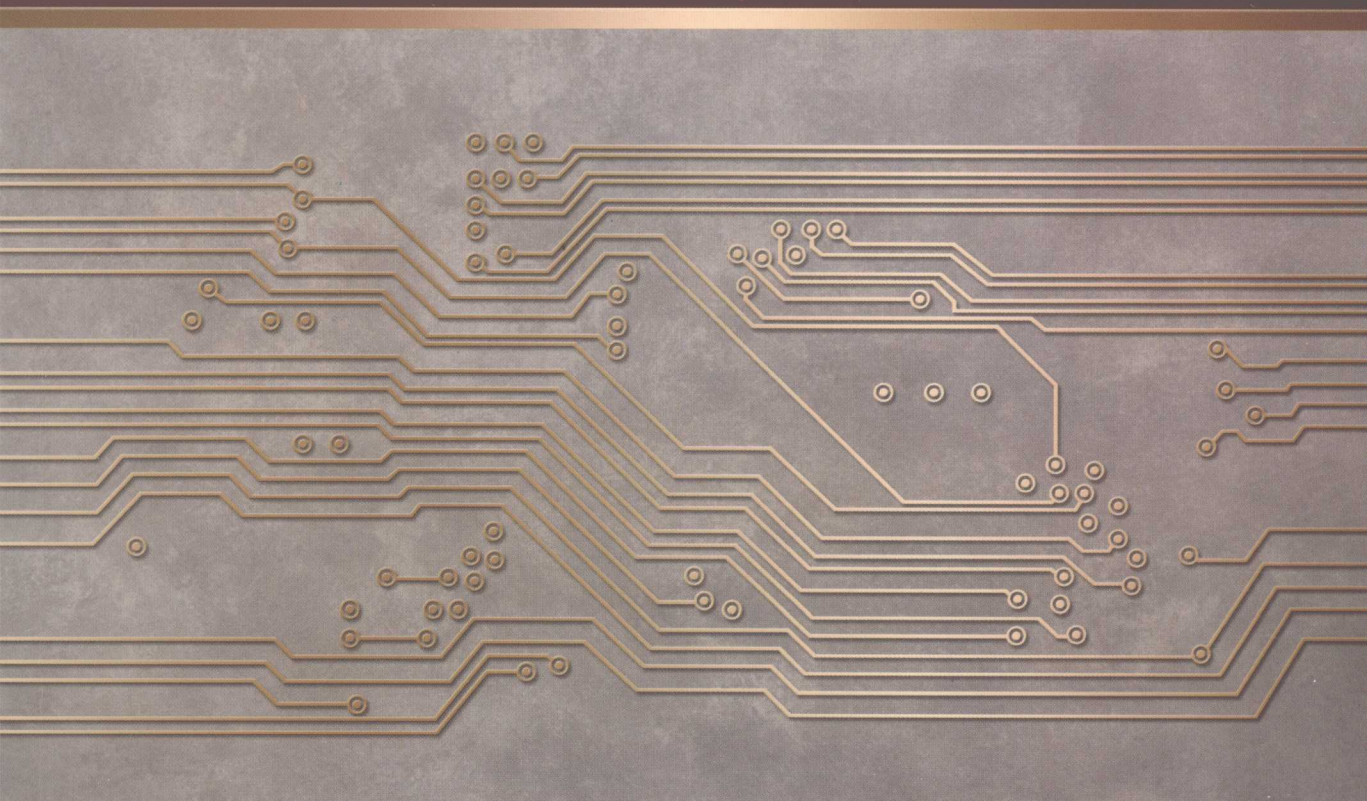


新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

计算机电路基础

张虹 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

内容简介

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

计算机电路基础

张虹 主编

教材名称/出版单位名称	
教材内容和实用性	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
教材文字可读性	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
教材内容先进性	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
教材难易程度	☐ 很合适 ☐ 合适 ☐ 一般 ☐ 不太好
出版印刷质量	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
封面(含扉页、封底)设计水平	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
图书(包括封面、封底)质量	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
纸张质量(含印刷)	☐ 很好 ☐ 好 ☐ 一般 ☐ 不太好
定价	☐ 很便宜 ☐ 便宜 ☐ 合理 ☐ 贵
其他(如装帧、售后服务)	☐ 书目 ☐ 电子社宣传材料 ☐ 书店 ☐ 他人推荐 ☐ 其他
其他(如装帧、售后服务)	☐ 书目 ☐ 电子社宣传材料 ☐ 书店 ☐ 他人推荐 ☐ 其他

您计划阅读人士有何著述计划

北京航空航天大学出版社

您计划阅读处增添何种类型的图书

北京航空航天大学出版社

北京市西城区百万庄大街24号 邮编 100036
电话: 010-88254555
E-mail: fengxiaobei@phei.com.cn
联系人: 马小贝

