



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
国家精品课程主教材



21 世纪高等学校通信类规划教材

# 通信原理教程

(第2版)

Lectures on  
Communication Principles  
(Second Edition)

樊昌信 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
国家精品课程主教材  
21 世纪高等学校通信类规划教材

# 通信原理教程

(第 2 版)

Lectures on Communication Principles  
(Second Edition)

樊昌信 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书在简要介绍模拟通信原理的基础上,以数字通信原理为重点,讲述通信系统的组成、性能指标、工作原理、性能分析和设计方法。对于近年来新出现的通信体制和技术给予了充分的重视。

本书适用于普通高等学校工科电子类专业,作为本科3、4年级和研究生1年级的教科书或参考书,也可供从事通信专业工作的工程技术人员作为参考书或进修课程教材。

本书配有免费电子课件,并配套出版了《通信原理学习指导与习题解答》。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

通信原理教程/樊昌信编著. —2版. —北京:电子工业出版社,2008.6

21世纪高等学校通信类规划教材

ISBN 978-7-121-06583-5

I. 通… II. 樊… III. 通信理论-高等学校-教材 IV. TN911

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第060174号

责任编辑:韩同平 特约编辑:李佩乾

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

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:26 字数:695千字

印 次:2008年6月第1次印刷

印 数:6000册 定价:38.00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 zlt@s@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

## 出版说明

教材建设是高等学校教学和学科建设的主要内容之一。近几年来,我国各高等学校实施了一系列面向21世纪教学改革计划,在教学内容和课程体系改革上取得了丰硕的成果,因此需要适时推出适应教改成果的教材。同时,通信技术发展十分迅速,原有教材或者内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,需要修订或重新编写;或者需要开设新课程,编写新教材以填补空白。

电子工业出版社作为以信息技术领域出版为特色的中央级科技与教育出版社,始终关注着电子信息技术的发展方向,始终把出版适应我国高等学校发展要求的高质量精品教材放在重要位置上,出版了一系列特色鲜明的教材,希望能把它们放在学生的书包里、课桌上,为培养高素质人才打下良好的基础。

基于上述考虑,经过一年多的调研,并征求多方的意见,根据国内高等学校通信专业的发展现状,以及教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革意见》的指示精神,电子工业出版社规划出版了这套《21世纪高等学校通信类规划教材》。

目前,我国多数高等学校都设有通信专业,但办学水平、特色及人才培养层次差异很大。这套教材定位于重点高校,即以研究型、研究教学型人才培养为主的高等学校通信类专业,包括其他相关专业的通信类课程教材。教材的作者全部来自于重点高校,多数是“信息与通信工程”一级学科设有全国重点学科的高校。

与以往出版的同类教材相比,这套教材具有以下特点:

(1) 专业特色鲜明:以重点院校本科通信类专业的专业课程教材为主线,兼顾其他相关专业的通信类课程。

(2) 突出系统性:本套规划教材覆盖了本科通信类专业的专业基础课、专业方向课及专业选修课,形成一个完整的教材系列,规模之大是以往教材中所不多见的。同时注意教材之间内容的合理划分与衔接,层次分明,重点突出,各高校可以根据需要组合选用,我们的目的是为通信类课程打造一套全方位解决方案。

(3) 体系、内容新颖:整个知识点建立在“高”、“新”平台上。基本理论阐述精练,深入浅出,便于自学;注意吸收新理论、新技术成果;加强实践性与应用性,结合实例进行讲解。

(4) 配套教学支持:多数教材配有教学课件(电子教案),部分重要课程配套出版教学辅导书或实验教材。

(5) 质量保证:多数教材为已出版教材的修订版,原教材在高校的影响大;重新规划的教材将在组织有关专家/教授对写作大纲和知识点进行充分讨论的基础上,选择优秀作者编写。

本套教材可作为高等学校通信专业及相关专业的本科生或研究生教材,也可供通信领域的有关专业人员学习参考。

为做好本套教材的出版工作,我们聘请了多位国内通信教育领域的著名教授作为教材顾问,并聘请了清华大学、东南大学、上海交通大学、北京交通大学、北京邮电大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校电子信息学院(系)的院长(系主任)成立教材编委会,从根本上保证了教材的高质量。在此对他们的辛勤工作表示衷心的感谢。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切联系和合作,广泛听取一线教师对教材的反馈意见和建议,以便使我们的教材出版工作做得更好。

