

Tecnologia de Comando Numérico

164399

Aula 5

- Sistema de codificação na programação CN
- Tipos de funções e regras de programação
- Algumas funções de programação

Prof. Edson Paulo da Silva

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

1. Sistemas de Codificação

- Oito dígitos binários são usados para representar todos os caracteres (numéricos e alfabéticos) requeridos pela programação CN, e há dois sistemas de codificação padrões atualmente em uso: *EAI* e *ISO*:
 - Sistema EAI: leva este nome das iniciais da *Electronic Industry Association* e é também conhecido como EIA RS-244-B;
 - Sistema ISO (International Standard Organisation): foi originalmente desenvolvido pela *American Standard Code for Information Interchange* (ASCII) e posteriormente adotado pela ISO como padrão para a programação CN;

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

Como as instruções são construídas

- A menor informação que um CNC interpreta é a palavra, que é uma seqüência de caracteres que especifica um detalhe da operação: posição X, posição Y, avanço ou rotação do eixo árvore, etc..;
- A menor quantidade de informação que o CNC executa é um bloco, que é uma coleção de palavras formando uma instrução completa para a máquina.;
- Devido à variedade de fabricantes => uma variedade de formatos para especificação das *palavras* dentro de um *bloco* foram desenvolvidas;

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

– Pelo menos 5 formatos foram desenvolvidos:

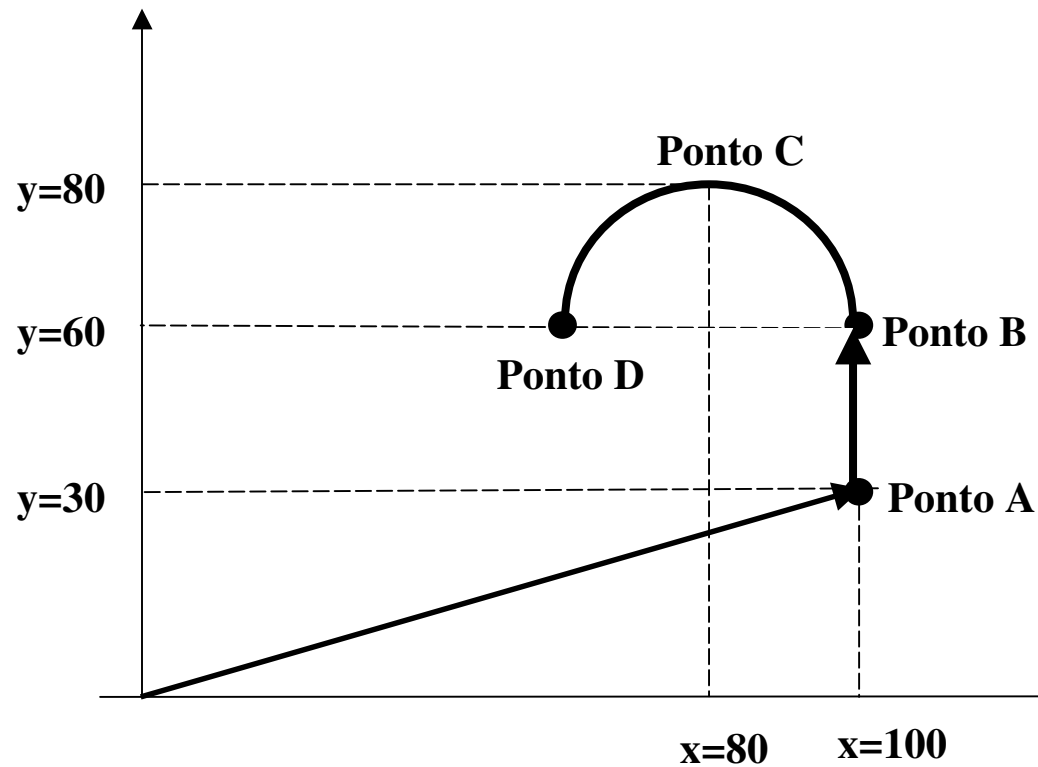
- *Fixed sequential format* (Formato seqüencial fixo);
- *Fixed sequential format with TAB ignored*; (Formato seqüencial fixo com TAB ignorado)
- *TAB sequential format* (Formato seqüencial com TAB)
- *Word address format* (Formato palavra de endereço)
- *Word address format with TAB separation and variable word order* (Formato palavra de endereço com separação por TAB e ordem de palavra variável)

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

<i>Block format</i>	<i>Exemplo A</i>
Fixed sequential format: Cada bloco de instrução contém cinco palavras especificadas somente com números numa ordem bem fixa.	00100070000300003 00200070000600003
Fixed sequential format with TAB ignored: Semelhante ao anterior exceto que códigos TAB são usados para separar as palavras para facilitar a leitura humana.	001 00 07000 03000 03 002 00 07000 06000 03
TAB sequential format: Semelhante ao anterior exceto que os valores repetidos podem ser omitidos no bloco seguinte.	001 00 07000 03000 03 002 00 06000 03
Word address format: usa um prefixo alfabético para identificar o tipo de palavra. Palavras repetidas podem ser omitidas.	N001G00X07000Y03000M03 N002Y6000
Word address format with TAB separation and variable word order: Similar ao anterior, exceto que as palavras são separadas por TAB's, e as palavras no bloco podem ser listados em qualquer ordem.	N001 G00 X07000 Y03000 M03 N002 Y6000

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

Movimento especificado pelo Exemplo A (Página anterior)



Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

Prefixos comuns usados no “Word Address Format”

Prefixo	Ex.	Função
N	N01	Número de seqüência; identifica o bloco de instruções. Usa-se de 1 a 4 dígitos
G	G21	Palavra preparatória; prepara o controlador para as instruções dadas no bloco, que pode conter mais de uma palavra G. Ex.: Coordenadas em milímetros
X,Y,Z	X75.0	Coordenadas para os eixos principais. Pode ser especificado em milímetros ou polegadas.
U,V,W	U25.0	Coordenadas para os eixos paralelos co-direcionais a x, y, e z respectivamente. Ex.: Mover 25mm na direção x.
A,B,C	A90.0	Coordenadas para três eixos rotacionais em torno de x, y e z respectivamente. Ex.: 90° em torno do eixo x.
R	R35.0	Raio para arco, usado em interpolação circular.
I,J,K	I32 J67	Coordenadas para interpolação circular.

Tecnologia de Comando Numérico - Sistema de codificação na programação CN

Prefixo	Ex.	Função
F	G94 F40	Avanço por minuto ou por rotação, em polegadas ou milímetros, de acordo com a palavra G. Ex.: avanço = 40mm/min em fresamento ou furacão.
S	S0800	Rotação do eixo árvore em RPM, expressa em quatro dígitos. Ex.: 800 RPM.
T	T14	Seleção de ferramenta. Usado para máquinas com troca automática de ferramenta. Ex.:Especifica que a ferramenta a ser usada está na posição 14 do trocador de ferramenta.
D	D05	Diâmetro de ferramenta usada para compensação de raio de acordo com o valor armazenado no respectivo endereço. Ex.: especifica que o valor a ser usado para a compensação de raio está no endereço D05.
M	M03	Funções miscelâneas. Ex.: partida do eixo árvore no sentido horário.

Tecnologia de Comando Numérico - Tipos de funções e regras de programação

2. Tipos de funções e regras de programação

As funções de programação são os comandos com significado e função específicos. Elas podem ser agrupadas como segue:

- *Funções preparatórias*: preparam o sistema de controle para um determinado modo de operar. Exemplos:
 - Funções que definem o tipo de coordenada (abs ou inc);
 - Funções que definem a unidade (mm ou pol);

- *Funções de posicionamento*: definem a posição onde determinada operação deve ser realizada;
 - Funções de posicionamento principais (X, Y, Z);
 - Funções de interpolação circular (I, J, K);

Tecnologia de Comando Numérico - Tipos de funções e regras de programação

– *Funções auxiliares ou complementares*: complementam informações necessárias para execução do comando.

Exemplos:

- Funções que definem avanço, velocidade de corte, troca de ferramentas;
- Funções miscelâneas: definem parada e partida de eixos, ligamento/desligamento de fluido de corte, etc.;
- Funções que definem início/fim de programa, seqüência, chamada de subrotinas, etc

Tecnologia de Comando Numérico - Tipos de funções e regras de programação

- **Regras de programação:** As funções devem obedecer às regras básicas de precedência e de implicações.

- *Regras de precedência:* Definem a prioridade de entrada das funções no programa e no bloco:

Exemplo: Antes de se definir num dado bloco a posição de uma dada operação, através das funções de posicionamento, deve-se dizer ao comando, através de uma ou mais funções preparatórias, como ele deve percorrer a trajetória até a dada posição.

Tecnologia de Comando Numérico - Tipos de funções e regras de programação

– *Regras de implicações: Implicações de memória*

- **Modais:** uma vez programada valem para todos os blocos posteriores. Só são canceladas por outras funções também modais:

Exemplos: funções que definem tipo de coordenada (abs. ou incr.), unidade (mm ou pol), modo de roscar, velocidade de corte, avanço (mm/min ou mm/rotação), etc..;

- **Não-modais:** são válidas apenas dentro dos blocos que as contém:

Exemplos: funções que definem permanência, máximo RPM quando avanço em m/min, troca de ferramenta, etc.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

3. Funções de Programação CN (ISO 1057/DIN 66025)

Estrutura de palavra

- Caracteres permitidos no código ISO (Ver Tabela.6.7);
- No formato “Word address format with TAB separation and variable word order” as palavras tem o formato:

Letra de endereço + seqüência de dígitos

Ex.: **G00 X23.5 Y-65.7 M03 LF => 4 palavras**

Estrutura de bloco

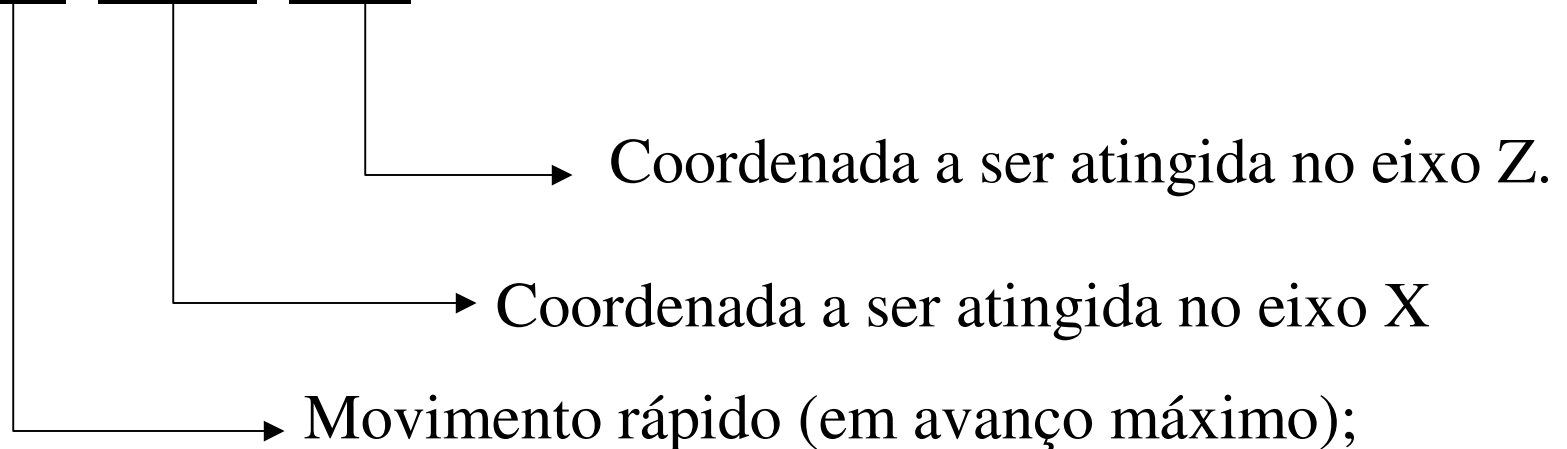
- Seqüência de palavras
Ex.: N10 G00 X10.0 Y30.0 F0.15 S500 T0103 M08 LF
- Inicialização/identificação do programa: % + 4 dígitos;
- Comentário: Símbolo (comentário);
- Ignorar bloco: /;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G00 - Posicionamento rápido

