



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Elétrica
Caixa Postal - 10105
CEP 58108 - 970 - Campina Grande - PB
Fone: (083) 3101040

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

ALGEIR PRAZERES SAMPAIO

Relatório apresentado à Coordenação de Estágios em Engenharia Elétrica da UFPB como parte dos requisitos necessários à obtenção do Título de Engenheiro Eletricista.

Campina Grande, março de 1998.

Estagiário:
Algeir Prazeres Sampaio
(apsam@dsc.ufpb.br)

Matrícula:
9021195.1

Empresa:
Universidade Federal da Paraíba - UFPB

Local:
NEUROLAB - Laboratório de Redes Neurais
LAPSSE - Laboratório de Proteção e Simulação de Sistemas
Eletrônicos
Universidade Federal da Paraíba - UFPB/Campus II
Campina Grande

Tipo de Estágio e Período:
Supervisionado, de 15.12.97 a 30.03.98

Objetivo do Estágio:
Estudo de uma placa controladora de motores de passo utilizando a porta paralela do PC.

Orientador Acadêmico:
Luís Reyes Rosales Montero
(rosales@dee.ufpb.br)

Coordenador de Estágios:
Péricles Barros



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

Índice

<i>Agradecimentos:</i> _____	4
<i>Introdução</i> _____	5
<i>Tipos de Máquinas Elétricas</i> _____	6
Motores Monofásicos _____	8
Motores de Passo _____	9
Formas Básicas de acionamento de motores de passo _____	10
Acionamento normal _____	11
Acionamento de entropasso _____	12
<i>Estudo da Porta Paralela</i> _____	14
As Linhas de Handshaking _____	16
Outras linhas de Controle _____	17
Conexão da Impressora _____	17
<i>Circuito Controlador e Software de Controle</i> _____	19
<i>Conclusões</i> _____	22
<i>Referências</i> _____	23

Agradecimentos:

A Deus, a crença e a dádiva da existência. Aos meus pais, os guias dos primeiros passos, aos irmãos encerrados ou não, no sangue, pelas oferendas das reciprocidades e à minha filha, minha luz e toda graça.

Ao professor Dr. José Homero F. Cavalcanti pela paciência, ajuda e atenção. Ao professor Dr. Luís Reyes Rosales Montero pela orientação e direcionamento neste estágio final de conclusão de mais uma etapa na minha vida. Um agradecimento todo especial a Albery e ao amigo Paulo Márcio pelos importantíssimos toques e a todos aqueles que somaram suas pequenas colaborações a este trabalho.

Introdução

Nos últimos dois anos, O NEUROLAB - Laboratório de Redes Neurais, localizado no Departamento de Sistemas e Computação do Campus II da UFPB, sob o comando do prof. Dr. José Homero Feitosa Cavalcanti e o LAPSSE - Laboratório de proteção e Simulação de Sistemas Eletrônicos, localizado no Departamento de Engenharia Elétrica do Campus II da UFPB, sob o comando do prof. Dr. Luís Reyes Rosales Montero, vem desenvolvendo pesquisas na área de robótica (NEUROLAB) e sistemas de proteção (LAPSSE). Entre as diversas linhas de pesquisas envolvendo Automação, Controle Não-Linear e Proteção de Sistemas Elétricos, vários protótipos de acionadores e braços robóticos movidos por servomotores; e circuitos de proteção estão em plena ação de funcionamento. Tais circuitos e manipuladores, exigem um tratamento especial no interfaceamento com os computadores para terem seus controles efetuados.

A utilização de motores CC e motores de passos para o acionamento das várias juntas dos protótipos, exige dos pesquisadores do NEUROLAB, uma atenção maior para os circuitos de interface, assim como a utilização de novos circuitos para proteção de sistemas eletrônicos projetados no LAPSSE. Baseado na necessidade de desenvolvimento de placas controladoras de interface para estes motores e circuitos, resolveu-se aqui, estudar alguns princípios básicos dos elementos que compõem este sistema formado pelas máquinas elétricas, porta paralela, circuito e software de controle. A partir deste pequeno trabalho, o registro das ações dos circuitos de interface, serão mais efetivos.

O trabalho segue uma linha de apresentação, mostrando passo a passo, noções dos elementos que fazem parte do sistema citado, que possibilita a evolução das pesquisas realizadas no NEUROLAB e no LAPSSE. Cada protótipo desenvolvido no NEUROLAB e no LAPSSE utiliza uma placa de interface particular. Um estudo desta natureza deve contribuir para dar noções mínimas aos usuários do NEUROLAB/LAPSSE que nem sempre são versados nos domínios da engenharia de projetos em eletrônica. Este estágio focaliza os circuitos de controle dos motores de passos utilizados em alguns protótipos robóticos e circuitos de proteção usados para pesquisas nas áreas de Redes Neurais, Algoritmos Genéticos, Lógica Nebulosa, Computação e Música, Proteção e Simulação de Sistemas Eletrônicos.