## 再版说明

本书自 2004 年 5 月出版后,经国内数十所大学 4 年多的使用,积累了更多教学经验,需要对全书内容进行全面修订。此外,由于通信技术的迅速发展,在技术内容的阐述上,也需要做部分更新。

这次再版所作的修订约达百余处。其中大部分改动是使论述更为准确、严谨和易于阅读;与初版比较没有体系和章节上的不同。另有少量错误和不当叙述的更正及内容更新。例如,增加对于目前广泛应用的因特网的体系结构介绍,以及对于有较大实用前景的新技术,如 LD-PC 码、统一通信、WiMAX,给予初步关注。

本书已经列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,这也是驱动这次修订的一个因素。另外,为便于广大读者查阅,增加了索引,强化了本书的查阅和手册功能。

编著者

## 前 言

近年来,通信理论和技术有着迅猛的发展。在我国,电信业务的应用已经深入到千家万户,庞大的现代通信网已经成为国家的重要基础设施之一。我国大陆的电话普及率在1980年时仅为0.43%,到2003年底固定电话主线普及率和移动电话普及率已经分别迅速达到20.5%和20.8%;这相当于普及率增长了约100倍;因特网上网人数已达到7800万人,居世界第二位。与此相应,我国电信企、事业单位的数量和其中从业人员的数量也大量增加。在这种形势下,电信专业新生力量的培养和在职人员的再教育是一项重要的任务。为了适应这一形势发展的需要,特编写了这本教科书。

目前的通信网已经基本上实现了数字化。在我国公共通信网中传输的信号主要是数字信号,恐怕只有用户环路中传输的信号,和个别特殊应用中传输的信号,还是模拟信号。因此,本书中将讨论模拟信号传输技术的篇幅压缩到了最低程度,而将绝大部分章节用于讨论数字通信,包括数字信号的变换、编码和传输,以及模拟信号的数字化。

在讨论数字通信技术的章节中,对于某些较新的通信技术给予了应有的重视,例如网格编码调制(TCM)、正交频分调制(OFDM)、多址技术、扩谱技术和TURBO码等。在叙述中还注意结合卫星通信和计算机通信等当前发展迅速的网络中的应用实例进行讲解。由于在通信技术领域中自国外引进的新名词术语和缩略语很多,为了方便读者阅读其他资料,本书中在许多中文名词第一次出现的同时还给出相应的英文名词和缩略词。

为了尽量适应不同学校的教学和在职读者的需要,本书将全部内容分为两篇。第一篇为基本内容,是入门者必读的。第二篇为选读内容,各章都有相对独立性,可以根据不同教学要求选学其中部分章节,也适合通信工程技术人员作为参考资料选读所需部分。此外,为了照顾不同教学计划和不同教学时间的需求,对于一些较烦琐的计算和数学证明等内容,采用不同的字号和字体排印(小五号楷体),在学习中可以视情况跳过这些部分,不会影响对后面章节内容的理解。各章末皆附有思考题和习题。思考题协助读者复习本章内容,可以起到由读者自己对本章内容作小结的作用;而习题则可以促使读者深入领会本章内容,将理论联系实际,提高解决实际问题的能力。书后还附有少量参考文献,供读者查阅有关结论的出处。书中没有列出更多的参考文献,因为在这网络信息时代,读者可以很容易地从因特网上获得所需的资料。

第一篇共有7章。第1章重点介绍通信,特别是数字通信和信道的基本概念,使读者建立初步的认识。第2章深入讨论信号的特性和信道对信号传输的影响。第3章简要阐明模拟调制系统的原理。第4章详细讨论模拟信号的抽样、量化和编码方法。第5章对基带传输系统设计的各个方面做了基本介绍。第6章对几种基本的数字调制系统做了较详细和深入的讨论。第7章讨论数字通信系统中必不可少的同步,包括载波同步、位同步、群同步和网同步方法。

