) rispetto al sistema di riferimento di pezzo, che la giacitura del piano della faccia (precisando con gli angoli C e B l'orientamento della normale al piano stesso):

G29 $Xx_{\Omega F}$ $Yy_{\Omega F}$ $Zz_{\Omega F}$ Cc_F Bb_F

I valori permessi per le C sono compresi fra -180° e $+180^\circ$, per B tra -90° e $+90^\circ$ ²⁹.

Su una riga nella quale è stata programmata una **G29** non sono ammesse altre parole oltre a quelle che ne precisano gli argomenti³⁰.

Si noti infine che gli argomenti della **G29** esprimono *sempre coordinate assolute* (non incrementali), indipendentemente dal fatto che siano in presa la **G90** o la **G91** (cfr. I.3.3) e che tali coordinate sono riferite al sistema di riferimento di pezzo.

Passaggio da un sistema di riferimento ad un'altro

Occorre rilevare che tanto per la **G24**, che per la **G28**, che per la **G29**, a differenza di quanto avviene con la **G92**, non è possibile precisare un sistema di riferimento di faccia mentre ne è già in presa un'altro: è necessario previamente "smontare" esplicitamente quello corrente, ritornando al sistema di riferimento di pezzo mediante la **G27**³¹. Come per le **G28** e **G29** anche per la **G27** è richiesto che essa si trovi sola su una riga³².

Come indicato nella tabella 2, di default il sistema di riferimento di faccia coincide con quello di pezzo (**G27** in presa). Per quanto esposto, il listato seguente è valido:

;metto in presa un sistema di riferimento di faccia:

G28 X1.0 Y1.0 I-1.0 J1.0 R1.0

[eseguo istruzioni di movimento con quote relative al sistema in presa]

;smonto il sistema in presa:

G27

;ne metto in presa un'altro:

G29 X10 Y10 Z10 C-90.0 B+45.0

[eseguo istruzioni di movimento con quote relative al sistema in presa]

Parimenti è richiesto che un sistema di riferimento di faccia non banale (cioè non coincidente con quello di pezzo) venga smontato prima di cambiare il sistema di riferimento di pezzo³³. Il listato seguente è valido:

;metto in presa un sistema di riferimento di pezzo:

²⁷ Non si richiede peraltro strettamente un modulo unitario. Se il modulo risultasse praticamente nullo viene segnalato errore [**ISO022**; cfr. I.6].

²⁸ Se ciò si verificasse non sarebbe ovviamente possibile definire un sistema di riferimento spaziale e verrebbe quindi segnalato errore [**ISO023**; cfr. I.6].

²⁹ L'indicazione di valori fuori da questi range viene segnalata come errore [**ISO060**; cfr. I.6].

³⁰ In caso contrario si segnala errore [**ISO018**; cfr. I.6].

³¹ Se ciò non avviene viene segnalato errore [**ISO024**; cfr. I.6].

³² In caso contrario si segnala errore [**ISO018**; cfr. I.6].

³³ Se ciò non avviene viene segnalato errore [**ISO055**; cfr. I.6].

```

G92 X100 Y50
;metto in presa un sistema di riferimento di faccia:
G28 X1.0 Y1.0 I-1.0 J1.0 R1.0
[eseguo istruzioni di movimento con quote relative al sistema in presa]
;smonto il sistema di riferimento di faccia in presa:
G27
;metto in presa un nuovo sistema di riferimento di pezzo:
G92 X200 Y50
[...]
```

In questo caso, per quanto sopra, la **G27** è necessaria³⁴.

Normalmente la **G27** viene utilizzata per "smontare" un sistema di riferimento di faccia messo in presa con una **G24**, **G28** o una **G29**. Se nel listato ISO compare una **G27** non preceduta da alcuna **G24** (o **G28**, o **G29**) viene ignorata ai fini computazionali: la circostanza viene comunque segnalata all'utente mediante un warning.

I.3.3 Dimensioni assolute (G90) e incrementali (G91)

Mediante le istruzioni **G90** e **G91** è possibile impostare la modalità di interpretazione delle dimensioni precisate per le coordinate. Come precisato nella tabella 2, di default si utilizzano valori assoluti (**G90**), riferiti cioè al sistema di riferimento correntemente in presa. Mediante la **G91** è possibile esprimere i valori delle coordinate come incrementi algebrici rispetto alla posizione corrente. Ad esempio il listato seguente

```

G90 G0 X0.00 Y0.00 ;mi porto in (0,0)
G1 X5.00 Y0.00 ;movimento lineare a (5,0)
G1 X5.00 Y5.00 ;movimento lineare a (5,5)
G1 X0.00 Y5.00 ;movimento lineare a (0,5)
G1 X0.00 Y0.00 ;movimento lineare a (0,0)
è equivalente, nei risultati, al successivo
G90 G0 X0.00 Y0.00 ;mi porto in (0,0)
G91 G1 X5.00 Y0.00 ;movimento lineare con +5 sulla X, Y invariata
G1 X0.00 Y+5.00 ;movimento lineare con X invariata, +5 sulla Y
G1 X-5.00 Y0.00 ;movimento lineare con -5 sulla X, Y invariata
G1 X0.00 Y-5.00 ;movimento lineare con X invariata, -5 sulla Y
```

Le istruzioni **G90** e **G91** possono trovarsi su qualunque linea: nel caso nella stessa linea fosse presente una **G** che ammette come argomenti delle dimensioni, deve necessariamente precederla (come negli esempi sopra riportati)³⁵.

I.3.4 G di movimento (G00, G01, G02, G03)

Le funzioni **G** di movimento costituiscono un gruppo modale che, in ragione della peculiarità che presenta rispetto agli altri, non ha un default. Ciò significa che mentre è possibile, specificata su una linea una **G** appartenente al gruppo, ometterla alle linee successive, non è possibile iniziare un listato ISO con lo specificare delle quote, come se fosse in presa una qualche **G**³⁶.

³⁴ L'omissione avrebbe determinato la segnalazione di un errore [ISO055; cfr. I.6].

³⁵ Se non viene rispettato questo vincolo viene segnalato errore [ISO061; cfr. I.6].

³⁶ Nel caso viene segnalato errore [ISO011; cfr. I.6].

Per ciascuna delle G di movimento, l'omissione dell'indicazione esplicita di una coordinata equivale a richiederne la costanza³⁷.

