



中等职业学校教学用书(通信技术专业)

# 通信技术基础

## (第2版)

◎ 刘 松 主 编

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

注：标\*表示此教材配有电子教学参考资料包，  
请登录华信教育资源网下载

## 电子技术、通信技术专业书目

通  
信  
技  
术  
基  
础  
(第2版)

### 电类专业基础课

- 电工基础(第2版)(含光盘)\*
- 电工基础实验(第2版)(与《电工基础》配套)
- 电工基础学习辅导与练习
- 电工技术(第3版)\*
- 电子技术(第2版)\*
- 电工与电子技术(第2版)\*
- 电子线路(第2版)(含光盘)\*
- 电子线路学习指导·例题·习题·试题(第2版)\*
- 电子技术基础(含光盘)
- 模拟电子线路\*
- 数字电子线路\*
- 电子线路(第4版)\*
- 电工基础(提高版)
- 电工基础实验(提高版)
- 电工原理(第4版)
- 电工原理辅导与练习
- 电工实训\*
- 电工与电子技术基础(第2版)\*
- 模拟电路(第2版)
- 数字电路(第3版)\*
- 数字与脉冲电路(第2版)
- 机械常识
- 维修电工技术(第4版)
- 电子技术工艺基础(第4版)\*
- 制图与钳工工艺基础(第3版)\*

### 电子与信息技术专业

- 单片机原理与应用(第2版)\*
- 移动通信设备(第2版)\*
- 电子设计自动化技术(第2版)\*
- 电子产品检验实习(第2版)\*
- 电子产品结构工艺(第2版)
- 电子产品工艺(第2版)\*
- 电子信息技术专业英语(第2版)\*

### 电子技术应用专业

- 电子测量仪器(第2版)\*
- 电子测量仪器与应用(第2版)\*
- 电子整机原理——音响设备(第2版)\*
- 电子整机维修实习——音响设备
- 电子整机原理——数字视听设备(第3版)\*
- 电子整机维修实习——数字视听设备(第2版)\*
- 电子整机原理——彩色电视机(第2版)(含光盘)
- 电子整机维修实习——彩色电视机(第2版)\*
- 电子整机装配实习
- 电子技术技能训练(第2版)\*
- 电工技能训练
- 企业供电
- 电力内外线安装工艺(第2版)\*
- SMT技术基础与设备\*
- 高频电子线路(第2版)\*
- 电子CAD—Protel DXP电路设计\*
- 视频监控系统的原理及维护\*
- 单片机应用基础\*
- 可编程控制器原理与应用\*

### 电子电器应用与维修专业

- 电子电器应用与维修概论(第2版)\*
- 空调器安装必备知识与技能训练\*
- 新型空调器故障分析与维修技能训练(制冷设备维修工级、制冷工级)
- 新型电冰箱、低温箱故障分析与维修技能训练(制冷设备维修工、制冷工、家用电器维修工级)
- 电子电器产品市场与营销(第2版)\*

- 电工技能与实训(第2版)
- 电子技能与实训(第2版)\*
- 电热电动器具原理与维修(第2版)\*
- 电冰箱、空调器原理与维修(第2版)\*
- 电机与控制(第2版)\*
- 音响设备原理与维修(第2版)\*
- 电视机原理与维修(第2版)
- 电视机维修实训(第2版)\*
- 数码相机原理、使用与维修\*
- DV数码摄录机的使用与维修\*
- 办公通信设备维修(第2版)\*
- VCD、DVD原理与维修(第2版)\*
- 视听系统安装与维护\*
- 机械常识与钳工技能
- 组合音响故障检修技巧与实例\*
- 新型彩色显示器原理与检修(第2版)
- 黑白电视机原理与检修(第3版)\*
- 彩色电视机原理与检修(第4版)
- 液晶和等离子体电视机原理与维修\*
- 传感器原理与应用
- 小型制冷、空调设备原理与维修
- 家用照明器具设计、安装与检修
- 录像机原理与检修
- VCD/DVD视盘机原理与维修
- 摄录像机原理与维修
- 微型处理器在家用电器中的应用
- 饮水机和净水器的原理、使用和维护
- 影碟机原理与维修
- 家用电器技术基础与检修实例\*
- 制冷与制冷设备技术(第3版)\*
- 低压电气设备运行与维修
- 电动机的结构与维修(第2版)\*
- 电力拖动(第4版)
- 电梯原理与维修(第2版)
- 收录机原理与维修(第3版)——收录机、CD机、MP3、MP4、组合音响\*

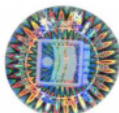
### 通信技术专业

- 数字通信技术(第2版)\*
- 通信网基础
- 程控交换原理与设备
- 电话机原理、装调与维修(第2版)\*
- 无线寻呼机原理与维修
- 有线电视技术
- 通信用户终端设备(电话机)维修实训
- 寻呼机、手机维修实训
- 计算机网络操作系统
- 通信专业英语
- 传真机原理与维修
- 手持移动电话原理与维修
- 电话机原理与维修
- 有线电视技术(第3版)\*
- 无绳电话原理与维修
- 信息传输基础与应用\*
- 手机故障维修技巧与实例\*
- 通信技术基础(第2版)\*

