



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

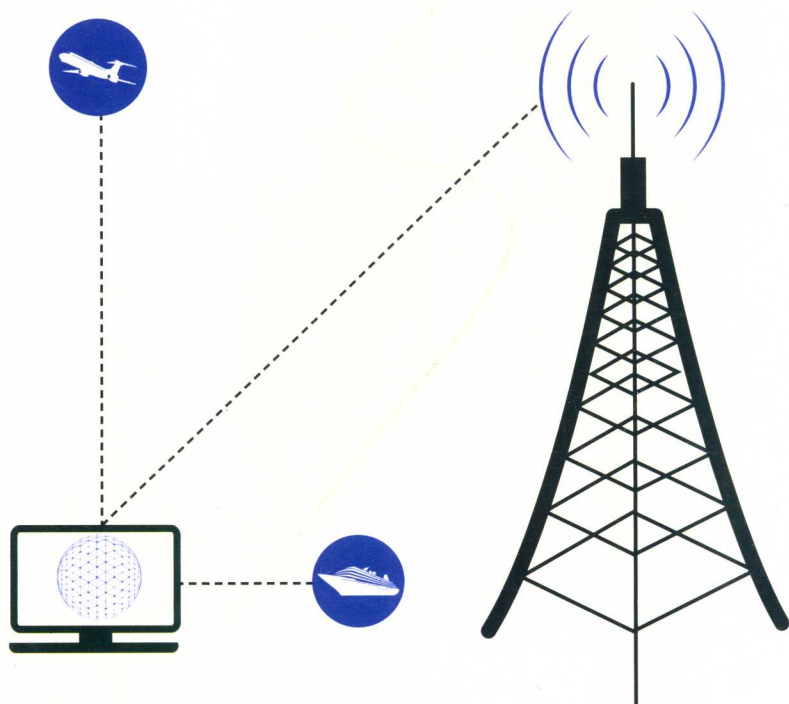
信息与通信工程

P rinciple of Communications

通信原理（双语） 简明教程

朱艳萍 编著

Zhu Yanping

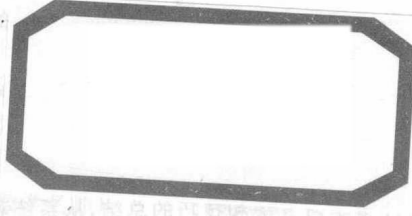


清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



Principle of Communications

通信原理（双语）简明教程

朱艳萍 编著

Zhu Yanping

清华大学出版社

北京



本书重点介绍通信系统中各种通信信号的产生、传输和调制解调的基本理论和方法,使学生熟悉并掌握通信系统的基本理论和分析方法,为后续课程打下良好的基础。

在通信系统数学模型和相关数学工具的基础上,本书着重介绍模拟调制系统、数字基带/频带系统、模拟信号的数字传输系统等内容,涉及经典的调制解调、编码译码方法,并注重从系统的角度进行分析和理解。全书共分为8章,各章之间既独立又相互联系;为了把知识点和相互联系清晰地表示出来,章首一般都有思维导图。在学习过程中应注重学习方法和技巧的总结,从系统和全局的角度对教材进行整体把握。

本书适合电子信息、通信工程和计算机等相关专业本科生的高年级学生学习使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

通信原理(双语)简明教程:英文、汉文/朱艳萍编著. —北京:清华大学出版社,2019
(高等学校电子信息类专业系列教材)
ISBN 978-7-302-52057-3

I. ①通… II. ①朱… III. ①通信原理—高等学校—教材—英、汉 IV. ①TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 009597 号

责任编辑:梁颖 李晔

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社总机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载:<http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.25

字 数:341千字

版 次:2019年6月第1版

印 次:2019年6月第1次印刷

定 价:49.00元

产品编号:078372-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学	(教指委高级顾问)	郁道银	天津大学	(教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学	(特约高级顾问)	胡广书	清华大学	(特约高级顾问)
华成英	清华大学	(国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学	(国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学	(国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学	(国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学	(国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学	(国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学			
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学	
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学	
	秦石乔	国防科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学	
	刘向东	浙江大学			
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学	
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学	
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学	
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学	
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学	
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学	
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学	
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学	
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学	
	谢泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学	
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学	
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学	
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学	
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学	
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学	
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学	
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学	
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学	
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所	
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司	
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡毅	中国兵器科学研究院	
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学	
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学	
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学	
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学	
	刘铁根	天津大学	宋峰	南开大学	
	王艳芬	中国矿业大学	靳伟	香港理工大学	
	苑立波	哈尔滨工程大学			
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社			

