

Tecnologia de Comando Numérico

164399

Aula 9

Programação CN Assistida por Computador

Prof. Edson Paulo da Silva

Programação Assistida por Computador

- A programação CN assistida por computador pode ser dividida em duas categorias:
 - Programação CN baseada numa linguagem de programação;
 - *APT, EXAPT* - exemplos de sistemas baseados em linguagens;
 - Programação auxiliada por sistemas CAD/CAM;
 - *MasterCam, SolidCam, SmartCam* - exemplos de sistemas CAD/CAM;
- Todos sistemas de programação CN assistidos por computador são constituídos de um processador e um pós-processador:

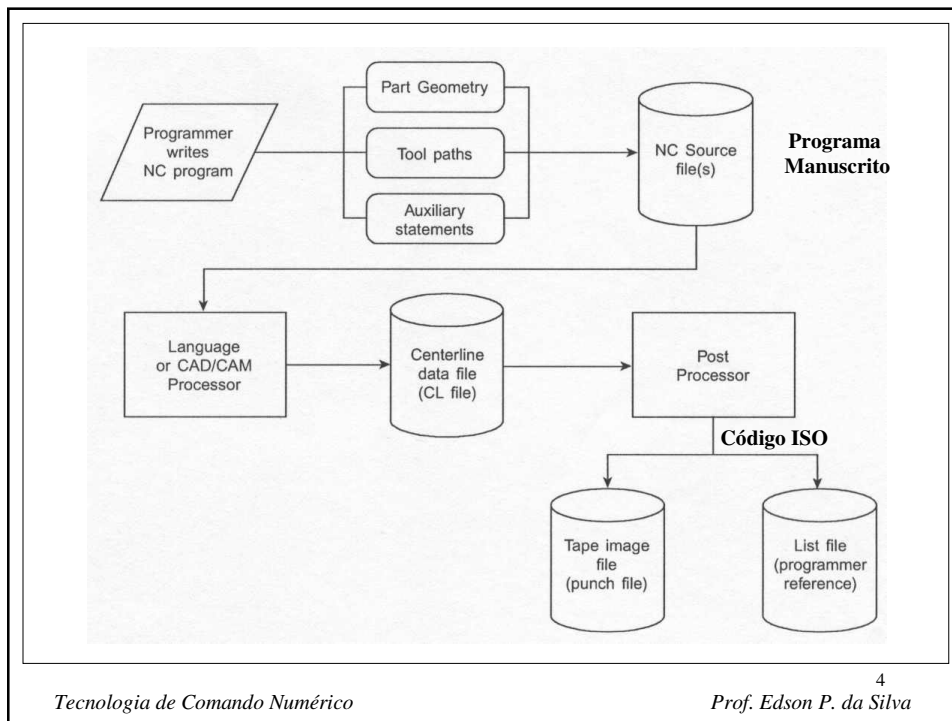
i) O processador

- A função do *processador* (sistema de programação) é receber as informações especificadas pelo programador (composta de comandos específicos da linguagem usada no *programa manuscrito*) e convertê-las em um arquivo chamado “*centerline data file (CL file)*”;

- O arquivo CL contém as informações de posicionamento da linha de centro da ferramenta com os demais comandos (ligar/desligar eixo árvore, ligar/desligar fluido refrigerante, ativar/desativar compensação de raio etc.);

ii) O pós-processador

- A função do pós-processador é converter as informações geradas pelos sistemas de programação (Arquivos CL - centerline data files) no formato ISO (Código G);
- Enquanto apenas um processador pode ser usado para qualquer comando CNC, um pós-processador é requerido para cada comando CNC;
- Independente do tipo de sistema de programação usado (linguagem de programação, sistemas CAD/CAM) todo sistema funciona da mesma maneira básica como ilustrado na figura que segue:



Linguagens utilizadas na programação auxiliada por computador

- Uma linguagem de programação auxiliada por computador utiliza comandos próprios para definir a geometria da peça, a trajetória da ferramenta e para descrever as operações desejadas;
- Alguns exemplos de linguagens utilizadas na programação auxiliada por computador são:

APT (Automatic Programmed Tools)

- Desenvolvida pelo MIT entre 1956 e 1959;
- Posicionamento e contornos;