策划编辑：蔡 葵  
责任编辑：张燕虹  
责任美编：喻 晓



本书贴有激光防伪标志，凡没有防伪标志者，属盗版图书。



ISBN 978-7-121-04412-0



9 787121 044120 >

定价：10.00 元

中等职业学校教学用书（通信技术专业）

# 通信技术基础

（第 2 版）

刘 松 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

全书共5章,内容包括绪论、数字通信系统、光纤通信、数字程控交换技术、有线电视系统等。每章讨论一个课题,主要阐述其基本原理。本书充分考虑中职学生的特点,从物理概念和实际应用出发,注重物理概念的讲授,避免了深奥烦琐的数学推导,语言通俗易懂。本书每章后附有小结和习题,供读者复习用。

本书可作为中等职业学校应用电子技术、电子与信息技术专业教材,也可作为同类培训教材,并可作为通信专业工程技术人员的参考书。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案和习题答案),详见前言。

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

通信技术基础 / 刘松主编. —2版. —北京:电子工业出版社, 2007.6

中等职业学校教学用书. 通信技术专业

ISBN 978-7-121-04412-0

I. 通… II. 刘… III. 通信技术—专业学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第070970号

策划编辑:蔡 葵

责任编辑:张燕虹

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

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:6.75 字数:177千字

印 次:2010年12月第6次印刷

印 数:2000册 定价:10.00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@phei.com.cn](mailto:zlt@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线:(010) 88258888。

## 中等职业学校教材工作领导小组

|     |     |                  |
|-----|-----|------------------|
| 组长  | 陈贤忠 | 安徽省教育厅厅长         |
| 副组长 | 李雅玲 | 信息产业部人事司技术干部处处长  |
|     | 尚志平 | 山东省教学研究室副主任      |
|     | 睦 平 | 江苏省教育厅职社处副处长     |
|     | 苏渭昌 | 教育部职业技术教育中心研究所主任 |
|     | 王传臣 | 电子工业出版社副社长       |

### 组员（排名不分先后）

|      |          |                  |
|------|----------|------------------|
|      | 唐国庆      | 湖南省教科院           |
|      | 张志强      | 黑龙江省教育厅职成教处      |
|      | 李 刚      | 天津市教委职成教处        |
|      | 王润拽      | 内蒙古自治区教育厅职成教处    |
|      | 常晓宝      | 山西省教育厅职成教处       |
|      | 刘 晶      | 河北省教育厅职成教处       |
|      | 王学进      | 河南省职业技术教育教学研究室   |
|      | 刘宏恩      | 陕西省教育厅职成教处       |
|      | 吴 蕊      | 四川省教育厅职成教处       |
|      | 左其琨      | 安徽省教育厅职成教处       |
|      | 陈观诚      | 福建省职业技术教育中心      |
|      | 邓 弘      | 江西省教育厅职成教处       |
|      | 姜昭慧      | 湖北省职业技术教育研究中心    |
|      | 李栋学      | 广西壮族自治区教育厅职成教处   |
|      | 杜德昌      | 山东省教学研究室职教室      |
|      | 谢宝善      | 辽宁省基础教育教研培训中心职教部 |
|      | 安尼瓦尔·吾斯曼 | 新疆维吾尔自治区教育厅职成教处  |
| 秘书长  | 李 影      | 电子工业出版社          |
| 副秘书长 | 蔡 葵      | 电子工业出版社          |

# 前言



《通信技术基础》教材于 2001 年 1 月首次印刷出版, 至今已有 5 年时间。在这 5 年中, 信息技术迅猛发展, 新技术不断出现; 同时, 中职教育的办学思路在不断完善, 随着课程内容改革的深入, 我们已经感到, 《通信技术基础》教材已不适应我国目前的中职教育, 特别是中职学校生源知识起点的参差不齐, 为中职教育提出了新的要求。因此, 为更好地适应新形势下中职教育人才培养和全面素质教育的需要, 淡化复杂的理论推导, 强化实际操作技能, 现对该教材进行修订。

新版(第 2 版)教材保持了原版教材的风格, 在编写方式上注重学生实践能力的培养, 力求用较通俗的语言和直观的方法讲清楚通信的基本概念、系统的组成。对于不可避免的数学公式, 不进行推导, 用物理概念进行解释; 并且, 降低知识的难度; 为适应时代发展的要求, 对通信的前沿技术做了介绍; 还配以相应的电子教案和课件。

本书的显著特点是, 在讲解中力求做到科学性与通俗性的有机结合。为了帮助读者建立一个完整的通信系统概念, 修订后的教材共 5 章, 内容包括通信的基本概念、模拟与数字信号的传输和光纤通信、数字程控交换、有线电视系统及其组成。

