

Sumário

Capítulo 1

Introdução a Sistemas Dinâmicos	1
1.1 O Problema da Modelagem.....	1
1.2 Variáveis Dinâmicas Contínuas	2
1.3 Classificação de Sistemas.....	3
1.4 O Uso de Ferramentas Computacionais	4
1.5 Abordagens Utilizadas neste Livro.....	4
a) Modelagem do Circuito	6
b) Solução do Sistema de Equações	6
c) Análise da Resposta	6

Capítulo 2

Revisões Fundamentais	9
2.1 Álgebra Linear	9
2.1.1 Introdução	9
Vetores em $\mathbb{R}^n$	9
Matrizes	11
2.1.2 Apresentação Geral de Matrizes.....	12
2.1.3 Autovalores e Autovetores	12
2.1.4 Cálculo de Autovalores e Autovetores para uma Matriz 2 x 2.....	13
2.1.5 Decomposição de Matrizes	15
2.1.6 Obtenção de Autovalores por meio de Pacotes Computacionais ...	17
2.1.7 Determinante de uma Matriz	17
Propriedade da Multiplicação	18

Regra de Schur	18
2.1.8 Confirmação da Decomposição por Autovalores	18
2.1.9 Matriz Singular	19
Inversa e Fatoração de Matrizes	19
Fatoração LU	19
2.1.10 Revisando Matrizes Singulares	20
2.2 Equações Diferenciais	21
2.2.1 Introdução	21
2.2.2 Definições Fundamentais	22
Solução	22
2.2.3 Equações Diferenciais de Primeira Ordem	22
2.2.4 Alguns Exemplos de Problemas de Primeira Ordem	23
Crescimento Populacional	23
Modelo Ecológico de Lotka-Volterra	24
2.2.5 Revisando Equações Diferenciais	25
2.3 Transformada de Laplace	26
Constante	27
Exponencial Crescente	27
Seno	27
Propriedades Fundamentais	29
Degrau	30
Rampa ou Integral do Degrau	31
2.4 Variáveis e Equações de Estado	32
2.5 Exercícios	33
2.6 Referências	34

Capítulo 3

Introdução à Modelagem de Sistemas Dinâmicos	35
3.1 Introdução	35
3.2 Modelagem de Sistemas Elétricos Básicos	36
Exemplo 3.1 – Circuito RL	37
Exemplo 3.2 – Circuito RC	38
Exemplo 3.3 – Circuito RLC	38
Exemplo 3.4 – Circuito de Avanço/Atraso de Fase	39
3.3 Modelagem de Sistemas Mecânicos, Hidráulicos e Térmicos Básicos	41
3.3.1 Sistemas Mecânicos Translacionais	41
Exemplo 3.5 – Sistema Massa-Atrito	42
Exemplo 3.6 – Sistema de Amortecimento	43
Exemplo 3.7 – Modelo mais Detalhado	44

3.3.2 Sistemas Mecânicos Rotacionais	47
Exemplo 3.8 – Sistema Inércia-Atrito	48
Exemplo 3.9 – Mecanismo de Posicionamento	49
Exemplo 3.10 – Pêndulo Mecânico	50
Exemplo 3.11 – Sistema de Transmissão Mecânica	52
3.3.3 Sistemas Hidráulicos	54
Exemplo 3.12 – Sistema de Nível	54
Exemplo 3.13 – Sistema de Tanques Acoplados	55
Exemplo 3.14 – Servo-Pistão Hidráulico	57
3.3.4 Sistemas Térmicos	58
Exemplo 3.15 – Sistema de Aquecimento	58
Exemplo 3.16 – Sistema de Aquecimento	60
3.4 Sistemas Químicos	60
Exemplo 3.17 – Coluna de Destilação	61
Exemplo 3.18 – Reator Químico	64
3.5 Sistemas Diversos	66
3.5.1 Controladores Eletrônicos Analógicos	66
Exemplo 3.19 – Controlador PI	67
Exemplo 3.20 – Controlador Derivativo	67
3.5.2 Sistema Servo-Motor Elétrico	68
3.5.3 Sistema de Geração Elétrica	70
3.5.4 Transdutores	73
3.6 Representações em Diagramas de Blocos e Simulações	73
Exemplo 3.21 – Diagrama de Blocos	75
Listagem 3.1 – Pseudocódigo	76
Exemplo 3.22 – Condições Iniciáveis Não-Nulas	77
Exemplo 3.23 – Equações Diferenciais e de Estado	78
Listagem 3.2 – Equações Numéricas	79
3.6.1 Exemplos de Simulações	80
3.7 Exercícios	81
3.8 Referências	85

Capítulo 4

Técnicas de Análise	87
4.1 Introdução	87
4.2 Forma Fatorada	88
4.3 Representação no Plano S	88
4.4 Desmembramento de uma Função Imprópria	89
4.5 Desmembramento em Frações Parciais	90

Calculando os Resíduos	90
Frações Parciais com o Uso do Matlab	92
4.6 Determinação da Estabilidade de um Sistema pelo Algoritmo de Routh-Hurwitz	96
Entendendo o Algoritmo	99
Estabilidade Relativa	100
Teoremas do Algoritmo	100
Intervalos de Valores Para Parâmetros de Sistemas de Controle	103
4.7 Modelagem por Variáveis de Estado e Subespaço de Variáveis	106
Dimensão do Sistema de Equações	107
Calculando as Variáveis de Estado de Interesse	109
Solução através de Matlab e Scilab	111
4.8 Variáveis Modais	112
Variáveis Modais em Matlab e Scilab	115
Redundância no Equacionamento	115
4.9 Método Direto de Lyapunov	118
Definições de Estabilidade	119
Teoremas da Estabilidade	121
Teorema da Estabilidade Assintótica	122
Função de Lyapunov para um Sistema Linear	123
Método da Primeira Integral para Sistemas Não-Lineares	126
4.10 Exercícios	127
4.11 Referências	131

Capítulo 5

Respostas Típicas de Modelos de Sistemas Dinâmicos	133
5.1 Introdução	133
5.2 Sistemas de Primeira Ordem	133
Exemplo 5.1 – Resposta ao Degrau	134
5.3 Sistemas de Segunda Ordem	138
Exemplo 5.2 – Respostas Típicas	138
5.4 Sistemas de Ordem Superior e Aproximações	140
Exemplo 5.3 – Aproximação de Primeira Ordem	141
Exemplo 5.4 – Raízes Próximas	142
Exemplo 5.5 – Aproximação de Segunda Ordem	143
Exemplo 5.6 – Ordem Superior	144
Exemplo 5.7 – Descartando Zero	145
Exemplo 5.8 – Desprezando Zero	147
5.5 Exemplos de Simulações	148

5.6 Exercícios	148
5.7 Referências	152

Capítulo 6

Introdução à Identificação de Sistemas Dinâmicos	153
6.1 Introdução	153
6.2 Conceitos Básicos	153
Exemplo 6.1 – Aproximação de Funções	156
Exemplo 6.2 – Identificação de Sistemas	158
Listagem 6.1 – Simulação de Modelo	160
Exemplo 6.3 – Obtenção de Modelo	161
Listagem 6.2 – Comandos para Identificação	162
6.3 Exercícios	163
6.4 Referências	163

Anexo 1

Algumas Propriedades da Transformada de Laplace	165
--	------------

Anexo 2

Algumas Transformadas de Laplace	167
---	------------

Índice Remissivo	169
-------------------------------	------------