Departamento de Física e Ciência dos Materiais
Caixa Postal 369 -13560-970 São Carlos – SP – Brasil
www.fotonica.ifsc.usp.br
e-mail : andretec@ifsc.usp.br

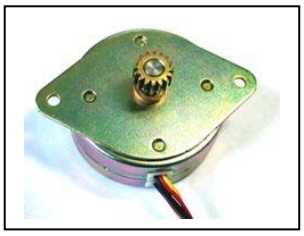
Desenvolvimento de um Controle para Motores de Passo

Introdução

Neste projeto, deveremos apoiar o desenvolvimento de atividades relacionadas à confecção e automação de novos sistemas de translação tanto para os experimentos de varredura-Z quanto para a linha de atraso dos experimentos de excitação e prova, duas técnicas de medida de propriedades não lineares de amostras ópticas. Estas atividades vão desde a preparação de sistemas mecânicos de translação até o desenvolvimento de circuitos de alimentação e controle para os motores de passo que serão utilizados para a movimentação dos estágios de translação.

Motores de passo

Motores de passo são motores DC, mas com a possibilidade de se controlar sua velocidade, direção e ângulo, pode-se girá-los num ângulo determinado com extrema precisão. Eles podem ser encontrados em dois tipos diferentes: magnético permanente e relutância variável.



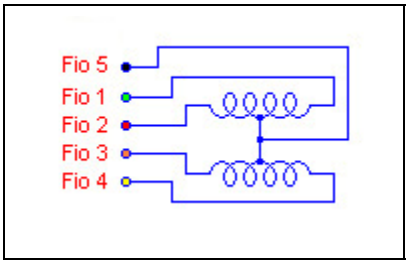
O motor de passo magnético permanente tem como característica “agarrar” quando se gira seu eixo, estando o motor desligado. Este tipo de motor possui tipicamente dois enrolamentos independentes, possuindo assim quatro fios, este motor é normalmente conhecido como motor bipolar.

O segundo tipo de motor, o de relutância variável, tem como característica ter seu eixo “livre”, estes motores possuem quatro enrolamentos e um fio comum entre eles, tipicamente este motores possuem cinco ou seis fios, este são normalmente chamados de motores unipolares. As configurações mais comuns são motores de passo que dão uma volta completa (360º) em 48 e 200 passos. Este é um típico motor de passo unipolar. Ele possui cinco fios, sendo um deles o comum entre as quatro bobinas.

Circuito de motor de passo unipolar

Para o sistema de translação de varredura-Z e linha de atraso foi feito um circuito de controle do motor de passo no qual foi usado um circuito bem simples, com apenas dois circuitos integrados e alguns transistores (*Figura 1*).

Para este experimento aproveitamos motores de impressoras antigas, sem uso por algum defeito eletrônico ou pelo próprio desgaste. Estas impressoras possuem motores tipicamente unipolares.



Na Figura ao lado temos a representação de um motor de passo unipolar, com suas quatro bobinas e o comum (Fio 5). Através da porta paralela do PC, enviamos sinais de controle para este circuito pelo conector "J5". No circuito entramos com um sinal de +5 ou 0 volts, onde definimos o sentido de rotação do motor (esquerda ou direita). Um outro sinal define o passo (*step*); cada vez que este sinal muda de estado de 0 a +5 volts, o motor desloca um passo.

