

# ESTUDO DO PROJETO DE UM SISTEMA CNC PARA FURAÇÃO DE CIRCUITOS IMPRESSOS COM OBJETIVOS DIDÁTICOS

**Erick Pfeifer<sup>1</sup>; Adrielle F. Anschau<sup>1</sup>; Isaías da Silva<sup>2</sup>; Marco H. Naka<sup>1</sup>; Mauro C. Pereira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> UCDB: Universidade Católica Dom Bosco, Departamento de Engenharia Mecatrônica  
Av. Tamandaré 6000  
CEP 79117-900 – Campo Grande – MS  
erick.meca@gmail.com; drika.mec@gmail.com; marco.naka@mat.ethz.ch; mauro@lac.usp.br

<sup>2</sup> UNIFESP: Universidade Federal de São Paulo, Campus Diadema, Departamento de engenharia química  
Rua Prof. Artur Riedel, 275  
Cep 09972-270 - Diadema- SP  
isaias.sv@uol.com.br

**Resumo:** *A aplicação de sistemas de produção baseados em CNC (Computer Numeric Control – Controle Numérico Computadorizado) têm crescido nos últimos anos. As vantagens de tais sistemas é a alta produtividade combinada com a qualidade do produto final. Entretanto, devido ao custo elevado desses sistemas, o uso dessas máquinas se limita a aplicações restritas, onde a qualidade assume um papel muito importante. Por esta razão, é muito importante que alunos de engenharia tenham a oportunidade de trabalhar com esse tipo de sistema de automação durante a graduação. A proposta deste projeto é a construção de um sistema CNC de baixo custo para furação de circuitos impressos. Este sistema poder ser usado para tarefas didáticas, tais como programação em CNC, projeto de placas de circuitos impressos e uso de microcontroladores.*

**Palavras-chave:** *CNC, Furação, Circuitos Impressos, Microcontroladores*

## 1. INTRODUÇÃO

Mesmo contribuindo apenas com 2% da produção total da indústria (ARNOLD, 2001), a indústria de máquinas-ferramenta é fundamental para diversas áreas relacionadas. A indústria de máquinas-ferramenta se desenvolveu e se fortaleceu acompanhando seus principais mercados de atuação: indústria de defesa militar, aeroespacial e dentre outras (ARNOLD, 2001).

Juntamente com esta evolução, durante décadas, a indústria de máquinas-ferramenta desenvolveu novos métodos para controle de máquinas, iniciando pelo controle numérico (CN) na década de 40 e evoluindo para o CNC, atualmente utilizado amplamente pela indústria.

Os processos CN nasceram em 1947, quando um pequeno fabricante de hélices de helicópteros, John Parsons, inventou uma máquina comandada por meio de informações numéricas. O resultado desejado era o de reduzir as operações de controle das hélices, muito demoradas e dispendiosas (GONÇALVES, 2006). A partir daí surgiram os aprimoramentos do CN, como o trocador automático de ferramentas, controle de posicionamento ponto a ponto e geração contínua de contornos.

Segundo Magalhães (1998), a diferença entre CN e CNC, é a presença de um microprocessador, que lhe dá a capacidade de memorizar informações, efetuar cálculos e transmiti-los à máquina ferramenta para a confecção de peças. Enquanto o CN apenas executa comandos sem memorizá-los.

Em indústrias, visando uma maior produtividade e qualidade, são utilizadas máquinas com técnicas CNC (*Computer Numerical Control* – Controle Numérico Computadorizado) devido a sua extrema precisão e alta velocidade de execução de tarefas. (MARTINEZ, 2004).

A utilização de ferramentas CAM (*Computer Aided Manufacturing* – Manufatura Assistida por Computador) no processo de desenvolvimento de produto também tem sido cada vez mais difundida na indústria. Ela tem sido usada como um importante auxílio no processo de engenharia simultânea, que é um método que as empresas têm utilizado com o objetivo de dar um maior dinamismo e rapidez na criação de novos produtos (NAKAMURA, 2004).

