

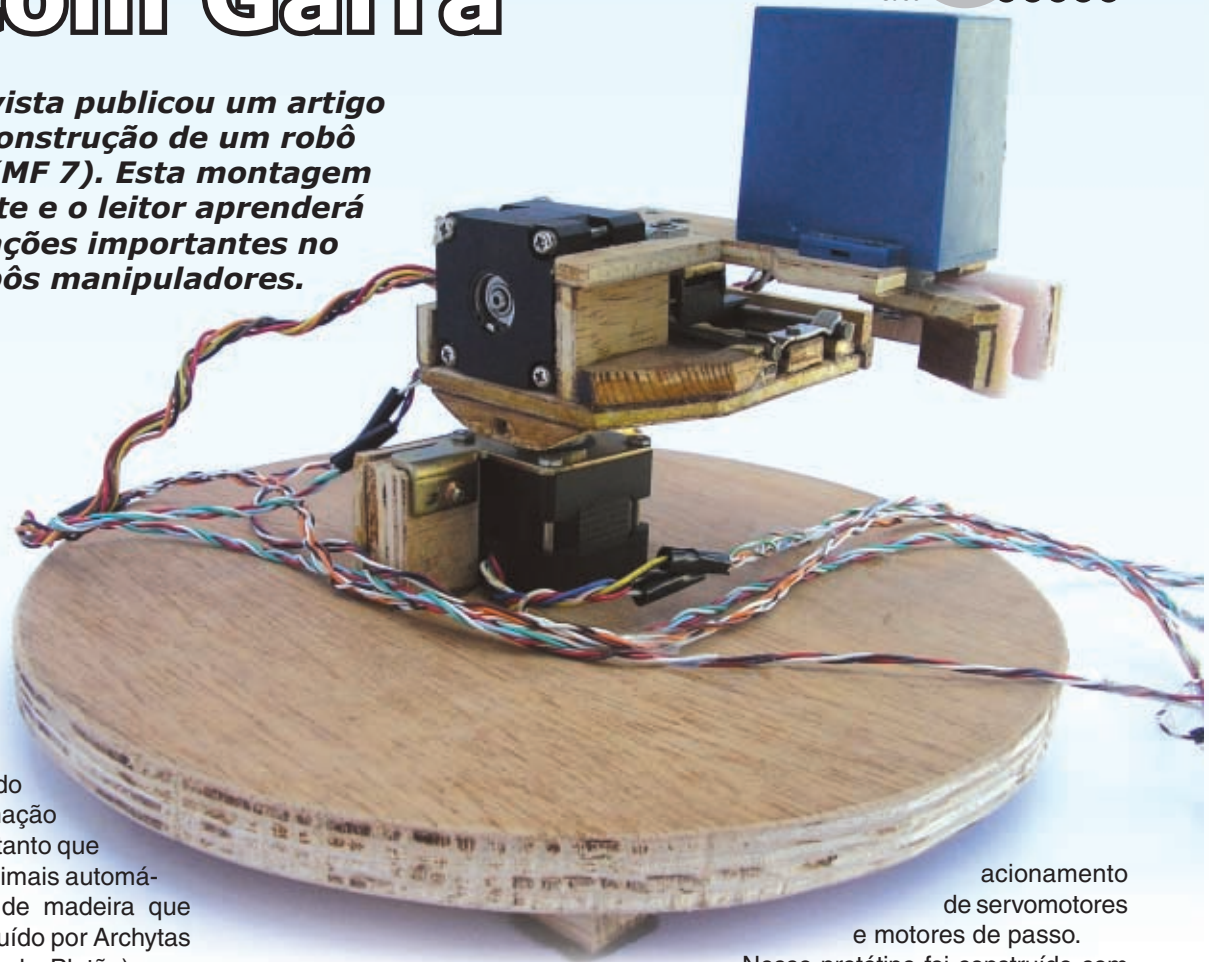
# Robô Manipulador RP com Garra

## Níveis de Dificuldade

	0	1	2	3	4
mecânica	●	●	●	○	○
eletrônica	●	●	●	●	●
informática	●	●	●	●	●
custo	●	●	○	○	○

**Em 2002 a revista publicou um artigo ensinando a construção de um robô manipulador (MF 7). Esta montagem é bem diferente e o leitor aprenderá novas informações importantes no projeto de robôs manipuladores.**

José Alberto N. Cocota Jr.



## O conceito

de robótica tem estado presente na imaginação humana há séculos; tanto que um dos primeiros “animais automáticos”, um pássaro de madeira que podia voar, foi construído por Archytas de Tarentum (amigo de Platão), que viveu entre 400 e 350 a.C.

O termo robô foi introduzido em nosso vocabulário em 1920, pelo autor tcheco de teatro e novelas, Karel Capek, ao escrever a peça de teatro “*Russum’s Universal Robots*” (na língua tcheca a palavra “*robota*” significa trabalho forçado). Desde então, o termo tem sido aplicado em uma variedade de aparelhos mecânicos que operam com algum grau de autonomia, sendo usualmente controlados por computadores.

Segundo a RIA (*Robot Institute of America*), um robô industrial é um manipulador programável, multifuncional, projetado para mover materiais, peças, ferramentas ou dispositivos especiais em movimentos variáveis programados para a realização de uma variedade de tarefas.

Os robôs manipuladores estão presentes nas indústrias desde 1965,

desempenhando tarefas de manufatura e montagem tais como manipulação de materiais, seleção de estocagem, soldagem, montagem de peças, pintura, etc. Sua flexibilidade e confiabilidade são alguns dos fatores que contribuem para seu uso em diversas tarefas da manufatura.

## NOSSA PROPOSTA

Neste artigo, propõe-se a construção de um robô econômico, funcional e de fácil implementação. A montagem deste robô manipulador visa oferecer ao leitor a oportunidade de adquirir conhecimentos básicos em eletrônica, mecânica e programação. Estes conceitos serão apresentados ao abordarmos os seguintes temas: comunicação pela porta paralela do PC, programação em LOGO, microcontroladores,

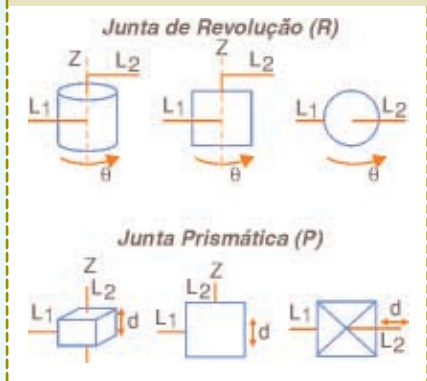
acionamento de servomotores e motores de passo.