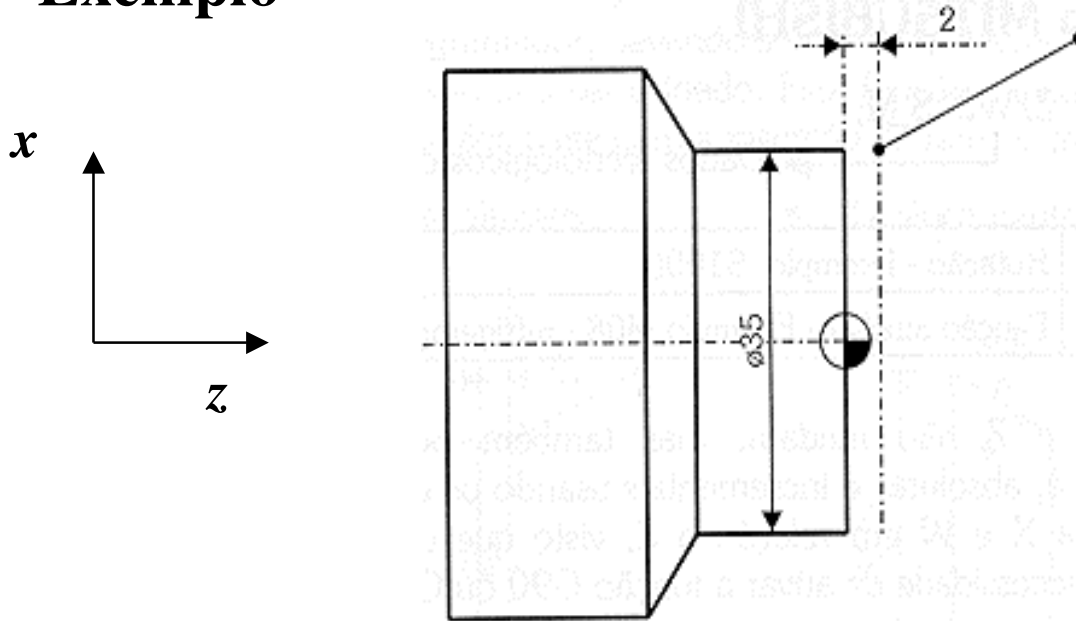
- Usada para aproximações e recuos de ferramentas;
- Os eixos movem-se para a meta programada com a maior velocidade de avanço disponível na máquina;
- **G00** é modal e é cancelada pelas funções **G01**, **G02** e **G03**;

G00 X35.0 Z2.0



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo



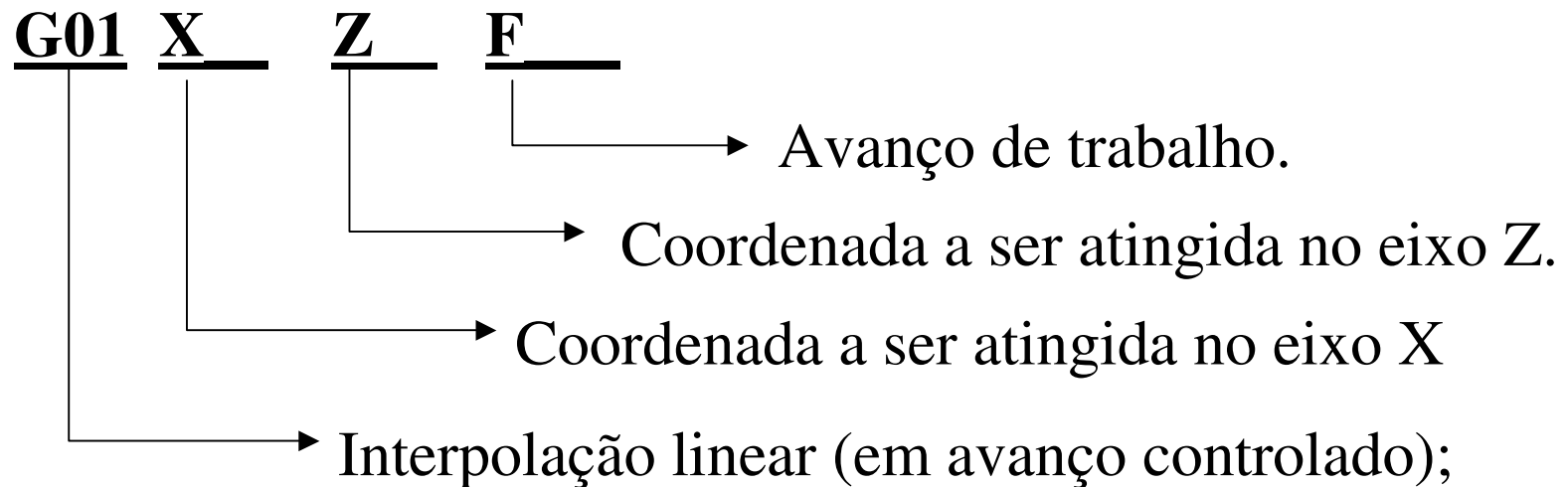
G00 X35.0 Z2.0

→ Coordenada a ser atingida no eixo Z.
→ Coordenada a ser atingida no eixo X
→ Movimento rápido (em avanço máximo);

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

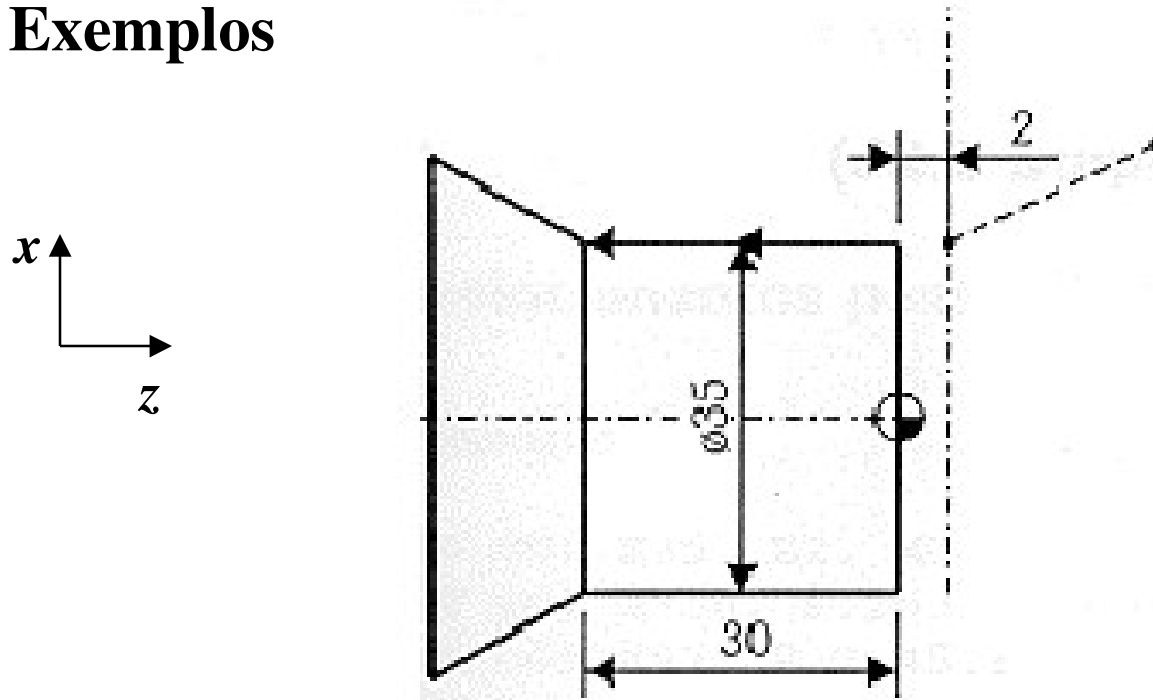
G01 - Interpolação linear

- Usada para movimentos retilíneos sob um avanço de trabalho F;
- Os eixos movem-se para a meta programada com a velocidade de avanço programada no endereço F;
- **G01** é modal e é cancelada pelas funções **G00**, **G02** e **G03**;



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplos

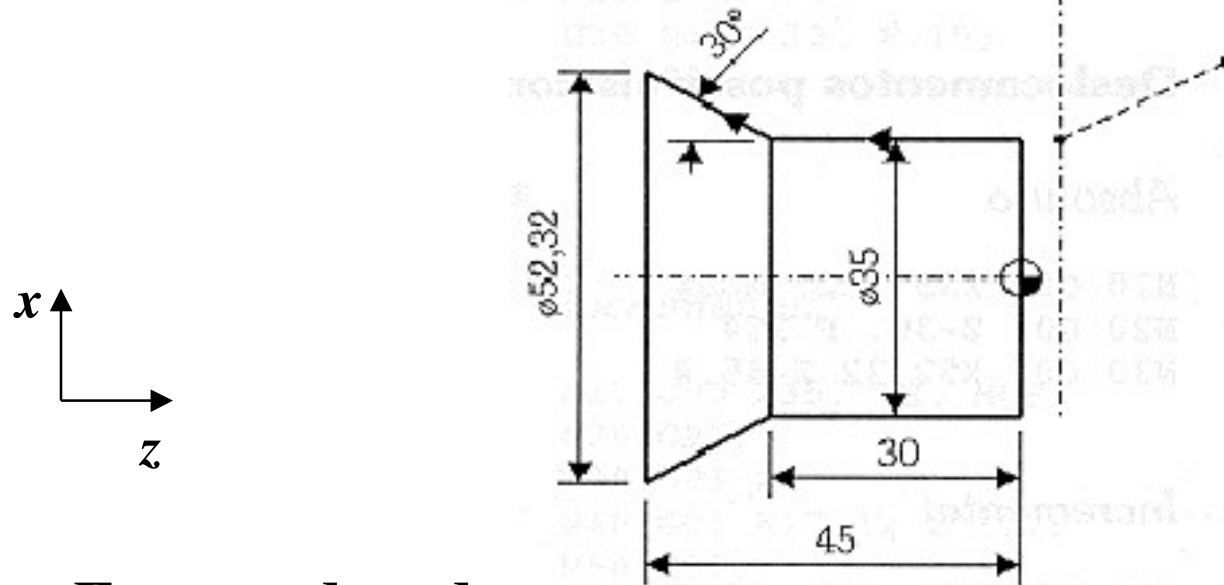


Em coordenadas absolutas

N10 G00 X35. Z2. M08 LF (rápido a $X=35/Z=2$ mm, liga fluido corte);

N20 G01 Z-30.0 F0.15 LF (até $Z=-30$ mm a 0,15mm/rotação);

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN



Em coordenada incrementais

N05 G00 X35. Z2. M08 LF (X=17,2/Z=2, liga fluido corte);

N10 G91 LF (Ativa coordenadas incrementais);

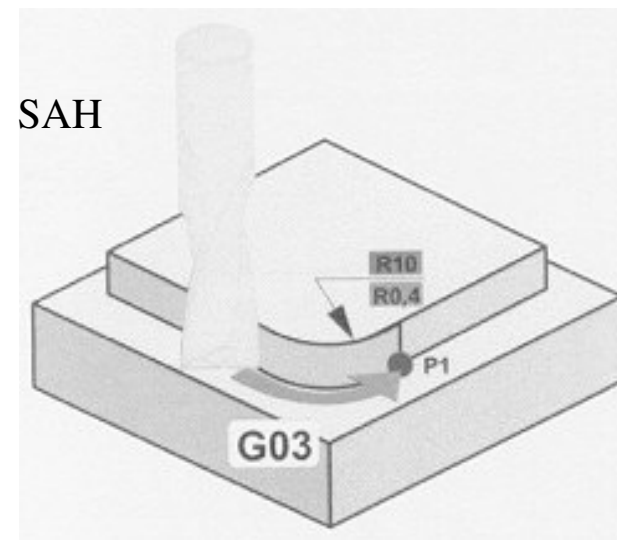
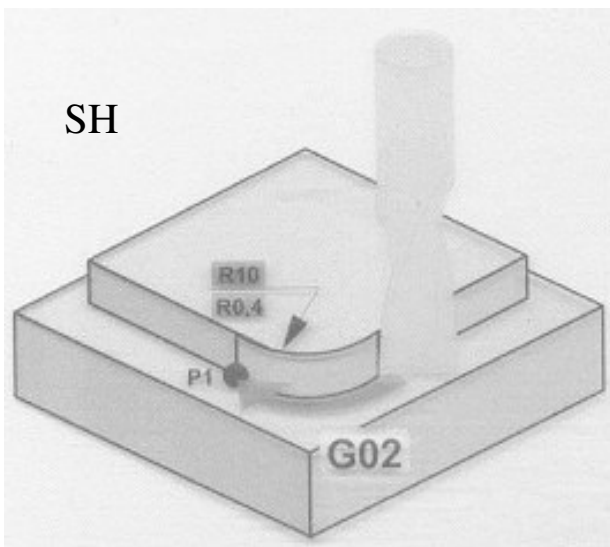
N20 G01 Z-32.0 F0.15 LF (X=35/Z=-32mm a 0,15mm/rot);

N30 G90 LF (Reativa coordenadas absolutas);

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G02 e G03 - Interpolação circular

- Usadas para movimentos circulares sob um avanço F;
- Os eixos movem-se para a meta programada com a velocidade de avanço programada em F;
- G02 e G03 são modais, se cancelam e são canceladas por G00 e G01;



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Para programar a interpolação circular faz-se três perguntas:

i) Qual é o sentido do percurso da ferramenta?

