



普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新编21世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业



# 模拟 电子技术

徐丽香 主编 黎旺星 张正 兰小海 副主编  
李乃夫 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业

# 模拟电子技术

徐丽香 主 编

黎旺星  
张 正 副主编  
兰小海

李乃夫 主 审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本教材根据高职院校培养应用型高技能人才的要求进行编写。内容涉及二极管、三极管、场效应管、集成运算放大器的应用,稳压电源制作,振荡器的分析设计。本书除了有一定的原理分析以外,每一章后面还有相应的实验,最后通过功率放大器的安装实训,培养学生在项目制作中应用工程理念,更好地把理论知识和实践操作结合在一起。附录对电子工作台 EWB 仿真软件进行了介绍,提高学生在电子技术方面的分析、实践和开发设计能力。

本教材根据高职学生的学习特点,以器件运用为主线,突出基本概念,强调应用能力,用通用的实际电路来强化学生的基础知识,引用新型的电路来培养学生的创新能力,帮助学生建立电子电路知识体系,接近现代应用技术。

本教材可作为高等职业技术学院应用电子技术、家用电器、计算机信息技术、无线电等电子类专业基础教材,也可以作为电子智能控制及电气自动化等专业的参考基础教材,还可作为已经毕业的高职类大学生解决实际问题的参考书,以及电子工程技术人员和电子技术爱好者的参考或自学教材。

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

模拟电子技术/徐丽香主编. —北京:电子工业出版社,2007.12  
新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材·应用电子技术专业  
ISBN 978-7-121-05462-4

I. 模… II. ①徐… III. 模拟电路—电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 183176 号

责任编辑:刘真平

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

装 订:

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:14.25 字数:363.2 千字

印 次:2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:22.00 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 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

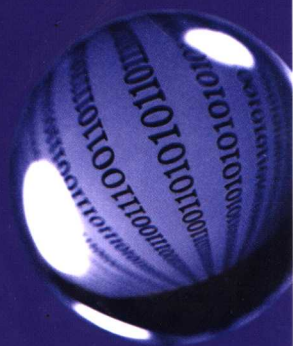
服务热线:(010)88258888。



### 作者简介：

徐丽香，广东机电职业技术学院计算机与信息工程系副教授 / 高级工程师。主要研究方向为电子技术和家用电器。曾经出版过多本有关家用电子产品如数字视听设备和电子技术方面的著作，并发表了数十篇专业论文。

E-mail: [lixiangxu2004@163.com](mailto:lixiangxu2004@163.com)



# 新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材（第 2 版）

## 出版说明

2002 年 10 月,电子工业出版社组织 90 余所高职院校的优秀教师编写了“应用电子技术”、“机电一体化技术”、“电气自动化技术”和“通信技术”4 个专业的高职教材,从 2003 年 7 月第 1 本教材问世截至 2004 年 10 月,已经出版了 70 余种。时至今日已有 2 年多的教材使用时间,这批教材的大部分得到使用者的好评。随着教育的不断深入及社会用人单位对高职毕业生的更高要求,为使教材更好地适应高职毕业生的就业、使教材有益于培养高职毕业生的生产实践技能,2005 年 7 月,我们在杭州组织召开了教材研讨会,针对上述 4 个专业的大部分教材的内容的修订听取了到会老师的意见,明确了修订教材的编写思路和编写原则,确定了修订版教材的编写人员,计划在 2006 年底~2007 年上半年基本出版齐全修订版教材。为便于读者区分,这批修订版教材均标明“(第 2 版)”。教材的丛书名仍沿用“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”。

第 2 版教材的主要特点如下:

1. 内容更加突出“实用性、技能性、应用性”。
2. 实训内容的选择以技能为要素。
3. 适当拓展了教材的广度,其目的是为方便不同学校、不同专业的学生选用。
4. 专业课以目前企业主要设备为主线进行讲解。
5. 习题尽量避免问答式、叙述式,而多为技能型、解决问题型。
6. 配备电子教案,以便于老师教学和学术交流。

我们的初衷是希望第 2 版教材的问世能够弥补第 1 版教材的不足,使其内容更加贴近企业用人的需求,更加有利于学生就业,让学生能够真正掌握一些实际的生产技能。同时,我们亦深知:高等职业教育的改革不能一蹴而就,编写出适合高职教育的教材也是一个渐进的过程。我们期待和全国高职院校的老师们一同努力,不断改进创新,为出版真正适合高职教育的好教材尽力。

