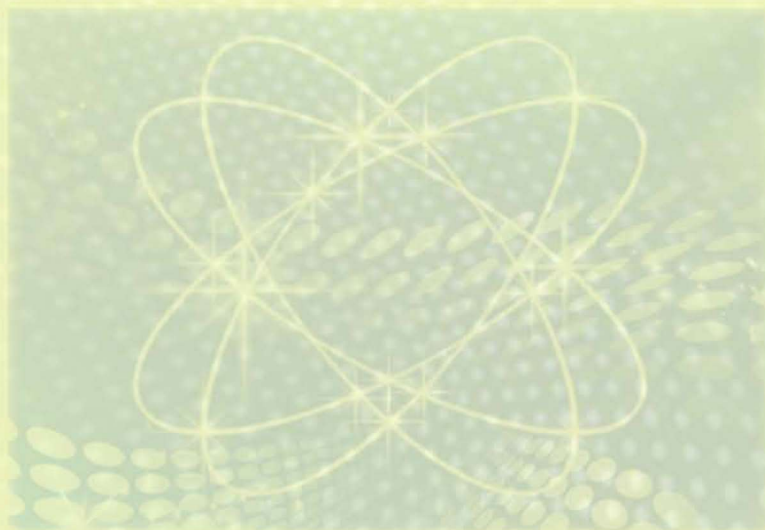


# 通信电子电路

李志 梁爽 主编



北京理工大学出版社

普通高等院校电子与通信专业面向应用系列规划教材  
“十三五”普通高等教育应用型本科院校重点建设系列教材

# 通信电子电路

主 编 李 志 梁 爽  
副主编 刘 婷 付丽华 刘 莹  
郑 琳 贾 婷 李 娜

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书从培养应用型电子信息人才的目标出发,将“通信电子电路”这门较难学习的课程分解成无线电通信系统的发送和接收两大部分,有针对性地利用发送和接收系统内的模块功能对技术概念进行阐述,主要根据无线电广播系统组成模块的工作顺序和对应技术来划分章节,没有完全刻意区分高频电路和低频电路的内容,基本完整地阐述了无线电通信系统所有的功能模块(本书除重点讲授高频电子技术外,还对涉及的低频电子技术也做了一定的回顾),配合无线电通信技术的应用电路,通过电子通信系统教学实验模块子项目来讲授通信电子电路主要传统知识点,使学生从容易理解的具体应用来阐述通信电子电路的核心技术,让学生能够真正掌握通信电子电路的精髓,从而为今后的移动通信、卫星通信等课程打下良好的理论基础。

全书分为3个部分,共9章,第一部分(第1章、第2章)是通信电子电路概述和教学实验项目的引入,第二部分(第3~5章)为通信电子电路发射部分,主要阐述基带信号的放大电路、正弦波振荡器(载波)电路、调制电路和高频功放电路等。第三部分(第6~9章)为通信电子电路接收部分,包括高频小信号选频放大电路、混频电路、中频放大器、解调电路和反馈控制电路等。

本书可以作为应用型本科院校通信工程、电子信息工程等专业学生的教材或参考书,也可作为研究型本科院校非电子信息类学生的选修课教材。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

通信电子电路/李志,梁爽主编. —北京:北京理工大学出版社,2019.3(2019.4重印)  
ISBN 978-7-5682-6690-1

I. ①通… II. ①李… ②梁… III. ①通信系统-电子电路-高等学校-教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第019726号

---

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址/<http://www.bitpress.com.cn>

经 销/全国各地新华书店

印 刷/

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/13.5

字 数/317千字

版 次/2019年3月第1版 2019年4月第2次印刷

定 价/38.00元

责任编辑/陈莉华

文案编辑/陈莉华

责任校对/黄拾三

责任印制/李志强

---

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

# 前 言

当今社会是信息社会，而电子通信技术无疑是现代社会实现信息传递与共享的核心技术。通信电子电路是电子通信系统的基本电路，是通信工程、电子信息工程等专业学生必须掌握的专业基础知识，也是电子信息类专业知识结构体系中的主干课程，同时对于大多数本科学生来说又是一门学习和掌握起来相对比较困难的课程。

按照国家对应用型本科专业的建设要求，编写出让学生容易理解和全面掌握课程内容的教材是非常关键的，教材中如果再安排一些实践应用案例，这对于学生学好这门课程的核心技术与应用具有十分重要的作用。

本书在内容编排方面既保留了通信电子电路的基本内容和基本体系，又对很多原有教材的顺序和应用部分的内容进行了改进。核心的知识点全部按教学大纲的要求进行了重点论述，这样使对本课程难度要求不一致的相关专业可以灵活选择，既可以抓住核心技术进行基础理论教学，又可以加强学生实践动手能力的培养。