本书以各种通信系统为主线, 每章介绍一个通信系统, 各章相对独立; 而第 3 章、第 4 章、第 5 章又以第 1 章、第 2 章为基础, 因此, 各章又相互联系。

其中第 1 章、第 2 章、第 5 章由天津电子信息职业技术学院刘松副教授编写; 第 3 章由天津电子信息职业技术学院李志蕾副教授编写; 第 4 章由天津电子信息职业技术学院孙小红副教授编写; 全书由刘松统稿。本教材参考了国内外出版的有关通信方面许多作者的著作, 在此一并表示衷心的感谢。

本书的参考学时数约为 70 学时, 适用于中等专业学校的应用电子技术类专业; 本书也可作为通信专业工程技术人员的参考书。

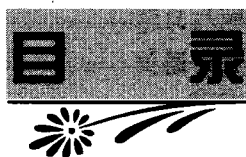
由于作者水平有限, 时间仓促, 本教材难免有一些不妥和错误, 敬请读者批评指正。

为了方便教师教学, 本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版), 请有此需要的教师登录华信教育资源网([www.huaxin.edu.cn](http://www.huaxin.edu.cn) 或 [www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)) 免费注册后再进行下载, 在有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail: [hxedu@phei.com.cn](mailto:hxedu@phei.com.cn))。

编者

2007-3-20





|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 第 1 章 绪论                            | (1)  |
| 1.1 通信系统构成                          | (1)  |
| 1.1.1 信息与信号                         | (1)  |
| 1.1.2 模拟信号与数字信号                     | (1)  |
| 1.1.3 通信系统的模型及特点                    | (2)  |
| 1.1.4 通信系统的分类                       | (4)  |
| 1.2 通信系统的主要性能指标                     | (5)  |
| 1.2.1 码元与比特                         | (5)  |
| 1.2.2 传输速率和传输差错率                    | (5)  |
| 1.3 通信技术发展过程                        | (6)  |
| 1.3.1 通信的发展概况                       | (6)  |
| 1.3.2 模拟通信系统                        | (6)  |
| 思考题与习题                              | (8)  |
| 第 2 章 数字通信系统                        | (9)  |
| 2.1 概述                              | (9)  |
| 2.1.1 抽样 (Sample)                   | (10) |
| 2.1.2 量化                            | (12) |
| 2.1.3 编码与解码                         | (16) |
| 2.1.4 PCM 编译码器芯片                    | (19) |
| 2.2 数字信号的基带传输                       | (20) |
| 2.2.1 数字基带信号                        | (20) |
| 2.2.2 基带传输系统                        | (24) |
| 2.2.3 再生中继系统                        | (27) |
| 2.3 多路复用技术及 30/32 路 PCM 通信系统        | (28) |
| 2.3.1 频分多路复用                        | (28) |
| 2.3.2 时分多路复用                        | (28) |
| 2.3.3 30/32 路 PCM 通信系统              | (29) |
| 2.3.4 30/32 路 PCM 基群端机的定时与同步系统      | (30) |
| 2.4 数字信号的频带传输                       | (32) |
| 2.4.1 二进制数字幅度键控信号的调制与解调             | (32) |
| 2.4.2 二进制数字移频键控信号的调制与解调             | (33) |
| 2.4.3 二进制数字移相键控信号的调制与解调             | (34) |
| 2.4.4 正交数字移相键控 (QPSK)               | (36) |
| 2.4.5 最小频移键控 (MSK) 和高斯最小频移键控 (GMSK) | (37) |
| 2.5 误码检测及纠正技术                       | (37) |

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 思考题与习题                          | (39) |
| <b>第3章 光纤通信</b>                 | (41) |
| 3.1 概述                          | (41) |
| 3.1.1 光波的波段划分                   | (41) |
| 3.1.2 光纤通信系统的基本构成               | (43) |
| 3.1.3 光纤通信的发展                   | (44) |
| 3.2 光纤与光缆                       | (45) |
| 3.2.1 光纤的结构及分类                  | (45) |
| 3.2.2 光纤的导光原理                   | (46) |
| 3.2.3 多模光纤与单模光纤的概念              | (50) |
| 3.2.4 光缆的结构、光纤的连接               | (52) |
| 3.2.5 光纤的传输特性                   | (53) |
| 3.3 光终端设备                       | (55) |
| 3.3.1 光发送机                      | (55) |
| 3.3.2 光纤数字接收机                   | (56) |
| 3.4 WDM (波分复用) 与 DWDM (密集型波分复用) | (57) |
| 3.4.1 WDM 系统的基本组成               | (57) |
| 3.4.2 WDM 技术的主要特点               | (58) |
| 3.4.3 WDM 和 DWDM                | (58) |
| 思考题与习题                          | (59) |
| <b>第4章 数字程控交换技术</b>             | (61) |
| 4.1 电话交换技术简介                    | (61) |
| 4.1.1 交换技术的发展                   | (61) |
| 4.1.2 程控交换机的基本组成                | (62) |
| 4.2 电话交换网                       | (63) |
| 4.2.1 网的基本结构                    | (63) |
| 4.2.2 我国电话网结构                   | (65) |
| 4.3 程控交换机的交换网络                  | (66) |
| 4.3.1 时隙交换的概念                   | (66) |
| 4.3.2 时分交换网络                    | (67) |
| 4.3.3 空分交换网络                    | (68) |
| 4.3.4 多级交换网络                    | (69) |
| 4.4 程控交换机的软件系统                  | (70) |
| 4.4.1 软件系统的结构                   | (70) |
| 4.4.2 呼叫接续过程及状态迁移               | (71) |
| 4.4.3 呼叫处理的原理                   | (73) |
| 4.5 程控交换机的硬件系统                  | (74) |
| 4.5.1 用户级                       | (74) |
| 4.5.2 中继器                       | (77) |
| 4.5.3 信号设备与控制部分                 | (79) |

