

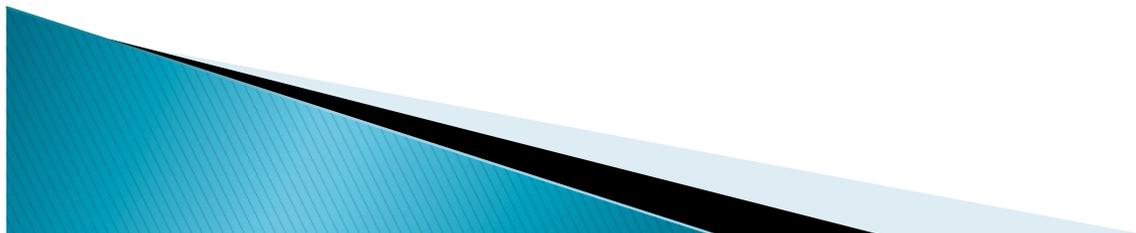
# Fresadoras CNC Domésticas

46608 Marco Prata  
56633 João Silvério  
63113 Luís Marques

**Automação de Processos Industriais**  
1º Semestre 2010/2011

# Fresadoras CNC

- ▶ Prototipagem rápida
- ▶ Produção flexível
- ▶ Componentes personalizados
- ▶ Alta Precisão
- ▶ Formas complexas
- ▶ Vários materiais



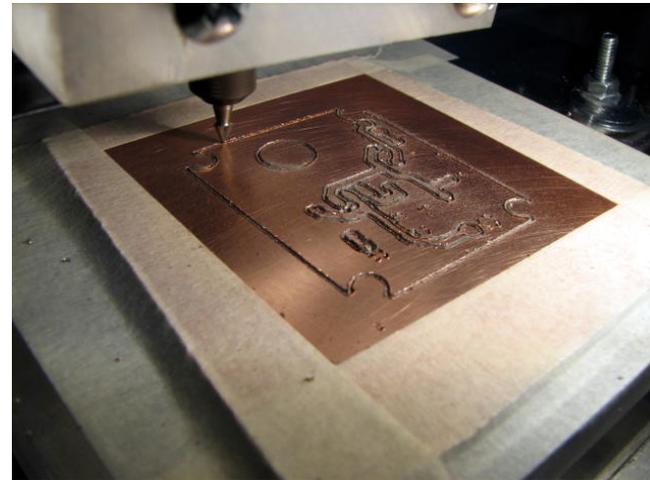
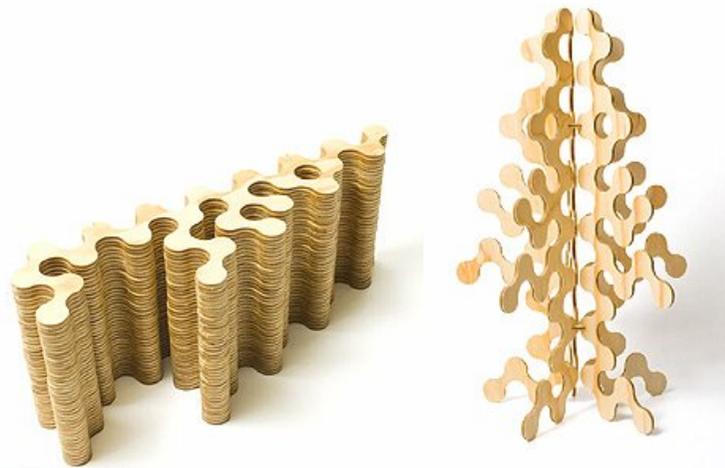
# Fresadoras CNC

- ▶ Unidades comerciais
  - 5 ou mais eixos
  - Precisão  $<0,01\text{ mm}$
  - Custo elevado
- ▶ Unidade doméstica
  - Baixo Custo ( $<50\text{€}$ )
  - Reciclar equipamentos electrónicos
  - Precisão  $<0,1\text{ mm}$
  - 3 eixos



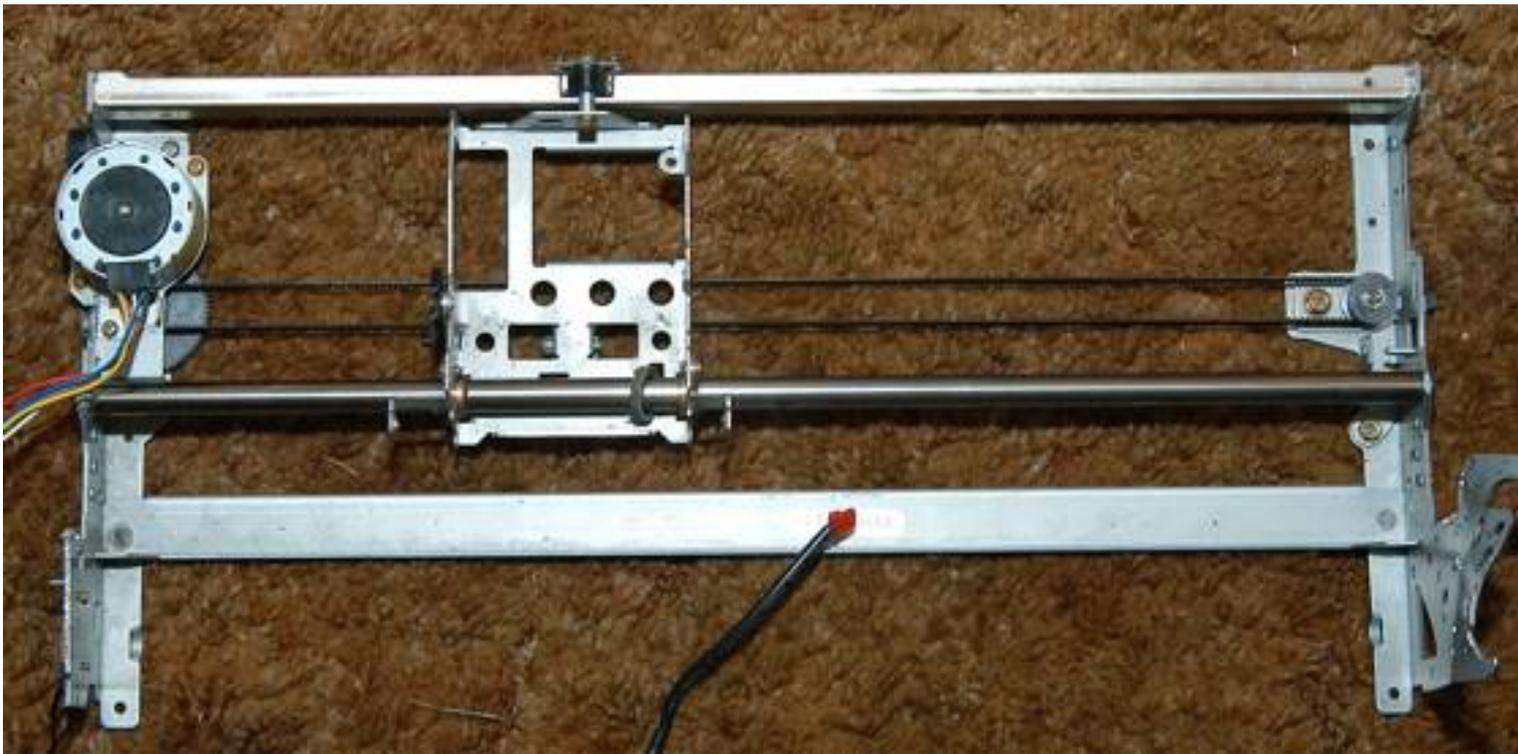
# Objetivo?

