

ACIONAMENTO DE MOTORES DE PASSO ATRAVÉS DE UMA INTERFACE ENTRE UM PROGRAMA CAD E A PORTA USB

Ildeu Lúcio Siqueira

Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET-GO, Rua 75, nº 46, Centro, Goiânia, GO, Brasil, CEP 74055-110.

Tel.: +55 62 212-5050 R.193, e-mail: ils@cefetgo.br

Helder Barbieri Lacerda

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av. João Naves de Ávila, 2160, CEP 38400-902, Uberlândia (MG), Brasil, Tel.: +55 34 3239-4148, e-mail: helder@mecanica.ufu.br

Resumo: Os sistemas de controle dos movimentos de baixo custo, para motores de passo, utilizam a porta paralela de um micro computador e o sistema operacional MS-DOS®, tendo a desvantagem de apresentar uma interface ruim, pouco amigável, pouco informativa e sem estética, devido às limitações do DOS. Além disso, apenas dois motores podem ser acionados simultaneamente. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma placa de circuito impresso e uma interface gráfica no ambiente Windows® para acionar os motores de passo de uma mesa X-Y (destinada a corte e solda de chapas metálicas), através da porta USB de um microcomputador rodando o programa AutoCAD®. A placa de circuito impresso possui cabos para ligar fisicamente a porta USB aos acionadores dos motores de passo. A interface gráfica desenvolvida é mais funcional e amigável, utiliza o sistema operacional Windows98® e comandos adicionados ao menu do programa AutoCAD® para o acionamento dos motores. A sua programação foi realizada através do AutoLISP® e VBA, que são ferramentas para a criação de aplicativos no AutoCAD®. Os testes experimentais envolveram interpolação linear e circular, de modo a acionar os motores de passo, reproduzindo o projeto desenvolvido no AutoCAD®. Para o microcomputador, este sistema é um dispositivo de interface humana (HID), em que a velocidade máxima de acionamento dos motores de passo é limitada a 190 mm/min. Os resultados mostraram que o sistema desenvolvido é capaz de traçar qualquer trajetória desejada com boa exatidão.

Palavras chave: mesa X-Y, porta USB, sistema de controle de movimentos, AutoCAD®.

1. INTRODUÇÃO

A principal justificativa para o desenvolvimento deste trabalho é que não existe na literatura e nem na prática industrial, uma interface entre o programa AutoCAD® e a porta Universal Serial Bus (USB) de um microcomputador usando o sistema operacional Windows®, para acionar motores de passo de uma mesa X-Y de acordo com o projeto desenvolvido no CAD. Os atuais sistemas de controle dos movimentos de baixo custo, para motores de passo, utilizam a porta paralela de um micro computador e o sistema operacional MS-DOS® e tem a desvantagem de apresentar uma interface ruim, pouco amigável, pouco informativa e sem estética, devido às limitações do DOS. Além disso, apenas um motor pode ser acionado de cada vez.

O principal objetivo deste trabalho é utilizar o sistema operacional Windows® 98, o programa AutoCAD® e a porta USB de um microcomputador para acionar os motores de passo de uma mesa

X-Y, destinada ao corte e solda de chapas metálicas, com confiabilidade e baixo custo, através de uma interface gráfica mais funcional e amigável, capaz de acionar simultaneamente várias funções ou dispositivos, como por exemplo: motores de passo, chave fim de curso, sistema de refrigeração e outros.

Este trabalho foi dividido em cinco tópicos, começando pela evolução das portas, dispositivos de interface humana, ferramentas de programação usadas no AutoCAD[®] e motores de passo. Logo em seguida, é descrita a implementação do sistema. Depois, os resultados são mostrados e discutidos e por fim, apresentam-se as conclusões.

2. EVOLUÇÃO DAS PORTAS

Em 1980, quando a IBM[®] estava desenvolvendo seu primeiro microcomputador pessoal (PC), definiu que o barramento ISA[®] seria utilizado para permitir que o PC pudesse receber placas de expansão. Porém, faltava uma porta que permitisse o acoplamento de periféricos externos, como mouses e impressoras, artigos de luxo para a época. Desde então, os PC's incorporaram dois tipos de portas para a conexão com dispositivos externos: as portas paralelas e as seriais (Morimoto, 2000). A Figura (1) mostra a parte traseira de um microcomputador com vários tipos de portas de comunicação com periféricos.

