

Índice

1 Introdução sobre o Tempo Real	1
1.1 Os Sistemas de Tempo Real	1
1.2 O Tempo: Diferentes Interpretações	2
1.3 Conceituação Básica e Caracterização de um Sistema de Tempo Real	3
1.4 A Previsibilidade nos Sistemas de Tempo Real	5
1.5 Classificação dos Sistemas de Tempo Real	7
1.6 O Problema Tempo Real e Abordagens para a sua Solução	8
2 O Escalonamento de Tempo Real	11
2.1 Introdução	11
2.2 Modelo de Tarefas	12
2.2.1 Restrições Temporais	12
2.2.2 Relações de Precedência e de Exclusão	15
2.3 Escalonamento de Tempo Real	15
2.3.1 Principais Conceitos	15
2.3.2 Abordagens de Escalonamento	17
2.3.3 Teste de Escalonabilidade	20
2.4 Escalonamento de Tarefas Periódicas	21
2.4.1 Escalonamento Taxa Monotônica [LiL73]	22
2.4.2 Escalonamento " <i>Earliest Deadline First</i> " (EDF) [LiL73]	24
2.4.3 Escalonamento " <i>Deadline</i> " Monotônico [LeW82]	25
2.5 Testes de Escalonabilidade em Modelos Estendidos	26
2.5.1 " <i>Deadline</i> " Igual ao Período	27
2.5.2 " <i>Deadline</i> " Menor que o Período	29
2.5.3 Deadline Arbitrário	32

2.6 Tarefas Dependentes: Compartilhamento de Recursos	35
2.6.1 Protocolo Herança de Prioridade	37
2.6.2 Protocolo de Prioridade Teto (" <i>Priority Ceiling Protocol</i> ")	41
2.7 Tarefas Dependentes: Relações de Precedência	44
2.8 Escalonamento de Tarefas Aperiódicas	48
2.8.1 Servidores de Prioridade Fixa [LSS87, SSL89]	49
2.8.2 Considerações sobre as Técnicas de Servidores	58
2.9 Conclusão	58
3 Suportes para Aplicações de Tempo Real	61
3.1 Introdução	61
3.2 Aspectos Funcionais de um Sistema Operacional Tempo Real	62
3.2.1 Tarefas e " <i>Threads</i> "	63
3.2.2 Comunicação entre Tarefas e " <i>Threads</i> "	65
3.2.3 Instalação de Tratadores de Dispositivos	66
3.2.4 Temporizadores	67
3.3 Aspectos Temporais de um Sistema Operacional Tempo Real	69
3.3.1 Limitações dos Sistemas Operacionais de Propósito Geral	70
3.3.2 Chaveamento de Contexto e Latência de Interrupção	73
3.3.3 Relação entre Métricas e Tempo de Resposta	75
3.3.4 Tempo de Execução das Chamadas de Sistema	78
3.3.5 Outras Métricas	78
3.3.6 Abordagens de Escalonamento e o Sistema Operacional	82
3.4 Tipos de Suportes para Tempo Real	83
3.4.1 Suporte na Linguagem	84
3.4.2 " <i>Microkernel</i> "	85
3.4.3 Escolha de um Suporte de Tempo Real	85
3.5 Exemplos de Suportes para Tempo Real	86
3.5.1 Posix para Tempo Real	87
3.5.2 Escalonamento no Unix SVR4	92
3.5.3 Escalonamento no Solaris 2.x	94

3.5.4 ChorusOS	95
3.5.5 Neutrino e QNX	97
3.5.6 Linux para Tempo Real	100
3.6 Conclusão	104
4 O Modelo de Programação Síncrona para os Sistemas de Tempo Real . .	105
4.1 Introdução	105
4.2 Princípios Básicos do Modelo de Programação Síncrono da Linguagem Esterel	107
4.3 O Estilo de Programação da Linguagem Esterel	108
4.3.1 Programando num estilo imperativo	108
4.3.2 Declaração de interface	110
4.3.3 Declaração de variáveis	112
4.3.4 Os diferentes tipos de preempção	112
4.3.5 Mecanismo de exceção	114
4.3.6 Testes de presença	114
4.3.7 Módulo	115
4.3.8 O conceito de tempo no modelo de programação	116
4.4 Um exemplo ilustrativo do estilo de programação	116
4.5 A assíncronia na linguagem Esterel: a execução de tarefas externas ...	118
4.6 O Ambiente de Ferramentas Esterel	121
4.7 Implementações de programas em Esterel	126
4.8 Discussão sobre o modelo e a linguagem	127
4.9 Conclusão	129
5 Aplicação das Abordagens Assíncrona e Síncrona	131
5.1 Aplicação com Abordagem Assíncrona	131
5.1.1 Descrição do Problema	131
5.1.2 Definição das Tarefas	134
5.1.3 Modelo de Tarefas	136
5.1.4 Teste de Escalonabilidade	138
5.1.5 Programação Usando RT-Linux	141

5.2 Aplicação com Abordagem Síncrona	143
5.3 Abordagem Assíncrona versus Abordagem Síncrona: Elementos para uma Comparação	151
5.4 Conclusão	153
6 Tendências Atuais em Sistemas de Tempo Real	155
6.1 Abordagem Síncrona	155
6.2 Abordagem Assíncrona	156
ANEXO A - Extensões em Esquemas de Prioridade Dinâmica	165
A.1 Testes para Escalonamentos com Prioridades Dinâmicas	165
A.1.1 Deadline igual ao período	165
A.1.2 Deadlines Arbitrários	167
A.2 Compartilhamento de Recursos em Políticas de Prioridade Dinâmica .	169
A.2.1 Política de Pilha (<i>Stack Resource Policy</i>)	169
A.3 Escalonamento de tarefas aperiódicas com políticas de prioridade dinâmica	174
A.3.1 Servidores de Prioridade Dinâmica [SpB96]	174
ANEXO B – Sistemas Operacionais de Tempo Real na Internet	177
ANEXO C - Sintaxe e Semântica da Linguagem Esterel	183
C.1 Módulos e submódulos	183
C.2 Declaração de interface	183
C.2.1 Dados	183
C.2.2 Sinais e Sensores	184
C.2.3 Variáveis	185
C.2.4 Expressões	186
C.3 Construções do corpo	186
C.4 Instanciação de módulo	191
C.5 A execução de tarefa externa	191
Bibliografia	193