



北京市高等教育精品教材立项项目

实用 电子电路基础

刘维恒 主编

刘维恒 陈恒荣 刘继承 张明莉 编著

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



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

北京市高等教育精品教材立项项目

实用电子电路基础

刘维恒 主编

刘维恒 陈恒荣
刘继承 张明莉 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是北京市高等教育精品教材立项项目,是几年来电子信息类工科高等职业教育教学研究的成果。

本书主要内容有两部分。第一部分讲述电子电路基础知识,包括电子电路的初步知识,基础电子器件及其基本应用电路,模拟信号的放大,集成运算放大器及其基本应用,门电路,组合逻辑电路,触发器和时序逻辑电路,大规模集成数字电路;第二部分介绍典型的实用功能电路,包括信号处理电路,信号发生电路,信号转换电路和稳压电源,此外还介绍典型的电子电路仿真工具 EWB 的使用。

本书在内容的选取、编排上充分考虑了高等职业教育的要求及特点,力求做到在有限的学时内使学生获得本专业必备的电子电路基础知识,又为学生进一步学习更多电子技术专业知识做了准备,同时又方便教师根据教学的不同需要选取教学内容。全书注重实用性和先进性,较多引入电子技术应用的工程背景,介绍了一些先进的半导体集成芯片。本书在叙述方式上注意讲清基本概念,注重定性分析,避免抽象、烦琐的理论推导。各章均备有一定数量的习题。

本书适于作为高等工科院校电子信息类各专业高等技术职业教育、专科教育的教科书,也适于作为各类职业教育、成人高等教育相关课程的教材,还可供技术应用性本科高等工科院校选用。

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

实用电子电路基础/刘维恒主编. —北京:电子工业出版社, 2004.8

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-121-00157-8

I. 实… II. 刘… III. 电子电路—高等学校:技术学校—教材 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 073343 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:晓 鸽

印 刷:北京四季青印刷厂

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20.75 字数:545 千字

印 次:2004 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:26.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。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。

前 言

本书是北京市高等教育精品教材立项项目,是几年来电子信息类工科高等职业教育教学研究和教学实践的成果。

面对电子技术日新月异的发展,为了适应我国现代化建设事业尤其是电子信息产业及相关领域对于 21 世纪人才的需求,工科院校电类及电子信息类电子技术教学在课程体系、教学内容、教学模式等各方面的改革必须继续深入进行。普通本科如此,高等职业教育更是如此。随着高等教育的快速发展,各种类别、不同层次的工科院校对于电子技术教材也有多种不同模式、不同风格的需求。作者多年从事电子技术教学,并较早参与高等职业教育教学研究和实践,以此为基础,遵照教育部关于高等职业教育教学的基本要求,结合长期教学实践的经验编写了这本教材。

本书具有以下特色。

1. 兼顾基础性与实用性。本书对于电子技术最基本的基础知识做了较详细的叙述,为学生深入学习专业课打下基础,同时又介绍了一些实用电子电路、实用技术知识以使学生尽早了解实用的电子技术专业知识。

2. 突破学科体系的束缚,着眼于职业能力培养的需要组织教学内容。全书内容丰富,包括电子电路和电子系统的基本知识、电子器件基本知识、模拟电路、数字电路、实用功能电路,同时还注意介绍新型电子器件、先进的分析设计方法以及电子电路仿真工具的使用等,某些有利于开阔学生视野的内容也有所涉及。在内容的叙述上,大胆避开某些理论性较强的论述和某些公式的推导过程,直接给出结论;注重定性理解而不强调定量计算;对某些复杂的事件和分析过程在不违背事实的前提下允许做形象化和简单化的描述。

3. 针对高职大专层次学生的知识水平和理解能力的实际情况,为保证学生把电子技术的核心基础知识学到手,以取得较好的教学效果,本书努力做到:精选内容,强调基本概念;深入浅出,避免抽象烦琐;语言顺畅,讲清基本原理。

本书将全部内容分为“基础知识”与“实用功能电路及电子电路仿真分析”两部分。第 1 章到第 8 章为基础知识部分;第 9 章到第 13 章为实用功能电路及电子电路仿真分析。基础知识部分详述,实用功能电路略讲,这样既保证学生能达到电子技术基础教学的基本要求,又为进一步学习更多实用的电子电路准备了条件,同时也有利于教师按不同教学要求和不同学时来安排教学内容。为此,本书并不在意各章篇幅的均衡分配,对于模拟、数字两部分内容在基础知识部分分章讲述,而在功能电路部分则两者兼有。

