

WUTP 新编面向21世纪高等学校教材 Electronic Technology

Electrical and Electronic Technology

Electrical and Electronic Technology

Electrical and Electronic Technology

Electrical and Electronic Technology

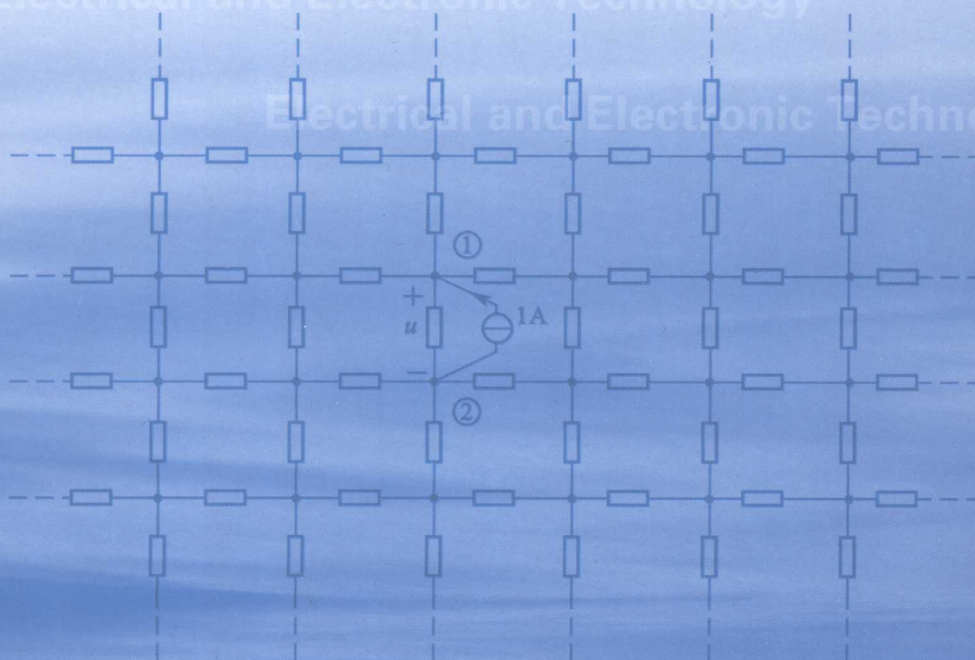
电工电子技术

罗勇 主编

王晓荣 余颖 管小明 高浪琴 龚水泉 编

Electrical and Electronic Technology

Electrical and Electronic Technology



武汉理工大学出版社

新编面向 21 世纪高等学校教材

电工电子技术

罗 勇 主 编

王晓荣 余 颖 管小明 高浪琴 龚水泉 编

I. 电… II. 罗… III. ① 电工技术 ② 电子技术 IV. TM15

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 193107 号

出版发行：武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 123 号 邮编：430070

http://www.techbook.com.cn

E-mail: wutpbook@126.com; wutpshb@163.com

责任编辑：李 芳

印刷厂：武汉理工大学印刷厂

开 本：787×1092 1/16

印 张：21

字 数：337 千字

版 次：2008 年 1 月第 1 版

印 次：2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数：1—3000 册

定 价：32.00 元

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

内 容 简 介

本书是根据教育部面向 21 世纪高等学校电工学课程教学基本要求,并考虑到结合工程实际的特色而编写的。参考学时数为 40~60。内容包括:电路模型和电路的基本定律、电路的分析方法、交流电路、一阶电路的时域分析、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源、集成门电路及组合逻辑电路、集成触发器及时序逻辑电路、电动机与电气控制技术、EWB 简介、应用举例等。各章在基本概念、原理和分析方法的阐述上力求通俗易懂,并加强了实际应用内容。

本书可作为高等工科院校非电类各专业电工电子技术课程的教材,也可供高职、电大等相关专业选用。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/罗勇主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2008.1
ISBN 978-7-5629-2613-9

I. 电… II. 罗… III. ① 电工技术 ② 电子技术 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 193107 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路 122 号 邮编:430070

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

E-mail: wutpbook@126.com; wutpbailh@163.com

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:21

字 数:537 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版

印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87397097 87394412

前 言

为了使我国培养的新一代大学生能适应 21 世纪这个科技飞速发展、竞争异常激烈的时代,根据国家教育部面向 21 世纪课程改革要求,结合我校电工电子系列课程建设与改革实践,本着更新内容、侧重应用、培养能力的编写原则而编写了一本新教材。