本书在总体安排上没有完全区分通信电子电路中的低频电子技术与高频电子技术，虽然重点仍是高频电子技术部分，但从阐述一个完整通信电子系统角度出发，对无线电音频输入、输出模块电路与技术都进行了必要的介绍。

本书首先由无线电广播系统引入了实际的通信电子电路的具体应用，然后把整个应用分为发射和接收两大部分，每部分再按照功能模块技术划分为若干个子模块，在内容编写上，把通信电子电路各知识点对应分解到各个子模块，再根据子模块顺序来划分章节，整个教学子项目中存在不同模块共用一个知识点的情况，但书中都会明确指出。

本书中的第一部分先对照无线电广播的通信技术将通信电子电路的系统概况向读者进行了介绍，对许多相关电子通信技术在电子通信系统中的地位、作用以及相互关系也进行了说明，根据整个教学项目的要求，划分为发送和接收两大教学部分，每个部分再分为若干子模块，并给出各子模块的具体参数。通过这两个部分的学习，学生能对通信电子电路无线发射和接收的原理以及功能有一个全面的了解，这样就可以避免以往教学中发生的“一叶障目，不见泰山”的问题。

本书只介绍了通信电子电路的典型电路、基本理论、计算公式等内容，注重培养学生对传统理论的理解和高频集成电路的应用能力，强调理论联系实际。

本书中的部分内容和电路实例都是依据南京润众科技有限公司高频电子技术实验平台的实验结果以及武汉乔益师科技有限公司的产品电路来编写的，大连理工大学城市学院刘婷老师也参与了部分章节的编写。在编写和校稿的过程中，还得到了付丽华、刘莹、李娜、贾婷、郑琳等老师的大力支持与帮助，在此表示感谢。

本书是为电子通信类应用型本科生编写的教材，力求在讲授方法上实现深入浅出，重视高频电子技术概念的阐述，深奥的理论分析和复杂计算较少，方便学生自学；其主要目标是培养未来从事通信、电子技术及自动化等方面的工程技术人员的实践能力。

# 目 录

## 第一部分 概 述

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第1章 电子通信系统概述                 | 3  |
| 1.1 电子通信系统的发展历史及分类           | 5  |
| 1.1.1 有线电子通信系统和无线电子通信系统      | 6  |
| 1.1.2 模拟电子通信系统和数字电子通信系统      | 7  |
| 1.1.3 语音通信系统和数据通信系统          | 8  |
| 1.2 各类电子通信系统的应用              | 8  |
| 1.2.1 有线电子通信系统的应用            | 9  |
| 1.2.2 无线电子通信系统的应用            | 11 |
| 1.3 无线电广播系统拓展应用              | 13 |
| 第2章 无线电广播技术                  | 16 |
| 2.1 无线电广播与电信系统               | 17 |
| 2.1.1 无线电广播系统模型到电信系统模型       | 17 |
| 2.1.2 无线电广播电磁波的传播及电磁波频段的应用划分 | 19 |
| 2.2 无线电广播的核心技术与教学实验项目        | 21 |
| 2.2.1 无线电广播系统的核心技术           | 21 |
| 2.2.2 教学实验项目——无线收发系统         | 25 |
| 2.3 通信电子电路知识拓展               | 27 |
| 2.3.1 通信电子电路与模拟电子技术的比较       | 27 |
| 2.3.2 通信电子电路中的频带宽度           | 28 |

