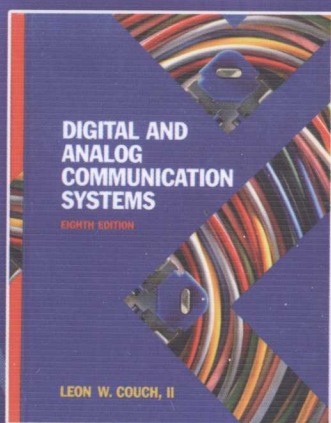


国外电子与通信教材系列

PEARSON

数字与模拟通信系统 (第八版)

Digital and Analog
Communication Systems
Eighth Edition



[美] Leon W. Couch, II 著

罗新民 任品毅 译



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

014013483

TN914
46-3

国外电子与通信教材系列

数字与模拟通信系统

(第八版)

Digital and Analog Communication Systems

Eighth Edition

[美] Leon W. Couch, II 著

罗新民 任品毅 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



北航

C1700108

TN914

46-3

内 容 简 介

本书在前七版的基础上改编而成,书中系统地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;带通信号传输原理及电路;调幅、调频及数字调制系统;随机过程和频谱分析;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,部分例题及习题另配有 MATLAB 文件。此外,本书还包含3个附录:数学技巧、恒等式和表;概率和随机变量;MATLAB 的使用。新版中更新了所有 MATLAB 文件,新增了100多道例题并给出了更多的习题答案。本书还给出了数字电视(DTV)技术、长期演进(LTE)系统、WiMAX 4G 蜂窝系统、个人通信系统及其应用等内容的介绍。

本书适合作为无线电技术、通信与信息系统等专业的高年级本科生或研究生的教材,也可作为通信工程领域技术人员和科研人员的参考书。

Authorized translation from the English language edition, entitled DIGITAL AND ANALOG COMMUNICATION SYSTEMS, EIGHTH EDITION, 9780132915380 by Leon W. Couch, II, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2013 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.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY Copyright © 2013.

本书中文简体字版专有出版权由 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:01-2012-4189

图书在版编目(CIP)数据

数字与模拟通信系统:第8版/(美)库奇(Couch, II L. W.)著;罗新民,任品毅译.

北京:电子工业出版社,2013.11

(国外电子与通信教材系列)

书名原文:Digital and Analog Communication Systems, Eighth Edition

ISBN 978-7-121-21738-8

I. ①数… II. ①库… ②罗… ③任… III. ①数字通信系统-高等学校-教材-英文 ②模拟通信-通信系统-高等学校-教材-英文 IV. ①TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 253006 号

策划编辑:冯小贝

责任编辑:周宏敏

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:787×1092 1/16 印张:36.75 字数:1060 千字

印 次:2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价:89.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,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 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

译者序

本书译自美国佛罗里达大学 Leon W. Couch, II 教授所著的 *Digital and Analog Communication Systems, Eighth Edition* 一书。该书作为通信工程专业高年级本科生或研究生通信原理课程的教材,被国外大学普遍采用,影响广泛,因而具有较高的知名度。第八版在第七版的基础上,更新了所有 MATLAB 文件,并新增了 100 多道例题及书后部分习题答案。除此以外,还增加了数字电视 (DTV) 技术、长期演进 (LTE) 系统、WiMax 4G 蜂窝系统、个人通信系统及其应用等反映通信系统最新发展技术方面的介绍。

本书全面系统地论述了现代通信系统的基本理论,内容完整,可读性强。全书共分 8 章及 3 个附录,内容上注重理论和实际应用的结合。每章中既有帮助读者理解所学知识的例题及助学例题,又有帮助读者巩固所学内容的大量课外习题。对书中的每道例题、部分助学例题及习题附有 MATLAB 仿真软件,部分课外习题附有答案。附录中的内容包括:数学基本公式及图表,概率论及随机变量的简易教程, MATLAB 入门等。这些内容既是正文的补充,又是独立的章节,可供没有这方面基础的读者阅读参考。

本书适合作为无线电技术、通信与信息系统及相关专业的高年级本科生或研究生教材,也可作为通信工程技术人员和科研人员的参考书。

本书由罗新民翻译第 1~4 章及前言,任品毅翻译第 5~8 章及附录,最后由罗新民统稿和审校。限于时间和水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

