



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

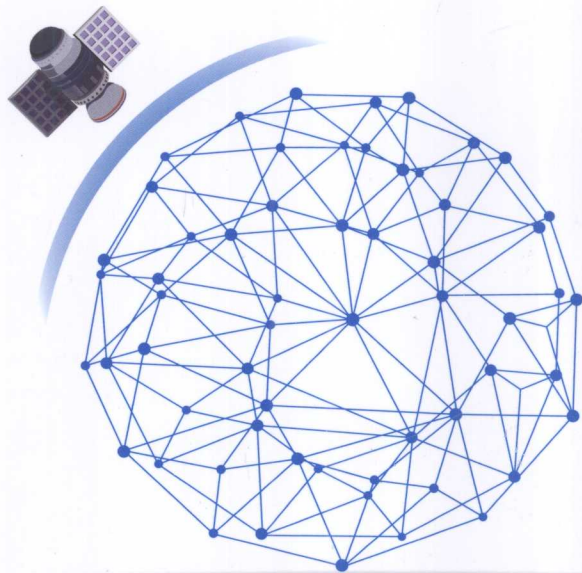
Communication Principles
(Second Edition)

通信原理

(第2版)

张甫翊 徐炳祥 吴成柯 编著

Zhang Fuyi Xu Bingxiang Wu Chengke



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

Communication Principles
(Second Edition)

通信原理

(第2版)

张甫翊 徐炳祥 吴成柯 编著

Zhang Fuyi Xu Bingxiang Wu Chengke

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书深入和系统地讨论现代通信系统中涉及的基本理论和分析方法。内容涵盖模拟通信和数字通信,但侧重数字通信。

全书共 13 章,内容涉及通信系统的基本概念、确定性信号、随机过程、信道、模拟通信系统、数字基带传输、正弦载波数字传输、模拟信号的数字传输、数字信号最佳接收、差错控制编码、伪随机序列、同步、通信网等。各章均设有习题和思考题,书后附有部分习题答案。

本书内容丰富,取材恰当,讲述由浅入深、简明透彻,概念清楚,注重理论联系实际,既便于教学也方便广大工程技术人员参考。

本书可作为“通信原理”课程的本科生和研究生教材,也可作为研究生入学考试的参考书,还可作为相关大学教师和科学技术人员的参考资料。

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/张甫翔,徐炳祥,吴成柯编著.--2 版.--北京:清华大学出版社,2016
高等学校电子信息类专业系列教材
ISBN 978-7-302-44092-5

I. ①通… II. ①张… ②徐… ③吴… III. ①通信理论—高等学校—教材 IV. ①TN911
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 132431 号

责任编辑:文 怡
封面设计:李召霞
责任校对:时翠兰
责任印制:沈 露

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:28.5 字 数:653 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 2016 年 9 月第 2 版 印 次:2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.00 元

产品编号:069485-01

高等学校电子信息类专业系列教材

— 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	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

— 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	国防科学技术大学	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	第二炮兵工程大学
	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	中科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
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	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	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳伟	香港理工大学
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的不不断发展,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) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,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。未来电子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。

吕志伟 教授

第2版前言

PREFACE

本书初版于2012年1月出版后,在许多大学中使用,这让我们积累了更多的教学经验,也发现了书中的一些差错,于是决定对初版作修订。这次修订多达百余处,将进一步改善本书的使用效果。

需要指出的是,第2版仍然继承了参考文献[5]和初版的优点,而且教师们原有配合初版的讲稿,大部分在第2版中可继续使用。此外,配合初版的《通信原理学习辅导,张甫翊等编著,清华大学出版社》一书,仍可完全配合第2版进行使用。

本书将列入“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”也是驱动本次修订的一个因素。

最后,恳请读者多提出批评意见。在这里对多年来关心本书并提出修改意见的读者表示衷心的感谢。

编者

于西安电子科技大学

(fuyi_zhang@sina.com)

第1版前言

PREFACE

《通信原理》自1980年第1版出版起,作为全国高校电子信息类专业的规划教材,每5年修订一次,已出版了5版。三十年来深受读者欢迎。曾于1983年、1987年和1988年获得过三项级别较高的荣誉,尤其是第5版获得了2005年陕西普通高等学校优秀教材一等奖。这本《通信原理》是在国防工业出版社出版的《通信原理(第5版)》的基础上重新编写的。

全书共13章,主要内容包括模拟通信和数字通信,但侧重数字通信。全部内容分为三部分。第一部分,第1~5章,阐述通信基础知识和模拟通信原理,其中第2章和第3章扼要介绍本书其他章节所需的确定性信号、随机过程与噪声分析原理;第二部分,第6~9章,论述数字通信、模拟信号数字化和数字信号最佳接收原理;第三部分,第10~13章,讨论通信中的编码、同步和伪随机序列等技术,并简要叙述通信网的概念。各章有习题和思考题,书后附有部分习题答案。