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是根据教育部最新制定的高等学校应用型本科电路电子技术课程教学的基本要求,结合编者多年的教学实践,为进一步提高学生的综合素质与自主创新能力编写而成的。在内容取材及安排上,以“必需”和“够用”为前提,讲清概念、强化应用。全书共分四篇。第一篇电路基础,包括电路的基本概念和分析方法、正弦稳态交流电路、非正弦周期电流电路、电路的暂态分析;第二篇模拟电子技术,包括半导体二极管及其应用、半导体三极管及放大电路、集成运算放大器及其应用;第三篇数字电子技术,包括逻辑代数基础、集成逻辑门电路、组合逻辑电路与设计、时序逻辑电路、存储器和可编程逻辑器件、数/模与模/数转换电路、EDA技术与VHDL;第四篇实验实训,包括11个实验和5个实训。每章均配有经典例题和习题。

本书可作为高等本科院校及高等职业院校的自动化、电子、通信、计算机等相关专业的课程教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考使用。

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

计算机电路基础/张虹主编. —北京:电子工业出版社,2009.1

新编电气与电子信息类本科规划教材·电子电气基础课程

ISBN 978-7-121-07669-5

I. 计… II. 张… III. 电子计算机—电子电路—高等学校—教材

IV. TP331

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 169031 号

策划编辑:冉 哲

责任编辑:许菊芳 特约编辑:李玉龙

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市万和装订厂

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

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:540 千字

印 次:2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数:4000 册 定价:32.00 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 zlls@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

电路与电子技术是高等职业院校电类各专业的一门技术性基础课程,随着电子技术在各个领域越来越广泛的应用,它也越来越多地成为非电类专业的重要课程。然而由于学时数的限制及高校培养目标的改革等诸多原因,以往的相关教材显得篇幅过于庞大,内容分散,容易造成学生学习吃力,负担过重。同时考虑到各个专业对电路、电子课程的不同教学要求,也迫切需要有一本比较简明的教材。为此,我们按照总授课时间为 102 学时(不包括实验)的编写大纲,集中优秀教师,编写了这本教材。它适于作为应用型本科院校及高等职业院校的自动化、电子、通信、计算机等相关专业的课程教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考使用。

本书在编写过程中,以实用型人才培养目标为依据,结合笔者多年工程实践经验,紧紧抓住该技术基础课程的特点,突出课程本身的基础性和实践性,给出了一些深入浅出的练习题目,理论与实践紧密结合,注重技能培养。我们编写的宗旨如下:

1. 以基本要求为依据,以够用、实用为尺度,对传统内容进行了处理,减除了不必要的理论讲解与推导,重点放在对知识应用性的介绍上。
2. 精选内容,主次分明,详细得当。
3. 体现知识的先进性,将成熟的新技术,如可编程逻辑器(PLD)纳入教材,使学生初步了解其功能和应用。
4. 在电子技术部分注意了分立元件电路与集成电路的比重,加强了集成电路的介绍,尤其是结合不同电路给出了典型的集成芯片的引脚排列图,并对芯片的用途及功能扩展做了有针对性的讲解。
5. 教材编写注意将培养学生能力的要求贯穿于整个教学中。本教材通过教学目标、教学要求及例题、习题等多种途径帮助学生建立本课程学习的正确思路,抓住重点,明确思路,真正从“应用”这个角度加强对知识的掌握。

本书由张虹主编并执笔,由阵汝合老师主审。此外,在教材编写过程中,张星慧、陈光军、李耀明、高寒、于钦庆、王立梅、李厚荣、张建华、刘磊、周金玲、张元国、刘贞德等老师也提出了宝贵意见并给予了很大帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中欠妥和疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正,以便帮助我们改进工作。