第二篇共有7章。第8章从数字信号最佳接收的角度讨论系统的理想性能,并与实际系统性能作比较。第9章讲述多路复用、复接和多址接入技术,并且特别介绍了主要的国际标准建议和一些实用体制。第10章讨论纠错编码和差错控制技术,着重介绍了各种性能优良的纠错码的原理。第11章是在第6章的基础上较全面地讨论各种先进的数字调制技术。第12章

阐述信息理论,这是从基本理论上分析通信系统的性能,寻找最佳的信源编码方法和通信系统的最佳性能。第13章介绍各种通信网,包括电话网、数据通信网、综合业务数字网和移动通信网。第14章简要介绍密码学原理。第二篇的各章都具有相对的独立性,可根据需要从中选学,不会因跳过某章而影响理解(只是第10章中的维特比译码算法和第11章中的TCM有一定的联系)。

本书的参考学时数为36~90(或2至5个学分),可安排成一学期或两学期的课程,并辅以相应的实验课。

学习本课程的先修课程主要有:模拟电子线路、高频电子线路、数字逻辑电路、线性代数、概率论,以及信号与系统。对于学习过“信号与系统”的学生,本书的第2章可以作为复习性的介绍或跳过。

为便于教学,本教材将免费提供电子课件,可通过登录电子工业出版社华信教育资源网<http://www.hxedu.com.cn>下载,或与教材服务部010-88254481联系索取。

本书的编写,得到了西安电子科技大学通信工程学院、综合业务网国家重点实验室和信息科学研究所各级领导的大力支持,以及本人所在的小组中吴宇红、张岗山、刘炯、冯磊和周战琴等同志多方面的帮助。在此一并致谢。

限于作者水平,书中错误疏漏在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

作者的电子邮件地址: [chxfan@xidian.edu.cn](mailto:chxfan@xidian.edu.cn)

(来信时务请注明真实姓名、单位、职务、电话和通信地址、邮编)

编著者  
于西安电子科技大学

为配合通信原理课程的实验教学,本书作者编著的《通信原理及系统实验》已由电子工业出版社出版(书号978-7-121-03808)。该实验教材以湖北众友科技实业股份有限公司和西安电子科技大学通信工程学院的实验设备为平台,其主要内容,除包括通信原理课程所必需的单元电路实验外,还有通信系统方面的实验;为满足计算机等专业学习通信原理课程而无法做实验的实际情况,设计了部分仿真内容,以巩固学生的理论学习效果。

应广大师生的要求,本教材的配套用书《通信原理学习指导与习题解答》已由电子工业出版社出版(书号978-7-121-03861),书中附有本教材的全部习题解答。

## 本书中的文字符号及其说明

$a$	平均值	$k$	整数
$a_i$	预测系数	$K$	整数, 密钥长度
$A$	安培, 地址字段	$l$	码字长度
$A$	振幅, 流入话务量	$L$	平均码字长度
$A_0$	成功话务量	$m$	调幅度
$b$	比特	$M$	量化电平数
$B$	带宽, 呼损率	$m(t)$	调制信号
$B$	字节	$m_f$	调制指数
$c$	常数	$n$	整数, 正整数
$C$	控制字段	$n_0$	白噪声单边功率谱密度
$C$	信道容量	$N$	正整数, 噪声功率
$C(f)$	信道的传输函数	$N_0$	唯一解距离
$C(jn\omega)$	周期性功率信号的频谱	$N_q$	量化噪声功率的平均值
$E$	能量	$p$	预测阶数, 整数
Erl	爱尔兰	$P$	功率, 信号平均功率, 概率
$e_k$	预测误差	$P(f)$	信号功率谱密度
$\text{erf}(x)$	误差函数	$p_X(x)$	$X$ 的概率密度
$\text{erfc}(x)$	补误差函数	$P(X \leq x)$	$X \leq x$ 的概率
$F$	标志字段, 帧	$P(X, Y)$	联合概率
$f_m$	调制信号频率	$P(X/Y)$	条件概率
$f_0$	载波频率	$P(y_j/x_i)$	转移概率
$f_s$	抽样频率	pix	像素
$F(\omega)$	频谱密度	pkt	分组
$F_X(x)$	$X$ 的概率分布函数	$q_k$	量化误差
FCS	帧校验序列	$r$	信号噪声功率比, 信息的冗余度百分比, 码元速率
$G(f)$	信号能量谱密度	$R$	电阻
$G_T(f)$	发送滤波器的传输函数	$R_b$	信息速率
$G_R(f)$	接收滤波器的传输函数	$R_B$	码元速率
$H$	熵	$r_k$	量化预测误差
$H(f)$	传输函数	$R(j)$	数字信号的自相关函数
Hz	赫兹	$R(\tau)$	自相关函数
$I$	信息帧	$R_{12}(\tau)$	互相关函数
$I$	电流, 信息量	REJ	拒绝
$J$	焦耳		



