

- 中国高等职业技术教育研究会推荐
- 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

通信原理

朱海凌 编著
强世锦 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

□ 中国高等职业技术教育研究会推荐

高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

通 信 原 理

朱海凌 编著

强世锦 主审

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书以现代通信系统为背景,全面介绍通信系统的一般模型和通信技术的基本原理,内容包括通信基本理论、信号论基础知识、模拟通信系统、数字通信系统、差错控制编码和同步原理。

本书内容简练,理论联系实际,对基本原理的分析深入浅出,并配有大量的典型例题和习题,便于自学。

本书可作为高职高专通信工程专业和电子类相关专业的教材,也可以作为自学教材。

★ 本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

通信原理/朱海凌编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2009.5

中国高等职业技术教育研究会推荐. 高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2218-7

I. 通… II. 朱… III. 通信理论—高等学校:技术学校—教材 IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 028755 号

策 划 马乐惠

责任编辑 徐德源 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2009年5月第1版 2009年5月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 13

字 数 301千字

印 数 1~4000册

定 价 18.00元

ISBN 978-7-5606-2218-7/TN·0497

XDUP 2510001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

序

进入 21 世纪以来,高等职业教育呈现出快速发展的形势。高等职业教育的发展,丰富了高等教育的体系结构,突出了高等职业教育的类型特色,顺应了人民群众接受高等教育的强烈需求,为现代化建设培养了大量高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。目前,高等职业教育在我国社会主义现代化建设事业中发挥着越来越重要的作用。

教育部 2006 年下发了《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》,其中提出了深化教育教学改革,重视内涵建设,促进“工学结合”人才培养模式改革,推进整体办学水平提升,形成结构合理、功能完善、质量优良、特色鲜明的高等职业教育体系的任务要求。

根据新的发展要求,高等职业院校积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位群任职要求,参照相关职业资格标准,改革课程体系和教学内容,建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量,不断更新教学内容,而实施具有工学结合特色的教材建设是推进高等职业教育改革发展的重要任务。

为配合教育部实施质量工程,解决当前高职高专精品教材不足的问题,西安电子科技大学出版社与中国高等职业技术教育研究会在前三轮联合策划、组织编写“计算机、通信电子、机电及汽车类专业”系列高职高专教材共 160 余种的基础上,又联合策划、组织编写了新一轮“计算机、通信、电子类”专业系列高职高专教材共 120 余种。这些教材的选题是在全国范围内近 30 所高职高专院校中,对教学计划和课程设置进行充分调研的基础上策划产生的。教材的编写采取在教育部精品专业或示范性专业的高职高专院校中公开招标的形式,以吸收尽可能多的优秀作者参与投标和编写。在此基础上,召开系列教材专家编委会,评审教材编写大纲,并对中标大纲提出修改、完善意见,确定主编、主审人选。该系列教材以满足职业岗位需求为目标,以培养学生的应用技能为着力点,在教材的编写中结合任务驱动、项目导向的教学方式,力求在新颖性、实用性、可读性三个方面有所突破,体现高职高专教材的特点。已出版的第一轮教材共 36 种,2001 年全部出齐,从使用情况看,比较适合高等职业院校的需要,普遍受到各学校的欢迎,一再重印,其中《互联网实用技术与网页制作》在短短两年多的时间里先后重印 6 次,并获教育部 2002 年普通高校优秀教材奖。第二轮教材共 60 余种,在 2004 年已全部出齐,有的教材出版一年多的时间里就重印 4 次,反映了市场对优秀专业教材的需求。前两轮教材中有十几种入选国家“十一五”规划教材。第三轮教材 2007 年 8 月之前全部出齐。本轮教材预计 2008 年全部出齐,相信也会成为系列精品教材。

教材建设是高职高专院校教学基本建设的一项重要工作。多年来,高职高专院校十分重视教材建设,组织教师参加教材编写,为高职高专教材从无到有,从有到优、到特而辛勤工作。但高职高专教材的建设起步时间不长,还需要与行业企业合作,通过共同努力,出版一大批符合培养高素质技能型专门人才要求的特色教材。