Na fabricação de placas de circuito impresso (PCIs), um dos processos mais importantes é o de furação das placas, sendo também de alto custo para a empresa, devido ao uso de equipamentos CNC. Isto acaba causando um grande desequilíbrio entre o custo e a qualidade final do produto. Usualmente, para obter um baixo custo na confecção das PCIs, acaba-se dando pouca importância a outros aspectos do processo como a sua qualidade. Portanto, para se obter uma peça de alta qualidade com considerável velocidade de produção, utilizam-se máquinas CNC, porém, com custos proporcionalmente maiores.

É observando estes aspectos que o projeto encontra um dos seus escopos: propõe a criação de uma máquina CNC de furação de PCIs que possa encontrar o melhor equilíbrio entre custo, qualidade e produtividade. Outro objetivo estaria relacionado ao uso em aulas didáticas de sistemas de automação industrial, mostrando os aspectos básicos considerados no desenvolvimento de um equipamento CNC, tais como a modelagem dinâmica e o uso de microcontroladores.

O equipamento poderia também ser utilizado na fabricação de placas desenvolvidas pelos próprios acadêmicos. Tais placas poderiam, posteriormente, ser testadas e avaliadas em termos de aplicação prática. E por último, mas não menos importante, o sistema poderia ser utilizado no aprendizado da programação CNC, familiarizando o aluno no uso desta linguagem de programação.

Com isto, pode-se observar que o estudo da construção deste equipamento CNC pode trazer uma série de benefícios, tanto no aspecto de desenvolvimento tecnológico como no quesito didático, o qual contemplaria um grande número de disciplinas. Fora que a apresentação deste equipamento em exposições poderia ser usado como elemento motivador aos futuros acadêmicos da área, que poderiam ver algo projetado e colocado em funcionamento de forma visível e prática.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Routers CNC para confecção de circuitos eletrônicos**

O setor de máquinas ferramenta específico para o escopo do projeto é o dos *routers* (roteadores) CNC, caracterizados pela semelhança física com as fresadoras. Os routers são máquinas-ferramenta utilizadas para diversos serviços de moldagem, dentre elas destaca-se a confecção de circuitos eletrônicos. A Figura 2 ilustra uma máquina CNC para furação e roteamento de PCBs (Printed Circuit Boards – Placas de Circuito Impresso). Observa-se na Figura 1 que o sistema consiste basicamente em um robô do tipo cartesiano. A estrutura que se movimenta é a ferramenta, enquanto que a placa virgem é mantida estacionária.



Figura 1. Router CNC.

## 2.2 Microcontroladores

Atualmente, diversas ferramentas podem ser utilizadas na implementação do sistema de controle para máquinas CNC, dentre elas, existe o microcontrolador (MCU – *Microcontrolled Unit*, Unidade Microcontrolada) que tem dentre suas particularidades, apresenta flexibilidade, eficiência e baixo custo. Estas características permitem o seu uso em uma vasta gama de aplicações.

Os MCUs foram inicialmente criados pela empresa Intel Corp. por volta da década de 80. Os sistemas microcontrolados surgiram da idéia de criar sistemas que realizassem tarefas mais específicas, pois microprocessadores possuem aplicações muito amplas, utilizando entre outras coisas, mais memória, potência de trabalho e espaço físico (CADY, 1997).

Os microcontroladores são dispositivos simples com memórias RAM e ROM internas, além de possuírem: oscilador interno de clock, I/O interno, acumulador, registradores e ULA (Unidade lógica aritmética). Tais características tornam o projeto de dispositivos inteligentes mais simples, pois os MCUs raramente necessitam de CIs (Circuitos Integrados) externos para funcionar, o que contribui para diminuição de custos e tamanho físico (PEREIRA, 2002).

MCUs permitem, desta forma, a implementação de sistemas mais compactos e baratos do que a utilização de sistemas baseados em microprocessadores. Por outro lado, são menos poderosos, pois as suas propriedades internas como memórias e clocks são de menor eficiência comparados aos microprocessadores (SILVA JUNIOR, 1999).

