

新版

21世纪

高职高专系列教材

通信电子线路

◎程民利 主编
◎陈子聪 副主编
◎崔金辉 主审



 提供电子教案增值服务

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高职高专系列教材

电子技术专业系列教材

通信电子线路

主 编 程民利
 副主编 陈子聪
 参 编 梁瑞秋 靳丽君
 张建新 侯露莹
 主 审 崔金辉

张锡平 符爱梅
 黄永定 章大钧 彭文基

主 任 符爱梅
 秘 书 长 胡毓坚

中 国 邮 政 特 准 挂 号 出 版 物 登 记 证 字 号 出 版 字 号 001—2000

机械工业出版社 (北京市百万庄大街23号 邮政编码100073)

责任编辑: 梁世英
 责任校对: 李秋荣 责任印制: 葛 娜

北京理工大学印刷厂印刷 (北京双桥路) 北京双桥路印刷有限公司装订

2008年1月第1版第1次印刷

184mm x 260mm · 9印张 · 222千字

0 001—2 000册

邮 政 书 号: ISBN 978-7-111-23304-7

定 价: 16.00元



机械工业出版社

本书在内容的编写和安排上突出职业技术教育以应用为目的，以“必需及够用”为度的特点，重点分析典型的应用电路及电路中元器件的作用，并通过电路仿真使读者轻松地学会简单电路的设计、电路调整及电路故障的排除方法。

全书共分8章，内容包括：基础知识，高频小信号放大器，高频功率放大器，正弦波振荡器，振幅调制、检波及混频，频率调制与解调，反馈控制电路及综合实训。每章都有适量的习题及电路仿真实训，将理论学习与实践能力的训练紧密地结合在一起。

本书包含了通信电子线路的所有基本单元电路，内容通俗易懂，适合高等职业技术教育电子、通信、计算机等专业的学生使用，也可供从事电子技术类专业的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

通信电子线路/程民利主编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 1

(21世纪高职高专系列教材)

ISBN 978-7-111-22304-7

I. 通… II. 程… III. 通信系统—电子电路—高等学校: 技术学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 139252 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 董欣 版式设计: 张世琴

责任校对: 李秋荣 责任印制: 杨曦

北京机工印刷厂印刷 (北京双新装订有限公司装订)

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9 印张 · 222 千字

0 001—5 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-22304-7

定价: 16.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379739

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专电子技术专业系列教材

编委会成员名单

主 任 曹建林

副主任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳

俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬

任德齐 华永平 吴元凯

委 员 (按姓氏笔画排序)

马 彪 邓 红 王树忠 王新新 尹立贤

白直灿 包中婷 冯满顺 华天京 吉雪峰

刘美玲 刘 涛 孙吉云 孙津平 朱晓红

李菊芳 邢树忠 陈子聪 杨元挺 张立群

张锡平 苟爱梅 姚建永 曹 毅 崔金辉

黄永定 章大钧 彭文敏 曾日波 谭克清

秘书长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“21世纪高职高专系列教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- (1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- (2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- (3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- (4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- (5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

本书是为高等职业院校电子信息类及其他相近专业的学生编写的，教材编写紧密结合高等职业院校学生的知识基础，删除繁冗的理论分析，加强实用性知识的讲解，将理论与实践紧密结合，突出了学生动手能力及实践能力的培养。本书具有如下特色：

1. 大量删减了复杂的理论分析及数学推导，重点分析单元电路中元器件的作用，使学生在理解元件作用的基础上加深对单元电路工作原理的理解，培养学生通过分析故障现象查找故障元件的能力。

2. 书中每个单元电路都引入了 Multisim 仿真软件，使原本难懂、枯燥的知识变得生动形象，易于理解，降低了课程难度，激发了学生对本课程的学习兴趣。

3. 读图能力是学生学完该课程应具备的基本能力之一。本书中大量引入实际应用的电路图，为进行读图训练提供了丰富的资料。

4. 本书以无线电发射机及接收机的工作原理为主线，精讲无线电发射机及接收机中的基本单元电路，以讲透概念原理为宗旨，章节的安排注重由浅及深，并通过列举大量生动的实例降低学生学习的难度。读者可到机械工业出版社网站 (<http://www.cmpedu.com>) 免费下载本书电子教案

本书由程民利担任主编，陈子聪担任副主编。全书由程民利统稿。第1、5章由陈子聪执笔，第2章由张建新，候露莹执笔，第3、4、7章由程民利执笔，第6、8章由梁瑞秋执笔，附录由靳丽君执笔。

崔金辉老师对本书提出了许多宝贵的修改意见，在此表示感谢。在本书的编写过程中从书后所列的参考文献中吸取了宝贵的意见，本书作者谨向参考文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