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

高志伟 教授

前言

PREFACE

为加快电子信息类专业的国际化进程,特编写此双语教程,希望既保证专业课程的正常教学,又兼顾学生专业英语的学习。作者总结了几年来双语教学和英文教学的经验,在内容编写上力争做到深入浅出、循序渐进,并提高教材的可读性和实用性。

对于大学本科教学,本书的基本教学时数为 48 学时,同时也能够满足 64 学时的教学。本书在注重基本理论知识的基础上,增加了前后章节知识点的联系和对比,同时增加了通信领域新技术的介绍,注重对专业术语的解释及翻译,能够有效地缩短学生阅读原版英文教程的时间,使学生在有限的学习时间里快速理解和掌握通信技术领域的相关知识,并学以致用。

相比于一般的通信原理教材,本书在理论内容基础上,增加了核心章节的实验。首先通过 MATLAB 进行仿真,然后结合实验箱平台进行实际波形的验证。附录涵盖了通信系统中经典调制系统和编码方式的软件仿真和硬件平台实验,能够让学生做到理论联系实际,并提高分析问题和解决问题的能力。

本书在撰写和编辑过程中得到了学生陈梦朝、史涛、巩叙皓等的支持,他们负责完成了不同章节的文字编辑、图表制作等工作,在此对他们表示感谢。特别感谢英国谢菲尔德大学的 Mohammad Reza Anbiyai 博士为全书英文做了细致的审校工作。

本书在撰写过程中得到了南京信息工程大学教材建设基金项目、江苏省品牌专业建设工程资助项目、江苏省优秀中青年教师境外研修项目的资助,在此表示特别感谢。

限于作者水平,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2019 年 3 月

教学建议

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第 1 章 绪论	<ul style="list-style-type: none"> 了解通信系统发展史。掌握通信系统的模型：基本模型、模拟通信系统模型和数字通信系统模型 了解并掌握通信系统的分类 掌握衡量通信系统的指标及相应的计算，重点掌握不同进制时，传码率和传信率的计算及二者的关系 	2	2
第 2 章 随机过程	<ul style="list-style-type: none"> 掌握随机过程的两个不同的定义及数学表示；掌握严平稳和广义平稳随机过程概念 掌握随机过程的数字特征及计算 了解高斯随机过程及其性质 掌握窄带随机过程的定义及幅度、相位的分布 掌握窄带随机过程经过线性系统的数字特征及功率谱密度的变化 了解噪声特性，并掌握白噪声的自相关函数和功率谱密度的特性 了解正弦波加窄带噪声的幅度相位分布情况 	6~8	6
第 3 章 信道	<ul style="list-style-type: none"> 了解并掌握通信系统无线信道和有线信道的分类 理解通信编码信道和调制信道的模型，并掌握转移概率的定义及计算 重点掌握信息量的定义及计算，掌握连续信道容量即香农定理的公式及计算 理解多径效应的原理 	2~4	2
第 4 章 连续波 调制系统	<ul style="list-style-type: none"> 理解并掌握连续波调制的各种基本概念 掌握连续波调制的一般数学模型和系统框图 掌握 AM、DSB、SSB、VSB 的调制和解调过程，并能够进行对比 理解包络检波和相干解调的不同及优劣 掌握调频和调相的基本原理及二者间的关系 重点掌握窄带调频和宽带调频的异同，掌握卡森公式，并将 AM 和 NBFM 进行对比 理解不同调制系统的调制制度增益的差异，并能够分析其优劣 了解并理解门限效应的定义及现象 	7~9	7