我们殷切希望广大从事高职高专教育的教师,面向市场,服务需求,为形成具有中国特色和高职教育特点的高职高专教材体系作出积极的贡献。

中国高等职业技术教育研究会会长

2007 年 6 月



高职高专电子、通信类专业“十一五”规划教材

编审专家委员会名单

主 任：温希东（深圳职业技术学院副校长 教授）

副主任：马晓明（深圳职业技术学院通信工程系主任 教授）

余 华（武汉船舶职业技术学院电子电气工程系主任 副教授）

电子组 组 长：余 华(兼)（成员按姓氏笔画排列）

于宝明（南京信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副研究员）

马建如（常州信息职业技术学院电子信息工程系副主任 副教授）

刘 科（苏州职业大学信息工程系 副教授）

刘守义（深圳职业技术学院 教授）

许秀林（南通职业大学电子系副主任 副教授）

高恭娴（南京信息职业技术学院电子信息工程系 副教授）

余红娟（金华职业技术学院电子系主任 副教授）

宋 烨（长沙航空职业技术学院 副教授）

李思政（淮安信息职业技术学院电子工程系主任 讲师）

苏家健（上海第二工业大学电子电气工程学院 教授）

张宗平（深圳信息职业技术学院电子通信技术系 高级工程师）

陈传军（金陵科技学院电子系主任 副教授）

姚建永（武汉职业技术学院电信学院院长 副教授）

徐丽萍（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

涂用军（广东科学技术职业学院机电学院副院长 副教授）

郭再泉（无锡职业技术学院自动控制与电子工程系主任 副教授）

曹光跃（安徽电子信息职业技术学院电子工程系主任 副教授）

梁长垠（深圳职业技术学院电子工程系 副教授）

通信组 组 长：马晓明(兼)（成员按姓氏笔画排列）

王巧明（广东邮电职业技术学院通信工程系主任 副教授）

江 力（安徽电子信息职业技术学院信息工程系主任 副教授）

余 华（南京信息职业技术学院通信工程系 副教授）

吴 永（广东科学技术职业学院电子系 高级工程师）

张立中（常州信息职业技术学院 高级工程师）

李立高（长沙通信职业技术学院 副教授）

林植平（南京工业职业技术学院电气与自动化系 高级工程师）

杨 俊（武汉职业技术学院通信工程系主任 副教授）

俞兴明（苏州职业大学电子信息工程系 副教授）

项目策划 马乐惠

策 划 张 媛 薛 媛 张晓燕

前

言

本书立足于高职高专教育体系，本着“够用为度”的原则，在内容上适应高职高专教育注重实际应用能力培养的特点，突出实际应用；在问题的阐述上，避免过多的理论推导，力求简明扼要，通俗易懂，将基础理论部分进行适当简化合并。全书共分8章，包括通信原理概述、信号分析、模拟信号的调制传输、模拟信号的数字化、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、差错控制编码和同步原理等内容。在每章末配有小结和习题，有些章还配有相应的实训项目，以加深对所述内容的学习。

本书的另一特点是以图形方式替代传统的数学推导，以感性方式理解通信原理中的概念。在内容上以两条线贯穿全文，一个以系统为主线，一个以质量指标为主线，两者统一，以质量指标来比较各系统的优劣，最后以同步原理来统筹全文，让学生理解通信系统中各种同步之间的关系。

本书由朱海凌、林琪、王永学、叶礼兵编写，朱海凌对全书进行了统稿。

吴粤湘、李昌斌对本书的编写给予了大力支持，武汉职业技术学院强世锦担任本书的主审，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏，敬请读者批评指正。