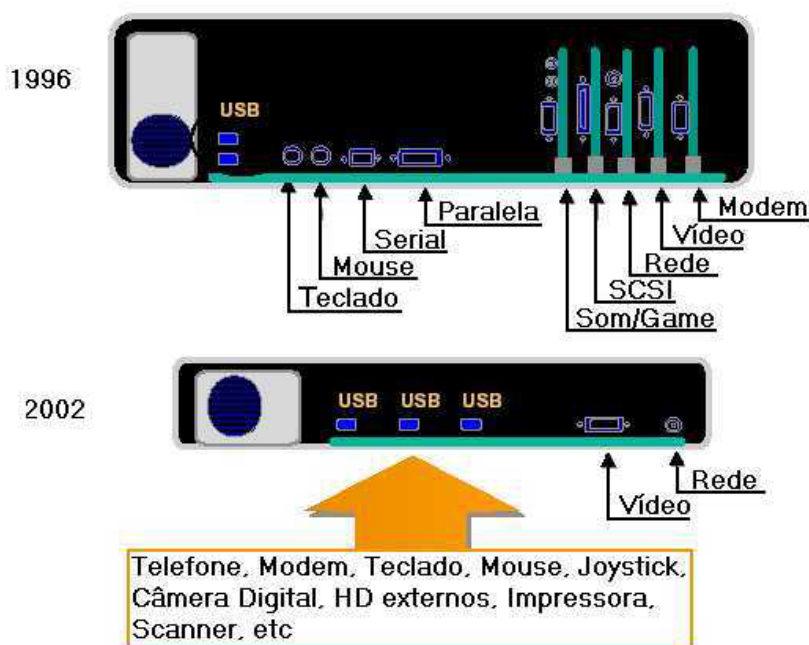


Figura 1: Parte traseira de um microcomputador com vários tipos de portas de comunicação (extraído de Koopman, 2002)

A porta paralela transmite oito bits de dados por vez, enquanto que a serial, como diz o nome, transmite um bit de dados por vez. Originalmente, as taxas de transferência de dados eram de 150 kilobytes por segundo (KBps) e 9600 bits por segundo (bps), respectivamente, para a porta paralela e a serial. A partir de 1990 as portas foram aperfeiçoadas quando foi criado o ECP (*Enhanced Capability Port*), padrão atual para a porta paralela que transmite dados à taxa de até 3 MBps. As portas seriais passaram a transmitir a 115 Kbps (Compaq et al, 2000).

Apesar deste avanço existia uma limitação quanto ao número de portas, duas seriais e uma paralela. Na época em que se utilizava apenas uma impressora e um mouse isto era mais do que suficiente. Atualmente a situação é diferente, já que a utilização de outros periféricos, como, modems externos, scanners, câmeras digitais e outros, fizeram com que a mesma porta seja compartilhada por vários dispositivos diferentes, tornando os eventos extremamente lentos. Para resolver este problema, surgiu o padrão USB (*Universal Serial Bus*). A partir de 1997 a maioria das

placas-mãe passou a contar com duas portas USB, sendo que atualmente já existem vários periféricos USB, desde teclados, mouses, gravadores de CD, placas de rede dentre outros.

Conforme Mendonça and Zelenovsky (1998), a Universal Serial Bus (USB) é um novo padrão de barramento (porta) serial para fluxo de dados entre um computador e vários periféricos externos. Surgiu em 1995, desenvolvida por um grupo de empresas de tecnologia da computação, como: Compaq®, DEC®, IBM®, Microsoft®, Intel®, e outras, a partir da necessidade de resolver o problema das limitações das portas dos micros computadores. A USB é um novo padrão industrial definido pela Compaq et al (2000), que possibilita a operação com um cabo com no máximo 5 metros de comprimento, com 2 ou 4 fios, isso dependendo da velocidade que se deseja trabalhar, a uma velocidade de transferência máxima de 480 Mbps (megabits por segundo) para a USB 2.0, essa especificação entrou em vigor no final de 1999 e que veio para substituir o padrão USB 1.0 que possuía uma velocidade de 1,5 e 12 Mbps.

2.1 Dispositivos de Interface Humana

A classe de Dispositivos de Interface Humana (HID, de *Human Interface Devices*) como mouses, teclados, joysticks e outros, foi uma das primeiras classes USB a ser suportada sob o sistema operacional Windows®. Em PCs rodando Windows98® ou superior, aplicativos podem comunicar com HIDs usando os controladores construídos no próprio sistema operacional. Por essa razão, os dispositivos USB que se enquadram dentro desta classe HID são mais fáceis para carregar e executar (Axelson, 2001).