译者

2013 年 11 月于西安交通大学

前 言

本书继承了第一至七版的风格,第八版中介绍了数字通信系统的最新技术发展成果。本书不仅适合工科二、三年级的本科生使用,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。与本书配套的还有包含 100 多道精选的课外习题详细解题过程的学生题解手册,以及需借助计算机求解的课外习题的 MATLAB 文件,都可在 www.pearson-highered.com/couch 下载得到。^①

第八版中的一个最大变化是全书新增加了 100 多道例题。学生们总是希望书中能有更多的例题。大部分新增加的例题都包含几行文字的问题描述, MATLAB 文件(可从以上网址下载得到)中包含新增加的例题的解题过程、计算步骤及绘图结果。这样做有以下好处:首先,对每道例题的问题描述只用了几行文字,因此全书不会增加太多的篇幅;其次,使学生学习到用 MATLAB 编程解题的方法;还有就是得到了比手工计算方法更清晰的绘图结果,同时还能发现 MATLAB 程序中的参数变化是如何影响计算结果的。作者相信这种解题方法是一种教学手段上的创新。

要学习通信系统,首先必须搞清楚通信系统是如何工作的。读者在掌握本书前五章介绍的通信系统基本知识(信号功率、频谱及信号的傅里叶分析等)的基础上,再通过对书中大量的助学例题和课外习题的练习,以及对采用的通信标准的应用,能够更好地理解通信系统的工作原理。特别值得关注的是有线及无线通信系统。另外,噪声对通信系统的影响也是很重要的。如果通信系统中没有噪声(噪声由概率论及随机过程来描述),那么用极小的发射功率就可以把信号传至无穷远。总之,本书包括了学习有线及无线通信系统所需的基本内容和通信系统中采用的技术标准,具体内容有:

- 通信系统的工作原理:第 1~5 章;
- 噪声对通信系统的影响:第 6 章及第 7 章;
- 有线和无线通信系统:第 8 章。

本书既可作为一学期课程的教材使用,也可作为两学期课程的教材使用。本书着重阐述了能在一学期课程内讲述的通信系统理论和应用的基本内容,也介绍了可在两学期课程内深入讨论的必要内容。这里“着重”的意思是说全书的篇幅必须限制在 750 页左右。^② 其实更大的篇幅也不能完全包括新增加的内容,即便是用于两学期课程。(目前许多学校都倾向于开设阐述基本通信理论的一学期课程。)本书介绍了编码、无线信号传播、WiMAX 及蜂窝系统的长期演进(LTE)等概念。这些概念的详细内容将在专门的教材中讨论。

如果作为一学期课程的教材来使用,建议将本书中的前五章作为讲授内容,介绍通信系统的基本工作原理(适当选择第 8 章的内容作为补充);倘若作为两学期课程的教材来使用,则将全书作为讲授内容。

本书涉及了通信系统中的一些实际应用问题,这些实际应用建立在通信系统坚实的理论基础之上。

^① 相关资源也可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册下载。

^② 指英文原版书的篇幅。——编者注

通信系统的理论基础

- 数字信号与模拟信号
- 幅频特性和相频特性
- 傅里叶分析
- 正交函数理论
- 功率谱密度
- 线性系统
- 非线性系统
- 码间串扰

实际的应用

- PAM、PCM、DPCM、DM、PWM 及 PPM 等基带信号
- 数字通信系统的误比特率
- 光纤系统
- OOK、BPSK、QPSK、MPSK、MSK、OFDM 及 QAM 等带通数字信号
- 扩频系统
- AMPS、GSM、iDEN、TDMA、WiMAX 及 CDMA 蜂窝电话系统与 PCS 系统
- AM、DSB-SC、SSB、VSB、PM 及 FM 等带通模拟信号
- 数字与模拟电视系统
- 时分复用及其体系标准
- AM、FM、TV、DTV 及 CATV 系统的技术标准
- 数字线路传输码及其频谱
- 通信系统中所用的电路
- 有线数据调制解调器
- 比特同步、帧同步及载波同步电路
- Wi-Fi 及 WiMAX 无线数据网络
- 软件无线电