续表

教学内容	学习要点及教学要求	课时安排	
		全部讲授	部分选讲
第 5 章 脉冲调制系统	<ul style="list-style-type: none"> 了解脉冲调制,掌握几种基本的脉冲调制方式 理解模拟信号数字化的三个步骤 了解采样的基本原理,掌握采样定理的内容并会应用 理解均匀量化和非均匀量化的特点,掌握均匀量化信噪比的计算,掌握非均匀量化的 A 律(A-law)13 折线的量化原理 掌握 PCM 编码的原理及计算,了解译码的原理,理解增量调制和 DPCM 的原理 	7~9	7
第 6 章 数字基带系统	<ul style="list-style-type: none"> 掌握数字基带系统中四种线性码:单极性/双极性归零码、单极性/双极性不归零码的原理及功率谱密度 掌握数字基带系统中的传输码(AMI、HDB₃ 码)的编译码规律 掌握奈奎斯特第一/第二准则的内容及原理 了解眼图的产生原理及含义 	8	8
第 7 章 数字频带系统	<ul style="list-style-type: none"> 掌握数字频带传输系统中的三类基本调制方式(ASK/FSK/PSK)的调制解调原理 了解 ASK/FSK/PSK/DPSK 的误码率对比 理解 QAM 调制的原理及其星座图 理解 OFDM 的基本原理 	4~6	4
第 8 章 拓展阅读: 通信系统 新技术	<ul style="list-style-type: none"> 理解 UWB 的定义,了解它的几种调制方式,并能够与矩形脉冲调制进行对比 了解压缩感知的基本思想及其与传统采样定理的区别,了解压缩感知的发展动态 了解 MIMO 系统的优势并熟悉它的应用领域 	2~4	2
实验	在理解通信系统的常用调制解调、编码和译码原理基础上,完成以下仿真及实验箱验证实验: <ul style="list-style-type: none"> ASK/FSK 调制解调 AMI/HDB₃ 编码和译码 PCM 编码和译码过程 	10~14	10
	教学总学时建议	48~64	48

说明:(1)本书为电子信息及相关专业“通信原理”双语课程的教材,理论授课学时数为 48~64 学时,不同专业根据不同的教学要求和计划教学学时数可酌情对教材内容进行适当取舍。

(2)本书理论授课学时数中包含习题课、课堂讨论、实验等必要的教学环节。

目录

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Basic concepts and models of communication system	2
1.1.1 Communication system model	2
1.1.2 Analog communication model	2
1.1.3 Digital communication model	3
1.2 The classification of communication systems	4
1.2.1 Modulation mode	4
1.2.2 Division of frequency band	5
1.3 Information and its measurement	6
1.4 The main performance index of communication systems	7
Summary and discussion	8
Homework	9
Vocabulary	9
Chapter 2 Random processes	11
2.1 Basic concepts of random processes (Definition of random processes)	12
2.1.1 Definition	12
2.1.2 Numerical characteristics of a random process	13
2.2 Stationary Random Process	14
2.2.1 Definition	14
2.2.2 Ergodicity	15
2.2.3 Autocorrelation function of stationary random processes	17
2.2.4 Power Spectral Density	17
2.3 Gaussian process	19
2.4 Transmission of a random process through a Linear Time-Invariant (LTI) filter	21
2.5 Narrowband random process	23
2.6 Sine wave plus narrowband Gaussian noise	26
2.7 Gaussian white noise and band pass white noise	27
Summary and discussion	29
Homework	30
Vocabulary	31
Chapter 3 Channel	32
3.1 The classification of channels	33
3.1.1 Wireless channels	33

3.1.2	Wire channel	34
3.2	Channel models	35
3.2.1	Modulation channel model (调制解调模型)	35
3.2.2	Coding channel model (编码信道模型)	36
3.3	Influence of the channel characteristics on transmission (for modulation model)	37
3.3.1	Influence of constant parameter channel on signal transmission	37
3.3.2	Influence of random parameter channel of signal transmission	37
3.4	Channel capacity (continuous channel)	40
	Summary and discussion	41
	Homework	42
	Vocabulary and terminologies	42
Chapter 4	Continuous-wave modulation (Analog modulation system)	43
4.1	Introduction	43
4.2	Linear modulation	44
4.2.1	AM	45
4.2.2	Double-Sideband Modulation	46
4.2.3	Single-Sideband Modulation	47
4.2.4	Vestigial Sideband Modulation	49
4.3	Anti-noise performance of linear demodulation	51
4.3.1	Noise in linear receiver using coherent detection	52
4.3.2	Noise in AM receivers using envelope detection	54
	Homework (part 1)	57
4.4	Angle modulation (Non-linear modulation process)	58
4.4.1	Basic definitions	58
4.4.2	NBFM(窄带调频)	60
4.4.3	Wide-band frequency modulation (WBFM)	61
4.4.4	Generating an FM signal	62
4.4.5	Demodulation of FM signals	63
4.4.6	Noise in FM receivers	64
4.5	Frequency-division multiplexing(频分复用)	66
	Summary and discussion	67
	Homework (part 2)	68
	Terminologies	68
Chapter 5	Pulse modulation	69
5.1	Sampling process	70
5.2	Analog pulse modulation (模拟脉冲调制)	72
5.3	Quantization process (量化过程) of sampled signal	74
5.3.1	Uniform quantization (均匀量化)	75
5.3.2	Nonuniform quantization	76
5.4	PCM(Pulse code modulation, 脉冲编码调制)	78
5.4.1	The principle of PCM	78
5.4.2	Noise in PCM system	79
5.4.3	Delta modulation (增量调制)	80

