

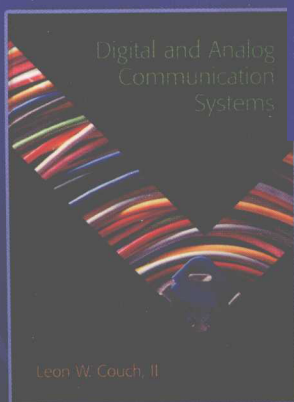
国外电子与通信教材系列

英文版

PEARSON

数字与模拟通信系统 (第七版)

Digital and Analog Communication Systems
Seventh Edition



[美] Leon W. Couch, II 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

数字与模拟通信系统

(第七版)

(英文版)

Digital and Analog Communication Systems

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统介绍了现代通信系统的基本理论和最新发展技术。全书共分8章,内容包括:绪论;信号与频谱;基带脉冲与数字信号;带通信号传输原理与电路;AM、FM及数字调制系统;随机过程与频谱分析;噪声背景下通信系统的性能;有线及无线通信系统。每章都有一定的助学例题及大量的习题,部分例题及习题附有MATLAB仿真软件。新增内容主要有数字AM和FM广播、DSL调制解调器、卫星数字无线电广播、第二代与第三代蜂窝电话系统、电缆数据调制解调器、Wi-Fi和Wi-Max无线网络、学生资源手册、Mathcad文件以及MATLAB M文件等。

本书可供工科二、三年级本科生作为教材使用,也适合作为研究生的入门课程教材,或作为电气工程师的最新技术参考书。

Original edition, entitled DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS, SEVENTH EDITION, 9780132037945 by Leon W. Couch II, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2007 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2010.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale only in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书英文影印版专有出版权由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授予电子工业出版社。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书在中国大陆地区生产, 仅限在中国大陆发行。

本书贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2008-5686

图书在版编目(CIP)数据

数字与模拟通信系统 = Digital and Analog Communication Systems: 第7版: 英文 / (美) 库奇 (Couch, L. W.) 著. - 北京: 电子工业出版社, 2010.8

(国外电子与通信教材系列)

ISBN 978-7-121-11340-6

I. ①数… II. ①库… III. ①数字通信系统-教材-英文 ②模拟通信-通信系统-教材-英文
IV. ①TN914

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第133293号

策划编辑: 谭海平

责任编辑: 许菊芳

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787 × 980 1/16 印张: 47.25 字数: 1255千字

印 次: 2010年8月第1次印刷

定 价: 79.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、南京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

主任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐 杨千里	北京邮电大学校长、教授、博士生导师 总参通信部副部长，中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事、博士生导师
委员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员 清华大学深圳研究生院副院长
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	朱世华	西安交通大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、《中国邮电高校学报（英文版）》编委会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘 彩	中国通信学会副理事长兼秘书长，教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

*To my wife,
Margaret Wheland Couch,
and
to our children,
Leon III, Jonathan, and Rebecca*

CONTENTS

PREFACE	19
LIST OF SYMBOLS	23
1 INTRODUCTION	29
1-1 Historical Perspective	30
1-2 Digital and Analog Sources and Systems	30
1-3 Deterministic and Random Waveforms	33
1-4 Organization of the Book	34
1-5 Use of a Personal Computer and MATLAB	35
1-6 Block Diagram of a Communication System	36

- 1-7 Frequency Allocations 38
- 1-8 Propagation of Electromagnetic Waves 40
- 1-9 Information Measure 44
- 1-10 Channel Capacity and Ideal Communication Systems 46
- 1-11 Coding 47
 - Block Codes, 48*
 - Convolutional Codes, 50*
 - Code Interleaving, 53*
 - Code Performance, 53*
 - Trellis-Coded Modulation, 56*
- 1-12 Preview 57
- 1-13 Study-Aid Examples 57
 - Problems 58

2 SIGNALS AND SPECTRA

60

- 2-1 Properties of Signals and Noise 60
 - Physically Realizable Waveforms, 60*
 - Time Average Operator, 62*
 - DC Value, 63*
 - Power, 64*
 - RMS Value and Normalized Power, 66*
 - Energy and Power Waveforms, 67*
 - Decibel, 67*
 - Phasors, 69*
- 2-2 Fourier Transform and Spectra 70
 - Definition, 70*
 - Properties of Fourier Transforms, 73*
 - Parseval's Theorem and Energy Spectral Density, 75*
 - Dirac Delta Function and Unit Step Function, 78*
 - Rectangular and Triangular Pulses, 81*
 - Convolution, 85*
- 2-3 Power Spectral Density and Autocorrelation Function 88
 - Power Spectral Density, 88*
 - Autocorrelation Function, 90*
- 2-4 Orthogonal Series Representation of Signals and Noise 92
 - Orthogonal Functions, 92*
 - Orthogonal Series, 94*
- 2-5 Fourier Series 95
 - Complex Fourier Series, 95*