De acordo com o Fórum de Implementadores USB (Compaq et al, 2000), a velocidade máxima de transferência é limitada, especialmente em baixas e médias velocidades. Um hospedeiro pode garantir um ponto final (*endpoint*) de interrupção em baixa velocidade, mas não mais do que 1 transação por 10 ms, para um máximo de 800 bytes por segundos. Um hospedeiro pode garantir um ponto final em média velocidade para 1 transação por ms, para um máximo de 64.000 bytes por segundo, ou um ponto final para altas velocidades até 3 transações em 125 ms, para um máximo de 24,576 megabytes por segundo.

Qualquer dispositivo que pode subsistir dentro dos limites da classe é um candidato para ser um HID. Assim, leitores de código de barra, termômetros e voltímetros são exemplos de HID que podem não ter uma interface humana convencional (HID Specification, 2001). Cada um desses transmite dados para o computador e pode receber também pedidos que configuram o dispositivo.

2.2 AUTOCAD®

O AutoCAD® da Autodesk Corporation é um dos *softwares* CAD mais vendido no mundo, utilizado em centenas de países e traduzido para diversos idiomas, atualmente pode ser executado em MS-DOS®, UNIX® e Windows®. É usado por arquitetos, engenheiros mecânicos, engenheiros eletricitas, dentre outros (Silva, 2000).

O AutoLISP® é baseado na linguagem de programação LISP (*LISt Processing*). O AutoCAD® tem um interpretador de LISP embutido, permitindo a digitação de expressões e/ou funções AutoLISP® na linha de comando e sua interpretação é automática (Kramer, 1995). O *Visual Basic for Application* (VBA) é outra linguagem de programação visual para aplicações. O AutoCAD® possui uma interface VBA para a criação de aplicativos dispensando o uso de uma outra, que deveria ser visual, mas a edição e correção é da forma textual, chamada linguagem DCL, usada para programação via quadros de diálogo.

2.3 Motores de Passo

Os motores de passo, ao contrário dos motores convencionais que quando excitados giram continuamente, são dispositivos eletromecânicos que convertem pulsos elétricos digitais em movimentos mecânicos discretos do eixo. De acordo com De Freitas (1998), os princípios de

funcionamento são conhecidos desde meados do século XX, tendo seu uso intensificado a partir de 1970, quando houve uma grande evolução das aplicações de técnicas digitais e também o desenvolvimento do transistor de potência.

Essa característica permite que sejam utilizados em sistemas de controle de posição em malha aberta, o que possibilita um custo acessível. Os sistemas de controle de posição em malha fechada são complexos e caros, pois necessitam de sensores de posição nos eixos de movimento linear e a técnica de controle é mais sofisticada (Andrade, 1988). Dentre as muitas aplicações dos motores de passo, podem ser citadas:

- Equipamentos de informática (impressoras, scanner, disco rígido);
- Automação industrial, equipamentos aeroespaciais e bélicos;
- Plotters XY e aparelhos de fax;
- Mesas de coordenadas X-Y.

Os acionadores de motores de passo usados no trabalho são os OEM750 da Divisão Compumotor da Parker Hannifin, para operação de motores de passo híbridos de duas fases (Compumotor, 2000). Algumas das suas características são:

- Micropasso controlado por microprocessador, provendo uma operação suave dentro de uma faixa de velocidade;
- Possui 16 ajustes selecionáveis de número de pulsos por revolução (200 – 50.800 passo/rev.);
- Frequência de pulsação máxima de 2 MHz;
- Correção da forma de onda e do deslocamento de fase tornando o funcionamento suave.

3. IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

O sistema computacional foi criado usando duas linguagens de programação: AutoLISP® e VBA (*Visual Basic Application*), que são linguagens interpretadas e fazem parte do AutoCAD 2000®. Destinada a personalizar tarefas repetitivas e/ou complexas no ambiente CAD.

3.1 Descrição do Sistema

O sistema computacional, denominado UFUCAM foi desenvolvido para acionar os motores de passo de uma mesa de coordenadas X-Y e serve para equipamentos de corte a plasma, laser, oxi-acetileno, e outros. A Figura (2) ilustra a interface criada entre o AutoCAD®/ porta USB e desta para os acionadores dos motores de passo.