新版书中的改进之处

- 增加了 100 多道带有解题过程的例题。大部分增加的例题有 MATLAB 解题程序文件，这些文件可以从作者的网址中下载。
- 增加了最新的无线通信系统、LTE 系统、WiMAX 4G 蜂窝系统、个人通信系统及其应用等内容的介绍。
- 增加了数字电视 (DTV) 最新发展技术的介绍。
- 列出了最新的专业术语及标准。
- 更新了参考文献。

- 复包络
- 调制理论
- 概率论与随机过程
- 匹配滤波器
- SNR(信噪比)的计算
- BER(误比特率)的计算
- 最佳系统
- 分组码与卷积码

- Web 页面中的 MATLAB M 文件
- 频分复用及其体系标准
- 电信系统
- 数学图表
- 电话系统
- 助学例题
- 数字用户环线调制解调器
- 超过 100 道带有求解过程的例题,其中大约 80 道例题带有 MATLAB M 文件
- 数字用户环线
- 卫星通信系统
- 超过 550 道的课外习题和部分答案
- 卫星无线广播系统
- 超过 60 道需借助计算机求解的课外习题
- 有效输入噪声温度与噪声系数
- 大量的参考文献
- 线路预算分析
- 重视通信系统的设计
- 模拟通信系统输出端的信噪比
- 学生题解手册

- 更新了所有章节内容。
- 增加并修订了课外习题。
- 给出了通过设置合适的关键词,利用 Google 等因特网搜索引擎获取最新标准及其应用信息的建议。
- 继续强调了利用 MATLAB 编程的方法来解决实际问题,这种利用计算机编程解决问题的方法对训练刚进入通信行业中的工程师们非常重要。本书是为数不多的几本提供了 MATLAB 文件(可以从网上下载)的教材之一。这样做省去了读者自己输入教材中列出的程序的时间。
- 更新了所有的 MATLAB 文件,以便在 Version R2010b 版本中运行。
- 增加了书后部分习题答案的数量,并在适当的地方给出了习题的 MATLAB 解题文件。

本书在许多课外习题旁标有计算机的符号 , 表示这些课外习题有用 MATLAB 编写的仿真软件及答案。

书中每章的后面都有课外习题。大约有 1/3 的课外习题标有 ★, 这些习题的完整解题过程可在学生题解手册中找到。学生题解手册可以通过以下网址下载: www.pearsonhighered.com/couch, 供学生使用的 M 文件也可在此下载。^① 教师题解手册中给出了包括计算机求解过程在内的全部课外习题答案(教师题解手册只提供给选用本书的教师使用)。题解手册为 PDF 文件, 对需借助计算机求解的课外习题, 也给出了相应的 MATLAB M 文件。^②

本书是我在佛罗里达大学多年从事教学工作积累的成果, 后又以我作为业余无线电接线员(编号为 K4GWQ)的经历对该书进行了补充和完善。我认为读者只有对书中课外习题进行一定的练习后, 才能理解书中的技术内容。因此, 本书为读者设计了 550 多道习题。有些习题比较容易, 这样可以使得那些刚开始学习的同学不感到吃力。对那些学习程度更深的同学也有足够难的习题让他们去练习。所有的习题都能激励学生去思考, 从而加深对通信系统的理解。

感谢在本书的编写过程中帮助过我的许多人及多年来对本书的编写工作提出过建设性意见的人们。特别要感谢德克萨斯大学的 K. R. Rao; 奥本大学的 Jitendra J. Tugnait; 伦斯勒理工学院的 John F. McDonald; 罗斯-霍曼理工学院的 Bruce A. Ferguson; 哈特福特大学的 Ladimer S. Nagurney; 波士顿大学的 Jeffrey Carruthers; 加州州立大学长滩分校的 Hen-Geul Yeh。还要感谢我在佛罗里达大学的同事们的帮助。最后要感谢我的妻子——Margaret Couch 博士, 是她帮助我打印并校对了该书的原稿和修订稿。

Leon W. Couch, II
于佛罗里达州, 冈斯韦尔
couch@ufl.edu

① 相关资源也可登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册下载。

② 相关教辅资源的申请方式请参见本书末的“教学支持说明”。

符号表

由于在英语和希腊语字母表中,没有足够多的符号让我们能够不重复地使用它们,因此有些符号可能在不同的地方用来表示不同的量,这些用法已在上下文中交代清楚。此外,书中所用的符号通常与相关的数学学科中所用的符号相同。例如,在讲述复变量时, x 表示复数的实部(即 $c = x + jy$),而在讲述统计学时, x 表示的可能是随机变量。

