

## **QUEM SOMOS NÓS?**

A Érica é uma editora especializada em publicações técnicas voltadas para leitores ávidos de informações atualizadas, completas, de fácil compreensão, e material dirigido a estudantes, autodidatas e profissionais de mercado.

Nossas publicações são produzidas por conhecidos e atuantes profissionais de mercado, a nível nacional e internacional, cobrindo diversos segmentos, tais como: Eletrônica, Computação, Linguagens, Negócios, Finanças, Marketing, Inglês, Multimídia, Turismo e outros, constituindo um caminho seguro e certo para os que desejam ampliar e solidificar sua base de conhecimentos, assim como para os iniciantes, aos quais dedicamos grande parte de nossas obras.

## **POR QUE CADASTRAR-SE JUNTO A ÉRICA?**

Estamos em contínuo aprimoramento, sempre com o objetivo de melhor servir nossos leitores, cuja opinião é muito importante para que possamos melhorar ainda mais nossos serviços, fornecendo sempre produtos modernos e de qualidade.

Ao preencher e remeter a ficha de cadastro no final deste livro, nossos leitores passarão a receber, de forma sistemática, não somente informações sobre nossos novos lançamentos, como também sobre assuntos variados de interesse geral, escritos por alguns de nossos 500 autores.

PARTICIPE, não é necessário selar o cartão de resposta, basta preenchê-lo e depositá-lo em uma das inúmeras caixas de correio em todas as cidades brasileiras.

---

# MODEM

Você precisa dele para Navegar  
nas Redes de Computadores



EDITORA AFILIADA

**COPYRIGHT © 1995 DA EDITORA ÉRICA LTDA**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Montoro, Fábio de Azevedo, 1950-  
Modem: você precisa dele para navegar nas redes de  
computadores / Fábio de Azevedo Montoro. --  
4. ed. atual., ampl. e rev. -- São Paulo: Érica, 1995.

Bibliografia.

ISBN 85-7194-290-0

1. Modems 2. Sistema de Transmissão de dados

I. Título

95-3780

CDD-004.64

**Índices para Catálogo Sistemático:**

1. Modems: Sistemas de comunicação de dados 004.64

***Conselho Editorial***

*Diretor Editorial:* Antonio Marco Vicari Cipelli

*Diretor Comercial:* Paulo Roberto Alves

*Diretor de Publicidade:* Waldir João Sandrini

*Gerente de Produção:* Rosana Arruda da Silva

*Editoração:* Patricia Romano Pereira

*Capa:* Edson Antonio dos Santos

*Aberturas e Desenhos:* Maurício Scervianinas de França e Marcelo Mota de Souza

*Revisão Gramatical:* Marlene Teresa Santin Alves

*Fábio de Azevedo Montoro*

# MODEM

Você precisa dele para Navegar  
nas Redes de Computadores

**Ano:** 2000 1999 98 97 96 95

**Edição:** 10 9 8 7 6 5 4

*(Edição Atualizada, Ampliada e Revisada)*

***Editora Érica Ltda***

**Todos os Direitos Reservados.** Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, repográficos, fonográficos, videográficos. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer sistema de processamento de dados e a inclusão de qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernéticos. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art.184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17.12.80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenizações diversas (artigos 122, 123, 124, 126, da Lei nº 5.988, de 14.12.73, Lei dos Direitos Autorais).



**Editora Érica Ltda**

Rua Jarinú, 594 - Tatuapé

São Paulo - SP

03306-000 - Cx. Postal 15.617

Telefone: (011) 295-3066

## **ADVERTÊNCIA**

As informações e o material contidos neste livro são fornecidos sem nenhuma garantia, quer explícita, quer implícita, de que o uso de tais informações conduzirá sempre ao resultado desejado. Tanto o Editor como o Autor não podem ser responsabilizados por qualquer tipo de reivindicação atribuída a erros, omissões ou qualquer outra imprecisão na informação ou material fornecidos neste livro, e em nenhuma hipótese podem ser incriminados direta ou indiretamente por qualquer dano, perda, lucros cessantes etc. devido ao uso destas informações.