Tipos de Máquinas Elétricas

A energia elétrica pode ser convertida em energia mecânica, da mesma forma que a energia mecânica pode ser convertida em energia elétrica. Os elementos que fazem esta conversão são chamados de máquinas elétricas. A este processo de conversão, chamamos conversão eletromecânica de energia. As máquinas elétricas fazem a ponte entre os sistemas elétricos e mecânicos. Numa máquina elétrica, a conversão é reversível, ou seja, se a máquina está transformando energia mecânica em elétrica, ela age como um gerador. Se a transformação se dá no sentido inverso, da energia elétrica para a energia mecânica, a máquina age como um *motor*. As máquinas com sistema elétrico de corrente alternada são ditas máquinas CA. Se o sistema elétrico é de corrente contínua, as máquinas são ditas máquinas CC.

A figura 1 mostra um sistema de conversão eletromecânica de energia, evidenciando a tensão e a corrente, parâmetros físicos correspondentes ao sistema elétrico, e o torque e a velocidade, parâmetros físicos correspondentes ao sistema mecânico.

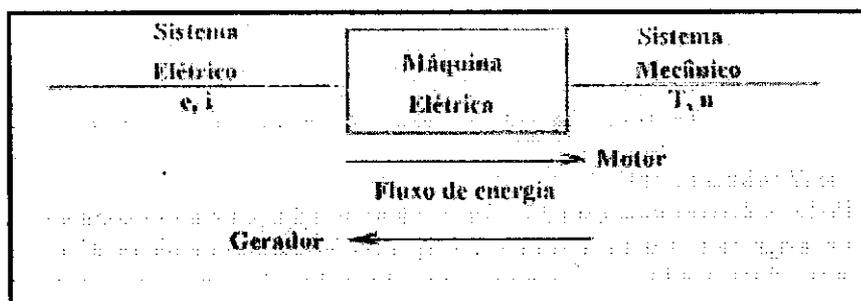


Figura 1. Conversão eletromecânica de energia.

A estrutura de uma máquina elétrica possui dois componentes principais: o estator e o rotor. O estator é a parte da máquina que não se movimenta e normalmente se constitui na estrutura externa da máquina. O rotor é a parte da máquina que está livre para se movimentar e normalmente se constitui na parte interna da máquina.

A figura 2 mostra a estrutura de uma máquina elétrica e a figura 3 mostra a laminação de um estator e de um rotor.

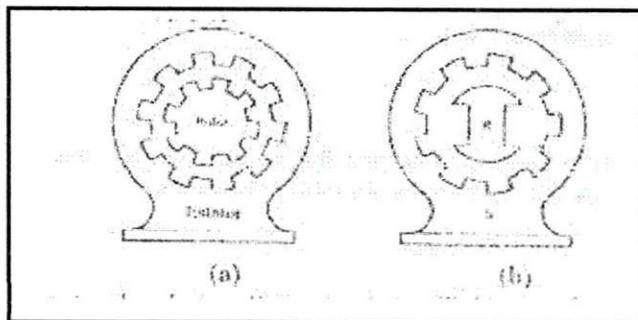


Figura 2. Estrutura das máquinas elétricas (a) máq. cilíndrica; (b) máq. de pólos salientes.

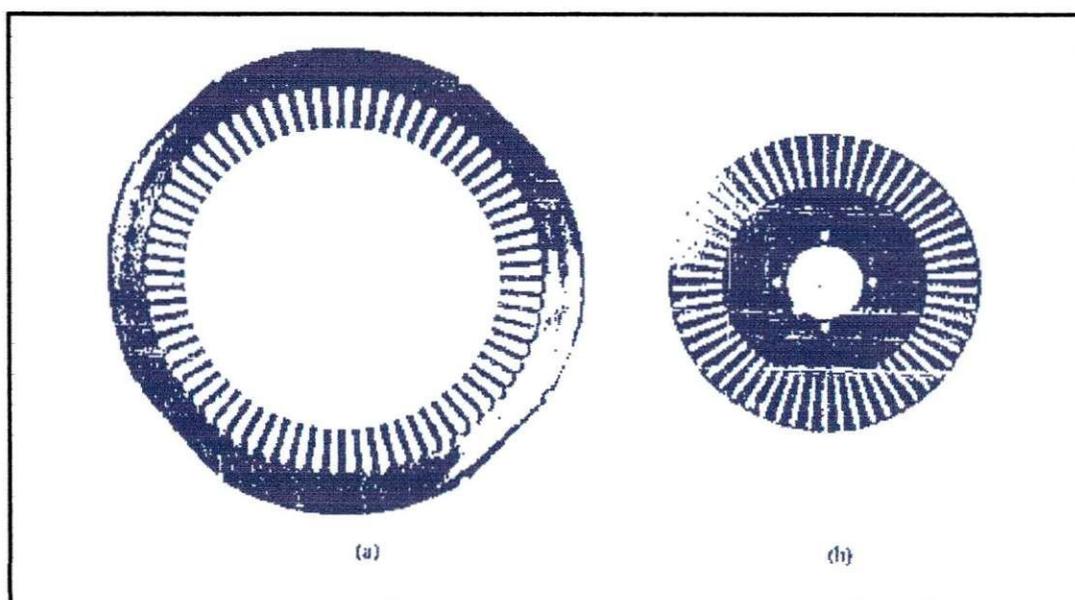


Figura 3. Laminação (a) estator; (b) rotor.