出版说明	4.1 概述	34
前言	4.2 高频谐振功率放大器	35
第1章 绪论	4.2.1 原理电路	35
1.1 通信系统	4.2.2 工作原理	35
1.1.1 通信系统的模型	4.2.3 实际电路	41
1.1.2 通信系统的分类	4.3 高频功率合成电路	44
1.2 无线电信号的特性	4.4 倍频器	44
1.3 电路仿真软件 Multisim 简介	4.4.1 丙类倍频器	44
1.4 本课程研究的对象及特点	4.4.2 参量倍频器	44
1.5 习题	4.5 实训 高频功率放大器仿真	45
第2章 基础知识	4.6 习题	48
2.1 高频电子元器件	第5章 正弦波振荡器	49
2.1.1 高频无源元件	5.1 反馈式振荡器	49
2.1.2 高频有源元器件	5.1.1 反馈式振荡器的组成	49
2.2 高频滤波器	5.1.2 反馈式振荡器的工作原理	50
2.2.1 高频滤波器的指标	5.2 LC 正弦波振荡器	51
2.2.2 LC 并联谐振电路	5.2.1 互感反馈式振荡器	51
2.2.3 石英晶体滤波器	5.2.2 三点式振荡器	51
2.2.4 陶瓷滤波器	5.2.3 改进型电容三点式振荡器	53
2.2.5 声表面波滤波器	5.3 石英晶体振荡器	55
2.3 电子噪声	5.3.1 并联型石英晶体振荡器	56
2.3.1 内部噪声	5.3.2 串联型石英晶体振荡器	57
2.3.2 外部干扰	5.3.3 使用石英晶体谐振器时的 注意事项	58
2.3.3 通信系统中抗干扰的方法	5.4 RC 正弦波振荡器	58
2.4 习题	5.4.1 RC 移相网络	58
第3章 高频小信号放大器	5.4.2 RC 正弦波振荡器	58
3.1 主要技术指标	5.5 压控振荡器	59
3.2 高频小信号谐振放大器	5.6 实训 正弦波振荡器的仿真	61
3.2.1 单调谐回路放大器	5.7 习题	62
3.2.2 双调谐回路放大器	第6章 振幅调制、检波及混频	64
3.3 集中选频放大器	6.1 振幅调制	64
3.4 实训 高频小信号放大电路 的仿真	6.1.1 调幅信号分析	65
3.5 习题	6.1.2 调幅电路	69
第4章 高频功率放大器	6.2 检波	72

6.2.1	概述	72
6.2.2	二极管峰值包络检波	74
6.2.3	同步检波	76
6.3	混频	79
6.3.1	概述	79
6.3.2	混频电路	80
6.3.3	混频干扰和非线性失真	83
6.4	实训 调幅、检波及混频电路仿真	85
6.5	习题	88
第7章	频率调制与解调	90
7.1	调频信号的分析	90
7.2	调频电路	93
7.2.1	概述	93
7.2.2	直接调频电路	94
7.2.3	间接调频电路	97
7.2.4	扩展频偏的方法	98
7.3	鉴频器	99
7.3.1	概述	99
7.3.2	斜率鉴频器	100
7.3.3	相位鉴频器	102
7.4	实训 鉴频器电路的仿真	105

7.5	习题	107
第8章	反馈控制电路	109
8.1	自动增益控制电路	110
8.1.1	AGC电路的工作原理	110
8.1.2	AGC电路的应用	110
8.2	自动频率控制电路	112
8.2.1	AFC电路的工作原理	112
8.2.2	AFC电路的应用	113
8.3	锁相环路	114
8.3.1	锁相环路的工作原理	114
8.3.2	锁相环路的基本组成分析	115
8.3.3	锁相环路的应用	116
8.4	频率合成电路	119
8.4.1	概述	119
8.4.2	锁相频率合成器	120
8.4.3	直接数字式频率合成器	121
8.5	实训 锁相环鉴频电路仿真	123
8.6	习题	124
附录	综合实训——调幅半导体收音机的组装	127
	参考文献	136



图 1-1 通信系统模型示意图

1. 信源、信宿

信源是信息的产生者，而信宿是信息的接受者，它们可以是人，也可以是机器终端。在通信系统中，信源和信宿通常是相互转换的。

2. 输入变换器、输出变换器

信号是信息的表现形式，是运载与传递信息的载体与工具；而信息是信号的具体内容，存在于信号之中。

输入变换器的主要任务是将信源提供的原始信息（如语音、图像等）转换为电信号。当原始信息本身就是电信号时，输入变换器可省略。

输出变换器的作用是将接收设备输出的电信号转换成原始信息（如语音、图像等）并

第1章 绪论

本章要点

- 通信系统的模型
- 通信系统的分类
- 无线电信号的传播特性
- 仿真软件介绍
- 本课程研究的对象

1.1 通信系统

本节主要介绍通信系统的组成及分类，学习时要注意理解通信系统模型中每块电路的作用。

1.1.1 通信系统的模型

通信就是信息发送者将信息传给信息接收者的过程，能够实现信息传递的系统称为通信系统。一个完整的通信系统主要由七部分组成，即信源、输入变换器、发送设备、信道、接收设备、输出变换器及信宿。通信系统的模型如图 1-1 所示。