2

integrando

Integrando em  $\theta$  obtemos a seguinte expressão para  $\theta$  em função de  $\phi$ . A  
equação pode ser escrita de forma mais compacta se considerarmos a função  
 $\theta(\phi)$  em vez de  $\theta$  e  $\phi$  separadamente. Assim, a equação pode ser escrita  
da seguinte forma:

Integrando a equação em  $\phi$  obtemos a seguinte expressão para  $\theta$  em função de  $\phi$ .

integrando

**Para Fabiana, Bruno e Rafael**

## **Agradecimentos**

A todos os amigos que me motivaram neste trabalho, em especial ao Charles, Paulinho e Robson pelos primeiros desenhos feitos na prancheta, à minha mãe pelas sugestões carinhosas no texto, aos meus filhos que tanto já me deram.

... fico com a pureza da resposta das crianças: “é a vida, é bonita e é bonita”.

Gonzaguinha



**Zetha Comunicação de Dados Ltda** *tem como missão fornecer produtos e soluções profissionais para comunicação digital de dados e voz em redes locais e de longa distância.*

São Paulo  
Tcl. 011-246-5354

Brasília  
Tcl. 061-234-7606

# PREFÁCIO

# P

A formação de redes de computadores é um processo crescente acelerado, passando a incorporar, cada vez mais, nosso dia-a-dia. Ligar computadores entre si extrapola a antiga idéia do teleprocessamento, onde um único computador estendia seus tentáculos à distância, e mantinha o controle de toda a situação. A rede mundial Internet já chegou aos lugares mais remotos do planeta e agora todos querem se conectar e usufruir dos recursos que ela oferece. Networking, um termo criado pela IBM quando lançou sua nova linha de computadores voltados para a formação de redes, emancipou-se, e agora é utilizado para designar qualquer rede que envolva computadores. Rede de redes. É o que surge quando se liga várias redes, permitindo que todos os elementos de uma rede compartilhem também os recursos das demais, ou seja, permite aos usuários operarem em internetworking. Interoperabilidade e conectividade, termos que surgiram com o trabalho das empresas de engenharia, indústrias de equipamentos de comunicação, integradoras, entidades normatizadoras e grandes usuários de redes de computadores, na busca de soluções para interligar diversos ambientes de processamento de dados, envolvendo protocolos diferentes, passaram a fazer parte do nosso cotidiano.

Os meios físicos que permitem interligar computadores através de longas distâncias são: o espaço por onde trafegam as ondas de rádio inclusive as transmissões satélite, a fibra ótica, o cabo coaxial e o par de cobre trançado. Sobre esses meios, equipamentos de transmissão, específicos para cada um deles, levam as informações de um ponto a outro. O modem é o equipamento de transmissão utilizado nas transmissões via radiodigital, satélite e linha telefônica (par trançado). O modem, portanto, é o equipamento que permite a qualquer um, de qualquer ponto onde exista uma linha telefônica, se conectar a uma rede de computadores como a Internet, por exemplo.

O modem é o telefone do computador. Responsável por cálculos e manipulações de dados sob a forma de bits, ou dígitos binários, o computador também se comunica com outros computadores pela linha telefônica, utilizando o modem, assim como nós utilizamos o telefone. Telefone e modem, equipamentos eletrônicos de transmissão pela linha telefônica, possuem objetivos semelhantes: um transmite "voz" e o outro transmite "bits" ou "dados".

Os dados, para trafegarem e serem armazenados nos computadores, são codificados sob forma de caracteres (letra, algarismo, sinal, etc), e cada caractere é representado por cerca de 10 bits. O texto deste livro, por exemplo, possui aproximadamente 600 mil caracteres ou 6 milhões de bits de informação (sem contar as figuras). Se tentarmos transmitir essa informação na velocidade de 1 caractere por segundo (10 bits por segundo ou 10 bps), precisaremos aproximadamente de 7 dias seguidos. Se quisermos transmitir em menos de uma hora, devemos aumentar a velocidade de transmissão para mais de 1700 bps. Se utilizarmos 28800 bps, vamos transmitir todo o texto do livro em menos de 4 minutos!

Este livro é dedicado ao estudo da transmissão de dados em longas distâncias e do modem, equipamento de transmissão de dados mais vendido e utilizado em todo o mundo, cujos modelos em destaque atualmente operam na linha telefônica com velocidades que chegam a 28800 bps.