Três tipos de máquinas elétricas são utilizadas para a conversão de energia eletromecânica: as máquinas CC, as máquinas de indução e as máquinas síncronas. As máquinas de indução são as mais versáteis para aplicações industriais. O uso destas máquinas como geradores é limitado. Elas são extensivamente utilizadas como motores na indústria. Há uma facilidade relativa de controlar a velocidade das máquinas CC utilizadas como motores dentro de uma larga faixa. Pequenas máquinas CC (com frações de cavalo de potência) são utilizadas como dispositivos de controle como os servomotores e os tacogeradores. Nas máquinas CC, o enrolamento de armadura é localizado sobre o estator e o enrolamento de campo sobre o rotor.

A figura 4 mostra a essência de uma máquina CC com dois pólos.

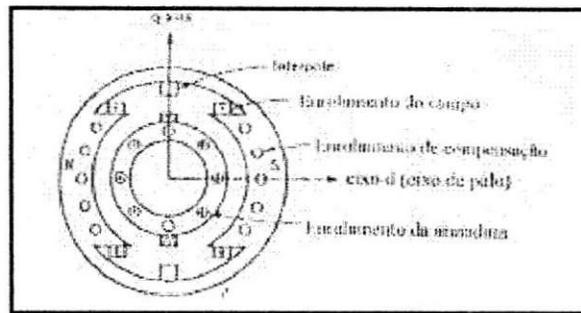


Figura 4. Diagrama esquemático da máquina CC.

A máquina CC pode operar tanto como um gerador ou motor. Isso é mostrado na figura 5. Quando a máquina CC opera como um motor a entrada é de potência elétrica e a saída é de potência mecânica. Motores CC fornecem uma larga margem de controle de velocidade e torque.

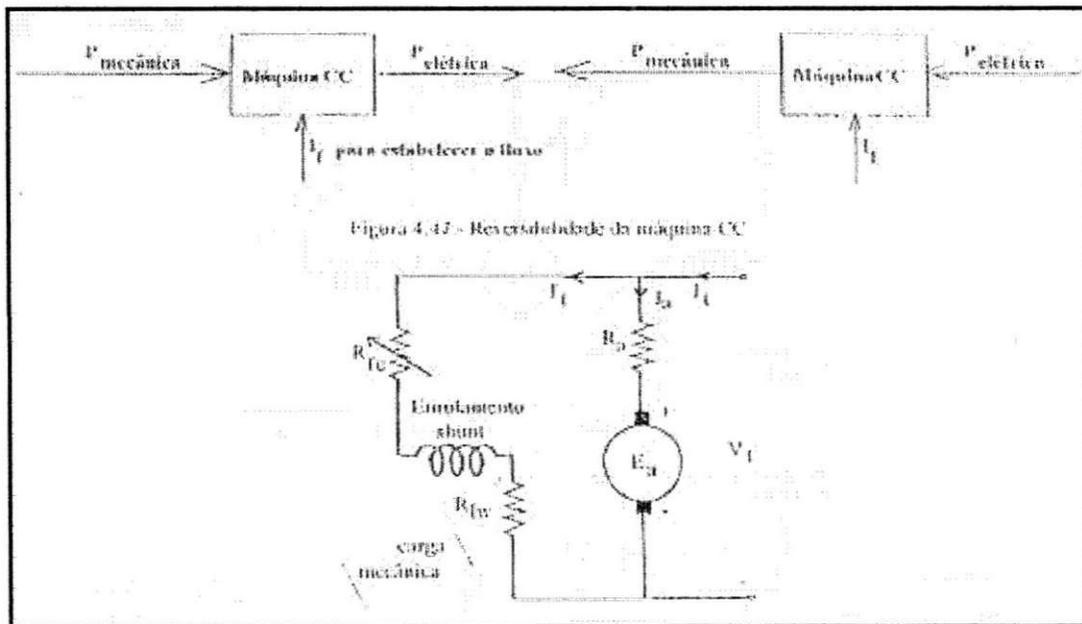


Figura 5. Reversibilidade da máquina CC.

Motores Monofásicos

Motores Monofásicos são pequenos motores, fabricados comumente com taxas fracionárias de potências. São usados em muitos equipamentos domésticos e comerciais. Eles fornecem a potência motiva para máquinas de lavar, ventiladores, ferramentas

manuais, centrífugas e muito mais. Existem três tipos de motores monofásicos: os motores monofásicos de indução, os síncronos e os motores monofásicos série ou universal.