A utilização destes MCUs constitui-se em um dos elementos de grande relevância para a implementação do CNC. O uso destes será efetuado de forma a maximizar a dinâmica na fluência de dados e o controle de movimentos, possuindo vantagens por serem de menor custo quando comparados à outros tipos de controladores utilizados na implementação de CNCs. Na Figura 2, a imagem de um MCU PIC (Microchip Inc.) da família 18F.



Figura 2. MCU PIC família 18F.

Programar um MCU é necessário para que ele se torne capaz de, após receber informações, interpretá-las corretamente, para então atuar da melhor forma possível. Os MCUs são de programação relativamente simples, podendo ser programados com compiladores C++, Assembly e entre outros (PEREIRA, 2002).

### 2.3 Software MATLAB

O MATLAB (MATrix LABoratory – Laboratório de Matrizes) é um software direcionado para cálculos científicos e de engenharia e foi criado para ser um programa para operações matemáticas sobre matrizes. Mas, ao longo dos anos, tornou-se um sistema computacional flexível capaz de resolver não apenas simples cálculos, mas problemas técnicos. O programa em linguagem MATLAB possui uma biblioteca de funções prontas, estabelecendo-se assim, uma programação eficaz e simples. Por estas razões, decidiu-se utilizar este software para o uso do sistema de controle do sistema de furação CNC.

Atualmente, o MATLAB é largamente utilizado nas universidades e faculdades, nos cursos introdutórios ou avançados de matemática, ciências biológicas e químicas e, especialmente, nas engenharias. Na indústria, o software alcançou o status de ferramenta de pesquisa, projeto e desenvolvimento. O pacote-padrão do MATLAB possui ferramentas (funções) comuns a diversas áreas do conhecimento. Além disso, o MATLAB disponibiliza uma série de ferramentas adicionais (os toolboxes) que formam uma coleção de programas específicos. Dentre os toolboxes mais utilizados, pode-se citar: processamento de sinais, cálculos simbólicos (literais), sistemas de controle e lógica fuzzy (GILAT, 2006). Com isso, pode-se perceber que a outra vantagem do uso do MATLAB neste projeto é a introdução do uso de um software popular no meio profissional e científico aos acadêmicos de engenharia.

Além disto, o MATLAB tem muitas vantagens, em comparação com linguagens computacionais convencionais, para resolver problemas técnicos. Dentre elas, temos (CHAMPMAN, 2003): facilidade de uso, independência de plataforma, funções predefinidas, desenhos independentes de dispositivos, interface gráfica de usuário e compilador MATLAB.

### 2.5 Comunicação Serial

O periférico comunicador serial é um componente de grande importância em computadores. Permite comunicação bidirecional entre máquinas apenas com dois fios, e também permite por meio de um MODEM (Modulador/Demodulador), transferir e receber dados via sistema de telefonia tradicional, tornando-se uma ferramenta de muita importância (redes de computadores, Internet, satélite entre outros). Este periférico chama-se serial porque transmite um byte, bit por bit, em sequência preestabelecida e pré-programada, para que o

receptor possa recebê-lo e transformá-lo novamente em um byte. Além do byte que é transmitido no canal serial, inserem-se também alguns bits de controle de transmissão e recepção (NICOLSI, 2004).

A comunicação serial do protocolo RS-232 é do tipo serial assíncrona. Neste modo de comunicação, não existe a necessidade de gerar-se o sincronismo como no modo síncrono. Neste modo, cada caractere é transmitido individualmente, e para cada caractere tem-se bits de início de transmissão (Start bit) e bits de fim de transmissão (Stop bit), como pode ser demonstrado na Figura 3 (SILVA JUNIOR, 1998).