Sentido horário => usa-se a função G02;

Sentido anti-horário => usa-se a função G03;

ii) Qual o ponto meta a ser atingido?

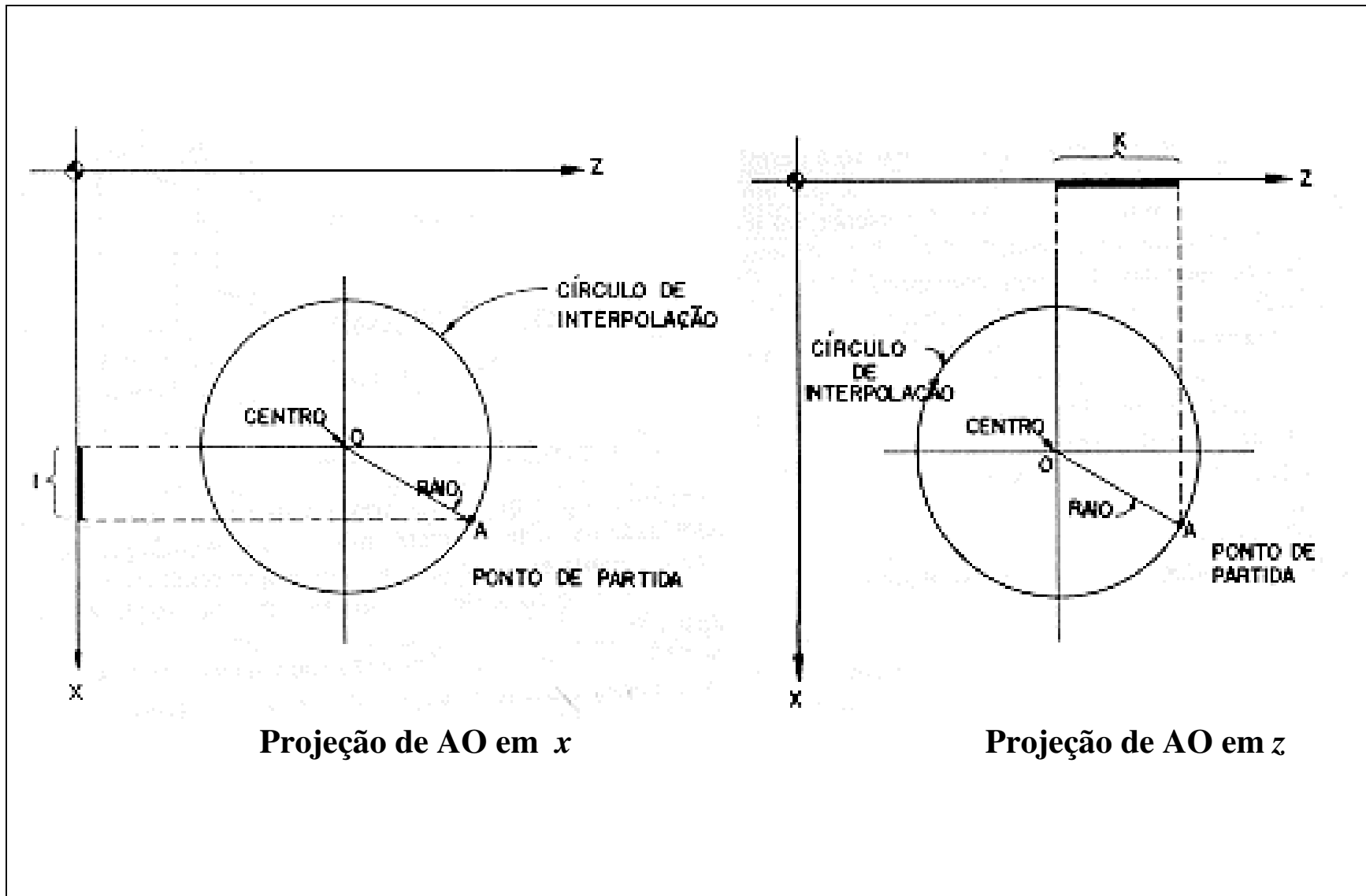
Informa-se as coordenadas do ponto final da trajetória circular;

iii) Qual o raio da trajetória?

– É definido através das funções I, J, K ;

– Em relação ao ponto de partida, as funções I, J, K definem a distância do centro do arco (incremental) medida nos eixos x, y e z => representam as projeções da distância entre o ponto de partida de um círculo de interpolação ao centro deste círculo nos eixos x, y e z respectivamente;

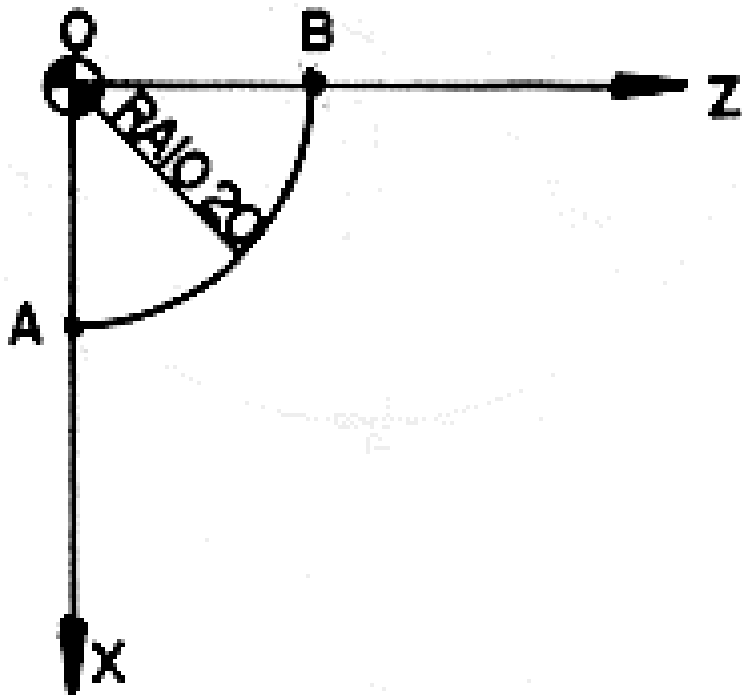
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplos de interpolação circular

Exemplo 1



Trajetória A => B

i) Sentido da trajetória?

Anti-horário => G03

ii) Ponto meta?

B => $x = 0$ e $z = 20$

iii) Raio?

Projeção AO em x => $I = -20$

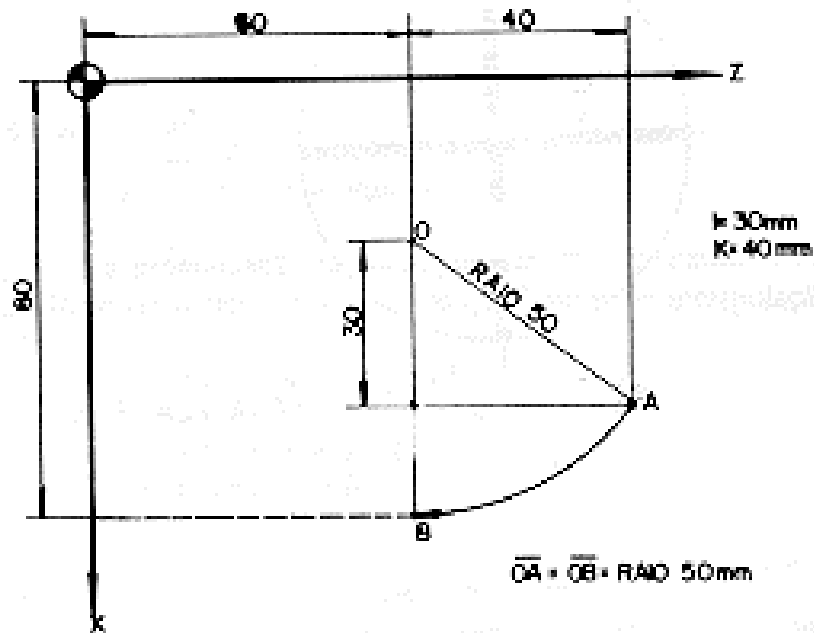
Projeção AO em z => $K = 0$

Logo:

G03 X0.0 Z20. I-20. K0 LF

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo 2



Trajetória A => B

i) Sentido da trajetória?

Horário => G02

ii) Ponto meta?

B => x = 80 e z = 60

iii) Raio?

Projeção AO em x => I = 30

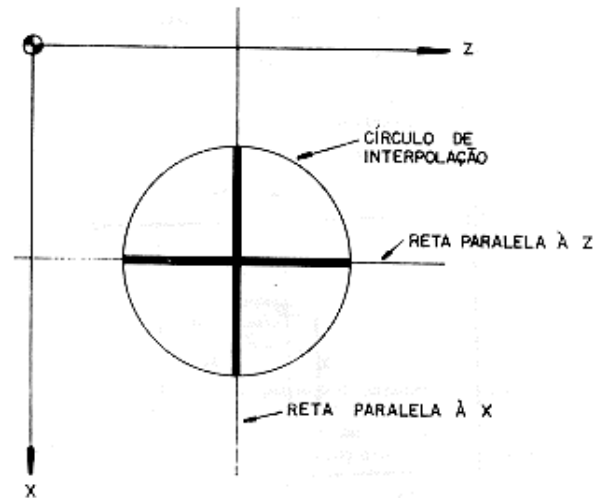
Projeção AO em z => K = -40

Logo:

G02 X80.0 Z60. I30. K-40.LF

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

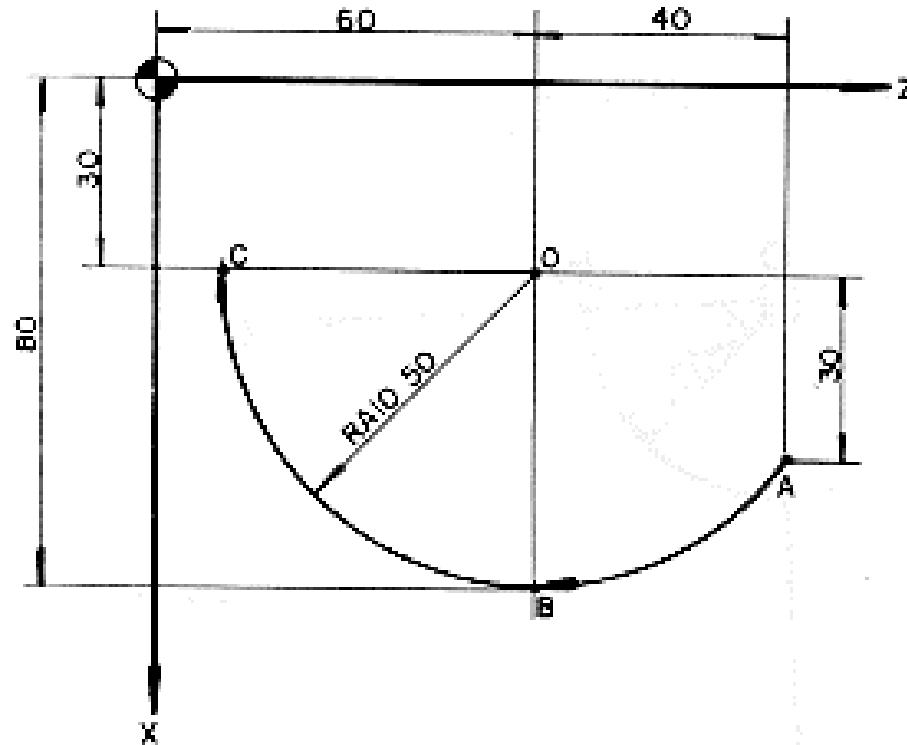
Conceito de quadrante de interpolação circular



- Na mudança de quadrante x ou y muda de direção;
- São nesses quatro pontos de transição que a máquina costuma apresentar maiores imprecisões geométricas devido a movimentos causados por folgas, atrito e inércia;
- Em alguns comandos a interpolação é permitida em um só quadrante de 90° . Além disso o programa deve ser feito em mais de um bloco;
- Existem comandos que aceitam a interpolação a 360° ;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo 3



- Neste caso a inversão ocorre no ponto *B*, logo tem-se que programar o arco de *A* a *B* e de *B* a *C*.