符号

a_n	常数
a_n	正交形式傅里叶级数的系数
A_c	载波频率为 f_c 的已调信号电平
A_e	天线的有效面积
b_n	正交形式傅里叶级数的系数
B	基带信号带宽
B_p	带通滤波器带宽
B_T	发射信号(带通型)带宽
c	复数($c = x + jy$)
c	常数
c_n	复数形式傅里叶级数的系数
C	信道容量
C	电容量
$^{\circ}\text{C}$	摄氏温度
dB	分贝
D	每秒维数、每秒符号数($D = N/T_0$)或波特率
D_f	调频增益因子
D_n	极坐标形式傅里叶级数的系数
D_p	调相增益因子
e	误差
e	自然数 2.7183
E	调制效率
E	能量
$\mathcal{E}(f)$	能量谱密度(ESD)
E_b/N_0	单位比特能量与噪声功率谱密度之比
f	频率(赫兹)
$f(x)$	概率密度函数(PDF)
f_c	载波频率
f_i	瞬时频率
f_0	(频率)常数;周期波形的基波频率
f_s	抽样频率
F	噪声系数

$F(a)$	累积分布函数(CDF)
$g(t)$	复包络
$\tilde{g}(t)$	受噪声影响的复包络
G	功率增益
$G(f)$	功率传输函数
h	普朗克常数, $6.63 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$
$h(t)$	线性网络的冲激响应
$h(x)$	x 到 $h(x)$ 的变换函数
H	熵(平均信息量)
$H(f)$	线性网络的传输函数
i	整数
I_j	第 j 条消息中包含的信息量
j	虚数($\sqrt{-1}$)
j	整数
k	玻尔兹曼常数, $1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$
k	整数
$k(t)$	带通网络复冲激响应
K	表示数字消息的二进制码字中的比特数
K	热力学温度(摄氏温度 + 273)
l	整数
ℓ	单个数或单个符号中的比特数
L	电感量
L	允许使用的电平数
m	整数
m	均值
$m(t)$	消息(调制)波形
$\tilde{m}(t)$	受噪声干扰的消息波形
M	整数
M	允许使用的消息符号数
n	整数
n	消息符号中的比特数
$n(t)$	噪声波形
N	整数
N	表示数字消息的符号个数
N	噪声功率
N_0	白噪声功率谱密度值
$p(t)$	绝对时限脉冲波形
$p(t)$	瞬时功率
$p(m)$	调频信号概率密度函数
P	平均功率
P_e	误比特率
$P(C)$	正确判别概率

$P(E)$	消息错误概率
$\mathcal{P}(f)$	功率谱密度(PSD)
$Q(z)$	高斯函数积分
$Q(x_k)$	第 k 个抽样值 x_k 的量化值
$r(t)$	接收到的信号与噪声混合物
R	数据速率(bps)
R	电阻
$R(t)$	实包络
$R(\tau)$	自相关函数
$s(t)$	信号
$\tilde{s}(t)$	受噪声干扰的信号
S/N	信号功率与噪声功率之比
t	时间
T	时间间隔
T	热力学温度(开氏温度)
T_b	比特周期
T_e	有效输入噪声温度
T_0	发射符号或消息持续时间
T_0	周期波形的周期
T_0	标准室内温度(290 K)
T_s	抽样周期
u_{11}	协方差
$v(t)$	电压波形
$v(t)$	带通波形或带通随机过程
$w(t)$	波形
$W(f)$	$w(t)$ 的频谱(傅里叶变换)
x	输入
x	随机变量
x	复函数的实部或复常数
$x(t)$	随机过程
y	输出
y	输出随机变量
y	复函数的虚部或复常数
$y(t)$	随机过程
α	常数
β	常数
β_f	调频指数
β_p	调相指数
δ	ΔM 调制中的量化台阶
δ_{ij}	Kronecker δ 函数
$\delta(t)$	冲激函数 [狄拉克(Dirac) δ 函数]
ΔF	最大频率偏移(赫兹)