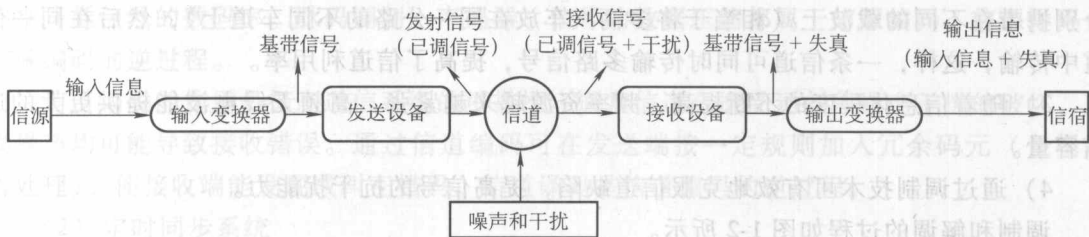


图 1-1 通信系统模型示意图

1. 信源、信宿

信源是信息的产生者，而信宿是信息的接受者，它们可以是人，也可以是机器终端。在通信系统中，信源和信宿通常是相互转换的。

2. 输入变换器、输出变换器

信号是信息的表现形式，是运载与传递信息的载体与工具；而信息是信号的具体内容，它蕴藏在信号之中。

输入变换器的主要任务是将信源提供的原始信息（如语音、图像等）变换为电信号。当输入信息本身就是电信号时，输入变换器可省略。

输出变换器的作用是将接收设备输出的电信号变换成原始信息（如语音、图像等）提

供给信宿。

3. 发送设备、接收设备

发送设备的主要作用是调制和放大。所谓调制是将基带信号变换成适合在信道中传输的频带信号，具体方法是用基带信号去控制信息载体（载波）的某一参数，使该参数随着基带信号的变化而变化，可见，调制是将基带信号携带在载波的某一参数上。

所谓放大，是指对信号的电压或功率进行放大、滤波等处理。

接收设备的任务是将通过通信信道传送到接收端的信号进行处理，恢复出与发送端相一致的基带信号，这种将接收信号恢复成基带信号的处理过程称为解调。解调是调制的逆过程。

由于信道的衰减，信号通过“长途跋涉”到达接收端后非常微弱（微伏数量级），必须经放大后方能解调，同时，由于信道中存在许多干扰，因此接收设备除具备很强的放大能力外，还必须具有很强的抑制干扰的能力，只有这样才能从众多干扰的包围中选择出有用信号。

为什么要调制？主要原因如下：

1) 缩短天线尺寸。在无线电通信系统中，电信号是通过天线辐射到天空中的，经天空到达接收地点。根据电磁波理论，只有当天线的尺寸与电信号的波长可比拟时，天线才能将电信号有效地辐射到天空。一般基带信号频率很低，例如语音信号的频率范围为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$ ，对应于 1kHz 的语音信号，其波长达 300km ，需 75km 长的天线，如此巨大的天线无论是制造还是架设都是不现实的。因此必须通过调制将基带信号携带在高频电信号上，由于高频信号的波长较短，所需的天线尺寸也就较小。

2) 实现多路复用。现实生活中，为了提高公路的利用率，采用多车道，车流在各自的车道上平行运行，互不影响。同样的道理，为了提高信道的利用率，可通过调制将多路信号分别携带在不同的载波上（相当于将多辆汽车放在同一公路的不同车道上），然后在同一信道中传输，这样，一条信道可同时传输多路信号，提高了信道利用率。