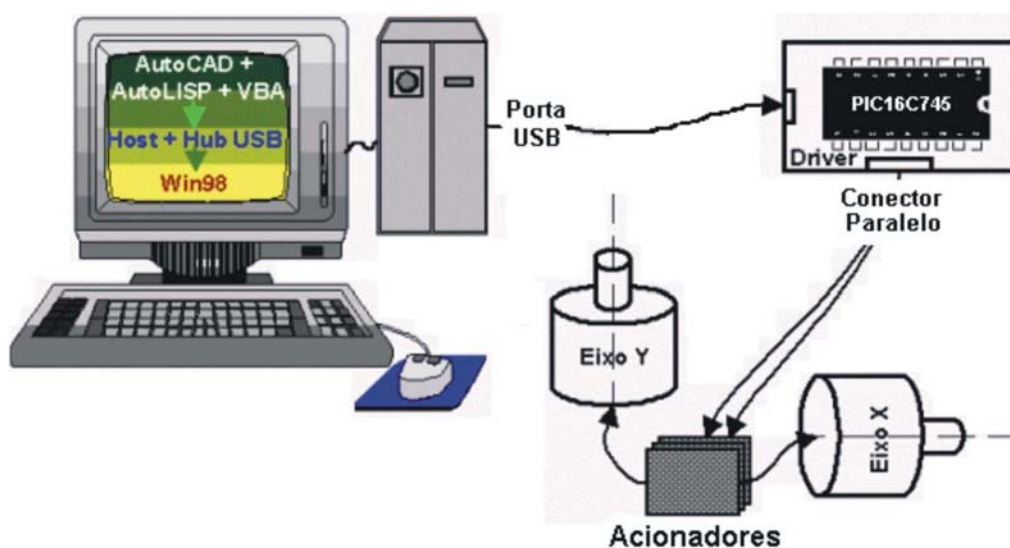


Figura 2: Interface AutoCAD® e dispositivos (motores de passo)

3.2 Princípio de Funcionamento da Interface

Para demonstrar o princípio de funcionamento da interface AutoCAD®/Porta USB, considere um projeto desenvolvido no AutoCAD®, como na Fig. (3), para gerar uma trajetória hexagonal da ferramenta, com seis entidades (E1 a E6) de lados iguais, com pontos iniciais (Pi.1) e finais (Pi.2).

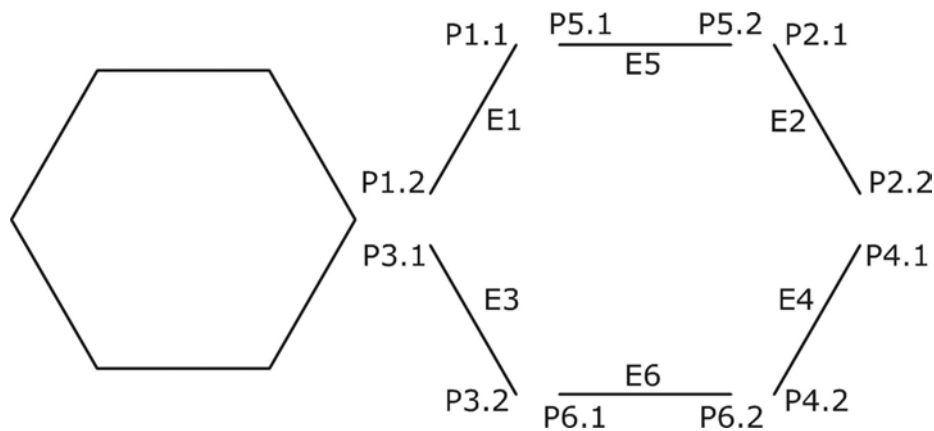


Figura 3: Exemplo de um projeto desenvolvido no AutoCAD®

O fluxograma da Fig. (4), mostra as etapas para acionar os motores de passo da mesa X-Y, de acordo com o projeto definido no AutoCAD®, através da porta USB do microcomputador.