## 第二部分 通信电子电路发射部分

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第3章 高频正弦波振荡器          | 35 |
| 3.1 子项目的引入            | 37 |
| 3.1.1 高频正弦波振荡器        | 38 |
| 3.1.2 反馈型正弦波振荡器的原理和电路 | 39 |
| 3.2 LC正弦波振荡器          | 42 |
| 3.2.1 典型的LC反馈振荡器      | 42 |
| 3.2.2 电感三点式振荡器        | 43 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 3.2.3 | 电容三点式振荡器                 | 44  |
| 3.2.4 | 改进型电容三点式振荡器              | 45  |
| 3.2.5 | 集成芯片的 $LC$ 正弦波振荡器        | 47  |
| 3.3   | 发射机中载波振荡器子项目电路的设计        | 48  |
| 3.3.1 | 发射机载波电路的选择               | 48  |
| 3.3.2 | 振荡器电路参数的计算               | 48  |
| 3.4   | 石英晶体振荡器                  | 48  |
| 3.4.1 | 石英晶体振荡器的基本原理             | 49  |
| 3.4.2 | 石英晶体振荡器的等效电路             | 50  |
| 3.4.3 | 石英晶体振荡器的应用电路             | 51  |
| *3.5  | $RC$ 正弦波振荡器              | 54  |
| 3.5.1 | $RC$ 串并联选频网络             | 55  |
| 3.5.2 | $RC$ 桥式振荡器               | 56  |
| *3.6  | 负阻正弦波振荡器                 | 57  |
| 3.7   | 压控振荡器                    | 58  |
| 第4章   | 调制技术                     | 66  |
| 4.1   | 音频输入部分                   | 67  |
| 4.2   | 实验子项目的引入                 | 68  |
| 4.2.1 | 音频信源输入的电路设计 (实验子项目电路设计)  | 68  |
| 4.2.2 | 语音输入的电路设计                | 69  |
| 4.3   | 调制技术                     | 70  |
| 4.3.1 | 振幅调制技术                   | 70  |
| 4.3.2 | 振幅调制电路                   | 78  |
| 4.3.3 | 角度调制技术                   | 80  |
| 第5章   | 高频功率放大器                  | 93  |
| 5.1   | 教学实验子项目的引入               | 94  |
| 5.1.1 | 功率放大器概述                  | 95  |
| 5.1.2 | 实验子项目功率放大器的选择            | 97  |
| 5.2   | 丙类谐振功放的结构和原理             | 97  |
| 5.2.1 | 获得高效率所需要的条件              | 98  |
| 5.2.2 | 基本工作原理                   | 98  |
| 5.2.3 | 输出功率与效率                  | 99  |
| 5.3   | 谐振功率放大器的特性分析             | 100 |
| 5.3.1 | 谐振功率放大器的工作状态与负载特性        | 100 |
| 5.3.2 | 输出回路直流电压 $V_{CC}$ 的变化    | 102 |
| 5.3.3 | 输入回路直流电压的变化              | 103 |
| 5.4   | 高频谐振功率放大器的实际电路 (子项目功放电路) | 104 |
| 5.5   | 丁类、戊类高频功率放大器简介           | 105 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 5.5.1 丁类 (D 类) 功率放大器 ..... | 105 |
| 5.5.2 戊类 (E 类) 功率放大器 ..... | 106 |
| 5.6 集成高频功率放大器 .....        | 106 |
| 5.7 宽带高频功率放大器 .....        | 107 |

### 第三部分 通信电子电路接收部分

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第 6 章 高频小信号选频放大器</b> .....        | 115 |
| 6.1 LC 并联谐振回路选频特性 .....              | 117 |
| 6.1.1 LC 并联谐振回路的频率特性 .....           | 118 |
| 6.1.2 LC 并联谐振回路的频率特性分析 .....         | 120 |
| 6.1.3 LC 并联谐振回路的阻抗变换电路 .....         | 125 |
| 6.2 高频小信号选频放大器 .....                 | 126 |
| 6.2.1 单调谐放大器 .....                   | 127 |
| 6.2.2 双调谐放大器 .....                   | 128 |
| 6.3 集中选频放大器 .....                    | 130 |
| 6.3.1 集中选频滤波器 .....                  | 130 |
| 6.3.2 教学实验子项目电路 .....                | 132 |
| <b>第 7 章 本振电路、混频器和中频放大器</b> .....    | 139 |
| 7.1 本地振荡器 .....                      | 141 |
| 7.1.1 本地振荡器的作用 .....                 | 141 |
| 7.1.2 接收机中的本地振荡器电路 (实验子项目采用技术) ..... | 142 |
| 7.2 混频器 .....                        | 144 |
| 7.2.1 超外差式接收机混频器的工作原理 .....          | 144 |
| 7.2.2 混频器的主要技术指标 .....               | 146 |
| 7.2.3 调幅混频器的电路 .....                 | 147 |
| 7.3 调频接收机的混频电路 (实验子项目电路) .....       | 149 |
| 7.3.1 CD9088 芯片 .....                | 150 |
| 7.3.2 调频接收机的混频和中放电路 (实验子项目) .....    | 150 |
| 7.4 中频放大器 .....                      | 152 |
| 7.5 混频器干扰 .....                      | 154 |
| 7.5.1 混频干扰 .....                     | 154 |
| 7.5.2 二次混频电路 .....                   | 157 |
| 7.6 混频集成电路模块 .....                   | 157 |
| <b>第 8 章 解调技术</b> .....              | 160 |
| 8.1 调幅波解调技术 .....                    | 161 |
| 8.1.1 二极管检波器 .....                   | 162 |
| 8.1.2 同步检波器 .....                    | 166 |
| 8.2 调角波解调技术 .....                    | 168 |