Nosso protótipo foi construído com materiais de fácil obtenção e de baixo custo, assim como alguns de seus componentes eletrônicos e mecânicos que podem ser aproveitados de aparelhos fora de uso. Seguindo as dicas, tanto para os materiais alternativos (sucata) utilizados, bem como para construção mecânica, o leitor poderá finalizar seu projeto em poucas semanas.

## COMO O ROBÔ FUNCIONA

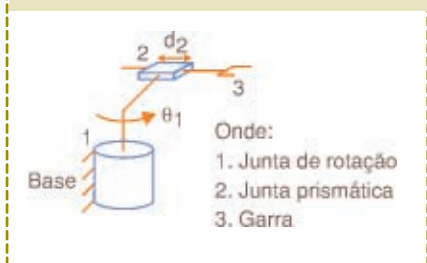
Os manipuladores robóticos são compostos por membros conectados por juntas em uma cadeia cinemática aberta. As juntas podem ser de revolução (rotativas), permitindo apenas rotação relativa entre dois membros, ou prismáticas (lineares), permitindo apenas translação linear relativa entre dois membros. A **figura 1** mostra várias maneiras de representar tais tipos de juntas.

1 Juntas de revolução e prismáticas.



Nosso robô é constituído de um braço robótico (estrutura principal) ligado a uma garra (ferramenta) em sua extremidade. O braço robótico deste protótipo é formado por uma junta de revolução (R) em sua base ligada a uma junta prismática (P). Veja a figura 2.

2 Estrutura do robô.



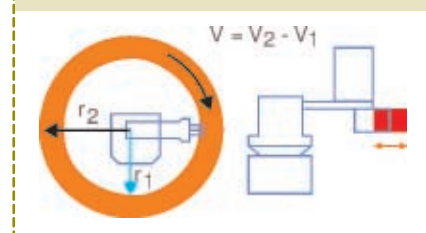
O braço robótico deste manipulador possui 2 graus de liberdade (GDL). As duas juntas, R e P, que determinam a quantidade de graus de liberdade, são acionadas por motores de passo independentes. A garra deste robô é acionada por um servomotor, seguindo o mesmo princípio apresentado no artigo do **Robô Manipulador RM-1**, publicado na Edição nº 7 da Mecatrônica Fácil.

O funcionamento do manipulador RP é bem simples. O mesmo foi programado para realizar a seguinte tarefa ao ser ligado: sua junta prismática avançará com a garra aberta até o seu limite; em seguida, fechará a garra a fim de pegar um objeto; a junta prismática retornará ao seu ponto inicial ("off set"); em seqüência, a junta de revolução realizará uma rotação de 180 graus; após isto, a junta prismática avançará e depositará o objeto coletado em outro ponto; e por fim, o robô retornará a sua posição inicial.

Como o leitor pode perceber, temos uma seqüência de procedimentos que devem ser seguidos a fim de realizar a tarefa descrita. Uma vez conhecido o código em LOGO, o acionamento do motor de passo e do servomotor, bem como a programação de microcontrolador e a aquisição de dado de uma chave óptica (responsável pelo "set point" da junta P), o leitor será capaz de programar qualquer tarefa que deseje que o manipulador realize, desde que respeitado seu volume de trabalho.

O espaço de trabalho, que define o volume de trabalho do robô é delimitado pelas restrições da configuração mecânica do sistema. Ele é definido como sendo todos os pontos na vizinhança do robô que podem ser alcançados pela extremidade onde se posiciona a ferramenta. Em nosso caso a ferramenta é uma garra. Observe então, que o espaço de trabalho deste manipulador será um "anel", definido pela diferença de duas circunferências de raios distintos. Estes raios serão as distâncias da garra ao centro do sistema, quando ela estiver totalmente retraída ou totalmente avançada. Veja a figura 3.

3 O espaço de trabalho do robô.



MOTORES DE PASSO

Os motores de passo são elementos fundamentais nos projetos de Mecatrônica. São encontrados em robôs, braços mecânicos, impressoras, scanners, drivers de disquetes ou em qualquer outra aplicação que envolva controle digital de movimentos onde a precisão é um fator importante.

Neste artigo, analisaremos o funcionamento dos motores de passo de 5 ou 6 fios, que são utilizados no braço robótico do manipulador RP. Vale citar que os motores de passo empregados neste protótipo não são de operação bipolar.

Um motor de passo pode ser operado em três diferentes modos: passo completo de fase única, passo completo de fase dupla, ou meio passo. No passo completo de fase única, somente uma bobina é energizada a cada passo, apresentando o menor torque e a maior velocidade. A operação por passo completo de fase dupla é caracterizada pela energização de um par de bobinas a cada passo, oferecendo o maior torque e com velocidade igual a anterior.

Em nosso robô foi empregado o modo de operação por meio passo, que é uma combinação dos dois passos completos citados. Isto por que este modo apresenta uma precisão superior aos demais e um torque próximo ao do passo completo de fase dupla, embora sua velocidade seja a menor e seu consumo de energia o maior.

Na tabela 1, encontramos a seqüência de pulsos utilizada para a energização das bobinas do motor de passo que se encontra na junta rotacional do robô. Esta seqüência de pulsos é responsável pela rotação do eixo do motor no sentido horário. Por exemplo, para rotacionar o eixo do motor no sentido anti-horário, basta inverter a seqüência dos passos. Vale lembrar que entre estes pulsos há um intervalo de tempo de espera. Em nosso caso, foi determinado o tempo de 1/60 de segundo, o menor tempo de espera programável em LOGO. Na prática não é aconselhável trabalhar abaixo de 10 ms, sob risco do motor perder torque, podendo não girar e ficar vibrando.