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 4.6 信令系统 .....          | (80) |
| 4.6.1 信令简介 .....        | (80) |
| 4.6.2 用户线信令 .....       | (81) |
| 4.6.3 局间信令 .....        | (81) |
| 思考题与习题 .....            | (85) |
| 第5章 有线电视系统 .....        | (87) |
| 5.1 概述 .....            | (87) |
| 5.2 CATV 系统 .....       | (87) |
| 5.3 HFC 接入系统与三网合一 ..... | (90) |
| 5.3.1 HFC 网的系统结构 .....  | (90) |
| 5.3.2 HFC 网的接入技术 .....  | (92) |
| 5.3.3 HFC 网的应用 .....    | (94) |
| 思考题与习题 .....            | (96) |
| 参考文献 .....              | (97) |

# 第1章 绪论

## 1.1 通信系统构成

### 1.1.1 信息与信号

人类生活在信息的海洋里，离不开信息的传递与交流。信息（Information）是指对收信者来说有意义的内容，它是一个比较抽象的概念。信息可以有多种表现形式，如语言、文字、数据、图像等。

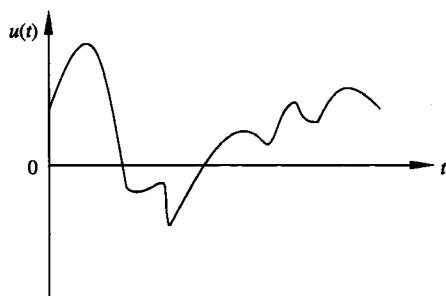
信号（Signal）是信息的载体，是运载信息的工具。人们要想交换和传递信息，就必须借助信号，以信号作为载体。

通信（Communication）是信息的传递和交换。通信的含义很广泛，本书所讨论的通信主要是指电通信（包括光通信），即携带信息的载体是电信号（或光信号）。电通信的突出优点是能使信号在任意距离上实现快速、有效、准确、可靠的传递。因此，电通信已成为现代社会的主要通信方式。

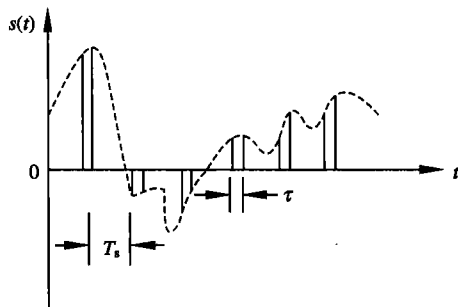
### 1.1.2 模拟信号与数字信号

#### 1. 模拟信号（Analog Signal）

如果信号的幅度值是连续（连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值）的而不是离散的，则这样的信号称为模拟信号。图 1.1（a）是话音信号的电压波形，它模拟了语声声强的大小，其幅度是连续变化的。图 1.1（b）是对图 1.1（a）按一定的时间间隔  $T$  抽样后的抽样信号，在时间上是离散的，但幅度取值仍然连续，所以图 1.1（b）仍然是模拟信号。电话、电视信号都是模拟信号。



(a) 连续信号



(b) 抽样信号

图 1.1 模拟信号波形



## 2. 数字信号 (Digital Signal)

如果信号的幅度是离散的, 并且在时间上也是离散的, 这样的信号则称为数字信号。图 1.2 是数字信号的两个波形。图 1.2 (a) 是二进制码, 每一个码元只取两个状态 (0、1) 之一。图 1.2 (b) 是四电平码, 每个码元只能取四个状态 (3、1、-1、-3) 中的一个。数字信号的特点是幅度值被限制在有限个数值之内, 它不是连续的而是离散的。电报信号、数据信号均属于数字信号。