Motores de Passo

O motor de passo é um incremento eletromagnético que atua para converter entradas de pulsos digitais em análoga saída de hastes de locomoção. Daí, sua grande utilidade nos sistemas de controle digital. Um trem de pulsos é feito para girar a haste do motor de passos. Uma rotação de um motor de passo tem um número específico de graus na resposta para uma entrada de pulsos elétricos. Os tamanhos típicos de passos são: 2° , $2,5^\circ$, 5° , $7,5^\circ$, 15° para cada pulso elétrico. Nenhuma posição do sensor de realimentação do sistema é normalmente requerida por um motor de passos para fazer uma resposta de saída seguir um comando de entrada. Típicas aplicações de motores de passos requerem um movimento incremental e são: impressoras, drives de discos, etc.

A figura 6 ilustra uma aplicação simples de motores de passos no mecanismo de direcionamento de papel de impressora.

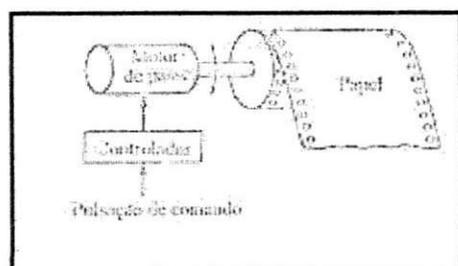


Figura 6. Direcionador de papel usando motor de passo.

Dois tipos de motores de passos são largamente usados: motores de passos tipo relutância variável e motores de passos tipo de magnético permanente. Uma relutância variável do motor de passo pode ser do tipo simples ou múltiplo. Uma configuração básica do circuito de um tetrafásico, bipolar e pilha simples, relutância variável de motor de passo é mostrada na figura 7. Os motores de passo múltiplos são largamente usados para dar um tamanho de passo pequeno. A figura 8 mostra um exemplo deste tipo.

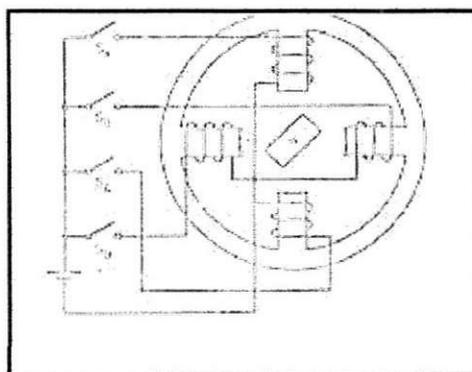


Figura 7. Circuito básico para um motor de passo de 4 fases e 2 pólos.

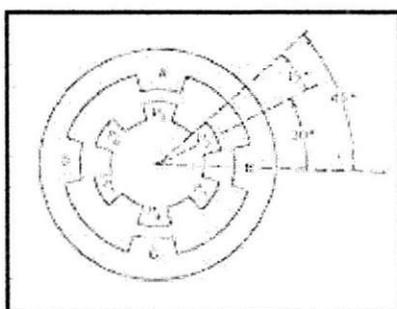


Figura 8. Motor de passo múltiplo para passo de 15 graus.

O rotor de motores de passo assume posições angulares discretas quando aplicada uma excitação em forma de pulsos. Isto é, para cada instante o rotor assume posições angulares bem definidas ao longo de uma rotação. Dessa forma, sua velocidade angular oscila entre um máximo, na mudança de posição, e um mínimo (normalmente zero) quando se encontra na posição definida.

Existem diversas aplicações para um motor com essas características, entre elas: aplicações de velocidades baixas, onde geralmente utiliza-se um servomotor com um conjunto de reduções; aplicações que necessitem um posicionamento do motor no entrepasso; e aplicações que necessitem multiplicar ou dividir o número de passos do motor.

Formas Básicas de acionamento de motores de passo

A seguir, exemplifica-se duas formas básicas de acionamento de motores de passo: o acionamento normal, o acionamento de entrepasso. Essas formas de

acionamento serão úteis para entendermos o comportamento desses motores. A figura 9 mostra um motor de passo genérico de quatro fases.

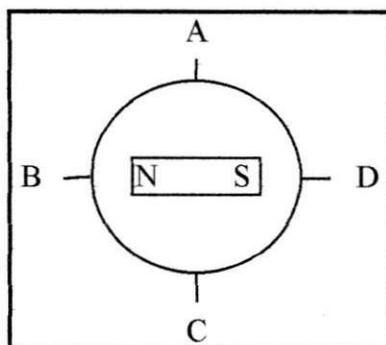


Figura 9. Representação esquemática para um motor de passo de ímãs permanentes de 4 fases.

O esquema mostrado acima não depende do número de passos do motor. Nesse esquema é mostrado a seqüência de fases correspondentes a um ciclo de acionamento do motor de passo. A distância entre duas fases consecutivas não corresponde a distância real no motor. Para um motor de 200 passos, temos a distância real entre as fases A e B igual a $1,8^\circ$ que correspondem aos 360° de uma rotação dividido por 200 passos, e um ciclo de acionamento de $7,2^\circ$ equivalente a 4 fases vezes $1,8^\circ$.