AUTOSPOT (Automatic System for Positioning Tools)

- Desenvolvida pela IBM e lançada em 1962 para programação PTP;
- Versões mais modernas também contorno;

SPLIT (Sundstrand Processing Language Internally Translated)

- Desenvolvida pela Sundstrand's Machine Tools;
- Posicionamento e contorno;

COMPACT II

- Desenvolvida pela Manufacturing Data System Inc. (MDSI);

ADAPT (Adaptation of APT)

- Baseada diretamente na linguagem APT e desenvolvida pela IBM;
- Posicionamento e contorno;

EXAPT (Extended Subset of APT)

- Desenvolvida na Alemanha por volta de 1964 baseada na APT;
- EXAPT I (posicionamento), EXAPT II (torneamento) e EXAPT III (operações de contorno);

UNIAPT

Linguagem similar à APT mas idealizada para computadores de pequeno porte. O advento de PC's mais potentes e dos sistemas CAD/CAM caiu em desuso;

Fundamentos da programação em APT (Automatic Programmed Tools)

Há quatro tipos de comandos na linguagem APT:

- i) Comandos de geometria:* usados para definir os elementos geométricos que formam a peça. São também chamados de comandos de definições;
- ii) Comandos de movimento:* são usados para descrever a trajetória da ferramenta;
- iii) Comandos de pós-processamento:* usados para especificar avanços, velocidades e outros parâmetros de usinagem;
- iv) Comandos auxiliares:* são usados para identificar a peça, ferramenta, tolerâncias etc.;

Comandos de geometria: Os movimentos de ferramenta são especificados em termos de pontos e superfícies (pontos e superfícies anteriormente definidos).

Formato geral: **SÍMBOLO = TIPO DE GEOMETRIA/DADOS
DESCRITIVOS**

SÍMBOLO: qualquer combinação alfanumérica de até seis dígitos para identificar o elemento geométrico. Pelo menos um dígito deve ser alfabético;

TIPO DE GEOMETRIA: Palavra APT que identifica o tipo de geometria. POINT, LINE , PLANE e CIRCLE;

DADOS DESCRITIVOS: definem o elemento completamente, precisamente e unicamente. Pode conter grandezas dimensionais, dados de posição, elementos de geometria previamente definidos e outras palavras APT;

Exemplos:

Especificando um ponto

P1 = POINT/5.0,4.0,0.0 (definido pelas coordenadas [5,4,0]);

P2 = POINT/INTOF,L1,L2 (definido pela interseção de L1 e L2);

P3=POINT/CENTER,C1 (definido pelo centro do círculo C1);

INTOF = interseção de ;

Especificando uma linha

L3 = LINE/P3,P4 (definida pelos pontos P3 e P4);

L4 = LINE/P5, PARLEL,L3 (passando pelo ponto P5 e paralela a L3);

L5= LINE/P1,LEFT,TANTO,C1 (passando pelo ponto P1 e tangente ao círculo C1 pela esquerda);

Especificando um círculo

C1 = CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS,5.0 (centro em P1 e raio 5);

C2 = CIRCLE/CENTER,P5,L1 (centro em P5 e tangente à reta L1);

Especificando um plano

PL1 = PLANE/P1,P4,P5 (plano contendo os pontos P1, P4 e P5);

Definindo um plano paralelo a PL1 e passando por um dado ponto P2;

PL2 = PLANE/P2, PARLEL,PL1 (passando pelo ponto P2 e paralelo ao plano PL1);

PL3 = PLANE/XYPLANE,1.0 (plano paralelo ao plano XY a uma distância de 1");

Comandos de movimentos: Formato geral:

COMANDO DE MOVIMENTO/ DADOS DESCRITIVOS

GOTO - Movimento ponto a ponto;

GOTO/P2

GOTO/2.0,7.0,0.0 (Coordenadas absolutas do ponto P2)