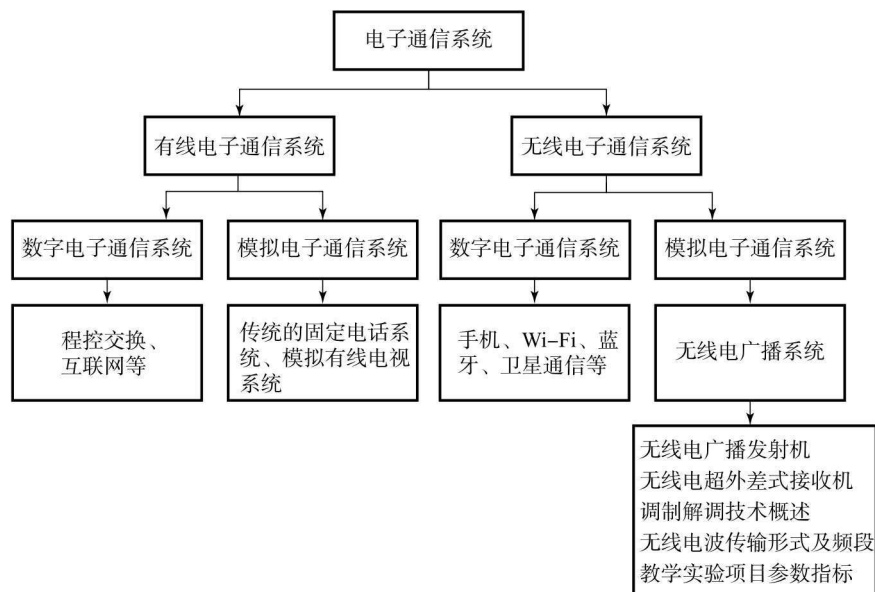
|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 8.2.1 调频波解调技术 .....              | 168        |
| 8.2.2 限幅器 .....                  | 175        |
| 8.3 低频信号功率放大器 .....              | 176        |
| 8.3.1 功率放大电路的特点 .....            | 177        |
| 8.3.2 功率放大器工作状态的分类 .....         | 177        |
| 8.3.3 集成功率放大器 .....              | 179        |
| <b>第9章 反馈控制电路</b> .....          | <b>184</b> |
| 9.1 自动增益控制电路 .....               | 186        |
| 9.1.1 自动增益控制电路的基本工作原理 .....      | 187        |
| 9.1.2 自动增益控制电路的应用 .....          | 188        |
| 9.2 自动频率控制电路 .....               | 190        |
| 9.2.1 自动频率控制电路的组成和基本特性 .....     | 190        |
| 9.2.2 自动频率控制电路的应用 .....          | 193        |
| 9.3 锁相环路 PLL .....               | 195        |
| 9.3.1 锁相环路的组成和基本工作原理 .....       | 196        |
| 9.3.2 锁相环路的跟踪性能——锁相环路的线性分析 ..... | 201        |
| 9.4 收音机中的静噪 .....                | 203        |
| <b>参考文献</b> .....                | <b>208</b> |





# 第一部分 概 述

本书主要以项目驱动教学理念来进行编写，同时也兼顾了电子通信系统应用技术的阐述，以无线射频发射机和超外差式无线接收机作为教学实验子项目编排通信电子电路内容，即将整个无线收发系统项目按照通信电子电路理论体系分解为多个子项目，通过按各子项目划分通信电子电路章节来介绍主要核心技术。第一部分概述的主要内容如下：



本部分利用教学实验项目引入通信电子电路的概念，力争做到用实际需求引导学生的学习兴趣，用学习兴趣带动学生理论和实践的学习热情，达到最终掌握通信电子电路理论知识的教学目的，最终通过无线收发系统教学实验项目完成整个通信电子电路的教学要求。

## 第 1 章

---

# 电子通信系统概述

### ● 内容提要

本章主要介绍电子通信系统的基本概念以及分类，重点通过引入通信电子电路项目在日常生活中的应用来阐述通信电子系统的主要技术和特点，对其他类电子技术的应用也进行了必要的简述，尤其对模拟无线电子通信系统做了较详细的分析。

### ● 学习目标

- ◆ 掌握电子通信系统的整体概念和作用；
- ◆ 掌握电子通信系统的分类与技术特点；
- ◆ 通过引入的实际项目理解模拟无线通信电子系统的实现途径；
- ◆ 拓展电子通信系统的相关知识。