编者

2008 年 10 月

目 录

第一篇 电路基础

第 1 章 电路的基本概念和分析方法	(2)
1.1 电路和电路模型	(2)
1.1.1 电路	(2)
1.1.2 电路模型	(2)
1.2 电路的基本物理量	(3)
1.2.1 电流	(3)
1.2.2 电压	(4)
1.2.3 电功率	(5)
1.3 电阻元件和电源	(6)
1.3.1 电阻元件	(6)
1.3.2 独立电源	(7)
1.3.3 受控源	(9)
1.4 基尔霍夫定律	(10)
1.4.1 基尔霍夫电流定律	(10)
1.4.2 基尔霍夫电压定律	(11)
1.5 支路电流法	(12)
1.6 等效变换法	(13)
1.6.1 基本概念	(13)
1.6.2 两种实际电源模型的等效变换	(14)
1.7 节点电压法	(15)
1.7.1 节点电压及节点电压方程	(15)
1.7.2 节点法应用举例	(16)
1.8 网络定理分析法	(17)
1.8.1 叠加定理	(17)
1.8.2 戴维南定理和诺顿定理	(18)
1.8.3 最大功率传输定理	(21)
1.9 应用——惠斯登电桥测电阻	(22)
本章小结	(23)
习题一	(24)
第 2 章 正弦稳态交流电路	(28)
2.1 正弦交流电路的基本概念	(28)
2.1.1 正弦量的瞬时值	(28)
2.1.2 正弦量的三要素	(28)
2.1.3 相位差	(30)
2.1.4 正弦量的有效值	(31)
2.2 正弦量的相量表示	(32)
2.2.1 复数的表示形式及运算规则	(32)
2.2.2 正弦量的相量表示	(33)

2.3	单一参数正弦交流电路的分析	(34)
2.3.1	纯电阻电路	(34)
2.3.2	纯电感电路	(35)
2.3.3	纯电容电路	(36)
2.3.4	电容与电感的连接	(38)
2.4	RLC 串联电路的分析(多阻抗串联与并联)	(38)
2.4.1	RLC 串联电路的分析	(38)
2.4.2	复阻抗的串联	(39)
2.5	正弦交流电路的功率	(41)
2.5.1	瞬时功率和平均功率	(41)
2.5.2	复功率、视在功率和无功功率	(42)
2.6	功率因数的提高	(43)
2.7	相量法分析正弦交流电路	(43)
2.8	谐振电路	(44)
2.8.1	RLC 串联谐振电路	(44)
2.8.2	RLC 并联谐振电路	(46)
2.9	三相电路	(47)
2.9.1	三相电源	(47)
2.9.2	三相电源的连接	(47)
2.9.3	三相电源和负载的连接	(49)
2.9.4	三相电路的计算	(49)
2.9.5	三相电路的功率	(51)
2.10	应用——电容倍增器	(52)
	本章小结	(53)
	习题二	(53)
第3章	非正弦周期电流电路	(57)
3.1	非正弦周期信号	(57)
3.2	非正弦周期信号的分解	(58)
3.2.1	非正弦周期函数分解为傅里叶级数	(58)
3.2.2	对称波形的傅里叶级数	(60)
3.2.3	非正弦周期波的频谱	(61)
3.3	非正弦周期信号的最大值、有效值、平均值和平均功率	(62)
3.3.1	最大值	(62)
3.3.2	有效值	(62)
3.3.3	平均值	(62)
3.3.4	平均功率	(63)
3.4	非正弦周期电流电路的分析和计算	(63)
3.5	应用——频谱分析仪	(64)
	本章小结	(65)
	习题三	(65)
第4章	电路的暂态分析	(67)
4.1	过渡过程及换路定律	(67)
4.1.1	过渡过程	(67)
4.1.2	换路定律	(67)
4.2	一阶 RC 电路的过渡过程	(69)

4.2.1 RC 电路的零输入响应	(69)
4.2.2 RC 电路的零状态响应	(71)
4.3 一阶 RL 电路的过渡过程	(72)
4.3.1 RL 电路的零输入响应	(72)
4.3.2 RL 电路的零状态响应	(73)
4.4 一阶电路的全响应及三要素法	(74)
4.4.1 一阶电路的全响应	(74)
4.4.2 一阶电路的三要素法	(74)
4.5 应用——闪光灯电路	(76)
本章小结	(77)
习题四	(77)

第二篇 模拟电子技术

第 5 章 半导体二极管及其应用	(82)
5.1 半导体的基础知识	(82)
5.1.1 本征半导体与杂质半导体	(82)
5.1.2 PN 结	(83)
5.2 半导体二极管	(85)
5.2.1 基本结构	(85)
5.2.2 伏安特性	(85)
5.2.3 主要参数	(86)
5.3 半导体二极管的应用	(87)
5.3.1 限幅电路	(87)
5.3.2 整流电路	(87)
5.3.3 滤波电路	(90)
5.4 稳压二极管及其应用	(92)
5.4.1 稳压二极管特性与参数	(92)
5.4.2 稳压二极管稳压电路	(92)
5.5 应用——检波电路	(93)
本章小结	(94)
习题五	(94)
第 6 章 半导体三极管及放大电路	(97)
6.1 晶体三极管	(97)
6.1.1 基本结构及电路符号	(97)
6.1.2 三极管的电流放大原理	(98)
6.1.3 三极管的共射特性曲线	(99)
6.1.4 三极管的主要参数	(100)
6.2 场效应晶体管	(101)
6.2.1 N 沟道增强型 MOS 管	(101)
6.2.2 N 沟道耗尽型 MOS 管	(103)
6.2.3 场效应管和三极管比较	(103)
6.3 基本放大电路的组成及性能指标	(104)
6.3.1 基本放大电路的组成	(104)
6.3.2 放大电路的主要性能指标	(105)
6.4 基本放大电路的工作原理及分析方法	(106)