编 者
2009.1

目

录

第 1 章 通信原理概述	1
1.1 引言	2
1.2 通信系统的组成	2
1.3 通信系统的分类及通信方式	4
1.3.1 信号的分类	4
1.3.2 通信系统的分类	6
1.3.3 通信方式	8
1.4 通信系统的质量指标	10
1.5 现代通信的发展方向	12
本章小结	13
习题	14
第 2 章 信号分析	17
2.1 确知信号的分析	18
2.1.1 周期性信号与傅立叶级数	18
2.1.2 非周期性信号与傅立叶变换	22
2.1.3 信号的功率谱与能量谱	24
2.2 随机信号的分析	28
2.2.1 概率与随机变量	28
2.2.2 随机变量的数字特征	30
2.3 信道与噪声	32
2.3.1 信道的定义和模型	33
2.3.2 高斯白噪声	34
2.4 信息及其信息量	35
2.4.1 信息量	35
2.4.2 平均信息量	37
本章小结	38
习题	38
实训 1 观察 AM/FM 波形实验	41
第 3 章 模拟信号的调制传输	42
3.1 模拟信号的线性调制	44
3.1.1 常规双边带调制	45
3.1.2 抑制载波的双边带调制(DSB-SC)	48
3.1.3 单边带调制	50
3.1.4 残留边带调制	50
3.2 线性调制的解调与抗噪声性能	52
3.2.1 线性调制的解调方式	52

3.2.2 线性调制的抗噪声性能	53
3.3 模拟信号的非线性调制	57
3.3.1 基本概念	57
3.3.2 窄带频率调制(FM)	59
3.3.3 宽带频率调制(WBFM)	60
3.4 非线性调制信号的解调与抗噪声性能	62
3.4.1 调频信号的解调方式	62
3.4.2 调频信号的抗噪声性能	63
3.4.3 模拟调制系统的性能比较	63
3.5 频分复用(FDM)	64
3.6 模拟调制系统的应用	65
本章小结	66
习题	66
第4章 模拟信号的数字化	68
4.1 抽样定理及脉冲幅度调制(PAM)	69
4.1.1 抽样定理	69
4.1.2 脉冲幅度调制(PAM)	71
4.2 模拟信号的量化	73
4.2.1 均匀量化	74
4.2.2 非均匀量化	74
4.3 脉冲编码调制(PCM)	77
4.4 增量调制(ΔM)	79
4.5 时分复用(TDM)	81
本章小结	82
习题	82
实训2 PAM实验	83
实训3 PCM实验	85
实训4 帧结构提取实验	87
第5章 数字信号的基带传输	90
5.1 数字基带传输的基本码型及其功率谱	91
5.1.1 码型设计原则	91
5.1.2 二元码	92
5.1.3 三元码	96
5.1.4 多元码	97
5.2 数字基带信号的频谱特性	98
5.3 数字基带传输系统的无码间串扰的条件	102
5.3.1 数字基带传输中的码间串扰	102
5.3.2 无码间串扰的传输条件	103
5.4 数字基带传输系统的误码率	109
5.4.1 数字基带传输系统接收端的抽样判决	109
5.4.2 无码间串扰条件下数字基带传输系统的误码率	110
5.5 眼图及其应用	112
本章小结	114

习题	114
实训 5 AMI/HDB ₃ 码实验	116
实训 6 眼图观察实验	118
第 6 章 数字信号的频带传输	121
6.1 二进制幅度键控(2ASK)系统	123
6.1.1 二进制幅度键控的调制机理	123
6.1.2 二进制幅度键控的信号解调	126
6.2 二进制频移键控(2FSK)系统	127
6.2.1 二进制频移键控的调制机理	127
6.2.2 二进制频移键控(FSK)信号的解调	131
6.3 二进制相移键控(2PSK)系统	133
6.3.1 二进制绝对相移键控(2PSK)信号的调制	133
6.3.2 二进制绝对相移键控(2PSK)信号的解调	134
6.3.3 二进制相对相移键控(2DPSK)信号的调制	136
6.3.4 二进制相对相移键控(2DPSK)信号的解调	136
6.4 二进制键控调制方式的性能比较	138
6.4.1 2ASK 信号的抗噪声性能	138
6.4.2 2FSK 信号的抗噪声性能	139
6.4.3 2PSK 信号的抗噪声性能	139
6.4.4 二进制数字调制系统的性能比较	140
6.5 多进制键控调制方式	141
6.5.1 多进制幅度键控调制(MASK)	141
6.5.2 多进制频移键控调制(MFSK)	142
6.5.3 多进制相移键控调制(MPSK)	143
6.6 现代先进数字调制技术简介	146
6.6.1 正交振幅调制(QAM)	146
6.6.2 交错正交相移键控(OQPSK)	148
6.6.3 最小频移键控(MSK)	149
6.6.4 高斯最小频移键控(GMSK)	150
本章小结	151
习题	152
实训 7 差分相移键控(DBPSK)实验	153
实训 8 频移键控(FSK)实验	154
第 7 章 差错控制编码	156
7.1 差错控制编码的基本原理	157
7.2 差错控制方式	158
7.3 差错控制编码的分类	160
7.4 差错控制码	161
7.4.1 基本概念	161
7.4.2 常用的差错控制码	161
7.4.3 差错控制码的检错纠错能力	163
7.5 线性分组码	164
7.5.1 线性分组码的原理	164