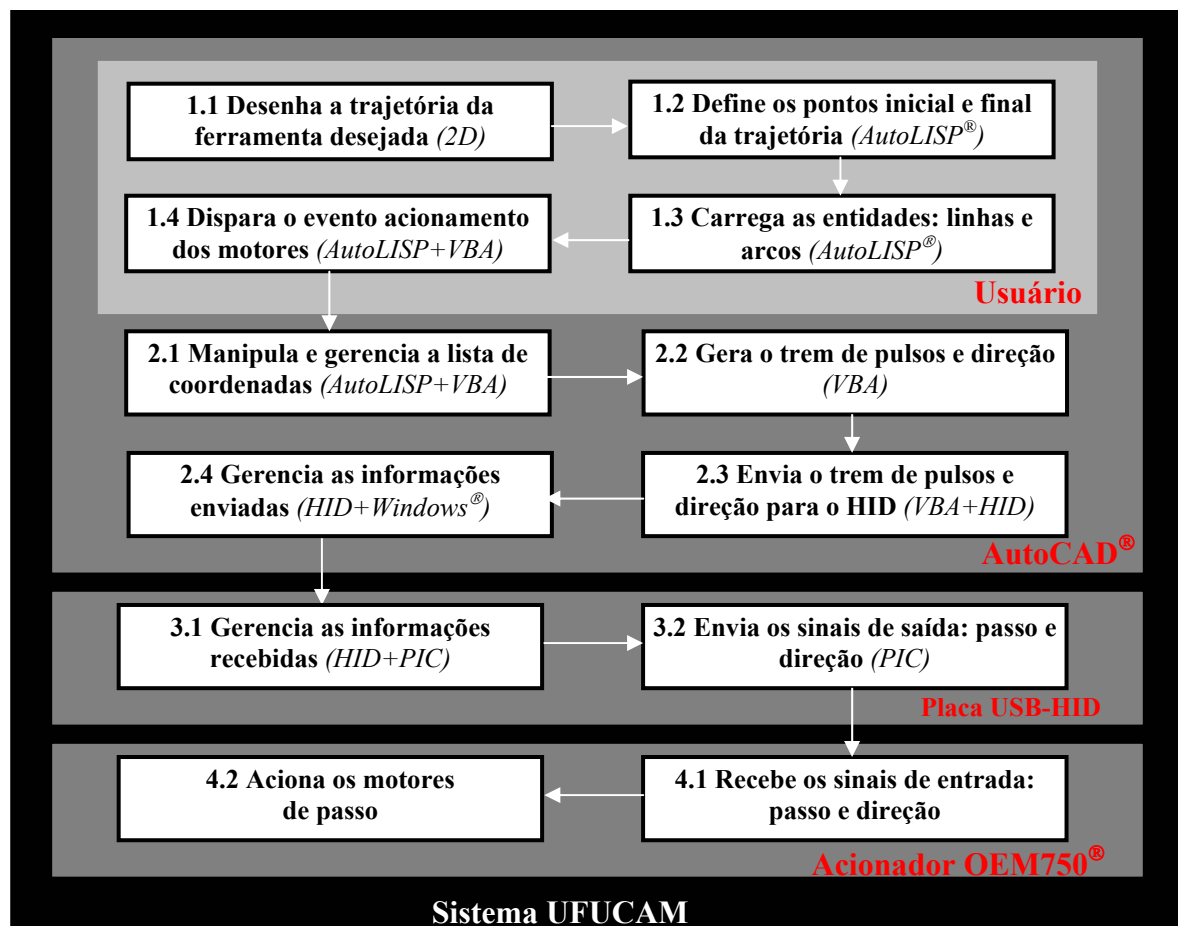


Figura 4: Fluxograma das etapas para interpolação linear.

O fluxograma mostra as quatro etapas, que podem ser resumidas da seguinte forma:

1. Definição do projeto pelo usuário, que:
 - 1.1 Estabelece a trajetória desejada da ferramenta, desenhando-a em 2D na área gráfica do AutoCAD[®];
 - 1.2 Define o ponto inicial e final da trajetória da ferramenta (AutoLISP[®]);
 - 1.3 Dispara o evento responsável pelo carregamento das entidades do sistema CAD.
2. Atuação do programa escrito na linguagem AutoLISP[®]:
 - 2.1 Manipula a lista de entidades do sistema CAD: linhas e arcos;
 - 2.2 Gera uma lista ordenada de coordenadas dos pontos da trajetória, conforme procedimentos de Postal (2000);
 - 2.3 Ao comando do usuário, dispara o evento que aciona os motores de passo, através de uma subrotina escrita em VBA;
3. A subrotina escrita em VBA executa as seguintes tarefas:
 - 3.1 Manipula e gerencia a lista de coordenadas da trajetória da ferramenta;
 - 3.2 Gera e armazena os trens de pulsos e os sinais de direção de acionamento dos motores de passo;
 - 3.3 Envia os trens de pulsos e sinais de direção para o HID;
 - 3.4 Gerencia o fluxo de informações enviadas, através do HID e controlador hospedeiro "host" do sistema operacional Windows[®], que:
 - 3.4.1 Detectam a conexão e remoção de dispositivos (microcontrolador PIC 16C745), por intermédio do controlador "host" USB;
 - 3.4.2 Executam as transferências de dados para o HID e deste para a porta física USB.
4. A placa USB-HID:
 - 4.1 Recebe os sinais enviados pela porta USB;
 - 4.2 Transfere os dados para os conectores de 25 pinos dos acionadores OEM750, selecionando os motores dos eixos X e/ou Y, conforme a trajetória desejada;
5. Os acionadores OEM750 dos eixos X e Y:
 - 5.1 Recebem os sinais de entrada: trem de pulsos e direção;
 - 5.2 Comutam os motores de passo, a fim de mover os eixos, deslocando a ferramenta de corte ou solda.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este item apresenta os resultados obtidos nos testes experimentais realizados para validação dos algoritmos da interface UFUCAM. A primeira parte dos testes consiste na verificação experimental das velocidades programadas e do número de pulsos enviados aos motores de passo para realizar um percurso. A segunda parte consiste na movimentação da mesa X-Y através da porta USB, realizando trajetória contendo trechos retilíneos e circulares.