G02 X80. Z60. I30. K-40. LF (Arco de A a B)

G02 X30. Z10. I-50. K0. LF (Arco de B a C)

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Outras formas de programar interpolação circular

i) Modo incremental (usando coordenadas incrementais)

- Neste modo, independente do comando, a programação não deve nunca ultrapassar um quadrante. Para o exemplo 3 tem-se:

G02 X20. Z-40. I30. K40. LF (Arco de A a B)

G02 X-50. Z-50. I50. K0. LF (Arco de B a C)

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

ii) Programação das coordenadas do centro do arco

- neste modo pode-se normalmente ultrapassar os quadrantes;
- define-se o raio do arco fazendo com que as funções I e K representem as coordenadas do centro do arco em x e z ;
- conhecendo o centro do arco e o ponto de partida o comando calcula o raio que é a distância entre esses dois pontos.
- Esse método não vale para coordenadas incrementais.

Para o exemplo 3 temos: **G02 X30. Z10. I30. K60 LF**
(Arco de A até C).

As coordenadas do centro do raio são: $x = 30$, $z = 60$.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

iii) Programação direta do raio

- comandos mais modernos permitem a programação direta do raio do arco;
- os comando que oferecem esta opção normalmente também permitem que a programação ultrapasse quadrantes;
- pode também ser incremental, mas neste caso somente num quadrante;

Para o exemplo 3 tem-se:

G02 X30. Z10. R50. LF (Arco de A até C).

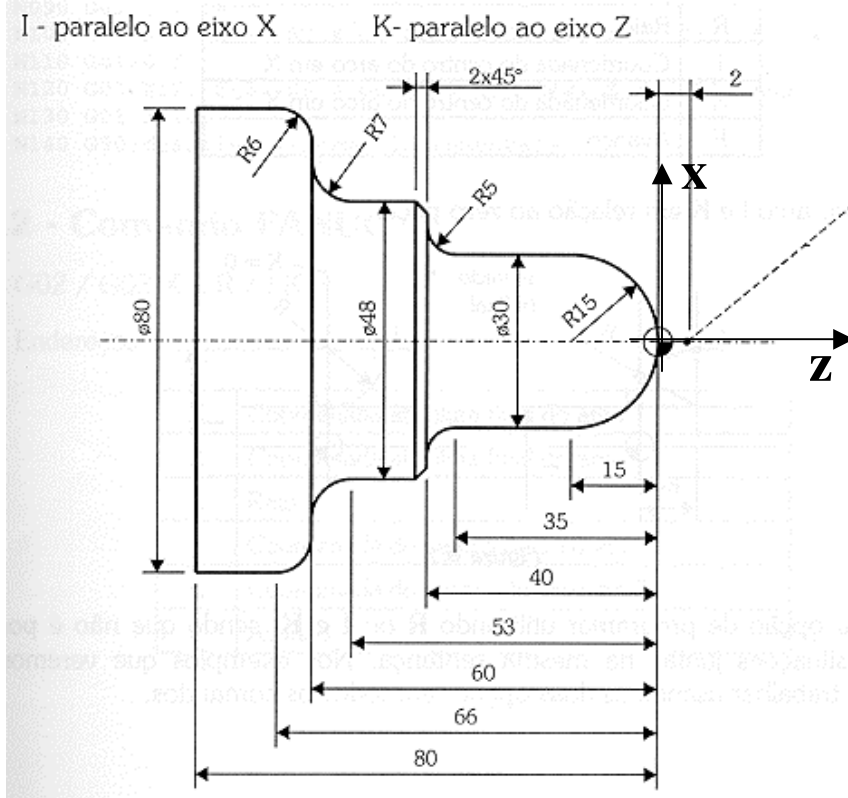
Em coordenadas incrementais tem-se:

G02 X20. Z-40. R50. LF (Arco de A até B).

G02 X-50. Z-50. R50. LF (Arco de B até C).

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo 4



N010 G00 X0. Z2. M08 LF

N020 G01 Z0 F0.15 LF

N030 G03 X30. Z-15 I0 K-15 LF

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G04 - Tempo de permanência ou espera

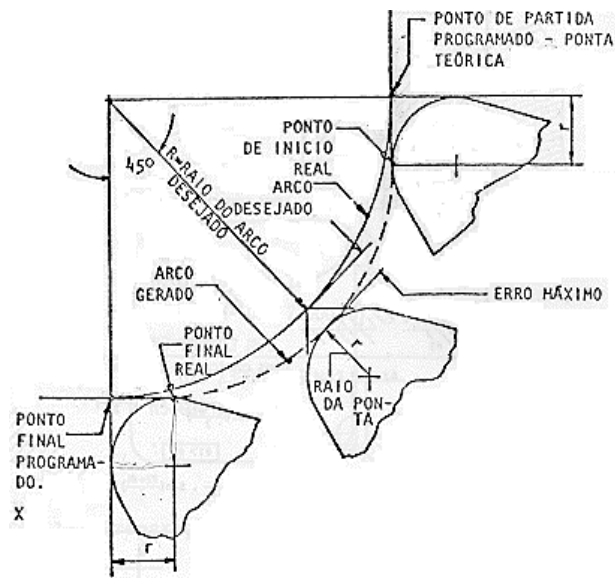
- Usada para parar máquina por um intervalo de tempo especificado;
- O intervalo de tempo pode ser especificado de quatro formas:
 - Usando F \Rightarrow N10 G04 F10. LF (Permanência de 10s);
 - Usando X \Rightarrow N10 G04 X10. LF (Permanência de 10s);
 - Usando P \Rightarrow N10 G02 P2 LF (Permanência de 2s);
 - Usando S \Rightarrow N10 G04 S08 LF (Permanência do intervalo de tempo correspondente a 8 rotações);

$$N_v = \frac{N \cdot t}{60} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{N_v \cdot 60}{N}$$

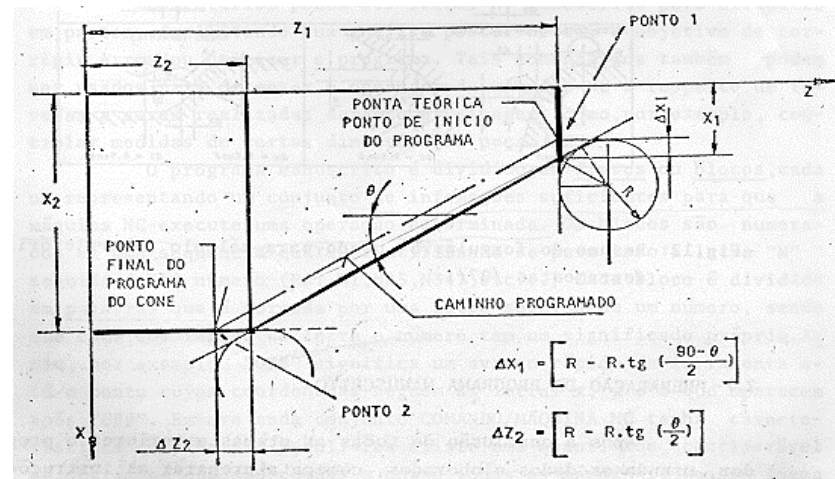
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G41/G42/G40 - Compensação automática de raio de ferramenta

- A ferramenta percorre o contorno exato da peça possibilitando a programação direta do perfil de acabamento sem necessidade de cálculos auxiliares;



Torneamento



Fresamento

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

“Sobre a ferramenta” e olhando na direção de avanço tem-se:

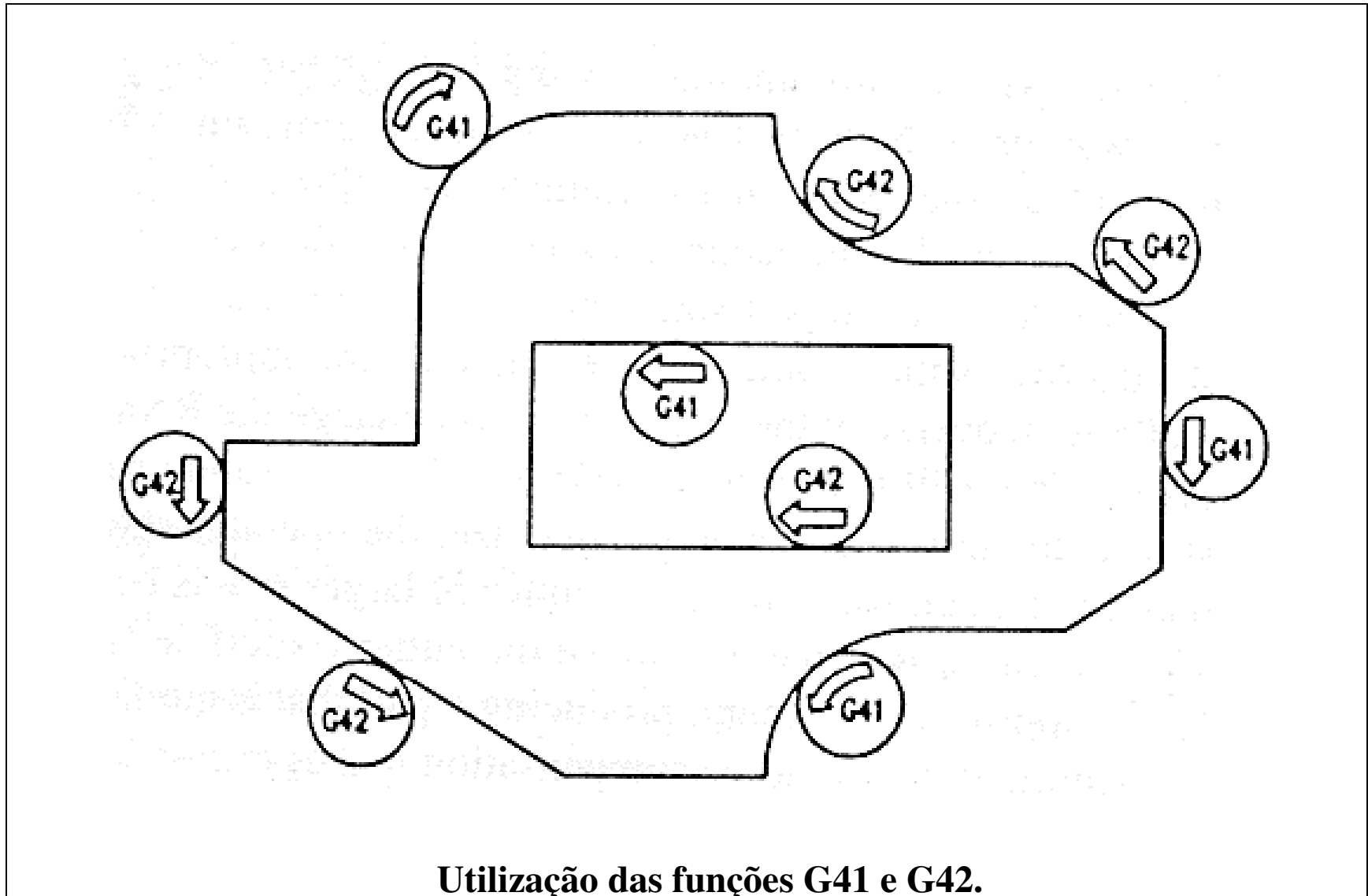
G41 - *Compensação de raio de ferramenta à esquerda da peça*

G42 - *Compensação de raio de ferramenta à direita da peça*

G40 - *Cancela a compensação automática*

- As funções **G41** e **G42** são modais e a função **G40** é usada para cancelar a compensação inicializada por elas;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Para para uma operação de fresamento em um *CU* (Exemplos)

G01 G41 X15 Y24 F8.75 M08 LF (Comp. à esquerda);

G01 G42 X12 Y32 F7.5 M08 LF (Comp. à direita);

Para para uma operação de torneamento em um *CT* (Exemplo)

G01 G41 X40 Z25 F0.015 M08 LF (Comp. à esquerda)

G01 G42 X45 Z20 F0.05 M08 LF (Comp. à direita)

Antes da execução destes programas o operador teria que introduzir o valor do raio da ponta da ferramenta no registo de offset indicado na função que especifica a ferramenta a ser usada (Ex.: T0102).