I.3.4.1 Posizionamento rapido (G00)

Con la **G00** si specifica un movimento in rapido che porti la punta dell'utensile dalla posizione corrente alla posizione precisata dagli argomenti relativamente al sistema di riferimento attualmente in presa. La **G00** può essere preceduta, anche sulla stessa linea, da una **G90** o da una **G91** che indicano come interpretare (in assoluto o in incrementale, rispettivamente) i valori (cfr. I.3.3).

La **G00** prevede come argomenti le coordinate del punto di arrivo (X, Y, Z, B e C). E' necessario specificare almeno una quota³⁸: quelle omesse vengono considerate coincidenti con il rispettivo valore iniziale (con **G90** attiva) ovvero nulle (con **G91** attiva).

Come già precisato tale funzione è modale: è dunque possibile scrivere ad esempio (ipotizzando in presa la **G90**)

G00 X0 Y0 Z0 (rapido dalla posizione corrente a [0,0,0])

G00 X10 (rapido alla posizione [10,0,0])

Y10 (rapido da [10,0,0] a [10,10,0])

Z10 (rapido da [10,10,0] a [10,10,10])

rimanendo la **G00** attiva fintanto che non venga cancellata da una funzione del medesimo gruppo (**G01**, **G02** o **G03**).

I.3.4.2 Interpolazione lineare (G01)

Con la **G01** si specifica un movimento in interpolazione che porti la punta dell'utensile dalla posizione corrente alla posizione precisata dagli argomenti, relativamente al sistema di riferimento attualmente in presa e alla velocità (feed rate, cfr. I.3.7) precisata. La **G01** può essere preceduta, anche sulla stessa linea, da una **G90** o da una **G91** che precisano come interpretare (in assoluto o in incrementale, rispettivamente) i valori (cfr. I.3.3).

La **G01** prevede come argomenti le coordinate del punto di arrivo (X, Y, Z, B e C): è necessario specificare almeno una quota³⁹. In particolare, se si è in modalità 3 assi (I.3.5), è necessario precisare almeno una quota lineare (X, Y o Z)⁴⁰.

Se è richiesta una variazione della quota dei rotanti, è necessario che la modalità di interpolazione a cinque assi sia abilitata (cfr. I.3.5).

Come già precisato tale funzione è modale: è dunque possibile scrivere ad esempio

G00 X0 Y0 Z0 (rapido dalla posizione corrente a [0,0,0])

G01 X0.01 (interpolazione alla posizione [0.01,0,0])

Y0.02 (interp. Da [0.01,0,0] a [0.01,0.02,0])

Y0.04 Z-0.01 (interp. Da [0.01,0.02,0] a [0.01,0.04,-0.01])

³⁷ A rigor di termini: se è in presa una **G90** si intende che di una coordinata omessa viene confermato il valore (è cioè come se si ripetesse la coordinata con lo stesso valore), se è in presa una **G91** l'omissione equivale a specificarne incremento nullo.

³⁸ In mancanza viene segnalato un errore [ISO026; cfr. I.6].

³⁹ In mancanza viene segnalato un errore [ISO026; cfr. I.6].

⁴⁰ In mancanza viene segnalato un errore [ISO047; cfr. I.6].

rimanendo la **G01** attiva fintanto che non venga cancellata da una funzione del medesimo gruppo (**G00**, **G02** o **G03**).

I.3.4.3.a Interpolazione circolare (elicolidale) oraria e antioraria (G02, G03) e selezione del piano (G17, G18, G19)

L'esecuzione di un arco di cerchio in un piano parallelo ad un piano coordinato viene richiesta mediante la **G02** (arco percorso in senso orario) o la **G03** (in senso antiorario). L'asse, intorno al quale si considera la natura oraria o antioraria dell' percorrenza dell'arco di cerchio, è quindi ortogonale ad uno dei piani coordinati:

- a) piano XY se è attiva la **G17** (che, come precisato nella tabella 2, costituisce il default);
- b) piano YZ se è attiva la **G19**;
- c) piano ZX se è attiva la **G18**.

Se viene ripetuta una fra le **G17**, **G18** o **G19** mentre la stessa è già in presa viene segnalato un warning.

Si richiede che, per l'esecuzione di una **G02** o **G03**, gli assi del piano di interpolazione circolare siano ortogonali⁴¹. Nessun vincolo sussiste invece per il terzo asse. Un potenziale problema in tal senso si pone, evidentemente, solo se è attiva la **G17**. Ad esempio, se è attiva la **G17**, indicati con \mathbf{i}_F e \mathbf{j}_F i versori degli assi X_F e Y_F dovranno essere ortogonali, mentre nessuna particolare vincolo è richiesto al versore \mathbf{k}_F dall'esecuzione di una fra le **G02** e **G03**. Con la **G19** e la **G18** attive, il vincolo di ortogonalità sussiste per \mathbf{j}_F e \mathbf{k}_F , e per \mathbf{k}_F e \mathbf{i}_F rispettivamente.

Per definire l'arco di cerchio, che ha per punto iniziale il punto finale dell'istruzione di movimento precedente, è necessario precisarne innanzitutto il punto finale:

- a) con la **G17** attiva, mediante le coordinate X e Y;
- b) con la **G19** attiva, mediante le coordinate Y e Z;
- c) con la **G18** attiva, mediante le coordinate X e Z.

E' ovviamente necessario precisare almeno una fra le due coordinate⁴²: quella omessa viene implicitamente considerata coincidente con il rispettivo valore iniziale (con **G90** attiva) ovvero nulla (con **G91** attiva).

In caso di interpolazione cinque assi, le **G02** e **G03** vengono spezzate in una successione ordinata di **G01** (tratti microlineari in interpolazione) coerentemente con il massimo errore cordale ammesso.

Noti punto iniziale e punto finale, la precisazione completa del cerchio cui l'arco appartiene ammette poi due formulazioni alternative⁴³:

- a) dando il valore del raggio;
- b) dando le coordinate del centro.

E' necessario fornire i dati per almeno una delle due formulazioni⁴⁴. Di seguito vengono discusse separatamente le due modalità.

⁴¹ In caso contrario, all'atto del processamento della **G02/G03** viene segnalato errore [**IS0068**; cfr. I.6].

⁴² In mancanza viene segnalato errore [**IS0026**; cfr. I.6]. Inoltre, la mancata precisazione delle coordinate richieste dalla **G02** (/ **G03**) in base alla **G17/G18/G19** in presa viene segnalata come errore [**IS0027**; cfr. I.6].