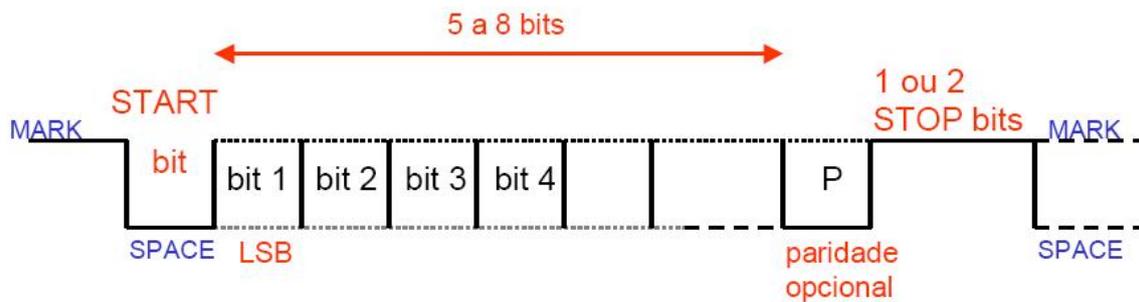


Figura 3. Comunicação Serial Assíncrona.

Como qualquer dispositivo de transmissão serial, os bits são enviados um à um, sequencialmente, e normalmente com bit menos significativo primeiro (LSB – Less Significant bit). Por ser um protocolo assíncrono, isto é, sem uma linha de relógio (clock), é responsabilidade do transmissor e do receptor efetuarem controles de tempo para saber quando cada bit inicia e finaliza.

Na sua forma padrão, o RS-232 utiliza dois sinais de controle, o RTS (ready to send) e o CTS (clear to send) para efetuar o controle de fluxo via hardware. Basicamente, quando o transmissor deseja começar um envio ele sinaliza através do pino RTS. O receptor, ao perceber que o transmissor deseja enviar algum dado, prepara-se para recebê-lo e sinaliza o pino CTS. Apenas depois de receber o sinal CTS o transmissor pode começar a transmissão.

### 3. MODELAMENTO DO SISTEMA

#### 3.1 Sistema mecânico

Para a modelagem da parte mecânica do equipamento, realizaram-se diversas pesquisas para definir quais os melhores elementos de máquinas, em questões de qualidade *versus* custo, para a construção do sistema. Dentre os diversos equipamentos que podem ser utilizados para a criação da máquina, pode-se destacar os mais utilizados pelo mercado, que são as mesas de deslocamento linear utilizando fusos de esfera laminados e retificados. São os mais utilizados pelo fato de possuírem alta precisão e as castanhas dos fusos terem baixo nível de folgas, sendo que existem alguns modelos de castanhas com pré-carga que chegam a uma folga praticamente igual a zero.

Estas características são interessantes para máquinas CNC pelo fato de que as folgas geradas por outros tipos de equipamentos, como fusos trapezoidais, com o tempo acabam por prejudicar o rendimento mecânico da máquina CNC. Devido ao baixo coeficiente de atrito de rolamento dos fusos de esferas em comparação com o atrito de deslizamento dos fusos convencionais, tem-se para os fusos de esferas, rendimentos superiores que podendo alcançar 97% e 98%, enquanto fusos trapezoidais ficam entre 40 e 50%.

Por se tratar de uma aplicação que exige alta precisão dimensional e geométrica na usinagem de peças, é inviável adquirir somente os fusos e construir as mesas de posicionamento, devido a falta de equipamentos na IES para usinagem de peças em alta precisão.

Além dos fusos vendidos separadamente, encontram-se também o equipamento pré-montado, ou seja, adquirindo três mesas de deslocamento linear se teria os três eixos (X, Y e Z). Desta forma, seria apenas necessária a montagem dessas mesas e a parte mecânica da mesa estaria praticamente finalizada. Porém, as mesas de posicionamento possuem custo muito elevado, o que as tornam também, equipamentos fora do alcance para o projeto.

Sabendo que a utilização de equipamentos usados e não recomendados para o tipo de aplicação desejada pode inviabilizar o desempenho da máquina, decidiu-se descartar a possibilidade de utilizar partes de equipamentos fora de uso.