4. 习题的设计符合高职教学的实际需要,强调对基本概念的理解和基本分析方法的应用,不设难题,避免烦琐计算。

本书适应多种专业和多种教学计划的需要。非电类各专业“电子技术”课程可选用本书基础知识部分的第 2 章到第 7 章全部或部分内容,加上实用功能电路部分的适宜本专业需要的选用内容,适合 80~96 学时之用;电气电子类专业模拟电路和数字电路可共用本书作为教材,适合两个 48 学时之用。各章知识有连贯性同时又有独立性,章内的部分节也可以跳

过不讲。

本书由刘维恒任主编。全书共 13 章, 其中第 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 章由刘维恒编写, 第 7 章由陈恒荣编写, 第 9, 10, 11 章由张明莉编写, 第 12, 13 章由刘继承编写。刘维恒对部分章节做了改写并对全书最后定稿。

本书在编写过程中得到北京联合大学校本部教务处、原专业基础部(现电子信息实训中心)、信息学院、自动化学院各级领导的支持和帮助, 教育部前电工课程教学指导委员会电子技术与线路教学指导组王毓银教授仔细审阅了全书并提出宝贵意见, 对提高本书的质量有重要价值。作者在此一并致谢。

本书作为北京市高等教育精品教材立项项目得到了北京市教育委员会的资助, 作者特别致以深切的感谢。

由于作者水平有限, 加之成书仓促, 书中难免有错误和不妥之处, 希望读者及广大同仁批评指正。

作 者
2004 年 3 月

本书常用文字符号说明

1. 基本规定

I_B, U_{BE} 大写字母符号带大写字母下标表示直流量

i_b, u_{be} 小写字母符号带小写字母下标表示交流瞬时值

i_B, u_{BE} 小写字母符号带大写字母下标表示交流直流叠加量

I_b, U_{be} 大写字母符号带小写字母下标表示正弦交流有效值

$\dot{I}_b, \dot{U}_{be}$ 大写字母符号上面加点（或同时带小写字母下标）表示正弦相量

$\Delta I_B, \Delta U_{BE}$ 大写字母符号（或同时带大写下标）前面加 Δ 表示直流的变化量

$\Delta i_B, \Delta u_{BE}$ 小写字母符号带大写下标前面加 Δ 表示交流瞬时值的变化量

2. 部分常用电路参数符号示例

(1) 电流和电压

i, I 电流

u, U 电压

I_i, U_i 输入电流、输入电压

I_o, U_o 输出电流、输出电压

I_Q, U_Q 静态电流、静态电压

U_{REF}, U_{ref} 参考电压

U_s, U_s 信号源电压

U_{IH}, U_{IL} 输入高电平、输入低电平

U_{OH}, U_{OL} 输出高电平、输出低电平

U_{OPP} 输出电压峰-峰值

U_{om} 输出电压最大值

V_{CC}, V_{DD} 电子电路工作电源电压

U_{ic} 差模输入电压

U_{id} 共模输入电压

$U_{(th)}, U_{TH}$ 阈值电压

I_f, I_F, U_f, U_F 反馈电流、反馈电压

(2) 电阻、电容、电感

R 电阻及等效电阻通用符号

r 动态电阻

R_s 信号源内电阻

R_i, R_o 输入电阻、输出电阻

C 电容通用符号

L 电感通用符号

(3) 功率

P 功率通用符号

P_o 输出功率

P_T 晶体管消耗的功率

(4) 频率

f 频率

ω 角频率

f_{BW} 通频带

f_L, f_H 下限截止频率、上限截止频率

f_0, ω_0 振荡频率、谐振角频率

(5) 放大倍数及传输系数

A_u 电压放大倍数

A_i 电流放大倍数

$\dot{A}_u$ 电压放大倍数相量

A_d 差模电压放大倍数

A_c 共模电压放大倍数

A_{uf} 闭环电压放大倍数

F 反馈系数

(6) 其他

φ 相位差、相角

τ 时间常数

T 周期、时间、绝对温度

t_{pd} 门电路平均传输延迟时间

(7) 部分常用元器件名称示例

R, L, C 电阻器、电感线圈、电容器

VD 二极管

VD_Z 稳压二极管

VT 晶体管

A 集成运算放大器

G 门电路

F 触发器

J 继电器线圈及触点

S 波段开关

R_P 电位器

4. 其他惯用符号示例

A, B, C, D 输入逻辑变量

F, Y 输出逻辑变量

S 选通端

EN 使能端

CP 时钟脉冲 计数脉冲

D d 数据代码

A 地址代码

LD 置数端

CR RD 清零端

目 录

第一部分 电子电路基础知识

第 1 章 电子电路的初步知识	3
1.1 信号、电子系统和电子电路	3
1.2 电子电路的构成	5