在组织高职电子信息类教材的编写全过程近 4 年的时间内,我们结交了全国的许多优秀教师,他们的人品德行、人格魅力、学识水平均达到很高的水准。与他们的交往让我们受益匪浅,并且给我们以启迪:学校确是藏龙卧虎之地。我们愿意继续结交新的朋友,目的只有一个,那就是共同为高等职业教育的发展贡献我们大家的力量,在这个目标下达到学校、老师、出版社多赢。

我们亦衷心欢迎各高职院校有意愿、有能力的老师参加我们的教材编写。具体专业范围如下:

机电一体化技术,电气自动化技术,数控技术,模具技术,应用电子技术,通信技术。

电子工业出版社高等职业教育教材事业部

2006 年 3 月

参加“新编 21 世纪高等职业教育电子信息类规划教材”  
编写的院校名单（排名不分先后）

- |              |                |
|--------------|----------------|
| 桂林工学院南宁分院    | 广州大学科技贸易技术学院   |
| 江西信息应用职业技术学院 | 湖北孝感职业技术学院     |
| 江西蓝天职业技术学院   | 江西工业工程职业技术学院   |
| 吉林电子信息职业技术学院 | 四川工程职业技术学院     |
| 保定职业技术学院     | 广东轻工职业技术学院     |
| 安徽职业技术学院     | 西安理工大学         |
| 杭州中策职业学校     | 辽宁大学高职学院       |
| 黄石高等专科学校     | 天津职业大学         |
| 天津职业技术师范学院   | 天津大学机械电子学院     |
| 福建工程学院       | 九江职业技术学院       |
| 湖北汽车工业学院     | 包头职业技术学院       |
| 广州铁路职业技术学院   | 北京轻工职业技术学院     |
| 台州职业技术学院     | 黄冈职业技术学院       |
| 重庆工业高等专科学校   | 郑州工业高等专科学校     |
| 济宁职业技术学院     | 泉州黎明职业大学       |
| 四川工商职业技术学院   | 浙江财经学院信息学院     |
| 吉林交通职业技术学院   | 南京理工大学高等职业技术学院 |
| 连云港职业技术学院    | 南京金陵科技学院       |
| 天津滨海职业技术学院   | 无锡职业技术学院       |
| 杭州职业技术学院     | 西安科技学院         |
| 重庆职业技术学院     | 西安电子科技大学       |
| 重庆工业职业技术学院   | 河北化工医药职业技术学院   |

石家庄信息工程职业学院

三峡大学职业技术学院

桂林电子工业学院高职学院

桂林工学院

南京化工职业技术学院

湛江海洋大学海滨学院

江西工业职业技术学院

江西渝州科技职业学院

柳州职业技术学院

邢台职业技术学院

漯河职业技术学院

太原电力高等专科学校

苏州经贸职业技术学院

金华职业技术学院

河南职业技术师范学院

新乡师范高等专科学校

绵阳职业技术学院

成都电子机械高等专科学校

河北师范大学职业技术学院

常州轻工职业技术学院

常州机电职业技术学院

无锡商业职业技术学院

河北工业职业技术学院

天津中德职业技术学院

安徽电子信息职业技术学院

浙江工商职业技术学院

河南机电高等专科学校

深圳信息职业技术学院

河北工业职业技术学院

湖南信息职业技术学院

江西交通职业技术学院

沈阳电力高等专科学校

温州职业技术学院

温州大学

广东肇庆学院

湖南铁道职业技术学院

宁波高等专科学校

南京工业职业技术学院

浙江水利水电专科学校

成都航空职业技术学院

吉林工业职业技术学院

上海新侨职业技术学院

天津渤海职业技术学院

驻马店师范专科学校

郑州华信职业技术学院

浙江交通职业技术学院

# 前 言

模拟电子技术是一门应用性很强的专业基础课，主要任务是在传授有关模拟电子技术基本知识的基础上，培养学生分析和设计模拟电路的能力。笔者在参加全国大学生电子设计竞赛的培训和评审工作过程中发现，选做模拟电子技术类选题的学生远少于选做自动控制和数字类题目的学生，作品的性能指标完成率整体水平较差，即项目制作能力较差，在对器件参数的选择，电路的调试，电路板制作的工艺等方面，学生存在很多知识的空白点。