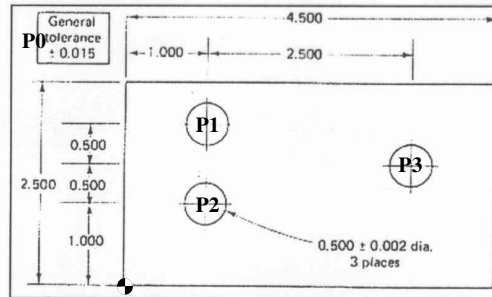
GODLTA - Movimento incremental a partir da posição atual;

GOTO/P3

GODLTA/2.0,7.0,0.0 (Coordenadas incrementais do ponto P2);

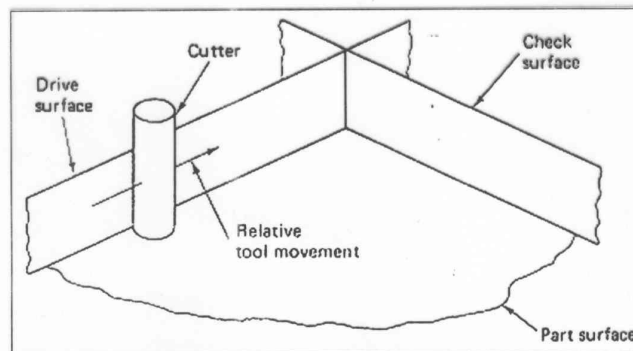
Exemplo: Comandos de geometria e de posicionamento para furação

P1 = POINT/1.0,2.0,0.0
P2 = POINT/1.0,1.0,0.0
P3 = POINT/3.5,1.5,0.0
P0 = POINT/-1.0,3.0,2.0
FROM/P0
GOTO/P1
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
GOTO/P2
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
GOTO/P3
GODLTA/0.0,0.0,-1.0
GODLTA/0.0,0.0,1.0
GOTO/P0



Peça exemplo 1.

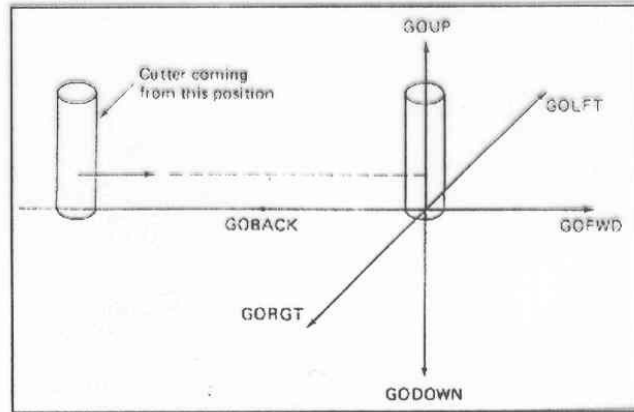
O contorno: A ferramenta é direcionada ao longo de duas superfícies que se interceptam:



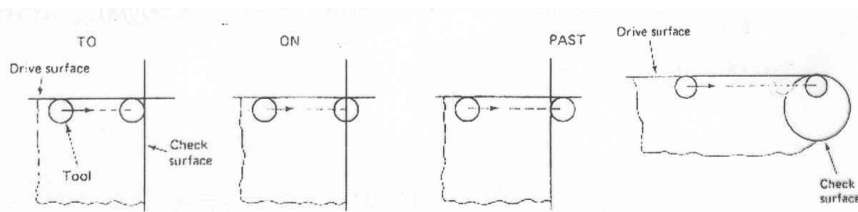
- 1. Drive surface:** superfície que guia a ferramenta;
- 2. Part surface:** superfície sobre a qual o fundo da ferramenta desliza (não necessariamente uma superfície da peça);
- 3. Check surface:** superfície que limita o movimento da ferramenta na direção de corte;

- Através dos comandos de movimento a ferramenta se move ao longo da *drive surface* e da *part surface*;

GOLFT GORGT
 GOFWD GOBACK
 GOUP GODOWN



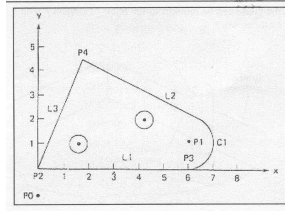
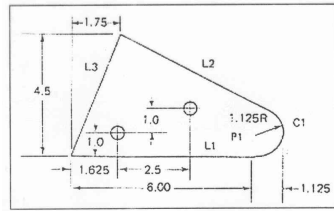
- Um dado movimento é realizado até a ferramenta encontrar a *check surface*. Isso pode se dar de três formas diferentes através dos comandos TO, ON e PAST;