### ● 教学重点

- ◆ 电信系统的分类与特点；
- ◆ 模拟电子通信系统的应用。

### ● 教学难点

- ◆ 模拟和数字电子通信系统的技术特点；
- ◆ 模拟电子通信系统中的各种具体分析。

### ● 关键术语

模拟电子通信系统；数字电子通信系统；波段；滤波器

现代社会中的电子通信系统种类繁多，虽然具体设备和实现的业务功能可能不尽相同，然而经过抽象和概括可以得出电子通信系统的通用模型：通信的终极目标就是传递各类有效信息，如电话语音、计算机文本、音乐、图像和数据等。所以，通常把利用电信号传送信息的系统称为电子通信系统，而完成这个系统功能的电路就是通信电子电路。因此在本书中提到的电子通信系统就是通信电子电路。

电子通信系统都可以用基本模型框图描述，如图 1-1 所示。电子通信系统又是指实现

图 1-1 通信过程的全部技术设备和信道的总和。无论是复杂移动通信和卫星通信系统，还是简单的无线电广播系统都可用这个模型来表述，只是具体的形式和技术有所不同而已，本书主要讲授简单的无线电广播系统。

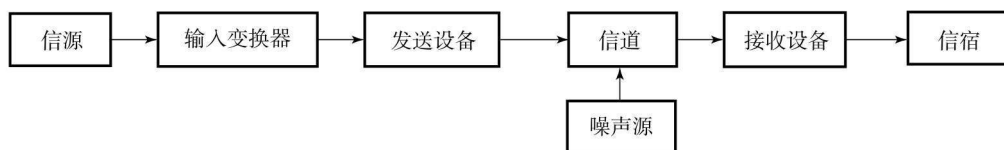


图 1-1 电子通信系统基本模型

**信源：**信源是指电子通信系统的始发点，即要传送给对方的信息，是电子通信系统信息的来源。信源有多种形式，如语言、文字、音乐、电码等。本书中是将语音通过麦克风转换的电信号或从手机、MP3、MP4 等电子音源耳机插孔输出的音乐信号作为信源。

**输入变换器：**将信源输入的信息转换成电信号。

**发送设备：**是电子通信系统中核心技术之一的通信设备，理论上讲是将信源信号进行适合信道传输的技术处理，并以足够的功率送入信道（指无线发射）。例如，无线电广播发射机就是一种发送设备，发送设备的核心技术是调制技术。

**信道：**电子通信系统的信道就是发送设备发出信号到接收设备接收到信号的整个传输通道，又称传输媒介。通常分为有线信道（媒介）和无线信道，有线信道可以是电线、电缆、光缆等，无线传输信道可以是自由空间、水、大地等，本书中的信道主要指自由空间无线信道。

**噪声源：**图 1-1 中的电子通信系统噪声源的含义很广，这个噪声源可看作是发送设备和接收设备中噪声、信道中混入自然界和人为干扰噪声的总和，如发送设备和接收设备的热噪声，自然界的雷电和人为的同频噪声干扰等。

**接收设备：**是电子通信系统中核心技术之一的通信设备，理论上是将接收到的信号转换为受信者能接收的信号。生活中使用的无线电收音机就是电子通信系统接收设备的一种，它的核心技术是解调技术。

**信宿（受信者）：**电子通信系统的受信者（或称信宿）就是接受信源信息的个体，本书中主要是指听众。

通信的根本目的是为了信息传输的快速、准确，从而最终能够完成有效的信息交换，随着现代通信技术的迅速发展，人们由原来相对落后的短距离的烽火台、旗语等信息传递形式，逐步发展到准确、快速、长距离的电子通信系统，信息传输的准确性、快速性、多样性和方便性也随着电子通信技术的进步在不断提高。

#### 【电子通信系统案例】生活中无处不在的电子通信系统

在现代生活中越来越离不开电子通信系统，如手机、办公电话、互联网、广播、电视、车载导航、有线电视等应用都是电子通信系统。请再举出几个生活中电子通信系统实际应用的例子。

电子通信系统在当前社会中已被广泛应用,尤其是以手机为代表的现代无线通信系统的发展尤为迅速,4G 技术已经普及,5G 技术呼之欲出,还有如卫星通信、微波通信、射频识别技术、红外遥控技术和蓝牙技术等在我们的生活中无处不在,尽管现代电子通信技术进步非常快,但无线电子通信系统实现的基础主要依靠以下两项核心技术,也是本教材重点介绍的两项主要无线电通信技术,即调制技术与解调技术。