1.3 电子电路的两个实例	6
1.3.1 音频放大电路的初步认识	6
1.3.2 数字电子秒表电路的初步认识	7
1.4 电子电路的方框图表示	8
1.5 电子电路的网络分析观点	9
本章小结	11
习题	12
第 2 章 基础电子器件及其基本应用电路	14
2.1 电子器件基础知识	14
2.1.1 电子器件概述	14
2.1.2 半导体初步知识	16
2.1.3 半导体器件的制造常识	19
2.2 二极管及其基本应用电路	23
2.2.1 PN 结的单向导电性	23
2.2.2 二极管	24
2.2.3 二极管基本应用电路	27
2.3 双极型晶体管及其基本应用电路	30
2.3.1 双极型晶体管	30
2.3.2 晶体管的特性	34
2.3.3 晶体管的 3 种工作状态	37
2.3.4 晶体管的基本应用电路举例	39
2.4 场效应管及其应用	40
2.4.1 场效应管的特点及分类	40
2.4.2 结型场效应管	41
2.4.3 MOS 场效应管	44
2.4.4 场效应管的参数及各类场效应管的特性比较	45
2.4.5 场效应管的基本应用电路举例	47
本章小结	48
习题	49

第3章 模拟信号放大电路	52
3.1 放大电路概述	52
3.1.1 放大系统及信号放大的一般规律	52
3.1.2 放大电路的主要性能指标及其测试	54
3.2 单管放大电路	57
3.2.1 单管共射放大电路的组成及工作原理	57
3.2.2 单管共射放大电路的图解分析	61
3.2.3 单管共射放大电路的微变等效电路分析	67
3.2.4 共集电极放大电路和共基极放大电路	71
3.2.5 场效应管放大电路	74
3.3 实用放大电路	77
3.3.1 实用单级放大电路	77
3.3.2 实用多级放大电路	81
3.4 放大电路的频率响应	85
3.4.1 频率响应的一般概念	85
3.4.2 频率响应的表示	88
3.4.3 基本单管共射放大电路的频率响应	91
3.4.4 阻容耦合单管共射放大电路的频率响应	94
3.4.5 关于实用放大电路频率响应的几个问题	96
3.5 放大电路中的反馈	98
3.5.1 反馈的基本概念	98
3.5.2 交流负反馈的4种组态	104
3.5.3 负反馈放大电路的一般表达式	108
3.5.4 负反馈对放大电路性能的影响	109
本章小结	113
习题	115
第4章 集成运算放大器及其基本应用	119
4.1 集成运算放大器初步认识	119
4.1.1 什么是集成运算放大器	119
4.1.2 直接耦合放大电路的零点漂移问题	119
4.2 差动放大电路	121
4.2.1 差动放大电路的组成及工作原理	121
4.2.2 差动放大电路的输入、输出方式	126
4.2.3 关于差动放大电路输入模式的讨论	130
4.3 集成运算放大器	131
4.3.1 集成运算放大电路	131
4.3.2 集成运算放大器的主要性能指标	133
4.3.3 集成运算放大器的种类及使用常识	136

4.3.4 理想运算放大器及其特性	137
4.4 集成运放基本应用电路	138
4.4.1 集成运放应用电路的分析方法	138
4.4.2 集成运放的线性应用——运算电路	139
4.4.3 集成运放的非线性应用——电压比较器	148
本章小结	152
习题	152
第5章 门电路	157
5.1 数字电路的初步认识	157
5.1.1 从一个简易开关电路实例看模拟信号和数字信号	157
5.1.2 数字电路的特点及研究方法	158
5.1.3 逻辑运算及逻辑门电路	159
5.2 CMOS 门电路	163
5.2.1 CMOS 反相器	163
5.2.2 CMOS 与非门及其他 CMOS 门电路	167
5.3 TTL 门电路	169
5.3.1 TTL 与非门	169
5.3.2 其他 TTL 门电路	171
5.4 集成门电路器件	171
5.4.1 集成门电路系列产品	171
5.4.2 关于器件使用的几个问题	174
本章小结	175
习题	175
第6章 组合逻辑电路	178
6.1 逻辑代数与逻辑函数	178
6.1.1 逻辑代数的公式、定律和定理	178
6.1.2 逻辑函数及其表示	179
6.1.3 逻辑函数的最小项表达式与卡诺图	182
6.1.4 利用卡诺图化简逻辑函数	185
6.2 组合逻辑电路的分析与设计	189
6.2.1 组合逻辑电路的分析	189
6.2.2 组合逻辑电路的设计	191
6.3 常用组合逻辑集成数字电路及其应用	193
6.3.1 编码器	194
6.3.2 译码器	199
6.3.3 数据选择器	203
6.3.4 用中规模组合逻辑集成电路实现组合逻辑函数	204