Acionamento normal

No modo de acionamento normal, o rotor se posiciona exatamente sobre o local designado para cada passo, percorrendo quatro passos por ciclo. A seqüência de acionamento pode ser obtida excitando-se uma fase por vez. Na figura 10, mostrada a seguir, é exemplificado este modo de acionamento.

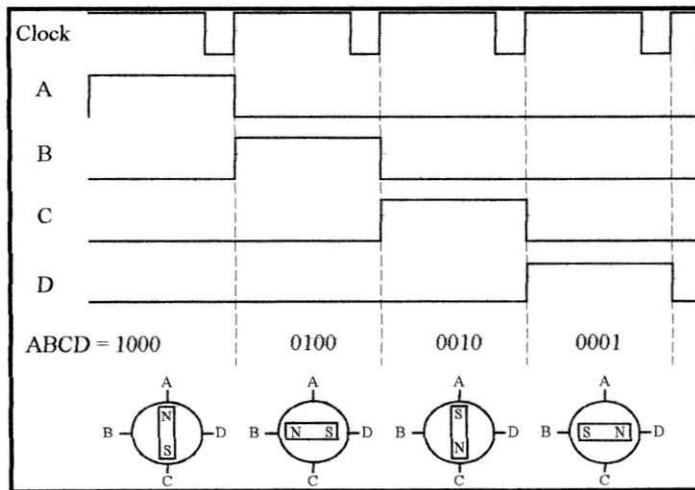


Figura 10. Modo de acionamento no qual se excita apenas uma fase por vez (acionamento normal).

O modo de acionamento normal pode também ser obtido com a excitação da fase oposta com polaridade inversa e em conjunto com a fase da seqüência. Nesse caso, o torque do rotor aumentará devido a contribuição da fase oposta à da seqüência ao fluxo magnético. A seqüência para tal acionamento será: $ABCD = (1,0,-1,0); (0,1,0,-1); (-1,0,1,0); (0,-1,0,1)$.

Acionamento de entresspasso

No modo de acionamento de entresspasso duas fases consecutivas são excitadas simultaneamente. Com isso, o rotor percorre quatro passos por ciclo, posicionando-se entre dois passos consecutivos. Nesse método, o rotor apresenta maior torque do que no modo de acionamento normal, pois tem-se sempre duas fases sendo excitadas a cada instante. Na figura 11 é exemplificado esse modo de acionamento.

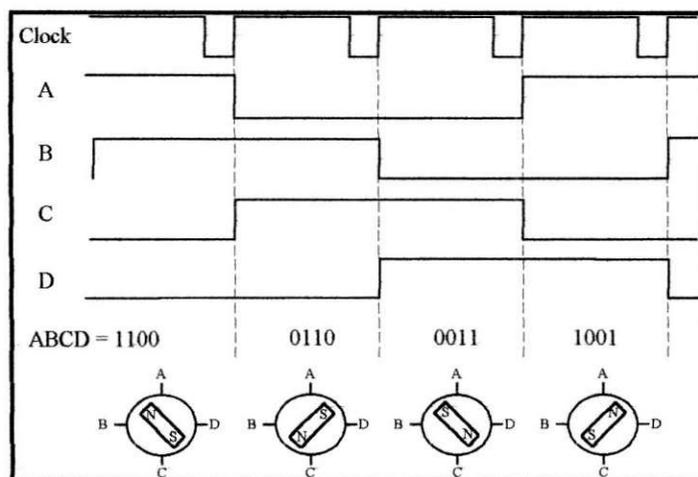


Figura 11. Modo de acionamento onde estão excitadas duas fases por vez (acionamento de entresspasso).

É possível obter esse modo de acionamento excitando-se as fases opostas com polaridade inversa em conjunto com as fases da seqüência, com conseqüente aumentando no torque do rotor. A seqüência de acionamento agora será: $ABCD = (1,1,-1,-1); (-1,1,1,-1); (-1,-1,1,1)$ e $(1,-1,-1,1)$.

Estudo da Porta Paralela

Uma porta é um canal através do qual um computador pode se comunicar com o mundo exterior. Os PCs são equipados com dois tipos de portas: seriais e paralelas. Uma porta serial ou paralela representa uma conexão física, a qual nos permite ligar o sistema a um dispositivo periférico, como uma impressora ou um modem. No nosso estudo, apenas a porta paralela será considerada.

A porta paralela fica na placa do adaptador monocromático ou em uma placa separada, conhecida como adaptador IBM de impressora paralela. Apesar dessa porta ser capaz de ler uns poucos sinais de entrada, ela foi projetada, a priori, para saída. Uma porta paralela é assim chamada devido a transmitir os dados com 8 bits (1 byte) de cada vez, ou seja, de forma paralela. A conexão da porta paralela é feita num conector DB-25 (assim chamado devido ao seu formato).