6.4.1	基本放大电路的工作原理	(106)
6.4.2	基本放大电路的分析	(108)
6.5	放大电路静态工作点的稳定	(112)
6.5.1	温度对静态工作点的影响	(112)
6.5.2	静态工作点稳定电路	(113)
6.6	射极输出器	(114)
6.6.1	电路的基本分析	(114)
6.6.2	共集电极电路的特点和应用	(116)
6.7	多级放大电路	(116)
6.7.1	多级放大电路的耦合方式	(116)
6.7.2	多级放大电路的动态分析	(118)
6.8	应用——复合晶体管	(118)
	本章小结	(119)
	习题六	(120)
第7章	集成运算放大器及其应用	(123)
7.1	集成电路概述	(123)
7.1.1	集成电路及其发展	(123)
7.1.2	集成电路的特点及分类	(123)
7.1.3	集成电路制造工艺简介	(124)
7.2	集成运放的基本组成及功能	(124)
7.2.1	偏置电路——电流源	(125)
7.2.2	输入级——差动放大电路	(126)
7.2.3	输出级——功率放大电路	(130)
7.3	理想运算放大器	(133)
7.3.1	理想运放的技术指标	(133)
7.3.2	理想运放的两种工作状态	(134)
7.4	放大电路中的反馈	(135)
7.4.1	反馈的基本概念及判别方法	(136)
7.4.2	负反馈对放大电路性能的影响	(139)
7.5	集成运算放大器的线性应用	(140)
7.5.1	比例运算电路	(140)
7.5.2	加减运算电路	(142)
7.5.3	积分和微分运算电路	(144)
7.5.4	模拟乘法器及其应用	(144)
7.6	集成运算放大器的非线性应用	(146)
7.6.1	电压比较器概述	(146)
7.6.2	单限比较器	(147)
7.6.3	滞回电压比较器	(147)
7.6.4	双限电压比较器	(148)
7.6.5	集成稳压电路	(149)
7.7	应用——集成函数发生器 8038	(151)
	本章小结	(152)
	习题七	(153)

第三篇 数字电子技术

第 8 章 逻辑代数基础	(158)
8.1 数字电路中使用的数制简介	(158)
8.1.1 二进制数	(158)
8.1.2 二进制数与其他进制数的转换	(158)
8.1.3 二进制正、负数的表示法	(159)
8.2 码制和常用代码	(160)
8.2.1 二十进制编码(BCD 码)	(161)
8.2.2 可靠性编码	(162)
8.2.3 字符码	(163)
8.3 逻辑代数	(164)
8.3.1 逻辑变量与逻辑函数	(164)
8.3.2 基本逻辑运算	(164)
8.3.3 复合逻辑运算	(165)
8.3.4 几个概念	(166)
8.4 逻辑函数的表示方法及其相互转换	(167)
8.4.1 真值表	(167)
8.4.2 逻辑表达式	(167)
8.4.3 逻辑图	(168)
8.4.4 波形图	(169)
8.4.5 卡诺图	(169)
8.5 逻辑代数的基本公式、定律和规则	(170)
8.5.1 基本公式	(170)
8.5.2 基本定律	(171)
8.5.3 基本规则	(171)
8.6 逻辑函数的化简	(172)
8.6.1 “最简”的概念及最简表达式的几种形式	(172)
8.6.2 逻辑函数的公式化简法	(173)
8.6.3 逻辑函数的卡诺图化简法	(174)
8.6.4 具有无关项的逻辑函数的化简	(176)
本章小结	(178)
习题八	(178)
第 9 章 集成逻辑门电路	(182)
9.1 半导体器件的开关特性	(182)
9.1.1 半导体二极管的开关特性	(182)
9.1.2 半导体三极管的开关特性	(182)
9.1.3 MOS 管的开关特性	(183)
9.2 分立元件门电路	(183)
9.2.1 二极管与门	(183)
9.2.2 二极管或门	(184)
9.2.3 三极管非门(反相器)	(184)
9.3 集成 TTL 门电路	(185)
9.3.1 集成 TTL 与非门	(185)
9.3.2 集成 TTL 非门、或非门、集电极开路门和三态门	(187)