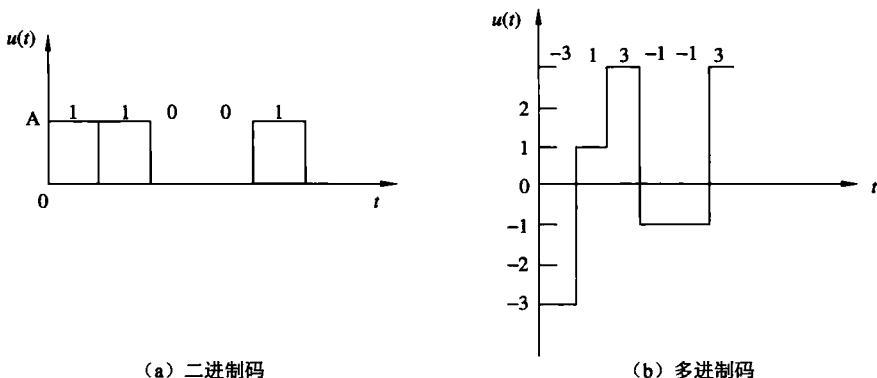


图 1.2 数字信号

判断一个信号是数字信号还是模拟信号, 其关键是看信号幅度的取值是否离散。一个信息既可用模拟信号来表示, 也可用数字信号来表示, 因此, 模拟信号和数字信号在一定条件下可相互转换。

### 1.1.3 通信系统的模型及特点

#### 1. 通信系统的模型

通信系统的一般模型如图 1.3 所示, 由信源、发送设备、信道、接收设备和信宿五部分组成。

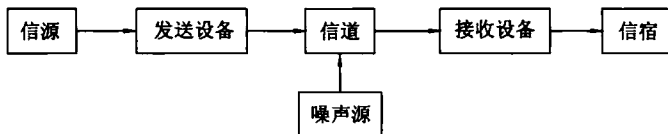


图 1.3 通信系统模型

信源的作用是把各种形式的信息变换成原始电信号。这个信号称为基带信号。

发送设备将信源产生的信号变换为适于信道传输的信号。变换方式是多种多样的, 常见的变换方式有各种信道编码、放大、正弦调制等。经正弦调制后的信号称为频带信号。

信道是信号的传输媒介, 即传输信号的通道。信号在通信系统中传输时, 不可避免地会受到系统外部和系统内部噪声的干扰。在分析时往往把所有的干扰 (包括内部噪声) 折合到信道上统一用一个等效噪声源来表示。

接收设备的任务是将接收到的频带信号准确地恢复成原基带信号。

信宿的作用是将基带信号恢复成原始信号。



图 1.3 所示的通信系统模型是对各种通信系统的概括, 它反映了通信系统的共性。根据所研究的对象不同, 就会出现形式不同的具体的通信模型。数字通信系统模型如图 1.4 所示。

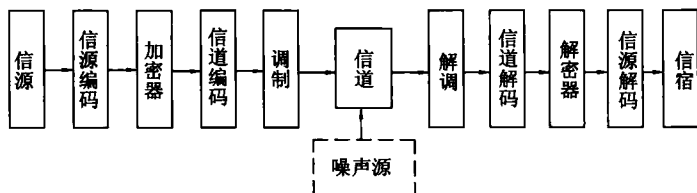


图 1.4 数字通信系统模型

图中, 信源是将信息转换成原始电信号的设备或电路。常见的信源有产生模拟信号的电话机、话筒、摄像机和输出数字信号电子计算机等。

信源编码的任务是把模拟信号转换成数字信号, 即模拟 / 数字变换 (简称为模 / 数变换或 A/D 变换)。

加密器是对数字信号进行加密, 即对数字信号进行一些逻辑运算以起到加密的作用。

信道编码包括纠错编码和线路编码 (又称为码型变换) 两部分。经过信道编码的码流, 码元之间具有较强的规律性。这样, 就使其满足信道的要求, 适应在信道上传输, 接收端易于同步接收发送端送来的数字码流, 并且根据信道编码形成的规律性自动进行检错甚至纠错。

有时为了适应传输系统的频带要求, 将编码后的数字信号频谱变换到高频范围内, 这一变换称为调制。

接收端的解调、信道解码、解密器、信源解码等功能与发送端的调制、信道编码、加密器、信源编码等功能是一一对应的反变换, 这里不再赘述。

需要指出的是: 具体的数字通信系统并非一定包括如图 1.4 所示的全部方框。如果信源是数字信息时, 则可去掉信源编码和信源解码, 这时的通信系统称为数据通信系统; 对于基带传输系统, 可去掉调制、解调器; 当通信不需要保密时, 可去掉加、解密器。

## 2. 数字通信的特点

与模拟通信比较, 数字通信具有如下特点。

### 1) 抗干扰能力强, 无噪声积累

信号在传输过程中必然会受到各种噪声的干扰。在模拟通信中, 为了实现远距离传输, 提高通信质量, 需在信号传输过程中及时对衰减的信号进行放大, 同时叠加在信号上的噪声也被放大, 如图 1.5 (a) 所示。由于在模拟通信中, 噪声是直接干扰信号幅度的, 因此难以把信号和干扰噪声分开。随着传输距离的增加, 噪声积累越来越大, 通信质量越来越差。

在数字通信中, 信息变换在脉冲的有无之中。为实现远距离传输, 当信噪比恶化到一定程度时, 在适当的距离采用再生的方法对已经失真的信号波形进行判决, 从而消除噪声的积累, 如图 1.5 (b) 所示。