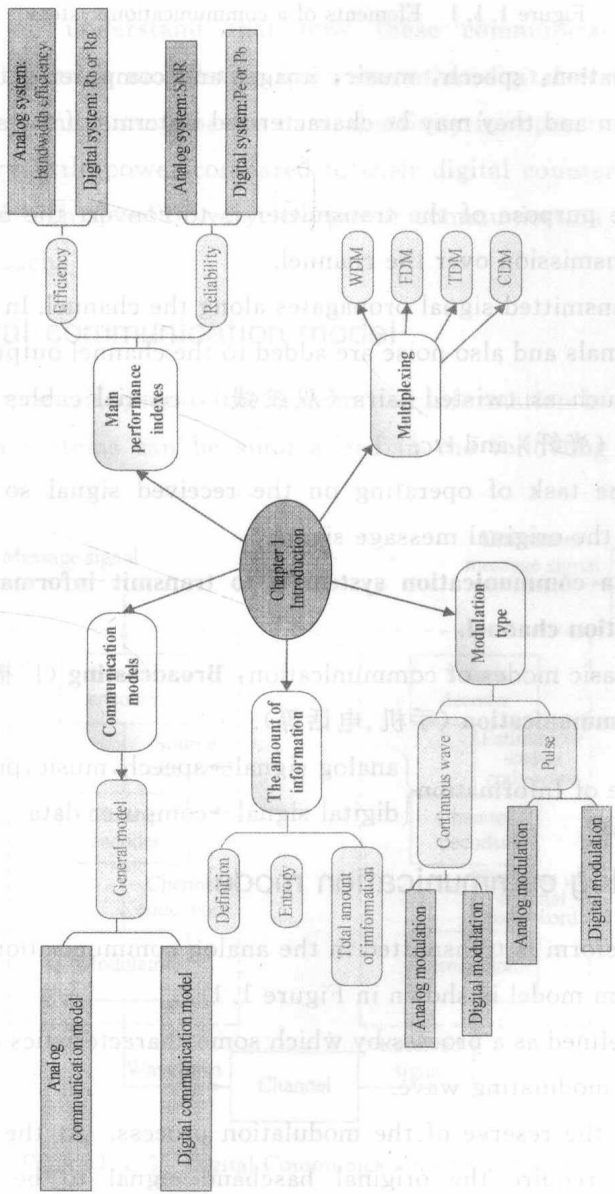
5.4.4	DPCM (Differential pulse code modulation, 差分脉冲调制)	82
5.5	TDM (Time-Division Multiplexing, 时分复用)	82
	Summary and discussion	84
	Homework	84
	Terminologies	85
Chapter 6	Baseband pulse transmission	86
6.1	Waveform and frequency characteristics of baseband digital signal	87
6.1.1	Waveform of baseband digital signal	87
6.1.2	Symbol code types of baseband digital signals for transmission	88
6.1.3	Frequency characteristic	89
6.2	Matched filter	91
6.3	Error rate due to noise	93
6.3.1	Binary polar baseband system	93
6.3.2	The unipolar baseband system	94
6.4	Intersymbol Interference	95
6.4.1	Nyquist's criterion I	96
6.4.2	Nyquist's criterion II	98
6.5	Eye pattern	100
	Summary and discussion	101
	Homework	101
	Terminologies	102
Chapter 7	Passband data transmission (Digital passband transmission)	103
7.1	The basic principle of three digital passband modulation	104
7.1.1	ASK	104
7.1.2	FSK	106
7.1.3	PSK (Absolute phase shift keying)	108
7.1.4	DPSK (Differential PSK)	110
7.2	Anti-noise performance of digital passband modulation system	111
7.2.1	Bit error rate of ASK	111
7.2.2	Bit error rate of 2FSK	112
7.2.3	Bit error rate of PSK	114
7.2.4	Performance comparison of digital keying transmission system	115
7.3	Hybrid amplitude/phase modulation schemes	116
7.4	OFDM system	117
	Summary and discussion	118
	Homework	119
	Terminologies	120
Chapter 8	Further reading: new technologies in communication systems	121
8.1	Compressive sensing (CS)	121
8.1.1	Introduction	121
8.1.2	The mathematics theory	122
8.1.3	Application	124