RNR	未准备好接收	$X$	随机变量, 信源, 明文
RR	准备好接收	$X(t)$	随机过程
$s$	秒	$X_i(t)$	随机过程的一个实现
$S$	信号电压或电流, 信号功率	$Y$	密文
$S$	监督帧	$y(t)$	信号加噪声电压
$s_k$	信号抽样值	$Z$	密钥
$s_q$	量化信号值	$\delta(t)$	单位冲激函数
SREJ	选择性拒绝	$\delta_T(t)$	周期性单位冲激函数
$S(f)$	能量信号的频谱密度, 即 $s(t)$ 的傅里叶变换	$\Delta$	量化台阶
$s(t)$	信号时间波形	$\Delta f$	频带宽度; 调制频移
$Sa(t)$	抽样函数	$\Delta(f)$	单位冲激函数的频谱密度
$T$	码元持续时间	$\Delta v$	量化间隔
$T_b$	每比特的持续时间	$\alpha$	本原元
$U$	无编号帧	$\sigma$	标准偏差
$u(t)$	单位阶跃函数	$\sigma^2$	方差
$V$	伏特	$\phi(x)$	概率积分函数
$V$	电压	$\varphi_0$	初始相位
$W$	瓦特	$\omega_0$	载波角频率
$x$	随机变量的取值	$\Omega$	欧姆

# 目 录

## 第 一 篇

第 1 章 概论 .....	( 1 )
1.1 通信的发展 .....	( 1 )
1.2 消息、信息和信号 .....	( 1 )
1.3 数字通信 .....	( 3 )
1.3.1 基本概念 .....	( 3 )
1.3.2 数字通信的优点 .....	( 4 )
1.3.3 数字通信系统模型 .....	( 4 )
1.3.4 数字通信系统的主要性能指标 .....	( 6 )
1.4 信道 .....	( 8 )
1.4.1 无线信道 .....	( 8 )
1.4.2 有线信道 .....	( 13 )
1.4.3 信道模型 .....	( 15 )
1.4.4 信道特性对信号传输的影响 .....	( 16 )
1.5 信道中的噪声 .....	( 19 )
1.6 小结 .....	( 20 )
思考题 .....	( 20 )
习题 .....	( 21 )
第 2 章 信号 .....	( 22 )
2.1 信号的类型 .....	( 22 )
2.1.1 确知信号和随机信号 .....	( 22 )
2.1.2 能量信号和功率信号 .....	( 22 )
2.2 确知信号的性质 .....	( 23 )
2.2.1 频域性质 .....	( 23 )
2.2.2 时域性质 .....	( 29 )
2.3 随机信号的性质 .....	( 30 )
2.3.1 随机变量的概率分布 .....	( 30 )
2.3.2 随机变量的概率密度 .....	( 31 )
2.4 常见随机变量举例 .....	( 32 )
2.5 随机变量的数字特征 .....	( 33 )
2.5.1 数学期望 .....	( 33 )
2.5.2 方差 .....	( 34 )
2.5.3 矩 .....	( 34 )
2.6 随机过程 .....	( 35 )