O leitor que deseja pesquisar mais sobre o assunto vai encontrar material apropriado, mas aqueles que quiserem fazer uma leitura menos teórica, poderão também fazê-lo, saltando os tópicos avançados, sem perda de continuidade. Para o professor, o livro reúne tanto o material básico para cursos introdutórios, quanto alguns tópicos selecionados, como a modulação QAM, filtragem e equalizadores digitais adaptativos utilizando processamento digital de sinais, para cursos de graduação, extensão ou pós-graduação em engenharia elétrica ou de telecomunicações, onde se deseja explorar as técnicas de transmissão digital.

Brasília, 5 de junho de 1995

Fábio Montoro

# SUMÁRIO

# S

Capítulo	Página
1	INTRODUÇÃO ..... 01
2	SISTEMA DE COMUNICAÇÃO ..... 06
2.1	Sinal elétrico ..... 08
2.1.1	Representação no tempo ..... 08
2.1.2	Potência do sinal ..... 10
2.1.3	Representação em frequência ..... 12
2.1.4	Filtros ..... 13
2.2	Sinal de voz ..... 14

<b>3</b>	<b>SISTEMA TELEFÔNICO .....</b>	<b>19</b>
3.1	Canal de voz .....	19
3.2	Linha telefônica.....	19
3.2.1	Linha comutada .....	20
3.2.2	Linha privativa .....	22
3.3	Degenerações do sinal.....	22
3.3.1	Distorção de amplitude .....	23
3.3.1.1	Par físico.....	23
3.3.1.2	Linha condicionada .....	26
3.3.1.3	Linha telefônica genérica.....	27
3.3.2	Distorção de retardo .....	28
3.3.3	Ruído branco .....	37
3.3.4	Ruído impulsivo.....	38
3.3.5	Oscilação da amplitude .....	38
3.3.6	Oscilação da fase .....	38
3.3.7	Translação de frequência.....	39
3.3.8	Eco.....	40
3.3.9	Distorção harmônica .....	42
3.4	PABX e interfaces de linha comutada.....	43
3.4.1	Interface a dois fios com comportamentos OPX e SLT .....	43
3.4.2	Interligação de dois PABX.....	44
3.4.3	Interface E&M.....	45
3.4.4	PABX digital .....	47
<b>4</b>	<b>TRANSMISSÃO DE DADOS DIGITAIS .....</b>	<b>48</b>
4.1	Meio de transmissão: linha telefônica .....	52
4.2	Modulação.....	54
4.3	Técnicas de modulação .....	62
4.3.1	AM-SC.....	63
4.3.2	AM-SSB.....	65

4.3.3	PM .....	69
4.3.4	QAM .....	70
4.4	Transmissão via satélite.....	72
4.4.1	Modem satélite .....	78
4.5	Interferência intersimbólica .....	78
4.5.1	Equalizador transversal para eliminar IIS.....	81
4.5.2	Filtragem na modulação QAM .....	82
4.5.3	Filtro retangular ideal .....	83
4.5.4	Filtro cosseno levantado.....	84
4.5.5	Implementação do filtro digital para transmissão QAM .....	86
4.6	Sincronismo das portadoras no QAM.....	87
4.7	Equalizador adaptativo complexo.....	89
4.8	Erro de fase .....	95
4.9	Ajuste do rotor: PLL de fase.....	96
4.10	Recuperação do sincronismo de símbolo .....	99
4.11	Erro de amplitude .....	100
4.12	Fluxograma do processamento de sinal.....	101
<b>5</b>	<b>MODEM .....</b>	<b>104</b>
5.1	Modem analógico .....	105
5.1.1	Modems assíncronos V.21 e V.23 .....	106
5.1.2	Modems síncronos V.26, V.27 e V.29.....	114
5.1.3	Modems síncronos/assíncronos V.22 e V.22bis .....	130
5.1.4	Modem síncrono/assíncrono V.32 .....	138
5.1.5	Modem síncrono V.33 .....	148
5.1.6	Modem síncrono/assíncrono V.32bis.....	150
5.1.7	Modem síncrono 19.200 bps .....	157
5.1.8	Modem V.32terbo .....	162
5.1.9	Modem síncrono/assíncrono V.34 .....	164
5.1.10	Desempenho do modem analógico .....	174