9.3.3 改进型 TTL 门电路——抗饱和 TTL 门电路	(189)
9.3.4 TTL 门电路的使用规则	(190)
9.4 集成 MOS 门电路	(191)
9.4.1 CMOS 门电路	(191)
9.4.2 集成 CMOS 门电路及其使用规则	(192)
9.4.3 TTL 与 MOS 门电路之间的接口技术	(193)
9.5 应用——三态门用于总线电路	(194)
本章小结	(195)
习题九	(195)
第 10 章 组合逻辑电路与设计	(198)
10.1 组合逻辑电路概述	(198)
10.1.1 组合电路的特点	(198)
10.1.2 组合电路的一般分析方法	(198)
10.1.3 组合电路的一般设计方法	(199)
10.2 常用中规模集成组合逻辑电路	(200)
10.2.1 编码器	(200)
10.2.2 译码器	(205)
10.2.3 加法器	(209)
10.2.4 数值比较器	(210)
10.2.5 数据选择器	(212)
10.2.6 数据分配器	(216)
10.3 应用——微处理器地址译码电路	(217)
本章小结	(218)
习题十	(218)
第 11 章 时序逻辑电路	(221)
11.1 双稳态触发器	(221)
11.1.1 基本 RS 触发器	(221)
11.1.2 同步 RS 触发器	(222)
11.1.3 主从触发器	(223)
11.1.4 不同类型时钟触发器间的转换	(225)
11.2 寄存器	(226)
11.2.1 数码寄存器	(226)
11.2.2 移位寄存器	(227)
11.3 计数器	(229)
11.3.1 同步计数器	(229)
11.3.2 异步计数器	(234)
11.3.3 集成计数器构成 N 进制计数器的方法	(234)
11.4 时序逻辑电路的设计	(237)
11.4.1 设计方法及步骤	(237)
11.4.2 设计举例	(238)
11.5 集成 555 定时器的原理及应用	(239)
11.5.1 集成 555 定时器	(239)
11.5.2 由 555 定时器构成的单稳态触发器	(241)
11.5.3 由 555 定时器构成的多谐振荡器	(241)
11.5.4 由 555 定时器构成的施密特触发器	(242)

11.6 应用——数据存储器	(243)
本章小结	(243)
习题十一	(244)
第 12 章 存储器和可编程逻辑器件	(248)
12.1 概述	(248)
12.1.1 存储器	(248)
12.1.2 可编程逻辑器件	(249)
12.2 存储器及其应用	(249)
12.2.1 随机存取存储器(RAM)	(249)
12.2.2 只读存储器(ROM)	(252)
12.3 可编程逻辑器件(PLD)	(255)
12.3.1 PLD 的基本结构	(255)
12.3.2 PLD 的分类	(256)
12.3.3 PLD 的应用	(257)
本章小结	(259)
习题十二	(260)
第 13 章 数/模、模/数转换电路	(262)
13.1 D/A 转换器	(262)
13.1.1 D/A 转换原理	(262)
13.1.2 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器	(263)
13.1.3 D/A 转换器的主要技术指标	(264)
13.1.4 集成 DAC	(265)
13.2 A/D 转换器	(266)
13.2.1 A/D 转换的一般步骤	(267)
13.2.2 取样保持电路	(268)
13.2.3 逐次渐近型 A/D 转换器	(269)
13.2.4 双积分型 A/D 转换器	(270)
13.2.5 A/D 转换器的主要技术指标	(272)
13.2.6 集成 ADC	(272)
13.3 应用——单通道微机化数据采集系统	(273)
本章小结	(274)
习题十三	(274)
第 14 章 EDA 技术与 VHDL	(276)
14.1 VHDL 编程思想	(276)
14.2 VHDL 语言程序的基本结构	(277)
14.2.1 实体说明	(277)
14.2.2 结构体说明	(278)
14.3 VHDL 语言中的数据	(278)
14.3.1 标识符	(278)
14.3.2 数据对象	(279)
14.3.3 数据类型	(281)
14.3.4 VHDL 的运算操作符	(282)
14.4 VHDL 语句	(283)
14.4.1 顺序描述语句	(283)
14.4.2 并行描述语句	(286)

14.5 VHDL 编程举例	(289)
14.5.1 用 VHDL 描述基本门电路	(289)
14.5.2 用 VHDL 描述组合逻辑电路	(290)
14.5.3 用 VHDL 描述时序逻辑电路	(293)
本章小结	(295)
习题十四	(296)