- ▶ Pequenos proyectos
- ▶ Bricolage
- ▶ PCB's
- ▶ Compartimentos para circuitos



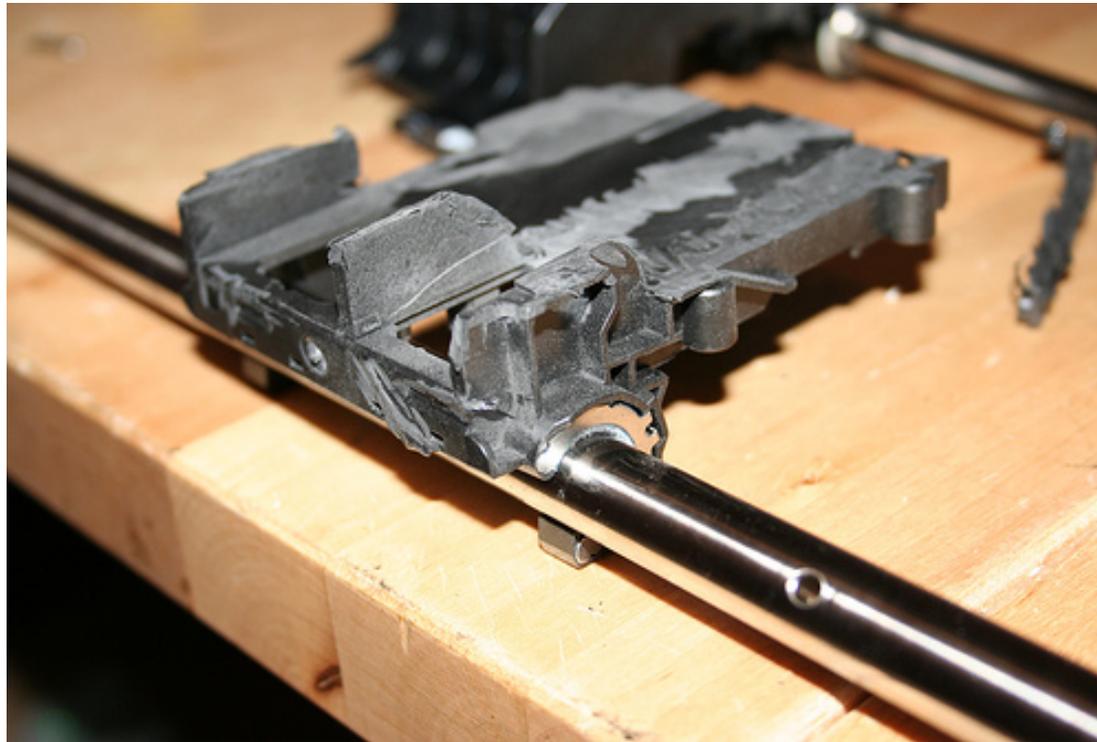
# Eixo X

- ▶ Carris de impressora jacto de tinta



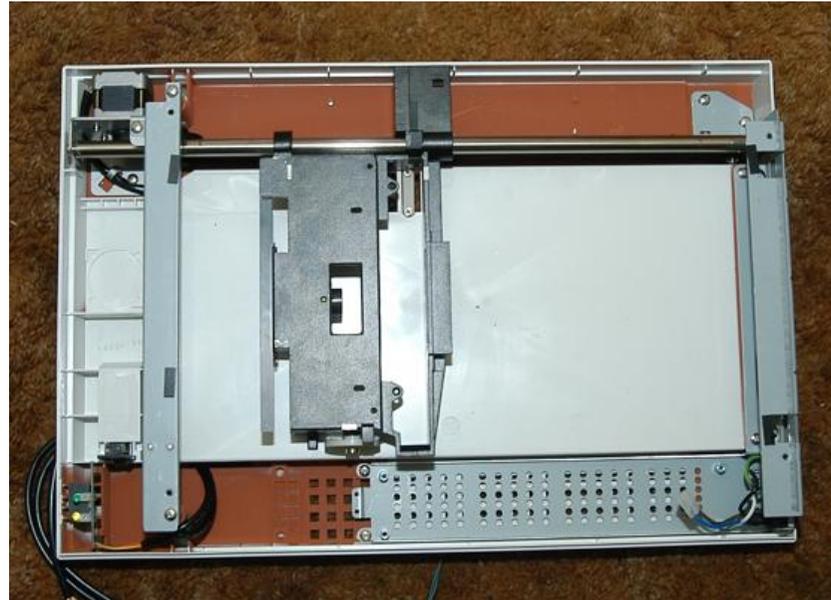
# Eixo X

- ▶ Carris de deslocamento

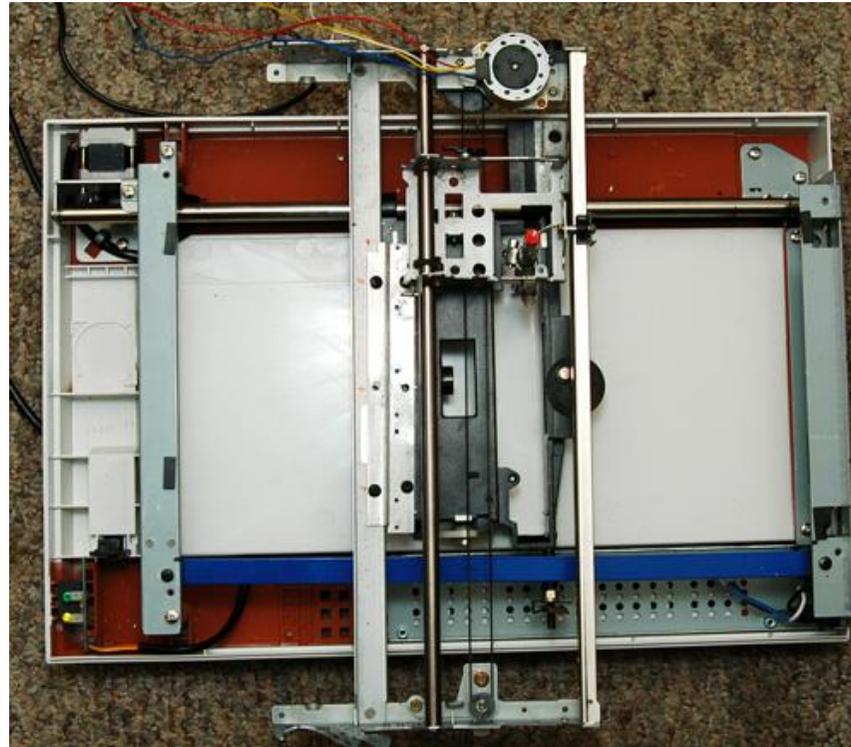


# Eixo Y

- ▶ Carris de scanner

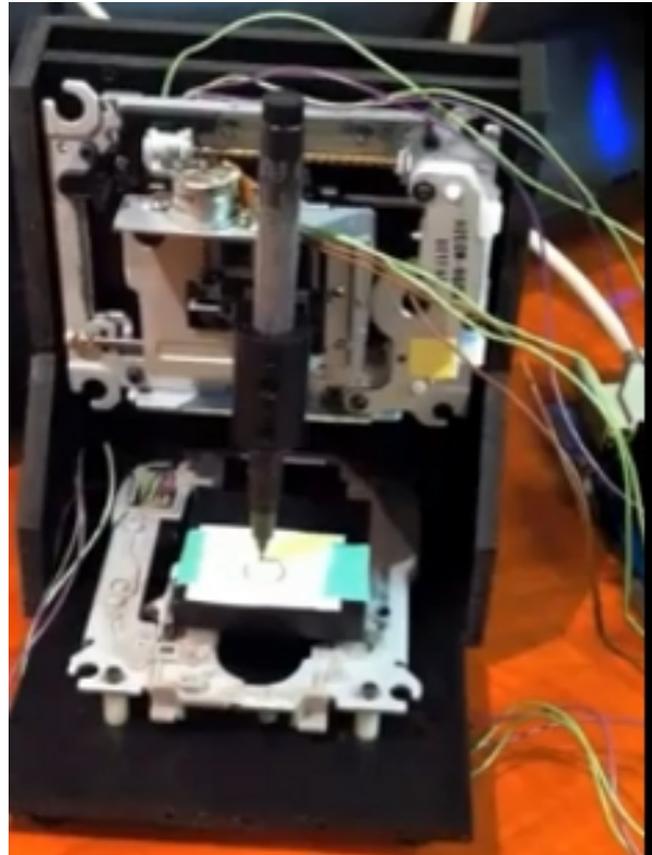


# 2 eixos acoplados



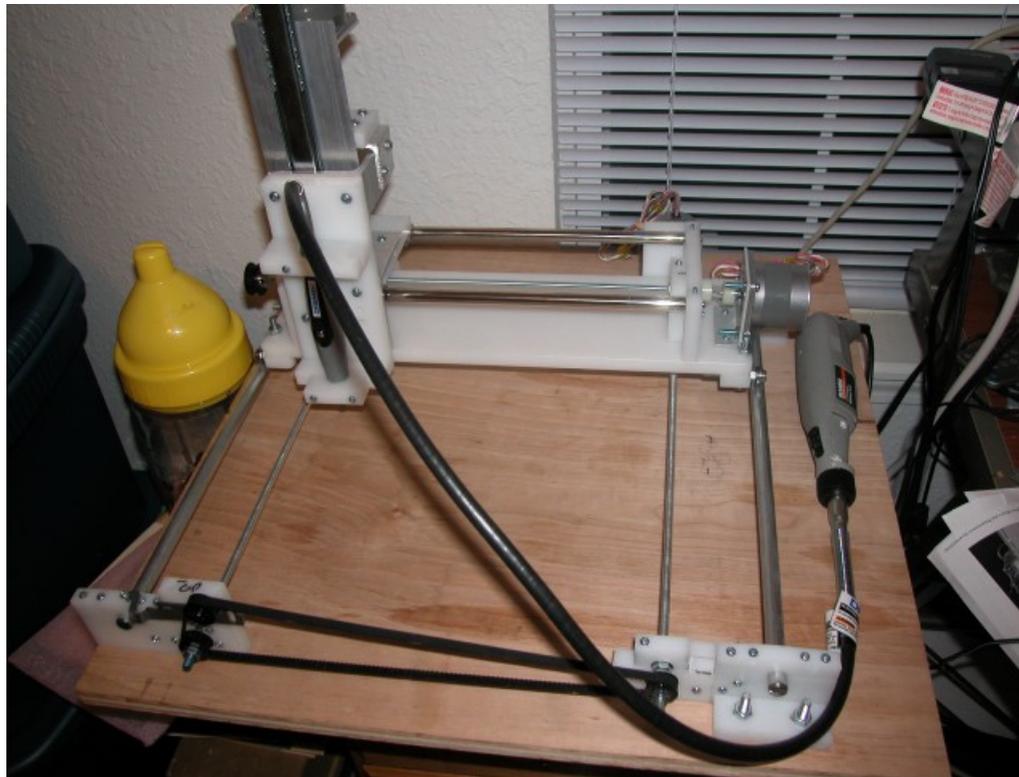
# Eixo Z

- ▶ Drive Cd's