### 2) 灵活性强, 能适应各种业务要求

在数字通信中, 各种消息 (电报、电话、图像和数据等) 都可以变换成统一的二进制数字信号进行传输。

### 3) 便于与计算机连接

计算机产生、处理和接收的均是数字信号, 可以直接作为数字通信系统的信源和信宿。

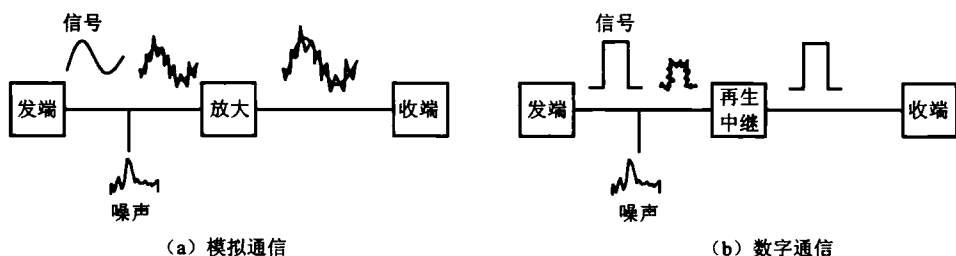


图 1.5 数字通信与模拟通信抗干扰性能比较

#### 4) 便于加密处理

信息传输的安全性和保密性越来越重要。数字通信的加密处理比模拟通信容易得多。经过一些简单的逻辑运算即可实现加密。

#### 5) 设备便于集成化、小型化

数字通信通常采用时分多路复用, 不需体积大的滤波器。由于设备中大部分电路都是数字电路, 可用大规模和超大规模集成电路实现, 因此体积小、功耗低。

#### 6) 占用频带宽

这是数字通信的最大缺点。在电话交换系统中, 一路模拟电话约占 4kHz 带宽, 而一路数字电话约占 64kHz 带宽。随着宽频带信道(光缆、数字微波)的大量利用及数字信号处理技术的发展, 数字电话的带宽问题已不是主要问题。

### 1.1.4 通信系统的分类

#### 1. 按传输媒介可分为有线通信和无线通信

有线通信是指电磁波沿线缆传播的通信方式。线缆又可分为市话用双绞线、电缆、光缆等。

无线通信是电磁波在空间传播的通信方式, 传输媒介为空间。按所用波段不同又可划分为长波通信、中波通信、短波通信、超短波通信和微波通信等。此外, 还有卫星通信、移动通信等。

无线通信与有线通信比较, 具有机动灵活、不受地理环境限制、通信区域广等优点。无线通信易受到外界干扰, 保密性差。有线通信可靠性高、成本低, 适用于近距离固定点之间的通信。在现代通信中, 无线通信系统与有线通信系统互相融合、互相补偿。

#### 2. 按信号传送类型可分为模拟通信和数字通信

利用模拟信号作为载体而传递信息的通信方式称为模拟通信。目前的电话通信和图像通信仍大量采用模拟通信方式。传输模拟信号的信道称为模拟信道。

利用数字信号作为载体而传递信息的通信方式称为数字通信, 如电报、计算机、数据等均属数字通信。

任一信息既可用模拟方式传输, 也可用数字方式传输。例如, 电话信号过去都用模拟信号传输, 而现在可以用数字化手段将模拟信号变成数字信号后再传输, 这就是数字电话。此外, 数字信号经变换后, 也可在模拟信道上传输。



## 1.2 通信系统的主要性能指标

衡量通信系统性能优劣的主要技术指标是系统的有效性和可靠性。有效性是指信息的传输速度，而可靠性是指信息传输的质量。两者是相互矛盾而又相互联系的，通常也是可以相互转换的。

模拟通信系统的有效性可用有效传输频带来度量，同样的消息采用不同的调制方式，则需不同的频带宽度。可靠性用系统输出信号噪声功率比来度量，在相同的条件下，某一系统输出信噪比高，则称该系统通信质量好。例如，通常电话要求信噪比为 20~40 dB，而电视则要求 40dB 以上。

与模拟通信相对应，衡量数字通信系统的主要性能指标为传输速率和传输差错率。

### 1.2.1 码元与比特

码元：携带信息的数字单元称为码元。它是指在数字信道中传送数字信号的一个波形符号，它可能是二进制的，也可能是多进制的。

比特：是信息的度量单位。1 位二进制数所携带的信息量即为 1 比特。例如，10010110，8 位二进制数字，所携带的信息量为 8 比特。

### 1.2.2 传输速率和传输差错率

#### 1. 传输速率

传输速率是指在单位时间内通过信道的平均信息量，一般有两种表示方法。

(1) 比特速率，又称为传信率，指系统每秒钟传送的比特数，单位是比特 / 秒 (bit/s)，用  $f_b$  表示。

(2) 码元速率，又称为传码率，指系统每秒钟传送的码元数，单位是波特 (Baud)，用  $f_B$  表示。因为码元速率并没有限定是何种进制的码元，所以给出码元速率时，必须说明这个码元的进制。