⁴³ Sebbene sia inusuale, è ammesso che vengano forniti i dati per entrambe le descrizioni purché siano congruenti (in caso contrario viene segnalato errore [**IS0029**; cfr. I.6]).

⁴⁴ In mancanza dei dati viene segnalato errore [**IS0028**; cfr. I.6].

Assegnazione del cerchio precisando il raggio

Per la prima formulazione, si consideri, per fissare le idee, il seguente esempio. Ipotizzando che sia in presa una **G17**, la riga

G02 Xx₁ Yy₁ Rr_c,

assunto che, all'inizio del blocco, l'utensile si trovi nel punto P₀ di coordinate (x₀,y₀), richiede l'esecuzione di un arco di cerchio di raggio r_c, in direzione oraria intorno ad un asse ortogonale al piano XY ed orientato secondo il prodotto vettoriale $\mathbf{i}_F \wedge \mathbf{j}_F$, e terminante nel punto P₁ di coordinate (x₁,y₁) [x₁ = x₁ e y₁ = y₁, in modalità **G90**; x₁ = x₀ + x₁ e y₁ = y₀ + y₁, in modalità **G91**], tale per cui l'ampiezza angolare dell'arco descritto sia inferiore o al più uguale a 180°. Un arco maggiore di 180° può essere programmato solo precisandone il centro, come illustrato poco oltre. Per coerenza si richiede ovviamente che $((x_1-x_0)^2 + (y_1-y_0)^2)^{1/2} < 2r_c$ ⁴⁵.

Assegnazione del cerchio precisando il centro

Sempre ipotizzando che sia in presa una **G17**, per la seconda formulazione, la riga

G02 Xx₁ Yy₁ Ii_c Jj_c,

assunto che, all'inizio del blocco, la punta dell'utensile si trovi nel punto P₀ di coordinate (x₀,y₀), richiede l'esecuzione di un arco di cerchio, in direzione oraria intorno a Z, il cui centro è il punto C di coordinate (x_c,y_c) [x_c = i_c e y_c = j_c, in modalità **G90**; x_c = x₀ + i_c e y_c = y₀ + j_c, in modalità **G91**] e terminante nel punto P₁ di coordinate (x₁,y₁) [x₁ = x₁ e y₁ = y₁, in modalità **G90**; x₁ = x₀ + x₁ e y₁ = y₀ + y₁, in modalità **G91**]. Ovviamente in questo caso non avrebbe alcun senso precisare un valore per la Z del centro: la presenza di una **Kk_c** nella riga precedente sarebbe un errore.

Sempre facendo riferimento all'esempio presentato nella riga ISO precedente, si noti che⁴⁶:

- a) se x₁ differisce da x₀, per specificare il centro è sufficiente la coordinata Y del centro (quindi j_c): la presenza di **Ii_c** è superflua (essendo x_c calcolabile a partire da P₀, P₁ e y_c) e può quindi essere omessa;
- b) se y₁ differisce da y₀, per specificare il centro è sufficiente la coordinata X del centro (quindi i_c): la presenza di **Jj_c** è superflua (essendo y_c calcolabile a partire da P₀, P₁ e x_c) e può quindi essere omessa.

Se viene data anche la coordinata superflua, quest'ultima viene comunque considerata per verificarne la correttezza, controllando cioè che il punto (x_c,y_c) in tal modo specificato si trovi sull'asse del segmento congiungente P₀ e P₁⁴⁷.

Se fosse in presa la **G18** occorrerebbe svolgere analoghe considerazioni sulla

G02 Xx₁ Zz₁ Ii_c Kk_c ⁴⁸

⁴⁵ Qualora tale condizione, di ovvia interpretazione geometrica, non fosse soddisfatta viene segnalato errore [**ISO030**; cfr. I.6].

⁴⁶ Quanto affermato è discusso con dovizia di calcoli nell'appendice A.

⁴⁷ Qualora venga rilevata un'incongruenza questa viene segnalata come errore [**ISO031**; cfr. I.6].

⁴⁸ In questo caso se x₁ differisce da x₀, per specificare il centro è sufficiente la coordinata Z del centro (quindi k_c): la presenza di **Xi_c** è superflua (essendo x_c calcolabile a partire da P₀, P₁ e z_c) e può quindi essere omessa; se z₁ differisce da z₀, per specificare il centro è sufficiente la coordinata X del centro (quindi i_c): la presenza di **Kk_c** è superflua (essendo z_c calcolabile a partire da P₀, P₁ e x_c) e può quindi essere omessa. Se viene data anche la coordinata superflua, quest'ultima viene comunque considerata per verificarne la correttezza, controllando cioè che il punto (x_c,z_c) in tal modo specificato si trovi sull'asse del segmento congiungente P₀ e P₁ [**ISO031**; cfr. I.6].

mentre, con la **G19** in presa, sulla

G02 Yx₁ Zz₁ J_{i_c} Kk_c ⁴⁹.

Riepilogando, considerando tutti i tre casi, si ha che:

- se è attiva la **G17** possono essere fornite **I** e **J** (è sufficiente la sola **I_{i_c}** se y_1 differisce da y_0 ; la sola **J_{j_c}** se x_1 differisce da x_0 . Se vengono specificate entrambe viene effettuata una verifica di correttezza), mai **K**;
- se è attiva la **G18** possono essere fornite solo **I** e **K** (è sufficiente la sola **I_{i_c}** se z_1 differisce da z_0 ; la sola **Kk_c** se x_1 differisce da x_0 . Se vengono specificate entrambe viene effettuata una verifica di correttezza), mai **J**;
- se è attiva la **G19** possono essere fornite solo **J** e **K** (è sufficiente la sola **J_{j_c}** se z_1 differisce da z_0 ; la sola **Kk_c** se y_1 differisce da y_0 . Se vengono specificate entrambe viene effettuata una verifica di correttezza), mai **I**⁵⁰.

Si osservi poi che, per converso,

- se è attiva la **G17**: qualora venga fornita la **I**, ma non la **J**, si richiede necessariamente che y_1 differisca da y_0 ⁵¹; qualora venga fornita la **J**, ma non la **I**, si richiede necessariamente che x_1 differisca da x_0 ⁵²;
- se è attiva la **G18**: qualora venga fornita la **I**, ma non la **K**, si richiede necessariamente che z_1 differisca da z_0 ⁵³; qualora venga fornita la **K**, ma non la **I**, si richiede necessariamente che x_1 differisca da x_0 ⁵⁴;
- se è attiva la **G19**: qualora venga fornita la **J**, ma non la **K**, si richiede necessariamente che z_1 differisca da z_0 ⁵⁵; qualora venga fornita la **K**, ma non la **J**, si richiede necessariamente che y_1 differisca da y_0 ⁵⁶.