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Home Position (Ponto de partida)

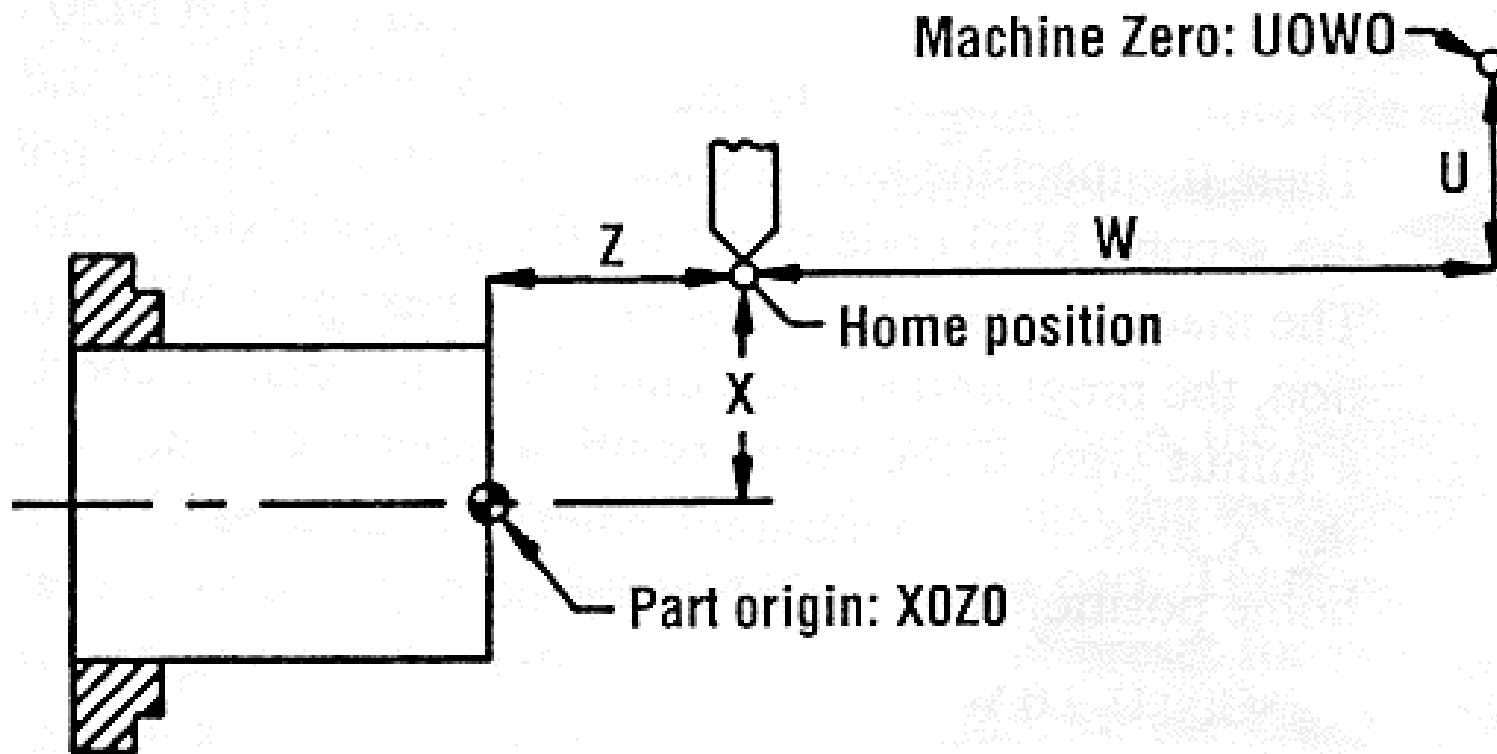
- Ponto a partir do qual a ferramenta inicia a execução do programa e para o qual ela retorna;
- É também normalmente o *Ponto de Troca de Ferramenta*. Em algumas máquinas é ditado pela sua configuração;
- A *Home Position* é estabelecido em relação ao *Zero Máquina*, e pode ser colocado em qualquer ponto conveniente dentro dos limites da máquina, inclusive sobre o próprio *Zero Máquina*;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- Se a *Home Position* coincide com o *Zero Máquina* => facilita posicionamento da ferramenta no Ponto de Partida quando do início da execução, em interrupções e no final de programa através da “função de retorno ao ponto zero”;
- Se a *Home Position* não coincide com o *Zero Máquina* o operador deverá estabelecê-lo usando procedimentos apropriados durante o *setup*;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Home Position em Centros de Torneamento (Similar para CU)



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- As coordenadas U e W permitem fazer o posicionamento da ferramenta no *Home Position*;
- O programador pode referenciar ao ZM através das funções **G28**:

Em CT's

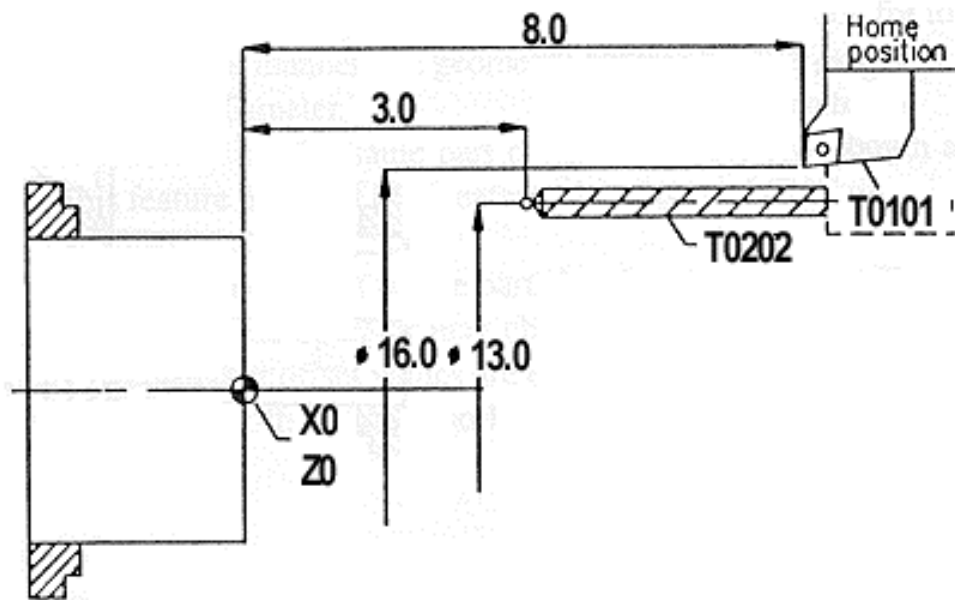
G28 U0 (Retorno ao ZM em X)

G28 W0 (Retorno ao ZM em Z)

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G50/G92 - Ajuste do sistema de coordenadas (*Preset*)

- Cada ferramenta usada no programa deve ter seu bloco de ajuste do sistema de coordenadas;
- Para isso faz-se uso das funções G50 em CT e G92 em CU;



Ferramenta 1:

...

G50 X16.0 Z8.0 LF

...

Ferramenta 2:

...

G50 X13.0 Z3.0 LF

...

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- Ao se programar a função G50 (CT) ou G92 (CU) deve-se ficar atento aos seguintes pontos:
 - O valores programados devem possibilitar todas as ferramentas consideradas partir e retornar ao mesmo ponto de troca de ferramenta sem colisões;
 - Para G50 e G92 as coordenadas devem ser absolutas, não incrementais. As funções U e W não podem ser usadas;
 - Valores errados para G50 e G92 pode impedir que a máquina atinja a posição programada ou causar colisões;
 - Os mesmos problemas podem ocorrer durante o ciclo de usinagem, pois o comando assume que no início do ciclo a ferramenta se encontra na *Home Position*, mesmo que não esteja.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- **Especificação e troca de ferramenta (T e M06)**
 - A função **T** é usada para especificar uma ferramenta e a função **M06** é usada para trocar ferramenta;
 - Em CT a especificação da ferramenta e dos *offsets* de geometria e de desgastes é feita utilizando-se 4:

T00 00;

Número do *offset* de desgaste da ferramenta

Número da posição da ferramenta e do *offset* de geometria

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

OFFSET - WEAR

No.	X-OFFSET	Z-OFFSET	Radius	Tip
01	0.0000	0.0000	0.0313	3
02	0.0000	0.0150	0.0000	0
03	0.0036	0.0000	0.0156	3
04	0.0000	-0.0250	0.0000	0
05	0.0010	-0.0022	0.0000	0
06	-0.0013	0.0000	0.0313	2
07	0.0000	0.0000	0.0000	0

Exemplo de registro de *offset* de desgastes

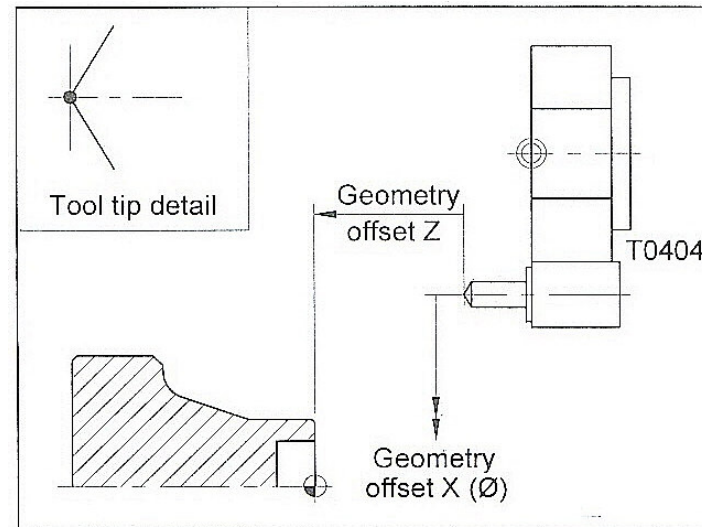
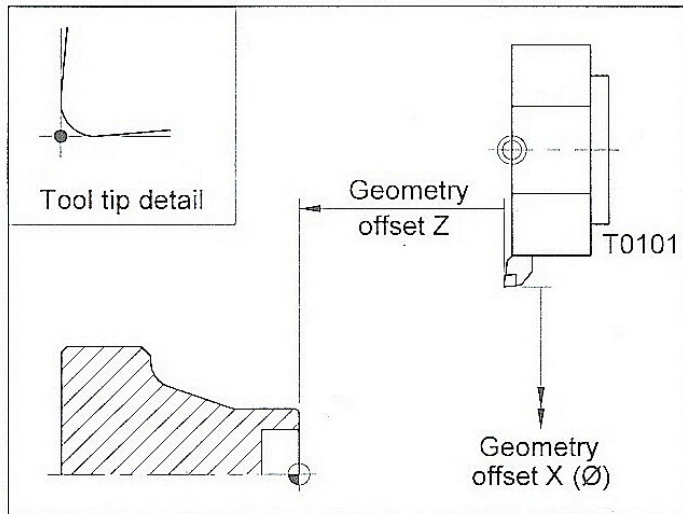
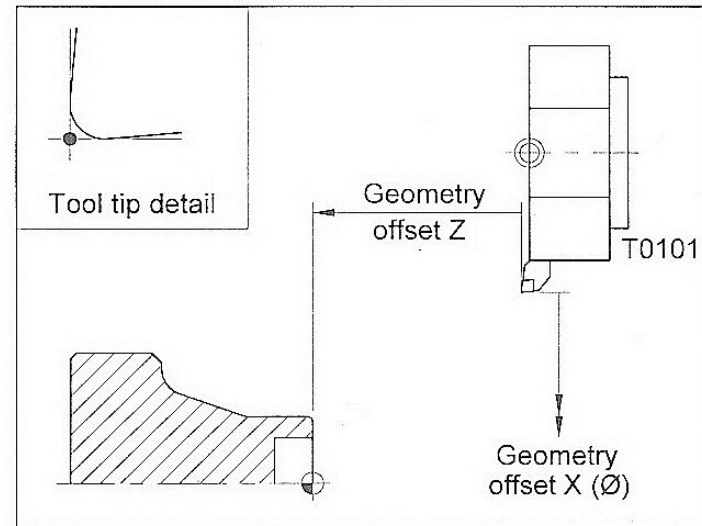
OFFSET - GEOMETRY