本书保留了《通信原理》(第5版)教材的优点;增加第2章“确定性信号”,以加强学习本课程所必备的基础知识;删掉不适合的内容,以突出重点;对许多章节修改和补充了相当多的内容,以增强严谨性和系统性及适应通信事业的发展。

本书参考学时数为90学时。教师也可根据需要灵活安排较少学时,比如46学时,仅讲授本书前几个章节。根据学生先修课程情况,第2章可少讲或不讲,第3章大部分可少讲,多让学生自修和复习。在教学过程中,尚需配合一定的示教和实验。本书主要编者还编写《通信原理学习辅导》与本书配套并交付由清华大学出版社出版。

本书编著者有张甫翊、徐炳祥和吴成柯。由张甫翊定稿,统编全书。

1980年以来,全国上百所高等院校选用了《通信原理》前五版书作为大学本科和研究生的教科书或参考书,并提出许多宝贵意见,使本书不断完善。对此表示诚挚的感谢。

本书在编写中得到西安电子科技大学通信工程学院和综合业务网国家重点实验室的大力支持,对此表示感谢。

由于编者水平所限,书中难免有不当或错误之处,诚心希望读者指正。编者的电子邮件地址: fuyi_zhang@sina.com

编者

2011年10月

目录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 通信系统的组成	1
1.2.1 一种简化的电通信系统模型	1
1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统	2
1.3 通信系统的分类及通信方式	5
1.3.1 通信系统的分类	5
1.3.2 通信方式	6
1.4 信息及其度量	8
1.5 通信系统的主要性能指标	10
1.5.1 模拟通信系统主要传输性能指标	11
1.5.2 数字通信系统主要传输性能指标	11
思考题	12
习题	13
第 2 章 确定性信号	15
2.1 确定性信号的类型	15
2.2 确定性信号的频域分析	16
2.2.1 周期信号的傅里叶级数	16
2.2.2 能量信号的傅里叶变换	19
2.2.3 功率信号的傅里叶变换	20
2.2.4 能量谱密度和功率谱密度	24
2.3 确定性信号的时域分析	25
2.3.1 互相关函数	26
2.3.2 自相关函数	26
2.3.3 相关函数的性质	26
思考题	27
习题	28
第 3 章 随机过程	29
3.1 引言	29
3.2 随机过程的基本特性	29
3.2.1 随机过程的分布函数	30
3.2.2 随机过程的数字特征	30

3.3	平稳随机过程	31
3.3.1	狭义平稳随机过程和广义平稳随机过程	31
3.3.2	平稳过程的自相关函数和功率谱密度	32
3.4	各态历经过程	34
3.5	高斯随机过程	35
3.5.1	高斯过程的概率密度	36
3.5.2	高斯过程的重要性质	36
3.5.3	高斯平稳过程的一维分布	37
3.6	平稳随机过程通过恒参线性系统	38
3.7	窄带随机过程	39
3.8	白噪声、低通白噪声和带通白噪声	43
3.8.1	白噪声	43
3.8.2	低通白噪声	43
3.8.3	带通白噪声	45
3.9	窄带随机过程加正弦波	45
	思考题	48
	习题	48
第4章	信道	51
4.1	引言	51
4.2	信道的分类	51
4.3	调制信道和编码信道的数学描述	52
4.3.1	调制信道模型	52
4.3.2	编码信道	53
4.4	有线信道和无线中继及卫星中继	54
4.4.1	有线信道	54
4.4.2	无线信道	57
4.5	恒参信道的传输分析	58
4.6	短波信道和对流层散射信道	60
4.6.1	短波电离层反射信道	60
4.6.2	对流层散射信道	62
4.7	随参信道传输的分析	63
4.8	通信系统中的噪声	65
4.8.1	噪声分类	66
4.8.2	热噪声	66
4.8.3	散弹噪声	67
4.8.4	宇宙噪声	68
4.8.5	带通型噪声及噪声等效带宽	68
4.9	信道容量	68
4.9.1	离散信道的信道容量	69
4.9.2	连续信道的信道容量	71
	思考题	73
	习题	73