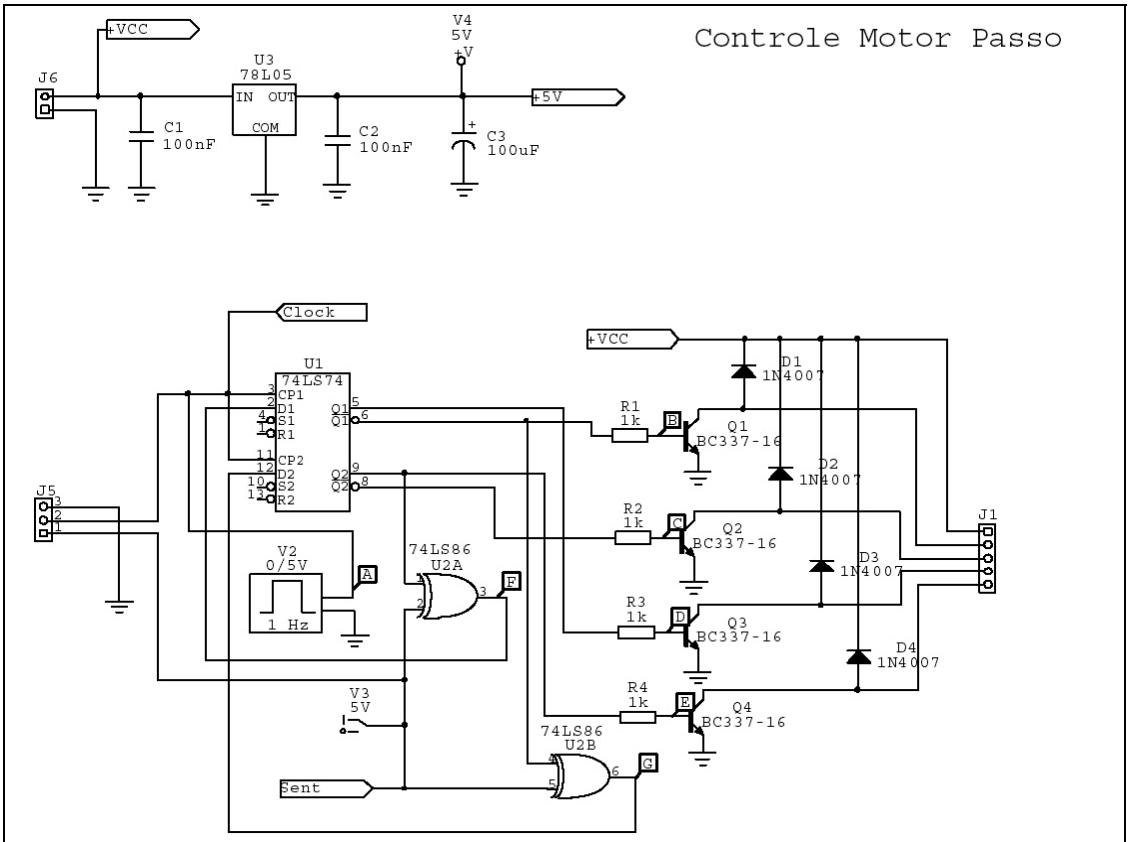


Figura 1 *– Circuito de controle do motor de passo unipolar (passo completo).*

Para que estes motores funcionem, o circuito gera uma seqüência de acionamento para as bobinas. Essa seqüência de sinais são passados para os transistores de saída, onde estes têm potência suficiente para energizar às bobinas do motor de passo.

A tabela **passo-completo** (*full step*), mostra através do símbolo (+) o acionamento de cada bobina. No motor de passo unipolar, cada bobina é acionada aplicando uma tensão entre um dos fios e o comum.

É possível utilizar uma outra seqüência de acionamento para as bobinas, na qual conseguimos uma maior precisão, o **meio-passo** (*half step*). Com este tipo de acionamento deslocando foi preciso alterar um pouco o circuito, uma vez que o acionamento das bobinas é um pouco mais complexo, conforme mostra a tabela. Observe na **Figura 2** que no lugar dos dois CIs foi colocado um micro-controlador, com um programa gravado em sua memória. Assim, conseguimos acionar as bobinas na seqüência correta, e o restante do circuito continua o mesmo, com os transistores de potência. Nesta configuração de meio passo, vemos na tabela que existem algumas seqüências que são acionados dois enrolamentos simultaneamente. Isto faz com que esta configuração tenha um consumo maior de energia do que o circuito de passo-completo. Também observamos uma redução de velocidade em vista de que o número de passos dobrou.

Meio Passo – Motor Unipolar				
step	**Fio1**	**Fio2**	**Fio3**	**Fio4**
1	+	0	0	0
2	+	+	0	0
3	0	+	0	0
4	0	+	+	0
5	0	0	+	0
6	0	0	+	+
7	0	0	0	+
8	+	0	0	+

Passo Completo – Motor Unipolar				
step	**Fio1**	**Fio2**	**Fio3**	**Fio4**
1	+	0	0	0
2	0	+	0	0
3	0	0	+	0
4	0	0	0	+

