

COMUNICAÇÃO

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM ROBÔ MANIPULADOR

Luis Gustavo Machuca¹, Abimael Brandão¹ e Valdemir Carrara¹

RESUMO: Este trabalho apresenta o projeto e a construção de um robô manipulador do tipo cartesiano de três graus de liberdade e um órgão terminal, controlado por computador. No computador é implementada uma estratégia de controle por meio de *micro switch*, linguagem de programação C e comunicação através da porta paralela a qual permite a ação sobre os motores de passo fazendo a movimentação do robô. São apresentadas a fundamentação teórica, a metodologia adotada e as fases do projeto. Ao final são discutidos os resultados obtidos, abordando os aspectos didáticos e de aplicação do sistema desenvolvido.

Palavras-chave: Motor de passo. Porta paralela.

Design and construction of an industrial robot

ABSTRACT: This work intends to present the project and construction of an industrial robot with 3 degrees of freedom on cartesian axes and one end-effector controlled by a computerized system. A computer program in C language was developed in order to send commands to the stepper motors throughout the parallel port, as well as to move the robot arms and to find robot home using end-effect switches. This work presents the theoretical background and the methodology used on design. Finally, results are discussed and the educational aspects and application of this system are addressed.

Keywords: Stepping motor. Parallel port.

Recebido em 10 fev. 2013
Aceito em 03 mai. 2013

¹ Faculdade de Tecnologia São Francisco – FATESF.

1 INTRODUÇÃO

Com a globalização, as empresas tiveram que melhorar os seus sistemas de produção industrial devido a grande concorrência entre elas e, como consequência, muitas dessas empresas, inclusive as de pequeno porte, tiveram que se modernizar, automatizando seus sistemas de produção industrial, para assim poder baratear os custos dos seus produtos.

O avanço da robótica, que vem ganhando espaço nas últimas décadas, principalmente pelo grande crescimento da eletrônica, a qual trouxe ao mercado processadores digitais cada vez mais rápidos e eficientes, tem permitido o desenvolvimento de manipuladores mecânicos, ainda mais poderosos.

Dessa forma, os manipuladores mecânicos apresentam-se como uma ferramenta com alto grau de versatilidade e flexibilidade, motivos que os tornaram elementos importantes no processo de automação industrial.

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um protótipo de robô cartesiano que realize a função de manipular objetos de acordo com o que for programado por software desenvolvido em linguagem C, de forma que sua rotina possa ser alterada pelo programador, dependendo da aplicação em que será usado o robô.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Configuração dos robôs

A configuração física dos robôs está relacionada com os tipos de juntas que ele possui. Consideram-se primeiro os graus de liberdade mais próximos da base, ou seja, as juntas do corpo, do braço e posteriormente do punho.

O robô de coordenadas cartesianas usa três juntas lineares, tem uma configuração mais simples e desloca as três juntas uma em relação a outra. Este robô opera dentro de um envoltório de trabalho cúbico.

No Robô cilíndrico o braço possui na base uma junta prismática, sobre a qual se apóia uma outra rotativa (revolvente ou torcional). Uma terceira junta do tipo prismática é conectada à junta rotativa. Esse braço apresenta um volume de trabalho cilíndrico.

Já no Robô esférico ou polar este tipo de braço robótico foi projetado para suportar grandes cargas e ter grande alcance. Ele conta com duas juntas rotativas seguidas de uma junta prismática. A primeira junta move o braço ao redor de um eixo vertical, enquanto que a segunda junta gira o conjunto ao redor de um eixo horizontal. A denominação “polar” deve-se

às coordenadas polares de sistemas de eixos cartesianos, caracterizadas por duas coordenadas angulares (juntas rotativas) e uma coordenada radial (junta prismática).

O Robô SCARA é também um braço bastante utilizado, pois é compacto, tem grande precisão e repetibilidade, embora com um alcance limitado. Essas características o tornam próprios para trabalhos em montagem mecânica ou eletrônica que exigem alta precisão. Possui duas juntas rotativas e uma junta linear, que atua sempre na vertical.