I.3.4.3.b Interpolazione elicoidale

Come soprainsieme delle interpolazioni circolari, è poi possibile considerare interpolazioni per *archi elicoidali*:

- intorno all'asse Z (**G17**, che costituisce il default, attiva). Con

G02 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr_c 0

G02 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Ii_c Jj_c

si precisa una coordinata z_1 per il punto conclusivo dell'arco [$z_1 = z_1$ in modalità G90; $z_1 = z_0 + z_1$ in modalità G91]. La variazione complessiva di quota ($z_1 - z_0$) viene cumulata linearmente lungo l'ascissa curvilinea dell'arco.

- intorno all'asse X (**G19** attiva). Con

G02 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Rr_c 0

⁴⁹ In questo caso se y_1 differisce da y_0 , per specificare il centro è sufficiente la coordinata Z del centro (quindi k_c): la presenza di **J_{j_c}** è superflua (essendo y_c calcolabile a partire da P_0 , P_1 e z_c) e può quindi essere omessa; se z_1 differisce da z_0 , per specificare il centro è sufficiente la coordinata Y del centro (quindi j_c): la presenza di **Kk_c** è superflua (essendo z_c calcolabile a partire da P_0 , P_1 e y_c) e può quindi essere omessa. Se viene data anche la coordinata superflua, quest'ultima viene comunque considerata per verificarne la correttezza, controllando cioè che il punto (y_c, z_c) in tal modo specificato si trovi sull'asse del segmento congiungente P_0 e P_1 [**ISO031**; cfr. I.6].

⁵⁰ La precisazione di una coordinata non prevista per il centro è ovviamente un errore e come tale viene segnalato [**ISO038**, **ISO039** e **ISO040**; cfr. I.6].

⁵¹ Se risulta $y_1 = y_0$ viene segnalato errore [**ISO048**; cfr. I.6].

⁵² Se risulta $x_1 = x_0$ viene segnalato errore [**ISO049**; cfr. I.6].

⁵³ Se risulta $z_1 = z_0$ viene segnalato errore [**ISO050**; cfr. I.6].

⁵⁴ Se risulta $x_1 = x_0$ viene segnalato errore [**ISO051**; cfr. I.6].

⁵⁵ Se risulta $z_1 = z_0$ viene segnalato errore [**ISO052**; cfr. I.6].

⁵⁶ Se risulta $y_1 = y_0$ viene segnalato errore [**ISO053**; cfr. I.6].

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Jj_c Kk_c

si precisa una coordinata x_1 per il punto conclusivo dell'arco [$x_1 = x_1$ in modalità G90; $x_1 = x_0 + x_1$ in modalità G91]. La variazione complessiva di quota ($x_1 - x_0$) viene cumulata linearmente lungo l'ascissa curvilinea dell'arco.

c) intorno all'asse Y (**G18** attiva). Con

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Rr_c 0

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Ii_c Kk_c

si precisa una coordinata y_1 per il punto conclusivo dell'arco [$y_1 = y_1$ in modalità G90; $y_1 = y_0 + y_1$ in modalità G91]. La variazione complessiva di quota ($y_1 - y_0$) viene cumulata linearmente lungo l'ascissa curvilinea dell'arco.

Implicitamente tutte le interpolazioni con **G02** e **G03** sono elicoidali: l'omissione della quota parallela all'asse di rotazione equivale infatti a confermarla invariata.

In caso di interpolazione cinque assi, le **G02** e **G03** vengono spezzate in una successione ordinata di **G01** coerentemente con il massimo errore cordale ammesso.

I.3.4.3.c Interpolazione circolare (elicoidale) con variazione delle quote dei rotanti

Un'ulteriore complicazione ai casi sopra presentati è quando viene indicata una variazione della quota di uno o di entrambi i rotanti (cosa che è possibile solo nel caso di un'interpolazione cinque assi) come, ad esempio, nella

G02 Xx_1 Yy_1 Zz_1 Ii_c Jj_c Bb_1 Cc_1

In questo caso la **G02** (**G03**) viene spezzata in una successione ordinata di **G01** coerentemente con il massimo errore cordale ammesso⁵⁷. Le variazioni complessive di quota su C ($c_1 - c_0$) e su B ($b_1 - b_0$) vengono cumulate linearmente lungo l'ascissa curvilinea dell'arco.

I.3.5 Tipo di interpolazione (G48, G49)

Di default ISOCNC gestisce interpolazioni a tre assi, non permette cioè di variare le quote dei rotanti in interpolazione (nessun vincolo invece nel posizionamento in rapido). Per attivare un'interpolazione su cinque assi è necessario richiederlo esplicitamente con l'uso della **G49**. Per tornare ad un'interpolazione a soli tre assi si usa la **G48** (che è di default in presa)⁵⁸.

E' richiesto che le **G48** e **G49** si trovino su di una riga a sé⁵⁹.

Se viene ripetuta una fra le **G48** e **G49** mentre la stassa è già in presa, viene segnalato un warning.

I.3.7 Modalità di assegnazione del feed rate (G93, G94, F)

Per i movimenti *in interpolazione* è possibile o richiesto (a seconda dei casi, vedi oltre) specificare un valore per il feed rate⁶⁰. Questo viene fatto mediante la parola **F**.

⁵⁷ Trattandosi di un'interpolazione a cinque assi, è richiesto che questa sia abilitata (cfr. I.3.5).

⁵⁸ Qualunque istruzione che preveda un movimento di interpolazione (**G01** o **G02/ G03** con variazione della quota di un rotante) che richiedesse cinque assi senza che questa possibilità sia stata attivata (**G49**) genera un errore [**ISO032**; cfr. I.6].

⁵⁹ Se questo non avviene viene segnalato errore [**ISO033**; cfr. I.6].

ISOCNC supporta due modalità per impostare il feed rate: unità al minuto (**G94**, di default in presa, come indicato nella tabella 2) e inverso del tempo (**G93**).

Se viene ripetuta una fra le **G93** e **G94** mentre questa è già in presa, viene segnalato un warning.