Uma das alternativas mais viáveis seria o uso de mesas de deslocamento fabricadas com materiais alternativos e de baixo custo. Com isso definiu-se que mesas produzidas a partir de polímeros plásticos seriam as ideais, tais como aquelas fornecidas pela IGUS do Brasil Ltda. Segundo o fabricante, o fuso é do tipo trapezoidal, porém por ser de material plástico, a castanha não gera demasiado atrito com o fuso, sendo assim ele não necessita de lubrificação e o desgaste do fuso é menor. É importante ressaltar também que estas mesas não suportam altas cargas devido às suas características de materiais, porém a carga a ser aplicada no processo da furação é suficientemente baixa para permitir a utilização nos equipamentos referidos. Outro fator favorável são as dimensões das mesas que são limitadas abaixo de 750 mm, porém a aplicação também não exige grandes dimensões (até 300 mm de curso por mesa). Para efeito ilustrativo, a Figura 4 exibe uma mesa do fabricante proposto.

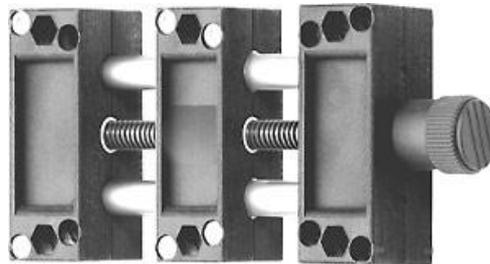


Figura 4. Mesa de deslocamento linear da marca IGUS.

Outro ponto na modelagem do sistema mecânico é a seleção da ferramenta para realizar a furação das placas, a qual foi definida a partir da observação de outras máquinas de furação e roteamento CNC, principalmente de caráter de *hobby*, pelo fato de serem de custo reduzido. Posteriormente, começou-se a pesquisar mini-retificas de caráter de *hobby* por possuírem menores dimensões físicas (para poderem ser manipuladas à mão) e boa portabilidade.

### 3.2 Programa em MATLAB

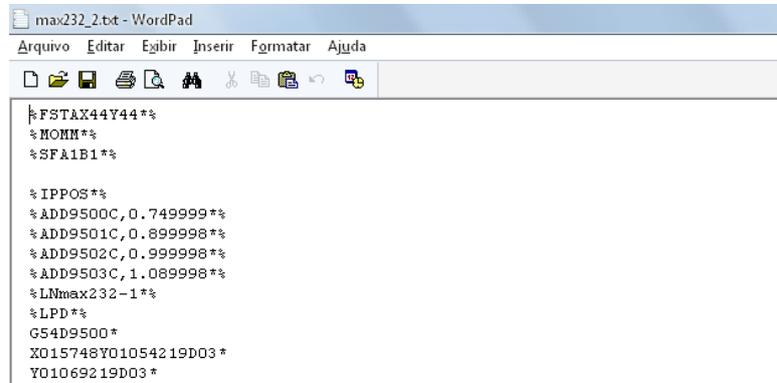
O programa para aquisição das posições de furação em MATLAB funciona de modo a importar os arquivos CAM (Computer Aided Manufacturing – Manufatura Assistida por Computador) gerados por um software de construção de circuitos impressos.

Em geral, os arquivos CAM para produzir uma placa de circuito impresso podem ser abertos como texto, ou seja, extensão *txt*.

Com isto, este arquivo pode ser importado para o MATLAB e é interpretado como uma *String*. A partir disto, o arquivo pode ser colocado em uma variável e esta passa por um

tratamento, onde se encontra a partir dos caracteres padrões que indicam as coordenadas dos furos a serem feitos (GILAT, 2006).

Após a etapa de design da placa, utiliza-se uma ferramenta do programa para gerar as coordenadas para a furação. Pode-se observar na Figura 5, o arquivo aberto com os pontos para a furação.



```
max232_2.txt - WordPad
Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ajuda

%FSTAX44Y44*%
%MOHM*%
%SFA1B1*%

%IPPOS*%
%ADD9500C,0.749999*%
%ADD9501C,0.899998*%
%ADD9502C,0.999998*%
%ADD9503C,1.089998*%
%LNmax232-1*%
%LPD*%
G54D9500*
X015748Y010542Z19D03*
Y010692Z19D03*
```

Figura 5. Arquivo *txt* para leitura dos pontos de furação.