2.2 Transistor

Neste projeto foi usado um transistor Tip 122, que é de alta potência com conexão Darlington. Sua função foi a de fazer o chaveamento de cada pólo do motor de passo. Sua escolha deve-se ao fato desse componente possibilitar um alto ganho de corrente pelo fato de existir dois transistores bipolares de junção, um com ganho de potência e outro com ganho de tensão.

Os transistores foram usados devido à tensão e à corrente utilizadas nos motores de passo e no gerador de vácuo serem diferentes das utilizadas pelos Circuitos integrados (CI's) do circuito elétrico. Nos motores de passo a tensão a ser utilizada é de 4.3V e corrente de 1,5A para cada motor, no gerador de vácuo, a tensão necessária é de 12V. Por ser um transistor tipo NPN a montagem ocorreu da seguinte maneira: a base foi conectada na saída dos *shift registers*; o coletor foi conectado ao motor de passo e o emissor conectado ao terra da fonte do motor de passo.

Para a ligação com o gerador de vácuo, a montagem deu-se da seguinte maneira: a base foi conectada na saída do pino da porta paralela; o coletor foi conectado ao gerador de vácuo e o emissor conectado aos 12 v da fonte.

2.3 Shift Register

Devido à limitação de saídas da interface paralela do computador, foi necessário o uso de um *shift register* 74LS164N que funciona como uma memória com capacidade para 8 bites ou 1 *byte* e os recebem, um de cada vez, por meio de pulsos de *clock*. Isso possibilita, com apenas um sinal de dados e um sinal de *clock*, controlar diversas saídas conectadas por um *shift register* em série com outro, ou seja, a saída Qh de um na entrada B do outro *shift register*.

2.4 Motor de passo

Motores de passo têm como característica se movimentarem passo a passo com precisão angular. Isso os torna recomendáveis para utilização em que se requer precisão no posicionamento. Seu controle é feito por um circuito digital com duas entradas de controle. Uma delas é um pino que recebe pulsos os quais geram movimentos angulares no eixo do motor, denominados passos. A outra entrada define o sentido de direção desses movimentos. Esse circuito faz a alimentação da bobina de forma sequencial, podendo inverter sua rotação ou variar sua velocidade.

O motor de passo é composto basicamente por um rotor, que é o conjunto eixo-ímã o qual roda solidariamente com a parte móvel do motor e com o estator, a parte fixa onde as bobinas são enroladas.

Neste projeto foram usados quatro motores unipolares com seis contatos e 200 passos por volta, o que dá 1,8 graus a cada passo do motor. Para definir a ordem das bobinas, buscou-se utilizar um multímetro na posição resistência (ohmímetro) ou continuidade. Cada par de fios com continuidade é uma bobina.

2.5 Porta paralela

A porta paralela, criada pela IBM para seu primeiro PC, é uma das interfaces de comunicação entre o computador e um periférico que permite enviar e receber dados. Esta transmissão de dados e sinais de controle é feita através de impulsos elétricos transportados por condutores elétricos (TORRES, 2001).

Os dados são transferidos e codificados em bytes, através de oito condutores paralelos, cada um transportando um bit.

Através da porta paralela permite-se enviar dados no modo unidirecional e no modo bidirecional, ou seja, envia-se e recebe-se dados pelos mesmos condutores. As interfaces capazes de executar esse tipo de tarefa são conhecidas como interfaces de entradas e saídas (I/O).

A vantagem das conexões paralelas é que com oito vias para transportar dados simultaneamente, os *bytes* são transportados inteiros e não há necessidade de circuitos complexos para reconstituí-los quando são recebidos. As informações podem fluir rapidamente do computador para a impressora ou qualquer outro dispositivo. Embora na maioria das vezes a porta paralela seja usada para conexão com a impressora, ela também pode ser usada para aceitar dados de dispositivos externos, viabilizando sua utilização para

diferentes tipos de aplicações, como, por exemplo, controle de motor de passo, interligação entre computadores, aquisição de dados, etc.

2.6 Estrutura mecânica

A estrutura do robô manipulador deve ser tal que apresente uma rigidez suficiente para suportar todos os esforços exigidos durante o processo de manipulação dos materiais, caso contrário, ela poderá sofrer deformações, diminuindo a precisão do braço manipulador (BARDELLI, 2005).