2.6.1	随机过程的基本概念	(35)
2.6.2	平稳随机过程	(36)
2.6.3	各态历经性	(36)
2.6.4	平稳随机过程的自相关函数和功率谱密度	(37)
2.7	高斯过程	(42)
2.8	窄带随机过程	(45)
2.8.1	窄带随机过程的基本概念	(45)
2.8.2	窄带随机过程的性质	(46)
2.9	正弦波加窄带高斯过程	(48)
2.10	信号通过线性系统	(49)
2.10.1	线性系统的基本概念	(49)
2.10.2	确知信号通过线性系统	(50)
2.10.3	随机信号通过线性系统	(53)
2.11	小结	(55)
	思考题	(56)
	习题	(57)
<b>第3章</b>	<b>模拟调制系统</b>	<b>(59)</b>
3.1	概述	(59)
3.2	线性调制	(59)
3.2.1	振幅调制(AM)	(60)
3.2.2	双边带(DSB)调制	(62)
3.2.3	单边带(SSB)调制	(63)
3.2.4	残留边带(VSB)调制	(64)
3.3	非线性调制	(65)
3.3.1	基本原理	(65)
3.3.2	已调信号的频谱和带宽	(67)
3.3.3	角度调制信号的接收	(69)
3.4	小结	(69)
	思考题	(69)
	习题	(70)
<b>第4章</b>	<b>模拟信号的数字化</b>	<b>(71)</b>
4.1	引言	(71)
4.2	模拟信号的抽样	(71)
4.2.1	低通模拟信号的抽样	(71)
4.2.2	带通模拟信号的抽样	(73)
4.2.3	模拟脉冲调制	(76)
4.3	抽样信号的量化	(76)
4.3.1	量化原理	(76)
4.3.2	均匀量化	(77)
4.3.3	非均匀量化	(78)

4.4	脉冲编码调制	(83)
4.4.1	脉冲编码调制(PCM)的基本原理	(83)
4.4.2	自然二进制码和折叠二进制码	(84)
4.4.3	PCM系统的量化噪声	(86)
4.5	差分脉冲编码调制	(87)
4.5.1	差分脉冲编码调制(DPCM)的原理	(87)
4.5.2	DPCM系统的量化噪声和信号量噪比	(88)
4.6	增量调制	(89)
4.6.1	增量调制原理	(89)
4.6.2	增量调制系统中的量化噪声	(90)
4.7	小结	(92)
	思考题	(92)
	习题	(93)
<b>第5章</b>	<b>基带数字信号的表示和传输</b>	<b>(94)</b>
5.1	概述	(94)
5.2	字符的编码方法	(94)
5.3	基带数字信号的波形	(95)
5.4	基带数字信号的传输码型	(96)
5.5	基带数字信号的频率特性	(98)
5.5.1	计算 $v_c(t)$ 的功率谱密度	(99)
5.5.2	计算 $u_c(t)$ 的功率谱密度	(100)
5.5.3	计算 $s(t)$ 的功率谱密度	(101)
5.5.4	功率谱密度计算举例	(101)
5.6	基带数字信号传输与码间串扰	(102)
5.6.1	基带数字信号传输系统模型	(102)
5.6.2	码间串扰及奈奎斯特准则	(103)
5.6.3	部分响应系统	(105)
5.7	眼图	(109)
5.8	时域均衡器	(111)
5.8.1	概述	(111)
5.8.2	横向滤波器基本原理	(111)
5.8.3	横向滤波器的实现	(114)
5.9	小结	(115)
	思考题	(116)
	习题	(116)
<b>第6章</b>	<b>基本的数字调制系统</b>	<b>(119)</b>
6.1	概述	(119)
6.2	二进制振幅键控(2ASK)	(120)
6.2.1	基本原理	(120)
6.2.2	功率谱密度	(121)