A figura mostra 9 as linhas de sinal de entrada num conector DB-25.

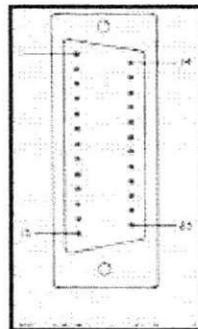


Figura 12. Conector DB-25

Três blocos de portas de I/O estão reservados para o uso das portas paralelas. Os endereços de I/O desses blocos são mostrados na tabela 1.

Tabela 1

<i>Endereços de I/O (Hexa)</i>	<i>Porta Paralela</i>
3BCH a 3BFH	Porta no adaptador MDA
378H a 37FH	Segunda porta paralela
278H a 27FH	Terceira porta paralela

Cada porta paralela possui três registros que são acessados através de três portas de I/O atribuídas à porta paralela. Esses registros são utilizados para enviar dados para a impressora de modo a se determinar o status desse dispositivo e também controlar a operação dessa impressora. O registro de dados será acessado no endereço básico de porta. A tabela 2 mostra os endereços básicos de I/O da área de dados do BIOS para as portas paralelas.

Tabela 2

Endereços (Hexa)	Interface (BIOS)	Dispositivo (MS-DOS)
0040:0008H	0	LPT1
0040:000AH	1	LPT2
0040:000CH	2	LPT3
0040:000EH	3	N/a

A programação das saídas de impressora pode ser abordada em quatro níveis. O nível mais alto, que normalmente será a melhor abordagem, envolve o uso de instruções da impressora que pertençam à linguagem de alto nível sendo utilizada. Faz-se necessário, uma análise das linhas de sinal utilizadas pela porta. A tabela 3 identifica essas linhas. O número do pino se refere ao conector padrão DB-25. Se a porta paralela de um PC estiver instalada, um conector deste tipo deverá ser encontrado saliente na traseira do PC.

Tabela 3

PINO	SINAL	DIREÇÃO
1	- validação	saída
10	- reconhecimento	entrada
11	+ ocupado	entrada
2	+ bit de dado 0	saída
3	+ bit de dado 1	saída
4	+ bit de dado 2	saída
5	+ bit de dado 3	saída
6	+ bit de dado 4	saída
7	+ bit de dado 5	saída
8	+ bit de dado 6	saída
9	+ bit de dado 7	saída

12	+ fim de papel	entrada
13	+ seleciona	entrada
14	- auto-alimentação	saída
15	- erro	entrada
16	- inicializa	saída
17	- seleciona	saída
18-25	Terra	-

A coluna chamada DIREÇÃO especifica a direção do sinal relativo à porta. Os sinais de mais (+) e os de menos (-) são utilizados para indicar a polaridade do sinal, com menos significando inversão. É preciso observar que nenhuma das saída de dados é invertida. A polaridade dos outros sinais nos diz como cada um deles se comportam. As linhas de sinal foram agrupadas de acordo com a sua função. As linhas 2-9 carregam os 8 bits de uma palavra de dados. É preciso observar também que cada bit é representado por uma linha de sinal único numa porta paralela.

As Linhas de Handshaking

As linhas 1, 10 e 11 carregam os sinais de handshaking que controlam a transferência dos dados. Uma porta paralela não possui uma velocidade predeterminada de transmissão e por isso utiliza os sinais de handshaking para coordenar a troca de dados entre o transmissor e o receptor. As linhas de handshaking asseguram que as transmissões de dados sejam efetuadas somente quando o receptor estiver pronto para receber.

O sinal + Ocupado indica que a impressora não pode receber novos dados quando está alto. A linha - Validação é normalmente mantida alta pela porta. Se a impressora não estiver ocupada, a porta pode enviar um novo caractere, colocando primeiramente os dados nas linhas 2 - 9 e depois baixando a linha - Validação durante um breve instante. Isto faz com que o dado seja captado pela impressora.

Sempre que uma transferência bem sucedida ocorre, a impressora abaixa a linha — reconhecimento por um curto período de tempo (5 microssegundos aproximadamente). Isto permite que a porta saiba que o caractere foi recebido, e que a impressora está pronta para o que vier depois.

A figura 13 mostra as relações de tempo entre os sinais de dados e de handshaking. A interação das linhas handshaking discutidas acima está na figura 10. Observa-se que o diagrama foi desenhado do ponto de vista da impressora. Vê-se as entradas + Dado e - Validação, e as saídas + Ocupado e - Reconhecimento. Somente um sinal de dado é mostrado no diagrama de temporização; presume-se que os outros sete se comportem da mesma forma.



