



PUC

Marcelo Neves Barreto

**Pesquisa e Desenvolvimento de um Acionamento para
Motor de Passo Operando em Baixa Tensão**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Speranza Neto
Co-Orientador: Prof. Dr. Solly Andy Segenreich

Rio de Janeiro
Março de 2005



Marcelo Neves Barreto

**Pesquisa e Desenvolvimento de um
Acionamento para Motor de Passo
operando em Baixa Tensão**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Mauro Speranza Neto

Orientador

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Prof. Solly Andy Segenreich

Co-Orientador

Segen Moda 01 Ltda

Prof. Marcelo de Oliveira Souza

Universidade Estadual do Norte Fluminense

Prof. Lúcio José Terra Petrucci

Universidade Estadual do Norte Fluminense

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 22 de março de 2005.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Marcelo Neves Barreto

Graduou-se em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela UENF (Universidade Estadual do Norte Fluminense) em 2001. Kursou também Licenciatura em Ciências, com habilitação em Física, pela UNIVERSO (Universidade Salgado de Oliveira), formando-se em 2002. Atualmente é professor e coordenador do curso de Gestão para a Indústria de Petróleo e Gás, da Universidade Estácio de Sá, em Campos dos Goytacazes/RJ, professor do curso de Engenharia de Produção e Matemática da UNIVERSO e professor e coordenador de Informática pela FAETEC (Fundação de Apoio a Escola Técnica do Estado do Rio de Janeiro).

Ficha Catalográfica

Barreto, Marcelo Neves

Pesquisa e desenvolvimento de um acionamento para motor de passo operando em baixa tensão / Marcelo Neves Barreto ; orientador: Mauro Speranza Neto ; co-orientador: Solly Andy Segenreich. – Rio de Janeiro : PUC, Departamento de Engenharia Mecânica, 2005.

80 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Mecânica.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia mecânica – Teses. 2. Acionamento. 3. Motores de passo. 4. Atuadores. I. Speranza Neto, Mauro. II. Segenreich, Solly Andy. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Mecânica. IV. Título.

CDD: 621

À minha mãe Olinda, à minha querida esposa Fernanda e à minha linda filha
Nicoli.

Agradecimentos:

- Ao professor Solly Andy Segenreich, por seu constante apoio, orientação, amizade, confiança depositada e a tranquilidade transmitida.
- Ao professor Mauro Speranza, pela compreensão e confiança depositadas.
- Ao Departamento de Engenharia Mecânica, pelo apoio oferecido por todos os professores e funcionários.
- Aos colegas, principalmente ao Aldenir e ao Rodolfo, pela amizade e apoio durante a agradável convivência nestes dois anos.
- Ao Sérgio e aos outros amigos do apartamento que gentilmente me concederam um local para morar durante este período.
- Ao Laboratório de Ciências Físicas da UENF, pelo apoio dado em alguns experimentos, em especial ao técnico Luis e o professor Helion Vargas.
- Ao técnico Brito e a todos os funcionários da SEGEN, pelo apoio dado.
- A FAETEC e a E.T.E. João Barcelos Martins, pelo apoio dado com a liberação de carga horária.
- À professora Maria Geny que gentilmente colaborou com a revisão deste trabalho.
- Ao meu sogro Ernani Escocard pela ajuda dada na confecção de algumas bases de madeira que serviram de suporte em experiências práticas.
- À minha esposa que soube compreender os momentos de ausência e de extremo estresse.
- A CAPES, pela ajuda financeira.

Resumo

Barreto, Marcelo Neves; Neto, Mauro Speranza. **Pesquisa e desenvolvimento de um acionamento para motor de passo operando em baixa tensão.** Rio de Janeiro, 2005. 80 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A pesquisa e desenvolvimento de um acionamento para motor de passo operando em baixa tensão apresenta o desenvolvimento de um mecanismo de acionamento para motores de passo de 2 fases, destinado a operar na faixa de 12 a 18 V, tornando-se muito útil para automações em veículos, embarcações ou robôs que operam com baterias. O acionamento desenvolvido implementa o controle da corrente via “*chopper*”, como é usual nos acionamentos de motores de passo. Mas, ao contrário do usual, o tempo do ciclo ativo da onda responsável por ativar a corrente nas fases é pré-programado em microcontroladores, evitando-se a instabilidade e criticalidade típica dos circuitos responsáveis pelo sensoramento da corrente e sua realimentação para controle do ciclo ativo. Outro aspecto inovador do trabalho foi a utilização do integrado TD340 da ST Microelectronics, desenvolvido para utilização no controle de motores de corrente contínua, e que está sendo empregado com motores de passo. Os resultados experimentais apresentados no trabalho confirmam a adequação e utilidade do acionamento desenvolvido, tornando-o compacto e robusto.

Palavras-chave:

Acionamentos – Motores de passo – Atuadores

Abstract

Barreto, Marcelo Neves; Neto, Mauro Speranza. **The research and development of an driver for step motor operating in low tension.** Rio de Janeiro, 2005. 80 p. MSc. Dissertation – Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The research and development of an driver for step motor operating in low tension presents the development of a chopper driver intended to drive 2- phase step motors. The driver was designed to operate between 12 and 18 V which makes it very attractive for automations in vehicles and robots which carry their own batteries. Contrary to the usual design, where the duty cycle of phase current is controlled by sensing this current and feed backing its value to the chopper, the present driver uses fixed value duty cycle, which varies step by step according to a table stored in the memory of a microcontroller. In so doing, we avoid most of the troubles due to noise and voltage fluctuation in the feedback line, typical of usual drivers. Another innovation presented in this work, is to use the H-Bridge MOSFET driver TD340 in driving step motors. This component, manufactured by ST Microelectronics, was originally designed for driving CC motors. Experimental results presented in this work show that the driver developed in this research has performed successfully according with the intended goal.