5.1.10.1	Desempenho com ruído.....	181
5.1.10.2	Desempenho com distorções de amplitude e fase assimétricas....	182
5.1.10.3	Desempenho com distorções de amplitude assimétrica e fase quase simétrica.....	184
5.1.10.4	Desempenho com distorções de amplitude assimétrica e fase simétrica .....	184
5.1.10.5	Desempenho com distorções de amplitude e fase simétricas...	186
5.1.10.6	Teste integrado de modems.....	187
5.2	Modem digital.....	190
5.2.1	Desempenho do modem digital .....	195
5.2.2	Modem HDSL .....	198
5.3	Modem celular.....	201
5.3.1	Sistema de telefonia celular .....	202
5.3.2	O desafio da transmissão de dados via celular.....	204
5.4	Placa Modem.....	205
5.4.1	UART.....	208
5.4.2	Instalação da placa modem.....	209
5.5	Fax-modem.....	212
5.5.1	Recomendações CCITT para máquina fax.....	212
5.5.2	Máquina fax grupo 3 .....	212
5.5.3	O modem da máquina fax grupo 3.....	213
5.5.4	O Fax-modem.....	214
5.5.5	Classes de fax-modem.....	215
5.5.6	Recomendação CCITT V.17.....	216
5.6	Arquitetura interna do modem.....	217
<b>6</b>	<b>INTERFACE DIGITAL SERIAL.....</b>	<b>219</b>
6.1	Interface EIA-232 .....	221
6.1.1	Características elétricas.....	221
6.1.2	Definição dos sinais.....	223
6.1.2.1	Circuitos de dados .....	224

6.1.2.2	Circuitos de sincronismo .....	224
6.1.2.3	Circuitos de controle .....	225
6.1.2.4	Circuitos de teste .....	227
6.1.3	Características mecânicas .....	229
6.1.4	Protocolo de interface .....	229
6.1.4.1	RTS-CTS .....	232
6.2	Interface V.35 .....	233
6.3	Interface V.36 .....	235
6.4	Interface V.10 .....	236
6.5	Interface V.11 .....	237
6.6	Interface V.24 .....	237
6.7	Interface V.28 .....	238
6.8	Interface X.21 .....	238
6.9	Interface EIA-422A .....	239
6.10	Interface EIA-423A .....	240
6.11	Interface EIA-449 .....	240
6.12	Interface EIA-530A .....	242
6.13	Interface EIA-562 .....	243
6.14	Interface HSSI .....	244
6.15	Interface G.703 .....	245
6.16	Resposta automática .....	245
6.16.1	Modem resposta .....	246
6.16.2	Modem origem .....	248
6.16.3	Recomendação CCITT V.25 .....	248
6.17	Discagem automática .....	249
6.17.1	Discagem por comando direto no DTR .....	249
6.17.2	Discagem por número armazenado .....	250



<b>7</b>	<b>FACILIDADES DE TESTE DO MODEM.....</b>	<b>252</b>
7.1	Enlaces .....	252
7.1.1	Enlace analógico .....	252
7.1.2	Enlace digital .....	253
7.2	Gerador de seqüência.....	255
7.3	Medidor de taxa de erro.....	255
7.4	Gerador de constelação.....	257
<b>8</b>	<b>A ESCOLHA DO MODEM.....</b>	<b>259</b>
8.1	Modems comerciais .....	261
8.2	MTBF.....	265
8.2.1	Um método simples para calcular MTBF.....	268
8.2.2	Disponibilidade .....	270
8.3	Custo/benefício .....	270
<b>9</b>	<b>SISTEMAS DE TRANSMISSÃO.....</b>	<b>272</b>
9.1	Topologia .....	273
9.1.1	UDA.....	274
9.1.2	UDD.....	275
9.1.3	Multiplexador por divisão do tempo (MUXTDM).....	276
9.1.3.1	Transdata.....	277
9.1.4	Multiplexador estatístico (STAT MUX).....	280
9.1.5	Multiplexador por divisão de frequência (FDM).....	281
9.1.6	Modem com MUX.....	284
9.2	Códigos .....	284
9.2.1	Detecção de erros .....	291
9.3	Protocolo.....	293
9.4	Circuito ponto-a-ponto .....	295
9.4.1	Exemplo de um circuito ponto-a-ponto .....	300
9.4.2	Modem duplex ou semiduplex? .....	300