No.	X-OFFSET	Z-OFFSET	Radius	Tip
01	-8.4290	-16.4820	0.0313	3
02	-8.4570	-14.7690	0.0000	0
03	-8.4063	-16.3960	0.0156	3
04	-8.4570	-12.6280	0.0000	0
05	-8.4350	-16.4127	0.0000	0
06	-9.8260	-13.2135	0.0313	2
07	0.0000	0.0000	0.0000	0

Exemplo de registro de *offset* de geometria

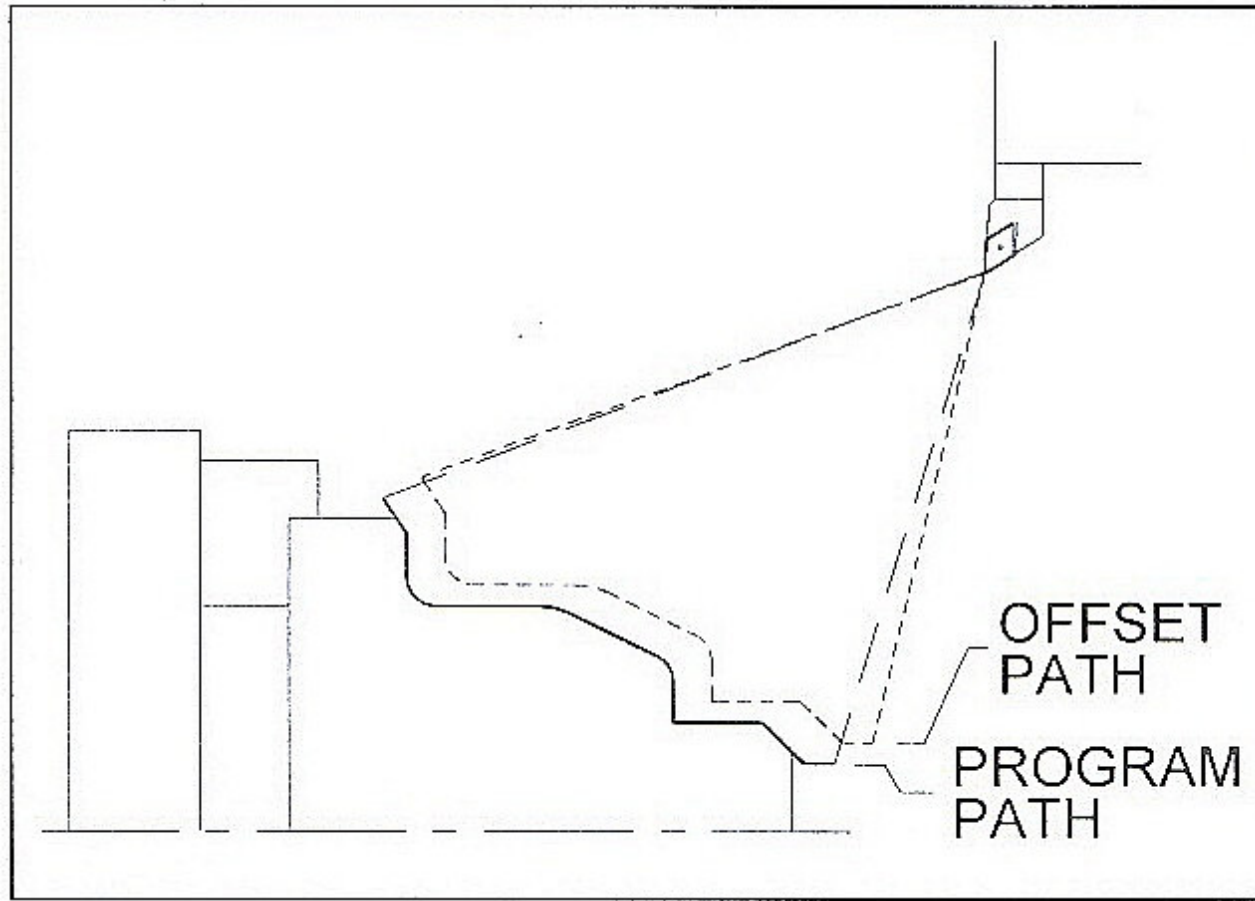
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplos de *offsets* de geometria em operações de torneamento



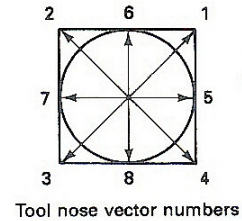
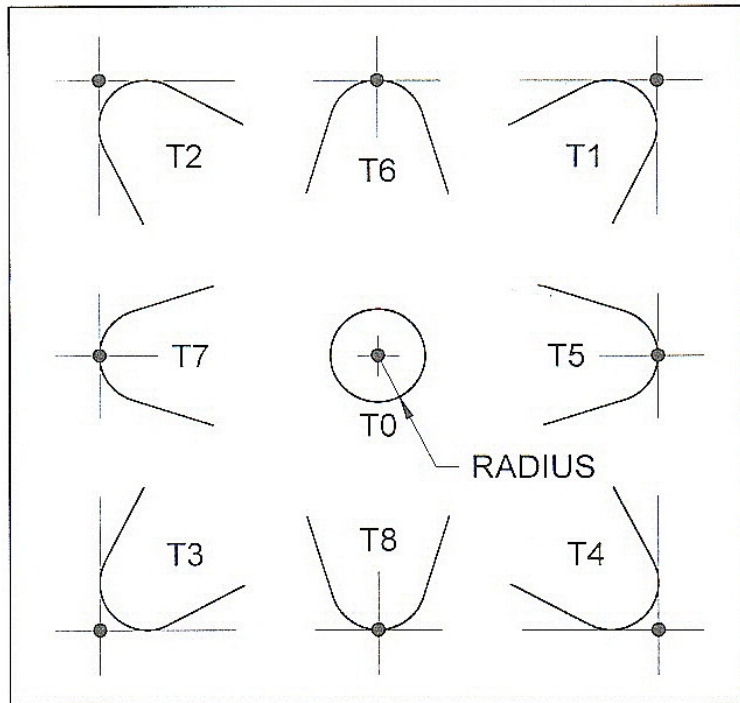
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo de *offset* de desgaste em torneamento

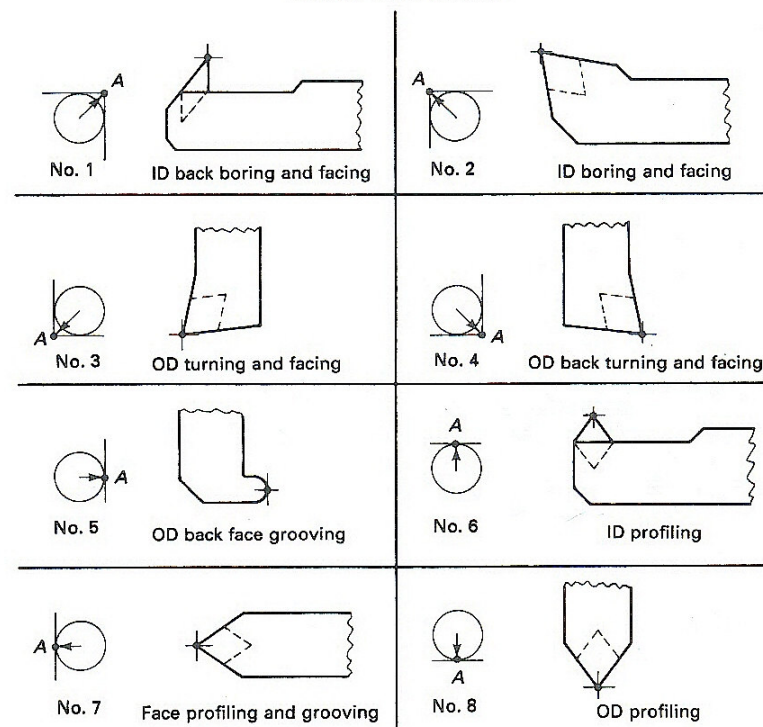


Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Orientações da ponta da ferramenta utilizadas para compensação de raio



A - Point at which system moves the tool in response to a programmed command



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- Em Centros de Usinagem usa-se os endereços **D** e **H** e para especificar o *offset* de diâmetro e de comprimento:

T00 H00;

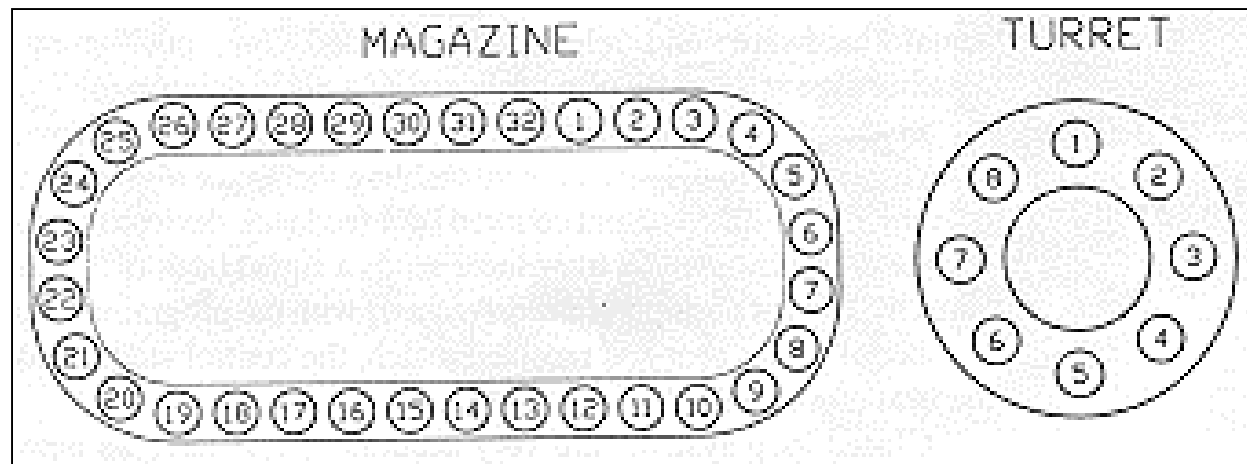
Número do offset de comprimento

Número da ferramenta

T00 D00;

Número do offset de diâmetro

Número da ferramenta



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- O número de ferramentas usualmente varia entre 01 e 12 em CT e de 01 a 32 em CU (Varia conforme fabricante);
- Em CU usa-se a função **G43** para aplicar o *offset* durante a movimentação da ferramenta em direção à peça, e a função **G49** para cancelar. Exemplos:
 - G00 T0505** (Ferramenta 05 e *offset* 05 em CT);
 - G00 T0500** (Cancela o *offset* em CT);
 - G00 G43 H10** (Chama *offset* 10 em CU);
 - G00 G49** (Cancela *offset* em CU);
- Em máquinas mais novas (CT e CU) pode-se usar T0 para cancelar o *offset*.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G96/G97/G50/S - Controle de eixo árvore

- A rotação do eixo árvore é programado pela função **S** mais até 4 dígitos e pode ser especificado de duas formas:
rotações por minuto - (RPM constante) ou *velocidade de corte constante* (RPM variável):

i) Rotações por minuto - RPM constante:

- mais usado em CU;
- é programado através da função **G97**;

Formato: **G97 S350**; (350 RPM)

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

ii) Velocidade de corte constante:

- quase que exclusivamente usado em CT;
- a RPM varia com o diâmetro sob usinagem: quanto menor o diâmetro maior o RPM e vice versa;
- a RPM varia automaticamente pela unidade de controle de velocidade da máquina enquanto a ferramenta se move;
- é programado através da função G96;
Formato: **G96 S350**; (350 ft/min sob G20 ou 350m/min sob G21);
- Para evitar RPM acima da permitida pelo fabricante usa-se a função **G50** (em CT) para estabelecer o RPM máximo;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- Relação entre velocidade de corte constante e RPM constante:

$$RPM = \frac{V \cdot 3,82}{D} \quad (V \text{ em } ft/min \text{ e } D \text{ em } in)$$

$$RPM = \frac{1000 \cdot V}{D \cdot \pi} \quad (V \text{ em } m/min \text{ e } D \text{ em } m)$$

V = Velocidade de corte.