6.2.3 误码率 .....	(122)
6.3 二进制频移键控(2FSK) .....	(127)
6.3.1 基本原理 .....	(127)
6.3.2 功率谱密度 .....	(128)
6.3.3 最小频率间隔 .....	(130)
6.3.4 误码率 .....	(130)
6.4 二进制相移键控(2PSK) .....	(133)
6.4.1 基本原理 .....	(133)
6.4.2 功率谱密度 .....	(135)
6.4.3 误码率 .....	(136)
6.5 二进制差分相移键控(2DPSK) .....	(137)
6.5.1 基本原理 .....	(137)
6.5.2 功率谱密度 .....	(139)
6.5.3 误码率 .....	(140)
6.6 二进制数字键控传输系统性能比较 .....	(142)
6.7 多进制数字键控 .....	(143)
6.7.1 多进制振幅键控(MASK) .....	(144)
6.7.2 多进制频移键控(MFSK) .....	(145)
6.7.3 多进制相移键控(MPSK) .....	(148)
6.7.4 多进制差分相移键控(MDPSK) .....	(152)
6.7.5 振幅/相位联合键控(APK) .....	(156)
6.7.6 多进制数字键控实用系统举例 .....	(158)
6.8 小结 .....	(159)
思考题 .....	(160)
习题 .....	(160)
<b>第7章 同步</b> .....	(162)
7.1 概述 .....	(162)
7.2 载波同步方法 .....	(162)
7.2.1 插入导频法 .....	(163)
7.2.2 直接提取法 .....	(164)
7.2.3 载波同步性能 .....	(166)
7.3 位同步 .....	(168)
7.3.1 外同步法 .....	(168)
7.3.2 自同步法 .....	(168)
7.3.3 位同步误差对误码率的影响 .....	(171)
7.4 群同步 .....	(171)
7.4.1 概述 .....	(171)
7.4.2 集中插入法 .....	(173)
7.4.3 分散插入法 .....	(174)
7.4.4 群同步性能 .....	(176)

7.5 网同步 .....	(177)
7.5.1 概述 .....	(177)
7.5.2 开环法 .....	(177)
7.5.3 闭环法 .....	(179)
7.6 小结 .....	(180)
思考题 .....	(181)
习题 .....	(182)

## 第 二 篇

<b>第 8 章 数字信号最佳接收原理</b> .....	(183)
8.1 数字信号的统计表述 .....	(183)
8.2 数字信号的最佳接收准则 .....	(184)
8.3 确知数字信号的最佳接收机 .....	(186)
8.4 确知数字信号最佳接收机的误码率 .....	(188)
8.5 随相数字信号的最佳接收 .....	(192)
8.6 起伏数字信号的最佳接收 .....	(194)
8.7 实际接收机和最佳接收机的性能比较 .....	(196)
8.8 数字信号的匹配滤波接收原理 .....	(196)
8.8.1 数字信号的匹配滤波接收法 .....	(196)
8.8.2 数字信号的相关接收法 .....	(200)
8.9 最佳基带传输系统 .....	(201)
8.10 小结 .....	(204)
思考题 .....	(204)
习题 .....	(205)
<b>第 9 章 多路复用和多址技术</b> .....	(206)
9.1 概述 .....	(206)
9.2 频分复用(FDM) .....	(207)
9.3 时分复用(TDM) .....	(209)
9.3.1 准同步数字体系(PDH) .....	(210)
9.3.2 复接与码速调整 .....	(213)
9.3.3 同步数字体系(SDH) .....	(215)
9.4 码分复用(CDM) .....	(217)
9.4.1 基本原理 .....	(217)
9.4.2 正交码 .....	(219)
9.4.3 伪随机码 .....	(221)
9.5 多址技术 .....	(226)
9.5.1 频分多址 .....	(226)
9.5.2 时分多址 .....	(227)
9.5.3 局域网中的多址技术 .....	(233)
9.6 小结 .....	(236)

思考题	(237)
习题	(238)
<b>第 10 章 信道编码和差错控制</b>	(240)
10.1 概述	(240)
10.2 纠错编码的基本原理	(242)
10.3 纠错编码系统的性能	(244)
10.4 奇偶监督码	(245)
10.4.1 一维奇偶监督码	(245)
10.4.2 二维奇偶监督码	(246)
10.5 线性分组码	(247)
10.6 循环码	(251)
10.6.1 循环码的概念	(251)
10.6.2 循环码的运算	(252)
10.6.3 循环码的编码方法	(255)
10.6.4 循环码的解码方法	(255)
10.6.5 截短循环码	(256)
10.6.6 BCH 码	(256)
10.6.7 RS 码	(258)
10.7 卷积码	(258)
10.7.1 卷积码的编码	(258)
10.7.2 卷积码的解码	(259)
10.8 Turbo 码和 LDPC 码	(263)
10.9 小结	(266)
思考题	(267)
习题	(267)
<b>第 11 章 先进的数字带通调制和解调</b>	(269)
11.1 概述	(269)
11.2 偏置正交相移键控及 $\pi/4$ 相移正交相移键控	(269)
11.3 最小频移键控及高斯最小频移键控	(270)
11.3.1 MSK 信号的基本原理	(270)
11.3.2 MSK 信号的相位连续性	(271)
11.3.3 MSK 信号的正交表示法	(272)
11.3.4 MSK 信号的产生和解调	(274)
11.3.5 MSK 信号的功率谱密度	(276)
11.3.6 MSK 信号的误码率性能	(277)
11.3.7 高斯最小频移键控	(277)
11.4 正交频分复用	(277)
11.4.1 概述	(277)
11.4.2 OFDM 的基本原理	(278)
11.4.3 OFDM 的实现	(280)