Segundo Luna (2003) a concepção do robô manipulador tem que ser projetada de tal forma que a sua estrutura apresente ou permita, no mínimo: a) elevada rigidez (se possível, mediante adoção de um sistema estrutural monobloco); b) alta capacidade de amortecimento; c) precisões de deslocamento e d) peso reduzido (partes móveis).

2.7 Programação

A programação desenvolvida em linguagem C tem por objetivo enviar e receber sinais digitais pela porta paralela do computador, permitindo ao usuário selecionar os pontos (dentro dos limites de movimentação do robô), para a captura e soltura do objeto por meio de uma ventosa. Ao ser ligado o robô, o *software* movimenta os eixos x e y até o ponto zero, por meio de *micros switches* que estão instalados nas extremidades dos respectivos eixos do robô.

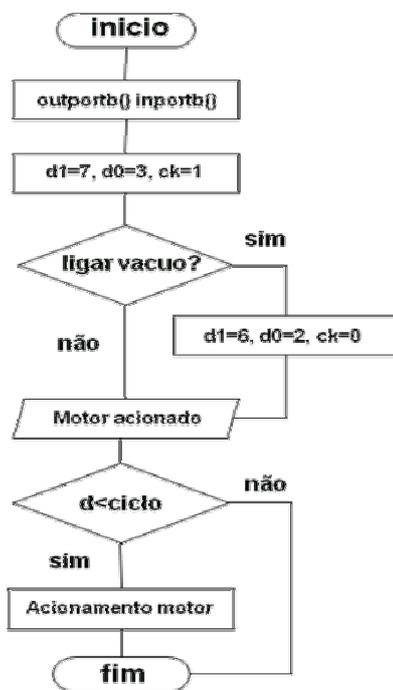


Figura 1 - Fluxograma das funções de movimentação do robô.

O envio de sinais é feito basicamente pelas saídas 14(clock) e 16(dados) e 1(vácuo) do registrador de controle da porta paralela que é acionada através do endereço 0x37A. Para fazer a comunicação do compilador com a porta paralela, é usada uma biblioteca dll chamada “inpout32.dll” que deve estar na pasta onde se encontra o executável.

Os sistemas operacionais Windows 2000 ou XP implementam uma política de segurança que impede o usuário de trabalhar diretamente com a porta paralela, sendo necessário liberar o acesso para que projetos eletrônicos funcionem devidamente. Para isso foi necessária a instalação de um driver “UserPort.sys” para liberar o acesso à porta paralela.

Para fazer o envio de sinais ao *clock*, dados e ao gerador de vácuo, as saídas 14 e 1 devem ser ativadas com nível baixo, pois os pinos 1(Strob), 14 (AutoFeed) trabalham de forma invertida, 0 (zero) ativa, 1 (um) desativa. Somente o pino 16 (Init) trabalha na sua forma normal.

O recebimento de sinais pela porta paralela é feito por intermédio do registrador de status no endereço 0x379 que possibilita até cinco entradas.

A programação foi feita basicamente com o uso do sinal de dados e o uso de sinais de *clock* para o deslocamento do bit de dados.

Ao ser iniciado o sistema, o *software* aciona os motores de passo dos eixos x e y, até eles ativarem o *micro switch* que se encontra nos limites de cada eixo. Quando o contato é fechado, o computador lê o sinal e envia o valor de acordo com o pino que está sendo acionado para a variável que armazenará o valor, determinando o ponto zero do sistema que é o ponto onde o órgão terminal pega o objeto a ser manipulado.

Após esse processo, o sistema executa uma sequência de comandos de acordo com a rotina programada para efetuar a operação e envia às funções de movimentação do motor os parâmetros de quantidade de ciclos necessários para chegar aos pontos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Montagem da placa eletrônica

Para a montagem da placa eletrônica que faz a interface entre o computador e os motores do robô, foi primeiramente utilizado um *proto-board* a fim de ligar os componentes eletrônicos e utilizar *leds* no lugar dos motores de passo, com o intuito de testar e entender o funcionamento das saídas de controle e do registrador de controle da porta paralela. Isso possibilitou a análise e a simulação das entradas e saídas da porta paralela por meio do acionamento dos *leds*. O principal resultado obtido foi a visualização do funcionamento dos *shift registers* quando estes recebiam os sinais de dados e sinais de *clock* e,

consequentemente, o aperfeiçoamento, a programação e o acionamento dos motores de passo de forma sequencial sem que um motor sofra interferência de outro.