3) 随着信息化程度的不断提高，频率资源越来越紧张，高频无线电波能提供更大的通信容量。

4) 通过调制技术可有效地克服信道缺陷，提高信号的抗干扰能力。

调制和解调的过程如图 1-2 所示。

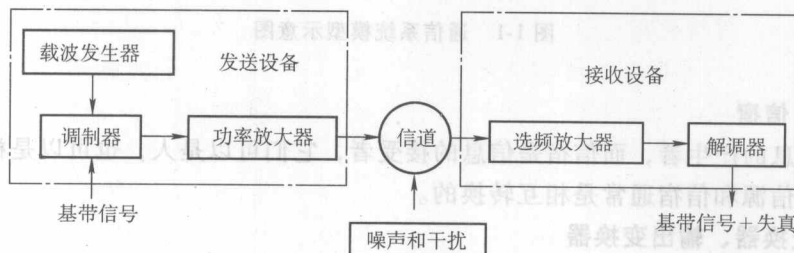


图 1-2 调制与解调过程

4. 信道

信道是连接收、发两端的信号通道，也称传输媒介。信道可分为两大类：有线信道

(如架空明线、电线、电缆、光纤等)和无线信道(如海水、地球表面、自由空间等)。不同的信号适合在不同的信道中传输。

1.1.2 通信系统的分类

1. 按信息的物理特征分类

根据信息的物理特征,可将通信系统分为传真通信系统、电话通信系统、数据通信系统、图像通信系统等。

2. 按基带信号的物理特征分类

根据基带信号的不同,通信系统可分为模拟通信系统(基带信号为模拟信号)和数字通信系统(基带信号为数字信号)。模拟通信系统如图 1-1 所示。

数字通信系统主要由八部分组成:信源、编码器、调制器、信道、解调器、译码器、信宿和定时同步系统,如图 1-3 所示。

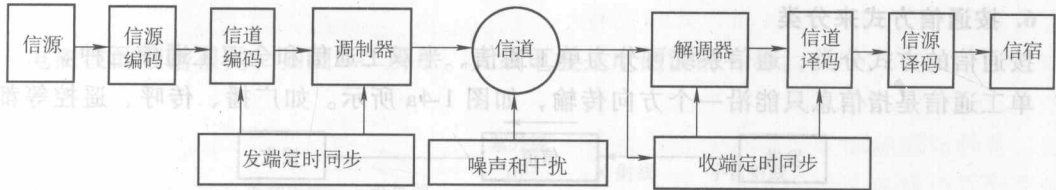


图 1-3 数字通信系统模型示意图

(1) 编码器、译码器

信源编码可提高通信系统的效率,信源编码器主要由两部分组成,一是模/数转换器,用来实现模/数转换(A/D),把信息源发出的连续信号变换为数字序列;二是压缩编码器,用来降低信号的数码率。脉码调制、声码器、信号的数据压缩都属于信源编码。信源译码是信源编码的逆过程。

信道编码的作用是提高通信系统的可靠性。通常信道会遭受到各种噪声干扰的破坏,这些噪声均可能导致接收错误。通过信道编码可在发送端按一定规则加入冗余码元(包括加密处理),使接收端能发现或纠正错码。信道译码是信道编码的逆过程。

(2) 定时同步系统

任何一个数字通信系统要正常工作,都必须有一个稳定的定时同步系统。定时系统产生一系列定时信号,确保收、发端之间具有一定(相对不变)的时间关系,使系统有序地工作。

数字通信系统适于集成化和智能化,具有很强的抗噪声和抗干扰能力,加强了通信的保密性,容易进行高质量的远距离通信,又便于同计算机接口,以实现计算机数字信息处理,还可以同时传输多种信息,实现多媒体通信,是目前和今后通信的发展方向。

3. 按传输媒介分类

根据传输媒介的不同,通信系统可分为有线通信系统和无线通信系统两大类。

4. 按信号复用方式分类

复用方式主要有四种,即空分复用(SDMA)、频分复用(FDMA)、时分复用(TDMA)和码分复用(CDMA)。

空分复用是利用不同的空间来实现多路信号的传送,如有线情况下,可以利用不同的电

路或不同的电缆来区分空间；在无线空间可依靠天线的指向性和发射信号功率的大小来粗略地控制和区分不同的空间。

频分复用是在频域利用频谱“搬移”的方式使不同信号占据不同的频率范围，相应的传输称为“频带传输”。

时分复用是在时域通过抽样或脉冲调制方法使不同信号占据不同的时间区间，即时隙。码分复用则是在同一空间、同一频段、同一时间内，用互相正交的码组携带不同的信号。如果从空间、频率和时间上来观察，多个 CDMA 信号是互相重叠的。

