

Projeto Final - Router CNC

Objetivo:

Projetar um sistema de controle para um Router CNC com interface de comandos pela porta serial e interface homem máquina simples com display de LCD e botões. Projetar o placa de controle para os servomotores e spindle.

Background:

Um Router CNC é basicamente uma fresadora controlada eletronicamente por um sistema microprocessado e acionada por servomotores. A estrutura mecânica básica consiste em 3 eixos ortogonais, X, Y e Z, e um eixo rotativo, normalmente denominado eixo árvore ou *spindle*, Figura 1.

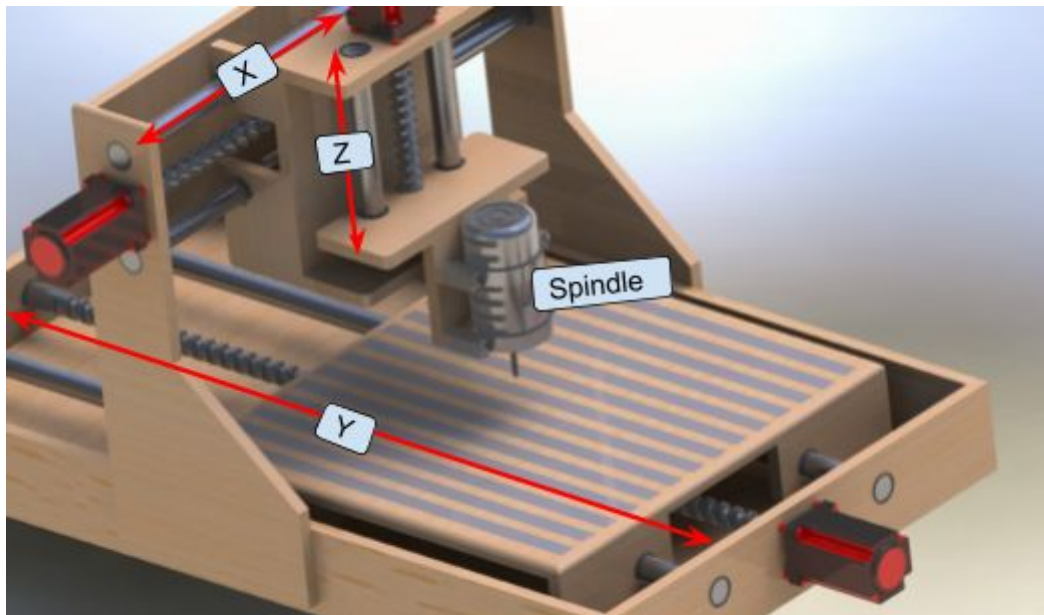


Figura 1 - Estrutura básica de um Router

Esta estrutura é comum a outros tipos de equipamentos industriais, apenas substituindo o eixo rotativo pela aplicação específica desejada. Por exemplo, um cabeçote extrusor, Figura 2, para uma impressora 3D ou um cabeçote Laser para uma cortadora a laser.

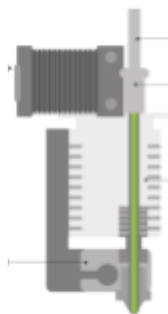


Figura 2 - Exemplo de Cabeçote Extrusor

Projeto

O diagrama de blocos do sistema é apresentado na figura 3.