Para a verificação do sinal recebido pelo registrador de *status*, foi montado um circuito no *proto-board* para testes. Com o circuito montado os resultados obtidos puderam ser observados através da leitura da variável que armazena o valor de acordo com a entrada que foi acionada.

3.2 Motor de passo

Depois do teste de acionamento dos *leds* simulando os motores de passo, e conclusão do código em linguagem C para acionamento dos motores, foram conectados os quatro motores de passo ao circuito eletrônico para os testes de movimentação dos eixos cartesianos e do órgão terminal. O resultado mostrou que a força aplicada aos fusos não eram suficientes para garantir a movimentação contínua dos motores de passo.

Com esse resultado foi decidido alterar a programação de modo a utilizar funcionamento do passo completo tipo 2 que aciona duas bobinas por vez. Após a nova programação e novos testes de acionamento com os *leds* no *proto-board*, os motores foram novamente ligados e os resultados mostraram que eles tinham força suficiente para movimentar os fusos. Porém, o tipo de acoplamento usado causava vibração e travamento dos fusos, principalmente no fuso do eixo y do robô (vertical).

O próximo passo foi trocar os acoplamentos dos eixos cartesianos. Nos eixos x e z foram usados acoplamentos elásticos de 4 pinos e no eixo y foram usadas engrenagens com redução para aumentar o torque do eixo. Com os acoplamentos instalados, os resultados indicaram que os eixos se movimentavam de forma contínua, a precisão do movimento foi melhorada e a vibração foi reduzida.

3.3 Testes de precisão

Para medir o deslocamento de cada eixo do robô, foram criadas rotinas de programação, a fim de testar o funcionamento dos motores de passo dos eixos x, y e z.

Essas rotinas apresentam por objetivo o acionamento dos motores x, y e z com diferentes valores de ciclos, sendo que cada ciclo corresponde ao acionamento das quatro bobinas do motor de passo para a movimentação e mensuração dos deslocamentos dos eixos de modo a testar sua precisão.

A princípio foi dada a instrução para que os motores x e z girassem 360° no sentido horário e anti-horário, o que equivale a 50 ciclos completos. Os motores executaram o movimento com precisão em ambos os sentidos. Para o eixo y foram repetidas as mesmas operações, porém, como no seu acoplamento existe uma engrenagem com relação de 1,71, para um giro de 360°, em torno do seu eixo são necessários 50 ciclos multiplicado pelo valor da relação entre as engrenagens que é igual a 1,71, totalizando 85,5 ciclos. Ao executar o teste, este também apresentou a mesma precisão dos outros eixos do robô.

Feitos os testes, foram criadas novas rotinas para que os motores dos eixos x e y girassem 20, 30 e 40 vezes em torno de seu eixo, tanto no sentido horário quanto no sentido anti-horário. Nesse caso, também foi observado que não houve problemas, pois eles executaram os movimentos de rotação na quantidade estabelecida pelo programa, com consequente transferência de movimento aos eixos a eles associados.

Para o eixo z foram criadas novas funções instruindo o motor a girar, 5 10 e 15 vezes em torno do seu eixo.

Os resultados obtidos podem ser observados nas Figuras 2, 3 e 4.