模拟通信中大都采用频分复用，随着数字通信的发展，时分复用的应用愈来愈广泛，码分复用多用于扩频通信系统，移动通信系统和卫星通信系统中也在应用码分复用技术。

5. 按终端设备来分类

按终端设备分，通信系统可分为电话（包括手机）通信、电报通信、电传通信、传真通信和计算机通信等。

6. 按通信方式来分类

按通信的方式分类，通信系统可分为单工通信、半双工通信和全双工通信三种。

单工通信是指信息只能沿一个方向传输，如图 1.4a 所示。如广播、传呼、遥控等都属

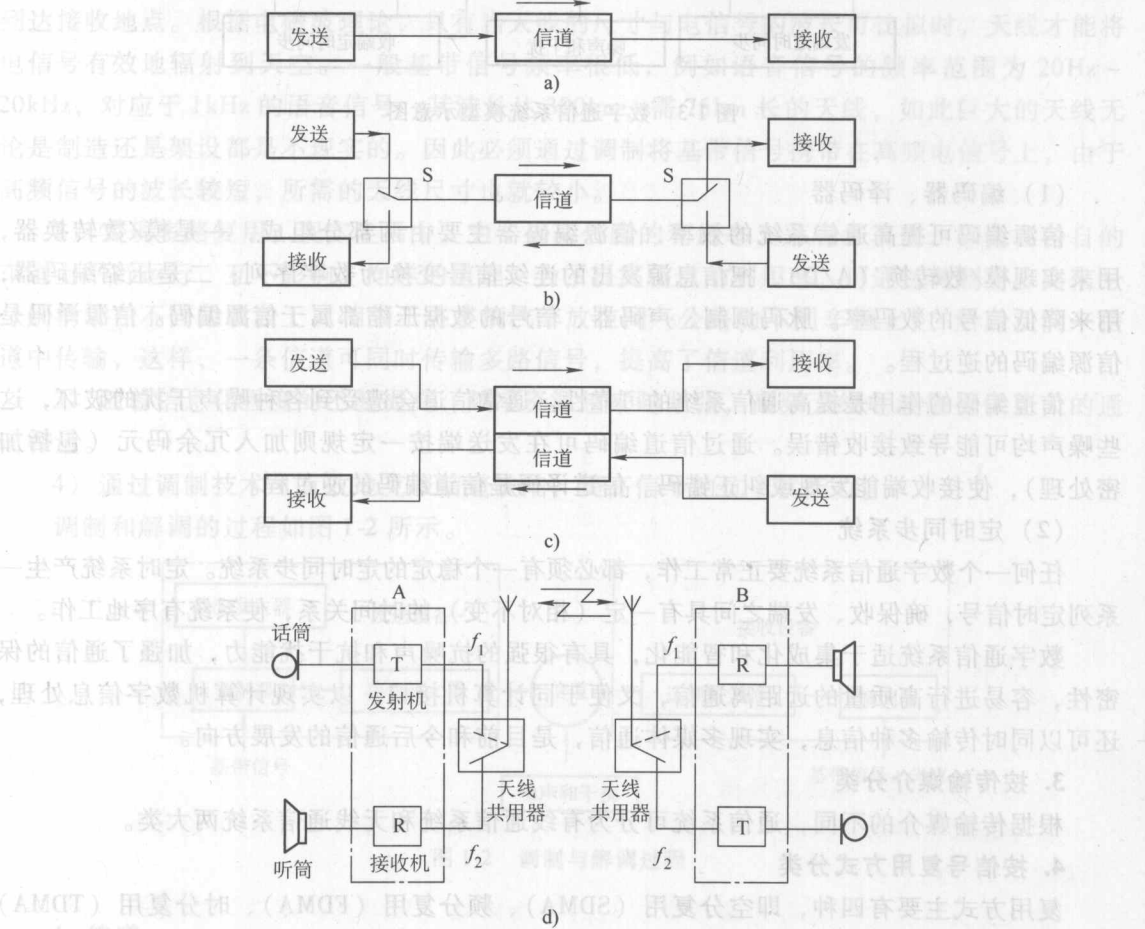


图 1.4 通信方式示意图

示；而非周期性信号，可以用连续谱表示。

频谱特性包含幅频特性和相频特性两部分，它们分别反映信号中各个频率分量的振幅和相位的分布情况。

任何信号都会占据一定的带宽。从频谱特性上看，信号的带宽是指信号能量的主要部分（一般占信号总能量的90%以上）所占据的频率范围。不同的信号，其带宽不同。比如，电话语音信号的带宽为300Hz~3.4kHz。

3. 传播特性

传播特性是指无线电信号的传播方式、传播距离、传播特点等。无线电通信的传输媒质主要是自由空间。由于地球表面与空间层的环境条件不同，因此对不同频率的电磁波的传播特性也不同。不同的信道有不同的传输特性，相同的信道对不同频率的信号传播特性也是不同的。

为了讨论方便，将不同频率的电磁波人为地划分成若干频段或波段，其相应名称和主要应用举例列于表1-1中。其中，分米波、厘米波和毫米波通称微波。应该指出，各种波段的划分是相对的，因为各波段之间并没有显著的分界线，但不同波段仍然有很大的差别。例如，在自由空间中，电磁能量是以电磁波的形式传播的，然而，不同频率的电磁波却有着不同的传播方式，1.5MHz以下的电磁波主要沿地表传播，称为地波，其传播方式为绕射传播，如图1-6a所示。由于大地不是理想的导体，当电磁波沿地表传播时，有一部分能量被损耗掉，频率越高，趋表效应越严重，损耗越大，因此频率较高的电磁波不宜沿地表传播。1.5~30MHz的电磁波主要靠天空中电离层的折射和反射传播，称为天波，如图1-6b所示。电离层是由于太阳和星际空间的辐射引起大气层电离形成的，电磁波到达电离层后，一部分能量被吸收，一部分能量被反射和折射回到地面。频率越高，被吸收的能量越小，电磁波穿入电离层也越深。当频率超过一定值后，电磁波就会穿透电离层而不再返回地面，因此频率更高的电磁波不宜用天波传播。30MHz以上的电磁波主要沿空间直线传播，称为空间波，如图1-6c所示。由于地球表面的弯曲，空间波传播距离受限于视距范围，可高架收、发天线以增大其传播距离。理论和实践表明：当收、发两地所架天线高度均为50m时，电磁波直线传播距离为50km。所以微波通信采用中继方式，而卫星通信则是利用离地面几万公里的卫星作为地面信号的转发器，显然其传播距离大为增加，如图1-6d所示。