7.5.2 循环码	165
7.5.3 汉明码	169
7.6 卷积码	172
本章小结	177
习题	178
实训 9 汉明码验证实验	180
第 8 章 同步原理	184
8.1 载波同步技术	185
8.1.1 直接法(自同步法)	185
8.1.2 插入导频法(外同步法)	186
8.1.3 载波同步的性能指标	187
8.2 位同步技术	188
8.2.1 直接位同步法(自同步法)	188
8.2.2 插入导频的位同步法(外同步法)	190
8.2.3 位同步系统的性能指标	191
8.3 群(帧)同步技术	192
8.3.1 起止同步法	192
8.3.2 连贯式插入法	193
本章小结	194
习题	195
实训 10 帧同步提取系统实验	195
附录 误差函数和互补函数表	197
参考文献	198

第1章 通信原理概述

本章内容

- 【1】通信系统的组成
- 【2】信号的分类、通信系统的分类及通信方式
- 【3】通信系统的质量指标
- 【4】现代通信的发展方向

本章重点

- 【1】通信的基本概念、通信系统的组成和分类，通信方式
- 【2】通信系统的质量指标

本章难点

- 【1】通信的工作原理
- 【2】模拟及数字通信系统的质量指标表示方式

本章学时
4 学时

学习本章的目的和要求

- 【1】理解通信和通信系统的一般概念
- 【2】了解信号和通信系统的分类方式
- 【3】掌握通信系统的质量指标及其表示方法
- 【4】了解现代通信的发展方向

1.1 引言

通信(Communication)是指不在同一地点的双方或多方之间进行迅速有效的信息传递。现代社会,可以说通信无处不在。比如电视、广播、电话、短信交流及用网络收发信件等等,都叫通信。我国古代的烽火传警、击鼓作战、鸣金收兵以及古希腊用火炬位置表示字母等,都是人类利用光和声音进行通信的实例。通信中的消息有很多种形式,如符号、文字、话音、图像、视频、数据等等,可以通过电通信和光通信的方式传递信息。

在各种各样的通信方式中,利用电磁波和光波来传递各种消息的通信方式就是通常所说的电信(Telecommunication)。电信具有信息传递迅速、准确、可靠,而且几乎不受时间和空间距离的限制等特点,因此电信技术得到飞速发展和广泛应用。现在我们所说的“通信”在通常意义上是指“电信”,本书也是如此。因此,现代通信就是利用光或电技术手段,借助光波或电磁波,实现从一地向另一地迅速而准确的信息传递。

1.2 通信系统的组成

通信系统(Communication System)是指为完成通信任务所需要的一切技术设备和传输媒质所构成的总体。

现在我们来看看无线广播通信系统是怎样工作的。首先播音员的语音信号通过麦克风传至发送设备,并将其调制到所发送的模式和频率,然后通过天线发送出去;接收机接收到的信号是非常微弱的中频或高频信号,将其解调成音频信号,通过放大由扬声器将其播放出来。一个普通的广播过程如图 1.2.1 所示。图 1.2.2 所示是一个调频(FM)收音机的工作原理框图,其接收的信号经过混频、中放、检波,解调为音频信号,经功放放大,由扬声器输出。它是无线广播通信系统的一个实例。