4.1 Verificação Experimental da Velocidade Programada

Para a comprovação do número de pulsos transmitidos (NPe) e da velocidade esperada (Ve) de acionamento, o trem de pulsos foi adquirido através de uma placa de aquisição de sinais e o programa LabVIEW[®]. Essa placa de aquisição foi ligada diretamente à saída da placa USB-HID confeccionada para este trabalho, registrando os sinais enviados pelo microcomputador através do AutoCAD[®] (AutoLISP[®]/VBA), sem a movimentação da mesa de coordenadas. Os parâmetros variados foram o comprimento do segmento de reta, número de pulsos programado (NPp) e velocidade de trabalho (Vp). A Fig. (5) mostra um trem de pulsos gerados e o perfil de velocidades de um dos testes realizados.

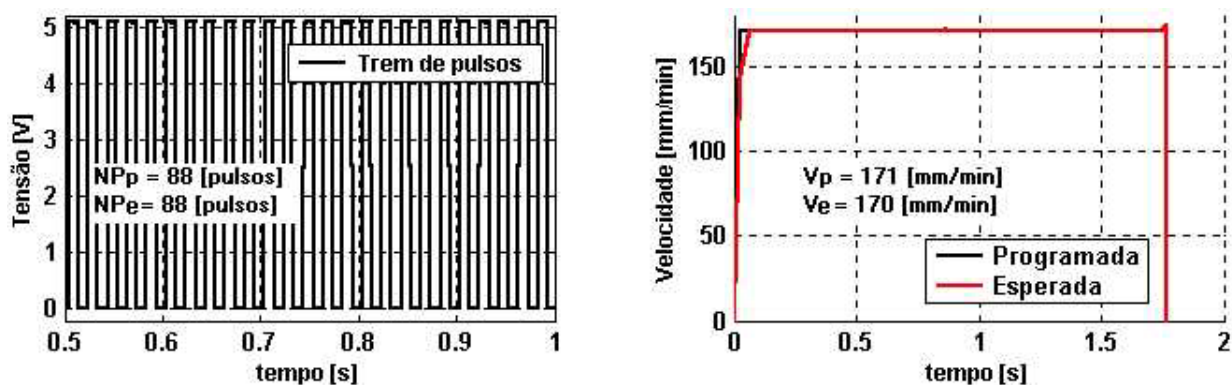


Figura 5: Trem de pulsos gerados, velocidades de um dos testes experimentais.

Os erros na velocidade esperada (V_e) encontrados nos testes foram causados pelas interrupções geradas pelo sistema operacional multitarefa (Microsoft Windows98[®]), em que o tempo destinado a cada processo depende da prioridade. Mesmo ajustando-a para “tempo real”, o sistema operacional Windows[®] 98, ainda executa outras tarefas de controle do micro-computador. Além disso, verificou-se que existe uma limitação na velocidade máxima de transferência de dados pela interface de comunicação HID. O número de pulsos programados (N_{Pp}) se mostrou exato até 190 mm/min. Acima dessa velocidade de trabalho (V_p), não existe uma garantia do sistema, porém, até a velocidade de 428 mm/min, foi detectada perda de pulsos, o que é insignificante para a aplicação de corte e solda de chapas metálicas. Cabe salientar que o percurso programado foi percorrido integralmente, porém, com velocidades inferiores à desejada. Os testes mostraram não haver relação entre o erro no número de pulsos programado e erro de velocidade.

4.2 Verificação de trajetórias

Para a verificação da capacidade de interpolação linear e circular do sistema desenvolvido, foram desenhadas algumas trajetórias no ambiente AutoCAD[®] que, em seguida, foram traçadas usando uma mesa de coordenadas de 2 eixos, acionada por motores de passo. A mesa de coordenadas pode ser vista na Fig. (6).



(1) Placa USB-HID/PIC; (2) Conector do dispositivo de acionamento dos motores de passo; (3) Mesa de coordenadas X-Y e (4) Dispositivo de fixação da caneta esferográfica.