Figura 13. Relações de tempo entre os sinais de dados e de handshaking

Após o envio do sinal - Reconhecimento, baixo, por parte da impressora e do envio do sinal + ocupado, também baixo (indicando que está pronto para receber), a porta paralela do PC responde colocando novos dados nas linhas 2 - 9. Este então pulsa a linha - Validação para um nível baixo, levando assim a impressora a aceitar o dado e, ao mesmo tempo, retorna + Ocupado para um nível alto. Uma vez que a impressora esteja pronta para receber o próximo caractere, ela envia a linha - Reconhecimento para baixo novamente, e o processo inteiro descrito acima é repetido.

Outras linhas de Controle

As linhas de dados, handshaking e terra são o mínimo imprescindível exigido para uma porta paralela. A IBM proporciona várias linhas de controle adicionais projetadas para o uso com a impressora de interface padrão e outras máquinas similares.

Conexão da Impressora

Circuito Controlador e Software de Controle

Um circuito controlador está referenciado na figura 15, onde são controlados quatro motores de passo de quatro fases.

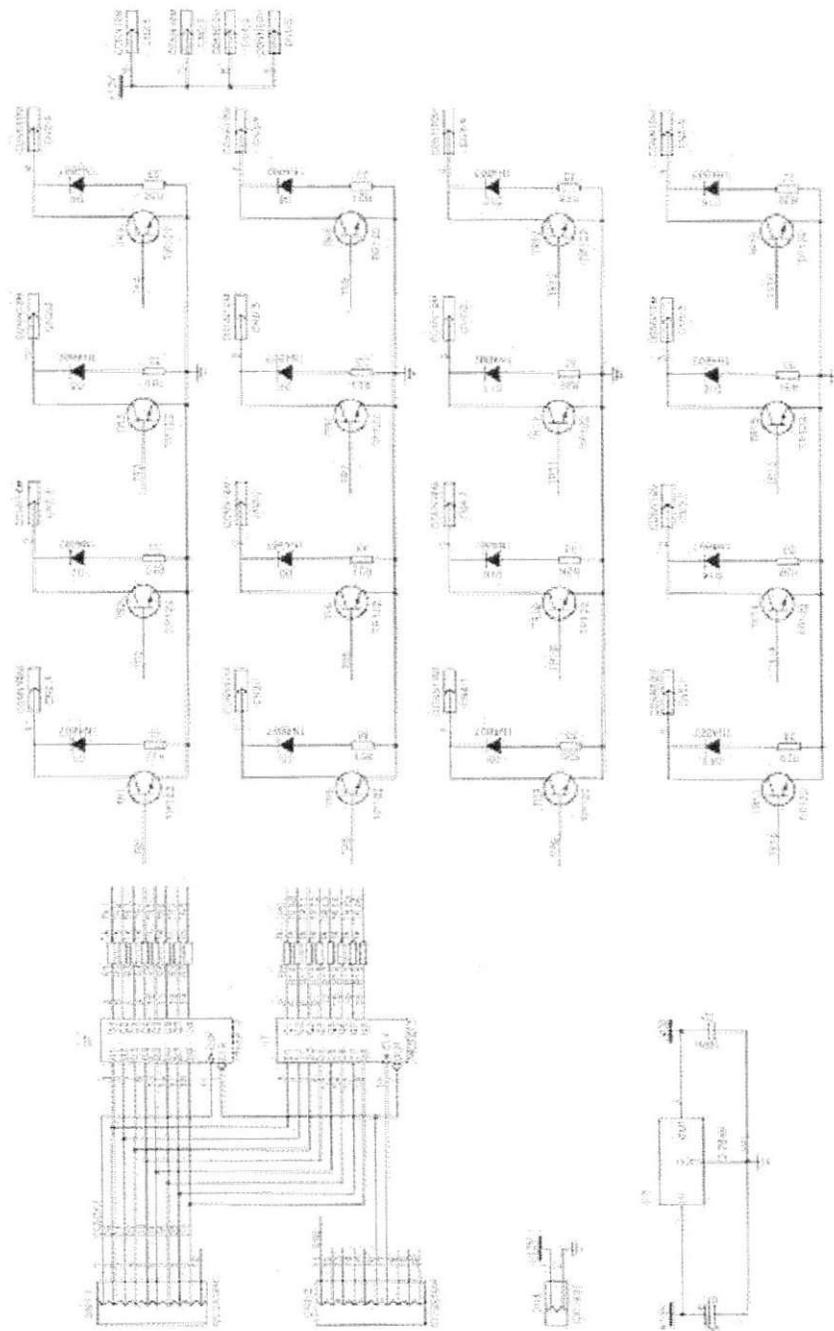


Figura 15. Circuito da placa de interface controladora dos motores de passo.

Neste circuito, utiliza-se como eixo principal, dois circuitos integrados do tipo TTL SN74LS273. Cada um contém oito FLIP-FLOPs tipo D gatilhados na transição positiva do clock, com entrada de clear assíncrona comum a todos os FLIP-FLOPs. Os FLIP-FLOPs são utilizados no circuito com a função de possibilitar o controle de quatro motores pois normalmente a porta paralela só controla no máximo dois motores. Os FLIP-FLOPs fazem o papel de demultiplexadores.