### 3.3 Sistema de controle

A utilização de MCUs constitui-se em um dos elementos de grande relevância para a criação do CNC. O uso destes é efetuado de forma a maximizar a dinâmica na fluência de dados e no controle de movimentos, por meio da implantação de uma rede de MCUs, na qual cada MCU controla um eixo da máquina, para que as atividades em cada eixo possam ser realizadas em paralelo, economizando assim tempo de usinagem.

O sistema se organiza a partir do software em MATLAB que após identificar os pontos de furação, os envia para o MCU central da rede que por sua vez controla o eixo Z e envia as coordenadas para o MCU do eixo X e Y, que após se posicionarem, indicam para o MCU do eixo Z que estão posicionados, para que finalmente o MCU possa realizar a furação. Após isto, ele informa o computador que concluiu a furação com sucesso, estando assim disponível para receber uma nova coordenada para furação. A Figura 6 ilustra um organograma simplificado do sistema.

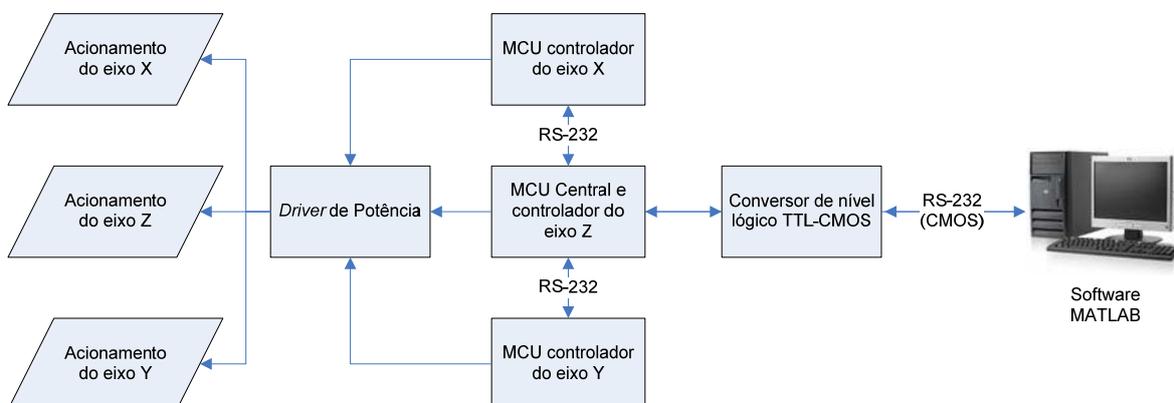


Figura 6. Organograma do sistema.

Observando a ilustração da figura acima, nota-se a necessidade de apenas dois circuitos auxiliares além dos MCUs e o computador: 1. conversor de nível lógico para comunicação

serial tendo em vista que os MCUs têm portas de comunicação em níveis TTL e computadores comuns utilizam CMOS; 2. Driver de potência, pois as saídas dos MCUs possuem baixa capacidade de corrente (aproximadamente 75 mA, segundo o fabricante). Com o driver pode-se ampliar tanto corrente como tensão nos terminais dos acionamentos para que os mesmos possam ser acionados de forma adequada.

Para a conversão de nível lógico utilizado na comunicação serial, a Figura 7 ilustra o projeto do circuito para a conversão.