T1 Seqüência de pulsos utilizada para a energização das bobinas

Nº. do passo	BITs				Dec	Bobinas do motor
	D3	D2	D1	D0		
1	1	0	0	1	9	
2	0	0	0	1	1	
3	0	0	1	1	3	
4	0	0	1	0	2	
5	0	1	1	0	6	
6	0	1	0	0	4	
7	1	1	0	0	12	
8	1	0	0	0	8	

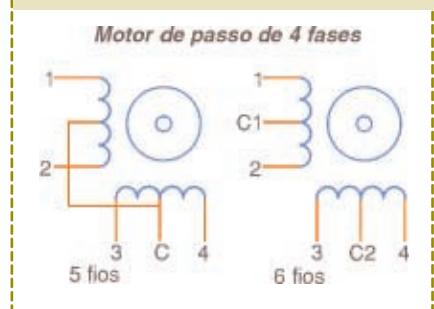
Outras características importantes de um motor de passo devem ser conhecidas, sendo elas: a tensão, corrente e o ângulo de passo.

### Tensão e Corrente

Os motores mais comuns são de 12 V, embora existam os de 5 V. Em nosso caso, utilizamos um motor de passo com uma tensão nominal de 12 V. O mesmo foi obtido de um leitor de disquete de 5¼" em desuso. Como este motor foi obtido de sucata e não havia informações sobre suas características elétricas, tivemos que descobrir a corrente que circula pelas bobinas quando a tensão nominal é aplicada. Conhecendo a tensão nominal e os valores das resistências das bobinas, obtém-se facilmente o valor da corrente através da Lei de Ohm.

Antes de realizar a medida das resistências, é necessário identificar qual dos fios é o comum. Veja, na **figura 4**, o esquema elétrico de um motor de passo de 4 fases com 5 ou 6 fios.

4 Esquema elétrico de um motor de passo de 4 fases com 5 ou 6 fios.



O motor com 4 fases possui quatro bobinas, ligadas duas a duas, com um terminal comum. Nos motores de cinco fios, os fios comuns são ligados internamente, formando um único terminal comum que deve ser conectado ao pólo positivo de uma fonte de alimentação. Já nos motores com seis fios, há dois fios comuns que não se encontram ligados internamente. Deste modo precisaremos juntá-los para se formar um único terminal comum.

Para identificar qual dos fios é o comum, basta, com um multímetro na escala de resistências, fixar uma das pontas de prova em um dos fios e com a outra medir a resistência em

cada fio. Nos fios onde for encontrada a menor resistência, um deles será o comum. Nas medições das resistências de fios, onde nenhum dos fios medidos for o comum, a resistência encontrada será o dobro da resistência medida entre um par de fios onde um deles é o comum.

A menor resistência medida indica a resistência de uma única bobina, sendo este valor uma das características elétricas do motor que desejamos conhecer. No caso dos motores de passo que encontramos em sucata e usamos no protótipo, indicou a resistência de 74 ohms para cada bobina. Aplicando a Lei de Ohm, temos:

$$V = R \cdot I$$

$$12 \text{ volts} = 74 \text{ ohms} \cdot I$$

$$I = 162 \text{ mA}$$

### Ângulo de Passo

Quando energizamos uma bobina de um motor de passo, o eixo gira de um certo ângulo, ou seja, "dá um passo". Os motores de passo empregados foram de 1,8 graus de passo. Portanto, para que o eixo do motor dê uma volta completa, pelo modo de operação por passo completo, serão necessários 200 pulsos. Como utilizamos o modo de operação por meio passo, são necessários 400 pulsos, ou simplesmente repetir a seqüência de pulsos descrita na **tabela 1**, 50 vezes.

## SERVOMOTORES

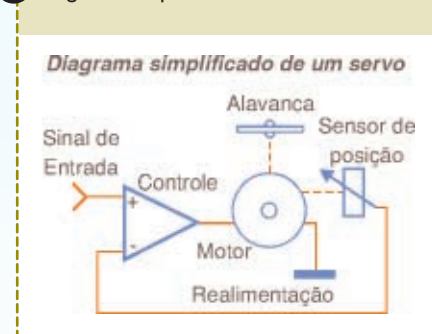
A garra de nosso robô é acionada por um servomotor, portanto se faz necessário analisarmos o princípio de funcionamento dos servomotores (servos) antes de discutirmos o circuito elétrico. O texto que será apresentado foi baseado no artigo **Os Servos**, publicado na Edição nº 3 da Mecatrônica Fácil.

O leitor poderá utilizar tanto um servomotor de parabólica, quanto um servo de aeromodelo. A única restrição é que o mesmo seja de posição. Ambos são projetados para movimentar o rotor do servo em um arco de 180 graus.

O servomotor consta de um motor de corrente contínua (CC) que, por meio de um sistema de redução, aciona

uma alavanca que é ligada a um potenciômetro, veja a **figura 5**. O potenciômetro serve para indicar a posição da alavanca. Deste modo, ao enviarmos um sinal de entrada (pelo fio branco), o motor girará, movimentando a alavanca e o cursor do potenciômetro, até que o sinal elétrico gerado pelo sensor de posição seja igual ao da entrada. Uma vez igualados estes sinais, o servo manterá a alavanca nesta posição, mesmo que durante este período o mesmo sinal de entrada continue sendo enviado ao servo.

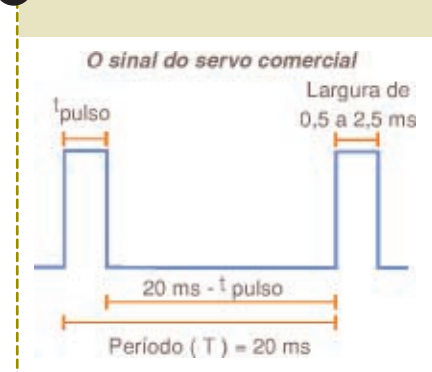
5 Diagrama simplificado de um servo.



Em outras palavras, existe uma proporção direta entre o ângulo de giro da alavanca do servo e o sinal elétrico aplicado em sua entrada. Por esta característica, esses dispositivos são classificados como de "controles proporcionais".