本教材以教育部面向 21 世纪《高等学校电工学课程教学基本要求》作为编写的基本依据。但考虑到目前大多数学校相关非电类专业电工电子课程学时数(50 学时左右)的实际情况,对现有教学内容进行了精选,删除陈旧内容,反映科技新动态,将目前国内高等学校非电类专业多数采用的《电工技术》和《电子技术》两册合并为一册出版,定名为《电工电子技术》。

本教材内容的编写特点:继承传统性、增强应用性和反映先进性。在传统理论的基础上,注重理论与实际的结合,加强实际应用的内容;建立模型来源于实际的认识规律,阐述理想元件的定义与实际器件的辩证关系,并提供一些实物图片;每章含有与之内容相适应的工程实例,为理论和方法的学习奠定实际背景基础,有利于提高学生的学习兴趣和分析问题、解决问题的能力;每章开始有内容提要、本章重点、本章难点及本章易疏忽的问题,以帮助学生在过程中少走弯路;每节后均附有思考与练习题,以帮助学生更好地掌握本节内容;尽量减少理论推导,语句讲“白”,力求通俗易懂,以利于学生自学;有较丰富的例题和习题,书后配有部分习题参考答案,便于教与学。

附录中介绍了当前国际流行的非常适合电工电子类课程辅助教学和实验的仿真软件 EWB,进一步拓展学生的思路 and 了解现代电工电子分析方法的最新进展。

教材结构和体系设计的特点:第 1 章的电路模型和电路的基本定律为全书奠定基础;电路的分析方法不但适用于直流电路而且也适用于交流电路,作为第 2 章;正弦交流电路、三相交流电路、非正弦交流电路为交流的范畴,作为第 3 章;一阶电路的时域分析、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源主题突出,各立一章;集成门电路及组合逻辑电路、集成触发器及时序逻辑电路、电动机与电气控制技术联系紧密,各成一章。

本书共 10 章,覆盖了电工电子课程的主要内容,书中打“*”部分可根据具体学时数来选用。各章课内教学参考学时为:第 1 章 7 学时;第 2 章 4 学时;第 3 章 12 学时;第 4 章 3 学时;第 5 章 10 学时;第 6 章 5 学时;第 7 章 3 学时;第 8 章 4 学时;第 9 章 6 学时;第 10 章 6 学时,全书在 60 学时以内。若学时在 50 左右,

可在第1、2、3、5、6、7、8、9、10章不打“*”部分内选用,作为基本教学内容。

本教材由东华理工大学电子信息工程教研室组织编写,东华理工大学罗勇编写第1章和附录A~G,王晓荣编写第2、9章,管小明编写第3、4章,高浪琴编写第5章,余颖编写第8、10章;江西农业大学龚水泉编写第6、7章,全书由罗勇统稿。东华理工大学黄乡生教授审阅了全书的初稿,并提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中吸取了参考文献中多位专家、学者的经验,受益匪浅;得到武汉理工大学出版社的大力支持,得到东华理工大学教务处、机电工程系及本教研室许多老师的关心与支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,不妥和错误之处在所难免。敬请使用本教材的教师、学生以及其他读者批评指正。

编者

2007年8月

目 录

1 电路模型和电路的基本定律	(1)
1.1 实际电路与电路模型	(2)
1.1.1 实际电路的作用和组成部分	(2)
1.1.2 电路模型及其意义	(3)
1.2 电流、电压的参考方向和功率的计算	(4)
1.2.1 电流、电压的参考方向	(4)
1.2.2 功率的计算	(6)
1.3 基尔霍夫定律	(8)
1.3.1 基尔霍夫电流定律(KCL)	(9)
1.3.2 基尔霍夫电压定律(KVL)	(10)
1.4 电路的基本元件及其特性	(13)
1.4.1 电阻元件	(13)
1.4.2 电感元件	(14)
1.4.3 电容元件	(17)
1.5 电压源和电流源及其等效变换	(19)
1.5.1 实际电压源与理想电压源	(19)
1.5.2 实际电流源与理想电流源	(21)
1.5.3 实际电压源与电流源的等效变换	(22)
1.6 受控源	(26)
1.7 电路中电位的计算	(27)
1.8 应用举例	(29)
1.8.1 防电击接地电路模型的建立	(29)
1.8.2 电阻器的应用	(29)
1.8.3 电感器的应用	(29)
1.8.4 电容器的应用	(30)
习题	(30)
2 电路的分析方法	(36)
2.1 支路电流法	(37)
2.2 弥尔曼定理(节点电压法)	(40)
2.3 叠加原理	(42)
2.4 戴维南定理和诺顿定理	(46)
2.5 应用举例	(49)
习题	(50)
3 交流电路	(55)