Keywords:

Step motor drivers – Step motors - Actuators

Sumário

1.	Introdução	13
1.1	Antecedentes	13
1.2	Objetivo	15
1.3	Organização do trabalho	15
2.	Desenvolvimento funcional do acionamento	16
2.1	Acionamento em meio passo	16
2.2	Acionamento em micropasso	17
2.3	<i>Lay-Out</i> básico do acionamento	17
2.4	A Função do componente TD 340	20
3.	Programação dos microcontroladores	21
3.1	Programação dos microcontroladores de entrada MIC 1 e MIC 3	21
3.2	Cálculo de t_{alta}	24
3.3	Programação dos microcontroladores de saída MIC 2 e MIC 4	26
4.	Desenvolvimento e montagem dos testes experimentais	27
4.1	Montagem experimental	28
4.2	Avaliação do torque	30
5.	Resultados experimentais	35
5.1	Tabelas	36
5.2	Gráficos	46

6. Conclusões 47

7. Referências 48

Apêndice

Apêndice A

Apêndice B

Apêndice C

Apêndice D

Apêndice E

Lista de figuras

Figura 2.1	Diagrama de corrente nas fases para acionamento em meio passo	16
Figura 2.2	Diagrama de corrente nas fases defasadas em 90°	17
Figura 2.3	Diagrama completo do circuito de acionamento utilizado	18
Figura 2.4	Esquema representando o T_{alta} e o T_{total}	19
Figura 3.1	Leitura do sinal na memória do PIC	21
Figura 3.2	Fluxograma dos microcontroladores de entrada	22
Figura 3.3	Fluxograma dos microcontroladores de saída	26
Figura 4.1	Fotografias <i>a</i> e <i>b</i> ilustrando a montagem do motor carregando uma massa antes do início de uma corrida. Em <i>c</i> as massas utilizadas nos ensaios	28
Figura 4.2	(<i>a</i>), (<i>b</i>) e (<i>c</i>) ilustrando as vistas de frente, planta e perfil respectivamente da placa de acionamento	29
Figura 4.3	Diagrama de aplicação de peso para a geração do Torque resistente	31
Figura 4.4	Vista do mostrador	32
Figura 4.5	Fotografia ilustrando a montagem do motor carregando uma massa antes do início de uma corrida	33
Figura 4.6	Árvore mostrando seqüência de experimentos Realizados para 12 V, 15 V e 18 V	34
Figura 5.1	Curvas para tensão de 12 V, em meio passo e micropasso	46
Figura 5.2	Curvas para tensão de 15 V, em meio passo e micropasso	46
Figura 5.3	Curvas para tensão de 18 V, em meio passo e micropasso	46
Figura A.1	Curva típica torque X velocidade	51

Figura A.2	Curva torque X posição angular do rotor para um MP energizado para uma mesma posição	52
Figura A.3	Curva das duas fases e da resultante	53
Figura A.4	Curva de resposta para um único passo	54
Figura B.1	Diagrama dos enrolamentos bipolares de um motor de passo	55
Figura B.2	Diagrama de blocos do sistema de acionamento	56
Figura B.3	Controle de corrente PWM único passo	57
Figura E.1	Pinagem do PIC 16F628A	77
Figura E.2	Tabela (1ª parte) indicando o significado das nomenclaturas utilizadas na identificação dos pinos, descrevendo os detalhes de cada uma delas	78
Figura E.3	Tabela (2ª parte) indicando o significado das nomenclaturas utilizadas na identificação dos pinos, descrevendo os detalhes de cada uma delas	79
Figura E.4	Características específicas do PIC 16F628A	80
Figura E.5	Diagrama interno do PIC 16F628A	80

Lista de tabelas

Tabela 3.1	Tabela com os valores utilizados na programação <i>assembler</i> do PIC	23
Tabela 3.2	Continuação da tabela com os valores utilizados na programação <i>assembler</i> do PIC	24
Tabela 5.1	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 12 V em meio passo, ciclo ativo 60 %)	36
Tabela 5.2	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 15 V em meio passo em meio passo, ciclo ativo 60 %)	37
Tabela 5.3	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 18 V em meio passo em meio passo, ciclo ativo 60 %)	38
Tabela 5.4	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 12 V em micropasso em meio passo, ciclo ativo 60 %)	39
Tabela 5.5	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 15 V em micropasso em meio passo, ciclo ativo 60 %)	40
Tabela 5.6	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 18 V em micropasso em meio passo, ciclo ativo 60 %)	41
Tabela 5.7	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 12 V em micropasso, ciclo ativo 39 %)	42
Tabela 5.8	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 15 V em micropasso, ciclo ativo 39 %)	43
Tabela 5.9	Torque, corrente e tempo de corrida (para uma tensão constante de 18 V em micropasso, ciclo ativo 39 %)	44
Tabela 5.10	Tabela mostrando carga e corrente no teste de carga estática para ciclo ativo de 39 % e 60 %	45