

## Índice

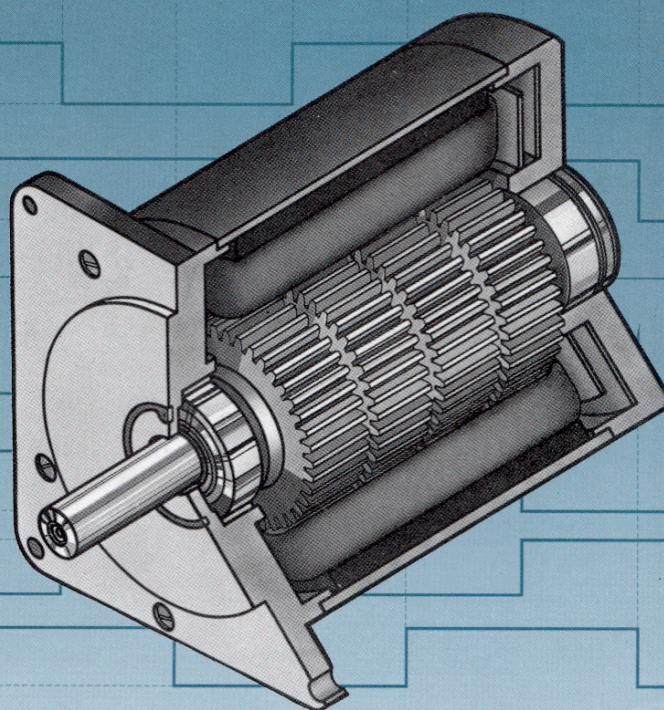
1. Introdução	1
2. Tipos de Motores Passo a Passo e seu Funcionamento	3
2.1. Motor de Íman Permanente	3
2.1.1. Motor de Íman Rotórico	3
2.1.2. Motor de Íman Estatórico	6
2.2. Motor de Relutância Variável	6
2.2.1. Motor Multi-Secção	6
2.2.2. Motor Mono-Secção	8
2.3. Motor Híbrido	10
2.4. Outros Tipos de Motores Passo a Passo	12
2.4.1. Motor Passo a Passo Linear	12
2.4.2. Motor Passo a Passo Electrohidráulico	13
3. Características dos Motores Passo a Passo	15
3.1. Modos de Alimentação dos Motores Passo a Passo	15
3.1.1. Alimentação Unipolar	16
3.1.2. Alimentação Bipolar	17
3.1.3. Alimentação de Motores com Enrolamentos Bifilares	17
3.2. Sequências Temporais de Excitação	19
3.2.1. Sequência de Excitação de Uma Fase	19
3.2.2. Sequência de Excitação de Duas Fases	19
3.2.3. Sequência de Excitação de Meio Passo	20
3.2.4. Sequência de Excitação de Mini Passo	23
3.3. Características Estáticas	27
3.3.1. Característica Binário Motor <i>versus</i> Deslocamento Angular	27
3.3.2. Acoplamento do Motor Passo a Passo à Carga Através de Sistemas Mecânicos	32
3.4. Características Dinâmicas	34
3.4.1. Característica de Binário Motor <i>versus</i> Velocidade	34
3.4.2. Instabilidades	38
3.4.3. Métodos para Evitar a Ocorrência de Instabilidades	40
4. Circuitos de Alimentação	43
4.1. Circuitos de Supressão da Corrente	44
4.2. Circuito de Alimentação Resistivo	47
4.3. Circuito de Alimentação com Dois Níveis de Tensão	48
4.4. Circuito de Alimentação “Chopper”	49
4.5. Outros Tipos de Circuitos de Alimentação	52
4.5.1. Circuito de Alimentação Resistivo com Condensador	52

4.5.2. Circuito de Alimentação com Multiplicação de Tensão	53
4.5.3. Circuito de Alimentação com Acoplamento Magnético	54
4.5.4. Circuito de Alimentação com Controlo de Corrente	55
4.5.5. Circuito de Alimentação Série	55
5. Controlo em Malha Aberta de Motores Passo a Passo	57
5.1. Funcionamento em Arranque/Paragem	58
5.2. Funcionamento em Aceleração/Desaceleração	61
5.3. Desenvolvimento de Sistemas de Controlo por <i>Hardware</i>	65
5.3.1. Técnicas Digitais	65
5.3.2. Técnicas Analógicas	69
5.4. Desenvolvimento de Sistemas de Controlo por <i>Software</i>	70
6. Controlo em Malha Fechada	71
6.1. Influência do Ângulo de Comutação na Característica Binário Motor <i>versus</i> Velocidade	71
6.2. Controlo de Posição	73
6.2.1. Realimentação com Temporização	74
6.2.2. Realimentação com Selecção do Ângulo Óptimo de Comutação	76
6.2.3. Realimentação por Análise da Forma de Onda	78
6.3. Controlo de Velocidade	83
7. Controlo de Motores Passo a Passo por Microcomputador	85
7.1. Controlo em Malha Aberta	87
7.1.1. Controlo a Frequência Fixa	87
7.1.1.1. Desenvolvimento por <i>Software</i>	87
7.1.1.2. Desenvolvimento por <i>Software</i> e <i>Hardware</i>	89
7.1.2. Controlo com Aceleração/Desaceleração	91
7.1.2.1. Desenvolvimento por <i>Software</i>	92
7.1.2.2. Desenvolvimento por <i>Software</i> e <i>Hardware</i>	98
7.2. Controlo em Malha Fechada	100
7.2.1. Confirmação do Número de Passos	101
7.2.2. Controlo do Ângulo de Comutação	103
7.2.3. Outras Filosofias de Controlo em Malha Fechada	109
7.3. Controlo Simultâneo de Vários Motores Passo a Passo	114
7.3.1. Controlo com Um Microprocessador	114
7.3.2. Controlo com Vários Microprocessadores	117



# ***MOTORES PASSO A PASSO***

***Controlo e Modos  
de Funcionamento***



J. A. Tenreiro Machado