D = Diâmetro da peça ou da ferramenta.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo: Seja $V = 550 \text{ ft/min}$. Qual será a RPM para usinar uma peça de diâmetro $D = 7\text{in}$ num CT?

$$RPM = \frac{(550) \cdot 3,82}{7} = 300 \text{ RPM}$$

- Logo, pode-se programar **G97 S300** ou **G96 S550**;
- A primeira opção garante a rotação de 300 RPM para qualquer diâmetro
- Na segunda o RPM varia com a diminuição do diâmetro, mantendo entretanto a velocidade de corte em 550ft/min;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G98/G99/F - Controle do avanço

- Operações de usinagem podem ser programadas em dois modos diferentes de avanço:
 - i) por revolução do eixo árvore;
 - ii) por unidade de tempo. O valor do avanço é especificado no endereço **F**:

Exemplos:

G98 F5.0 LF (5 in/min sob G20 ou 5m/min se sob G21);

G99 F0.15 LF (0,015 in/rev sob G20 ou 0,015 m/rev se sob G21);

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G54/G55/G56/G57 - Deslocamentos de origem ajustáveis (Coordenadas de trabalho)

– Essas funções permitem o estabelecimento de *Zeros Peça* (ZP) múltiplos para:

- execução das mesmas operações em diferentes localizações (CU);
- programar diferentes operações em diferentes localizações (CU);

G54 - Seleção do deslocamento de origem 1;

G55 - Seleção do deslocamento de origem 2;

G56 - Seleção do deslocamento de origem 3;

G57 - Seleção do deslocamento de origem 4;

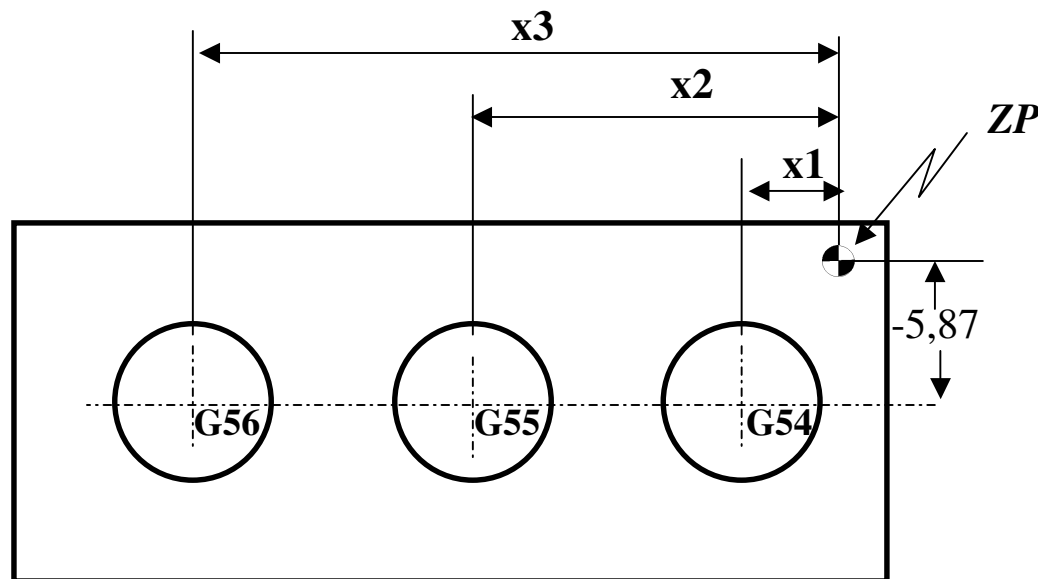
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- O valores para o deslocamento de origem de cada eixo podem ser introduzidos pelo operador no comando manualmente (MDI). Exemplos:

G54 X-8.0 Y-5.87 Z0.0 LF

G55 X-16.12 Y-5.87 Z0.0 LF

G56 X-24.32 Y-4.87 Z0.0 LF

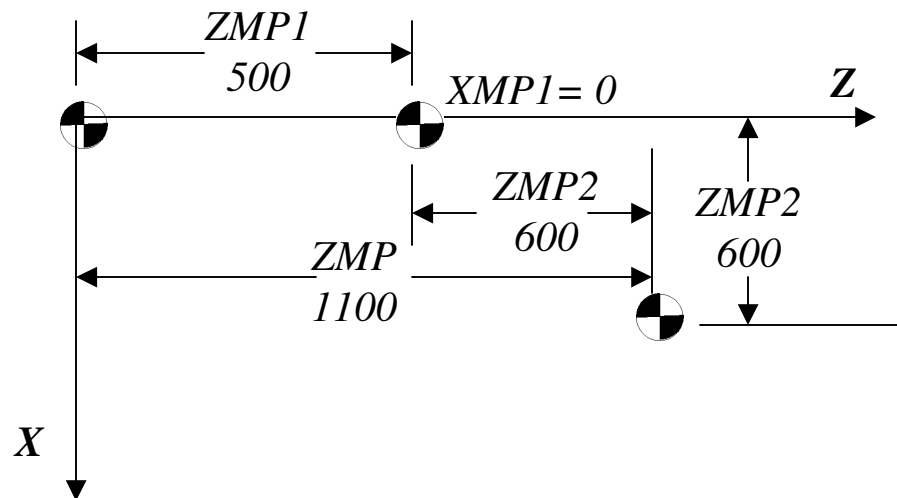


$$\begin{aligned}x1 &= -8,00 \\x2 &= -16,12 \\x3 &= -24,32\end{aligned}$$

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G59 - Deslocamento de origem aditivo

- Com a função G59 pode-se programar sob os endereços X, Y e Z um deslocamento de origem adicional;
- Os valores programados são adicionados aos valores do deslocamento de origem ajustável (G54,G55,G56) e da compensação adicional externa;



Deslocamento de origem ajustável
Valores de entrada: $XMP1 = 0$
 $ZMP1 = 500$

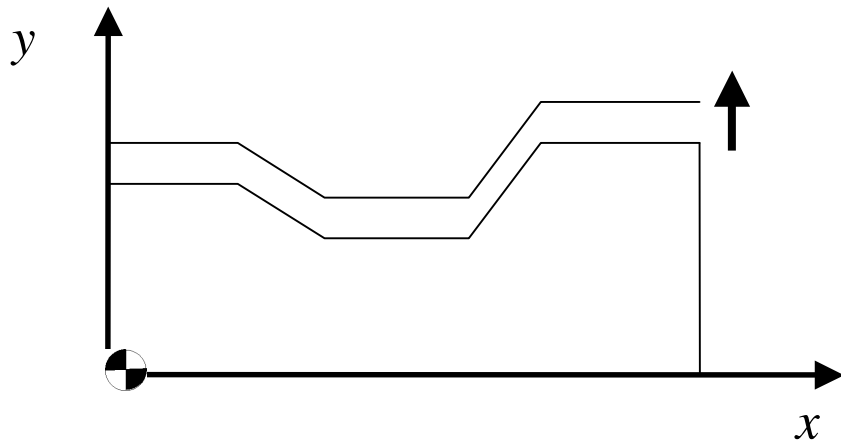
Deslocamento de origem aditivo programável:
Valores de entrada: $XMP2 = 600$
 $ZMP2 = 600$

Deslocamento de origem total:
Valores de entrada: $XMP = 600$
 $ZMP = 1100$

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo de aplicação

- O contorno foi programado exclusivamente em coordenadas absolutas. Para alcançar um dimensão excedente para acabamento, todo o contorno pode ser deslocado através de um *deslocamento de zero programável* (aditivo) na coordenada y;



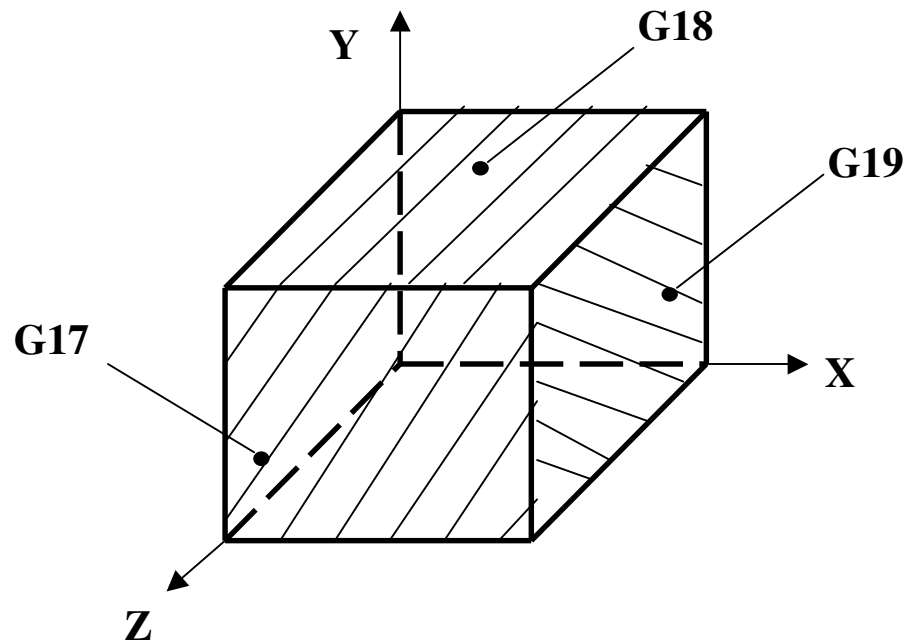
Seleção (introdução do valor)
N10 G59 Y2.5 LF

Supressão (cancela o valor):
N15 G59 Y0.0 LF

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G17/G18/G19 - Escolha de plano de trabalho

- Através das funções G17, G18 e G19 é fixado o plano em que deve ser executado determinadas operações;



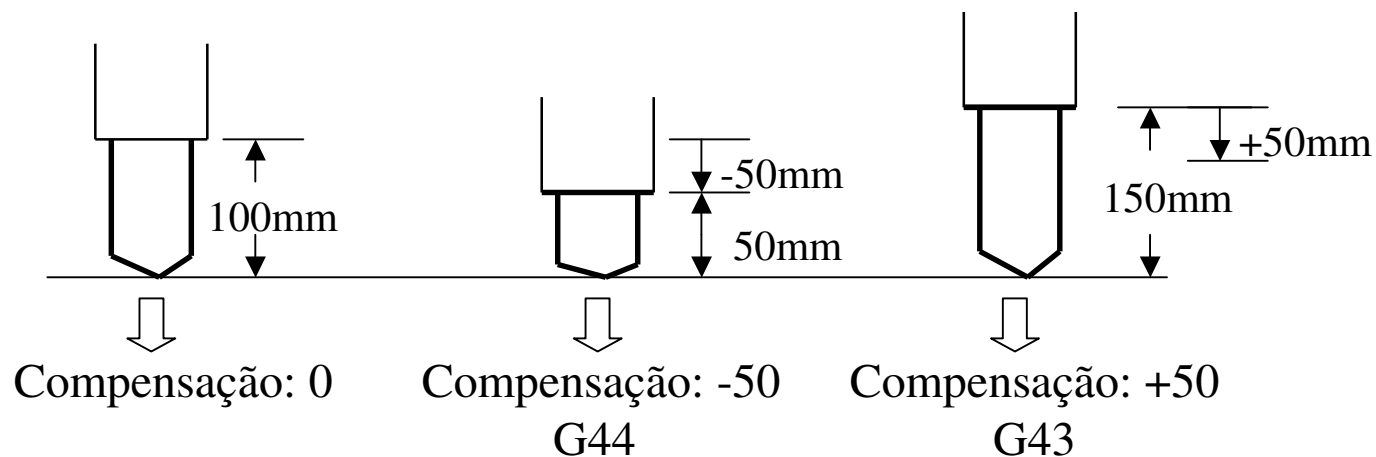
G17 - Plano XY
G18 - Plano XZ
G19 - Plano YZ

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

G43 ou G45 /G44 ou G46 - Compensação de comprimento de ferramenta

G43 - Compensação positiva do comprimento da ferramenta: usada *quando a dimensão atual da ferramenta é maior que o valor considerado na programação;*

G44 - Compensação negativa do comprimento da ferramenta: usada *quando a dimensão atual da ferramenta é menor que o valor considerado na programação;*



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Subrotinas

- Sequência de movimentos e evoluções de funções que se repetem;
- Definição: L + 2 dígitos ou 3 dígitos + dois zeros complementares
- Exemplo de subrotina de No.56200:

• L 56200					LF (subrotina 562)
• N5	G91	G01	Y-10	F100	LF
• N10		Y-10	X10		LF
• N15		X10			LF
• N20		M17			LF (fim de rotina)

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

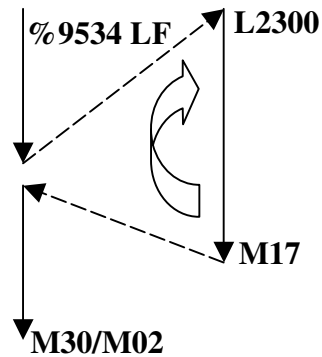
- A chamada da subrotina é feita através do endereço L como segue:

L 412 01 ————— Chamada da subrotina com 2 ou 4 dígitos.
 | |
 | |————— A qte das passagens deve ser introduzida com 2 dígitos.
 | |
 |————— O número da subrotina também deve ter 2 ou 3 dígitos (001...999).