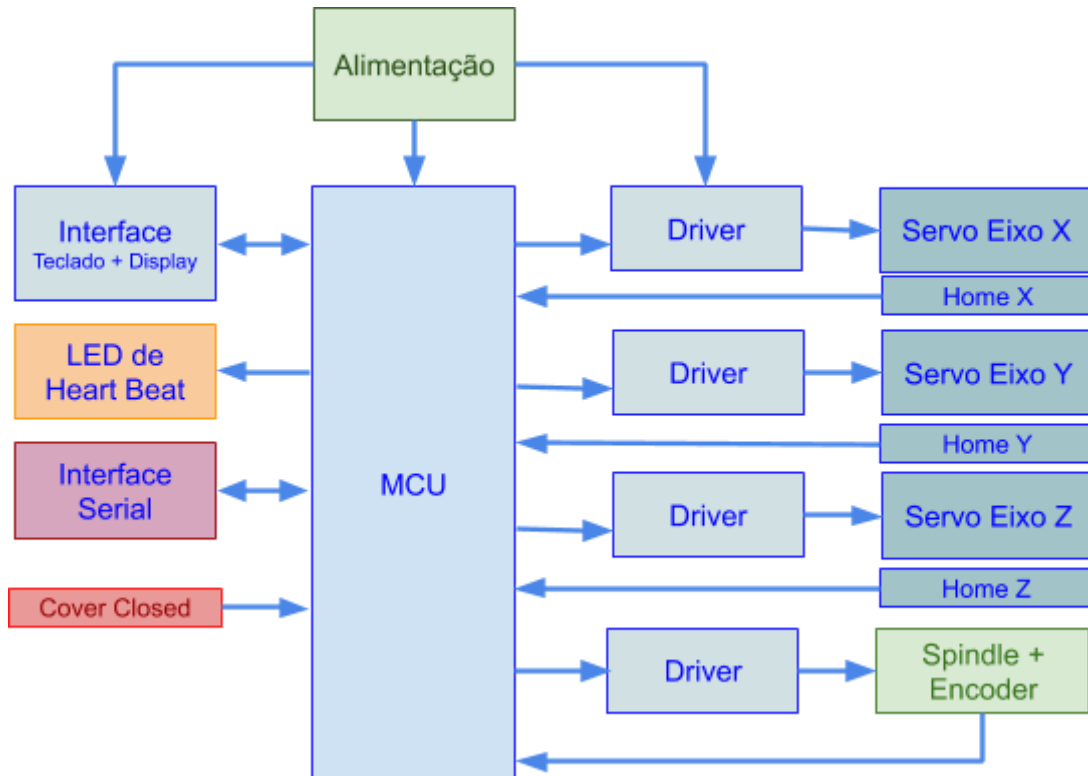


Figura 3 - Diagrama de Blocos do Sistema

Interface Homem-Máquina:

O bloco de interface deve conter um display de LCD 16x2 e 4 botões. A interface deverá apresentar a posição atual dos eixos, velocidade do spindle bem como possibilitar a modificação do estado da máquina, referência, manual ou automático.

Teclado:

P: Ativar/Desativar e Selecionar eixo para movimento manual.

+: Movimenta eixo no sentido positivo, horário (CW).

-: Movimenta eixo no sentido negativo, anti-horário (CCW)

S: Liga spindle em manual.

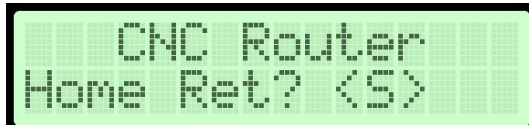


Telas:

- Ao energizar o sistema:

Retornar ao ponto de referência quando pressionado tecla S. Para que seja possível executar a referência a entrada Cover Closed deve estar em nível lógico alto, chave fechada.

Tela Inicial



CNC Router
Home Ret? <S>

Caso a entrada Cover Closed esteja em nível baixo (chave aberta), e a tecla S for pressionada, o display deverá informar o erro durante 3 segundos e retornar à tela inicial.

Tela de erro



Erro: Please
Close the Cover!

Após satisfeita a condição da entrada Cover Closed, quando pressionada a tecla S, o sistema entra no modo de referência, nesse modo os motores dos eixo X, Y e Z se movem (em velocidade baixa) no sentido horário até atingirem o sensores de referência, Home X, Home Y e Home Z. Durante este processo deverá ser mostrado a tela de referenciamento. Se em qualquer momento a entrada Cover Closed for desacionada, a tela de erro deverá ser mostrada por 3 segundos e retornar à tela inicial para reiniciar o processo.