本教材编写时，力求能够培养学生动手制作项目的能力，而不局限于理论分析。目的是让读者通过学习，掌握制作常见电子电路的能力。本教材的特色如下。

## 1. 理论和实践密切结合

本教材内容由理论知识和实验内容构成。主体教学过程是：看、想、学、做。通过前述部分内容让读者对所学内容有直观的理解，然后通过教学，并结合在实验内容中运用器件实现电路，把实践和理论有机地融合在一起。单元内容通过提出问题，让读者去“想一想”，启迪读者扩大相应的知识面。本教材采用常用芯片构成的典型电路的实例分析来强化学生的知识，培养学生举一反三的能力。教师选用这本教材可完成模拟电子技术课程的完整教学过程，无须另行准备实训内容。

本教材实验项目中的电路，希望读者能够利用万能板自行搭接，然后再到实验室进行测试。在制作的过程中激发学习的兴趣和潜能，培训创新能力。本书最后一章功率放大器的安装和调试的内容，可以由读者利用实习课的时间或课余时间完成，教师也可以在教学过程中作为设计的例子进行分析。这部分内容可帮助读者进一步明确各电路的功能并提高综合运用能力。

本教材对电子工作台 EWB 进行了简要介绍，让读者掌握一种高效的仿真的实验手段。

## 2. 实用的工程理念贯穿其中

本教材强调基本概念，突出实用的应用技术。本教材选用的实例是截取于典型电子产品整机电路中的部分电路，学生学习后可方便地把所学知识和实际应用紧密地结合在一起。实用的工程理念始终贯穿在整个内容处理过程中。教材通过单元电路的实验项目，以及对总内容整合的课程设计，把资料查阅、电路整合、安装调试、报告编写等电子工程设计和制作的方法传授给读者，培养其再学习的能力，在基础课程中逐步培养完成项目和构筑工程的能力。

参加本书编写的有徐丽香（第 1 章、第 6 章、第 8 章、第 9 章和附录）、黎旺星（第 4 章、第 7 章、第 10 章）、张正（第 2 章、第 3 章）、兰小海（第 5 章），全书由徐丽香担任主编并负责定稿，黎旺星、张正、兰小海担任本书的副主编。本书由李乃夫主审。

由于编者水平有限，书中的错误和缺点在所难免，热忱欢迎使用者对本书提出批评与建议。

编 者

2007 年 10 月 10 日



## 《模拟电子技术》读者意见反馈表

尊敬的读者：

感谢您购买本书。为了能为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间，将您的意见以下表的方式（可从 <http://edu.phei.com.cn> 下载本调查表）及时告知我们，以改进我们的服务。对采用您的意见进行修订的教材，我们将在该书的前言中进行说明并赠送您样书。