第四篇 实验实训

第一部分 实验	(298)
实验一 电路基本定律及定理的验证	(298)
实验二 单相正弦交流电路	(300)
实验三 动态电路的过渡过程	(301)
实验四 半导体器件的识别与检测	(302)
实验五 单管放大电路	(304)
实验六 负反馈放大电路	(307)
实验七 模拟信号运算电路	(308)
实验八 集成逻辑门参数测试	(310)
实验九 集成逻辑门电路的功能测试及应用	(312)
实验十 组合逻辑电路	(314)
实验十一 时序逻辑电路	(317)
第二部分 实训	(319)
实训一 荧光灯的安装及功率因数的提高	(319)
实训二 无触点自动充电器	(321)
实训三 楼道灯控制器电路	(323)
实训四 市电过、欠电压保护电路	(324)
实训五 简易调频无线话筒电路	(325)

第1章 电路的基本概念和分析方法

本章主要介绍电路的基础知识,包括电路的基本概念、基本物理量及常用元件,然后介绍电路中的基本定律——基尔霍夫定律。最后重点介绍电路分析的几种基本方法。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路

电路在日常生活、生产和科学研究工作中得到了广泛应用。小到手电筒,大到计算机、通信系统和电力网络,都可以看到各种各样的电路。可以说,只要用电的物体,其内部都含有电路,只是电路的结构各异,特性和功能也不相同。电路的一种功能是实现电能的传输和转换,例如,电力网络将电能从发电厂输送到各个工厂、广大农村和千家万户,供各种电气设备使用;电路的另一种功能是实现电信号的传输、处理和存储,例如,电视接收天线将接收到的含有声音和图像信息的高频电视信号,通过高频传输线送到电视机中,这些信号经过选择、变频、放大和检波等处理,恢复出原来的声音和图像信号,在扬声器发出声音并在显像管屏幕上呈现图像。

那么,什么是电路呢?所有的实际电路是由电气设备和元器件按照一定的方式连接起来,为电流的流通提供路径的总体,也称网络。在实际电路中,电能或电信号的发生器称为电源,用电设备称为负载。电压和电流是在电源的作用下产生的,因此,电源又称为激励源,简称激励。由激励而在电路中产生的电压和电流称为响应。有时,根据激励和响应之间的因果关系,把激励称为输入,响应称为输出。手电筒电路就是一个最简单的实用电路。这个电路是由一个电源(干电池)、一个负载(小灯泡)、一个开关和连接导线组成的。如图 1-1(a)所示。

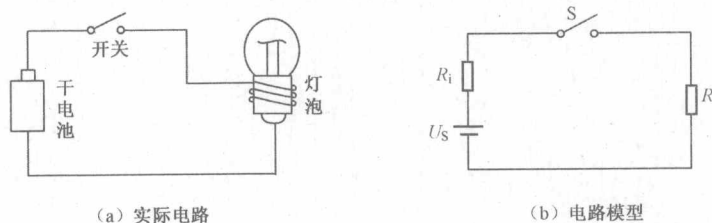


图 1-1 手电筒电路

1.1.2 电路模型

为了便于对实际电路进行分析,通常将实际电路器件理想化(或称模型化),即在一定条件下,突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,将其近似地看做理想电路元件,并用规定的图形符号表示。如用电阻元件来表征具有消耗电能特征的各种实际元件,那么在电源频率不十分高的电路中,所有电阻器、电炉、电灯等实际电路元器件,都可以用电阻元件这个理想化的模型来近似地表示。同样,在一定条件下,电感线圈忽略其电阻,就可以用电感元件来近似地表示;

电容器忽略其漏电,就可以用电容元件近似地表示。此外还有电压源、电流源两种理想电源元件。以上这些理想元件分别可以简称为电阻、电感、电容和电源,它们都具有两个端钮,称为二端元件,其中电阻、电感、电容又称无源元件^①。

由理想元件组成的电路,就称为实际电路的电路模型。图 1-1(b)即为图 1-1(a)的电路模型。又如图 1-2(a)表示一个最简单的晶体管放大电路,其电路模型如图 1-2(b)所示。今后如未加特殊说明,所说的电路均指电路模型。