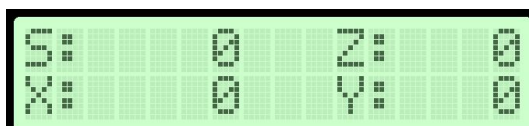
Tela de Referenciamento



Machine Home
in Progress...

Quando o processo de referenciamento estiver concluído, sensores Home X, Home Y e Home Z em ativados (ativados = nível alto), deverá ser mostrada a tela posição.

Tela de Posição

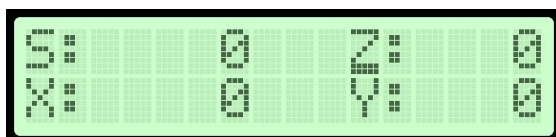


S:	0	Z:	0
X:	0	Y:	0

No processo de referência as variáveis de contagem de posição deve ser zeradas e a variável eixos referenciados setada para um.

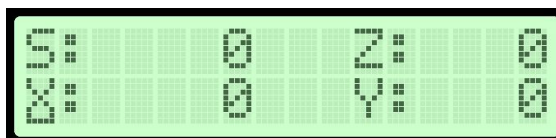
A partir da tela de posição deve ser possível mover os eixo de forma manual (X, Y e Z), para tanto deverá ser pressionado a tecla P a fim de selecionar um dos eixos. O eixo selecionado deve ser destacado com o caractere de sublinhado, indicando o movimento manual habilitado. Para sair do modo manual deve-se percorrer os eixos Z, X e Y, pressionando a tecla P, se a seleção atual for do eixo Y e a tecla P for pressionada novamente, o modo manual é desabilitado e a tela de posição é mostrada novamente.

Eixo Z em Manual



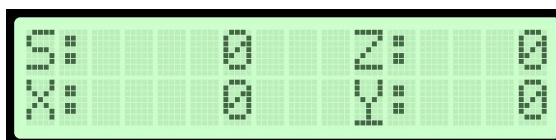
Tela de posição com o eixo Z sublinhado. Os valores para S, X, Y e Z são todos 0.

Eixo X em Manual



Tela de posição com o eixo X sublinhado. Os valores para S, X, Y e Z são todos 0.

Eixo Y em Manual



Tela de posição com o eixo Y sublinhado. Os valores para S, X, Y e Z são todos 0.

Em modo manual o eixo selecionado é movido através da teclas + e - . Quando pressionado a tecla + o eixo se move no sentido horário (CW), quando pressionada tecla - em sentido anti-horário (CCW).

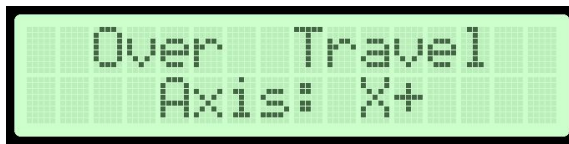
O movimento deve respeitar os limites físicos do curso mecânico de cada eixo, exposto abaixo:

Curso de deslocamento dos Eixos:

- Eixo X: 0... 200mm
- Eixo Y: 0... 300mm
- Eixo Z: 0... 150mm

Caso o eixo que está sendo movimentado atingir o final do curso, uma mensagem de erro deverá ser informada, indicando o eixo e o sentido em que ocorreu o final do curso, exemplo abaixo.

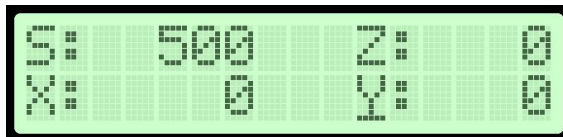
Eixo X: Final de curso positivo



Durante o modo manual, o eixo spindle é ligado através da tecla S. Pressionando a tecla S uma vez o eixo Spindle liga em velocidade fixa de 500 RPM, Pressionando novamente S, o eixo Spindle desliga.