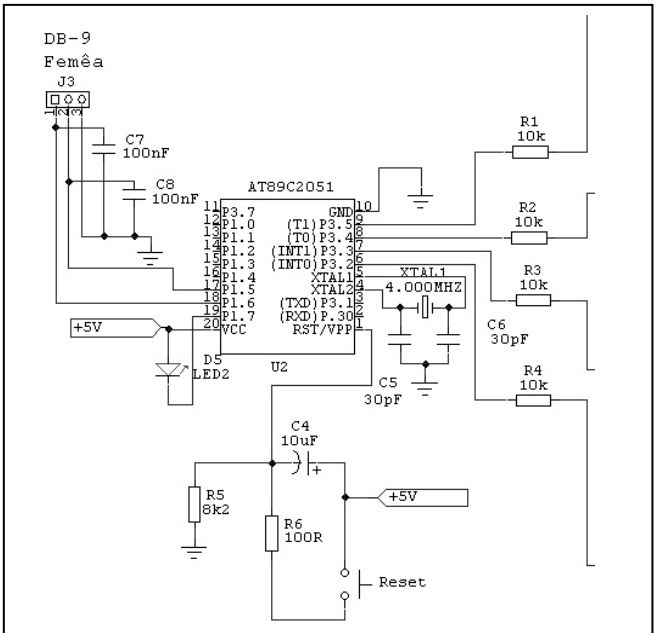
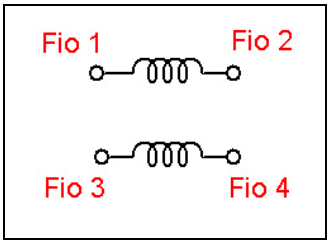


Figura 2 *– Circuito de controle utilizando Micro-Controlador*

Circuito de motor de passo bipolar

Um outro circuito foi desenvolvido usando motores de passo tirados de *disk-drive* de 3” ½. Muitos destes *disk-drives* com o tempo dão problemas e são descartados, mas pode-se aproveitar o motor de passo destes, a maioria são motores bipolares.



Estes motores, que possuem apenas quatro fios, são compostos por duas bobinas. A diferença destes com o motor unipolar é de que no motor unipolar as bobinas são acionadas seqüencialmente uma depois da outra. Por outro lado, no motor bipolar há a necessidade de inverter a corrente das bobinas. Sendo assim, houve a necessidade de se usar um micro-controlador para gerar a seqüência de acionamento dos motores. Com o uso de micro controlador, a implementação das tabelas de seqüência de acionamento das bobinas se torna mais fácil. No programa dos micro controladores, precisamos apenas colocar a seqüência correta de acionamento. Nos experimentos de translação de varredura-Z e linha de atraso foi necessário diminuir a distância entre os passos. Com o sistema de meio-passo conseguimos uma redução do deslocamento por passo.

Passo Completo – Motor Bipolar				
step	**Fio1**	**Fio2**	**Fio3**	**Fio4**
1	+	-	-	+
2	+	-	+	-
3	-	+	+	-
4	-	+	-	+

+ = Fluxo de corrente positiva
- = Fluxo de corrente negativa

Para reduzir ainda mais o deslocamento (aumentar a resolução) no sistema foi feito um conjunto de redução usando engrenagens. Estas foram tiradas dos próprios *disk-drives* e de impressoras antigas.

Com o uso de micros controladores podemos fazer um programa para acionar tanto motores unipolares como os motores bipolares.

Meio-passo – Motor Bipolar				
step	**Fio1**	**Fio2**	**Fio3**	**Fio4**
1	+	-	-	+
2	+	-	0	0
3	+	-	+	-
4	0	0	+	-
5	-	+	+	-
6	-	+	0	0
7	-	+	-	+
8	0	0	-	+

+ = Fluxo de corrente positiva
- = Fluxo de corrente negativa
0 = Sem corrente

No caso do nosso circuito da **Figura 3**, fizemos um programa apenas para os motores bipolares. Contudo, colocamos uma chave na qual podemos mudar de passo-completo para meio-passo, onde o programa muda a tabela de acionamento das bobinas conforme a posição da chave.