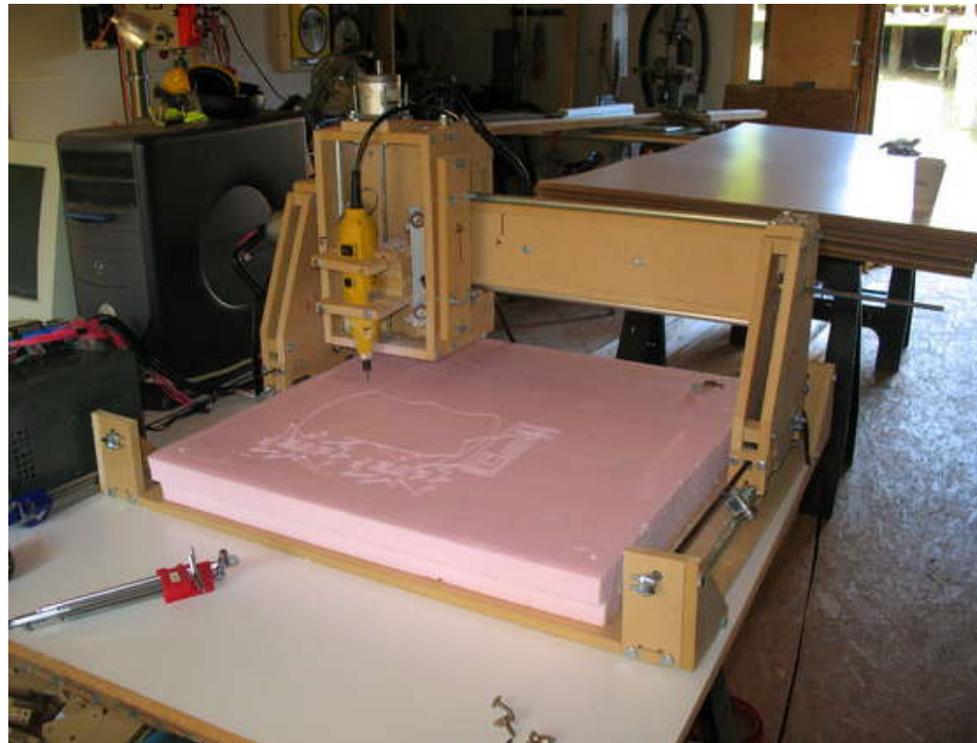
# Limitações -Peso da ferramenta

- ▶ Veio transmissão flexível



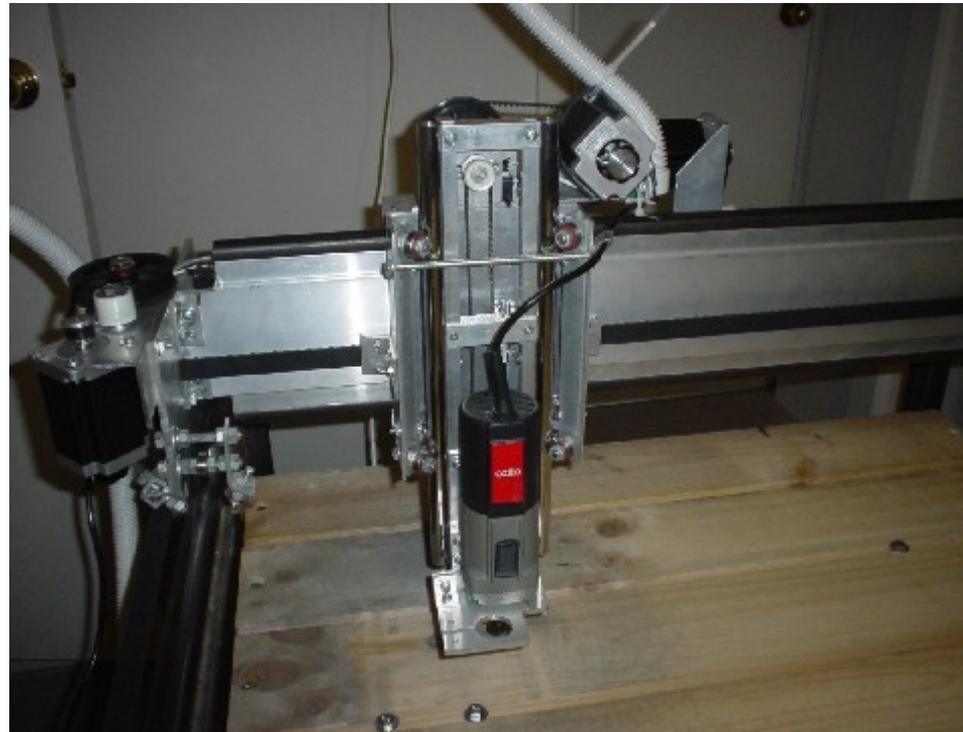
# 2ª geração

- ▶ Estrutura em madeira



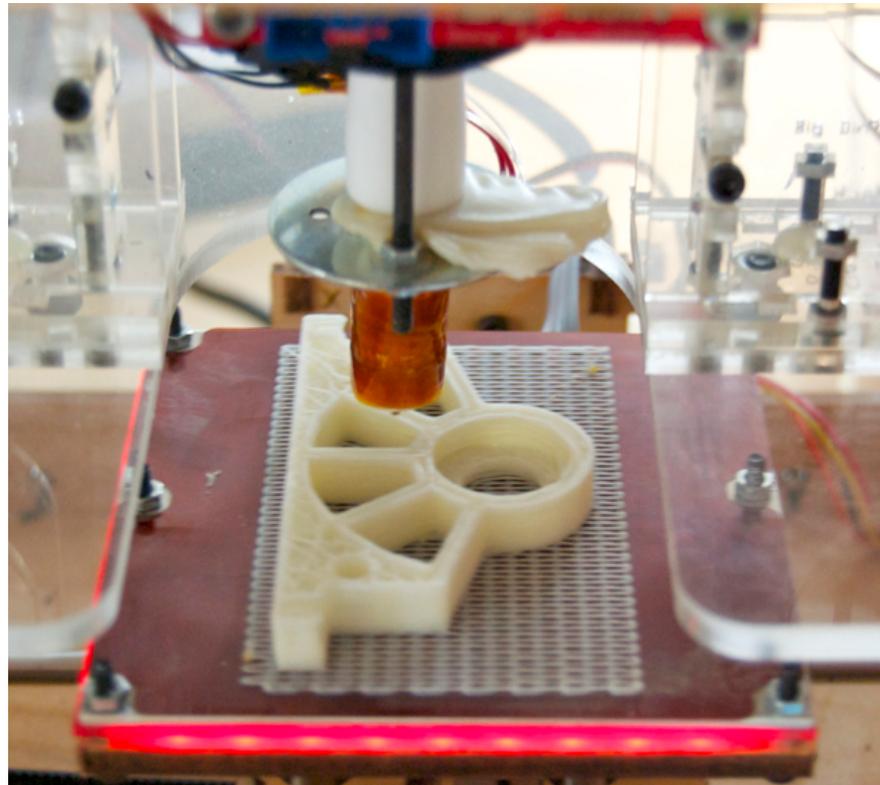
# 3<sup>a</sup> geração

- ▶ Estrutura em metal (alumínio)



# Impressão 3D

- ▶ Injector plástico a quente



# Electrónica de uma máquina de CNC

- ▶ Motores
- ▶ Drivers dos motores
- ▶ Interruptores de limite
- ▶ Conectores e cabos
- ▶ Fontes de alimentação
- ▶ Placa de breakout



# Electrónica de uma máquina de CNC

## ▶ Motores

### ◦ Motores de passo vs servo-motores

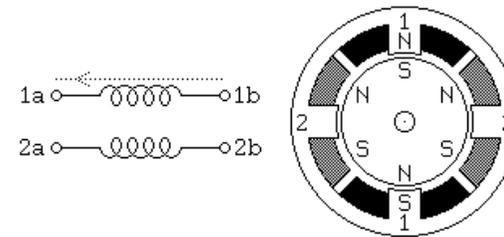
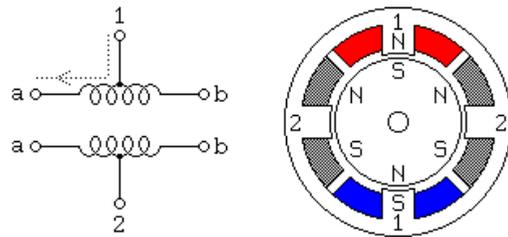
- Servo-motores têm, regra geral, melhor característica de binário
- Motores de passo permitem controlo em malha aberta, simplifica o projecto
- Dada a natureza *low-cost* do projecto, optar por motores de passo