第 5 章 模拟调制通信系统	75
5.1 引言	75
5.2 线性调制原理	76
5.2.1 标准调幅信号	76
5.2.2 抑制载波双边带(DSB-SC)信号	78
5.2.3 单边带(SSB)信号	79
5.2.4 残留边带(VSB)信号	81
5.3 线性调制通信系统的抗噪声性能	82
5.3.1 线性调制信号的解调	82
5.3.2 线性调制接收系统的抗噪性能	84
5.4 非线性调制和解调原理	89
5.4.1 非线性调制原理	89
5.4.2 FM 信号的解调原理	93
5.5 鉴频接收系统的抗噪性能	94
5.5.1 分析模型和输入信噪比	95
5.5.2 大信噪比时鉴频解调增益	95
5.5.3 小信噪比时鉴频解调的门限效应	97
5.6 模拟传输系统的性能比较	98
5.7 频分复用和多级调制及复合调制	99
5.7.1 频分复用	99
5.7.2 多级调制及复合调制	101
思考题	101
习题	102
第 6 章 数字基带传输系统	105
6.1 引言	105
6.2 数字基带信号及其频谱特性	106
6.2.1 常见的数字基带信号码波形	106
6.2.2 基带信号的频谱特性	107
6.3 基带传输用的常见码型	113
6.4 基带脉冲传输模型	116
6.5 无码间串扰的基带传输特性	118
6.5.1 无 ISI 的基带传输特性	118
6.5.2 无 ISI 传输特性 $H(\omega)$ 的设计	119
6.6 基带传输系统的抗噪声性能	122
6.7 眼图	124
6.8 时域均衡	126
6.8.1 时域均衡原理	126
6.8.2 衡量 ISI 的准则和横向滤波器设计	130
6.8.3 均衡器的实现	132
6.9 部分响应系统	134
6.9.1 第 I 类部分响应波形	134
6.9.2 常见的部分响应系统	136

思考题	138
习题	139
第7章 正弦载波数字调制通信系统	144
7.1 引言	144
7.2 二进制数字调制和解调原理	145
7.2.1 二进制幅移键控(2ASK)调制和解调	145
7.2.2 二进制频移键控(2FSK)调制和解调	147
7.2.3 二进制相移键控(2PSK)及二进制差分相移键控(2DPSK)调制和解调	151
7.3 二进制数字调制通信系统的抗噪声性能	154
7.3.1 通断键控(OOK)通信系统的抗噪声性能	155
7.3.2 2FSK 通信系统的抗噪声性能	160
7.3.3 2PSK 及 2DPSK 通信系统的抗噪声性能	163
7.4 二进制数字调制通信系统的性能比较	167
7.5 多进制数字调制通信系统	169
7.5.1 MASK 通信系统原理及抗噪声性能	169
7.5.2 MFSK 通信系统原理及抗噪声性能	173
7.5.3 多进制相位调制通信系统原理及抗噪声性能	175
7.5.4 振幅相位键控(APK)通信系统原理	184
7.6 改进的数字调制方式	187
7.6.1 最小频移键控(MSK)	187
7.6.2 高斯最小频移键控(GMSK)方式	192
7.6.3 扩谱调制及并发 FSK 调制方式	193
7.6.4 时频调制方式	194
思考题	196
习题	197
第8章 模拟信号的数字传输	200
8.1 引言	200
8.2 抽样定理	200
8.2.1 低通模拟信号抽样	201
8.2.2 带通模拟信号抽样	203
8.3 脉冲振幅调制(PAM)	206
8.4 模拟信号的量化	208
8.4.1 均匀量化	209
8.4.2 非均匀量化	210
8.5 脉冲编码调制(PCM)	218
8.5.1 PCM 原理	219
8.5.2 PCM 系统的抗噪声性能	225
8.6 差分脉冲编码调制(DPCM)系统	228
8.7 增量调制	230
8.7.1 增量调制原理	231
8.7.2 ΔM 系统中的量化噪声	233
8.8 DPCM 系统中的量化噪声	235

8.9 时分复用和多路数字电话系统	236
8.9.1 TDM 数字电话通信系统的组成	238
8.9.2 数字电话系统帧结构和传码率	239
8.9.3 数字通信系统中的复接	241
8.10 话音和图像的压缩编码	242
8.10.1 话音压缩编码	242
8.10.2 图像压缩编码	245
思考题	246
习题	247
第 9 章 数字信号的最佳接收	250
9.1 引言	250
9.2 数字信号接收的统计描述	250
9.3 关于最佳接收的准则	252
9.4 确知信号的最佳接收	254
9.4.1 二进制确知信号的最佳接收机	255
9.4.2 二进制确知信号最佳接收机的性能	256
9.4.3 二进制确知信号的最佳形式	259
9.4.4 多进制确知信号的最佳接收机及其性能	260
9.5 随相信号的最佳接收	263
9.5.1 二进制随相信号的最佳接收机	263
9.5.2 二进制随相信号最佳接收机的性能	266
9.6 起伏信号的最佳接收	268
9.7 普通接收机与最佳接收机的性能比较	271
9.8 匹配滤波器	272
9.8.1 匹配滤波器的原理	272
9.8.2 匹配滤波器的实现	276
9.8.3 匹配滤波器在最佳接收中的应用	281
9.9 最佳基带传输系统	283
9.9.1 理想信道下的最佳基带传输系统	283
9.9.2 非理想信道下的最佳基带传输系统	286
思考题	287
习题	288
第 10 章 差错控制编码	290
10.1 引言	290
10.2 纠错编码的基本原理	293
10.3 常用的简单码	296
10.4 线性分组码	299
10.5 循环码	304
10.5.1 循环码原理	304
10.5.2 循环码的编、解码方法	307
10.5.3 缩短循环码	311