姓名：\_\_\_\_\_ 电话：\_\_\_\_\_

职业：\_\_\_\_\_ E-mail：\_\_\_\_\_

邮编：\_\_\_\_\_ 通信地址：\_\_\_\_\_

1. 您对本书的总体看法是：

很满意     比较满意     尚可     不太满意     不满意

2. 您对本书的结构（章节）： 满意  不满意 改进意见\_\_\_\_\_

3. 您对本书的例题  满意  不满意 改进意见\_\_\_\_\_

4. 您对本书的习题  满意  不满意 改进意见\_\_\_\_\_

5. 您对本书的实训  满意  不满意 改进意见\_\_\_\_\_

6. 您对本书其他的改进意见：

7. 您感兴趣或希望增加的教材选题是：

请寄：100036 北京万寿路 173 信箱高等职业教育部 刘菊收

电话：010-88254563    E-mail: baiyu@phei.com.cn

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

<b>第 1 章 导言</b> .....	1
1.1 电信号和电路 .....	1
1.2 电子电路的构成及表示 .....	3
1.3 模拟电子技术课程的特点 .....	5
学习指导 .....	7
习题 .....	7
实验 1 常用电子仪器的使用 .....	8
<b>第 2 章 二极管及其应用</b> .....	14
2.1 半导体二极管 .....	14
2.1.1 PN 结的形成 .....	14
2.1.2 二极管的基本结构和符号 .....	15
2.1.3 PN 结的导电特性 .....	15
2.1.4 二极管的伏安特性 .....	16
2.1.5 二极管的主要参数 .....	17
2.1.6 二极管应用举例 .....	18
2.1.7 特殊二极管 .....	19
2.2 简单直流稳压电源 .....	22
2.2.1 单相半波整流电路 .....	22
2.2.2 单相桥式整流电路 .....	23
2.2.3 滤波电路 .....	24
2.2.4 稳压管稳压电路 .....	28
学习指导 .....	28
习题 .....	28
实验 2 二极管的测试和简单直流稳压电源的安装与调试 .....	30
<b>第 3 章 三极管及放大电路</b> .....	33
3.1 三极管的结构和基本特性 .....	33
3.1.1 三极管的基本结构、符号和电流分配关系 .....	33
3.1.2 三极管的伏安特性 .....	35
3.1.3 三极管的主要参数 .....	39
3.2 放大电路的基本概念 .....	40
3.2.1 放大电路的分类 .....	40
3.2.2 放大电路的性能指标 .....	40
3.3 共射基本放大电路 .....	42
3.3.1 电路结构和元器件的作用 .....	42
3.3.2 放大器的工作原理及电量符号约定 .....	43

3.4	放大电路的分析方法	44
3.4.1	放大电路的静态分析	45
3.4.2	稳定工作点的放大电路	46
3.4.3	放大电路的动态分析	47
3.5	三种基本组态放大电路的比较	50
3.6	多级放大器	51
3.6.1	多级放大器的级间耦合方式	51
3.6.2	多级放大器的分析计算	53
3.6.3	复合管	53
3.6.4	放大器的频率特性	54
	学习指导	55
	习题	56
	实验3 晶体管单管放大器	59
<b>第4章</b>	<b>场效应管及其放大电路</b>	<b>65</b>
4.1	概述	65
4.2	结型场效应管	66
4.2.1	结型场效应管的工作特性	66
4.2.2	结型场效应管的测试	68
4.3	绝缘栅型场效应管	69
4.3.1	绝缘栅型场效应管的工作特性	69
4.3.2	VMOS管	71
4.3.3	绝缘栅型场效应管的测试	72
4.4	场效应管的应用	72
4.4.1	场效应管的主要参数及使用注意事项	72
4.4.2	场效应管构成的放大电路	74
4.4.3	场效应管构成的恒流源电路	76
	学习指导	77
	习题	77
	实验4 结型场效应管放大器	80
<b>第5章</b>	<b>集成运算放大器</b>	<b>84</b>
5.1	差动放大电路	84
5.1.1	基本差动放大电路	84
5.1.2	射极耦合差动放大电路	85
5.1.3	差动放大电路的连接方式	87
5.2	集成运放	88
5.2.1	集成运放简介	88
5.2.2	理想集成运放	89
5.3	基本运算放大电路	91
5.4	电压比较器	95
5.5	精密放大器	97

5.6 典型例题分析 .....	97
学习指导 .....	99
习题 .....	99
实验 5 集成运放的应用 .....	101
<b>第 6 章 放大电路中的反馈</b> .....	<b>105</b>
6.1 反馈的概念 .....	105
6.1.1 反馈的结构 .....	105
6.1.2 反馈的基本关系式 .....	106
6.1.3 反馈类型 .....	106
6.2 反馈类型的判别 .....	108
6.3 负反馈对放大电路的影响和应用 .....	111
6.3.1 负反馈对放大电路的影响 .....	111
6.3.2 负反馈的应用 .....	112
学习指导 .....	113
习题 .....	113
实验 6 负反馈放大器 .....	118
<b>第 7 章 低频功率放大器</b> .....	<b>121</b>
7.1 概述 .....	121
7.1.1 功率放大电路的要求 .....	121
7.1.2 功率放大器工作状态的分类 .....	122
7.1.3 单管甲类功率放大器 .....	123
7.1.4 乙类功率放大器 .....	124
7.1.5 D 类功率放大器 .....	126
7.2 互补对称功率放大电路 .....	127
7.2.1 OCL 电路的组成及工作原理 .....	127
7.2.2 OCL 电路的输出功率与效率 .....	128
7.2.3 功率放大管的选择 .....	129
7.2.4 功率放大器的安全运行 .....	129
7.3 集成功率放大电路 .....	131
7.3.1 集成功率放大电路分析 .....	131
7.3.2 集成功率放大电路的主要性能指标 .....	135
学习指导 .....	136
习题 .....	136
实验 7 集成功率放大器的安装与测试 .....	139
<b>第 8 章 直流稳压电源</b> .....	<b>142</b>
8.1 概述 .....	142
8.1.1 稳压原理 .....	142
8.1.2 稳压电路的主要性能指标 .....	143
8.2 硅稳压管稳压电路 .....	143