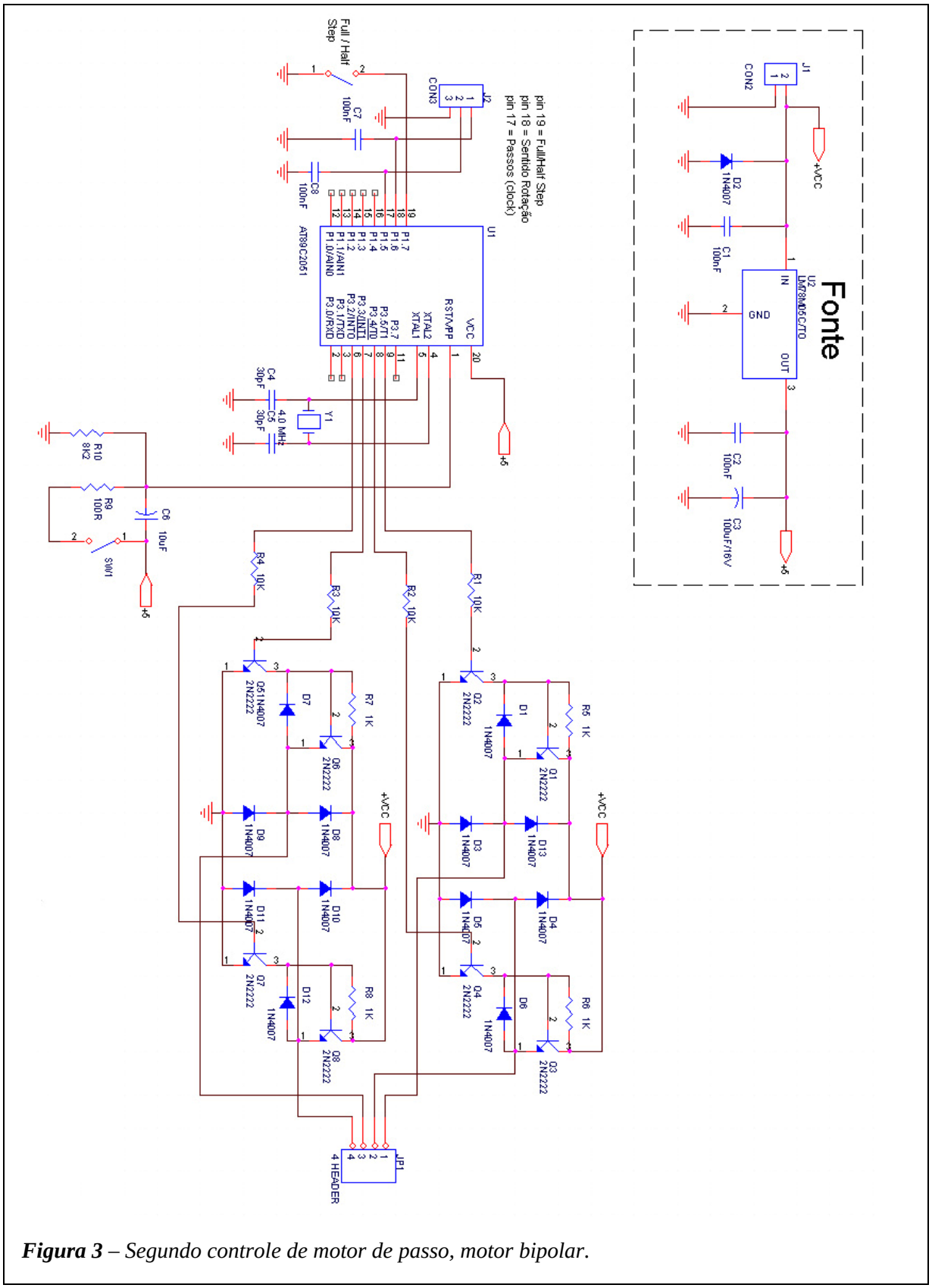


Figura 3 *– Segundo controle de motor de passo, motor bipolar.*

Programa para controle do motor de passo

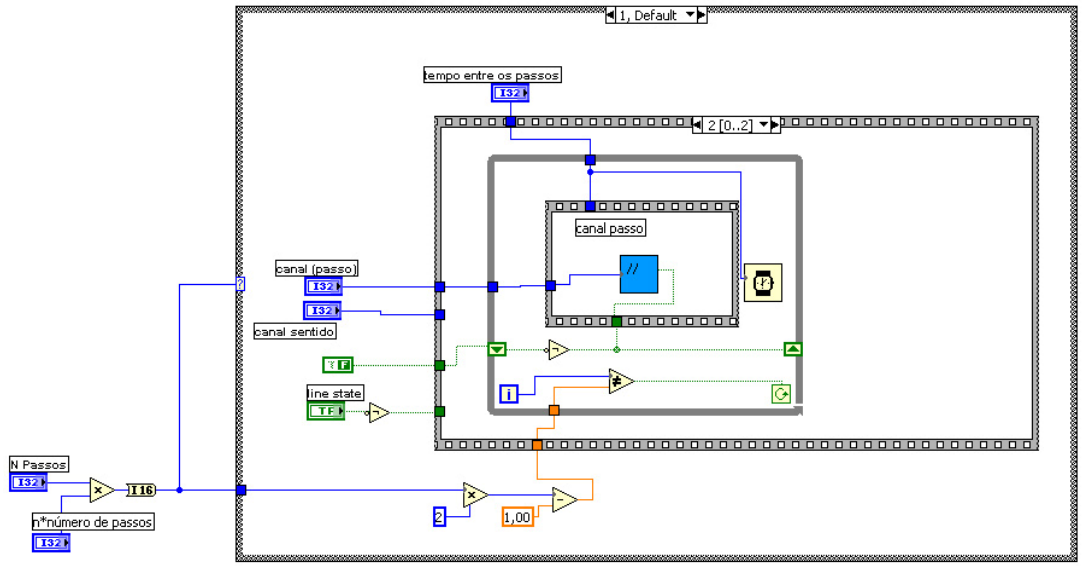


Figura 4 *– Programa secundário (sub VI) para controle do motor de passo usando a porta paralela.*

Para o controle dos circuitos foi elaborado um programa secundário (*sub VI*), feito em LabView. Esta sub VI pode ser usada por outros programas para controle do motor. O programa envia, através da porta paralela do PC, sinais de controle do **sentido** do motor (esquerda ou direita), e um outro sinal de **passo (**quantos passos o motor vai girar). Pode-se usar também uma placa de aquisição para controlar o motor de passo. Neste caso, o endereçamento dos comandos é feito mais facilmente.

Sistema mecânico de acoplamento entre o motor de passo e o estágio de translação.

Diferentes tipos de acoplamento entre o motor de passo e o sistema de translação podem ser utilizados. Um acoplamento direto entre o motor de passo e o parafuso micrométrico de um estágio de translação linear acarreta num deslocamento determinado pelo número de passos por revolução e o deslocamento por revolução do parafuso micrométrico. Para se conseguir menor deslocamento por passo, e conseqüentemente conseguir maior precisão de deslocamento, deve-se utilizar sistemas de redução mecânicas ou desenvolver sistema eletrônicos de micro passos (*micro step*). Nessa etapa do trabalho foi desenvolvido um sistema de redução usando uma rosca sem

fim acoplado ao parafuso micrométrico. Dependendo da engrenagem usada no parafuso micrométrico consegue-se uma grande redução com um sistema compacto. Por exemplo, na **Figura 5** a seguir temos uma foto de um estágio de translação com um acoplamento feito com uma rosca sem fim. O modelo de motor de passo utilizado precisa de 48 passos para dar uma volta e a engrenagem usada tem 38 dentes o que permite multiplicar para 1824 passos dar uma volta no micrômetro. Como o micrômetro desloca 0,5 mm por volta, isso significa que cada passo equivale a um deslocamento de 0,274 μm.