消息错误概率	$P(E)$
功率谱密度(PSD)	$\mathcal{P}(f)$
高斯函数积分	$Q(z)$
第 k 个抽样值 x_k 的量化值	$Q(x_k)$
接收到的信号与噪声混合物	$r(t)$
数据速率(bps)	R
电阻	R
实包络	$R(t)$
自相关函数	$R(\tau)$
信号	$s(t)$
受噪声干扰的信号	$\tilde{s}(t)$
信号功率与噪声功率之比	S/N
时间	t
时间间隔	T
热力学温度(开氏温度)	T
比特周期	T_b
有效输入噪声温度	T_e
发射符号或消息持续时间	T_0
周期波形的周期	T_0
标准室内温度(290 K)	T_0
抽样周期	T_s
协方差	u_{11}
电压波形	$v(t)$
带通波形或带通随机过程	$v(t)$
波形	$w(t)$
$w(t)$ 的频谱(傅里叶变换)	$W(f)$
输入	x
随机变量	x
复函数的实部或复常数	x
随机过程	$x(t)$
输出	y
输出随机变量	y
复函数的虚部或复常数	y
随机过程	$y(t)$
常数	α
常数	β
调频指数	β_f
调相指数	β_p
ΔM 调制中的量化台阶	δ
Kronecker δ 函数	δ_{ij}
冲激函数 [狄拉克(Dirac) δ 函数]	$\delta(t)$
最大频率偏移(赫兹)	ΔF

$\Delta\theta$	最大相位偏移
ϵ	常数
ϵ	误差
η	频谱效率[(bps)/赫兹]
$\theta(t)$	相位波形
λ	积分时的哑变量
λ	波长
$\Lambda(r)$	似然比
π	3.14159
ρ	相关系数
σ	标准偏差
τ	自相关函数的独立变量
τ	脉冲宽度
$\varphi_j(t)$	正交函数
φ_n	极坐标形式傅里叶级数的系数
ω_c	载波角频率, $2\pi f_c$
\equiv	数学恒等式
\triangleq	符号的数学定义式

定义函数

$J_n(\cdot)$	第一类 n 阶贝塞尔函数
$\ln(\cdot)$	自然对数
$\log(\cdot)$	以 10 为底的对数
$\log_2(\cdot)$	以 2 为底的对数
$Q(z)$	高斯概率密度函数积分
$Sa(z)$	$(\sin z)/z$
$u(\cdot)$	单位阶跃函数
$\Lambda(\cdot)$	三角函数
$\Pi(\cdot)$	矩形函数

运算符

$\text{Im}\{\cdot\}$	虚部
$\text{Re}\{\cdot\}$	实部
$[\cdot]$	集平均
$\langle[\cdot]\rangle$	时间平均
$[\cdot] * [\cdot]$	卷积
$[\cdot]^*$	复共轭
$\angle[\cdot]$	角度运算或角度, 参见式(2.108)
$ [\cdot] $	绝对值
$ \hat{\cdot} $	希尔伯特变换
$\mathcal{F}[\cdot]$	傅里叶变换
$\mathcal{L}[\cdot]$	拉普拉斯变换
$[\cdot] \cdot [\cdot]$	点积

PEARSON

北京培生信息中心
北京市东城区北三环东路 36 号
北京环球贸易中心 D 座 1208 室
邮政编码: 100013
电话: (8610) 57355171/57355169/57355176
传真: (8610) 58257961

Beijing Pearson Education
Information Centre
Suit 1208, Tower D, Beijing Global Trade Centre,
36 North Third Ring Road East,
Dongcheng District, Beijing, China 100013
TEL: (8610) 57355171/57355169/57355176
FAX: (8610) 58257961

尊敬的老师:

您好!

为了确保您及时有效地申请教辅资源, 请您务必完整填写如下教辅申请表, 加盖学院公章后将扫描件用电子邮件的形式发送给我们, 我们将会在 2-3 个工作日内为您开通属于您个人的唯一账号以供您下载与教材配套的教师资源。

请填写所需教辅的开课信息:

采用教材	<input type="checkbox"/> 中文版 <input type="checkbox"/> 英文版 <input type="checkbox"/> 双语版		
作者		出版社	
版次		ISBN	
课程时间	始于 年 月 日	学生人数	
	止于 年 月 日	学生年级	<input type="checkbox"/> 专科 <input type="checkbox"/> 本科 1/2 年级 <input type="checkbox"/> 研究生 <input type="checkbox"/> 本科 3/4 年级