- Antes de um comando de movimento é necessário o comando FROM

FROM/TARG
 GO/TO,PL1,TO,PL2,TO,PL3

Exemplo de aplicação dos comandos de movimento



P0 = POINT/0.0,-1.0,0.0
 P1 = POINT/6.0,1.125,0.0
 P2 = POINT/0.0,0.0,0.0
 P4 = POINT/1.75,4.5,0.0
 L1 = LINE/P2,P3
 C1 = CIRCLE/CENTER,P1,RADIUS,1.125
 L2 = LINE/P4,LEFT,TANTO,C1
 L3 = LINE/P2,P4
 PL1 = PLANE/P2,P3,P4

FROM/P0
 GO/TO,L1,TO,PL1,ON,L3
 GORGT/L1,TANTO,C1
 GOFWD/C1,PAST,L2
 GOFWD/L2,PAST,L3
 GOLFT/L3,PAST,L1
 GOTO/P0

Comandos de pós-processamento: Controlam a operação dos eixos, avanços, velocidades e outros parâmetros:

COOLT/ ON - Liga fluido refrigerante
 COOLT/OFF - Desliga fluido refrigerante
 FEDRAT/6.0 - Avanço de 6.0 pol/min
 MACHIN/ - Identifica a máquina.
 Ex.: MACHIN/MILL,1

Comandos auxiliares: São usados para definir dimensões de ferramenta, identificar peças etc.:

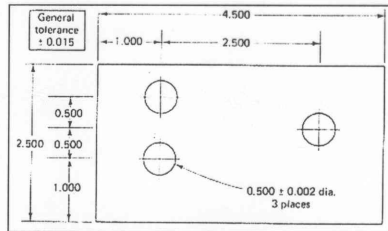
Ex: CUTTER/0.5 - Ferramenta de diâmetro 0.5 pol
 FINI - Fim de programa

Problema exemplo 1

Escrever em linguagem APT um programa para usinagem da peça mostrada abaixo. Considere os seguintes parâmetros:

Velocidade: $S = 573 \text{ RPM}$

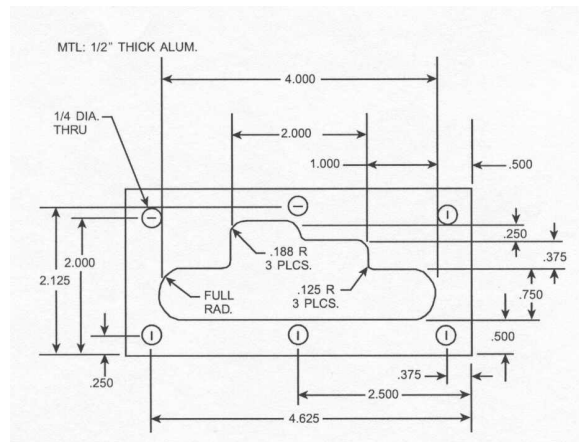
Avanço: $F = 2.29 \text{ in/min}$



Column	1	6	8	10	72
PARTNO				EXAMPLE PART	
				MACHIN/MILL, 1	
				CLPRINT	
				INTOL/.001	
				OUTTOL/.001	
				CUTTER/500	
P0	=	POINT/0, -1.0, 0			
P1	=	POINT/0, 0, 1.125, 0			
P2	=	POINT/0, 0, 0			
P3	=	POINT/0, 0, 0			
P4	=	POINT/1.75, 4.5, 0			
L1	=	LINE/P2, P3			
C1	=	CIRCLE/CENTER, P1, RADIUS, 1.125			
L2	=	LINE/P4, LEFT, TANTO, C1			
L3	=	PLANE/P2, P4			
PL1	=	SPINDL/573			
		FEDRAT/2.29			
		COOLNT/ON			
		FROM/PO			
		GO/TO, L1, TO, PL1, ON, L3			
		GORGT/L1, TANTO, C1			
		GOFWD/C1, PAST, L2			
		GOFWD/L2, PAST, L3			
		GOLFT/L3, PAST, L1			
		RAPID			
		GOTO/PO			
		COOLNT/OFF			
		FIN			

FIGURE 9.16 APT program for Example 9.5.