- Quadrature Fourier Series, 97*
- Polar Fourier Series, 98*
- Line Spectra for Periodic Waveforms, 100*
- Power Spectral Density for Periodic Waveforms, 104*
- 2-6 Review of Linear Systems 106
 - Linear Time-Invariant Systems, 106*
 - Impulse Response, 106*
 - Transfer Function, 107*
 - Distortionless Transmission, 110*
 - Distortion of Audio, Video, and Data Signals, 111*
- 2-7 Bandlimited Signals and Noise 113
 - Bandlimited Waveforms, 113*
 - Sampling Theorem, 114*
 - Impulse Sampling and Digital Signal Processing (DSP), 117*
 - Dimensionality Theorem, 120*
- 2-8 Discrete Fourier Transform 121
 - Using the DFT to Compute the Continuous Fourier Transform, 122*
 - Using the DFT to Compute the Fourier Series, 127*
- 2-9 Bandwidth of Signals 128
- 2-10 Summary 137
- 2-11 Study-Aid Examples 137
 - Problems 142

3 BASEBAND PULSE AND DIGITAL SIGNALING

150

- 3-1 Introduction 150
- 3-2 Pulse Amplitude Modulation 151
 - Natural Sampling (Gating), 151*
 - Instantaneous Sampling (Flat-Top PAM), 155*
- 3-3 Pulse Code Modulation 159
 - Sampling, Quantizing, and Encoding, 160*
 - Practical PCM Circuits, 160*
 - Bandwidth of PCM Signals, 164*
 - Effects of Noise, 165*
 - Nonuniform Quantizing: μ -Law and A-Law Companding, 169*
 - V.90 56-kb/s PCM Computer Modem, 173*
- 3-4 Digital Signaling 174
 - Vector Representation, 175*
 - Bandwidth Estimation, 177*
 - Binary Signaling, 178*
 - Multilevel Signaling, 180*

- 3-5 Line Codes and Spectra 182
 - Binary Line Coding, 182*
 - Power Spectra for Binary Line Codes, 185*
 - Differential Coding, 191*
 - Eye Patterns, 192*
 - Regenerative Repeaters, 193*
 - Bit Synchronization, 195*
 - Power Spectra for Multilevel Polar NRZ Signals, 198*
 - Spectral Efficiency, 201*
- 3-6 Intersymbol Interference 202
 - Nyquist's First Method (Zero ISI), 204*
 - Raised Cosine-Rolloff Nyquist Filtering, 205*
 - Nyquist's Second and Third Methods for Control of ISI, 210*
- 3-7 Differential Pulse Code Modulation 210
- 3-8 Delta Modulation 214
 - Granular Noise and Slope Overload Noise, 216*
 - Adaptive Delta Modulation and Continuously Variable Slope
Delta Modulation, 219*
 - Speech Coding, 221*
- 3-9 Time-Division Multiplexing 221
 - Frame Synchronization, 222*
 - Synchronous and Asynchronous Lines, 224*
 - TDM Hierarchy, 228*
 - The T1 PCM System, 233*
- 3-10 Packet Transmission System 235
- 3-11 Pulse Time Modulation: Pulse Width Modulation
and Pulse Position Modulation 235
- 3-12 Summary 237
- 3-13 Study-Aid Examples 240
 - Problems 243

4 BANDPASS SIGNALING PRINCIPLES AND CIRCUITS

250

- 4-1 Complex Envelope Representation of Bandpass Waveforms 250
 - Definitions: Baseband, Bandpass, and Modulation, 250*
 - Complex Envelope Representation, 251*
- 4-2 Representation of Modulated Signals 253
- 4-3 Spectrum of Bandpass Signals 256

- 4-4 Evaluation of Power 257
- 4-5 Bandpass Filtering and Linear Distortion 260
Equivalent Low-Pass Filter, 260
Linear Distortion, 262
- 4-6 Bandpass Sampling Theorem 264
- 4-7 Received Signal Plus Noise 265
- 4-8 Classification of Filters and Amplifiers 266
Filters, 266
Amplifiers, 270
- 4-9 Nonlinear Distortion 271
- 4-10 Limiters 276
- 4-11 Mixers, Up Converters, and Down Converters 277
- 4-12 Frequency Multipliers 283
- 4-13 Detector Circuits 285
Envelope Detector, 285
Product Detector, 286
Frequency Modulation Detector, 288
- 4-14 Phase-Locked Loops and Frequency Synthesizers 293
- 4-15 Direct Digital Synthesis 301
- 4-16 Transmitters and Receivers 301
Generalized Transmitters, 301
Generalized Receiver: The Superheterodyne Receiver, 303
Zero-IF Receivers, 307
Interference, 308
- 4-17 Software Radios 308
- 4-18 Summary 309
- 4-19 Study-Aid Examples 309
Problems 315

