

Programação Paramétrica (Comando HEIDENHAIN)

Ao longo dos anos de evolução na programação de máquinas CNC habituamo-nos a ver os operadores e programadores CNC usarem essencialmente dois métodos: a programação directa na máquina, utilizando os ciclos fixos do comando ou, em maquinagem de formas mais complexas, o recurso aos diversos *softwares de CAM* (*Computer Aided Manufacturing*).

Na programação de máquinas CNC não concordo que esta seja executada essencialmente por operadores "pendurados" no teclado da máquina, usando os ciclos fixos do comando, mas também não concordo que toda a programação tenha que ser feita através de *softwares de CAM*.

Penso que existe uma terceira via, pouco usada na indústria e pouca explorada nos diversos cursos de CNC que é a programação paramétrica. Neste tipo de programação é possível desenvolver programações dinâmicas, vivas, ou seja, o valor de uma coordenada X, Y ou Z ou o valor de um parâmetro tecnológico, Velocidade de Corte, Avanço ou Velocidade de Rotação passa a ser atribuída a um parâmetro apresentado no cabeçalho do programa, podendo ser alterado e modificado sempre que a situação assim o exige.

Se pretendermos otimizar um programa de CNC ou adaptá-lo para a maquinagem de outras formas temos que recorrer a parâmetros que possam ver os seus valores alterados de forma dinâmica. Se, por exemplo, tivermos uma coordenada X+20 espalhada várias vezes ao longo de um programa e se tivermos que a alterar teremos que percorrer todo o programa e fazer as devidas alterações.

Todos compreendemos que esta alteração será lenta e propicia a erros, mas se pelo contrário definirmos um parâmetro inicial, e tomando como exemplo para este o comando HEIDENHAIN, definimos no cabeçalho um parâmetro Q1 = +20, então sempre que eu necessitar de usar esse valor ao longo do programa usaremos o parâmetro Q1 e sempre que necessitarmos de alterar esse valor basta ir ao cabeçalho do programa e alterar o valor para o valor pretendido.

Não concebo que qualquer programa, feito manualmente, não use parâmetros, é essencial que isso aconteça para a sua organização ou sua otimização, seja qual for o comando usado. Na minha opinião, em qualquer programa de CNC adequa-se o uso de parâmetros, sempre que estivermos a digitar um valor que achamos que possa vir a ser alterado por uma qualquer razão, então definimos um parâmetro no cabeçalho do programa com o valor pretendido e sempre que necessitarmos de o alterar ou otimizar faço-o num único local.

O diálogo ente os comandos das máquinas e os operadores será cada vez mais evoluído, não podemos ficar presos aos ciclos fixos do próprio comando. Atualmente já dispomos no mercado de comandos que usam linguagens de alto nível, a semelhança de qualquer linguagem de programação usada em computador. As funções como *IF, GOTO, FOR, WHILE, CASE, REPEAT*, etc. estão já há muito tempo disponíveis em diversos comandos usados nas diversas máquinas CNC.

É muito importante que passemos a tirar partido destas funções dinâmicas, em vez de optarmos constantemente por valores

rígidos, de forma a obter programas mais otimizados e dinâmicos para que possam ser rapidamente adaptados para a maquinagem de outras peças. Por exemplo, porquê escrever várias vezes, ao longo de um programa CNC, uma velocidade de corte igual a 150m/min, porque não definirmos um parâmetro no início do programa, por exemplo Q2=150, e sempre que precisarmos de digitar esse valor colocamos somente Q2.

Qual a vantagem disto? Por exemplo, se por uma questão de otimização da maquinagem chegarmos à conclusão que o valor ideal da velocidade de corte é de 145 m/min, então basta alterar o parâmetro usado para o valor de 145 m/min, ou seja, torna-se sem dúvida muito mais fácil a sua otimização.

Resumindo é importante que comecemos a olhar para um programa de CNC como algo "vivo", que podemos modificar e otimizar com mais facilidade. Temos sobretudo que aumentar o nosso léxico de comunicação com as máquinas CNC, e isso só será possível com recurso a funções de programação de linguagens de alto nível.

Da próxima vez que estiver a programar uma máquina de CNC e precisar, por exemplo, de digitar Z+2 para cota de segurança, porque não criar um parâmetro, por exemplo Q3, com o valor de 2. Depois, sempre que necessitar de alterar o posicionamento do plano de segurança de 2 para 1.5, basta chegar ao parâmetro e digitar o valor correto.

Na sequência deste artigo serão apresentadas as funções principais do comando HEIDENHAIN 420 juntamente com um exemplo prático.

No comando HEIDENHAIN os parâmetros Q podem representar:

- Valor de coordenadas X, Y, Z;
- Avanços;
- Velocidades de rotação;
- Parâmetros de ciclos.