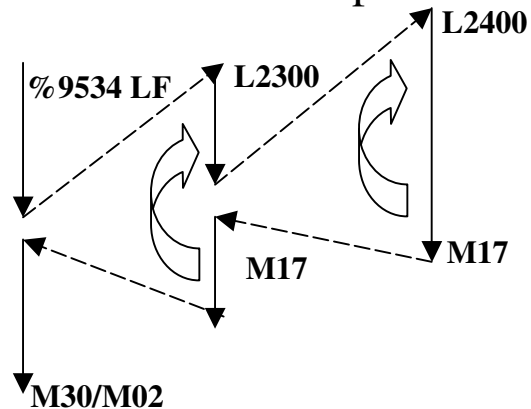
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

– É possível um encadeamento triplo de subrotina;

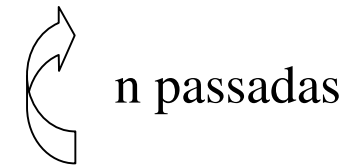
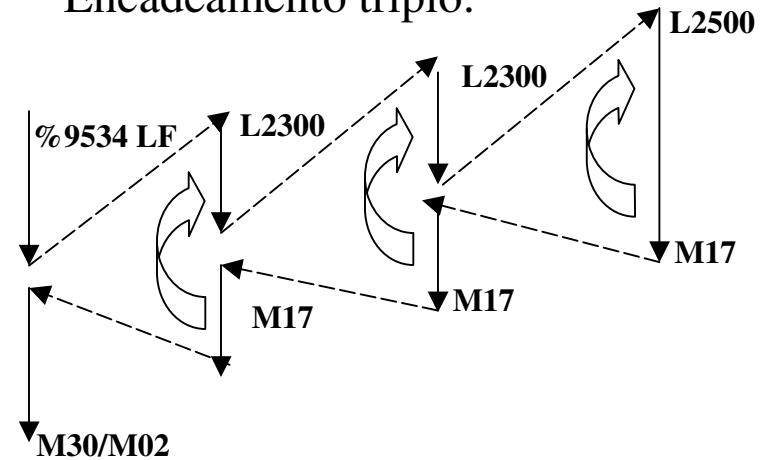
Encadeamento simples:



Encadeamento duplo:



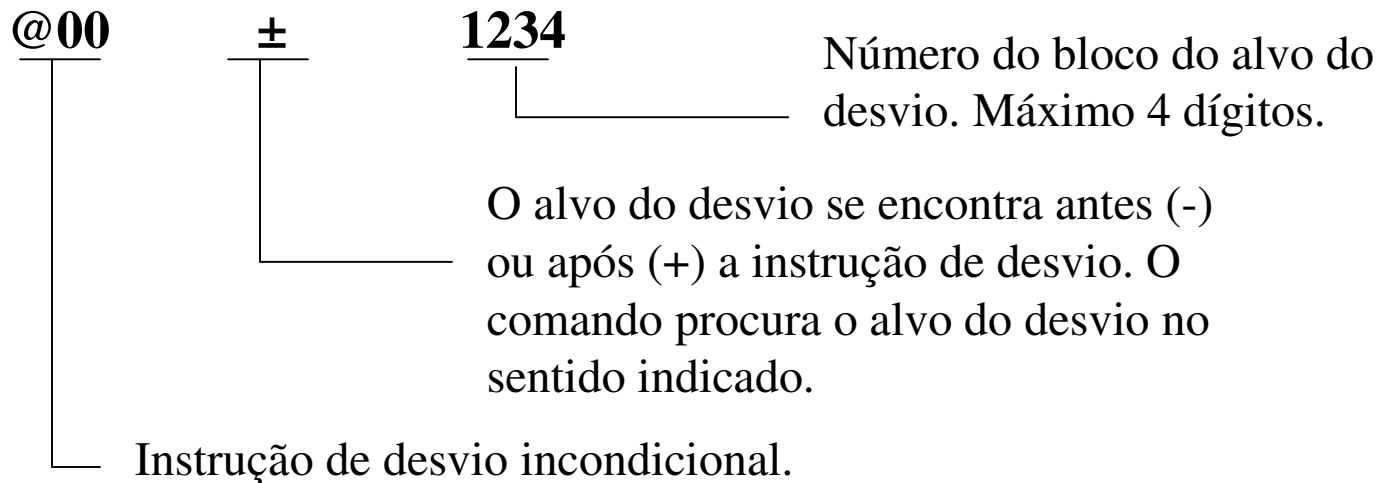
Encadeamento triplo:



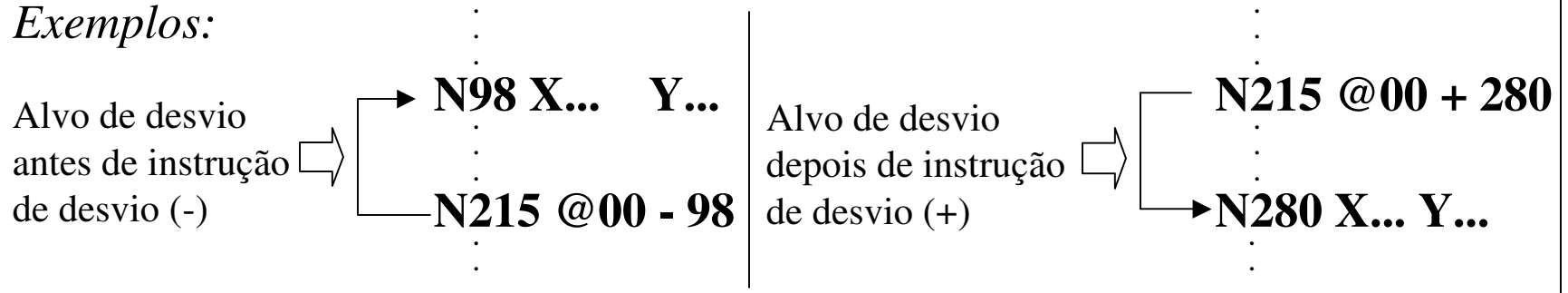
Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

@00, @01, @02, @03 - Condições de desvio

@00 - Desvio incondicional



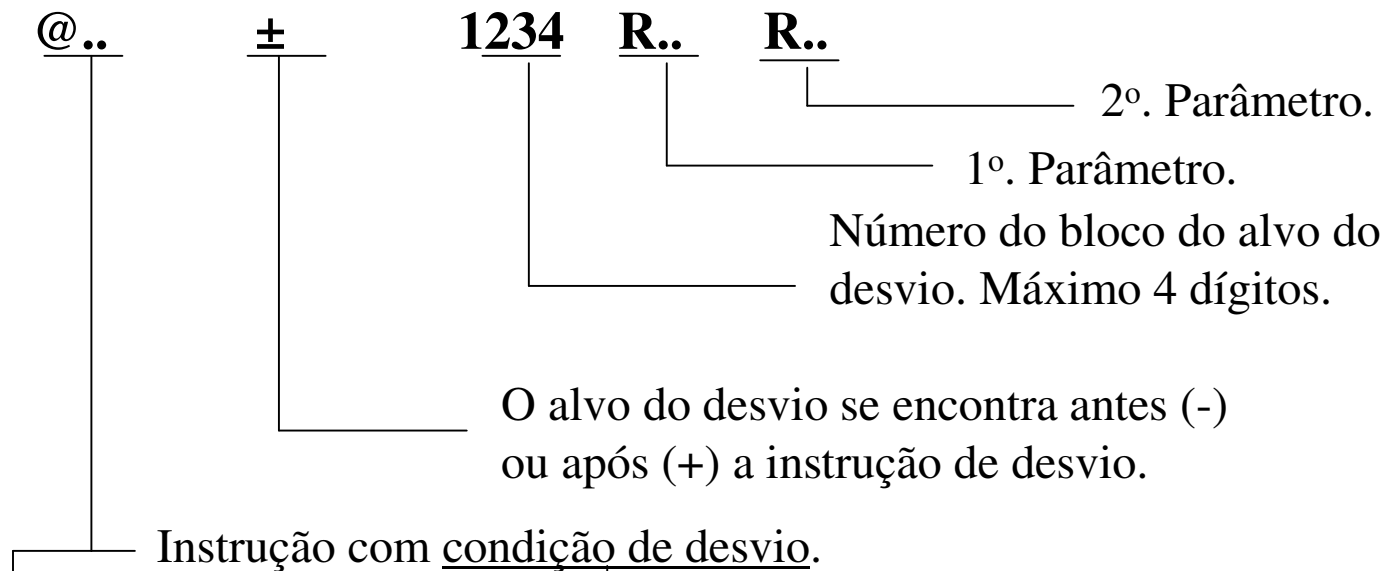
Exemplos:



Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

@01, @02, @03 - Desvio condicional

Com os desvios condicionais é possível realizar ramificações de programa dependendo de determinadas condições;



Comparação de parâmetros R para desvio condicional:

@01 - 1º. parâmetro igual ao 2º. parâmetro.

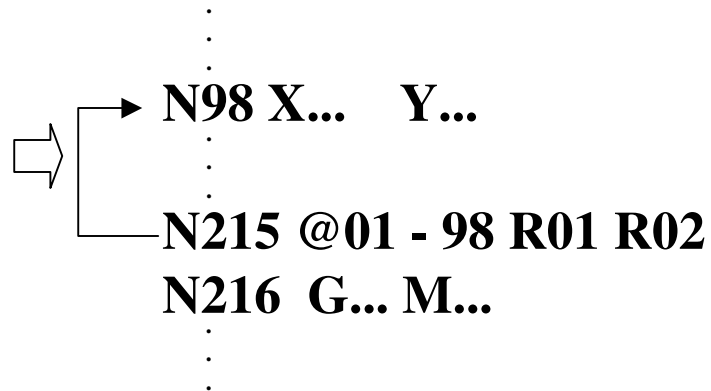
@02 - 1º. parâmetro maior que o 2º. parâmetro.

@03 - 1º. parâmetro maior que ou igual ao 2º. parâmetro.

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

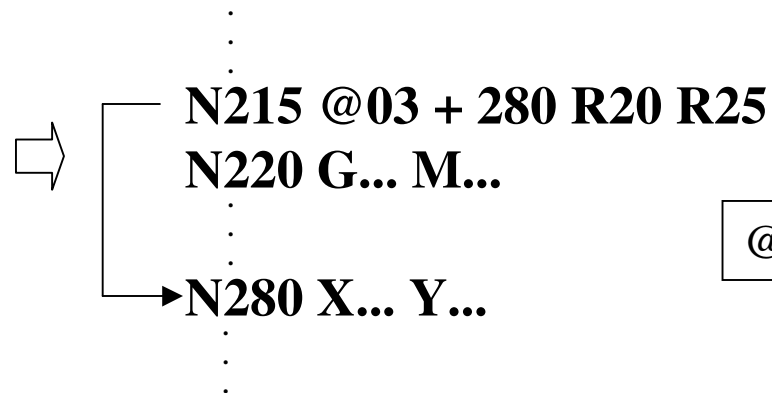
Exemplos:

Alvo de desvio
antes de instrução
de desvio (-)



@01 => R01 = R02?

Alvo de desvio
antes de instrução
de desvio (+)



@03 => R20 >= R025?

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

- **Parâmetros**

- *Parâmetros*: são instruções pré-selecionadas sob as quais a máquina é programada, preparada e operada => são vistos como “defaults”;

Exemplo 1: Se usa-se mais frequentemente unidades em polegadas => pode-se selecionar um parâmetro que irá invocar automaticamente a função **G20** =>

- » a função **G20** não precisará ser chamada no programa;
- » para dados métricos a função **G21** deve ser programada;

Tecnologia de Comando Numérico - Programação CN

Exemplo 2: Acionando a tecla PARÂMETRO no painel obtém-se:

NO 0001 01011000 => Significa que o parâmetro número 0001 tem a configuração 0101100 que por sua vez pode significar:

- » 1º dígito = 0 => o programa não será verificado, = 1 => o programa será verificado;
- » 2º dígito = 0 => formato EAI, = 1 => formato ISO , etc.