Problema exemplo 2



Peça exemplo 2.

```

PARTNO APT MILL EXAMPLE
MACHIN/INCOI,24
AUTO/ON

PPRINT *****
PPRINT COORDINATE SYSTEM ORIGIN
PPRINT Z0 = LOWER RIGHT CORNER OF PART
PPRINT Z0 = 2.000 INCHES ABOVE TOP OF PART
PPRINT *****
PPRINT MACHINING SEQUENCE
PPRINT TOOL 1 BOREH MILL INSIDE CONTOUR OF PART
PPRINT TOOL 2 FINISH MILL INSIDE CONTOUR OF PART
PPRINT TOOL 3 CDRILL AND CHISE 1/4 HOLES TO .260 DIA.
PPRINT TOOL 4 DRILL 1/4 DIA. HOLES
PPRINT *****

$$
$PART GEOMETRY
$Z
VLI =PLANE/XYPLAN,-1 $ZTOP OF PART
VLI =PLANE/PARLEL,VLI,EMALL,51 $Z .01 BELOW BOTTOM OF PART
CLR =PLANE/PARLEL,VLI,ELARGE,55 $Z .05 ABOVE TOP OF PART

VLI =LINE/VARIE,-5
VLI =LINE/PARLEL,VLI,EMALL,1
VLI =LINE/VARIE,-2.5
VLI =LINE/PARLEL,VLI,EMALL,2
VLI =LINE/PARLEL,VLI,EMALL,4

HLI =LINE/VARIE,5
HLI =LINE/PARLEL,HLI,YLARGE,75
HLI =LINE/PARLEL,HLI,YLARGE,375
HLI =LINE/PARLEL,HLI,YLARGE,25
HLI =LINE/PARLEL,HLI,YLARGE,375

C1 =CIRCLE/EMALL,VLI,YLARGE,HLI,YEMALL,HLI
C2 =CIRCLE/ELARGE,VLI,YLARGE,HLI,RADIUS,125
C3 =CIRCLE/EMALL,VLI,YEMALL,HLI,RADIUS,188
C4 =CIRCLE/EMALL,VLI,YEMALL,HLI,RADIUS,188
C5 =CIRCLE/YLARGE,HLI,YEMALL,C1,RADIUS,125
C6 =CIRCLE/YLARGE,HLI,YEMALL,HLI,RADIUS,188
C7 =CIRCLE/EMALL,VLI,YLARGE,HLI,RADIUS,125
C8 =CIRCLE/YLARGE,HLI,ELARGE,VLI,YEMALL,HLI

SUBP/P11
P1 =POINT/-.375,-.2
P2 =POINT/2.5,2.125
P3 =POINT/4.625,2
P4 =POINT/4.625,25
P5 =POINT/2.5,25
P6 =POINT/-.375,25
PATI =PATERN/RANDOM,P1,P2,P3,P4,P5,P6

FIGURE 15-4
(Continues to page 338)