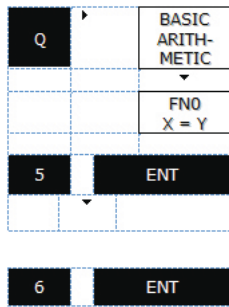
Um parâmetro Q é designado por uma letra e um número de 0 a 119. Os parâmetros Q podem representar valores entre -99999.9999 e +99999.9999.

BASIC ARITHMETIC	TRIGONOMETRY	JUMP	DIVERSE FUNCTION	FORMULA	END
------------------	--------------	------	------------------	---------	-----

Grupo de funções	
Atribuir, adicionar, subtrair, multiplicar, dividir, raiz quadrada.	BASIC ARITHMETIC
Seno, cosseno, hipotenusa, angulo.	TRIGONOMETRY
Se igual, Se diferente, Se maior que, Se menor que	JUMP
Outras funções	DIVERSE FUNCTION
Digitar fórmula	FORMULA



Para atribuir um valor numérico a um parâmetro Q



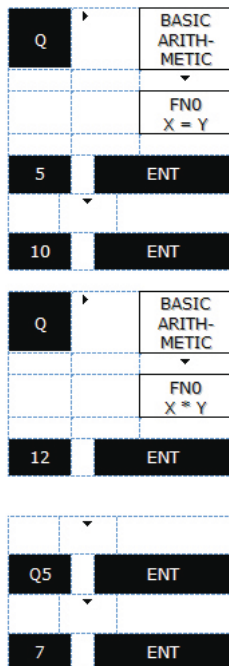
Resultado FN0: Q5=6

FN0 X = Y	FN1 X + Y	FN2 X - Y	FN3 X * Y	FN4 X / Y	FN5 SQRT		END
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	-------------	--	-----

Grupo de funções	
FN0: Atribuir Ex: FN0: Q5 = +60	FN0 X = Y
FN1: Adicionar Ex: FN1: Q5 = +60 + -Q5	FN1 X + Y
FN2: Subtrair Ex: FN2: Q5 = +Q1 - Q2	FN2 X - Y
FN3: Multiplicar Ex: FN3: Q5 = +Q3 * +10	FN3 X * Y
FN4: Dividir Ex: FN4: Q5 = Q4 / Q10	FN4 X / Y
FN5: Raiz quadrada Ex: FN5: Q5 = SQRT Q6	FN5 SQRT

Para selecionar uma operação matemática

Exemplos:



Resultado FN0: Q5=6
FN3: Q12=+Q6*+7

FN6 SIN (X)	FN7 COS (X)	FN8 X LEN Y	FN13 X ANG Y				END
----------------	----------------	----------------	-----------------	--	--	--	-----

Grupo de funções	
FN6: Seno Ex: FN6: Q20 = SIN-Q5 Calcula o seno de um angulo em graus e atribui o valor ao parâmetro Q20	FN6 SIN (X)
FN7: Cosseno Ex: FN7: Q21 = COS-Q5 Calcula o cosseno de um angulo em graus e atribui o valor ao parâmetro Q21	FN7 COS (X)
FN8: Hipotenusa Ex: FN8: Q10= +5 LEN +4 Calcula a hipotenusa a partir de dois catetos X e Y.	FN8 X LEN Y
FN13: Angulo Ex: FN3: Q20= +10 ANG-Q1 Calcula o ângulo a partir da tangente definida pelos lados X e Y de um triângulo retângulo.	FN13 X ANG Y

FN9 IF X EQ Y GOTO	FN10 IF X NE Y GOTO	FN11 IF X GT Y GOTO	FN12 IF X LT Y GOTO				END
--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	--	--	--	-----

IF	SE
EQU	IGUAL
NE	NÃO IGUAL (Diferente)
GT	MAIOR QUE
LT	MENOR QUE
GOTO	SALTA PARA

Exemplo:

FN9: IF +10 EQU +10 GOTO LBL 1

Grupo de funções	
FN9: Se Igual Salto Ex: FN9: IF +Q1 EQU +Q3 GOTO LABEL 1 Se os dois parâmetros Q1 e Q2 são iguais o comando salta para o Label 1.	FN9 IF X EQ Y GOTO
FN10: Se Diferente Salto Ex: FN10: IF +10 NE -Q5 GOTO LABEL 1 Se os dois valores 10 e Q5 são diferentes comando salta para o Label 1.	FN10 IF X NE Y GOTO
FN11: Se Maior Salto Ex: FN11: IF +Q1 GT 10 GOTO LABEL 5 Se o parâmetro Q1 é maior que 10 o comando salta para o Label 5.	FN11 IF X GT Y GOTO
FN12: Se Menor Salto Ex: FN11: IF +Q1 LT 10 GOTO LABEL 3 Se o parâmetro Q1 é menor que 10 o comando salta para o Label 3.	FN12 IF X LT Y GOTO