8.3	线性串联稳压电路	145
8.3.1	串联型稳压电源的结构框图	145
8.3.2	输出电压的大小和调节方法	147
8.4	集成稳压电源	148
8.4.1	三端固定电压输出稳压器	148
8.4.2	三端可调输出电压集成稳压器	151
8.4.3	集成稳压器的主要参数	153
8.4.4	集成稳压器的应用实例	153
8.5	开关稳压电源	154
8.6	稳压电源电路实例分析	156
	学习指导	158
	习题	158
	实验 8 集成稳压电源的应用	163
<b>第 9 章</b>	<b>正弦波振荡器</b>	<b>166</b>
9.1	正弦波振荡器的基本知识	166
9.1.1	自激振荡的工作原理	166
9.2	LC 振荡器	168
9.2.1	变压器耦合式 LC 振荡器	168
9.2.2	三点式 LC 振荡电路	170
9.3	石英晶体振荡器	172
9.3.1	石英晶体的基本特性及其等效电路	172
9.3.2	石英晶体振荡电路	173
9.4	RC 正弦波振荡电路	175
9.4.1	RC 网络的频率响应	175
9.4.2	RC 桥式正弦波振荡电路	175
	学习指导	177
	习题	177
	实验 9 LC 振荡器及选频放大器	179
<b>第 10 章</b>	<b>功率放大器的安装与调试</b>	<b>182</b>
10.1	电子产品组装技术	182
10.2	功率放大器的电路原理	182
10.3	认识元件的主要参数	188
10.4	功率放大器的装配、调试与检修	191
10.4.1	元件清单	191
10.4.2	电路板	192
10.4.3	装配流程与工艺	193
10.4.4	功率放大器线路板安装的基础知识	195
10.4.5	功率放大器主板的装配	196
10.4.6	调试与维修	197
10.5	功率放大器的测试	198

学习指导 .....	201
习题 .....	202
<b>附录 A Electronics Workbench 5.0 简介 .....</b>	<b>203</b>
A.1 EWB 的主窗口 .....	203
A.2 EWB 的电路创建 .....	204
A.3 虚拟仪器仪表的使用 .....	207
A.4 电路的仿真分析 .....	210
A.5 使用过程中的几点说明 .....	211
<b>附录 B 共射极放大电路的仿真实验与分析 .....</b>	<b>212</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>214</b>

# 第1章 导 言

信号是反映信息的物理量，例如工业控制中的温度、压力、流量，自然界的声信号等，信号是信息的表现形式。现在人们习惯于借助某些物理量（如声、光、电的变化）来表示和传递信息，例如广播和电视是利用电磁波来进行传递的。由于各种非电的物理量信号可以通过各种传感器（如话筒、摄像机等）较容易地转换成电信号，而电信号又容易传送和处理，所以电信号成为应用广泛的信号。

电信号的产生、传输、加工、处理是在电子电路中完成的。电子电路具有对电信号起某种作用的特定功能。各种功能的电路结合在一起，可以完成更为强大的功能，如电视机、收音机、扩音机、手机等。电子电路可分为模拟电子电路和数字电子电路。图 1.1 所示是一块实际的电子电路板，是电子整流器的实物电路。请辨认图中的元件。