Nella prima modalità (unità al minuto) il valore numerico associato ad una parola **F** precisa che la punta utensile dovrebbe muoversi all'indicato numero di pollici al minuto (se è in presa la **G70**), millimetri al minuto (se è in presa la **G71**) o gradi al minuto (indipendentemente da **G70** o **G71**) a seconda di quali assi si stiano muovendo.

Nella seconda modalità (inverso del tempo) il valore numerico associato ad una parola **F** precisa che il movimento richiesto dovrebbe essere completato in un tempo pari al suo reciproco (in minuti). Per esempio, scrivendo

G93 F4 G01 Xx₁ Yy₁ Zz₁ Cc₁ Bb₁

la **G01** dovrebbe essere completata in un tempo pari a ¼ di minuto (sempre che i limiti di velocità per gli assi coinvolti non ne richiedano uno maggiore).

Quando la modalità di feed rate a inverso del tempo è attiva (**G93** in presa) è richiesto che un valore per la **F** venga specificato ad ogni riga nella quale è presente una **G01**, **G02** o **G03**⁶¹; una **F** su una linea che non contenga nessuna di queste viene semplicemente ignorata [**warning: F non richiesta, ignorata**].

A monte della prima istruzione di movimento interpolato, o al più nella stessa, è necessario che sia precisato un valore per la **F**⁶².

In entrambi i casi i valori per la **F** devono essere positivi⁶³.

Il valore **F** per una **G00** non ha alcun senso: se precisato viene ignorato.

Su ciascuna riga non è ammesso precisare più di una volta il valore di **F**⁶⁴.

I.3.8 Arresto a fine blocco (G09)

Per precisare un arresto degli assi al termine di un blocco di interpolazione si fa seguire a tale blocco una **G09**. Si noti che la **G09** deve seguire immediatamente, sulla stessa linea o su quella successiva, gli argomenti della istruzione di movimento. L'effetto della **G09** è differente in sistemi 3 assi (**G48** attiva) rispetto ad interpolazioni 5 assi (**G49** attiva): se si sta interpolando 3 assi, al momento dell'arresto il canale di interpolazione viene ripulito e si dovrà attendere il suo riempimento prima di poter riprendere il movimento; in 5 assi, l'effetto è quello di un arresto del movimento, ma senza che il canale di interpolazione venga svuotato di tutti i movimenti a valle, ovvero la ripresa del movimento è immediata al raggiungimento della quota d'arresto.

I.3.9 Applicazione istruzioni MDI (G909)

La **G909** viene utilizzata al termine di un blocco di istruzioni in modalità MDI per garantirne la corretta esecuzione.

⁶⁰ Non è prevista la possibilità di specificare un feed rate per i movimenti in rapido, non avendo per questi alcun significato.

⁶¹ Se ciò non avviene viene segnalato errore [**ISO041**; cfr. I.6].

⁶² Se ciò non avviene viene segnalato errore [**ISO066**; cfr. I.6].

⁶³ Il tentativo di specificare un valore negativo per il feedrate viene segnalato come errore [**ISO042**; cfr. I.6].

⁶⁴ Se fosse presente più di un valore di **F** verrebbe segnalato errore [**ISO065**; cfr. I.6].

Qualora il blocco di istruzioni MDI contenesse solo funzioni M oppure istruzioni G di movimento (G00, G01, G02, G03) può essere omessa; comunque, la sua presenza in questi casi non comporta un errore.

I.3.10 Attesa (G04)

Per precisare che il programma rimanga in attesa per un determinato tempo si utilizza la **G04** seguita dalla lettera **P** e dal valore desiderato espresso in secondi⁶⁵. Si richiede ovviamente che tale valore sia positivo⁶⁶. Sulla linea nella quale compare la **G04** non sono ammesse altre parole⁶⁷.

I.3.11 Aggiornamento parametrica tecnologica da ciclica (G990)

Per forzare un aggiornamento della parametrica tecnologica dalla ciclica, interrompendo la compilazione del listato e l'esecuzione del programma ISO fino all'avvenuto aggiornamento della parametrica, si utilizza la **G990**.

I.3.12 Imposta stato macchina di attesa – "Pending" a fine programma (G200)

[Funzionalità gestita solo da client remoto] Per istruire la ciclica a far partire immediatamente il programma ISO successivo, oppure rimanere in attesa dell'inserimento di un nuovo programma in lista, aggiungere l'istruzione **G200** prima dell'istruzione **M2** del programma attualmente in esecuzione. In questo modo la ciclica non viene interrotta e, se presente in lista un programma successivo al presente, verrà lanciato automaticamente. Altrimenti, la plancia rimarrà in attesa di un nuovo start (soft) da parte del client remoto.

I.4. Funzioni M

La tabella successiva elenca le funzioni M interpretate direttamente da ISO/CNC. Il significato di tali M non può essere ridefinito dall'utente.

Codice M	Significato
M02	Termine programma
M03	Avvio rotazione mandrino (oraria)
M04	Avvio rotazione mandrino (antioraria)
M05	Arresto rotazione mandrino
M06	Cambio utensile

Tav. 4. Funzioni M interpretate da ISO/CNC

⁶⁵ L'indicazione del valore del tempo di attesa, mediante la parola "P" è obbligatoria: in mancanza viene segnalato un errore [ISO064; cfr. I.6].

⁶⁶ La precisazione di un valore negativo viene segnalata come errore [ISO036; cfr. I.6].

⁶⁷ Se ciò non avviene viene segnalato errore [ISO037; cfr. I.6].

Di seguito le funzioni sopra elencate vengono dettagliatamente discusse.

I.4.1 Fine programma (M02)

La fine del programma viene indicata con la **M02** su una linea a sé⁶⁸: la presenza di una **M02** è necessaria per qualunque programma⁶⁹. Tutto ciò che eventualmente seguisse una **M02** viene ignorato.

I.4.2 Avviamento e arresto del mandrino (M03, M04, M05), gestione della velocità (S)

Per impostare la velocità di rotazione del mandrino (numero di giri al minuto) si utilizza la lettera **S** seguita dal valore desiderato: è richiesto un valore positivo⁷⁰.