8.2 Ultra wideband (UWB) system	126
8.2.1 The definition of UWB	126
8.2.2 Comparison with other wireless communications	127
8.2.3 Feature of UWB	127
8.2.4 Impulse modulation signal in UWB signal	128
8.2.5 The application of UWB	129
8.3 MIMO technology	130
8.3.1 The model of MIMO	131
8.3.2 Applications	132
References of Chapter 8	135
附录 A MATLAB 仿真实验	136
Experiment 1 Continuous-wave modulation (Corresponding to Chapter 4)	136
Experiment 2 Pulse modulation (Corresponding to Chapter 5)	148
Experiment 3 Digital passband transmission (Corresponding to Chapter 7)	160
附录 B 实验箱实验	181
实验一 各种模拟信号源实验	181
实验二 脉冲编码调制 PCM	185
实验三 AMI/HDB ₃ 编码和译码过程实验	192
实验四 FSK 调制解调实验	197
实验五 通信系统综合实验	202
附录 C 误差函数表	207
参考文献	210

Chapter 1

Introduction

Mind map:



Mind map for Chapter 1

1.1 Basic concepts and models of communication system

1.1.1 Communication system model

There are three basic elements to every communication system: transmitter, channel and receiver, as depicted in Figure 1.1.1.

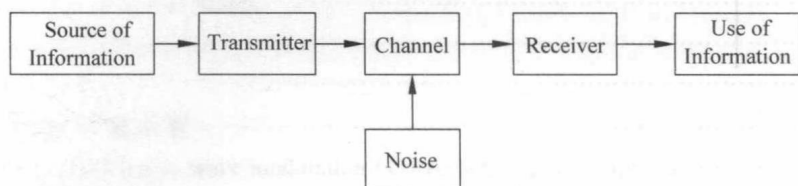


Figure 1.1.1 Elements of a communication system

Source of Information: speech, music, images and computer data are four important sources of information and they may be characterized in terms of the signal that carries the information.

Transmitter: the purpose of the transmitter is to convert the message signal into a form suitable for transmission over the channel.

Channel: the transmitted signal propagates along the channel. In most of the practical cases, interfering signals and also noise are added to the channel output. There are various kinds of channels, such as twisted-pairs (双绞线), coaxial cables (同轴电缆), radio waves, optical fibers (光纤) and *etc.*

Receiver: has the task of operating on the received signal so as to reconstruct a recognizable form of the original message signal.

The purpose of a communication system is to transmit information—bearing signals through a communication channel.

There are two basic modes of communication: **Broadcasting** (广播、电视等, 即一对多) and **Point-to-point communication** (手机、电话等).

Source of Information	{	analog signal → speech, music, pictures
		digital signal → computer data

1.1.2 Analog communication model

The analog waveform is transmitted in the analog communication system. The analog communication system model is shown in Figure 1.1.2.

Modulation is defined as a process by which some characteristics of a carrier are varied in accordance with a modulating wave.

Demodulation is the reverse of the modulation process. At the receiving end of the system, we usually require the original baseband signal to be recovered. This is

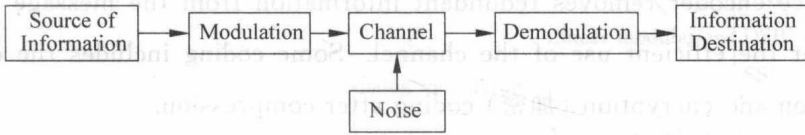


Figure 1.1.2 Analog Communication System Model

accomplished by modulation.