对于  $M$  进制码元，其码元速率和比特速率的关系式为：

$$f_b = f_B \cdot \log_2 M$$

显然，对二进制码元， $f_b = f_B$ 。

数码率指标不能真正体现出信道的传输效率，因为传输速率越高，所占用的信道频带越宽，因此通常采用单位频带的传信率，即  $\eta = \frac{\text{信息速率}}{\text{频带宽度}}$ ，其单位为 bit/s·Hz。

#### 2. 传输差错率

衡量数字通信系统可靠性的主要指标是误码率和误比特率。

(1) 误码率，指在传输的码元总数中错误接收的码元数所占的比例，用  $P_e$  表示。

$$P_e = \frac{\text{发生误码个数 } n}{\text{传输总码数 } N}$$



(2) 误比特率, 又称为误信率, 指在传输的信息量总数中错误接收的比特数所占的比例, 用  $P_{eb}$  表示。

## 1.3 通信技术发展过程

### 1.3.1 通信的发展概况

自有人类社会以来, 按照通信交流方式与技术的不同, 可以将通信发展划分为四个历史阶段。第一阶段是语言通信, 人们通过人力、马力以及烽火台等原始通信手段传递消息; 第二阶段是出现文字后的邮政通信; 第三阶段是电气通信时代, 其主要代表性的通信方式是电话、电报和广播等; 第四阶段是信息时代, 它不仅要求对信息的传递, 还包括了对信息的存储、处理和加工, 其主要代表为计算机网络和信息高速公路等。

真正有实用意义的电通信起源于 19 世纪 30 年代。1835 年, 莫尔斯电码出现; 1837 年, 莫尔斯电磁式电报机出现; 1866 年, 利用大西洋海底电缆实现了越洋电报通信; 1876 年, 贝尔发明了电话机, 开始了有线电报、电话通信, 使消息传递既迅速又准确。

19 世纪末, 出现了无线电报; 20 世纪初, 电子管的出现使无线电话成为可能。自 20 世纪 60 年代以来, 随着晶体管、集成电路的出现和应用, 无线电通信迅速发展, 无线电话、广播、电视和传真通信相继出现并发展起来。

进入 20 世纪 80 年代后, 随着人造卫星的发射, 电子计算机、大规模集成电路和光导纤维等现代化科学技术成果的问世和应用, 特别是数字通信技术的飞速发展, 各种技术之间相互渗透、相互利用, 相继出现了综合业务数字网 (ISDN)、多媒体通信技术 (MMT)、综合移动卫星通信 (M-SAT)、个人通信网以及智能通信网 (IN 或 AIN) 等。特别是多媒体通信以通信技术、广播电视技术、计算机技术为基础, 突破了计算机、电话、电视等传统产业的界线, 将计算机的相互性、通信网的分布性和电视广播的真实性融为一体, 向人们提供了综合的消息服务, 成为一种新型的、智能化的通信方式。

21 世纪是信息化社会, 信息技术和信息产业是新的生产力增长点之一, 因此在信息技术中, 全球信息高速公路将会成为将来高度信息化社会的一项基本设施。“国际信息基础工程”(通称为“信息高速公路”)计划, 目前正在世界不少国家和地区部署和实施。它是以光缆为“路”, 集计算机、电视、录像、电话为一体的多媒体为载体, 向大学、研究机构、企业及普通家庭实时提供所需数据、图像、声音传输等多种服务的全国性高速信息网络。它是多门学科的综合。从技术角度讲, 它涉及了计算机科学技术、光纤通信技术、数字通信技术、个人通信技术、信号处理技术、光电子技术、半导体技术、大容量存储技术、网络技术、信息安全技术等信息技术, 这是一项规模巨大、意义重大的工程。因此, 各发达国家都在投入大量的人力、物力积极研究、实验、实施这项计划, 但还有许多关键技术及社会问题尚待解决, 可以说这一切仅仅是一个开始, 还需人们不断地探索和研究。

展望未来, 通信技术正在向数字化、智能化、综合化、宽带化、个人化方向迅速发展, 各种新的电信业务也应运而生, 朝着信息服务多种领域广泛延伸。人们期待着早日实现通信的最终目标: 无论何时、何地都能实现与任何人进行任何形式的信息交换——全球个人通信。

### 1.3.2 模拟通信系统

虽然数字通信已成为现代通信的发展趋势。但从我国的国情看, 我国模拟通信设备仍在



发挥较好的经济效益, 因此, 数字通信和模拟通信将并存较长的时间。

模拟通信利用模拟信号作为信息载体。对于一个正弦载波信号, 可以用三个参量(幅度、频率和相位)来描述。用有用信号分别控制载波信号的幅度、频率和相位, 就分别得到调幅、调频和调相。