5 AM, FM, AND DIGITAL MODULATED SYSTEMS

320

- 5-1 Amplitude Modulation 321
- 5-2 AM Broadcast Technical Standards 326
Digital AM Broadcasting, 327
- 5-3 Double-Sideband Suppressed Carrier 328
- 5-4 Costas Loop and Squaring Loop 328

- 5-5 Asymmetric Sideband Signals 330
 - Single Sideband, 330*
 - Vestigial Sideband, 334*
- 5-6 Phase Modulation and Frequency Modulation 336
 - Representation of PM and FM Signals, 336*
 - Spectra of Angle-Modulated Signals, 341*
 - Narrowband Angle Modulation, 346*
 - Wideband Frequency Modulation, 347*
 - Preemphasis and Deemphasis in Angle-Modulated Systems, 351*
- 5-7 Frequency-Division Multiplexing and FM Stereo 351
- 5-8 FM Broadcast Technical Standards 355
 - Digital FM Braodcasting, 355*
- 5-9 Binary Modulated Bandpass Signaling 357
 - On-Off Keying (OOK), 357*
 - Binary Phase-Shift Keying (BPSK), 361*
 - Differential Phase-Shift Keying (DPSK), 363*
 - Frequency-Shift Keying (FSK), 363*
- 5-10 Multilevel Modulated Bandpass Signaling 370
 - Quadrature Phase-Shift Keying (QPSK) and M-ary Phase-Shift Keying (MPSK), 370*
 - Quadrature Amplitude Modulation (QAM), 373*
 - OQPSK and $\pi/4$ QPSK, 376*
 - PSD for MPSK, QAM, QPSK, OQPSK, and $\pi/4$ QPSK, 377*
 - Spectral Efficiency for MPSK, QAM, QPSK, OQPSK, and $\pi/4$ QPSK with Raised Cosine Filtering, 379*
- 5-11 Minimum-Shift Keying (MSK) and GMSK 380
- 5-12 Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) 385
- 5-13 Spread Spectrum Systems 390
 - Direct Sequence, 391*
 - Frequency Hopping, 397*
 - SS Frequency Bands, 397*
- 5-14 Summary 397
- 5-15 Study-Aid Examples 399
 - Problems 402

6 RANDOM PROCESSES AND SPECTRAL ANALYSIS

409

- 6-1 Some Basic Definitions 409
 - Random Processes, 409*
 - Stationarity and Ergodicity, 411*
 - Correlation Functions and Wide-Sense Stationarity, 415*
 - Complex Random Processes, 417*

- 6-2 Power Spectral Density 419
 - Definition, 419*
 - Wiener-Khinchine Theorem, 420*
 - Properties of the PSD, 423*
 - General Formula for the PSD of Digital Signals, 427*
 - White-Noise Processes, 430*
 - Measurement of PSD, 431*
- 6-3 DC and RMS Values for Ergodic Random Processes 432
- 6-4 Linear Systems 434
 - Input-Output Relationships, 434*
- 6-5 Bandwidth Measures 439
 - Equivalent Bandwidth, 439*
 - RMS Bandwidth, 439*
- 6-6 The Gaussian Random Process 441
 - Properties of Gaussian Processes, 442*
- 6-7 Bandpass Processes 446
 - Bandpass Representations, 446*
 - Properties of WSS Bandpass Processes, 449*
 - Proofs of Some Properties, 454*
- 6-8 Matched Filters 459
 - General Results, 459*
 - Results for White Noise, 461*
 - Correlation Processing, 466*
 - Transversal Matched Filter, 467*
- 6-9 Summary 470
- 6-10 Appendix: Proof of Schwarz's Inequality 472
- 6-11 Study-Aid Examples 474
 - Problems 476

**7 PERFORMANCE OF COMMUNICATION SYSTEMS
CORRUPTED BY NOISE**

482

- 7-1 Error Probabilities for Binary Signaling 482
 - General Results, 482*
 - Results for Gaussian Noise, 485*
 - Results for White Gaussian Noise and Matched-Filter Reception, 487*
 - Results for Colored Gaussian Noise and Matched-Filter Reception, 488*
- 7-2 Performance of Baseband Binary Systems 489
 - Unipolar Signaling, 489*
 - Polar Signaling, 492*
 - Bipolar Signaling, 492*