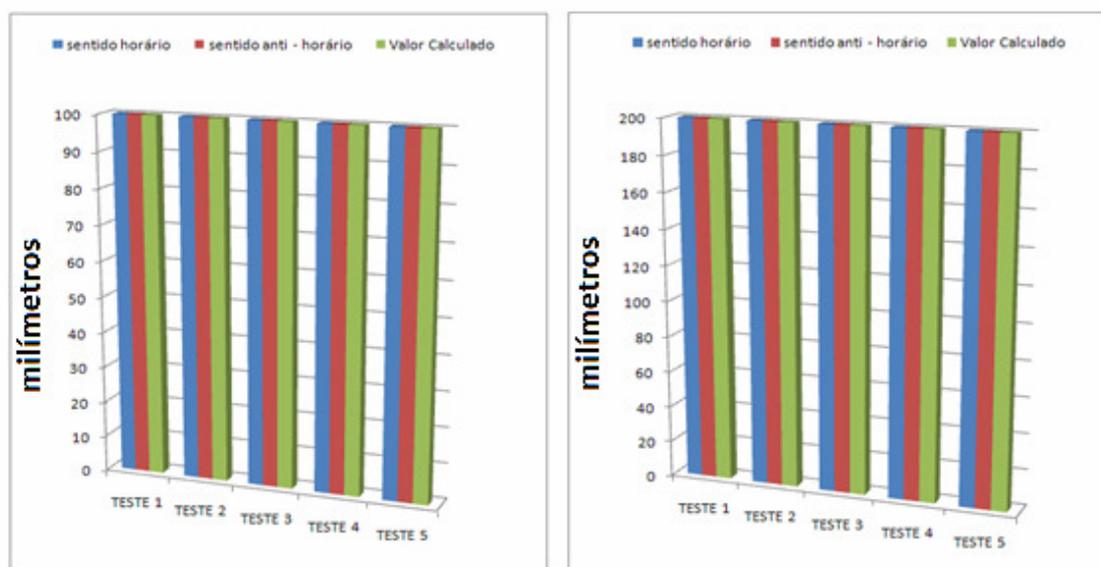


Figura 2 - Deslocamento em milímetros do eixo x para 1000 e 2000 ciclos.

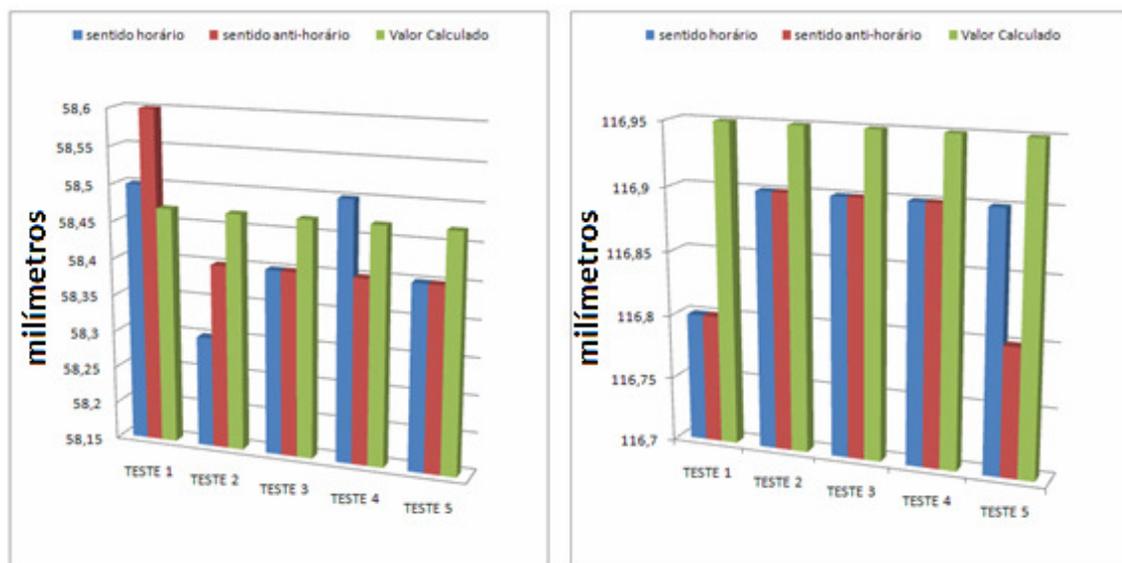


Figura 3 - Deslocamento em milímetros do eixo y para 1000 e 2000 ciclos.