请填写您的个人信息:

学 校			
院系/专业			
姓 名		职 称	<input type="checkbox"/> 助教 <input type="checkbox"/> 讲师 <input type="checkbox"/> 副教授 <input type="checkbox"/> 教授
通信地址/邮编			
手 机		电 话	
传 真			
official email(必填) (eg:XXX@ruc.edu.cn)		email (eg:XXX@163.com)	
是否愿意接受我们定期的新书讯息通知: <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否			

Publishing House of Electronics Industry
电子工业出版社: www.phei.com.cn
www.hxedu.com.cn
北京市万寿路 173 信箱高等教育分社(100036)
联系电话: 010-88254555
E-mail: Te_service@phei.com.cn

系 / 院主任: _____ (签字)

(系 / 院办公室章)

____年____月____日



北航 C1700108

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 历史回顾	2
1.2 数字信源、模拟信源与系统	4
1.3 确定波形与随机波形	5
1.4 本书结构	5
1.5 个人计算机及 MATLAB 的使用	6
1.6 通信系统框图	6
1.7 频率分配	8
1.8 电波传播	9
1.9 信息的度量	12
1.10 信道容量与理想的通信系统	14
1.11 编码	15
1.12 展望	22
1.13 助学例题	22
习题	23
第 2 章 信号与频谱	25
2.1 信号与噪声的特性	25
2.2 傅里叶变换与频谱	33
2.3 功率谱密度与自相关函数	48
2.4 信号与噪声的正交级数表示	51
2.5 傅里叶级数	53
2.6 线性系统回顾	61
2.7 带限信号与噪声	67
2.8 离散傅里叶变换	73
2.9 信号带宽	80
2.10 小结	84
2.11 助学例题	85
习题	88
第 3 章 基带脉冲与数字信号	100
3.1 引言	100
3.2 脉冲幅度调制	100
3.3 脉冲编码调制	106
3.4 数字信号	117
3.5 线路码及其频谱	124
3.6 码间串扰	139

3.7	差分脉冲编码调制	147
3.8	增量调制	149
3.9	时分复用	154
3.10	分组传输系统	162
3.11	脉冲时间调制: 脉宽调制与脉位调制	162
3.12	小结	165
3.13	助学例题	166
	习题	168
第4章	带通信号传输原理及电路	176
4.1	带通波形的复包络表示	176
4.2	已调信号的表示方法	179
4.3	带通信号的频谱	180
4.4	功率的计算	181
4.5	带通滤波和线性失真	183
4.6	带通信号的抽样定理	186
4.7	接收信号加噪声	187
4.8	滤波器及放大器分类	188
4.9	非线性失真	191
4.10	限幅器	195
4.11	混频器、上变频器和下变频器	196
4.12	倍频器	200
4.13	检波电路	201
4.14	锁相环及频率合成器	207
4.15	直接数字合成	213
4.16	发射机与接收机	213
4.17	软件无线电	218
4.18	小结	219
4.19	助学例题	220
	习题	224
第5章	调幅、调频及数字调制系统	230
5.1	幅度调制	230
5.2	调幅广播技术标准以及数字调幅广播	234
5.3	抑制载波的双边带调制	236
5.4	科斯塔环和平方环	236
5.5	非对称边带信号	238
5.6	相位调制和频率调制	243
5.7	频分复用(FDM)和调频(FM)立体声	255
5.8	FM广播技术标准以及数字FM广播	258
5.9	二元已调带通信号	259
5.10	多电平已调带通信号	270