No caso do servomotor empregado, o sinal elétrico é um pulso com sua largura definida de acordo com a posição angular em que se deseja posicionar a alavanca do servo, conforme mostra a **figura 6**. Pulsos entre 0,5 ms a 2,5 ms irão resultar em um deslocamento de 0 a 180 graus, observe a **figura 7**. Por exemplo, um pulso com a largura de 1,5 ms irá posicionar a alavanca em 90 graus, que

6 O sinal do servo comercial.



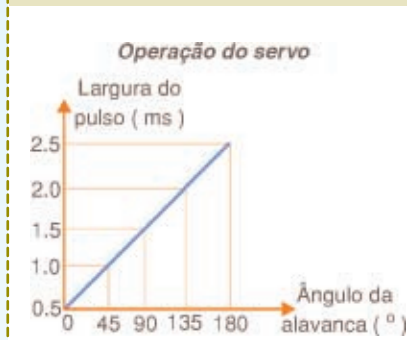
é a posição central. Portanto, basta enviar um pulso de 1 ms para abrir a garra, e para fechá-la um pulso de 2 ms. Ou seja, a mesma se deslocará para a posição de 45 graus, ou 135 graus, que correspondem respectivamente a abrir ou fechar a garra, com um deslocamento total de 90 graus, conforme mostra a **figura 8**.

A vantagem de trabalhar com o servomotor para o acionamento da garra do robô, é que o mesmo é controlado por apenas uma linha de dados da porta paralela do PC, sendo extremamente leve se comparado com os motores de passo utilizados no braço robótico. Mesmo o servo não sendo tão preciso quanto o motor de passo, não há problema em sua aplicação na garra do modo que foi implementada, visto que não se exige precisão, e sim repetibilidade.

### O CIRCUITO

Na **figura 9** temos o diagrama do circuito elétrico do robô. Para análise do circuito, dividiremos o mesmo em

#### 7 Operação do servo.



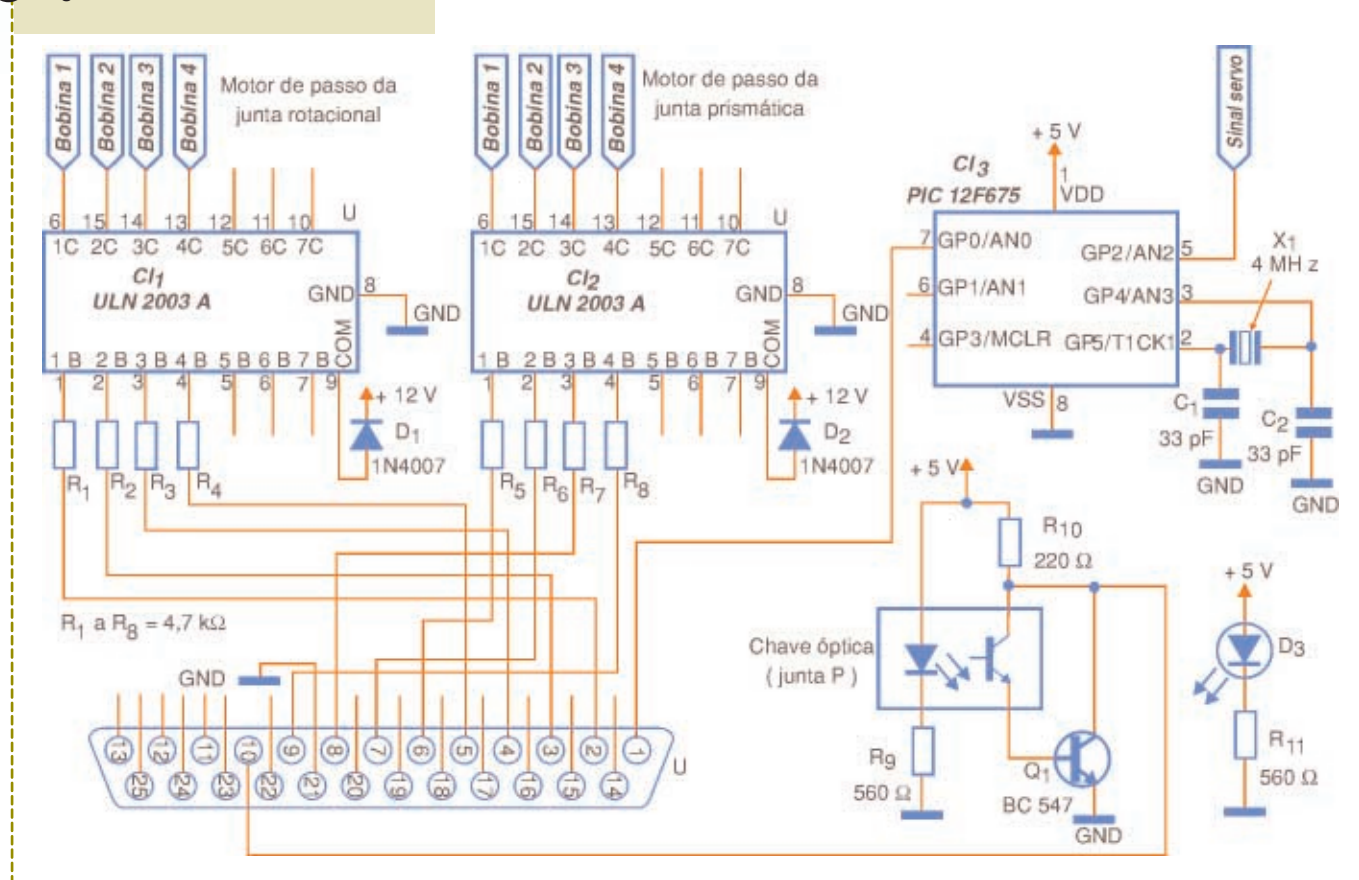
#### 8 Garra aberta ou fechada.