Figura 6: Mesa de coordenadas X-Y, dispositivos de traçagem e placa USB-HID

As trajetórias desejadas (vermelho) e aquelas efetivamente traçadas (preto) foram superpostas na Fig. 7 para uma avaliação qualitativa do desempenho do sistema de controle dos movimentos. Deve-se ressaltar que os pequenos erros e desvios de trajetória observados devem-se em grande parte aos erros geométricos da mesa de coordenadas, tais como desvios de paralelismo dos eixos X e Y, desvios de ortogonalidade entre os eixos, folgas e elasticidade dos componentes, como correias, mancais e eixos. Estes erros podem ser reduzidos através de ajustes mecânicos e melhoramentos no projeto mecânico da mesa de coordenadas X-Y.

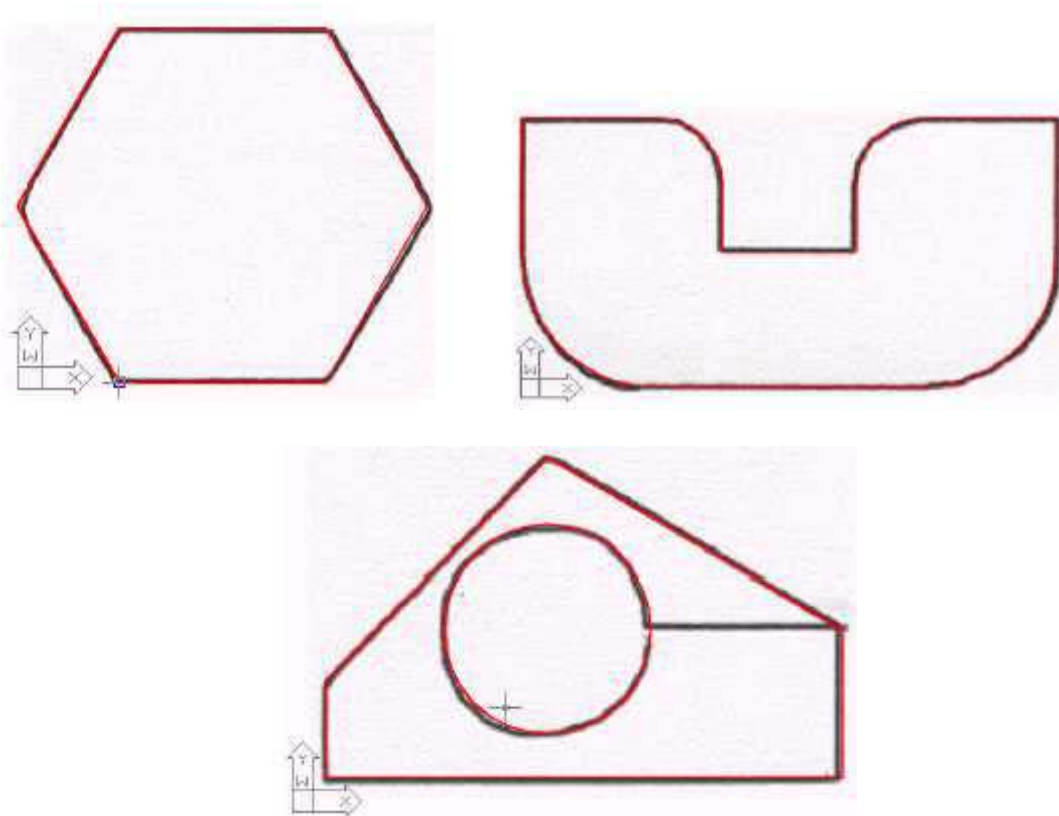


Figura 7: Superposição entre as trajetórias desejadas (vermelho) e percorridas (preto)

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de uma interface entre um programa CAD e os acionadores dos motores de passo de uma mesa XY através da porta USB demonstrou vários aspectos positivos, como a compatibilidade com a arquitetura "plug and play": ao conectar o cabo USB da placa USB-HID ao microcomputador, o sistema operacional automaticamente reconhece e instala a interface de comunicação entre o micro e os acionadores dos motores de passo, sem a interferência do usuário. Pode-se destacar ainda a facilidade de uso (simples conexão de dispositivos), o baixo custo da interface de comunicação, a portabilidade com versões mais novas do AutoCAD® e do sistema operacional Windows® e principalmente, uma interface amigável e interativa com o usuário.