- Motores de passo obtêm-se em impressoras, scanners, fotocopiadoras

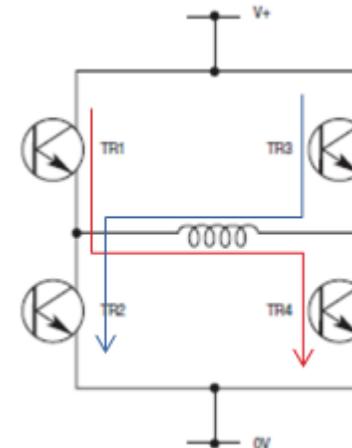
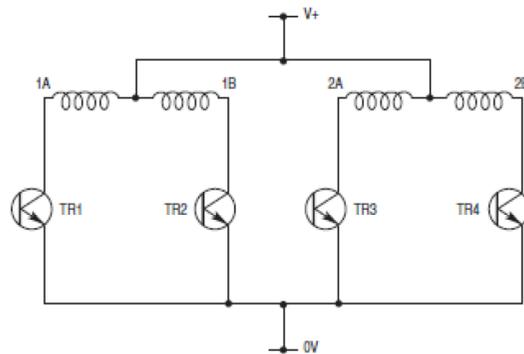


# Electrónica de uma máquina de CNC

- ▶ Motores de passo dividem-se em 2 grupos
  - Motores unipolares
  - Motores bipolares



- Diferentes drivers para cada tipo



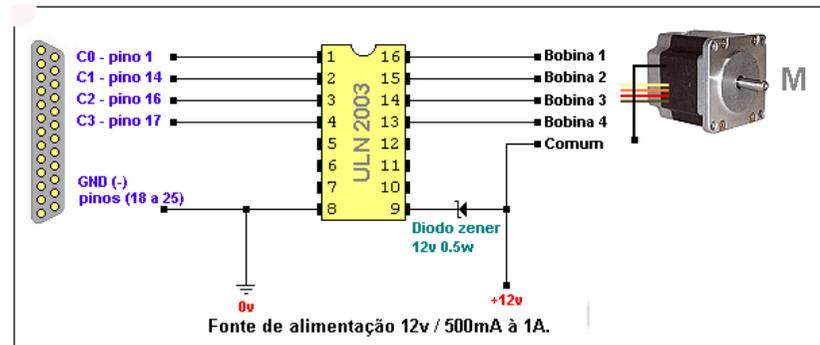
Ponte em H

# Electrónica de uma máquina de CNC

## ▶ Drivers em circuitos integrados

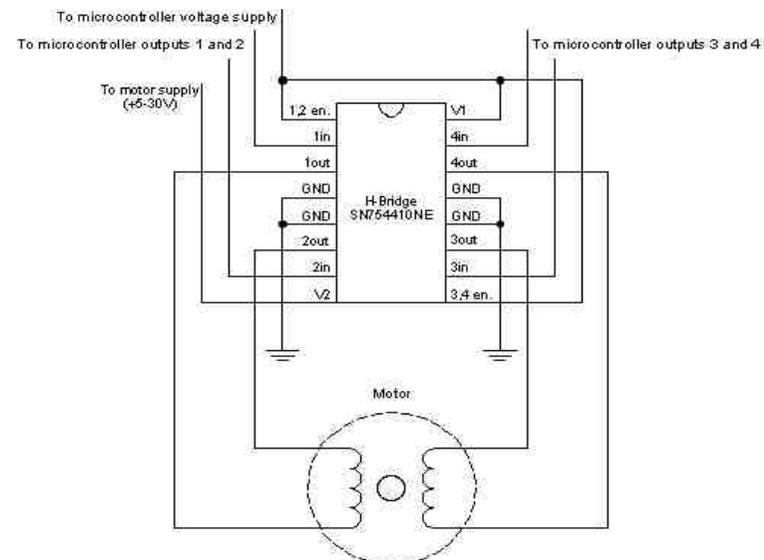
### ○ Motores unipolares

- CI ULN2003
- Custo: ~1€ [1]



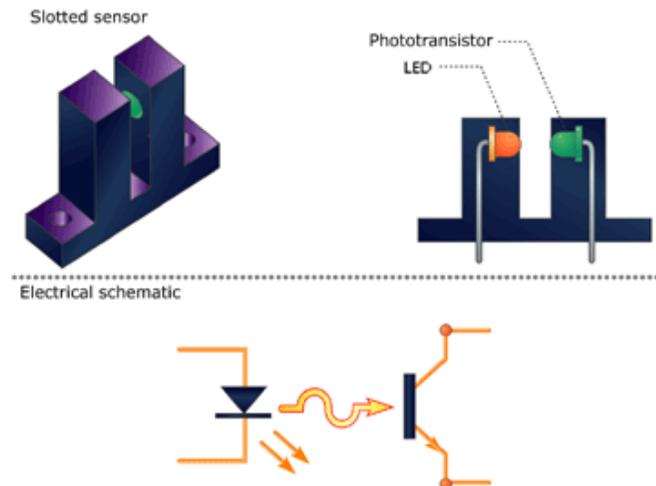
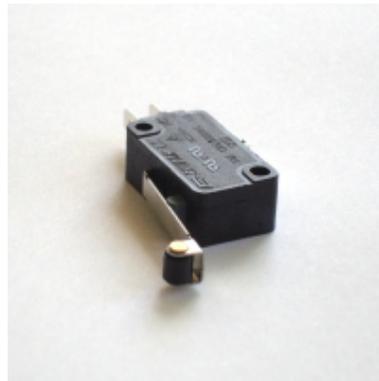
### ○ Motores bipolares

- CI 754410NE
- Custo: ~2.5€ [2]



# Electrónica de uma máquina de CNC

- ▶ Interruptores de limite
  - Interrompem o funcionamento da máquina quando os motores atingem os limites geométricos
  - Permitem definir a origem dos eixos
  - Normalmente 2 por eixo
  - Existem em tipo electromecânico ou óptico



- 6 switches electromecânicos podem ser adquiridos em [3] por cerca de 20€

# Electrónica de uma máquina de CNC

## ▶ Fonte de alimentação

- Fornece energia DC a motores e componentes electrónicos da máquina
- Uma fonte de 12V pode ser aproveitada de um PC ou adquirida em [3] por cerca de 20€



## ▶ Conectores e Cabos

- Cabo de comunicação por porta paralela
- Pode obter-se em impressoras e scanners antigos