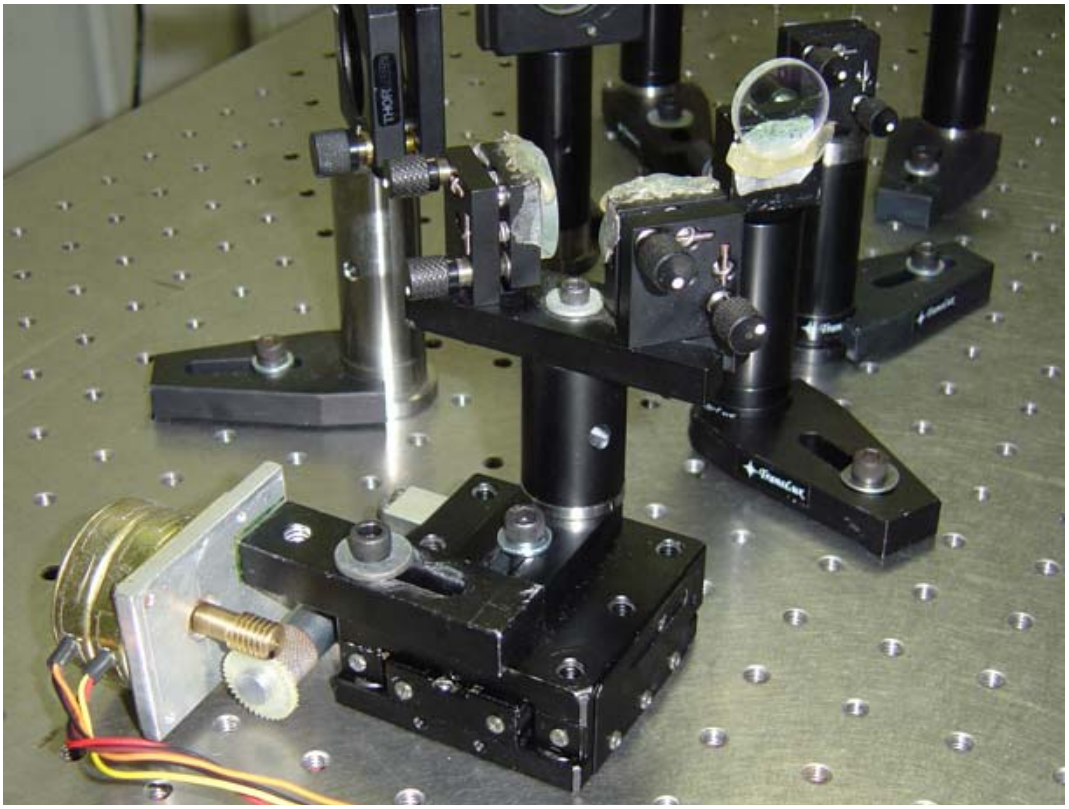


***Figura 4** – Estágio de translação com acoplamento usando rosca sem fim e micrometro.*

Conclusões

Com este trabalho conseguimos desenvolver novos sistemas eletrônicos para controle de motores de passos, e sistemas mecânicos para experimentos de varredura-Z e linha de atraso dos experimentos de excitação e prova, contribuindo em muito para o aperfeiçoamento dos circuitos eletrônicos. O uso de novas tecnologias, como o uso de micros controladores e programação dos mesmos foram de grande valia. Além disso, o uso mais freqüente de motores de passos nos experimentos tem contribuído para os alunos de pós-graduação no sentido de facilitar e melhorar a realização dos mesmos.

Referência Bibliográficas

[1] DENYS E. C. NICOLOSI E RODRIGO B. BRONZERI, “Microcontrolador 8051 com Linguagem C”, Editora Érica, 2004

[2] FÁBIO PEREIRA, “PIC Programação em C” 3ª ed, Editora Érica, 2003

[3] DENYS E. C. NICOLOSI, “Microcontrolador 8051 Detalhado” 5ª ed, Editora Érica

[4] DENYS E. C. NICOLOSI, “Laboratório de Microcontroladores Família 8051 - Treino de Instruções, Hardware e Software” 3ª ed, Editora Érica

[5] ATMEL Corporation, “Microcontrollers” – http://www.atmel.com

[6] MALVINO, “Eletrônica” vol 1 e 2, 4ª ed, Editora MAKRON Books

[7] IVAN V. IDOETA, FRANCISCO G. CAPUANO, “Elementos de Eletrônica Digital”, 11ª ed, Editora Érica

Apêndice A

Listagem do Programa do Micro Controlador

```
//*****************************************************************
#include <8051.h>

//Motor-Passo-Bi-Polar.CKT

//Labels
#define CLK P15
#define DIR P16
#define SEL P17
//sel=1-char"contato aberto"   sel=0"terra"=cafe

unsigned char cha[8],cafe[4];

// motor de passo novo drive bi-polar
//Função Principal
void main (void)  {
      unsigned char aux0,aux1;
      char k;
      static bit ctrl;

      P3 = 0x00;
      aux0 = 0x00;
      aux1 = 0xFF;
//                PPPPPPPP
//                33333333
//                01234567
      cha[0] =  0b00100100;
      cha[1] =  0b00100000;
      cha[2] =  0b00101000;
      cha[3] =  0b00001000;
      cha[4] =  0b00011000;
      cha[5] =  0b00010000;
      cha[6] =  0b00010100;
      cha[7] =  0b00000100;
      cafe[0] = 0b00101000;
      cafe[1] = 0b00011000;
      cafe[2] = 0b00010100;
      cafe[3] = 0b00100100;


while (1)  {


      if(CLK) { ctrl = 1;     }//fim if clock

      else {//else clock
            if(ctrl){

                  if(SEL){    P3 = cha[k];      }//fim if sel
                        else{ P3 = cafe[k];     }//fim else sel
```

```
                  if(DIR){
                        if(SEL){
                              k++;
                              if(k == 8) k=0;   }//fim if
                              else{
                                    k++;
                                    if(k == 4) k=0;   }//fim else
                  }//fim if dir
                        else {
                        if(SEL){
                              k--;
                              if(k == -1) k=7;}//fim if
                              else{
                                    k--;
                                    if(k == -1) k=3; }//fim else
                              }//fim else dir

                  ctrl = 0;

            }//fim if ctrl

      }//fim else clock

      }//fim while
}//fim main
//*****************************************************************
```