**调制技术:**是电子通信系统发送设备的核心技术,能将表示声音、文字、图像等信源信息的电信号进行调制处理,使其适合远距离的有线或无线传输信道。本教材中重点强调的是远距离无线传输技术,信源为音频电信号。

**解调技术:**是电子通信系统接收设备的核心技术,能将通过无线传输到接收端的无线电信号(包含声音、文字、图像等)还原为信源信号的技术,它与调制技术正好是一对互逆的核心技术。

## 1.1 电子通信系统的发展历史及分类

“1906 年 12 月 24 日,圣诞节前夕晚上 8 点钟左右,在美国新英格兰海岸外,在往来穿梭的船只上,一些听惯了‘滴滴答答’莫尔斯电码声的报务员们,突然听到耳机中传来了人的说话和乐曲声,朗读圣经故事和播放歌曲的唱片,同时还祝愿大家圣诞快乐。报务员大声呼叫起来,纷纷将耳机传递给船上其他人员聆听,以证明自己并非在做梦……”

这段文字资料,出自我国电子学专家赵保经先生的一篇文章,记述的是当时行驶在海上的船员们收听到美国科学家费森登进行的人类第一次无线电广播实验时的情形。从这个具有历史意义的日子算起到今天,无线电广播已经伴随着人们走过了 100 多年。

这里所谓的无线电广播,其实就是指通过电磁波传播的声音信息。从中学的物理课堂上就学习过电磁波产生的原理,即是“电生磁、磁生电”的相互转换过程,以电场和磁场的形式向空中辐射的无线电波。也就是说,100 多年前的人们就开始利用电磁波作为载体将人类的声音首次实现了无导线的远距离传播,从而揭开了无线电通信技术的序幕。

当今的电子通信系统已经进入到网络时代,互联网已经彻底改变了人们的生产、生活方式。1993 年美国克林顿政府提出了一项实施“永久改变美国人生活、工作、学习以及相互交往方式”的国家信息基础设施,即通常人们所说的“信息高速公路”建设计划,它实际是一种能够为广大用户随时提供大量信息的网络。它是近年来发展的计算机、通信网络、多媒体与数据库、家电业发展的产物。

迄今为止,现代电子通信网络的主要通信干线是有线系统,但人们仍然热衷于利用电磁波信号传送信息,完成“最后一公里”无线接入。由于现代电子通信系统能够提供更高速、更准确和更高质量的传输技术,更强调传输多媒体信息以及以计算机信息管理技术为基础的信息管理技术,最新的无线通信技术成果已经极大地改变了人们传统生活方式,对社会进步起着不可估量的作用。

当今的世界已经进入到“信息时代”,信息已逐步成为现代社会,特别是 21 世纪最重要的战略资源,大数据、云计算的兴起无疑是信息资源的综合管理和应用的体现。信息技术是当前社会乃至未来社会生产力的基本要素,不管人们是否意识到,无线电子通信系统仍然

是当前发展最活跃、应用最广泛的技术。

我国改革开放以来,对电子通信技术的发展一直极为重视,以移动、联通、电信为代表的通信运营商正在积极稳妥地进行各种通信干线与公用网、专用网等电子通信系统的基础设施建设,构建的通信网络已使中国通信服务水平达到世界先进水平。华为、中兴等一批中国电子通信设备制造商已经跻身世界一流行列,我国在电子通信系统的研制、开发、生产、建设和应用等方面均取得了惊人的成就,量子通信等新技术的研究也得到飞速发展。

我国电子通信系统经历了规模投入和规模发展阶段,为跟上世界信息技术的发展潮流,根据我国电子通信系统的现状制定了无线移动通信发展规划,虽然4G技术比3G技术在无线通信上有了很大的提升,但在现有通信网络基础上,提升“最后一公里”的无线通信技术仍有发展空间,本书的内容是所有无线通信设备的理论基础。

电子通信系统的分类依据信道、信道中信号的形式和信源的不同大致分为以下几类。

### 1.1.1 有线电子通信系统和无线电子通信系统

按照信道或传输媒介的不同,电子通信系统可以分为有线电子通信系统和无线电子通信系统两大类。有线电子通信系统通常指利用光纤和电缆(包括双绞线和同轴电缆)来传输信息电信号,例如固定电话、有线电视和有线宽带通信系统等,这就是传统的通信载体。

随着近几年无线通信技术的迅猛发展和进步,无线通信技术设备越来越受到人们的青睐,如手机、RFID产品、蓝牙、Wi-Fi、红外遥控等技术。

#### 1. 有线电子通信系统

有线电子通信系统主要指信道是用线路构成的电子通信系统,其线路主要指明线、对称电缆、同轴电缆、光缆等。随着我国通信技术的不断进步,无线通信技术在通信终端的应用体验让用户感到了前所未有的方便,但无线信号接入到设备后的传输一般采用有线传输,目前我国长途通信传输干线基本采用以光传输技术为基础的光缆。