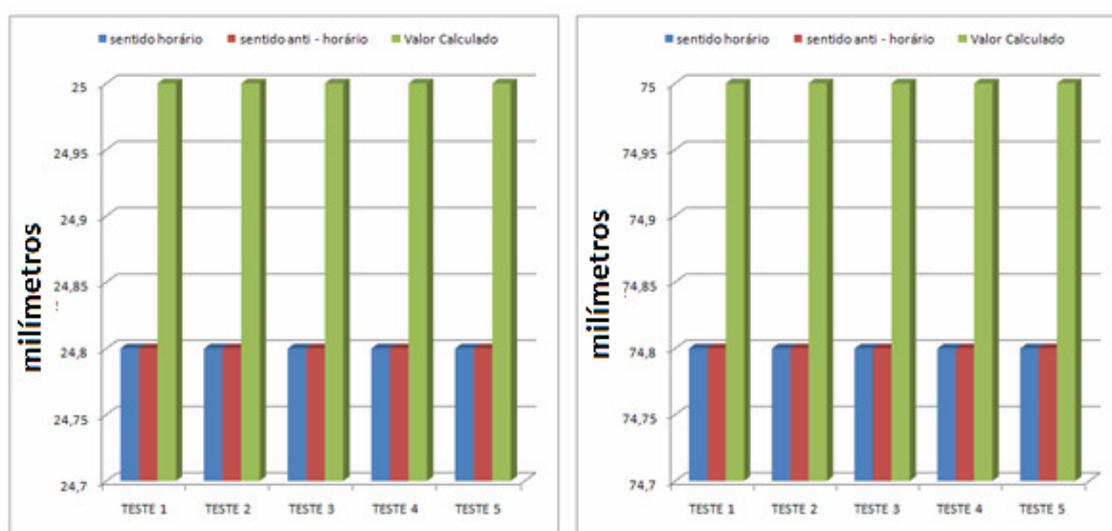


Figura 4 - Deslocamento em milímetros do eixo z para 250 e 750 ciclos.

Observando as Figuras 2, 3 e 4 pode-se verificar que no eixo y (Figura 3) houve variação nas medidas durante a coleta de dados, ao contrário do que ocorre com os eixos x (Figura 2) e z (Figuras 4). Essa variação deve-se às diferenças entre os sistemas de acoplamento, entre os motores e os fusos, sendo que os acoplamentos dos eixos x e z foram do tipo elástico com 4 pinos impossibilitando folgas, diferente do acoplamento do eixo y que usou um sistema de redução com engrenagens possibilitando variação durante o movimento. A diferença encontrada foi de 0,2mm.

Para os testes com órgão terminal foram programadas rotinas com 13 ciclos nos sentidos horário e anti-horário que equivalem a uma rotação de 90° do eixo do motor. Durante

os testes pode-se observar que o órgão terminal executou os movimentos (Figura 5) de acordo com o que foi programado até parar nos *stops* mecânicos que estão localizados a 0° e 270° que determinam os limites do movimento.



Figura 5 - Testes de acionamento do órgão terminal

O ponto zero do robô foi definido tomando-se como base dois pontos localizados nos eixos x e y. No eixo x, tendo como referência a frente do robô, este ponto está localizado à esquerda, no ponto de fixação das guias lineares e do fuso; no eixo y o ponto zero se encontra fixado a um suporte à 60mm da base do eixo. Em cada um desses pontos estão fixados *micros switches* que quando acionados param o movimento dos eixos correspondentes, definindo assim o ponto zero do robô.

Com a apresentação dos resultados do projeto pode-se afirmar que os objetivos propostos foram atingidos. A principal prova é a precisão alcançada pela movimentação dos eixos do robô e do órgão terminal com os motores por meio dos comandos enviados pelo software.

4 CONCLUSÕES

Quando se trabalha com tecnologia, muitas vezes, não se percebe como a cadeia de processos envolvidos na obtenção de resultados pode ser complexa. Neste trabalho ficou claramente destacado o caráter multidisciplinar que envolveu os conceitos de mecânica, desenho técnico, desenho CAD, circuitos elétricos e eletrônica digital. Quanto ao caráter acadêmico do protótipo, observou-se que o robô manipulador atingiu o seu propósito e que o controle básico do robô cartesiano foi atingido por meio do programa em C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDELLI, R. **Bard HP**. Disponível em <http://www.vabsco.com/bardhp/proj/cnc/main.html>. Acesso em: 23 mai. 2012.

LUNA, T. L. **Modelagem dinâmica da estrutura da base móvel de robôs manipuladores com inclusão das não linearidades de entrada**. Dissertação(Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia (UFBA). 2006.

TORRES, G. **Hardware Curso Completo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2001.