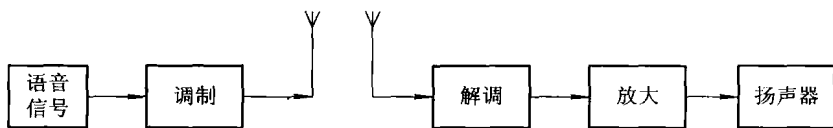


图 1.2.1 无线广播通信系统

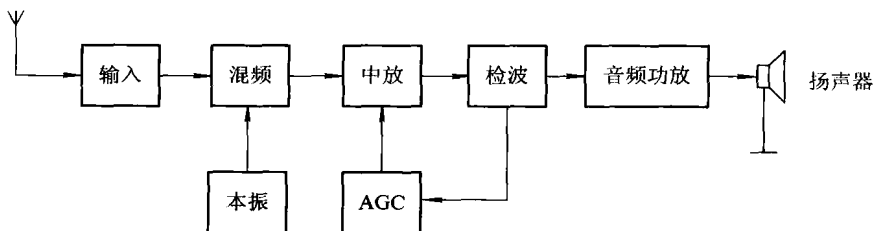


图 1.2.2 调频(FM)收音机的工作原理框图

我们知道信号不一定只是语音信号,也可以是符号、文字、音乐、数据、图片、活动图像等等,这些原始信息统统用一个名称来命名:信源。这些信号通常具有较低的频谱分量,我们称这种信号为基带信号。

无线广播通信系统中的调制是将基带信号附加到合适的载波信号上,以便在信道上进行传输。针对不同的系统有不同的处理方式,比如上面介绍的无线广播通信系统中的调制,是由发送设备完成此功能的。

由于消息存在着许多不同的类型以及不同的传输方法,因此产生了种类繁多的通信系统。为了分析消息传输的实质,可以把各类通信系统共性及其基本组成概括为一个一般模型。不管何种通信系统,信息总是由发送端通过信道传递到接收端的。因此,通信系统的一般模型如图 1.2.3 所示。

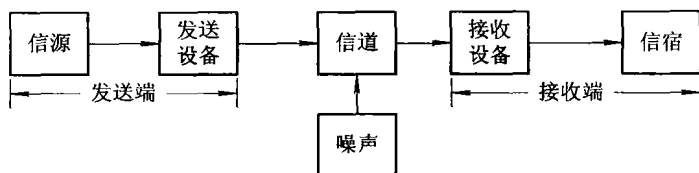


图 1.2.3 通信系统的一般模型

信源的作用是产生(形成)消息。消息可以是多种多样的,可以是语音、图像、数据、文字、符号等等。信源可以是有次序的符号序列,也可以是连续变换的时间函数,前者我们称为数字信号,后者称为模拟信号。传输模拟信号的通信系统,称为模拟通信系统,相应地,传输数字信号的通信系统,称为数字通信系统。

发送设备的作用是将消息与信道匹配起来,即将消息转换为适于信道传输的电信号,以便在信道中传输。转换方式是多种多样的,在需要频谱搬移的场合,调制是最常见的方式。有时,发送设备可能还包括为达到某些特殊要求而进行的各种处理,如多路复用、保密处理、纠错编码处理等等。

信道的作用是为信号由发送设备传输到接收设备提供传输媒介或途径,可以是有线的,也可以是无线的。在实际应用中,信道可以是包括传输设备的广义传输途径。在信道中,既可以给信号提供传输途径,也可以对传输的信号产生干扰和噪声,使信号产生畸变。