明线是指平行而相互绝缘、架在电线杆上的裸线线路,如图1-2所示,与当前常用的塑胶电缆相比,具有传输损耗低的优点。但容易受气候和天气的影响,并且对外界噪声干扰非常敏感,所以有逐渐被地下电缆或光缆取替的趋势。目前,各大运营商在新建的住宅小区中都采用光纤入户,以保证用户能以足够高的通信速率连接到互联网。



图1-2 明线实景示意图

#### 【知识链接1-1】 光纤通信

光纤通信系统是以光作为信息的载体,将多条光纤按照一定工艺要求制成光缆,作为通信的传输媒介,光纤是用纯度极高的玻璃拉制成极细的光导纤维。信息的发送端通过电光转换器将电信号转换为光信号在光纤中传输,接收端通过光电转换器将光信号再还原为电信号。

光纤具有通信距离远、容量大、误码率低等诸多优点，电子通信系统中较长距离的传输都采用光纤。目前光纤通信已成为信息传输的主要技术，成为 21 世纪信息化最重要的战略性新兴产业。

## 2. 无线电子通信系统

主要是利用自由空间或其他自然界的固有传输介质来进行通信的系统称为无线通信系统，目前利用自由空间的电子通信系统已逐渐成为人们通信的主流，主要有无线电广播系统、微波中继通信系统、陆地移动通信系统、卫星通信系统等，也有借助于水来传输信号的无线通信系统，如水下潜艇的声呐系统。

尽管无线电子通信中有许多系统，但通信的基本原理和方法仍是调制与解调技术。

本书主要介绍无线电广播系统的基本技术和电路，通过无线电广播系统的教学实验项目来学习电子通信系统的基本技术，举一反三，为学习今后的“通信原理”“移动通信”“卫星通信”等课程打好基础。

### 1.1.2 模拟电子通信系统和数字电子通信系统

根据电信号在通信传输信道（介质）中的存在形式，电子通信系统可以划分为模拟通信系统和数字通信系统。早期的电子通信系统以模拟电子通信系统为主，现代电子通信系统则主要是数字电子通信系统。

#### 1. 模拟电子通信系统

在时间和幅度上都连续的电信号称为模拟信号，在信道中传送模拟信号的电子通信系统称为模拟电子通信系统。例如，传统的固定电话用户到电话交换局线路上传送的就是模拟电信号，该电信号反映用户声音大小的幅度是随着时间连续变化的。在线路上直接传输这种电信号的系统称为模拟电子通信系统。

#### 2. 数字电子通信系统

数字信号与模拟信号不同，它是用一种离散的、系列脉冲组合形式来表示数字信息的信号。电报信号就属于数字信号。在“数字电子技术”课程中，最常见的数字信号是幅度取值只有两种不同幅度的脉冲信号，分别代表“0”和“1”，统称为“二进制信号”，在信道中传送的是这种数字脉冲电信号的系统称为数字电子通信系统。例如现代陆地移动通信系统就是数字电子通信系统，其终端设备就是日常使用的手机。

现在应用的电子通信系统基本上采用的都是数字电子通信系统，如现代数字有线电视系统，其与传统的模拟有线电视系统相比不仅频道多，而且清晰度高，数字音响系统也比模拟音响系统的音效要好很多。但模拟电子通信系统的应用比数字电子通信系统的应用早很长时间，所以，模拟电子通信的理论仍然是现代数字电子通信系统的理论基础。

数字电子通信系统的内容在本书中只做简要介绍，更多的数字电子通信理论将在今后“通信原理”课程中进行讲解，本书重点介绍模拟电子通信系统，结合上一部分中对无线电子通信系统的描述，更确切地说，本书重点讲授的是模拟无线电子通信系统。

模拟电子通信系统在通信的发展史上曾经占据主导地位。从 20 世纪 60 年代以来，随着

集成电路、超大规模集成电路制造技术的快速发展,以计算机技术为基础的数字信号处理技术的日益成熟,数字通信技术成为当今世界通信技术的发展主流,大多数的模拟电子通信设备都已被数字电子通信设备所取代。尽管在未来的一段时间内,数字电子通信系统还不能完全取代模拟电子通信系统,但通信设备的数字化发展方向是不会改变的,这也是由数字通信和模拟通信自身的技术特点所决定的,在今后的课程中会详细学习。

虽然数字电子通信技术已经成为当今世界通信技术发展的方向,数字电子通信技术相比模拟电子通信技术也更复杂,但其收发的核心技术——调制和解调技术的基本理论没有变,且人们日常生活直接接触过和感受的信号又都是模拟信号,所以,先学习的模拟电子通信技术也是为今后学习数字电子通信技术打基础,数字电子通信系统中的数字信号都是通过对模拟信号进行数字化而得来的。本书中所讲到的就是模拟电子通信系统中的电子电路技术,更确切地说是高频电子电路技术。