Os transistores de potência TIP 122, servem para excitar as fases dos motores. São ainda utilizados, resistores de $1k\Omega$ e de 33Ω ; e diodos do tipo 1N4007.

A freqüente utilização de interfaceamento para os protótipos do NEUROLAB e do LAPEM, exige uma série de placas de interface com circuitos de controle de motores de passo. O circuito aqui mostrado é apenas um dos vários circuitos para controle acionados pela porta paralela.

O controle deste circuito é feito através de software. A linguagem C fornece um complemento completo de comandos que permite ao usuário controlar uma impressora via porta paralela. Segue abaixo um trecho do código do programa TESTA MOTORES DE PASSO utilizado para controlar um motor de passo para esquerda ou para direita, além de fazê-lo parar.

```
/*TAREFAS DO ESCALONADOR PARA GIRO DO MOTOR*/

void motor1(void) // TAREFA 1
{
if (roda[1]==1)
{
outp(0x378,modo[1]);
outp(0x37A,0xA);
if ((modo[1]&0x0F)==0xA)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0x9;
else
if ((modo[1]&0x0F)==0x9)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0x5;
else
if ((modo[1]&0x0F)==0x5)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0x6;
else
if ((modo[1]&0x0F)==0x6)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0xA;
}
}
if (roda[1]==-1)
{
outp(0x378,modo[1]);
// outp(0x37A,0x8);
outp(0x37A,0xA);
if ((modo[1]&0x0F)==0xA)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0x6;
else
if ((modo[1]&0x0F)==0x6)modo[1]=(modo[1]& 0xF0) | 0x5;
else
}
```

```

        if((modo[1]&0x0F)==0x5)modo[1]=(modo[1]& 0xF0)|0x9;
        else
            if((modo[1]&0x0F)==0x9)modo[1]=(modo[1]& 0xF0)|0xA;
    }
}

void parada(void)    // TAREFA 2
{
    for(i=1;i<=4;i++)repete(i,0,0,0);
    outp(0x37A,0xB); //reseta motores
    //ch=0x01;
}

void moveright(void) // TAREFA 3
{
    repete(1,0,2,2);
    roda[1]=-1;
    outp(0x37A,0xA);
    modo[1]=(modo[1]& 0xF0)|0xA;
    repete(2,0,165,0);
}

void moveleft(void) // TAREFA 4
{
    repete(1,0,2,2);
    roda[1]=1;
    outp(0x37A,0x0A);
    modo[1]=(modo[1]& 0xF0)|0xA;
}

}

int finall(void)
{
    zerar(); //Inicia descritores tasks e controladores
            //MOSTRA OS DESCRITORES DAS TAREFAS
    jan3();
    outp(0x37A,0xB); //reseta motores
    do
    {
        switch(getch())
        {
            case '1' :moveright();
                                geral();
                                reseta();
                                break;
            case '2' :moveleft();
                                geral();
                                reseta();
                                break;
            case '3' :repete(1,0,2500,0);
//Testar motor
                                for(i=1;i<=4;i++)roda[i]=-1;
                                geral();
                                reseta();
                                break;
            case '0' :return(0);
            default: break;
        }
    }while (crtt!='=');
    outp(0x37A,0xB); //reseta motores
    return(0);
}

```

Conclusões

Foram apresentados alguns princípios básicos de máquinas elétricas e noções da porta paralela, além da apresentação de um circuito de controle via porta paralela para motores de passo. A importância deste estudo, dá-se na freqüente utilização da placa de interface para o acionamento dos vários protótipos que servem como base para as pesquisas desenvolvidas no NEUROLAB e no LAPSSE.

A partir da descrição dos elementos deste conjunto: motores de passo, porta paralela, hardware e software controladores; os usuários dos sistemas desenvolvidos no NEUROLAB e no LAPSSE terão a oportunidade de se familiarizarem com os princípios de funcionamento dos protótipos usados nas pesquisas desenvolvidas pelos mesmos.

Referências

- [JUN 91] JÚNIOR, JOÃO B. de A., *TTL/CMOS - Teoria e Aplicação em Circuitos Digitais*, Ed. Érica - Segunda edição.
- [MON 97] MONTERO, LUÍS R. R., *Apostila do Curso de Conversão* - Curso de Engenharia Elétrica (graduação) - UFPB, janeiro, 1997.
- [NOR 94] NORTON, PETER; AITKEN, PETER & WILTON, RICHARD, *A Bíblia do Programador*, Editora Campus - Primeira edição.
- [SIK 86] SIKONOWIZ, WALTER, *IBM PC e seus Compatíveis - Guia do Usuário*, Ed. McGraw-Hill, 1986 - Segunda edição.
- [TOK 96] TOKHEIM, ROGER L., *Princípios Digitais*, Makron Books, Coleção Schaum - McGraw-Hill - Terceira edição.