接收设备的作用则是完成发送设备的逆变换,它把接收的信号恢复为原始的信号,送到信宿。

信宿是信息到达的目的地,信息通过接收的信号还原为原始的消息,或执行某个动作,或进行显示。

信源和信宿位于通信系统的两端,故又称为终端设备。

噪声可以由消息的初始产生环境、构成变换器的电子设备、传输信道以及各种接收设备等所有信号传输环节中的一个或几个产生,为分析方便起见,在模型中把噪声集中由一个噪声源表示,在信道中以叠加方式引入。

根据研究的对象或关心的问题的不同,还可以出现不同形式的具体通信系统模型,比如雷达、声纳及地震法勘测等测量系统,如图 1.2.4 所示。

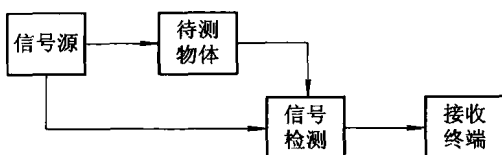


图 1.2.4 测量系统模型

这类系统主要由 4 个部分组成：信号源、待测物体(中介体)、信号检测(比较)部分和接收终端(显示)。此类系统中，信号源发出的信号是已知的，一路作为标准信号，另一路为经待测物体后变化的信号，根据两路信号的变化量来判断待测物体的特征，即通过系统主要测量信号经过中介体后的变化，来判断中介体的特征。

1.3 通信系统的分类及通信方式

1.3.1 信号的分类

信号的分类方法有很多，而这些方法之间也是相互关联的。常见的分类方法有以下 4 种。

1. 模拟信号和数字信号

根据信号的特征分类可将信号分为模拟信号和数字信号。

模拟信号是指幅度上取值连续的信号(幅值可由无限个数值表示)。时间上连续的模拟信号如正余弦信号、三角函数信号，图像(电视、传真)信号等，如图 1.3.1(a)所示，时间上有无数个点，同时也有无数个幅度。时间上离散的模拟信号是一种抽样信号。如图 1.3.1(b)所示，它是对图 1.3.1(a)的模拟信号每隔时间 T 抽样一次所得到的信号。虽然其波形在时间上是不连续的，但其幅度取值是连续的，所以仍是模拟信号，称之为脉冲幅度调制(PAM，简称脉幅调制)信号。

数字信号指幅度的取值是离散的，幅值表示被限制在有限个数值之内，如图 1.3.1(c)所示。二进制码就是一种数字信号。二进制码受噪声的影响小，易于由数字电路进行处理，所以得到了广泛的应用。

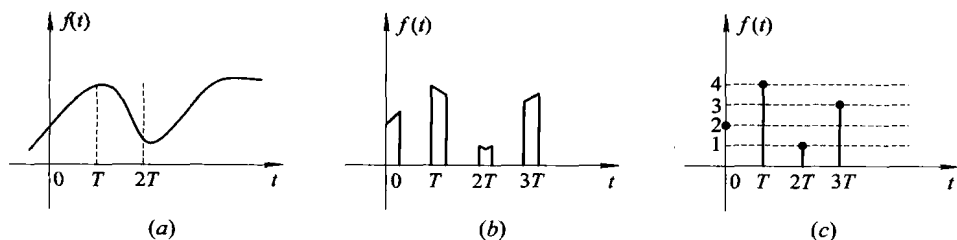


图 1.3.1 模拟信号和数字信号

2. 确知信号和随机信号

根据信号是否能够用明确的数学式子表达可分为确知信号和随机信号。

所谓确知信号是指可以用明确的数学式子表达的信号,又称为规则信号。图 1.3.2(a)所示为确知正弦波信号,其数学表达式为 $f(t) = \sin \omega t$, 其中 ω 为角频率, t 为时间。

有些信号没有确定的数学表示式,当给定一个时间值时,信号的值并不确定,通常只知道它取某一数值的概率,这种信号称为随机信号或不规则信号。严格地说,所有的信号都是随机信号。因为对于接收者来说并不能确定地预知信号在某一瞬间应取何值。研究随机信号时应该用统计的观点和方法。图 1.3.2(b)所示为随机信号的波形举例,我们无法确定在某一个具体时间的数值。