9.4.3	Linha comutada ou transdata? .....	301
9.5	Correção de erros .....	303
9.5.1	CCITT V.42 .....	304
9.6	Compressão de dados .....	308
9.6.1	CCITT V.42bis .....	309
9.6.2	Compressão de dados síncronos .....	316
9.7	Circuito Multiponto .....	317
9.7.1	Poll-select .....	317
9.7.2	Teoria das filas .....	318
9.7.2.1	Fila unisservidor .....	319
9.7.2.2	Fila multisservidor .....	324
9.7.3	Multiponto unisservidor .....	326
9.7.4	Exemplo de um circuito multiponto .....	330
9.7.5	Multisservidor com perda de chamada .....	332
9.8	Estudo de casos .....	334
9.8.1	Ponto-a-ponto A.2 fios com modems repetidores .....	334
9.8.2	Circuito Florêncio .....	337
9.8.3	Automação bancária .....	337
<b>10</b>	<b>INTEGRAÇÃO VOZ-DADOS.....</b>	<b>340</b>
10.1	Digitalização do sinal de voz: PCM .....	340
10.2	Digitalização do sinal de voz em baixa velocidade .....	346
10.3	Multiplexador voz-dados .....	350
10.4	Transmissão de voz e dados via satélite .....	351
10.5	Transmissão de voz e dados pela linha telefônica .....	352

# APÊNDICE

# A

A.1	PSK Binário: modulação por deslocamento da fase.....	354
A.2	PSK Binário: demodulação .....	361
A.3	QAM: modulação e demodulação .....	363
A.4	Randomizador e desrandomizador .....	366
A.5	Protocolo Hayes .....	369
A.6	Padronização mecânica para modems .....	373
A.7	Protocolo de apresentação V.22bis.....	375
A.8	Práticas Telebrás.....	378
G.	Glossário.....	381
RB	Referências Bibliográficas .....	394

# ÍNDICE DE FIGURAS

# I

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
Fig.1.1: Acesso Local .....	01
Fig.1.2: Acesso Remoto .....	02
Fig.2.1: Sistema de Comunicação.....	06
Fig.2.2: 1º Exemplo de Sistema .....	07
Fig.2.3: 2º Exemplo de Sistema .....	08
Fig.2.4: Sinal Elétrico - Domínio do Tempo .....	09
Fig.2.5: Sinal Senoidal .....	09
Fig.2.6: Atenuação e Amplificação.....	11
Fig.2.7: Atenuação e Amplificação (dB).....	12
Fig.2.8: Sinal Elétrico Qualquer .....	13
Fig.2.9: Filtros .....	14
Fig.2.10: Densidade Espectral do Sinal de Voz .....	15
Fig.2.11: Faixa de Áudio.....	18
Fig.3.1: O Telefone e a Central .....	20
Fig.3.2: Discagem do Número 53.....	21

Fig.3.3:	Par Físico - Modelo 1 .....	24
Fig.3.4:	Par Físico - Modelo 2 .....	24
Fig.3.5:	Resposta em Frequência: fios 0,4 e 0,65 mm .....	25
Fig.3.6:	Linha Pupinizada .....	26
Fig.3.7:	Efeito do Condicionamento .....	26
Fig.3.8:	Gabarito LPCD Tipo N .....	29
Fig.3.9:	Gabarito LPCD Tipo C .....	30
Fig.3.10:	LPCD Tipo B .....	31
Fig.3.11:	Gabarito 3002 - USA .....	32
Fig.3.12:	Gabarito C1 - USA .....	33
Fig.3.13:	Gabarito C2 - USA .....	34
Fig.3.14:	Gabarito C4 - USA .....	35
Fig.3.15:	Gabarito M89 - PTT, França .....	36
Fig.3.16:	Ruído Branco .....	37
Fig.3.17:	Ruído Impulsivo .....	38
Fig.3.18:	Multiplexação por Divisão de Frequência .....	39
Fig.3.19:	Híbrida .....	41
Fig.3.20:	Eco .....	41
Fig.3.21:	PABX .....	43
Fig.3.22:	Interligação de dois PABX .....	44
Fig.3.23:	Esquemas E&M .....	46
Fig.3.24:	PABX Digital .....	47
Fig.4.1:	Caractere Assíncrono .....	49
Fig.4.2:	Caractere Síncrono .....	50
Fig.4.3:	Transmissão Serial .....	50
Fig.4.4:	Ligação de duas Máquinas Digitais .....	51
Fig.4.5:	Utilização do Modem .....	52
Fig.4.6:	Seqüência de Dados .....	53
Fig.4.7:	Modulações FSK e DPSK .....	55
Fig.4.8:	Taxas de Transmissão e Modulação .....	56