Se o Spindle for ligado manualmente e o modo manual for desativado, o eixo é desligado automaticamente.

Eixo Spindle em modo manual



Nenhum movimento deve ser permitido quando a entrada Cover Closed estiver em nível lógico baixo. Se um comando de movimento ocorrer, a tela de erro deverá ser mostrada.

Interface Serial:

Se o modo manual não estiver ativado, o controlador aceita comandos pela entrada serial, os comandos permitidos são listados abaixo:

Eixo	Comando	Descrição	Exemplo:
Spindle	S=	Ajusta a velocidade (em RPM) de giro do eixo Spindle. Limites: Mínimo: 200 RPM Máximo: 2000 RPM	<i>S=1000</i> Ajusta a velocidade em 1000RPM, mas não liga o eixo.
	M3	Liga o eixo spindle no sentido CW	
	M4	Liga eixo spindle no sentido CCW	
Eixos	F=	Modifica a velocidade de movimento dos eixos X, Y e Z. Lento, Medio, Rapido	<i>F=Medio</i> Ajusta a velocidade de deslocamento para a velocidade média, mas não movimenta nenhum eixo.
	X= Y= Z=	Comanda o movimento para o eixo especificado. Caso mais de um eixo seja comandado na mesma mensagem, os eixos deve ser interpolados linearmente, válido somente para os eixo X e Y. *Respeitar os limites de curso	<i>X=100</i> Move o eixo X para a posição 100 <i>X=10Y=5</i> Move ambos os eixos com interpolação linear.

As mensagens recebidas devem ser estar entre os caracteres delimitadores de início (\$) e final (#) de mensagem. Exemplos de mensagem válida:

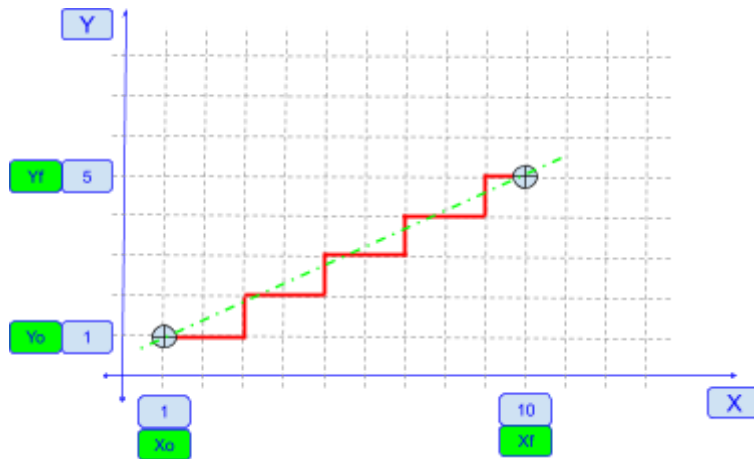
- Ex1.: Ajustar a velocidade do spindle para 1000 RPM, ativar o giro no sentido CW, ajustar a velocidade de movimento dos eixo em rápido e mover o eixo Z para a posição 10.

\$S=1000M3Z=10F=Rapido#

- Ex2.: Mover eixo X para a posição 10 e o eixo Y para a posição 5. Neste caso os eixo movem com a última velocidade ajustada (Lento, Medio, Rapido).

\$X=10Y=5#

Exemplo de interpolação para o comando acima supondo a posição anterior de X e Y em 1:



Para o cálculo da interpolação levar em consideração o incremento mínimo do sistema, para este o projeto, o menor incremento possível é uma unidade (10 passos no motor de passos equivalem a uma unidade ou 1mm). Realizar o cálculo do fator de interpolação m utilizando a divisão de inteiros, veja abaixo:

$$m = \frac{X_f - X_o}{Y_f - Y_o} = \frac{10 - 1}{5 - 1} = \frac{9}{4} = 2 \text{ com resto } 1$$

Assim, para cada dois incrementos em X ocorre um incremento em Y, ao final da interpolação, como visto na figura acima, o eixo x deve andar mais uma unidade, resto da divisão, para atingir a posição final.