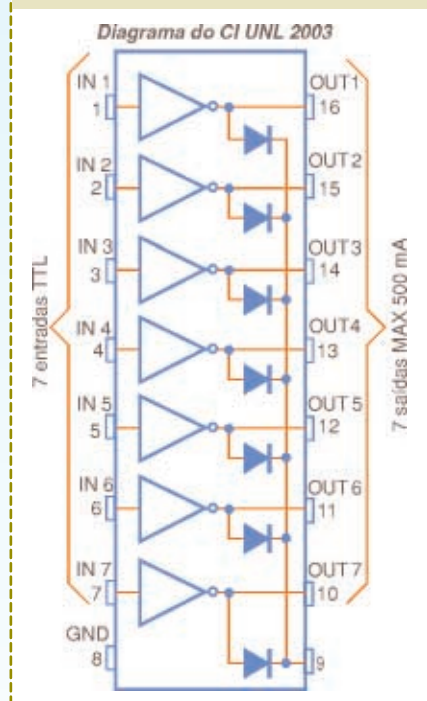
quatro partes. Duas destas são responsáveis pelo acionamento dos dois motores de passo, e estão representadas pelos circuitos integrados (CI) UNL2003. O microcontrolador, PIC12F675, foi usado para o acionamento do servo. Já a chave óptica foi utilizada apenas para identificar se a junta prismática se encontra retraída, em sua posição inicial ("set point"), ou avançada.

O CI UNL2003 é um *driver* para controle de motores de passo, sone-lóides, relés ou motores de CC. Isto significa que, através do CI, podemos controlar o motor de passo da junta rotacional diretamente pela porta paralela do PC, sem a necessidade de criarmos um *driver* usando transistores. O UNL2003 possui 7 entradas TTL com suas respectivas saídas, que podem fornecer uma corrente máxima de 500 mA por cada saída. Atente para a **figura 10**. Lembre-se que, no tópico relacionado aos motores de passo, calculamos a corrente que circula por cada bobina dos motores que encontramos na sucata. Seu valor é 162 mA (inferior a 500 mA) e, por-

#### 9 Diagrama do circuito eletrônico.



10 Diagrama do CI UNL2003.



tanto, podemos usar o CI UNL2003 para controlar estes motores de passo sem problemas. Vale lembrar que o leitor deve ter conhecimento da corrente das bobinas de cada motor de passo que for utilizar, pois este valor pode variar de acordo com o modelo e fabricante.

Empregamos dois CIs UNL2003 para o acionamento dos dois motores de passo. Como cada motor de passo necessita de quatro sinais, o circuito integrado UNL2003 não é capaz de acionar dois motores de passo ao mesmo tempo. Já o CI UNL2803 pode ser utilizado em substituição dos dois CIs UNL2003, já que este apresenta 8 entradas e 8 saídas, podendo deste modo acionar dois motores de passo ao mesmo tempo.

Fez-se necessário usar um microcontrolador para o acionamento do servo, pois o software LOGO não possibilita trabalhar com rotinas muito rápidas e com precisão, com intervalos de tempo abaixo de 1 ms. Algumas linguagens de programação (LP) de alto nível associadas a rotinas em Assembly (LP de baixo nível) possibilitam acionar servomotores diretamente pela porta paralela do PC, sem a adição de componentes. Entretanto, como não era de nosso interesse apresentar ao leitor um programa escrito em uma outra linguagem de progra-

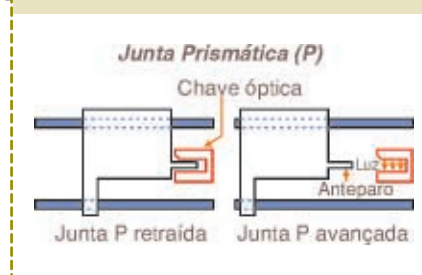
mação e com rotinas em Assembly, optamos por utilizar um PIC. Basicamente, o microcontrolador fica aguardando em sua porta GP0 (pino 7 do PIC) uma mudança de estado do sinal que sai do pino 1 da porta paralela. Quando esta mudança de estado ocorrer, o PIC irá gerar um “trem de pulsos” em sua porta GP2 (pino 5), que está ligada ao terminal de entrada de sinal do servomotor. Deste modo, a garra irá abrir ou fechar de acordo com a lógica implementada.

**Importante:**

Para realizar esse projeto o leitor deve saber como gravar um programa num microcontrolador. A revista Mecatrônica Fácil já publicou diversos artigos sobre este tema. É possível adquirir as edições anteriores da revista na Saber Marketing ([www.sabermarketing.com.br](http://www.sabermarketing.com.br)).

A chave óptica empregada foi utilizada para informar ao nosso programa se a junta prismática se encontra avançada ou retraída (“set point”). Junto à junta P há um anteparo. Quando a junta prismática se encontrar retraída, o anteparo bloqueia a luz que é emitida pelo LED em direção ao fototransistor, cortando então o sinal que chega ao pino 10 da porta paralela. Quando não há luz chegando no fototransistor, a tensão que chega ao pino 10 é de 0 V (0 bin), e quando a luz chega ao fototransistor, ou seja, quando a junta P está avançada, não cortando a luz emitida pelo LED, a tensão de 5 V (1 bin) encontra-se no pino 10 da porta paralela. Veja a figura 11.

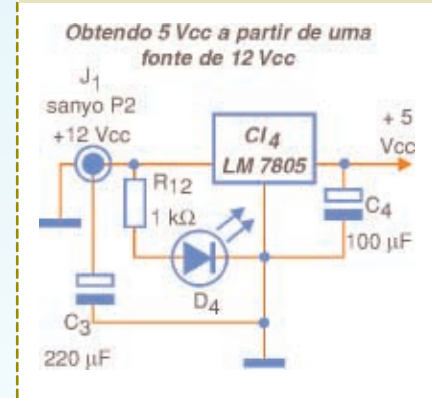
11 Junta prismática (P).



A fonte de alimentação deve ser capaz de fornecer ao circuito as tensões de 12 Vcc e 5 Vcc. Caso o leitor não disponha de uma fonte com estas tensões de saída, poderá montar uma

a partir de uma fonte de 12 Vcc (500 mA). Observe a figura 12.

12 Obtendo 5 Vcc a partir de uma fonte de 12 Vcc.



**MONTAGEM ELETRÔNICA**

Na figura 13 o leitor tem o layout para o circuito impresso usado para o controle do robô. O leitor poderá também realizar a montagem em uma placa padrão ou mesmo em uma matriz de contatos, neste caso apenas para testes do robô ou mesmo para uma rápida demonstração. Aconselhamos colocar suportes para os CIs. Assim, qualquer substituição será facilitada.