# Electrónica de uma máquina de CNC

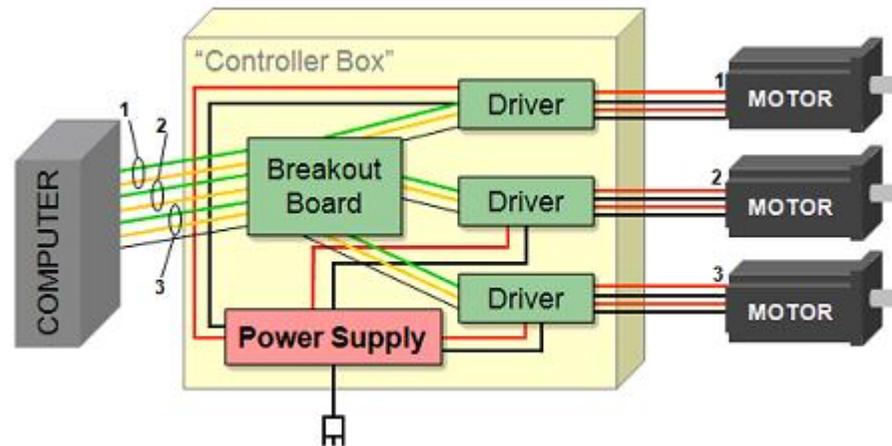
- ▶ Placa de breakout
  - Estabelece a ligação eléctrica entre pinos da porta paralela e drivers dos motores
  - Encaminha os sinais dos interruptores para o PC para parar os motores
  - Pode conter fusíveis ou opto-acopladores para protecção.
  - Pode ser adquirida por 15€ em [4]



*Image Courtesy of  
Winford Engineering*

# Electrónica de uma máquina de CNC

- ▶ Esquema geral do bloco controlador

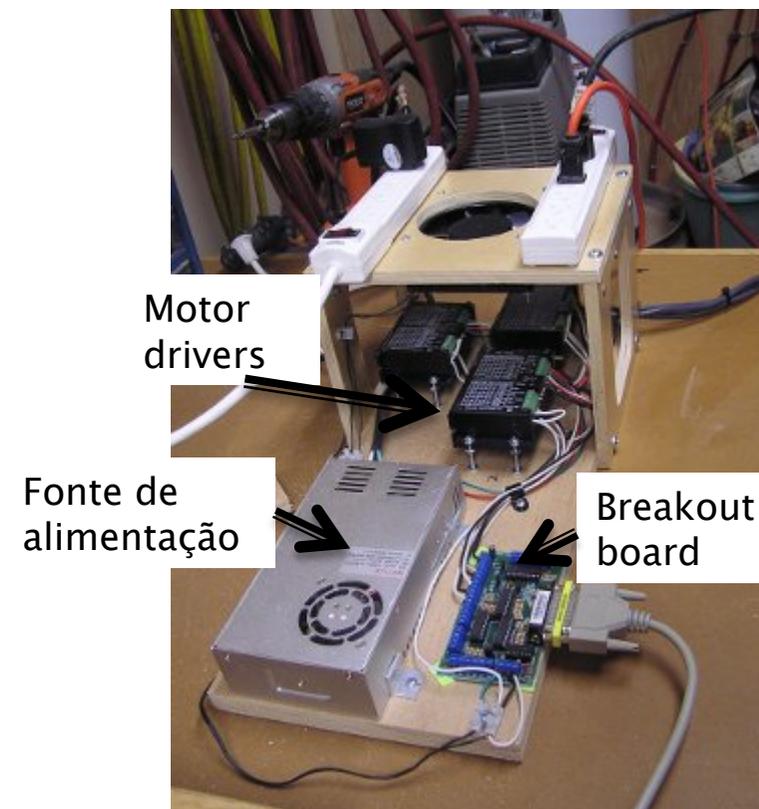


- ▶ Motores tipicamente utilizados (~20€ no Ebay)



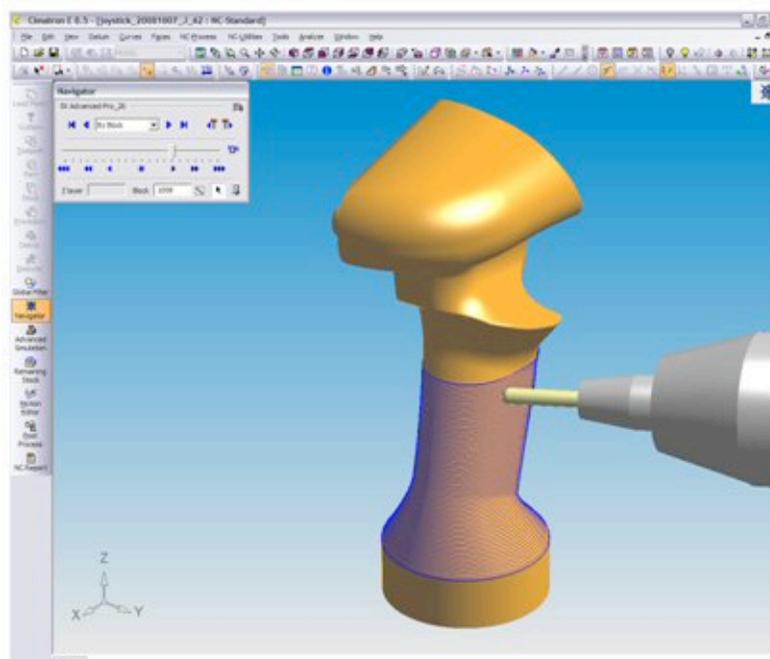
# Electrónica de uma máquina de CNC

- ▶ Aspecto de um bloco controlador real



# Software

- ▶ Image To G-Code
- ▶ TurboCNC
- ▶ Mach3
- ▶ EMC2



# Interface

The screenshot displays the Mach3 CNC Controller software interface. The window title is "Mach3 CNC Controller". The menu bar includes "File", "Config", "Function Cfg's", "View", "Wizards", "Operator", "Plugin Control", and "Help". The toolbar contains buttons for "Program Run Alt-1", "MDI Alt-2", "ToolPath Alt-4", "Offsets Alt-5", "Settings Alt-6", "Diagnostics Alt-7", and a coordinate list "Mill->G15 G17 G40 G20 G90 G94 G54 G49 G99 G64 G97".

The main interface is divided into several sections:

- G-code Editor:** A text area on the left showing G-code: `X0.1875 Y0 R0.1875`, `G00 Z0`, `X0 Y0`, `G01 Z-0.1 F1`, `G3 Y0 X0.1 R0.05 F1`, `Y0 X-0.1 R0.1`, `Y0 X0.1875 R0.1437`, `Y0 X-0.1875 R0.1875`, `X0.1875 Y0 R0.1875`, `G00 Z0`, `X0 Y0`, `G01 Z-0.15 F1`, `G3 Y0 X0.1 R0.05 F1`, `Y0 X-0.1 R0.1`, `Y0 X0.1875 R0.1437`.
- Reference/Zeroing:** A vertical column labeled "REF ALL HOME" with four zeroing controls: Zero X (-0.1743), Zero Y (+0.0693), Zero Z (-0.1000), and Zero 4 (+0.0000). Each control has a "Scale" slider set to +1.0000 and a "Radius Correct" checkbox. Below these are buttons for "OFFLINE", "GOTO Z", "To Go", "Machine Coord's", and "Soft Limits".
- File and Wizards:** A "File:" field shows "C:\Mach3\GCode\Cutpocket.tap". Buttons include "Load Wizards", "Last Wizard", "NFS Wizards", "Regen. Toolpath", "Display Mode", and "Jog Follow".
- Control Panel:** A grid of buttons for "Cycle Start <Alt-R>", "Feed Hold <Spc>", "Stop <Alt-S>", "Reset", "Edit G-Code", "Recent File", "Close G-Code", "Load G-Code", "Set Next Line", "Run From Here", "Rewind Ctrl-W", "Single BLK ALT-N", "Reverse Run", "Block Delete", "M1 Optional Stop", "Flood Ctrl-F", "Dwell", "CV Mode", "On/Off", "Z Inhibit", and "+0.000".
- Tool Information:** Shows "Tool 0", "Dia. +0.0000", "H +0.0000", "Elapsed 0:00:03:10", and "Jog ON/OFF Ctrl-Alt-J".
- Feed Rate:** Shows "OverRidden" and "FRO % 200" with a slider. "FRO" is set to 2.00, "Feedrate" to 1.00, "Units/Min" to 0.99, and "Units/Rev" to 0.00.
- Spindle Speed:** Shows "Spindle CW F5" and "SRO % 100" with a slider. "RPM" is 0, "S-ov" is 0, and "Spindle Speed" is 0.