Como será utilizado a divisão de inteiros, o numerador deve ser sempre o maior valor, supondo que no exemplo acima o deslocamento comandado fosse de X=5 e Y=10 a interpolação seria:

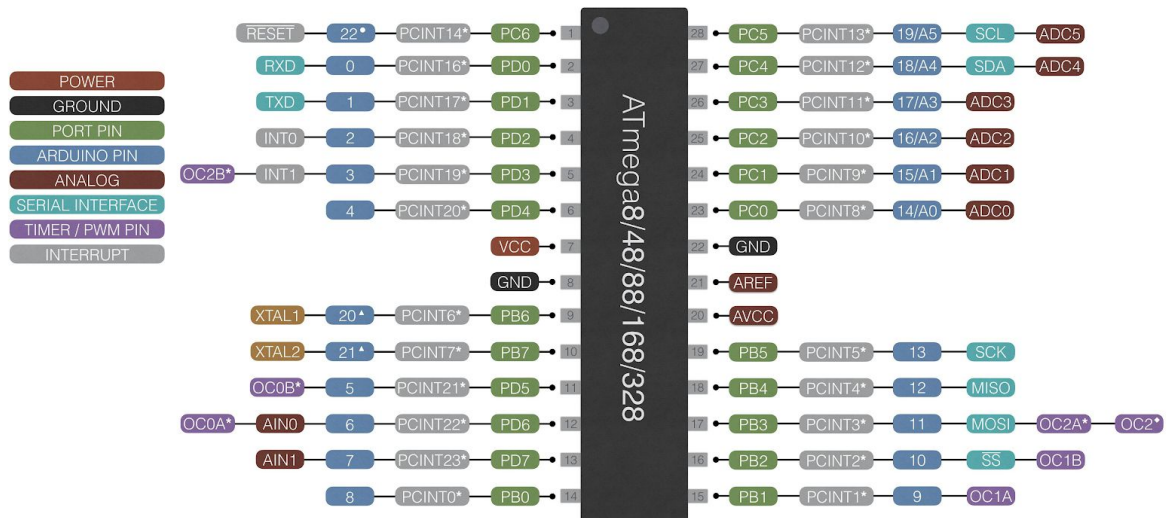
$$m = \frac{Y_f - Y_o}{X_f - X_o} = \frac{10 - 1}{5 - 1} = \frac{9}{4} = 2 \text{ com resto } 1$$

Assim, para cada dois incrementos em Y ocorre um incremento em X, ao final da interpolação o eixo Y é que deve andar mais uma unidade, resto da divisão, para atingir a posição final.

MCU

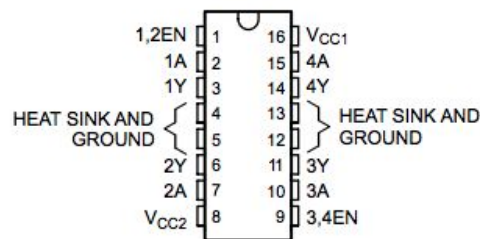
O microcontrolador é o ATMEGA328P (Arduino).