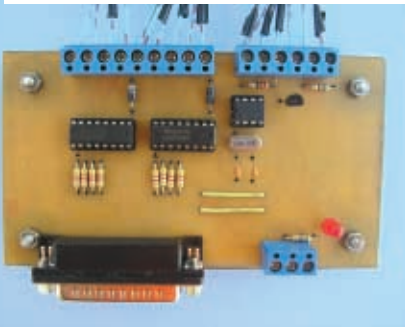
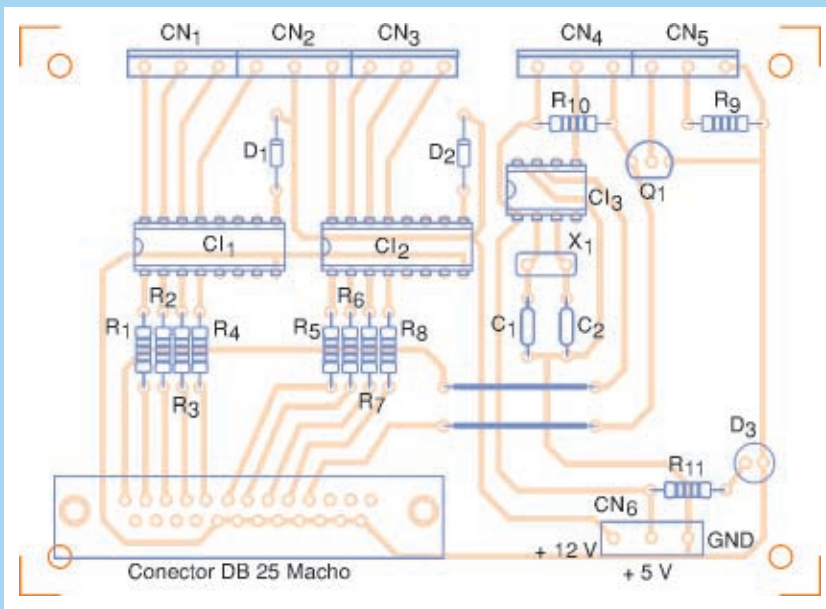
Um outro ponto que deve ser destacado em uma montagem refere-se aos componentes polarizados (diodos e CIs). Um cuidado especial deve ser tomado durante a ligação dos mesmos, pois qualquer inversão além de provocar o não funcionamento do circuito, também poderá provocar a queima do componente, acarretando em sua perda.

Os conectores “parafusáveis” adotados em nosso protótipo podem ser ignorados e, neste caso, os fios devem ser soldados diretamente na placa.

**CONSTRUÇÃO MECÂNICA**

As peças mecânicas foram construídas com materiais de “sucata” (alternativos). A maioria destas peças foi desenvolvida a partir de madeira balsa, que permite um bom acabamento e um fácil manuseio, apresentando um baixo custo. Usamos também espuma, parafusos, cola e peças de um driver de disquete.

13 Layout da placa de circuito



Base

A base, que é de formato circular, foi montada em madeira balsa de 16 mm de espessura. Para construção da mesma, realizaram-se vários furos com uma furadeira sobre um desenho de uma circunferência, traçado por um compasso. Depois de feitos estes furos, com um formão e um martelo, quebrou-se os ligamentos que existiam até então entre os furos, obtendo-se deste modo uma base circular. A balsa é uma madeira macia e o trabalho com a mesma é simples. Caso o leitor não tenha experiência no uso de serras e furadeiras, deverá pedir ajuda a uma pessoa mais experiente. A união das partes deve ser feita com cola do tipo epóxi.

Junta Rotacional (R)

A junta rotacional foi fixada no centro da base. O motor de passo que compreende esta junta, foi fixado em uma parede montada utilizando

madeira balsa de 16 mm e 6 mm de espessura. Aqui, devemos utilizar cola tipo epóxi para fixação das balsas. O motor de passo foi parafusado nesta parede, que por sua vez foi colada na base circular. Veja a **figura 14**.

Junta Prismática (P)

Esta junta compreende a parte do robô mais difícil de ser montada. Isto porque a mesma realiza a união de dois "links" (ligamentos) do robô, além de possuir um sistema mecânico para o deslocamento linear da junta que merece atenção e paciência na montagem.

14 Motor da junta rotacional.



Na parte inferior da junta P encontra-se um ligamento que é fixado sobre o eixo do motor da junta R. Observe a **figura 15**, onde mostramos esta parte inferior da junta prismática. Neste ligamento há um cilindro com diâmetro igual ao do eixo do motor

15 Parte inferior da junta P.



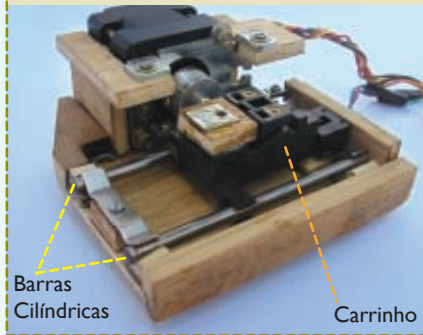
da junta rotacional de modo a se ajustar nele. Além disso, há um orifício na lateral deste ligamento para a passagem de um parafuso que é fixado na lateral do eixo do motor, onde se encontra um orifício para o mesmo.

Na parte superior da junta P, há um motor responsável pelo movimento da mesma. Este motor é ligado a um sistema mecânico que é composto por uma fita metálica ligada a um "carrinho" que, por sua vez, encontra-se apoiado em um par de barras cilíndricas. Basicamente, quando o motor girar seu eixo, ele irá deslocar este "carrinho" ao longo das barras, produzindo um movimento linear. O motor foi fixado por meio de parafusos em uma estrutura de madeira balsa, que pode vir a ter dimensões diferentes da realizada, de acordo com o motor de passo que o leitor obtiver. O sistema mecânico foi retirado juntamente com o motor de passo encontrado em um *driver* de disquete de 5¼", e fixado na junta P de modo análogo ao observado no *driver*. Deve-se tomar cuidado com as barras cilíndricas, que devem ser apoiadas sobre a madeira balsa e fixadas de modo que fiquem paralelas e tão próximas do motor quanto o observado no leitor de disquete. Atente para a **figura 16**.