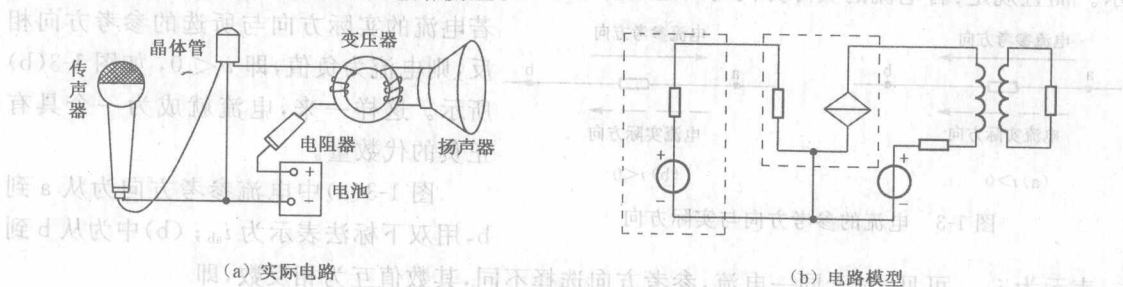


图 1-2 晶体管放大电路

以上用理想电路元件或它们的组合模拟实际器件的过程称为建模。建模时必须考虑工作条件,并按不同精确度的要求把给定工作情况下的主要物理现象及功能反映出来。例如,在直流情况下,一个线圈的模型可以是一个电阻元件;在较低频率下,就要用电阻元件和电感元件的串联组合模拟;在较高频率下,还应计及导体表面的电荷作用,即电容效应,所以其模型还需要包含电容元件。可见,在不同的条件下,同一实际器件可能采用不同模型。模型取得恰当,对电路的分析和计算结果就与实际情况接近;模型取得不恰当,则会造成很大误差,有时甚至导致自相矛盾的结果。如果模型取得太复杂,就会造成分析困难;反之,如果取得太简单,就不足以反映所需求解的真实情况。所以建模问题需要专门研究,绝不能草率定论。

1.2 电路的基本物理量

电路的基本物理量有电流、电压和功率。电路分析的基本任务就是计算电路中的电流、电压和功率。

1.2.1 电流

电荷的定向运动形成电流。电流的实际方向习惯上指正电荷运动的方向。电流的大小用电流强度来衡量,电流强度简称电流,其数学表达式为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式(1-1)的物理意义是单位时间内通过导体横截面的电荷量。其中 i 表示电流强度,单位是安[培],用 A 表示,在计量微小电流时,通常用毫安(mA)或微安(μ A)作为单位; dq 为微小电荷量,单位是库[仑],用 C 表示; dt 为微小的时间间隔,单位是秒,用 s 表示。

按照电流的大小和方向是否随时间变化,分为恒定电流(简称直流 DC)和时变电流,分别

^① 电路中有两类元件,有源元件和无源元件。有源元件能产生或者能控制能量,而无源元件不能,电阻、电容、电感等均为无源元件。发电机、电池、运算放大器、三极管、场效应管等为有源元件。

用符号 I 和 i 表示。我们平时所说的交流(AC)是时变电流的特例。

在分析电路时往往不能事先确定电流的实际方向,而且时变电流的实际方向又随时间不断变化。因此在电路中很难标明电流的实际方向。为此,引入了电流参考方向这一概念。

参考方向的选择具有任意性。在电路中通常用实线箭头或双字母下标表示,实线箭头可以画在线外,也可以画在线上。为了区别,电流的实际方向通常用虚线箭头表示,如图 1-3 所示。而且规定:若电流的实际方向与所选的参考方向一致,则电流为正值,即 $i > 0$,如图 1-3(a);

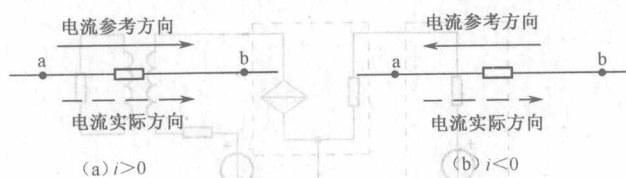


图 1-3 电流的参考方向与实际方向

若电流的实际方向与所选的参考方向相反,则电流为负值,即 $i < 0$,如图 1-3(b)所示。这样一来,电流就成为一个具有正负的代数量。

图 1-3(a)中电流参考方向为从 a 到 b,用双下标法表示为 i_{ab} ; (b)中为从 b 到

a,表示为 i_{ba} 。可见,对于同一电流,参考方向选择不同,其数值互为相反数,即

$$i_{ab} = -i_{ba} \quad (1-2)$$

1.2.2 电压

电路分析中另一个基本物理量是电压。直流电压用大写字母 U 表示,交流电压用小写字母 u 表示,单位为伏[特],用 V 表示。为了便于计量,还可以用毫伏(mV)、微伏(μ V)和千伏(kV)等作为单位。在数值上,电路中任意 a、b 两点之间的电压等于电场力由 a 点移动单位正电荷到 b 点所作的功,即

$$U_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-3)$$

式中, dW 是电场力所作的功,单位是焦耳(J)。

在电路中任选一点作为参考点,则其他各点到参考点的电压叫做该点的电位,用符号 V 表示。例如,电路中 a、b 两点的电位分别表示为 V_a 和 V_b ,并且 a、b 两点间的电压与该两点电位有以下关系:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

电位与电压既有联系又有区别。其主要区别在于:电路中任意两点间的电压,其数值是绝对的;而电路中某一点的电位是相对的,其值取决于参考点的选择。在电子技术中,通常用求解电位的方法判断半导体器件,如二极管、三极管的工作状态。