ATmega8/48/88/168/328 DIP pinout



Driver

O driver utilizado é circuito integrado L293D - Quadruple Half-H Drivers, pinagem mostrada abaixo:

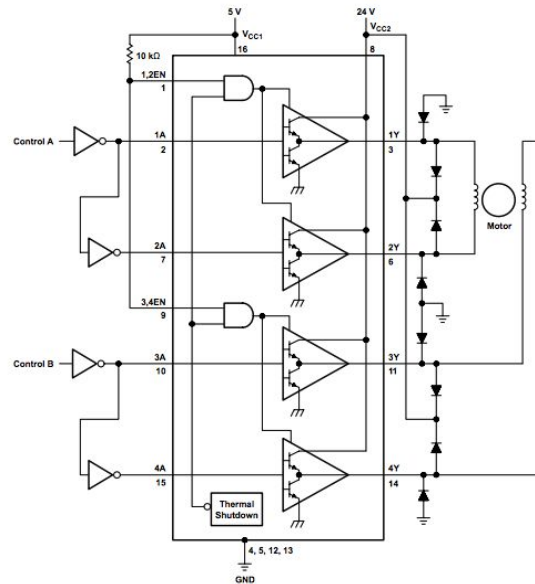


Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
1,2EN	1	I	Enable driver channels 1 and 2 (active high input)
<1:4>A	2, 7, 10, 15	I	Driver inputs, noninverting
<1:4>Y	3, 6, 11, 14	O	Driver outputs
3,4EN	9	I	Enable driver channels 3 and 4 (active high input)
GROUND	4, 5, 12, 13	—	Device ground and heat sink pin. Connect to printed-circuit-board ground plane with multiple solid vias
V _{CC1}	16	—	5-V supply for internal logic translation
V _{CC2}	8	—	Power VCC for drivers 4.5 V to 36 V

Motor dos eixos:

Serão utilizados motores de passo unipolares, esquema de ligação conforme abaixo.



Spindle:

O motor do Spindle será simulado com um Motor DC e um encoder de 20PPR. A velocidade atual, não a programada, deverá ser mostrada no display da interface.



Heart Beat:

Um LED deverá ser utilizado para informar que o sistema está em execução. O LED deverá permanecer aceso caso o driver de saída esteja desabilitado.

Chaves e sensores:

Devem ser utilizados chaves normalmente abertas para simular o comportamento dos sensores de referência (Home) e de proteção aberta (Cover Closed).

Resultados:

Em duplas

- Desenho esquemático em formato PDF (0,5).
- Desenho da PCB (0,5).
- Projeto do proteus com a simulação (1).
- Firmware com código modularizado utilizando a IDE Sloeber (3).
- Apresentar a montagem física do sistema (2).
- Fazer upload do firmware no github, colocar no arquivo README: (3)
 - Descrição do projeto
 - Diagrama esquemático
 - Fotos da montagem prática
 - Fotos do modelo em 3D da Placa de circuito impresso.

Avaliação de desempenho individual:

Durante a entrega e demonstração de funcionamento do projeto, serão realizadas perguntas para cada integrante do grupo sobre:

- Componentes utilizados
- Segmentos do código fonte
- Principal contribuição para o grupo. (Hardware ou Software).

Recomendações:

- Comece pelo diagrama esquemático, defina os pinos a serem utilizados.
- Dividam as tarefas.
- Divida o código em 'pedaços' que possam ser testados separadamente.
- Utilize bibliotecas já existentes para o controle dos motores.
- Modularizar o código (dividir em arquivos .h e .c ou .cpp)
- Utilize comentários em seções relevantes.
- Procure utilizar a abstração de Máquina de Estados (em especial na comunicação serial).
- Utilize constantes na criação das telas para o display.
- Processe uma entrada do teclado somente quando necessário ou escolha uma taxa de atualização coerente.
- Evite utilizar a função delay.



Trabalho em grupo significa dividir tarefas e não deixar tudo para o colega. Lembre-se que o desempenho de cada um será avaliado individualmente.

Em projetos ocorrem situações não previstas, fale com o professor se algo na descrição não ficou claro ou não puder ser realizado. Não deixar para a última hora!



ICEG - Instituto de Ciências Exatas e Geociências
Engenharia de Computação
Automação 1

Duplas:

Fabiano / Rafa

Becker / Samuel Old / Thiago

Enzo / Arthur

Jessen / Felipe

Arruda / Frizon

Samuel New / Delay