Adição	+
Subtração	-
Multiplicação	*
Divisão	/
Parêntesis	(
Parêntesis)
Quadrado	SQ
Raiz Quadrada	SQRT
Seno	SIN
Cosseno	COS



Tangente	TAN
Arco-seno	ASIN
Arco-cosseno	ACOS
Arco-tangente	ATAN
Potência	^
Valor de PI	PI
Logaritmo de base 2.7183	LN
Logaritmo de base 10	LOG
Exponencial	EXP
Multiplicar por 1	NEG
Valor inteiro	INT
Valor absoluto	ABS
Valor fracionário	FRAC

Desbaste de uma Caixa Rectangular
Fases Laterais de Inclinação Diferente.
Raio de Canto Variável.



```

o BEGIN PGM DESBASTE MM
1 BLKFORM o.1 ZX+oY+oZ-3o
2 BLKFORM o.2 X+1ooY+1ooZ+o
3 TOOLCALL 5 Z S75oo
4 LM6
5 FN o: Q1 = +5o; CENTRO DACAIXA EM XX
6 FN o: Q2 = +5o; CENTRO DACAIXA EM YY
7 FN o: Q3 = +o; CENTRO DACAIXA EM ZZ
8 FN 1: Q73 = +Q3 + +2; PLANO DE SEGURANCA
9 FN o: Q4 = +8o; LARGURA EM XX
1o FN o: Q5 = +8o; LARGURA EM YY
11 FN o: Q6 = +45; INCLINACAO DA PRIMEIRA FACE EM XX
12 FN o: Q7 = +5; INCLINACAO DA SEGUNDA FACE EM XX
13 FN o: Q8 = +12; INCLINACAO DA PRIMEIRA FACE EM YY
14 FN o: Q9 = +8; INCLINACAO DA SEGUNDA FACE EM YY
15 FN o: Q1o = +15; RAO SUPERIOR
16 FN o: Q11 = +1o; RAO INFERIOR
17 FN o: Q12 = +o; ANGULO DE ROTACAO
18 FN o: Q13 = +2o; ALTURA DA CAIXA
19 FN o: Q14 = +o.3; INCREMENTO
2o FN o: Q15 = +o; ALTURA INCREMENTAL DA CAIXA
21 FN 2: Q2o = +Q1o - +Q11; RAO SUPERIOR - RAO INFERIOR
22 FN 4: Q21 = +Q2o DIV +Q13; VARIACAO DO RAO DA CAIXA EM
    ALTURA
23 FN o: Q29 = +o.5; SOBRESPESSURA PARA ACABAMENTO
24 FN 2: Q9o = +Q13 - +Q29
25 FN o: Q15 = +Q14
26 CALL LBL 2
27 LZ+2oo FMAX
28 LM3o

```

```

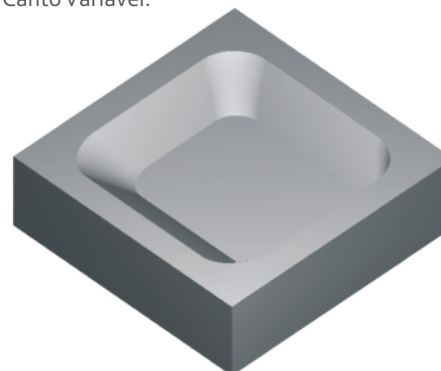
29 LBL 2
3o CALL LBL 1
31 Q15 = Q15 + Q14
32 FN 12: IF +Q15 LT +Q9o GOTO LBL 2
33 Q15 = Q15 - Q14
34 Q14 = Q9o - Q15
35 CALL LBL 1
36 Q14 = Q29
37 CALL LBL 1
38 LBL o

39 LBL 1
4o Q8o = Q1o - (Q21 * Q15)
41 Q5o = TAN Q8 * Q15
42 Q51 = TAN Q9 * Q15
43 Q41 = Q4 - Q5o - Q51 - Q29
44 Q52 = (Q5o - Q51) / 2
45 Q7o = Q1 + Q52; DEFINICAO DO NOVO CENTRO EM XX
46 Q6o = TAN Q6 * Q15
47 Q61 = TAN Q7 * Q15
48 Q42 = Q5 - Q6o - Q61 - Q29
49 Q53 = (Q6o - Q61) / 2
5o Q71 = Q2 + Q53; DEFINICAO DO NOVO CENTRO EM YY
51 LX+Q7oY+Q71Z+Q73 FMAX M13
52 CYCL DEF 4.o FRES. CAVIDADE
53 CYCL DEF 4.1 DIST. 2
54 CYCL DEF 4.2 PROF. -Q14
55 CYCL DEF 4.3 INCR. Q14 F5o
56 CYCL DEF 4.4 XQ41
57 CYCL DEF 4.5 YQ42
58 CYCL DEF 4.6 F2ooo DR+ RAO Q8o
59 CYCL CALL
6o FN 2: Q73 = +Q73 - +Q14
61 LBL o

62 END PGM DESBASTE MM