Em relação a sistemas semelhantes desenvolvidos anteriormente, foram eliminadas sub-etapas (dois sistemas operacionais, dois aplicativos, geração de disquete contendo arquivo de texto com a seqüência de pulsos) nos processos de corte e solda de chapas metálicas usando sistemas automáticos de baixo custo. No sistema desenvolvido neste trabalho, o usuário pode desenhar no AutoCAD® a trajetória desejada da ferramenta e em seguida executar a operação. Assim o acionamento dos motores de passo é realizado no mesmo ambiente onde foram feitos os desenhos. Com isso, têm-se uma economia de tempo nas etapas de desenvolvimento de novos produtos, tornando o sistema mais flexível às nuances do mercado. Uma outra vantagem da utilização da

porta USB é que está se tornando um padrão para a indústria, o que facilita a expansão do número de dispositivos conectados ao micro sem o perigo de qualquer tipo de conflito de hardware. Qualquer periférico (chave fim de curso, sistema de refrigeração, etc.) pode ser acrescentado sem perigo de não funcionar.

Os testes de trajetórias mostraram uma boa reprodução da trajetória desejada. Os desvios de trajetória observados devem-se em grande parte aos erros geométricos da mesa de coordenadas, tais como desvios de paralelismo entre as guias prismáticas dos eixos, desvios de ortogonalidade entre os eixos X e Y, folgas e elasticidade dos componentes, como correias e mancais.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Sr. Isaac M. Bavaresco por ter confeccionado a placa para simulação de testes de comunicação com a porta USB. O primeiro autor agradece à CAPES pela concessão da bolsa de estudos através do programa PICDT.

7. REFERÊNCIAS

- Andrade, D. A., 1988, "Uma contribuição à análise do Comportamento dos motores de passo", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Brasil. 161 p.
- Axelson, J., 2001, "USB Complete, Everything You Need to develop Custom USB Peripherals", 2ª edição, Ed. Lakeview Research Madison, USA, 523p.
- Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC, Philips, 2000, "Universal Serial Bus Specification", Revision 2.0, 27 de abril, referência: USB Implementers Forum, site: <http://www.usb.org>.
- Compumotor, 2000, "OEM750 Drive - OEM750X Drive/Indexer - User Guide", Compumotor Division of Parker Hannifin p/n 88-016109-01B, Revision B January, site: <http://www.compumotor.com>, Rohnert Park : USA, 100 pp.
- De Freitas, M. A. A., 1998, "Acionamento do Motor de Passo no Modo de Fracionamento Eletrônico do Ângulo de Passo", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Brasil.
- HID Specification, 2001, "Device Class Definition for Human Interface Devices (HID), Firmware Specification", Version 1.11, 27 de Junho, referência: USB Implementers Forum, site: <http://www.usb.org>.
- Koopman P., 2002, "Buses - Memory System Architecture", Carnegie Mellon University, portal: <http://www.ece.cmu.edu/~ece548>.
- Kramer, W., 1995, "Programando em AutoLISP", tradução Ariovaldo Griesi, Ed. Markron Books São Paulo, Brasil, 240 p.
- Mendonça, A. P. and Zelenovsky, R., 1998, "Hardware Avançado, Complemento da Primeira Edição do livro "PC: Um Guia Prático de Hardware e Interfaceamento"", Ed. Ciência Moderna, Rio de Janeiro, Brasil, pp. 40-46.
- Morimoto, C. E., 2000, "A Evolução das Portas de Comunicação", artigo publicado no portal: www.guiadohardware.net.
- Postal, M., 2000, "Desenvolvimento e Implementação de CNC para Motores de Passo", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Brasil.
- Silva, A. L., 2000, "Uma contribuição do uso de técnicas de restrições geométricas baseadas em grafo para apoio a projetos de engenharia", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG. Brasil.

STEP MOTORS DRIVING THROUGH AN INTERFACE BETWEEN A CAD SOFTWARE AND THE USB PORT

Abstract: *The step motors low cost motion control systems use the microcomputer parallel port and MS-DOS[®] operational system. These systems present some disadvantages due to DOS limitations: a poor, no informative and ugly interface. The goal of this work is to develop a printed circuit board and a graphical interface inside Windows[®] platform, capable to drive the step motors of a X-Y coordinate table (used to metal cutting and welding) through the microcomputer USB port when running a CAD software. The printed circuit board have cables to physically connect the USB port to the two step motor drives. The developed graphical interface is functional and user friendly. It was created using LISP and VBA computational languages under Windows98[®] and adds commands to the CAD menu to run the step motors. The experimental tests involved linear and circular interpolation, reproducing the drawing made with the CAD software. This system is a Human Interface Device (HID) to the microcomputer, where the maximum traversing speed is 190 mm/min. The results showed that the developed system is able to trace whatever trajectory with satisfactory accuracy.*

Keywords: *X-Y table, USB port, motion control system, AutoCAD[®].*