10.5.4	BCH 码	311
10.5.5	里德-索洛蒙码	313
10.6	卷积码	314
10.6.1	卷积码的图形描述	315
10.6.2	卷积码的解析表示	317
10.6.3	卷积码译码	323
10.7	网格编码调制	327
	思考题	330
	习题	330
第 11 章	伪随机序列	333
11.1	引言	333
11.2	m 序列	333
11.2.1	m 序列的产生	333
11.2.2	m 序列的性质	339
11.2.3	随机噪声序列和伪噪声序列	342
11.3	其他伪随机序列	342
11.3.1	M 序列	342
11.3.2	二次剩余序列	344
11.4	伪随机序列的应用	345
11.4.1	误码率测量	345
11.4.2	时延测量	346
11.4.3	扩展频谱通信	347
11.4.4	分离多径技术	349
11.4.5	数据序列的加扰与解扰	351
11.4.6	通信加密及噪声产生器	353
	思考题	355
	习题	356
第 12 章	同步原理	357
12.1	引言	357
12.2	载波同步的方法	357
12.2.1	载波同步时插入导频法	358
12.2.2	载波同步时直接法	361
12.3	载波同步系统的性能	363
12.3.1	稳态相差	363
12.3.2	随机相差	364
12.3.3	同步建立时间和保持时间	365
12.4	载波相位误差对解调性能的影响	366
12.5	位同步的方法	367
12.5.1	位同步时插入导频法	367
12.5.2	位同步时的直接法	368
12.6	位同步系统的性能及其相位误差对误码率的影响	375

12.6.1	数字锁相相位同步系统的性能	375
12.6.2	位同步相位误差对误码率的影响	377
12.7	群同步	378
12.7.1	起止式同步法	378
12.7.2	连贯式插入法	379
12.7.3	间隔式插入法	380
12.7.4	群同步系统的性能	382
12.7.5	群同步的保护	384
12.7.6	自群同步	386
12.8	扩展频谱系统同步	387
12.8.1	初始同步	387
12.8.2	跟踪	389
12.9	网同步的基本概念	391
12.9.1	主从同步法	392
12.9.2	相互同步法	392
12.9.3	码速调整法	392
12.9.4	水库法	394
	思考题	394
	习题	395
第 13 章	通信网	398
13.1	引言	398
13.2	通信网的分类和交换原理	398
13.2.1	通信网的分类	398
13.2.2	通信网中的交换	399
13.3	通信网的拓扑结构、协议和网举例	402
13.3.1	网拓扑	402
13.3.2	信令和协议	404
13.3.3	多路复用及接口标准	408
13.3.4	局域网	410
13.4	综合业务数字网(ISDN)	414
13.4.1	窄带综合业务数字网	415
13.4.2	宽带综合业务网	416
13.4.3	ATM 复用原理	416
13.4.4	ATM 交换原理	417
	思考题	418
附录	420
附录 A	PCM 量化误差功率谱公式的证明	420
附录 B	补误差函数表	424
附录 C	Q 函数	425
附录 D	中英文缩写名词对照表	426
附录 E	部分习题答案	430
参考文献	435

1.1 引言

在两地之间迅速而准确地传递信息是通信的任务。

信息交流是人类社会活动和发展的基础,通信是推动人类社会文明、进步和发展的巨大动力。从信息源形式看,人类经历了语言方式交流、语言文字方式交流、语言文字和印刷品交流、多种方式交流等发展阶段;从通信的手段看,人类经历了人力-马力-烽火台传递信息、电子传递信息和光电传递信息等步步向前的阶段。目前人类已进入信息时代,随着现代科学技术和现代经济的发展,现已建立起全球通信网。