Fig.4.9:	Espectros FSK e QAM.....	57
Fig.4.10:	Fator de Filtragem.....	58
Fig.4.11:	Representação de um Símbolo.....	60
Fig.4.12:	DPSK - 2 Símbolos.....	60
Fig.4.13:	DPSK - 4 e 8 Símbolos .....	60
Fig.4.14:	QAM - 16 Símbolos.....	61
Fig.4.15:	Modulação QAM.....	61
Fig.4.16:	Modulação AM-SC.....	63
Fig.4.17:	Espectros AM-SC.....	64
Fig.4.18:	Modulação AM.....	65
Fig.4.19:	Modulação AM-SSB (filtragem) .....	66
Fig.4.20:	Modulação AM-SSB (Hilbert) .....	67
Fig.4.21:	Retardador e Transformador de Hilbert.....	68
Fig.4.22:	Modulação PM .....	69
Fig.4.23:	Técnicas de Modulação.....	71
Fig.5.1:	Modulador FSK.....	107
Fig.5.2:	Espectro V21.....	107
Fig.5.3:	Modem Assíncrono (V21 e V23) .....	108
Fig.5.4:	Espectro V23:.....	109
Fig.5.5:	Alocação de Filtros .....	110
Fig.5.6:	Filtros V21.....	110
Fig.5.7:	Filtro de Transmissão V23 .....	111
Fig.5.8:	Filtro de Recepção V23.....	112
Fig.5.9:	Histórese do DCD.....	113
Fig.5.10:	Circuito de DCD.....	113
Fig.5.11:	Demodulador FSK.....	114
Fig.5.12:	Modulador QAM.....	115
Fig.5.13:	Modem Síncrono (V26, V27 e V29) .....	116
Fig.5.14:	Constelações e Espectro V26.....	117
Fig.5.15:	Constelações e Espectro V27.....	119

Fig.5.16:	Modem V27 - Modulador QAM .....	120
Fig.5.17:	Constelações e Espectro V29 .....	122
Fig.5.18:	Modem V29 - Modulador QAM .....	123
Fig.5.19:	Filtro Digital - Transmissão V27 .....	124
Fig.5.20:	Filtro 2ª Etapa - Transmissão V27.....	125
Fig.5.21:	AGC .....	125
Fig.5.22:	Curvas - Equalizadores Fixos .....	127
Fig.5.23:	Equalizador Digital Adaptativo .....	127
Fig.5.24:	Demodulador QAM .....	128
Fig.5.25:	PLL .....	129
Fig.5.26:	Modem Síncrono/Assíncrono V22 e V22bis.....	131
Fig.5.27:	Constelações e Espectro V22 .....	133
Fig.5.28:	Constelações e Espectro V22bis.....	135
Fig.5.29:	Modem V22bis - Modulador QAM .....	136
Fig.5.30:	Filtros V22/V22 bis.....	138
Fig.5.31:	Modem Síncrono/Assíncrono V32.....	140
Fig.5.32:	Modulador QAM .....	141
Fig.5.33:	Modulador TCM.....	141
Fig.5.34:	Comparação TCM X QAM.....	142
Fig.5.35:	Modem V32 9600 bps Modulador TCM .....	143
Fig.5.36:	Modem V32 9600 bps Modulador QAM.....	144
Fig.5.37:	Constelação V32 - Modulação TCM, 9.600 bps .....	145
Fig.5.38:	Princípio do Cancelador de Eco .....	147
Fig.5.39:	Constelação V33 - 14.400 bps.....	149
Fig.5.40:	Constelação V33 - 12.000 bps.....	149
Fig.5.41:	V32 bis - Constelação 14.400 bps .....	152
Fig.5.42:	V32 bis - Constelação 12.000 bps .....	153
Fig.5.43:	V32 bis - Constelação 9.600 bps .....	153
Fig.5.44:	V32 bis - Constelação 7.200 bps .....	154
Fig.5.45:	Evolução das Técnicas de Modulação .....	158