```

Acabamento de uma Caixa Rectangular
Fases Laterais de Inclinação Diferente.
Raio de Canto Variável.



```

o BEGIN PGM LATERAL MM
1 BLKFORM o.1 ZX+oY+oZ-3o
2 BLKFORM o.2 X+1ooY+1ooZ+o
3 TOOLCALL 5 Z S75oo
4 LM6
5 FN o: Q1 = +5o; CENTRO DACAIXA EM XX
6 FN o: Q2 = +5o; CENTRO DACAIXA EM YY
7 FN o: Q3 = +o; CENTRO DACAIXA EM ZZ

```



8 FN1: Q73 = +Q3 + +2; PLANO DE SEGURANCA
 9 FN0: Q4 = +81; LARGURA EM XX
 10 FN0: Q5 = +81; LARGURA EMY
 11 FN0: Q6 = +45; INCLINACAO DA PRIMEIRA FACE EM XX
 12 FN0: Q7 = +5; INCLINACAO DA SEGUNDA FACE EM XX
 13 FN0: Q8 = +12; INCLINACAO DA PRIMEIRA FACE EMY
 14 FN0: Q9 = +8; INCLINACAO DA SEGUNDA FACE EMY
 15 FN0: Q10 = +15; RAO SUPERIOR
 16 FN0: Q11 = +10; RAO INFERIOR
 17 FN0: Q12 = +0; ANGULO DE ROTACAO
 18 FN0: Q13 = +20; ALTURA DA CAIXA
 19 FN0: Q14 = +0.05; INCREMENTO
 20 FN0: Q15 = +0; ALTURA INCREMENTAL DA CAIXA
 21 FN0: Q16 = +6; RAO DA FERRAMENTA
 22 FN2: Q20 = +Q10 - +Q11; RAO SUPERIOR - RAO INFERIOR
 23 FN4: Q21 = +Q20 DIV +Q13; VARIACAO DO RAO DA CAIXA EM ALTURA
 24 FN0: Q15 = +Q14
 25 LX+Q1Y+Q2Z+Q73Ro FMAX M13
 26 CALL LBL 2
 27 LZ+200FMAX
 28 LM30

 29 LBL 2
 30 CALL LBL 1
 31 Q15 = Q15 + Q14
 32 FN12: IF +Q15 LT +Q13 GOTO LBL 2
 33 Q15 = Q13
 34 CALL LBL 1
 35 LBL 0

 36 LBL 1
 37 Q80 = Q10 - (Q21 * Q15)
 38 Q50 = TAN Q8 * Q15
 39 Q51 = TAN Q9 * Q15
 40 Q41 = Q4 - Q50 - Q51
 41 Q52 = (Q50 - Q51) / 2
 42 Q70 = Q1 + Q52; DEFINICAO DO NOVO CENTRO EM XX
 43 Q60 = TAN Q6 * Q15
 44 Q61 = TAN Q7 * Q15
 45 Q42 = Q5 - Q60 - Q61
 46 Q53 = (Q60 - Q61) / 2
 47 Q71 = Q2 + Q53; DEFINICAO DO NOVO CENTRO EMY
 48 Q85 = TAN Q8 * Q15
 49 FN4: Q90 = +Q41 DIV +2
 50 FN4: Q91 = +Q42 DIV +2
 51 Q92 = Q70 - Q90
 52 Q93 = Q70 + Q90
 53 Q94 = Q71 - Q91
 54 Q95 = Q71 + Q91
 55 LZ-Q15F2000
 56 APPRCTX+Q70Y+Q94CCA180R+5RLF2000M90
 57 LX+Q93Y+Q94
 58 RND RQ80
 59 LX+Q93Y+Q95
 60 RND RQ80
 61 LY+Q95X+Q92

62 RND RQ80
 63 LX+Q92Y+Q94
 64 RND RQ80
 65 FN1: Q70 = +Q70 + +0.5
 66 LX+Q70
 67 DEPCTCCA180R+5F2000M90
 68 FN9: IF +Q14 EQU +0 GOTO LBL 3
 69 LBL 0

 70 ENDPGMLATERAL MM

Américo Costa - Licenciado em Eng.^a Mecânica pela Universidade do Porto - Técnico de Formação do CENFIM - Núcleo de Trofa