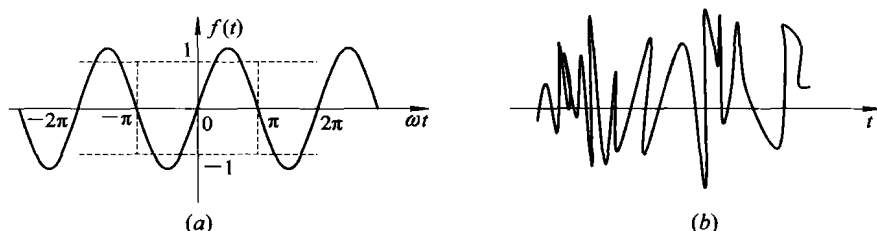


图 1.3.2 确知信号和随机信号
(a) 确知的正弦波信号; (b) 随机信号

3. 周期性信号和非周期性信号

周期性信号就是每经过一个固定的时间间隔重复出现的信号。实际上严格意义的周期性信号并不存在,因为任何信号都是有开始和结束时间的,但如果在较长时间内信号是重复着某一变化规律的确知信号,就可以认为是周期信号。图 1.3.3(a)所示是周期为 2π 的矩形脉冲信号。不满足固定时间间隔重复出现的信号称为非周期性信号。图 1.3.3(b)是幅度为 A 、脉宽为 τ 的非周期性的矩形脉冲信号,此形式的信号在形状上像门,故习惯上称为门函数。

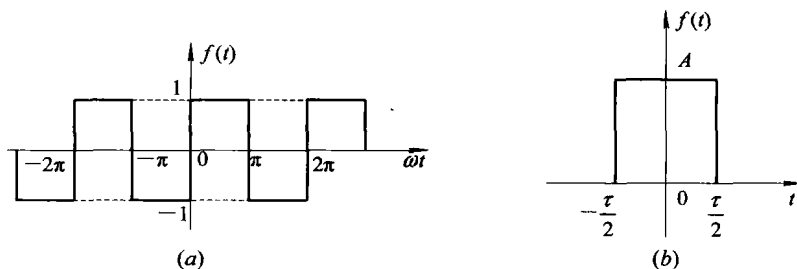


图 1.3.3 周期性信号与非周期性信号
(a) 周期性矩形脉冲信号; (b) 非周期性矩形脉冲信号

4. 功率信号和能量信号

信号 $f(t)$ (电压或电流) 在 1Ω 电阻上所消耗的能量定义为信号的归一化能量,简称能量,可表示为

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} f^2(t) dt \quad (1-3-1)$$

若能量为有限值, 即 $E < \infty$, 则此信号 $f(t)$ 称为能量信号。

若信号能量趋于无穷大但其平均功率是有限的, 则称此信号为功率信号。功率信号可表示为

$$P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f^2(t) dt < \infty \quad (1-3-2)$$

在此, T 为时间平均的区间, P 为平均功率。

由以上定义可以得出:

正弦信号是功率信号, 非周期性矩形脉冲信号(门函数)是能量信号。

周期性信号一定是功率信号, 非周期性信号可以是功率信号, 也可以是能量信号。

1.3.2 通信系统的分类

从前文我们可以看出, 通信系统包括了从信源到信宿的整个系统, 撇开信源和信宿, 连接信源和信宿的体系称为系统。通信系统有不同的分类方法, 以下从通信系统模型的角度来讨论分类。

1. 按消息的物理特征分类

根据消息的物理特征的不同, 通信系统可以分为电报通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统等。目前电话通信网和数据通信网是最普及且发展最快的通信系统。

2. 按调制方式分类

通信系统根据信号是否被调制传输可分为基带传输系统和频带(调制)传输系统。所谓的基带传输是将未经频带调制的信号直接传送, 如音频市内电话; 频带传输是对各种信号调制后传输的总称。调制的种类很多, 如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 调制方式的分类