Ligamento (Junta P - Garra)

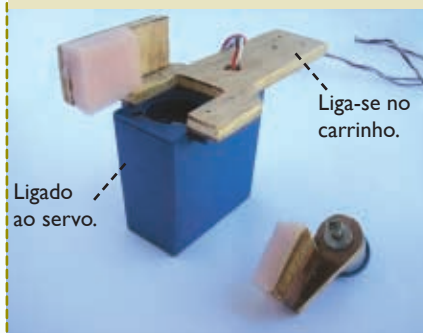
Este *link* encontra-se ligado em uma das suas extremidades ao "carrinho" da junta P, e na outra ao servomotor responsável pelo acionamento da garra. Tendo o mesmo a forma de "Y" para acomodar o servo parabólica, observe a **figura 17**.

16 Montagem do motor da junta P.



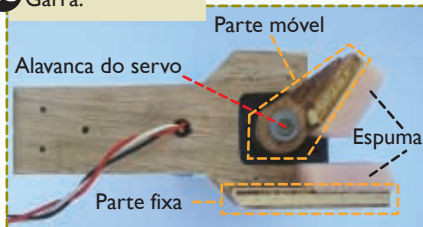
Barras Cilíndricas Carrinho

17 Ligamento.



Ligado ao servo. Liga-se no carrinho.

18 Garra.



Alavanca do servo Parte móvel Espuma Parte fixa

Garra

A garra foi construída com madeira de compensado de 6 mm de espessura. A parte fixa foi montada na parte inferior do *link* que realiza o ligamento da junta P à garra. A parte móvel da garra foi fixada à alavanca do servomotor por meio de um parafuso. O leitor também poderá colar espuma comum à garra para melhorar o desempenho da mesma, como demonstrado na figura 18.

OBTENDO COMPONENTES MECÂNICOS E ELÉTRICOS DE FORMA ALTERNATIVA

Para a montagem mecânica de nosso protótipo usamos alguns componentes de um leitor de disquetes, buscando deste modo facilitar a montagem mecânica e reduzir o custo final do projeto.

Em um leitor de disquetes encontram-se todos os componentes necessários para a implementação de uma junta prismática. Optamos por utilizar componentes de um *driver* de disquetes de 5¼" pelos seguintes fatores:

- 1) Apresenta um sistema de deslocamento linear superior ao encontrado em *driver* de disquete de 3,5";
- 2) O fato de serem leitores de disquetes em desuso na informática, resulta em um grande número de *drivers* disponíveis em sucata.

No protótipo foram empregados dois motores de passo de 4 fases, uma chave óptica, e o sistema mecânico responsável pela transformação de um movimento angular gerado pelo motor de passo em um movimento linear. Neste tópico buscaremos orientar o leitor a como identificar estes elementos em um *driver* de disquetes (veja a figura 19).

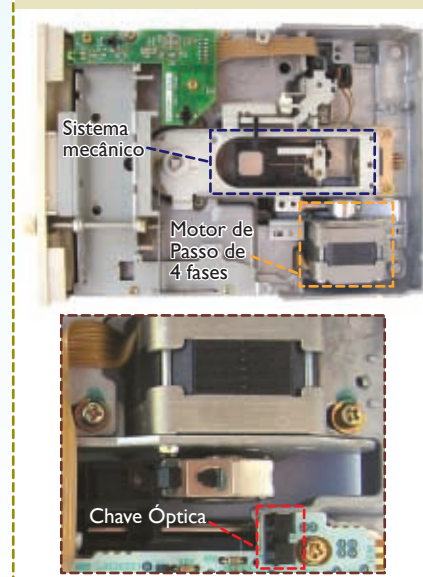
Estes *drivers* de disquetes podem ser encontrados com facilidade em lojas de assistência técnica de microcomputadores, e até mesmo em laboratórios de informática de escolas e Universidades.

O leitor apenas deve ficar atento aos seguintes detalhes: o motor de passo deve ser de 4 fases (5 ou 6 fios) e o diâmetro do seu eixo pode

variar de acordo com o modelo ou fabricante, bem como as dimensões de outras peças mecânicas utilizadas; deste modo as dimensões do robô serão modificadas, cabendo ao leitor realizar esta adaptação.

Em nosso site ([www.mecatronica facil.com.br](http://www.mecatronica facil.com.br)) o leitor encontrará todas as medidas de nosso robô, assim como desenhos de algumas peças para uma fácil reprodução, inclusive alguns vídeos.

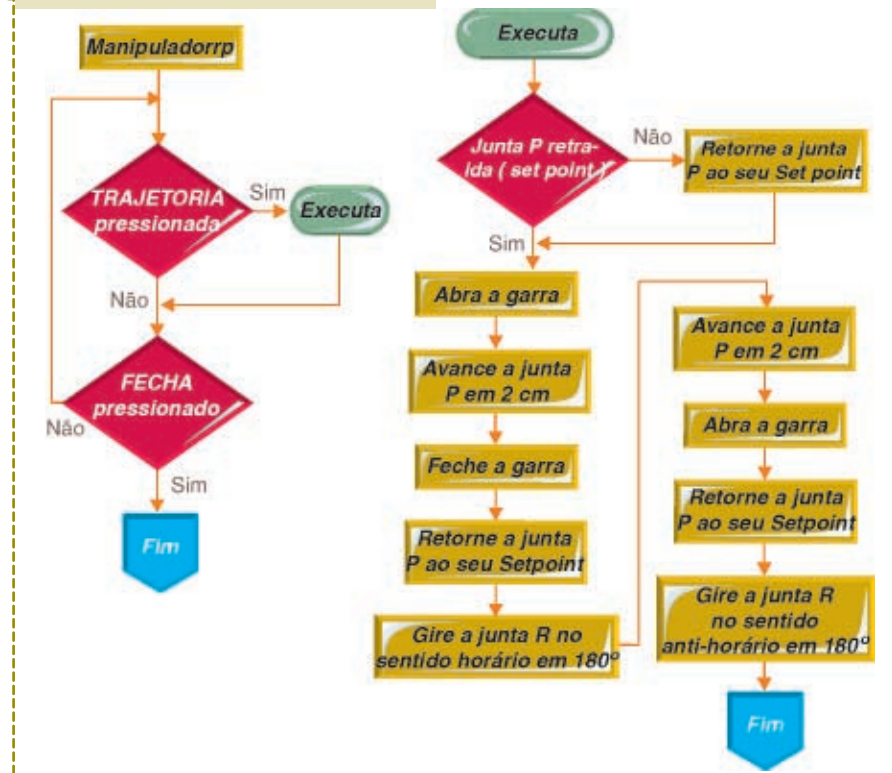
19 Driver de disquete.