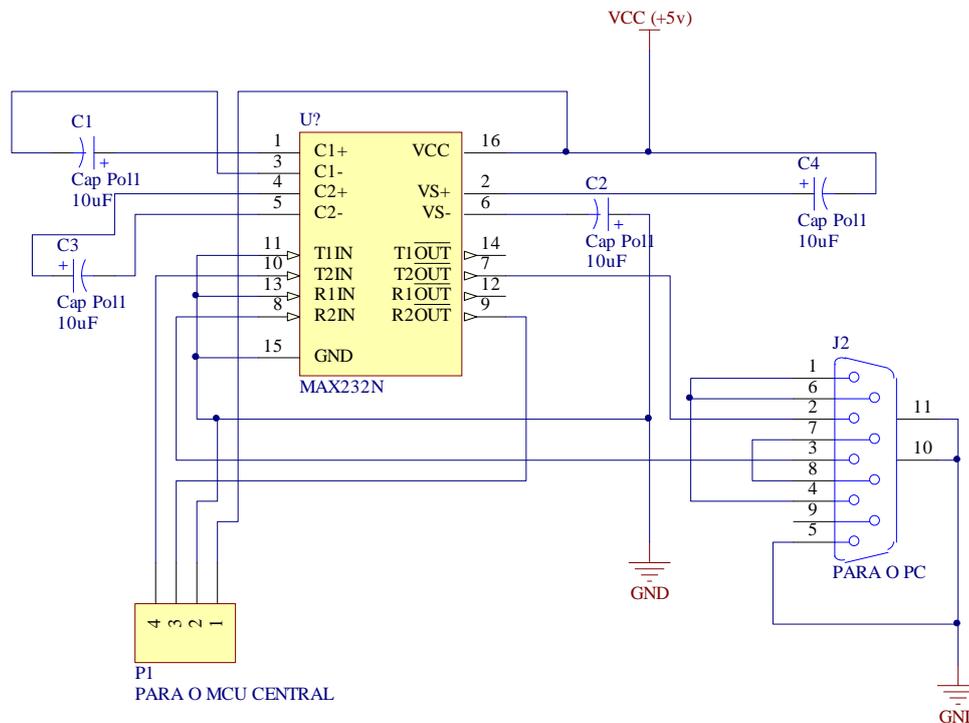


Figura 7. Desenho esquemático do circuito conversor lógico.

#### 4. APLICAÇÃO DIDÁTICA

O equipamento de furação CNC poderia ser usado como ferramenta didática numa vasta gama de disciplinas. Um exemplo claro do uso deste equipamento seria na disciplina de controle. Visto que o sistema de controle é do tipo “homemade”, ou seja, construído totalmente dentro da instituição com o uso da plataforma MATLAB, alterações ou melhoramento do seu sistema de controle poderiam ser facilmente executados e ou demonstrados durante as aulas. Poderia ser também usado como exemplo de construção de uma interface entre máquina e computador, o qual seria de grande valia, visto que toda a parte de programação e interface poderia ser exibida durante as aulas.

Outra aplicação didática seria na disciplina de CAD-CAM (*Computer Aided Design – Computer Aided Manufacture*), que numa tradução livre do autor, significa: Projeto assistido por computador e Manufatura assistida por computador. Em outras palavras, a disciplina de CAD-CAM envolve equipamentos de usinagem que são controlados por computadores, que através de uma interface amigável, permitem a usinagem de peças que são projetadas e ou desenhadas diretamente no computador. A linguagem usada em CAD-CAM é a mesma usada neste trabalho, ou seja, o equipamento poderia ser usado para introduzir os acadêmicos no uso da tecnologia CAD-CAM.

Outra aplicação de suma importância é na parte de fabricação de circuitos impressos. Ou seja, os acadêmicos podem projetar as suas placas de circuitos impressos, que poderiam ser fabricadas e testadas nos laboratórios da instituição. Em suma, o equipamento serviria como uma ponte entre a teoria e a prática.

Com isso, pode-se concluir que em pelo menos três disciplinas (Controle, CAD-CAM e Circuitos Eletrônicos), o equipamento desenvolvido no presente trabalho poderia ser usado como uma valiosa ferramenta didática.

## **5. CONCLUSÃO**

Considerados todos os aspectos do projeto apresentado, pode-se observar que o estudo para implementação desse sistema possui diferentes contribuições. Uma das contribuições é de caráter tecnológico, visto que é necessário desenvolver uma tecnologia de controle específica para o uso da furadeira CNC.

Outra contribuição é em termos didáticos, pois o equipamento CNC poderá ser usado para a fabricação de placas de circuitos impressos dentro da própria instituição, e as mesmas poderão ser testadas e avaliadas em diferentes disciplinas. Além disto, o equipamento poderá ser usado para que os acadêmicos se familiarizem com a tecnologia CNC e também ao ambiente MATLAB, um dos softwares mais usados tanto na indústria como no meio universitário.