6.4 组合逻辑电路中的竞争冒险现象	207
本章小结	209
习题	210
第7章 触发器和时序逻辑电路	213
7.1 触发器的结构和工作原理	213
7.1.1 基本 RS 触发器	213
7.1.2 同步触发器	216
7.1.3 集成触发器的电路结构及触发方式	218
7.1.4 触发器按逻辑功能的分类	220
7.2 时序逻辑电路	222
7.2.1 时序逻辑电路的认识	222
7.2.2 同步时序逻辑电路的分析	225
7.3 常用时序逻辑集成电路及其应用	228
7.3.1 集成计数器	228
7.3.2 用集成计数器实现指定进制的计数器	232
7.4 实用时序逻辑电路举例	235
本章小结	236
习题	236
第8章 大规模和超大规模数字集成电路	240
8.1 当代电子技术中的大规模和超大规模集成电路	240
8.2 半导体存储器	241
8.2.1 半导体存储器的初步认识	241
8.2.2 只读存储器 ROM	242
8.2.3 随机存储器 RAM	246
8.2.4 存储器容量的扩展	248
8.3 可编程逻辑器件 PLD	249
8.3.1 PLD 的由来和发展	249
8.3.2 PLD 典型电路结构及工作原理简介	251
8.3.3 PLD 的编程	254
本章小结	256
习题	257

第二部分 实用功能电路及电子电路仿真分析

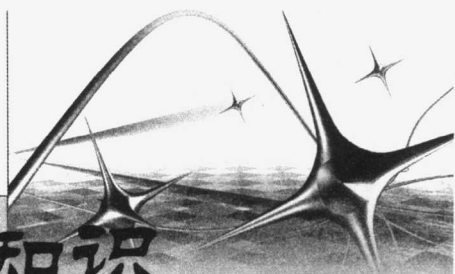
第9章 信号的发生	261
9.1 正弦波发生电路	261
9.1.1 正弦波发生电路的工作原理及电路组成	261
9.1.2 RC 正弦波振荡电路	262

9.1.3 LC 正弦波振荡电路	264
9.1.4 石英晶体振荡器	266
9.1.5 正弦波振荡器应用举例——简易电子琴	267
9.2 非正弦信号发生电路	268
9.2.1 方波发生电路	268
9.2.2 三角波发生电路和锯齿波发生电路	269
9.3 用集成 555 定时器构成多谐振荡器	271
9.3.1 555 定时器电路及其功能	271
9.3.2 用 555 定时器构成的多谐振荡器	273
本章小结	274
习题	275
第 10 章 信号的处理	277
10.1 有源滤波电路	277
10.1.1 滤波器的功能	277
10.1.2 有源滤波电路	278
10.2 波形的变换与整形	281
10.2.1 施密特触发器及其应用	281
10.2.2 单稳态触发器及其应用	283
10.3 采样保持电路	286
本章小结	286
习题	287
第 11 章 信号的转换	288
11.1 电压—电流 ($U-I$) 转换与电流—电压 ($I-U$) 转换	288
11.1.1 电压—电流转换电路	288
11.1.2 电流—电压转换电路	289
11.2 电压—频率转换与频率—电压转换电路	289
11.3 数字—模拟 (D-A) 转换与模拟—数字 (A-D) 转换	290
11.3.1 数—模转换器 DAC	290
11.3.2 模—数转换器 ADC	293
本章小结	295
习题	295
第 12 章 直流稳压电源	296
12.1 直流电源的组成	296
12.2 单相桥式整流及电容滤波电路	296
12.2.1 单相桥式整流电路	296
12.2.2 电容滤波电路	298