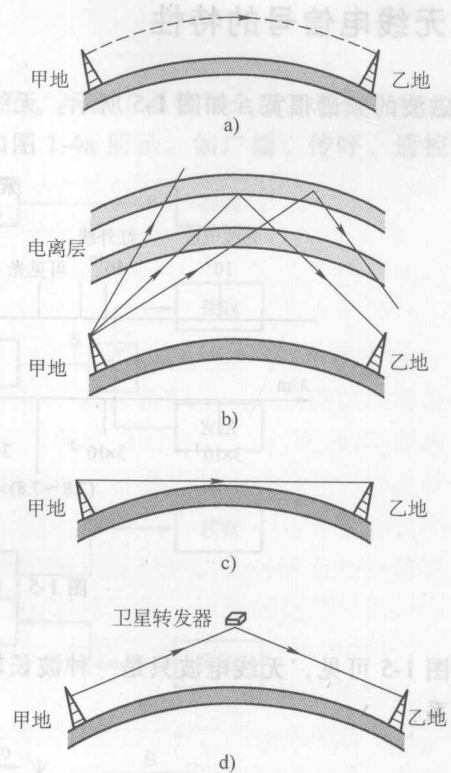


图 1-6 电磁波传播路径

- a) 绕射传播 b) 反射与折射传播
c) 直线传播方式一 d) 直线传播方式二

表 1-1 电磁波频 (波) 段划分

频率范围	波 长	名 称	符 号	传 输 媒 介	用 途
0.3 ~ 3kHz	$10^3 \sim 10^2$ km	音频	AF	架空明线 (长波)	电话数据终端
3 ~ 30kHz	$10^2 \sim 10$ km	甚低频	VLF	架空明线、对称电缆、地球表层 (长波)	导航、频标
30 ~ 300kHz	10 ~ 1km	低频	LF	对称电缆、架空明线、地球表层 (长波)	电力通信、导航
0.3 ~ 3MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频	MF	同轴电缆 地球表层 (中波)	调幅广播、业务通信、移动通信
3 ~ 30MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频	HF	同轴电缆 电离层 (短波)	短波广播、军用通信、国际通信
30 ~ 300MHz	10 ~ 1m	甚高频	VHF	同轴电缆 空间直线传播 (超短波)	电视、调频广播 移动通信 (模拟)
0.3 ~ 3GHz	$10^2 \sim 10$ cm	超高频	UHF	波导 空间直线传播 (分米波)	电视、雷达 移动通信
3 ~ 30GHz	10 ~ 1cm	特高频	SHF	波导 空间直线传播 (厘米波)	微波通信、卫星通信、雷达
30 ~ 300GHz	10 ~ 1mm	极高频	EHF	波导 空间直线传播 (毫米波)	微波通信、雷达 射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \sim 0.03 \mu\text{m}$	紫外、可见光、红外		光缆	光纤通信

1.3 电路仿真软件 Multisim 简介

电子设计自动化 (Electronics Design Automation, EDA) 技术提供了基于计算机和信息技术的电路系统设计方法。电子设计自动化经历了不同的发展阶段, 20 世纪 70 年代为计算机辅助设计 (CAD) 阶段, 即将电子设计中涉及到的 IC 版图编辑和 PCB 布局布线用计算机辅助实现。20 世纪 80 年代为计算机辅助工程 (CAE) 阶段, 主要体现在一些绘图软件的出现减轻了设计人员的劳动。从 20 世纪 90 年代开始, 设计复杂程度越来越高, 主要内容逐步转变为电子系统设计自动化 (ESDA)。现在数字系统的 EDA 可以直接根据设计要求, 使设计人员借助开发软件的帮助, 可以将设计过程中的许多细节问题抛开, 而将注意力集中在产品的总体开发上, 大大减轻了工作人员的工作量, 提高了设计效率, 减少了复杂的工序, 缩短了开发周期, 实现了真正意义上的电子设计自动化。

现在国内比较流行的 EDA 软件有 Protel、Pspice、Multisim 等。

Multisim 2001 是加拿大 IIT 公司 2001 年推出的电子线路仿真软件, 是 EWB (Electronics Workbench, 虚拟电子工作台) 的升级版。