The bottom status bar shows "History", "Clear", "Status: Inch", and "Profile: Mach3Mill".

# Acções e o seu respectivo código

Código G	Função
G00	Posicionamento rápido
G01	Interpolação linear
G02	Interpolação circular no sentido horário (CW)
G03	Interpolação circular no sentido anti-horário (CCW)
G04	Temporização (Dwell)
G05	Não registado
G06	Interpolação parabólica
G07	Não registado
G08	Aceleração
G09	Desaceleração
G10 a G16	Não registado
G17	Seleção do plano XY
G18	Seleção do plano ZX
G19	Seleção do plano YZ
G20	Programação em sistema Inglês (Polegadas)
G21	Programação em sistema Internacional (Métrico)
G12 a G24	Não registado
G25 a G27	Permanentemente não registado
G28	Retorna a posição do Zero máquina
G29 a G32	Não registados
G33	Corte em linha, com avanço constante
G34	Corte em linha, com avanço acelerando
G35	Corte em linha, com avanço desacelerando
G36 a G39	Permanentemente não registado
G40	Cancelamento da compensação do diâmetro da ferramenta
G41	Compensação do diâmetro da ferramenta (Esquerda)
G42	Compensação do diâmetro da ferramenta (Direita)
G43	Compensação do comprimento da ferramenta (Positivo)
G44	Compensação do comprimento da ferramenta (Negativo)

G45 a G52	Compensações de comprimentos das ferramentas
G53	Cancelamento das configurações de posicionamento fora do zero fixo
G54	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (01)
G55	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (02)
G56	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (03)
G57	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (04)
G58	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (05)
G59	Zeragem dos eixos fora do zero fixo (06)
G60	Posicionamento exato (Fino)
G61	Posicionamento exato (Médio)
G62	Posicionamento (Groceiro)
G63	Habilitar óleo refrigerante por dentro da ferramenta
G64 a G67	Não registados
G68	Compensação da ferramenta por dentro do raio de canto
G69	Compensação da ferramenta por fora do raio de canto
G70	Programa em Polegadas
G71	Programa em metros
G72 a G79	Não registados
G80	Cancelamento dos ciclos fixos
G81 a G89	Ciclos fixos
G90	Posicionamento absoluto
G91	Posicionamento incremental
G92	Zeragem de eixos (mandatório sobre os G54...)
G93	Avanço dado em tempo inverso (Inverse Time)
G94	Avanço dado em minutos
G95	Avanço por revolução
G96	Avanço constante sobre superfícies
G97	Rotação do fuso dado em RPM
G98 e G99	Não registados

# Interpolação Linear

- ▶ **G01 Interpolação Linear:**
- ▶ Função: Mover para uma nova posição linearmente a um factor de velocidade (feed rate).
- ▶ Exemplo: G01 X1.2 Y0.3 Z0.3 F3.0 ; Move para (1.2 , 0.3 , 0.3) a 3 unidades/ minuto

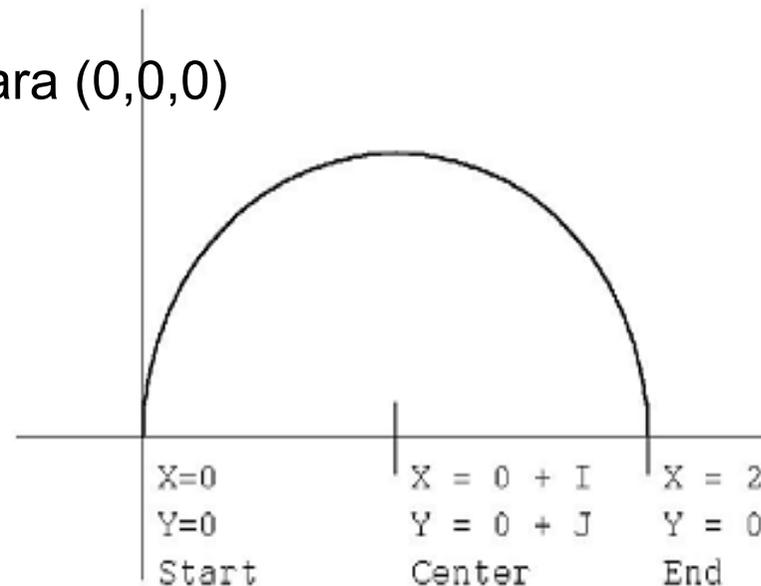


# Interpolação Circular

- ▶ **G02 - Interpolação circular sentido horário (3D)**
- ▶ **G03 - Interpolação circular sentido anti-horário (3D)**
- ▶ Função: Mover para uma nova posição em movimento de arco no sentido horário.

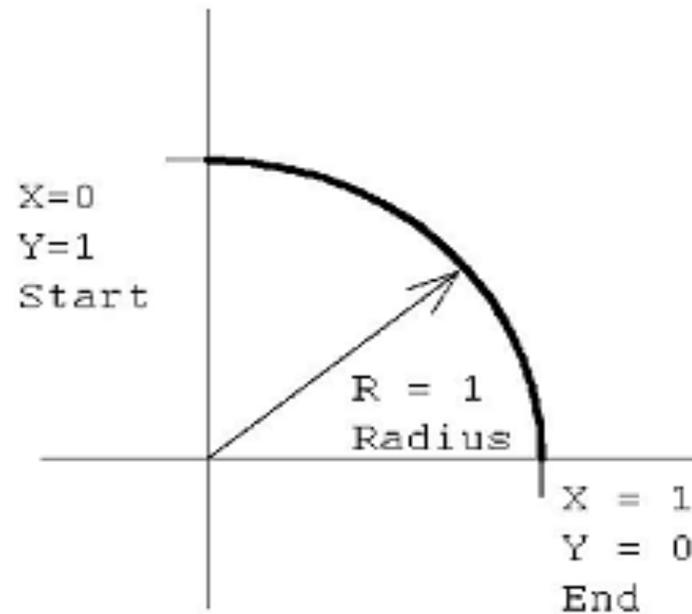
Sintaxe1:

- ▶ Exemplo: G17
- ▶ `G00 X0 Y0 Z0;` move-se para (0,0,0)
- ▶ `G02 X2 Y0 Z1 I1 J0 F4`



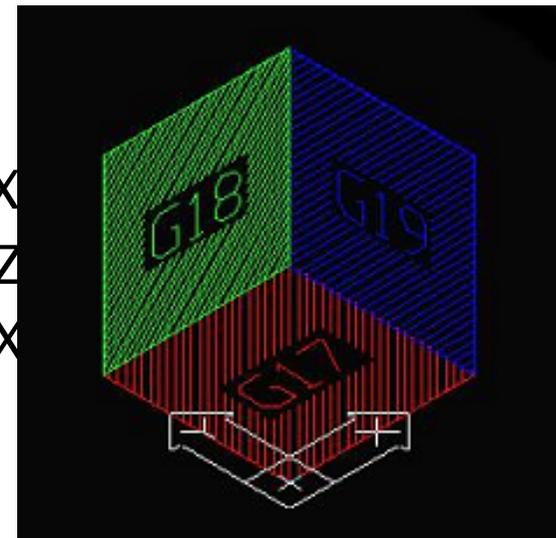
# Interpolação Circular

- ▶ Sintaxe2:
- ▶ Exemplo: G17
  - ▶ G00 X0 Y1; move-se para (0,1)
  - ▶ G02 X1 Y0 R1 F4



# Outros Comandos

- ▶ **G00 – Posicionamento Rápido**
- ▶ **G04 – Pausa**
- ▶ Exemplo: G04 P6; pausa de seis segundos.
- ▶ **G17 – 19 plano 2D:**
- ▶ G17 – Escolha do plano de interpolação XZ
- ▶ G18 – Escolha do plano de interpolação ZY
- ▶ G19 – Escolha do plano de interpolação XY



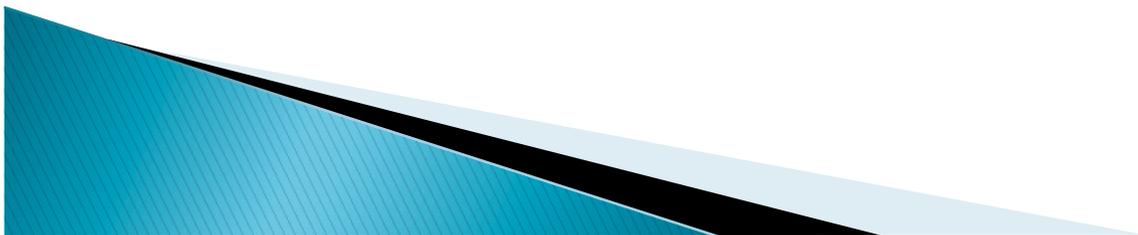
# Ciclos de Perfuração

- ▶ **G80 Cancelar Ciclo de Perfuração**
- ▶ **G81 Iniciar ciclo de Perfuração**
- ▶ Exemplo: G81 X1 Y1 Z-0.75 F2.0 R0.25
- ▶ G81 X2 Y2
- ▶ G81 X3 Y2
- ▶ G80; 3 furos serão feitos em (1,1) (2,2) e (3,2)
- ▶ **G82 Ciclo de Perfuração + Pausa**
- ▶ Exemplo: G81 X0 Y0.5 Z-1 F10 R0.25 P250



# Modos de Comando

- ▶ G90 Coordenadas Absolutas
- ▶ Coordenada de referência do ponto zero do programa
  
- ▶ G91 Coordenadas Relativas
- ▶ Referência a partir da posição actual



# Outros Comandos

- ▶ F para definir a velocidade de Feedrate
- ▶ S para definir a velocidade de rotação da ferramenta
- ▶ Funções M

Código M	Função
M00	Parada programa
M01	Parada opcional
M02	Fim de programa
M03	Liga o fuso no sentido horário (CW)
M04	Liga o fuso no sentido anti-horário (CCW)
M05	Desliga o fuso
M06	Mudança de ferramenta
M07	Liga sistema de refrigeração numero 2
M08	Liga sistema de refrigeração numero 1
M09	Desliga o refrigerante
M10	Atua travamento de eixo
M11	Desliga atuação do travamento de eixo
M12	Não registrado
M13	Liga o fuso no sentido horário e refrigerante
M14	Liga o fuso no sentido anti-horário e o refrigerante
M15	Movimentos positivos (aciona sistema de espelhamento)
M16	Movimentos negativos
M17 e M18	Não registrados
M19	Parada do fuso com orientação
M20 a M29	Permanentemente não registrado
M30	Fim de fita com rebobinamento
M31	Ligando o "Bypass"
M32 a M35	Não registrados.
M36	Acionamento da primeira gama de velocidade dos eixos
M37	Acionamento da segunda gama de velocidade dos eixos
M38	Acionamento da primeira gama de velocidade de rotação
M39	Acionamento da segunda gama de velocidade de rotação
M40 a M45	Mudanças de engrenagens se usada, caso não use, Não registrados.

M36	Acionamento da primeira gama de velocidade dos eixos
M37	Acionamento da segunda gama de velocidade dos eixos
M38	Acionamento da primeira gama de velocidade de rotação
M39	Acionamento da segunda gama de velocidade de rotação
M40 a M45	Mudanças de engrenagens se usada, caso não use, Não registrados.
M46 e M47	Não registrados.
M48	Cancelamento do G49
M49	Desligando o "Bypass"
M50	Liga sistema de refrigeração numero 3
M51	Liga sistema de refrigeração numero 4
M52 a M54	Não registrados.
M55	Reposicionamento linear da ferramenta 1
M56	Reposicionamento linear da ferramenta 2
M57 a M59	Não registrados
M60	Mudança de posição de trabalho
M61	Reposicionamento linear da peça 1
M62	Reposicionamento linear da peça 2
M63 a M70	Não registrados.

# Referências

- ▶ [1] – [http://pt.farnell.com/jsp/search/browse.jsp;jsessionid=MWHTVKS5RB3YICQLCIPJNFQ?N=0&Ntk=gensearch\\_001&Ntt=ULN2003&Ntx=mode+matchallpartial&suggestions=false&ref=globalsearch&\\_requestid=433008](http://pt.farnell.com/jsp/search/browse.jsp;jsessionid=MWHTVKS5RB3YICQLCIPJNFQ?N=0&Ntk=gensearch_001&Ntt=ULN2003&Ntx=mode+matchallpartial&suggestions=false&ref=globalsearch&_requestid=433008)
- ▶ [2] – [http://ptrobotics.com/product.php?id\\_product=301](http://ptrobotics.com/product.php?id_product=301)
- ▶ [3] – <http://buildyourcnc.com/electroniccombo.aspx>
- ▶ [4] – <http://www.winfordeng.com/products/brk25.php>