现代通信与传感技术、计算机技术紧密结合,成为了整个社会的高级“神经中枢”,使人类已建立起的世界性全球通信网或地区部门通信网成为各国现代经济的最重要的基础结构之一。一般来说,社会生产力水平要求社会通信水平与之相适应。可以说,没有现代通信就没有现代经济的高速发展。可见,通信是十分重要的领域。

本书讨论信息的传输、交换及通信网的基本原理,但侧重信息传输原理。在深入讨论上述内容之前,本章简要讨论通信系统的组成、分类、通信方式、信息度量和主要性能指标,给出通信系统的最初步的基础知识。

1.2 通信系统的组成

1.2.1 一种简化的电通信系统模型

通信系统的目的是有效而可靠地把被称为信源的消息或信息通过一通路传输给被称为信宿的终端用户。信源和信宿通常远隔两地。为完成上述目的,存在一种简化的电通信系统模型,如图 1-1 所示。

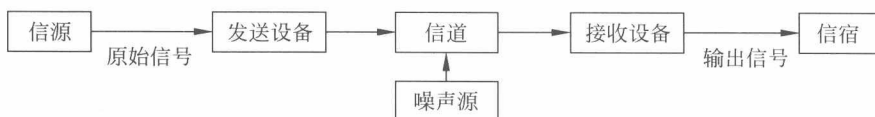


图 1-1 一种简化的电通信系统模型

图中信源可以是话筒、摄像机、电传机或计算机等。信源将消息转换成电或光信号。消息是信息的物理表现,它有不同形式,比如文字、符号、数据、语音和图片或活动图像等。根据所传递消息的不同,目前通信业务可分为电报、电话、传真、数据传输及可视电话等。如果从广义的角度看,则广播、电视、雷达、导航、遥测遥控等也可列入通信的范畴。信源输出的电或光信号常被称为原始信号。

发送设备对原始信号起到放大、滤波或调制等作用。即:放大以满足发送功率要求;滤波以消除谐波干扰;调制以使设备的输出信号适合在信道中传输和提高传输的抗干扰能力。

这里的信道是物理媒质,是传输发送设备的输出信号至接收设备之通道。它可以是大气空间或宇宙空间,也可以是传导线体如双绞线、架空明线、同轴电缆及光纤等。

接收设备对信道的输出信号起放大、滤波或解调等作用。即:放大以获得需要的电平;滤波以增强抗噪声性能;解调是发端调制的反变换,以便良好抑制噪声和恢复发端原始信号。解调器将已恢复的原始信号输出给信宿,于是完成原始消息信号的传输过程。

信宿,有时称受信者,可以是扬声器、显像器、电传打字机或计算机等。

图 1-1 中的噪声源是信道中噪声及分散在通信系统其他各处噪声的集中表示。

上述模型概括地反映了通信系统的共性。根据研究对象及所关心的问题不同将会使用更详细和具体的通信系统模型。对通信原理的讨论就是围绕通信系统模型而展开的。

1.2.2 模拟通信系统和数字通信系统

通信传输的消息是多种多样的,可以是符号、文字、语音、图像等。各种不同的消息可以分成两类:一类称作离散消息;另一类称作连续消息。离散消息是指消息的状态是可数的或离散型的,比如符号、文字或数据等。离散消息也称为数字消息。而连续消息则是其状态连续变化的消息,例如,连续变化的语音、图像等。连续消息也称为模拟消息。

为了传递消息,各种消息需要转换成电或光信号。由图 1-1 的通信过程看到,消息与电信号之间必须建立单一的对应关系,否则在接收端就无法复制出原来的消息。通常,把消息装载于电信号的某一参量上,如果电信号的该参量携带着离散消息,则该参量必将是离散取值的。这样的信号就称为数字信号。例如,计算机输出的信号就是数字信号,见图 1-2 的 $m(t)$ 。如果电信号的参量连续取值,则称这样的信号为模拟信号。例如,普通电话机输出的信号 $m(t)$ 就是模拟信号,见图 1-3。按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可以相应地把通信系统分成两类:模拟通信系统和数字通信系统。

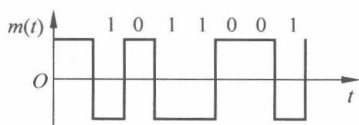


图 1-2 某计算机信号

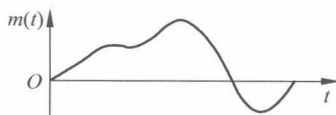


图 1-3 某语音信号

还需指出,可以先把模拟信号变换成数字信号(这种变换称作模拟-数字变换),经数字通信方式传输后,在接收端再进行相反变换(即数字-模拟变换),以还原出模拟信号。此时的通信系统通常仍称为数字通信系统。