Sistema mecânico Motor de Passo de 4 fases

Chave Óptica

20 Fluxograma do programa.



21 Tela do programa “manipuladorrp”.



### O PROGRAMA

O programa está disponível em nosso site ([www.mecatronicafacil.com.br](http://www.mecatronicafacil.com.br)) para download. Ele foi desenvolvido na linguagem LOGO. O interpretador para o programa pode ser obtido gratuitamente no site da Nied ([www.nied.unicamp.br](http://www.nied.unicamp.br)).

Já o funcionamento do programa está descrito no fluxograma representado pela figura 20.

Ao executar o programa “manipuladorrp”, o mesmo aparecerá na tela de controle conforme a figura 21. Portanto, é só pressionar o botão TRAJETÓRIA para que o robô comece a se movimentar.

### TESTE E USO

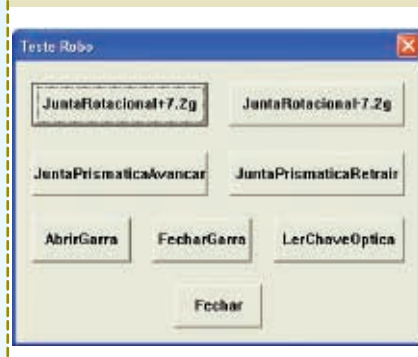
Após o término da montagem, é aconselhável que o leitor faça uma revisão de todas as ligações elétricas. Use um multímetro como “testador de continuidade” para verificar estas ligações.

Execute o programa “testerobo” para verificar todos os procedimentos do programa independentemente. Deste modo, o leitor poderá testar se as bobinas dos motores de passo foram ligadas na seqüência correta, além disso, poderá testar o servo e a chave óptica. Veja a figura 22.

Lembre-se de que antes de pressionar o botão TRAJETORIA, do programa “manipuladorrp” o leitor deve conectar o cabo de comunicação entre o PC e a placa de interface do robô manipulador RP, e em seguida ligar a fonte de alimentação a placa.

O leitor com experiência em programação poderá modificar a trajetória do robô, ou até mesmo implementá-lo em uma outra linguagem de programação, uma vez que o código-fonte encontra-se comentado.

22 Tela do programa “testerobo”.



### SOLUÇÃO DOS PROBLEMAS MAIS COMUNS

A seguir, listamos alguns problemas comuns de ocorrerem:

**Meu robô parece não funcionar, o LED não acende, os motores não giram, nada funciona!**

Possíveis soluções:

- Verifique a alimentação do circuito;
- Teste os motores de passo, que como são de sucata, podem estar danificados.

**Quando a junta P se movimenta, a junta rotacional também se move!**

- O leitor ao implementar uma nova trajetória, pode ter-se esquecido de manter o motor de passo da junta R parado, enquanto a junta P se movimenta, visto que este movimento gera um momento na junta R, podendo rotacioná-la. Para que isto não aconteça, basta manter “setado” os últimos bits enviados no ultimo passo realizado no motor da junta R. Lendo o código-fonte com atenção, o leitor identificará este artifício.

**A garra do robô não abre e nem fecha!**

Possíveis soluções:

- Confira a gravação do programa do microcontrolador PIC;
- Cheque se o LED está acesso, pois ele indica se o PIC e o servo estão sendo alimentados com +5 Vcc.

**A junta P não retorna ao seu set point**

Verifique se não há algum objeto obstruindo a passagem de luz pela chave óptica. Pois se sim, o programa não permitirá o retorno da junta P.

### CONCLUSÃO

Neste artigo, o leitor constatou que é possível construir robôs manipuladores de baixo custo, bastando para isto criatividade e simplicidade no projeto. Robôs manipuladores como o apresentado aqui, podem ser utilizado para fins educacionais. Esperamos que, de alguma maneira, os dados aqui divulgados possam ajudar a todos. Boa sorte e até a próxima! f

### www.mecatronicafacil.com.br

No site da Revista é possível fazer os seguintes downloads:

- código-fonte do programa manipuladorrp em LOGO;
- código-fonte do programa do microcontrolador em C e HEX;
- medidas do protótipo;
- vídeos de demonstração do funcionamento.

### Lista de material:

#### Semicondutores

- CI<sub>1</sub> e CI<sub>2</sub> – UNL2003AN
- CI<sub>3</sub> – PIC12F675 I/P
- CI<sub>4</sub> – LM7805 - regulador de tensão
- D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> – 1N4007 - diodos
- D<sub>3</sub> e D<sub>4</sub> – LEDs do tipo comum redondo vermelho
- Q<sub>1</sub> – BC547 - transistor

#### Resistores (1/8W)

- R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> e R<sub>8</sub> – 4,7 kΩ
- R<sub>9</sub> e R<sub>11</sub> – 560 Ω
- R<sub>10</sub> – 220 Ω
- R<sub>12</sub> – 1 kΩ

#### Capacitores

- C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> – 33pF – capacitores cerâmicos
- C<sub>3</sub> – 220 μF x 25V – capacitor eletrolítico
- C<sub>4</sub> – 100 μF x 16V – capacitor eletrolítico

#### Conectores

- CN<sub>1</sub>, CN<sub>2</sub>, CN<sub>3</sub>, CN<sub>4</sub>, CN<sub>5</sub> e CN<sub>6</sub> – “conectores parafusáveis” do tipo “molex” com 3 terminais
- J<sub>1</sub> – conector P4 fêmea

#### Motores

- Motor de passo – 2 motores de 4 fases
- Servo – 1 servomotor de posição (180°)

#### Diversos

- X<sub>1</sub> – cristal de 4 MHz
- Chave óptica, 2 soquetes de 16 pinos, 1 soquete de 8 pinos, cabo para conectar o PC à placa (com 1 conector DB25 macho em uma extremidade, e na outra um conector DB25 fêmea), placa de circuito impresso virgem para montagem, fios, solda, cola e etc.