```

Programa manuscrito em APT para a peça exemplo 2.
(Na programação assistida por sistemas CAD/CAM está tarefa é substituída pela elaboração do
do desenho com as ferramentas do CAD)

```

PARTNO APT MILL EXAMPLE
MACHIN/INCOI,24
AUTO/ON

PPRINT *****
PPRINT COORDINATE SYSTEM ORIGIN
PPRINT Z0 = LOWER RIGHT CORNER OF PART
PPRINT Z0 = 2.000 INCHES ABOVE TOP OF PART
PPRINT *****
PPRINT MACHINING SEQUENCE
PPRINT TOOL 1 BOREH MILL INSIDE CONTOUR OF PART
PPRINT TOOL 2 FINISH MILL INSIDE CONTOUR OF PART
PPRINT TOOL 3 CDRILL AND CHISE 1/4 HOLES TO .260 DIA.
PPRINT TOOL 4 DRILL 1/4 DIA. HOLES
PPRINT *****

FROM /0,4,0
PPRINT 3/8 END MILL - USES CRO REGISTER D11
PPRINT 1/8 END MILL - LEAVE .01 FINISH STOCK
LOADTL /3,ADJUST,1
CUTTER /375,0,0,0,0,0,5
SPINDL /3800,CLW
COOLANT /ON
FEEDRAT /,003,IPR
RAPID
GOTO /-1.5,875,-.55
GOTO /-1.5,875,-1.51
CUTCOM /LEPT,11
PPRINT *****
PPRINT MILL .750 WIDE SLOT
PPRINT *****
GOTO /-1.5,1.0525,-1.51
PPRINT *****
ARCDAT /-4.125,875,-1.51,0,0,1,375
ARCNVO /CUM,-4.125,-6975,-1.51,180,0.0000021
GOTO /-.875,-6975,-1.51
ARCDAT /-.875,875,-1.51,0,0,1,375
ARCNVO /CUM,-.875,1.0525,-1.51,180,0.0000021
GOTO /-1.6975,1.0525,-1.51
PPRINT *****
PPRINT MILL BALANCE OF SLOT
PPRINT *****
GOTO /-1.6975,1.4275,-1.51
GOTO /-2.6975,1.4275,-1.51
GOTO /-2.6975,1.6775,-1.51
GOTO /-3.3025,1.6775,-1.51
GOTO /-3.3025,875,-1.51
PPRINT *****
PPRINT CANCEL CRO, RETURN TO TOOL CHANGE
PPRINT *****
CUTCOM /OFF
GORME /1
PPRINT *****
PPRINT 1/4 END MILL - USES CRO REGISTER D21
PPRINT FINISH MILL SLOT
PPRINT *****
LOADTL /2,ADJUST,2
CUTTER /,25,0,0,0,0,0,5
SPINDL /4000,CLW
COOLANT /ON
FEEDRAT /,002,IPR
RAPID

FIGURE 15-5
(Continues to page 338)

```

Arquivo CL para a peça exemplo 2.

```

%
( APT MILL EXAMPLE)
(POURED ON 05/02/00 15.10.52 TBRU UNCK01,24)
M1020091
M1020092
M3030091X0.Y0.M1
M4090
NS9400809001709808P0
M17M6
M17Z
M18M
NS81800M3
M1000X-1.5Y.875
M1043X.0580
M1031X-.01P11.4
M1041X1.052011
M14X-4.125
M102X-4.125Y.69750.J-.1775
M162X-.875
M170X-.875Y1.05250.J.1775
M180X-1.6975
M19Y.425
M20X-2.6975
M21Y.875
M22X-1.3025
M23Y.875
M2400
M28M10
NS60910002820.M5
M270X00.Y0.M19
M18M
M30400809001709808P0
M17ZM6
M17Z
M18M
M134800M3
M1400X-.875Y.875
M1043X1.0580
M1020.4990
M17041Y1.125021
M18X-1.375
M1902X-1.625Y1.3750.J.25
M1021Y.437
M1010X-1.688Y1.5Y-.06320.
M102X-2.3024
M1902X-2.688Y1.69770.J.25
M1402X-2.688Y1.75Y-.06170..0127
M1010X-1.312
M1602X-3.375Y1.6870.J-.063
M170Y1.375
M1802X-3.625Y1.125Y-.2520.
M1901X-4.125
M1010X-4.125Y.6250.J-.25
M1010X-.875
M1020X-.875Y1.1250.J.25
M1020X-1.625
M14040
M18M10
NS60910002820.M5
M270X00.Y0.M19
M18M

```

```

NS9400809001709808P0
M607M6
M6174
M62M6
M638300M3
M6401043X-.375Y.222.P7.H0
M65X-2.5Y2.125
M65X-4.625Y2.
M67Y.25
M68X-2.5
M69X-.375
M70M109
M710910002820.M5
M72030X0.Y0.M19
M73M1
M740400809001709808P0
M7574M6
M7630300M3
M7701043X-.375Y.223.P6.H0M8
M78X-2.5Y2.125
M79X-4.625Y2.
M80Y.25
M81X-2.5
M82X-.375
M83M109
M840910002820.M5
M85030X0.Y0.M19
%

```

FIGURE 15-6
Apt generated tape image file

Código G para a peça exemplo 2.