### 1.1.3 语音通信系统和数据通信系统

不考虑系统信道中的信号类型,只根据电子通信系统终端所完成的业务来划分,主要分为语音业务和数据业务。顾名思义,语音业务就是完成语音通信功能的语音通信系统,而数据通信系统则是以传输文字、图像所转换的数据信号为主。对电子通信系统传输信号的准确性要求来看,数据通信系统要比语音通信系统严格得多。

语音业务曾经是电子通信系统的主要业务,至今仍然有着非常广泛的应用。如固定电话业务、移动电话业务、集群电话业务以及无线电广播系统都属于语音类业务。尽管数据通信业务方兴未艾,但语音通信业务始终都是电子通信系统的主要业务之一。

数据通信业务的电子通信系统是在计算机技术发展起来之后而得到快速发展的电信业务,基于互联网实现的数据通信业务发展方兴未艾,如大家正在广泛使用的支付宝、微信支付等金融业务都是电子通信系统的数据业务,数据通信在实际中的具体应用还有非常大的发展空间。

## 1.2 各类电子通信系统的应用

随着人们对信息要求的多样化和个性化,各种类型的电子通信系统层出不穷,划分种类的依据也各不相同,但无论哪种电子通信系统都是信息技术在社会生活中的具体应用,人们对信息需求的种类和数量都在不断地扩大,各种电子通信系统在技术上共同发展,作用上相辅相成,一起为人们提供全面、快捷和准确的信息服务。

#### 【概念辨析】 数字通信与数据通信

数据通信:依照通信协议,利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息,可以实现计算机与计算机、计算机与终端以及终端与终端之间的数据信息传递。通常而言,数据通信是计算机与通信相结合而产生的一种通信方式,称为数据通信业务。



数据通信包含两方面内容：数据的传输和数据传输前、后的处理，例如数据的压缩、交换、控制等。

数字通信：是相对于模拟通信而言的，更强调是用离散的脉冲作为信源信息的载体，或者用数字信号对载波进行数字调制后再传输的通信方式。电报信号就属于数字信号。现在最常用的都是二进制的数字信号。

实际上，绝大部分的数据通信技术的技术基础是数字通信技术。

### 1.2.1 有线电子通信系统的应用

目前，尽管用户终端的无线接入技术研究方兴未艾，但有线通信系统一直在电子通信系统的传输方面发挥着主要作用，整个电子通信系统的干线传输网还都是以有线传输方式为主。下面对其只做一个简单的介绍，以便对电子通信系统理论形成一个总体的概念。

#### 1. 公共电话通信网

目前，为公众提供固定电话通信系统的网络称为公共电话交换网，也称为 PSTN (Public Switch Telephone Network)，硬件部分主要由终端设备、传输设备和交换设备组成，另外还要配合交换软件、信令系统以及相应的协议和标准，这样才能最终使用户和用户之间通过传输和交换设备做到互联互通，实现信源用户到信宿用户之间的语音通信。

电话系统是点到点的通信，是一个用户到另一个用户之间的通信，而无线电广播系统是单点发送多点接收的系统，本书中提到的通信都是这种形式。

#### 【知识链接 1-2】 通信干线网

通信干线和交通干线的含义一样，只是在通信干线上集中传送大量的电信号。我国的通信干线传输网分为省际干线传输网和省内干线传输网。目前，通信干线网的传输介质以光缆为主，配合微波中继以及卫星中继通信系统，形成以通信光缆为主、多种通信技术共同完成传输任务的通信干线网。

#### 2. 综合业务数字通信网

综合业务数字网 (Integrated Services Digital Network, ISDN) 是一个数字电话网络国际标准，是一种典型的电路交换网络系统。在国际电信联盟 (International Telecommunication Union, ITU) 的建议中，ISDN 是一种在数字电话网的基础上发展起来的通信网络，它能够支持多种业务，包括电话业务和非电话业务。

##### 1) 窄带综合业务数字网

窄带综合业务数字网 (Narrowband Integrated Services Digital Network, N-ISDN) 是以电话网为基础发展而成的，它主要由 2 个 64 Kbit/s 速率和 1 个 16 Kbit/s 速率的数字通信信道构成，它以电路交换和分组交换两种模式提供语音和数据业务，由于只是在用户和网络接口上实现了综合，同时又受到带宽的限制，所以仅可支持语音业务及低速数据业务，具有一定的实用价值。