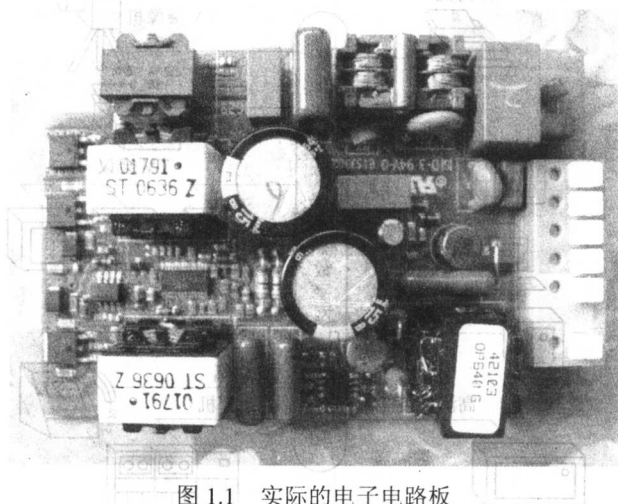


图 1.1 实际的电子电路板

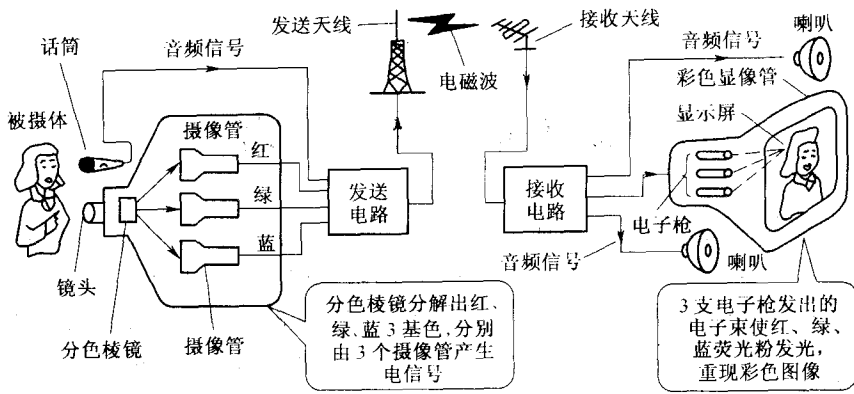
通过本章的学习，你可以掌握以下内容：

- 电信号的类型；
- 电子电路的构成；
- 电子电路中模拟电路的特点；
- 电子电路各种图示方法的认识。

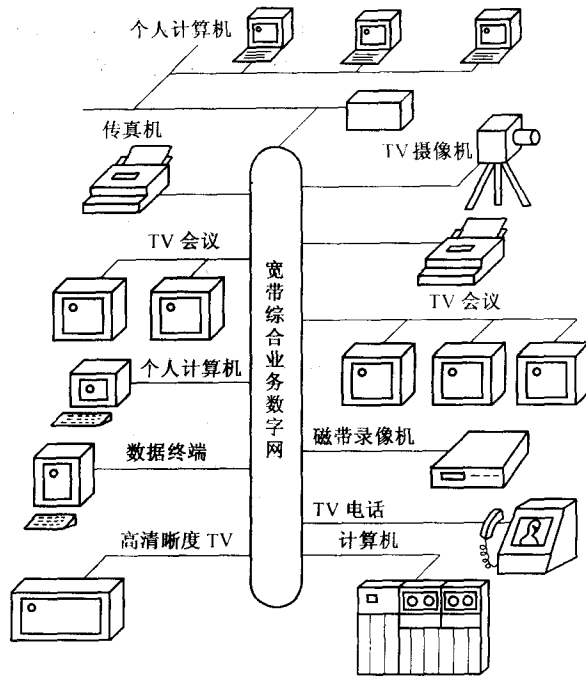
## 1.1 电信号和电路

人与人之间，人与周围环境之间的信息传递、交换和处理是通过信号来进行的。电信号是一种常用于传送和处理的信号。信号通过若干信号处理单元构成的系统进行处理，从而实现某些功能。图 1.2 所示是两个典型的信号传输系统的示意图。图 1.2(a)所示是电视广播传输系统，图 1.2(b)所示是综合业务数字网 ISDN。各种系统的功能不同，复杂程度也存在一定的差异。这些系统通常应用电子电路，不同系统中有些电子电路可能是完全相同的。





(a) 电视广播传输系统



(b) 综合业务数字网 ISDN

图 1.2 信号传输系统

现代信息系统中最常见的信号是电信号。图 1.2(a)所示的电视广播传输系统中有射频信号、视频信号、音频信号；图 1.2(b)所示的综合业务数字网 ISDN 中有数字信号、光电转换信号。这些信号的共同之处在于表现形式：它们都是电信号。

电信号的产生、传输、加工、处理是在电子电路中完成的，电子电路具有对电信号进行处理的特定功能。如果系统全部由电子电路构成，称为电子系统。一个比较复杂的电子系统一般都是由不同功能的电子电路单元构成的，而这些特定功能的电子电路单元又可以视为一个小型的电子系统。

电信号是以电量（主要是电压和电流）来表示的，最常见的是随着时间变化的电压或电流。图 1.3 用图示的方式描述了几种在电子电路中常见的信号，称为波形图，波形图的横轴表示时间，纵轴表示电压。电信号的波形通过示波器可进行观察。