Baseband signals (基带信号): information-bearing signals which are also referred to as baseband signals.

Passband signals (带通信号): the modulated signals (已调信号).

Two reasons for studying analog communication are:

(1) As long as we hear and see analog communication around us via radio and television, we need to understand that how these communication systems work. Moreover, the study of analog modulation motivates other digital modulation schemes.

(2) Analog devices and circuits have a natural affinity for operating at very high speed and they consume very little power compared to their digital counterparts. Accordingly, the implementation of high-speed or very low-power communication systems dictates the use of an analog approach.

1.1.3 Digital communication model

In digital communication system, the transmitted information is digital signal. Many digital communication systems can be summarized in the following model as shown in Figure 1.1.3.

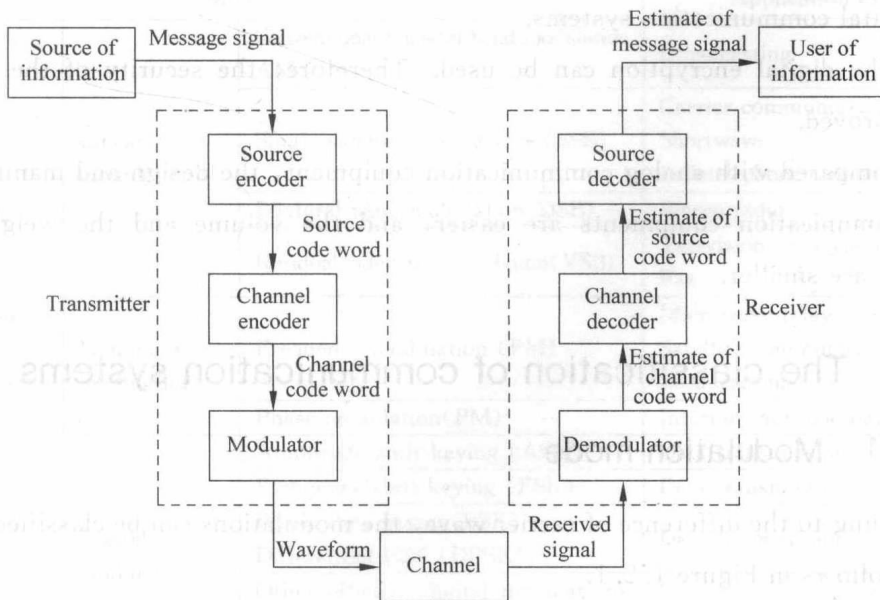


Figure 1.1.3 Digital Communication system model

The source encoder removes redundant information from the message signal and is responsible for the efficient use of the channel. Some coding includes the compression, A/D conversion and encryption (加密) coding after compression.

The purpose of the channel coding is to improve the reliability of the signal transmission.

The main purpose of modulation is to make the characteristics of the coded signal adaptive to the channel, and let the modulated signal be successfully transmitted over the channel.

Finally, the common time standard between the transmitter and the receiver is essential in order to know the exact beginning and ending instants of each symbol in the received digital signals. Therefore, there must be a synchronization (同步) circuit in the receiver, which is used to extract the symbol synchronization information from the transmitted signals. Three types of synchronization considered here are as follows: bit synchronization (位同步), symbol synchronization (码元同步) and code-word synchronization (码字同步).

Advantages of digital communication:

- (1) High anti-interference ability and a decision-making deceiver at the receiver.
- (2) Each repeater in the line of retransmissions may reshape the distorted signal, so the accumulation of waveform distortion along the line can be eliminated.
- (3) Error correcting techniques, such as error-correcting coding (纠错码), can be used in digital communication systems.
- (4) The digital encryption can be used. Therefore, the security of the system is greatly improved.
- (5) Compared with analog communication equipment, the design and manufacture of digital communication equipments are easier, and the volume and the weight of the equipments are smaller.

1.2 The classification of communication systems

1.2.1 Modulation mode

According to the difference of carrier wave, the modulations can be classified different types, as follows in Figure 1.2.1.