Fig.5.46:	Constelação do Modem 19.200 .....	160
Fig.5.47:	Espectro do Modem 19.200 .....	160
Fig.5.48:	TCM em 8 Dimensões.....	161
Fig.5.49:	Modulador TCM 8D .....	161
Fig.5.50:	Pré-Ênfase Adaptativa.....	167
Fig.5.51:	V34 - Formação de Quadros .....	169
Fig.5.52:	Codificador V.34 .....	172
Fig.5.53:	Simulador de Canal - Distorção Tipo F .....	175
Fig.5.54:	Simulador de Canal - Distorção Tipo C.....	176
Fig.5.55:	Simulador de Canal - Distorção Tipo A.....	176
Fig.5.56:	Linha Artificial Tipo 3002 .....	178
Fig.5.57:	Linha Artificial Tipo C1 .....	179
Fig.5.58:	Gráfico de Desempenho .....	180
Fig.5.59:	Montagem para Teste.....	181
Fig.5.60:	Desempenho dos Modems.....	182
Fig.5.61:	Montagem para Teste.....	183
Fig.5.62:	Distorção de Amplitude: 8Km de Linha.....	183
Fig.5.63:	Montagem para Teste.....	184
Fig.5.64:	Montagem para Teste.....	184
Fig.5.65:	Distorção de Fase - SC = [4,4,0] .....	185
Fig.5.66:	Distorção de Fase - SC = [6,6,0] .....	185
Fig.5.67:	Montagem para Teste.....	186
Fig.5.68:	Distorção de Amplitude - SC=[4,4,4] e 8km de Linha ....	186
Fig.5.69:	Montagem de Teste.....	189
Fig.5.70:	Diagrama em Blocos do Teste Integrado .....	189
Fig.5.71:	Codificações em Banda-Base .....	191
Fig.5.72:	Codificadores Banda-Base .....	192
Fig.5.73:	Espectros dos Códigos Banda-Base .....	193
Fig.5.74:	Alcance de Modem Banda-Base.....	197
Fig.5.75:	Modem HDSL .....	198



Fig.5.76:	Alcances Típicos - Modem HDSL.....	200
Fig.5.77:	Modem HDSL com Multiplexação.....	200
Fig.5.78:	Células.....	202
Fig.5.79:	Hand-Off.....	203
Fig.5.80:	Circuito de Interrupção.....	206
Fig.5.81:	Diagrama em Blocos do FAX.....	213
Fig.5.82:	Arquitetura Interna do Modem.....	218
Fig.6.1:	Cabos para Ligar Interfaces.....	219
Fig.6.2:	ETD e ECD.....	220
Fig.6.3:	Circuito de Interface EIA-232.....	222
Fig.6.4:	Conector EIA232-C.....	229
Fig.6.5:	Protocolo da Interface EIA-232.....	231
Fig.6.6:	Seqüências de Treinamento.....	233
Fig.6.7:	Cabo de Interface V.10.....	237
Fig.6.8:	Cabo de Interface V.II.....	237
Fig.6.9:	Cabo de Interface EIA-422A.....	239
Fig.6.10:	Circuitos da Interface EIA-422A.....	239
Fig.6.11:	Cabo de Interface EIA-423.....	240
Fig.6.12:	Circuito de Interface EIA-562.....	244
Fig.6.13:	Temporizações da Resposta Automática.....	247
Fig.6.14:	DTR Comanda o Relé de Discagem.....	249
Fig.6.15:	Discagem do Número 134.....	250
Fig.7.1:	Enlaces Mudam o Curso dos Dados.....	254
Fig.7.2:	Gerador de Seqüência.....	255
Fig.7.3:	Medição da Taxa de Erro.....	256
Fig.7.4:	Visualização da Constelação.....	257
Fig.7.5:	Degenerações mais Comuns.....	258
Fig.8.1:	Propabilidade de Falha e MTBF.....	266
Fig.9.1:	Sistema de Teleprocessamento.....	272
Fig.9.2:	Tipos de Circuito.....	273