La parola **S** può essere specificata su qualsiasi linea, eccezion fatta per quelle nelle quali figurino istruzioni che esplicitamente richiedano di figurare da sole. La posizione può essere qualsiasi, con la seguente eccezione: nel caso sia presente sulla linea una **G** con argomenti è richiesto che la parola **S** si trovi a monte della dichiarazione della **G** ovvero a valle degli argomenti della stessa. Ad esempio sono valide le seguenti linee ISO:

```
G1 X+1.01 Y-2.0 Z+5.65 S500 ;S dichiarata dopo gli argomenti della G
S500 (S prima della G) G1 X+1.01 Y-2.0 Z+5.65
G17 S500 (S prima della G) G02 X100.0 Y100.0 R300
```

Sono invece scorrette le seguenti:

```
G1 S500 (prima degli argomenti della G) X+1.01 Y-2.0 Z+5.65
G1 X+1.01 Y-2.0 S500 (in mezzo agli argomenti della G) Z+5.65
G17 G02 X100.0 Y100.0 S500 (idem come sopra) R300
```

Nel primo caso verrebbe segnalata la mancanza di argomenti per la **G1**, nel secondo la presenza di una quota (la **Z+5.65** non riconducibile ad una **G** che la richieda; in sostanza si interpreterebbe la **Y-2.0** come ultimo argomento correttamente precisato della **G1**) e similmente nel terzo.

Qualora su di una linea fossero presenti tanto una **S** che una **G** di movimento, l'impostazione del valore di rotazione del mandrino avviene comunque prima dell'esecuzione della **G** di movimento, indipendentemente dal fatto che la **S** si trovi prima o dopo la **G**.

Su una linea è ammessa la presenza di una sola **S**⁷¹.

L'istruzione di impostazione della velocità di rotazione del mandrino si limita ad aggiornare il valore di una variabile GPL (`SValue As Double`), la cui presenza è richiesta nel custom.

Per comandare l'avvio della rotazione si utilizza la **M03** (rotazione oraria) o la **M04** (rotazione antioraria); per comandare l'arresto della rotazione del mandrino si usa la **M05**.

I.4.3 Cambio utensile (M06)

Il cambio utensile viene indicato mediante una **M06** seguita immediatamente dalla parola **T** che precisa, mediante il proprio valore, il numero della testa, del

⁶⁸ Se questo non avviene viene segnalato errore [**ISO043**; cfr. I.6].

⁶⁹ Se un listato termina senza la **M02** viene segnalato errore [**ISO045**; cfr. I.6].

⁷⁰ Tale valore non può essere negativo e neppure nullo. Qualora ciò avvenisse, si segnala errore [**ISO015**; cfr. I.6].

⁷¹ Se su una linea è presente più di una **S** viene segnalato errore [**ISO046**; cfr. I.6].

portautensile e dell'utensile⁷²: la T deve essere seguita da un codice numerico di sei cifre⁷³: la prima precisa l'identificativo della testa (9 scelte: da 1 a 9), le due successive l'identificativo del portautensile (99 scelte: da 1 a 99), le tre rimanenti l'identificativo dell'utensile (999 scelte: da 1 a 999). Per quanto precisato sopra (cfr. I.1) è possibile, per chiarezza di lettura, lasciare spazi a piacere fra i gruppi di cifre scrivendo, ad esempio, T 1 30 207 (che risulta ben più leggibile di T130207, di eguale effetto peraltro). I valori nulli sono riservati per indicare una situazione di mancato attrezzaggio: in ragione di ciò, non sono ammessi identificativi di portautensile non nulli a valle di una testa non selezionata⁷⁴, o identificativi di utensile non nulli a valle di un portautensile non selezionato⁷⁵.

La coppia M06 T[*indici*] costituisce un'istruzione.

L'istruzione di cambio utensile provvede semplicemente ad aggiornare una variabile GPL di tipo array (TValues[3] As Integer) i cui elementi corrispondono ordinatamente agli indici di testa, portautensile ed utensile. La gestione è lasciata al GPL. E' peraltro necessario specificare indici corrispondenti ad una testa, ad un portautensile e ad un utensile effettivamente configurati in parametrica⁷⁶.

A monte della prima istruzione di movimento presente nel listato ISO è richiesta la presenza di una M06 che precisi l'attrezzaggio iniziale⁷⁷.

I.4.4 M definite dall'utente

L'utente può utilizzare tutte le restanti funzioni M – codici compresi tra 1-999 – per funzionalità private. E' possibile assegnare dei parametri alle singole funzioni M. Qualora una funzione M abbia associati uno o più parametri (limite parametri = 20, indicati da P1=valore a P20=valore), la funzione M dovrà essere l'unica istruzione scritta nella riga di listato ISO. I valori dei parametri saranno scritti in una variabile della libreria ISOCNC denominata MxMFunParams[999]as double:P1 _ double:P2 _ ... _ double:P20. Se la variabile non è presente in libreria, i parametri verranno ignorati.

I.5. Istruzione di salto a etichetta condizionato – IF condizione GOTO etichetta

E' stata introdotta la possibilità di effettuare dei salti condizionati ad etichetta, in modo da poter eseguire parte del codice solo in determinate condizioni. La sintassi dell'istruzione è la seguente: IF condizione da verificare GOTO etichetta.

Per 'condizione da verificare' si intende l'insieme di: *variabile di confronto* (**VGPL** se si vuole verificare una condizione basandosi sulla variabile GPL

⁷² In mancanza della T, che deve seguire necessariamente la M06 viene segnalato errore [ISO014; cfr. I.6]. Sempre errore [ISO054; cfr. I.6] viene segnalato qualora compaia una T non preceduta da una M06.

⁷³ Come già precisato (cfr. I.1.2.2), se tale vincolo non è rispettato viene segnalato errore.

⁷⁴ Esempio: T 0 30 207. Un caso simile viene segnalato come errore [ISO012; cfr. I.6].

⁷⁵ Esempio: T 1 00 207. Un caso simile viene segnalato come errore [ISO013; cfr. I.6].

⁷⁶ In corrispondenza all'indicazione di elementi di attrezzaggio non configurati viene segnalato errore [ISO067; cfr. I.6].

⁷⁷ La mancata precisazione di un attrezzaggio iniziale, nel momento in cui si incontra una G di movimento, viene segnalato come errore [ISO044; cfr. I.6].

definita nella libreria ISOCNC `Var_IF[1] as double --` oppure si può specificare il registro **V1-V30** che si vuole utilizzare come variabile di confronto); *operatore di confronto* (si può effettuare un confronto con i seguenti operatori: =, <, >, <=, >=, <>); *valore numerico di confronto*. Per 'etichetta' si intende la parola che identifica il numero di riga Nxxxxx.