目前 IIT 公司的 EWB 包含电路仿真设计模块 Multisim、PCB 设计软件 Ultiboard、布线引

擎 Ultiroute 及通信电路分析与设计模块 Commsim 四个部分,能完成从电路的仿真设计到电路版图生成的全过程。Multisim、Ultiboard、Ultiroute 及 Commsim 四个部分相互独立,可以分别使用。

Multisim 2001 是一个原理电路设计、电路功能测试的虚拟仿真软件。它用软件的方法虚拟电子与电工元器件,虚拟电子与电工仪器和仪表,实现了“软件即元器件”和“软件即仪器”。

Multisim 2001 的元器件库提供了数千种电路元器件供实验选用,同时也可以新建或扩充已有的元器件库,而且建库所需的元器件参数可以从生产厂商的产品使用手册中查到,因此可很方便地在工程设计中使用。

Multisim 2001 的虚拟测试仪器仪表种类齐全,有一般实验用的通用仪器,如万用表、函数信号发生器、双踪示波器、直流电源;也有一般实验室少有或没有的仪器,如波特图仪、数字信号发生器、逻辑分析仪、逻辑转换器、失真仪、频谱分析仪和网络分析仪等。

Multisim 2001 具有较为详细的电路分析功能,可以完成电路的瞬态分析和稳态分析、时域和频域分析、器件的线性和非线性分析、电路的噪声分析和失真分析、离散傅里叶分析、电路零极点分析、交直流灵敏度分析等。

Multisim 2001 可以设计、测试和演示各种电子电路,包括电工电路、模拟电路、数字电路、射频电路及部分微机接口电路等。可以对被仿真电路中的元器件设置各种故障,如开路、短路和不同程度的漏电等,从而观察不同故障情况下的电路工作状况。在进行仿真的同时,软件还可以存储测试点的所有数据,列出被仿真电路的所有元器件清单,以及存储测试仪器的的工作状态、显示波形和具体数据等。

Multisim 2001 还提供了与国内外流行的印制电路板设计自动化软件 Protel 及电路仿真软件 PSpice 之间的文件接口,也能通过 Windows 的剪贴板把电路图送往文字处理系统中进行编辑排版。

利用 Multisim 2001 可以实现计算机仿真设计与虚拟实验,与传统的电子电路设计与实验方法相比,具有如下特点:设计与实验可以同步进行,可以边设计边实验,修改调试方便;设计和实验用的元器件及测试仪器仪表齐全,可以完成各种类型的电路设计与实验;可方便地对电路参数进行测试和分析;可直接打印输出实验数据、测试参数、曲线和电路原理图;实验中不消耗实际的元器件,实验所需元器件的种类和数量不受限制,实验成本低,实验速度快,效率高;设计和实验成功的电路可以直接在产品中使用。

Multisim 2001 易学易用,便于电子信息、通信工程、自动化、电气控制类专业学生学习和进行综合性的设计和实验,有利于培养综合分析能力、开发和创新能力。

本节仅对 Multisim 2001 进行简单介绍。图 1-7 为 Multisim 2001 的主窗口。

从图 1-7 中可以看出, Multisim 的主窗口如同一个实际的电子实验台。屏幕中央区域最大的窗口是电路工作区,在电路工作区内可将各种电子元件和测试仪器仪表连接成实验电路。电路工作窗口两边是元器件栏和仪器仪表栏。元器件栏存放着各种电子元件,仪器仪表栏存放着各种测试仪器仪表,用鼠标可以很方便地从元器件栏和仪器栏中提取实验所需的各种元件及仪器、仪表。按下电路工作窗口上方的“启动/停止”按钮或“暂停/恢复”按钮可以方便地控制实验的进程。