Com relação ao estado do projeto, pode-se afirmar que apesar da modelagem do sistema ter sido feita, ainda é necessário realizar a modelagem dinâmica das mesas de deslocamento. Essa modelagem tem o intuito de fundamentar matematicamente sua capacidade de se submeter às vibrações e esforços exercidos sobre elas. Estas modelagens definirão se o equipamento atualmente elegido para constituir a máquina é de fato capaz de executar as tarefas propostas.

Serão necessários trabalhos focando qual o tipo de acionamento a ser utilizado com base nas modelagens feitas, pois sua definição implica diretamente em que tipo de estratégia e técnica de controle serão adotadas no sistema .

A organização do sistema e o software desenvolvido em MATLAB, não estão concluídos, porém mostram que o processo arquitetado é funcional. Em testes preliminares, que não foram apresentados neste artigo, a família de MCUs mostrou-se capaz de suportar as configurações desejadas.

Analisando todos os fatores que permearam esta etapa de implementação real da máquina, nota-se que uma perspectiva positiva com relação a esse projeto, ou seja, o projeto mostrou-se factível.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARNOLDI, H. The recent history of the machine tool industry and the effects of technological change. Munich - Germany: University of Munich, 2001.

CADY, F. M. Microcontrollers and Microcomputers: Principles of Software and Hardware Engineering. New York-NY-USA: Oxford University Press, Inc., 1997.

CHAMPMAN, S. J. Programação em MATLAB para engenheiros. São Paulo - SP: Ed. Thomson, 2003.

GILAT, A. MATLAB com aplicações em engenharia. São Paulo - SP: Bookman, 2006.

GONÇALVES, E.L.Z. Inovação no processo produtivo no segmento metal-mecânico com uso de tecnologia a CNC ( pesquisa do perfil profissional ). In: Anais do XXXIV COBENGE, 2006, Passo Fundo. **Anais**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2006, p. 13.6-13.21.

MAGALHÃES, T. T. Inovações tecnológicas e qualificação dos trabalhadores de empresas do setor metalmeccânico do estado do rio grande do sul: estudo de casos. 151 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 1998.

MARTINEZ, R.R. Criterios para seleccionar sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM). Información Tecnológica, La Serena, vol.15, n. 2, p.91-94, 2004. €

MATSUMOTO, É. Y. MATLAB 7 - Fundamentos. São Paulo - SP: Érica Ltda., 2004.

NAKAMURA, E. T. et al. Desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos utilizando ferramentas CAD/CAE/CAM. In: Encontro Nac. de Eng. de Produção, 24., 2004, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: UFSC, 2004. p. 4233-4239.

NICOLOSI, D. E. C. Microcontrolador 8051 detalhado. São Paulo - SP: Érica Ltda., 2004.

PEREIRA, A.G. Desenvolvimento e avaliação de um editor para programação CN em centros de usinagem. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2003.

PEREIRA, F. Microcontroladores PIC: técnicas avançadas. São Paulo - SP: Érica Ltda., 2002.

SILVA JUNIOR, V. P. da. Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051. São Paulo - SP: Érica Ltda., 1999.

## **STUDY OF THE PROJECT OF A CNC SYSTEM FOR DRILLING OF PRINTED CIRCUITS WITH DIDACTIC AIMS**

**Abstract:** *The application of production systems based on CNC (Computer Numeric Control) has increased in the last years. The advantages of these systems are the high productivity combined with the quality of the final product. However, due to the high cost of these systems, these machines are used only in restricted applications, where the quality plays an important role. For this reason, it is very important that students of engineering have the opportunity to work with this type of automation system during their under graduation. The purpose of this project is the construction of CNC system with low cost for the drilling of printed circuits. This system can be used for didactic tasks, such as CNC programming, design of printed circuit boards and use of microcontrollers.*

**Keywords:** *CNC, Drilling, Printed Circuit, Microcontroller*