Fig.9.3:	Exemplos de Topologia.....	274
Fig.9.4:	Multiponto com UDA.....	275
Fig.9.5:	Multiponto com UDD.....	276
Fig.9.6:	Ponto-a-Ponto com TDM.....	276
Fig.9.7:	Transdata - Centro Brasília.....	279
Fig.9.8:	Utilização da Faixa de Grupo com FDM e TDM.....	282
Fig.9.9:	Transmissão via Satélite - um exemplo.....	283
Fig.9.10:	Código Morse.....	286
Fig.9.11:	Código Baudot.....	287
Fig.9.12:	Código ASCII.....	288
Fig.9.13:	Código EBCDIC.....	289
Fig.9.14:	Código BRASCI.....	290
Fig.9.15:	Detecção de um Erro.....	291
Fig.9.16:	Geração do Bit de Paridade.....	292
Fig.9.17:	Formato do Protocolo BSC.....	294
Fig.9.18:	BSC em Ponto-a-Ponto.....	295
Fig.9.19:	Temporizações Ponto-a-Ponto.....	297
Fig.9.20:	Eficiência x Comprimento do Bloco.....	299
Fig.9.21:	Queda da Eficiência com a Taxa de Erro.....	299
Fig.9.22:	Custo Transdata x Linha Comutada.....	302
Fig.9.23:	Circuito Multiponto.....	317
Fig.9.24:	Poll-Select a 4 Fios.....	318
Fig.9.25:	Fila de Atendimento.....	318
Fig.9.26:	Fila Unisservidor.....	319
Fig.9.27:	Tempo de Espera em Fila Unisservidor.....	321
Fig.9.28:	Fila Multisservidor.....	324
Fig.9.29:	Tempo de Espera em Fila Multisservidor.....	325
Fig.9.30:	Multiponto Unisservidor.....	326
Fig.9.31:	Tempo de Resposta x nº de Terminais (BSC).....	328
Fig.9.32:	Nº de terminais x Mm para $t_r=3s$ (BSC).....	329

Fig.9.33:	Nº de terminais x Mm para $t_r=10s$ (BSC).....	329
Fig.9.34:	Tempo de Resposta x RTS-CTS (BSC).....	330
Fig.9.35:	Probabilidade de Perda de Chamada.....	333
Fig.9.36:	Consulta por Linha Comutada.....	333
Fig.9.37:	Ponto-a-Ponto a 2 Fios com Modems Repetidores .....	336
Fig.9.38:	Circuito Florêncio .....	337
Fig.9.39:	Automação Bancária: Sistema “On-Line” .....	339
Fig.10.1:	Digitalização do Sinal de Voz.....	341
Fig.10.2:	Quantizações.....	343
Fig.10.3:	Sinal-Ruído das Quantizações .....	345
Fig.10.4:	Quantizador .....	345
Fig.10.5:	DPCM .....	345
Fig.10.6:	ADPCM.....	346
Fig.10.7:	Evolução das Comunicações de Dados e Voz.....	347
Fig.10.8:	O Paradigma Voz-Dados.....	347
Fig.10.9:	Qualidade dos Algoritmos de Digitalização de Voz .....	350
Fig.10.10:	Rede Voz-Dados em Frame-Relay.....	351
Fig.10.11:	Integração Voz-Dados SDM-T em Link Satélite SCPC..	352
Fig.10.12:	Voz-Dados em Modem-Mux.....	352
Fig.10.13:	Voz-Dados com Mux Estatístico.....	352
Fig.A.1:	Modulação PSK 2 Fases - 1º Modelo.....	355
Fig.A.2:	Modulador PSK 2 Fases - 2º Modelo .....	356
Fig.A.3:	Modulação PSK Binária .....	357
Fig.A.4:	Sinal $v(t)$ .....	358
Fig.A.5:	Modulador PSK 2 Fases - 3º Modelo .....	360
Fig.A.6:	Espectros: (a) $S(w)$ : Portadora $f_c$ Modulada em Fase na Taxa $f_d$ (b): $S_r(w)$ : Sinal $S(w)$ Retificado .....	362
Fig.A.7:	Demodulador PSK - 2 Fases .....	362
Fig.A.8:	Formas de Onda - Demodulador PSK 2 Fases .....	363
Fig.A.9:	Modulação QAM.....	364

Fig.A.10:	Domodulação QAM.....	365
Fig.A.11:	Filtragem na Demodulação.....	365
Fig.A.12:	Randomização e Desrandomização.....	366
Fig.A.13:	Princípio da Randomização .....	367
Fig.A.14:	Polinômio do Randomizador .....	368
Fig.A.15:	Diagrama de Estados do Modem Esperto.....	370
Fig.A.16:	Comando Hayes.....	372
Fig.A.17:	Cartão do Modem Padrão .....	374
Fig.A.18:	Temporização da Apresentação.....	376
Fig.A.19.a:	Fluxograma do Protocolo de Apresentação V22 bis .....	377
Fig.A.19.b:	Conclusão a 1.200 bps .....	378