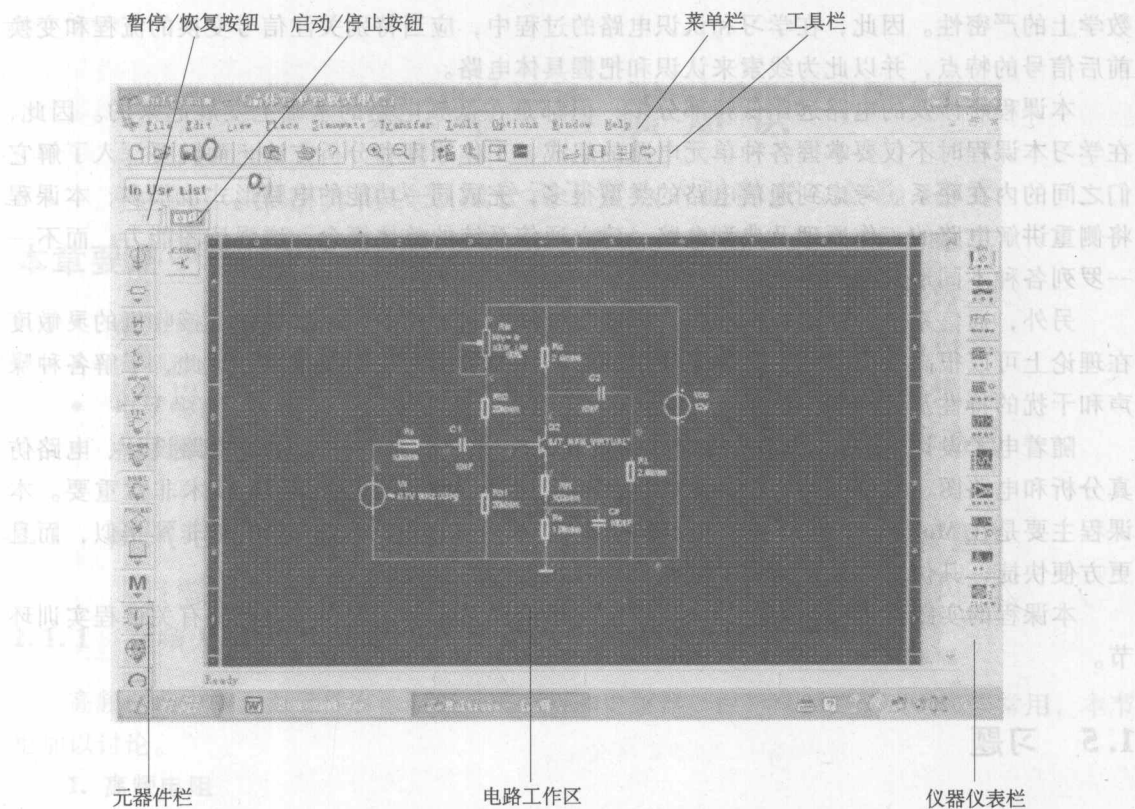


图 1-7 Multisim 2001 的主窗口

1.4 本课程研究的对象及特点

本课程的宗旨在于介绍无线电通信系统所涉及的基本单元电路。图 1-1、1-2 和 1-3 所示框图大致体现了通信系统中所包含的各个组成部分，其中低频放大电路和低频功率放大电路在电子线路基础课程中已介绍，A/D、D/A 变换在数字电路基础课程中已讲述，编码、解码、加密与解密技术及多路复用等内容属于通信原理课程的内容，其余均属本课程的范畴，包括高频小信号放大电路、高频功率放大电路、高频振荡电路、调制与解调电路、倍频电路、混频电路和反馈控制电路。

处理基带信号的电路为低频电路，而调制、解调、振荡等电路称为高频电路。高频电路中的元器件呈现出与低频电路不同的特性，但是高和低是一个相对的概念。目前，在通信系统中使用的频率范围很宽，从零赫兹至几万吉赫兹，也就是延伸到了光波频率。本课程主要讨论集总参数电路，其工作频率大约高至百兆赫数量级，只在个别情况下涉及分布参数电路的内容。

通信电路原理中，大部分是非线性电路，如振荡电路、调制和解调电路、混频电路和倍频电路等。非线性电路必须采用非线性分析方法，非线性微分方程是描述非线性电路的数学模型，在工程上常采用一些近似分析和求解的方法获得具有实际意义的结果，而不过分追求

数学上的严密性。因此，在学习和认识电路的过程中，应当特别关注信号变换的流程和变换前后信号的特点，并以此为线索来认识和把握具体电路。

本课程所涉及的电路远比低频部分多，但都是在低频电路的基础上发展起来的。因此，在学习本课程时不仅要掌握各种单元电路的组成、工作原理和分析方法，而且要深入了解它们之间的内在联系。考虑到通信电路的类型很多，完成同一功能的电路形式也很多，本课程将侧重讲解电路的工作原理及典型电路，建立通信系统的整体概念，增强读图能力，而不一一罗列各种不同形式的电路。

另外，通信系统的性能指标在很大程度上受噪声和干扰的影响。例如，接收机的灵敏度在理论上可以很高，但实际上，由于噪声的影响使灵敏度往往不能很高。因此，了解各种噪声和干扰的特性及其抑制方法是十分必要的。

随着电子设计自动化（EDA 技术）的发展，应用 EDA 软件进行电子电路设计、电路仿真分析和电路图、印制电路板设计越来越普遍，所以，掌握先进的 EDA 技术非常重要。本课程主要是在 Multisim 环境下进行电路的仿真实验，与在现实环境下的实验非常相似，而且更方便快捷，其仿真结果可为实际电路设计提供很好的参考。

本课程的实践性很强，因此，一定要坚持理论联系实际，重视实验课和有关课程实训环节。

1.5 习题

1. 画出通信系统模型框图，并说明框图中各部分电路的作用。
2. 无线电通信系统中为什么需要调制？
3. 简述通信系统的分类。
4. 电磁波信号的频段是如何划分的？各个频段的传播特性和主要应用情况如何？
5. 数字通信的优点有哪些？
6. 在本课程的学习过程中，Multisim 2001 软件的作用是什么？