Qualora la condizione sia soddisfatta, il compilatore del listato ISO non eseguirà le istruzioni contenute tra la riga di definizione del salto a etichetta e la riga specificata nell'etichetta dell'istruzione `IF -> GOTO`.

Alcune precisazioni: non è possibile effettuare salti ad etichetta all'indietro – il numero di riga specificato nell'etichetta deve essere successivo al numero di riga dell'istruzione `IF -> GOTO`. Questo implica che non è possibile definire più righe con lo stesso numero di riga – il numero di riga deve essere univoco. L'istruzione `IF -> GOTO` deve essere l'unica istruzione definita su quella riga. L'istruzione `IF -> GOTO` implica una breve interruzione dell'esecuzione del listato ISO: il compilatore ferma la compilazione del listato ISO fino al raggiungimento di quell'istruzione. Una volta giunto alla riga, valuta la condizione contenuta nell'istruzione `IF -> GOTO` e riprende la compilazione, effettuando il salto ad etichetta qualora sia soddisfatta la condizione in essa contenuta.

Questo è un esempio di istruzione `IF -> GOTO`:

```
N1 IF VGPL = 34.567 GOTO N30
```

I.6. Registri

ISOCNC mette a disposizione dell'utente 30 registri di tipo decimale, numerati da 1 a 30. Per settare il valore di un registro è a disposizione dell'utente l'istruzione V: scrivendo V seguita dal numero del registro⁷⁸, dal segno "=" e da un valore (in generale decimale)⁷⁹ è possibile assegnare al registro in oggetto il valore richiesto⁸⁰. Ad esempio `V25 = 78.99` provvede ad assegnare al 25° registro il valore 78.99.

I.7. Errori ISO

Di seguito è riportato l'elenco degli errori segnalabili in un file ISO.

Codice	Significato
ISO001	Mancanza chiusura commento. E' presente una parentesi di apertura commento ("(") non seguita dalla corrispondente parentesi di chiusura (")").
ISO002	Mancanza apertura commento. E' presente una parentesi di chiusura commento (")") non preceduta dalla corrispondente parentesi di apertura ("(").
ISO003	Parola non riconosciuta.

⁷⁸ Si richiede che venga specificato un numero di registro valido: innanzitutto che sia un numero intero non negativo (qualora il formato sia errato viene segnalato errore [ISO057; cfr. I.6]), secondariamente che il numero sia compreso fra 1 e 30 (in caso contrario si segnala errore [ISO059; cfr. I.6]).

⁷⁹ Alla valida indicazione di un registro deve sempre seguire l'assegnazione: in mancanza viene segnalato errore [ISO063; cfr. I.6].

⁸⁰ La presenza nel listato di un segno "=" non preceduto dalla V viene segnalato come errore [ISO058; cfr. I.6].

	Nella riga figura una parola che inizia con una lettera non contemplata dalla specifica.
ISO004	Parola senza numero. Nella riga figura una lettera (sembrerebbe l'inizio di una parola) non seguita da un numero.
ISO005	Parola senza codice. Nella riga figura un numero preceduto da una lettera.
ISO006	Formato numerico errato. Nella riga figura un numero (cioè una sequenza di caratteri compresa fra le lettere iniziali di due parole successive) che presenta un formato non corretto.
ISO007	Numero non valido associato ad una G. La lettera G può essere seguita solo da un numero intero avente un massimo di tre cifre.
ISO008	Numero non valido associato ad una M. La lettera M può essere seguita solo da un numero intero avente un massimo di tre cifre.
ISO009	Sequenza numerica non valida associata ad una T. Ad una T segue un numero o non intero o, sebbene intero, con un numero di cifre non eguale alle 6 richieste.
ISO010	Posizionamento erraneo di G70/G71. In una linea nella quale figurino G che ammettono come argomenti quote lineari, le G70/G71 devono necessariamente precederle.
ISO011	Quota o componente non riferibile ad alcun comando. In una linea figura una quota (o una componente) senza che sia in presa alcuna G che la possa richiedere come argomento.
ISO012	Testa non selezionata. Non sono ammessi identificativi di portautensile non nulli a valle di una testa non selezionata.
ISO013	Portautensile non selezionato. Non sono ammessi identificativi di utensile non nulli a valle di una portautensile non selezionato.
ISO014	Mancata precisazione dell'attrezzaggio. Ad una M06 non segue la T (che ne costituisce l'argomento).
ISO015	Valore di velocità di rotazione del mandrino negativo o nullo. Viene indicato un valore negativo o nullo per un argomento che richiede un valore positivo.
ISO016	Argomento ripetuto. Fra gli argomenti dell'istruzione viene specificata più di una volta la stessa quota (o velocità).
ISO017	Mancanza di argomenti. Ad una G o ad una M non segue nessuno degli argomenti richiesti.
ISO018	Precisazione sistema di riferimento non sola. Su una linea nella quale compaia un'istruzione che precisa l'utilizzo di un sistema di riferimento (G27, G28, G29, G92), tale istruzione deve essere l'unica presente.
ISO019	Mancanza componenti versore i_F. Ad una G28 deve seguire l'indicazione di almeno una componente non nulla del versore i_F .
ISO020	Mancanza componenti versore j_F. Ad una G28 deve seguire l'indicazione di almeno una componente non nulla del versore j_F .
ISO021	Mancanza componenti versore k_F. Ad una G28 deve seguire l'indicazione di almeno una componente non nulla del versore k_F .
ISO022	Versore a modulo nullo. Si è cercato di assegnare un versore mediante un vettore praticamente nullo.
ISO023	Terna di versori complanari. Si è cercato di specificare un sistema di riferimento spaziale con una terna di versori che risultano praticamente complanari.
ISO024	Sistema di riferimento di faccia già in presa. Si è cercato di precisare un sistema di riferimento di faccia senza smontare quello precedentemente in presa.
ISO025	Mancanza coordinate origine. Si cerca di precisare un sistema di riferimento di pezzo senza fornire alcuna coordinata per