12.3 串联型稳压电路	299
12.3.1 稳压电路的性能指标	299
12.3.2 串联型稳压电路工作原理	300
12.3.3 三端集成稳压器	301
12.4 开关型直流稳压电源电路	302
12.4.1 概述	302
12.4.2 开关型稳压电源的工作原理	302
12.4.3 采用集成控制器的开关直流稳压电源	304
本章小结	305
习题	305
第 13 章 电子电路仿真工具介绍	306
13.1 概述	306
13.2 EWB 的主窗口及元件库栏	307
13.2.1 EWB 的主窗口	307
13.2.2 元件库栏	307
13.3 电原理图的输入与绘制	308
13.3.1 创建电路	308
13.3.2 常用仪器	309
13.3.3 元器件库中的常用元器件	311
13.4 电路仿真举例	312
本章小结	314
参考文献	315

第一部分

电子电路基础知识



第 1 章 电子电路的初步知识

内容提要：本章先阐明信号、电子系统和电子电路三者的初步概念和相互关系，然后简略地介绍两个电子电路实例，最后介绍后续各章中常用的电子电路的方框图表示方法和网络分析的观点。通过本章的学习，读者将建立起对电子电路的基本认识并为以后各章的学习作准备。

1.1 信号、电子系统和电子电路

信号是信息的载体。

现代信息社会中，人与人之间、人与周围环境之间的信息传递、交换和处理时时刻刻都在进行中，这些随时随地无所不在的信息运动总是通过信号的发生、传输、分析、加工、运算和处理来进行的。

系统是指相互关联、相互发生作用的若干信号处理单元构成的具有特定功能的整体。

图 1-1-1 是几个典型的信号传输系统的示意图。图 1-1-1 (a) 是电视广播的传输和接

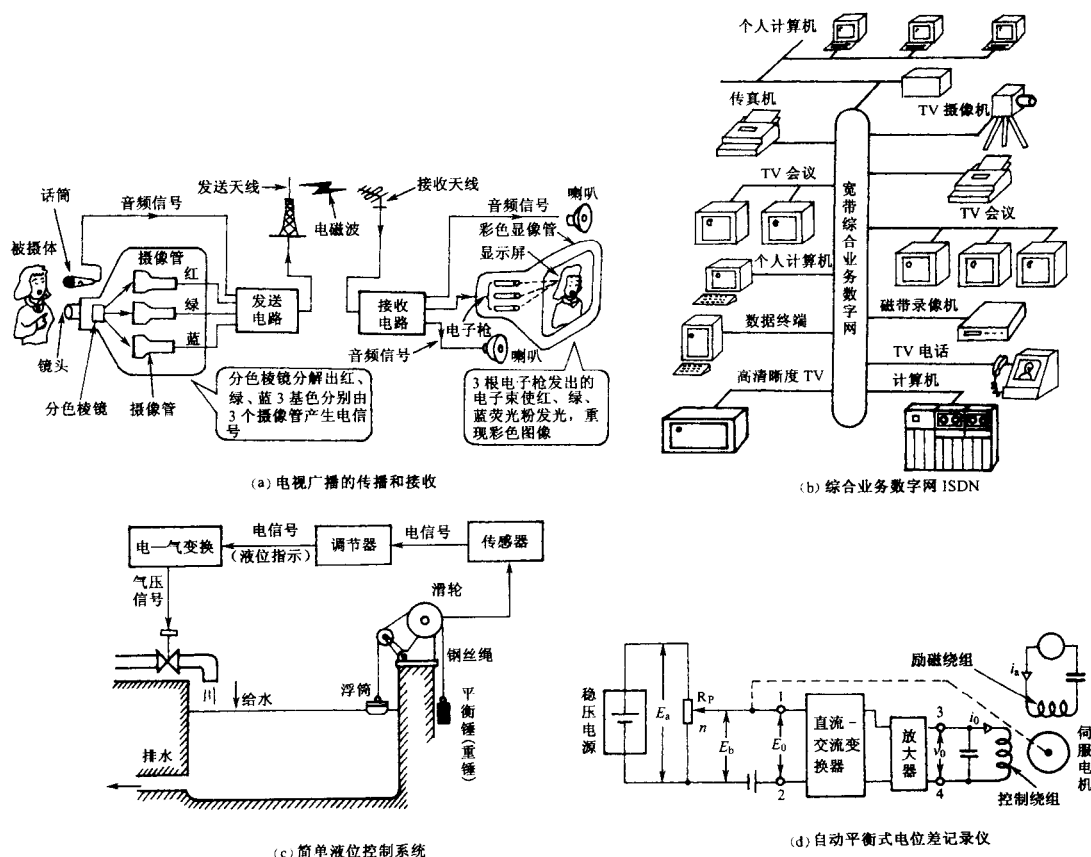


图 1-1-1 几个信号传输系统的实例