今后如未说明,通常选接地点作为参考点,并且参考点的电位为零。

引入电位概念后,两点间电压的实际方向即由高电位指向低电位。所以电压就是指电压降。

电压的参考方向(也称参考极性)的选择同样具有任意性,在电路中可以用“+”、“-”号表示,也可用双字母下标或实线箭头表示,如图 1-4 所示。电压正负值的规定与电流一样,此处不再赘述。

值得注意的是,今后在求电压电流时,必须事先规定好参考方向,否则求出的值无意义。

电路中电位相同的点称为等电位点。等电位点的特点是,各点之间即使没有直接相连,但其电位相等,两点间电压等于零。若用导线或电阻将等电位点连接起来,导线和电阻元件中没有电流通过,不会影响电路的工作状态。对于电路中的非等电位点,由于其电位不等,若用导

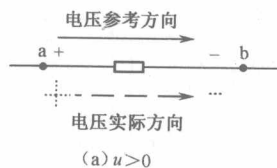


图 1-4 电压的参考方向与实际方向

线将其中两个非等电位点连接,则该两点强迫电位相等,导线中有电流通过,也即改变了电路原有工作状态。需要注意的是,导线上的各点均为等电位点。

通常,对于电路中的某个元件,电流参考方向和电压参考方向都是可以任意选定的,彼此独立无关。但为了分析方便,通常将某元件上电压和电流的参考方向选为一致,即电流的参考方向由电压的“+”指向“-”,这样选定的参考方向称为电压与电流的关联参考方向,简称关联方向,如图 1-5(a)所示。否则,称非关联方向,如图 1-5(b)所示。

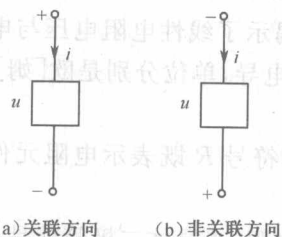


图 1-5 二端元件电压、电流的参考方向

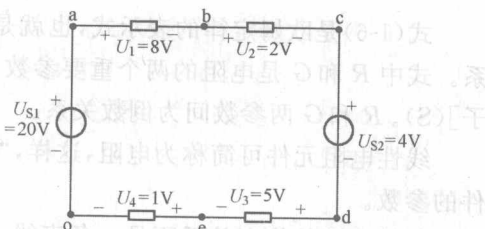


图 1-6 例 1-1 电路

【例 1-1】 图 1-6 所示电路中, o 点为参考点, 各元件上电压分别为 $U_{S1} = 20\text{ V}$, $U_{S2} = 4\text{ V}$, $U_1 = 8\text{ V}$, $U_2 = 2\text{ V}$, $U_3 = 5\text{ V}$, $U_4 = 1\text{ V}$ 。试求 U_{ac} 、 U_{bd} 、 U_{be} 和 U_{ae} 。

【解】 选 o 点为参考点, 所以 o 点电位 $V_o = 0$ 。其他各点到参考点的电位分别为

$$V_a = U_{S1} = 20\text{ V}$$

$$V_b = -U_1 + U_{S1} = -8 + 20 = 12\text{ V}$$

$$V_c = -U_2 - U_1 + U_{S1} = -2 - 8 + 20 = 10\text{ V}$$

$$V_d = U_3 + U_4 = 5 + 1 = 6\text{ V}$$

$$V_e = U_4 = 1\text{ V}$$

根据式(1-4), 求出两点间电压分别为

$$U_{ac} = V_a - V_c = 20 - 10 = 10\text{ V}$$

$$U_{bd} = V_b - V_d = 12 - 6 = 6\text{ V}$$

$$U_{be} = V_b - V_e = 12 - 1 = 11\text{ V}$$

$$U_{ae} = V_a - V_e = 20 - 1 = 19\text{ V}$$

1.2.3 电功率

电能对时间的变化率即电功率, 简称功率。用 p 或 P 表示, 单位是瓦(W)。功率的表达式为

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-5)$$

应用式(1-5)计算元件功率时, 首先需要判断 u 、 i 的参考方向是否为关联方向, 若为关联, 则 $p = ui$; 否则 $p = -ui$ 。计算结果若 $p > 0$, 表明元件实际消耗功率; 若 $p < 0$, 表明元件实际发出功率。

电能是功率对时间的积累。其表达式可写成 $W = P \cdot t$ 。电能的单位是焦[耳](J), 定义为: 功率为 1 W 的设备在 1 s 时间内转换的电能。工程上常采用千瓦时(kW · h)作为电能的单位, 俗称 1 度电, 定义为: 功率为 1 kW 的设备在 1 h 内所转换的电能。