11.5	网格编码调制	(282)
11.5.1	网格编码调制的基本概念	(282)
11.5.2	TCM 信号的产生	(282)
11.5.3	TCM 信号的解调	(284)
11.6	扩展频谱技术	(285)
11.6.1	概述	(285)
11.6.2	直接序列扩谱	(286)
11.6.3	跳频扩谱	(288)
11.6.4	扩谱码的同步	(288)
11.6.5	分离多径技术	(289)
11.7	小结	(291)
	思考题	(291)
	习题	(292)
<b>第 12 章</b>	<b>信息理论</b>	<b>(293)</b>
12.1	离散信源的熵	(293)
12.2	离散信道模型	(294)
12.3	联合熵和条件熵	(295)
12.4	无噪声信道容量	(295)
12.5	信源编码	(297)
12.5.1	无噪声信道信源编码原理	(297)
12.5.2	信源编码的分类和效率	(300)
12.5.3	扩展二进制信源的熵	(300)
12.5.4	香农-费诺码	(301)
12.5.5	霍夫曼码	(302)
12.6	白色加性高斯噪声信道的容量	(303)
12.7	小结	(305)
	思考题	(306)
	习题	(306)
<b>第 13 章</b>	<b>通信网</b>	<b>(308)</b>
13.1	通信网的类型	(308)
13.2	电话网	(309)
13.2.1	电话网的结构	(309)
13.2.2	电话网中的交换	(310)
13.2.3	电话网中的信令	(311)
13.2.4	电话网的性能指标	(312)
13.3	数据通信网	(313)
13.3.1	概述	(313)
13.3.2	数据通信网中的交换	(314)
13.3.3	分组交换原理	(314)
13.3.4	开放系统互连参考模型	(316)



13.3.5 因特网的体系结构 .....	(318)
13.4 综合业务数字网(ISDN) .....	(318)
13.4.1 窄带综合业务数字网(N-ISDN) .....	(318)
13.4.2 宽带综合业务数字网(B-ISDN) .....	(320)
13.5 移动通信网 .....	(323)
13.6 小结 .....	(328)
思考题 .....	(329)
习题 .....	(330)
<b>第 14 章 通信安全</b> .....	<b>(331)</b>
14.1 概述 .....	(331)
14.2 单密钥加密通信系统 .....	(331)
14.3 分组密码和流密码 .....	(332)
14.4 用信息论研究密码的方法 .....	(334)
14.4.1 完善安全性 .....	(334)
14.4.2 唯一解距离 .....	(335)
14.4.3 数据压缩在保密编码中的作用 .....	(336)
14.4.4 扩散与混淆 .....	(336)
14.5 数据加密标准 .....	(337)
14.6 公共密钥密码编码方法 .....	(339)
14.7 RSA 算法 .....	(341)
14.8 小结 .....	(342)
思考题 .....	(343)
习题 .....	(343)
<b>附录 A 巴塞伐尔(Parseval)定理</b> .....	<b>(344)</b>
<b>附录 B 误差函数值表</b> .....	<b>(345)</b>
<b>附录 C 七位美国标准信息交换码(ASCII)</b> .....	<b>(347)</b>
<b>附录 D CCITT 5 号码</b> .....	<b>(348)</b>
<b>附录 E 我国标准 7 位编码字符集</b> .....	<b>(349)</b>
<b>附录 F 贝塞尔函数值表</b> .....	<b>(349)</b>
<b>附录 G 伽罗华域 <math>GF(2^m)</math></b> .....	<b>(350)</b>
<b>英文缩略词英汉对照表</b> .....	<b>(351)</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>(354)</b>
<b>索引</b> .....	<b>(358)</b>