5.11	最小频移键控(MSK)和GMSK	278
5.12	正交频分复用(OFDM)	283
5.13	扩频系统	285
5.14	小结	291
5.15	助学例题	291
	习题	293
第6章	随机过程和频谱分析	304
6.1	一些基本概念	304
6.2	功率谱密度	311
6.3	各态历经随机过程的直流和均方根值	322
6.4	线性系统	323
6.5	带宽的测量	326
6.6	高斯随机过程	328
6.7	带通随机过程	332
6.8	匹配滤波器	342
6.9	小结	350
6.10	附录:许瓦兹不等式的证明	352
6.11	助学例题	353
	习题	355
第7章	噪声背景下通信系统的性能	363
7.1	二元信号的错误概率	363
7.2	基带二元系统的性能	368
7.3	带通二元信号的相干检测	372
7.4	带通二元信号的非相干检测	377
7.5	正交相移键控和最小频移键控	383
7.6	数字信号系统的比较	384
7.7	PCM系统的输出信噪比	387
7.8	模拟系统的输出信噪比	391
7.9	各类模拟信号系统的比较	404
7.10	小结	406
7.11	助学例题	406
	习题	411
第8章	有线及无线通信系统	418
8.1	飞速发展的电信事业	418
8.2	电话系统	418
8.3	数字用户线(DSL)	424
8.4	公众交换电话网的容量	427
8.5	卫星通信系统	429
8.6	链路预算分析	438
8.7	光纤系统	453

8.8	蜂窝电话系统	455
8.9	电视	460
8.10	电缆数据调制解调器	478
8.11	无线数据网	479
8.12	小结	481
8.13	助学例题	481
	习题	484
附录 A	数学技巧、恒等式和表	490
附录 B	概率和随机变量	498
附录 C	MATLAB 的使用	531
	参考文献	534
	缩略词	545
	术语表	548

第1章 绪 论

本章要点

- 通信系统工作原理
- 频率分配与电波传播特性
- 计算机求解(MATLAB)
- 信息度量
- 编码性能

通信系统涉及的内容非常广泛,因此,在一本篇幅适中的书中不可能全部讲述。本教材中,我们精心选择了通信系统的基本理论作为讨论的重点内容。例如,在第2章中着重讨论了瞬时功率和平均功率的基本定义,在第4章中讨论了类似于AM无线带通信号的功率。其他内容集中在模拟系统的频谱、信噪比以及数字系统的误比特率等概念上。此外,读者通过对实际通信系统的使用,可以进一步加深对通信系统工作原理的理解。通常,通信系统的实际应用先于理论的完善,这增加了读者的学习兴趣并激励他们去学好系统的基本理论。本书的目标是让读者体验理解通信系统工作原理后的喜悦,并培养设计新的通信系统的能力。

本书对一学期课程或两学期的课程都是适用的。本书着重阐述了能在一学期课程内讲述的通信系统理论和应用的基本内容,也介绍了可在两学期课程内深入讨论的必要内容。这里“着重”的意思是说全书的篇幅必须限制在750页左右^①。其实更大的篇幅也不能包括新增加的内容,即便是用于两学期课程(目前许多学校都倾向于开设阐述通信系统理论的一学期课程)。本书简要介绍了编码、无线信号传播、WiMAX以及蜂窝系统的长期演进(LTE)技术等概念。这些重要概念的详细内容将会在专门的教材中讨论。

第八版主要的变化是在全书的各章中增加了100多道例题并附有解答。学生们总是希望书中有更多的例题。几乎所有新增加的例题中都包含有几行文字的问题描述。对这些例题的解答是通过MATLAB来完成的。这些MATLAB解答文件中包括了解题过程(MATLAB程序中的注释行)、计算步骤及绘图结果。这种表述过程有以下好处:首先,对每个例题的问题描述只用了几行文字,因此全书不会增加太多的篇幅;其次,学生可以积累如何使用MATLAB的经验(通过解题过程的示范)。还有就是得到了比用手工计算方法更清晰的绘图结果,同时还能发现MATLAB程序中的参数变化是如何影响计算结果的。

那么,什么是通信系统呢?什么是电气与计算机工程(ECE)呢?ECE解决两种类型的问题:(1)电能的产生或传输;(2)信息的传输或处理。而通信系统是设计用来传输信息的。

重要的是要搞清楚通信系统与电力系统之间有着明显的不同要求。在电力系统中,信号的波形是确定的,设计电力系统时主要考虑的是如何减小电能的损失。

在通信系统中,接收端(接收者)在没有收到信号之前是不知道信号波形的,否则就没有可传输的信息,也就没有必要进行通信了。接收者对所传输的消息越感到吃惊,收到的信息量就越大。也就是说,信息的传输意味着预先未知信息的交流。

噪声限制了通信系统的通信能力。如果没有噪声,就可以以极小的功率将信号传至无穷

^① 指英文原版书的篇幅。——编者注