调幅分为标准调幅(AM)、抑制载波双边带调幅(DSB)、单边带调幅(SSB)和残留边带调幅(VSB)等。

单边带调幅(SSB)在通信中最为常用。图 1.6 为调幅信号频谱, 可以发现其频谱成分应包括载波、上边带和下边带三部分。载波本身并未携带信息, 被传递的信息包含在两个边带之中, 每个边带都包含了全部的被传输信息。因此, 可以将载波和一个边带抑制掉, 只传输另一个边带。这种把消息调制在一个边带上进行传输的通信方式称为单边带通信, 这种调制方式称为单边带调制。它的最大优点是, 比 AM 和 DSB 的带宽减小 1 半, 因此提高了信道利用率。同时, 因为不发送载波而仅发送一个边带, 所以更节省功率。

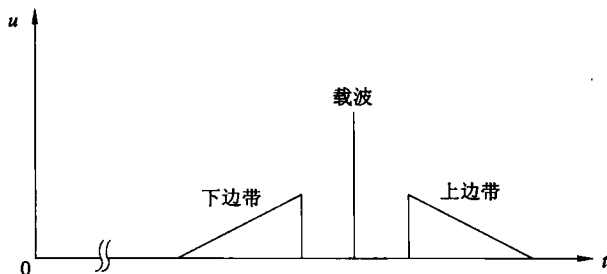


图 1.6 调幅信号频谱

调频和调相的最终结果都是载波的相角受到调制信号的控制, 因此统称为角度调制。

产生调频波的方法有两种: 直接调频和间接调频。直接调频就是直接用基带调制信号控制高频振荡器内的电抗元件的参数, 使高频振荡频率随调制信号变化而变化。目前, 最常见的调频器是变容二极管调频器。间接调频是指由调相法产生调频信号的方法, 调制信号经积分后, 再对高频载波调相而得到调频信号, 如图 1.7 所示。

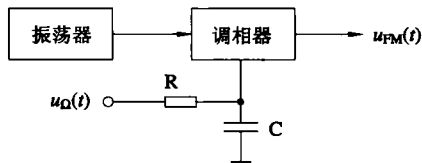


图 1.7 间接调频原理方框图

有关模拟信号传输的内容可参见高频电子线路课程。



## 本章小结

本章主要介绍了通信的基本知识, 对通信系统建立了一个整体的概念。本章主要内容为通信系统的组成和分类, 数字通信系统的组成和特点, 信息、信号的概念, 通信系统的主要性能指标, 通信的发展过程及发展趋势。

在人们的生活中, 通信是必不可少的。一个通信系统应包括信源、发送设备、信道、接收设备和信宿五部分。数字通信系统还应有信源编译码、加密解密、信道编译码等。

通信系统按传输媒介不同可分为有线通信和无线通信,视传输信号形式不同又可分为模拟通信和数字通信。模拟通信在信道中传输的是模拟信号,数字通信在信道中传输的是数字信号。目前,从通信发展趋势看是有线与无线相融合,并向数字通信方向发展。

无论是模拟通信,还是数字通信,衡量一个通信系统性能优劣的主要技术指标是通信的有效性和可靠性。其中,比特速率、码元速率等是描述数字通信系统有效性的主要指标;而误码率是描述数字通信系统可靠性的主要参数指标。

在模拟通信中,系统的传输质量用信噪比来表示;而在数字通信中,系统的传输质量用误码率来表示。

虽然现代通信的发展趋势是向数字化、智能化方向发展,但从经济角度考虑,我国的模拟通信系统(如广播、电视及部分点对点的无线电通信系统)仍发挥着较大作用。因此,在本章最后简要介绍了最基本的模拟通信方式,即单边带通信的调制和调频波产生的方法。

## 思考题与习题

- 1.1 模拟信号与数字信号的主要区别是什么?
- 1.2 试画出通信系统方框图,并说明各部分作用。
- 1.3 模拟通信和数字通信研究的基本问题各是什么?
- 1.4 通信系统是如何分类的?
- 1.5 数字通信和数据通信有什么区别?请画出话音信号、数字数据信号的基带传输和频带传输时的通信系统方框图。
- 1.6 数字通信与模拟通信相比有何特点?
- 1.7 什么是比特速率?什么是码元速率?两者有什么不同?
- 1.8 某一数字信号的码元速率为 1 200 Baud,试问它采用四进制或二进制传输时,其信息传输速率各为多少?
- 1.9 设在  $125\mu\text{s}$  内传输 256 个二进制码元,计算信息传输速率为多少?若该信息在 5s 内有 6 个码元产生误码,其误码率为多少?
- 1.10 某一数字通信系统传输的是四进制码元,4s 内传输了 8 000 个码元,系统的码元速率是多少?传信率是多少?若另一通信系统传输的是十六进制码元,6s 内传输了 7 200 个码元,它的码元速率是多少?传信率是多少?哪个系统的传输速度快?
- 1.11 一个四进制数字通信系统,码元速率为 1kBaud,连续工作 1h 后,接收到的错码为 10 个,求误码率。
- 1.12 SSB 调制与 AM 调制相比,最大的优点是什么?