- 7-3 Coherent Detection of Bandpass Binary Signals 494
 - On-Off Keying, 494*
 - Binary-Phase-Shift Keying, 496*
 - Frequency-Shift Keying, 497*
- 7-4 Noncoherent Detection of Bandpass Binary Signals 500
 - On-Off Keying, 500*
 - Frequency-Shift Keying, 504*
 - Differential Phase-Shift Keying, 506*
- 7-5 Quadrature Phase-Shift Keying and Minimum-Shift Keying 508
- 7-6 Comparison of Digital Signaling Systems 510
 - Bit-Error Rate and Bandwidth, 510*
 - Symbol Error and Bit Error for Multilevel Signaling, 512*
 - Synchronization, 513*
- 7-7 Output Signal-to-Noise Ratio for PCM Systems 514
- 7-8 Output Signal-to-Noise Ratios for Analog Systems 520
 - Comparison with Baseband Systems, 520*
 - AM Systems with Product Detection, 521*
 - AM Systems with Envelope Detection, 523*
 - DSB-SC Systems, 524*
 - SSB Systems, 525*
 - PM Systems, 525*
 - FM Systems, 529*
 - FM Systems with Threshold Extension, 532*
 - FM Systems with Deemphasis, 534*
- 7-9 Comparison of Analog Signaling Systems 537
 - Ideal System Performance, 537*
- 7-10 Summary 540
- 7-11 Study-Aid Examples 540
 - Problems 549

8 WIRE AND WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

555

- 8-1 The Explosive Growth of Telecommunications 555
- 8-2 Telephone Systems 555
 - Historical Basis, 556*
 - Modern Telephone Systems and Remote Terminals, 557*
- 8-3 Digital Subscriber Lines (DSL) 563
 - G.DMT and G.Lite Digital Subscriber Lines, 564*
 - Video On Demand (VOD), 566*
 - Integrated Service Digital Network (ISDN), 566*
- 8-4 Capacities of Public Switched Telephone Networks 569

- 8-5 Satellite Communication Systems 569
 - Digital and Analog Television Transmission, 574*
 - Data and Telephone Signal Multiple Access, 576*
 - Satellite Radio Broadcasting, 581*
- 8-6 Link Budget Analysis 583
 - Signal Power Received, 584*
 - Thermal Noise Sources, 586*
 - Characterization of Noise Sources, 587*
 - Noise Characterization of Linear Devices, 588*
 - Noise Characterization of Cascaded Linear Devices, 594*
 - Link Budget Evaluation, 596*
 - E_b/N_0 Link Budget for Digital Systems, 598*
 - Path Loss for Urban Wireless Environments, 599*
- 8-7 Fiber-Optic Systems 603
- 8-8 Cellular Telephone Systems 607
 - First Generation (1G)—The AMPS Analog System, 608*
 - Second Generation (2G)—The Digital Systems, 611*
 - The 1,900-MHz Band PCS Systems, 614*
 - Status of 2G Networks, 615*
 - Third Generation (3G) Systems, 615*
- 8-9 Television 616
 - Black-and-White Television, 616*
 - MTS Stereo Sound, 623*
 - Color Television, 623*
 - Standards for TV and CATV Systems, 628*
 - Digital TV (DTV), 636*
- 8-10 Cable Data Modems 640
- 8-11 Wireless Data Networks 641
 - Wi-Fi, 641*
 - Wi-Max, 643*
- 8-12 Summary 644
- 8-13 Study-Aid Examples 644
 - Problems 649*

APPENDIX A MATHEMATICAL TECHNIQUES, IDENTITIES, AND TABLES

653

- A-1 Trigonometry and Complex Numbers 653
 - Definitions, 653*
 - Trigonometric Identities and Complex Numbers, 653*
- A-2 Differential Calculus 654
 - Definition, 654*
 - Differentiation Rules, 654*
 - Derivative Table, 654*

- A-3 Indeterminate Forms 655
- A-4 Integral Calculus 655
Definition, 655
Integration Techniques, 656
- A-5 Integral Tables 656
Indefinite Integrals, 656
Definite Integrals, 657
- A-6 Series Expansions 658
Finite Series, 658
Infinite Series, 658
- A-7 Hilbert Transform Pairs 659
- A-8 The Dirac Delta Function 659
Properties of Dirac Delta Functions, 660
- A-9 Tabulation of $Sa(x) = (\sin x)/x$ 661
- A-10 Tabulation of $Q(z)$ 662

APPENDIX B PROBABILITY AND RANDOM VARIABLES

664

- B-1 Introduction 664
- B-2 Sets 664
- B-3 Probability and Relative Frequency 666
Simple Probability, 666
Joint Probability, 667
Conditional Probabilities, 668
- B-4 Random Variables 669
- B-5 Cumulative Distribution Functions and
Probability Density Functions 669
Properties of CDFs and PDFs, 672
Discrete and Continuous Distributions, 672
- B-6 Ensemble Average and Moments 676
Ensemble Average, 676
Moments, 677
- B-7 Examples of Important Distributions 679
Binomial Distribution, 679
Poisson Distribution, 682
Uniform Distribution, 682
Gaussian Distribution, 682
Sinusoidal Distribution, 687
- B-8 Functional Transformations of Random Variables 687