	l'origine (ne è richiesta almeno una).
ISO026	Nessuna quota specificata. Per una G di movimento è necessario precisare almeno una quota.
ISO027	Incongruenza sulle coordinate specificate per il punto terminale dell'arco (G02/G03). Vengono specificate delle coordinate per la fine di un arco non appartenenti al piano di interpolazione impostato.
ISO028	Mancanza coordinate del cerchio (G02/G03). Non viene precisato né il raggio né il centro del cerchio cui appartiene la traiettoria di interpolazione di una G02/G03.
ISO029	Descrizione ridondante incongruente (G02/G03). Per la precisazione di un cerchio vengono fornite tanto le coordinate del centro che il raggio dello stesso, ma le due descrizioni risultano incongruenti.
ISO030	Raggio del cerchio insufficiente (G02/G03). Viene precisato un raggio tale da definire un cerchio troppo piccolo perché i punti iniziale e finale possano appartenervi.
ISO031	Incongruenza sulle due coordinate specificate per il centro del cerchio (G02/G03). Per il centro del cerchio vengono date due coordinate, ma la distanza fra il punto iniziale e il centro in tal modo precisato differisce dalla distanza fra lo stesso e il punto finale (in altri termini il punto finale e quello iniziale non possono stare entrambi su un arco appartenente al cerchio avente come centro il punto precisato).
ISO032	Interpolazione 5 assi non abilitata. Si è programmato un movimento che richiederebbe 5 assi, ma l'uso di questi ultimi non è abilitato.
ISO033	G48/G49 non su una riga a sé. È richiesto che le G48/G49 compaiano su una riga senza altre istruzioni.
ISO034	Posizionamento errato di una G41/G42. Le G41 e G42 possono solo trovarsi su una riga a sé o essere prima di una G di movimento.
ISO035	Posizionamento errato di una G40. Una G40 deve trovarsi solo su una riga a sé o trovarsi dopo l'ultima G di movimento per la quale è prevista la correzione (argomenti inclusi).
ISO036	Tempo di attesa negativo. Viene precisato un valore negativo per un tempo di attesa (senza senso).
ISO037	Posizionamento errato di una G04. Sulla linea nella quale compare la G04 non sono ammesse altre parole.
ISO038	Coordinata non prevista per il centro. È attiva la G17: possono essere fornite solo I e J, non K.
ISO039	Coordinata non prevista per il centro. È attiva la G18 possono essere fornite solo I e K, non J.
ISO040	Coordinata non prevista per il centro. È attiva la G19 possono essere fornite solo J e K, non I.
ISO041	F richiesta non specificata (feed rate in inverso del tempo). Quando la modalità di feed rate a inverso del tempo è attiva (G93 in presa) è richiesto che un valore per la F venga specificato ad ogni riga nella quale è presente una G01, G02 o G03.
ISO042	Valore negativo o nullo per il feed rate. Per il feed rate è richiesto sempre un valore positivo.
ISO043	M02 in posizione errata. La M02 deve trovarsi su una linea a sé.
ISO044	Mancata precisazione dell'attrezzaggio iniziale. È indispensabile che la prima G di movimento sia preceduta dalla M06 che precisa gli indici della testa, del portautensile e dell'utensile in presa.
ISO045	Mancanza M02. In ogni listato deve essere presente una M02 che conclude la parte processata.
ISO046	Dichiarazione di una S ripetuta. Sulla linea in oggetto sono presenti due o più parole S: ne è ammessa una sola.

ISO047	Mancata precisazione quota lineare. In modalità di interpolazione 3 assi, è richiesto che per una G01 venga precisata almeno una quota lineare.
ISO048	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G17, venga fornita la I, ma non la J, si richiede necessariamente che y_1 differisca da y_0 .
ISO049	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G17, venga fornita la J, ma non la I, si richiede necessariamente che x_1 differisca da x_0 .
ISO050	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G18, venga fornita la I, ma non la K, si richiede necessariamente che z_1 differisca da z_0 .
ISO051	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G18, venga fornita la K, ma non la I, si richiede necessariamente che x_1 differisca da x_0 .
ISO052	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G19, venga fornita la J, ma non la K, si richiede necessariamente che z_1 differisca da z_0 .
ISO053	La posizione dei punti iniziale e finale è tale da non consentire l'individuazione del centro in funzione della coordinata fornita. Qualora, con attiva la G19, venga fornita la K, ma non la J, si richiede necessariamente che y_1 differisca da y_0 .
ISO054	T senza M06. Compare una parola T non preceduta dalla M06 di cui costituisce l'argomento.
ISO055	Impossibile passare ad un nuovo sistema di riferimento di pezzo: sistema di riferimento di faccia in presa. Si è richiesto il passaggio ad un nuovo sistema di riferimento di pezzo senza aver preventivamente smontato il sistema di riferimento di faccia in presa.
ISO056	Formato numero di riga non valido. Si è cercato di specificare un numero di riga ("parola" N) dando il numero in un formato non valido.
ISO057	Formato non valido per il numero di un registro. Si è cercato di precisare il numero di un registro (parola "V") dando il numero in un formato non valido.
ISO058	Presunto assegnamento senza indicazione del registro. E' presente un segno di uguaglianza che per essere correttamente interpretato dovrebbe essere preceduto dall'indicazione di un registro (parola "V") che invece manca.
ISO059	Numero di registro invalido. E' stato indicato un numero di registro nullo o superiore al numero di registri disponibili.
ISO060	Valori angolari invalidi per la G29. Per gli angoli che precisano la giacitura del piano XY del sistema di riferimento rototraslato, si è tentato di specificare valori fuori dai range consentiti.
ISO061	Posizionamento erraneo di G90/G91. In una linea nella quale figurino G che ammettono come argomenti quote, le G90/G91 devono necessariamente precederle.
ISO062	Più di una G di movimento. Su una linea è ammessa al più una G di movimento.
ISO063	Mancata assegnazione di valore ad un registro. Compare una valida indicazione di un registro non seguita dall'assegnazione del valore allo stesso.
ISO064	Mancata indicazione del tempo di attesa. Compare una G04 non seguita dal suo argomento.
ISO065	Valore di F precisato più di una volta.

	Su una riga non è ammesso precisare più di una volta il valore di F.
ISO066	Mancata precisazione della F. A monte della prima istruzione di movimento interpolato, o al più nella stessa, è necessario che sia precisato un valore per la F.
ISO067	Indici di attrezzaggio non gestibili. Sono stati precisati indici di attrezzaggio corrispondenti a una testa o a un portautensile o ad un utensile non configurati in parametrica.
ISO068	Interpolazione circolare richiesta in un piano non ortogonale. Gli assi del piano parallelamente al quale è richiesta l'interpolazione circolare associata all'esecuzione di un arco di cerchio (o, più in generale, di ellisse) devono essere ortogonali.

Tav. 5. Errori ISO