调制方式	子系统		具体调制方式
基带传输	数字基带传输系统		
	模拟基带传输系统		
频带传输	模拟调制系统	线性调制系统	常规调幅 AM、抑制载波的双边带调制 DSB、单边带调制 SSB、残留边带调制 VSB
		非线性调制系统	调频 FM、调相 PM
	数字调制系统	幅度键控 ASK、频移键控 FSK、相移键控 PSK、改进的数字调制 QAM、MSK 等	

3. 按信号特征分类

根据信道中传输的信号是模拟信号还是数字信号, 可把通信系统分成模拟通信系统(如图 1.3.4 所示)和数字通信系统(如图 1.3.5 所示)两类。

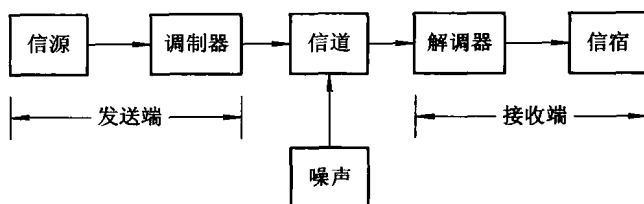


图 1.3.4 模拟通信系统的模型

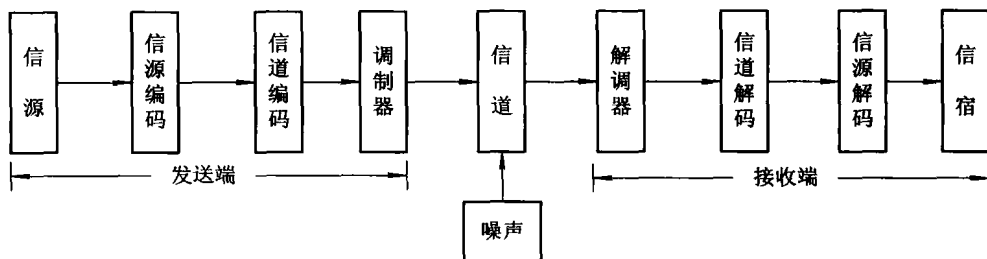


图 1.3.5 数字通信系统的模型

在模拟通信系统中，在发送端首先将基带模拟信号调制到合适的频段，然后在信道中传输；在接收端，进行相反的过程，将高频信号解调至低频信号，即还原为基带信号。

模拟通信的优点是直观且容易实现，但存在以下两个主要缺点：

(1) 保密性差。模拟通信，尤其是微波通信和有线明线通信，很容易被窃听。只要收到模拟信号，就容易得到通信内容。

(2) 抗干扰能力弱。电信号在沿线路的传输过程中会受到外界的和通信系统内部的各种噪声干扰，噪声和信号混合后难以分开，因而使得通信质量下降。线路越长，噪声的积累也就越多。

在数字通信系统中，在发送端首先将基带模拟信号转换成数字信号，即进行信源编码。为提高信号在传输中的可靠性，对数字信号进行信道编码，再调制到合适的频段，以便在信道中传输；在接收端，进行相反的过程，将高频信号解调至低频信号，通过信道解码和信源解码还原为基带信号。

数字通信系统与模拟通信系统相比具有其优越性：

(1) 保密性好。语音信号经 A/D 变换后，可以先进行加密处理，再进行传输，在接收端解密后再经 D/A 变换还原成模拟信号。

(2) 抗干扰能力强。数字信号在传输过程中会混入杂音，可以利用电子电路以一定的门限电压(称为阈值)去衡量输入的信号电压，只有达到某一电压幅度，电路才会有输出值，并自动生成一个整齐的脉冲(称为整形或再生)。较小杂音电压到达时，由于它低于阈值而被过滤掉，不会引起电路动作，因此再生的信号与原信号完全相同，除非干扰信号大于原信号才会产生误码。为了防止误码，在电路中设置了检验错误和纠正错误的装置，即在出现误码时，可以利用后向信号使对方重发。因此，数字传输既适用于较远距离的传输，也适用于性能较差的线路。

(3) 可构建综合数字通信网。采用时分交换后，传输和交换统一起来，可以形成一个综合数字通信网。