3.1	正弦交流电的基本概念	(56)
3.1.1	什么是正弦交流电路	(56)
3.1.2	正弦量的三要素	(56)
3.2	正弦量的相量表示法	(60)
3.2.1	复数表示形式及运算	(60)
3.2.2	正弦量的相量表示法	(62)
3.3	单一理想元件正弦交流电路的分析	(65)
3.3.1	理想电阻元件的交流电路	(65)
3.3.2	理想电感元件的交流电路	(67)
3.3.3	理想电容元件的交流电路	(69)
3.4	串联正弦交流电路的分析	(72)
3.5	无源单口网络的端口特性	(76)
3.5.1	复阻抗的串联	(76)
3.5.2	复阻抗的并联	(77)
3.5.3	相量图求解法	(78)
*3.6	功率因数的提高	(80)
*3.7	RLC 电路中的谐振	(83)
3.7.1	串联谐振	(83)
3.7.2	并联谐振	(85)
3.8	三相交流电路	(88)
3.8.1	三相交流电路的概念	(88)
3.8.2	三相电路的计算	(90)
*3.9	安全用电技术	(95)
3.9.1	电流对人体的伤害	(95)
3.9.2	常见的触电方式	(96)
3.9.3	防止触电的保护措施	(97)
3.9.4	安全用电及触电急救常识	(100)
*3.10	非正弦交流电路	(101)
3.10.1	非正弦周期量的分解	(102)
3.10.2	非正弦周期量的有效值和平均功率	(105)
3.11	应用	(107)
3.11.1	简易三相交流信号源	(107)
3.11.2	移相电路	(107)
3.11.3	滤波电路	(108)
	习题	(109)
*4	一阶电路的时域分析	(113)
4.1	概述	(114)
4.2	RC 电路的时域分析	(116)
4.2.1	RC 电路的零输入响应	(116)

4.2.2 RC 电路的零状态响应	(118)
4.2.3 RC 电路的全响应	(120)
4.3 RL 电路的时域分析	(121)
4.3.1 RL 电路的零输入响应	(122)
4.3.2 RL 电路的零状态响应	(123)
4.3.3 RL 电路的全响应	(124)
4.4 求解一阶电路的三要素法	(125)
4.5 应用举例	(128)
4.5.1 楼道自动延时关灯系统	(128)
4.5.2 波形变换电路	(129)
习题	(130)
5 基本放大电路	(133)
5.1 PN 结及其单向导电性	(134)
5.1.1 半导体知识简介	(134)
5.1.2 PN 结	(135)
5.2 半导体二极管	(138)
5.2.1 二极管的特性	(138)
5.2.2 二极管的主要参数	(139)
5.2.3 二极管的等效电路	(139)
5.2.4 稳压二极管	(140)
5.3 半导体三极管	(142)
5.3.1 三极管的基本结构和主要参数	(142)
5.3.2 三极管的特性曲线	(145)
5.4 基本放大电路	(148)
5.4.1 放大器的一般概念	(148)
5.4.2 基本共射放大电路的组成	(149)
5.4.3 静态工作情况分析	(149)
5.4.4 动态工作情况分析	(150)
5.4.5 静态工作点与输出波形失真的关系	(154)
5.4.6 静态工作点的稳定	(155)
5.4.7 共集电极放大电路	(157)
5.5 应用举例	(160)
习题	(160)
6 集成运算放大器	(166)
6.1 概述	(167)
6.1.1 集成电路	(167)
6.1.2 集成运算放大器及其组成	(167)
6.2 差动放大电路	(169)
6.2.1 直接耦合放大电路的特殊问题——零点漂移	(169)

6.2.2	差动放大器的基本电路和工作原理	(169)
6.2.3	输入—输出方式	(171)
6.3	基本运算电路	(174)
6.3.1	运放的模型和主要参数	(174)
6.3.2	反相比例运算电路	(176)
6.3.3	同相比例运算电路	(177)
6.3.4	比较输入运算电路	(178)
6.3.5	积分运算电路	(179)
6.3.6	微分运算电路	(179)
6.4	放大电路中的负反馈	(180)
6.4.1	反馈的基本概念	(180)
6.4.2	负反馈的四种类型	(181)
6.4.3	负反馈对放大电路性能的影响	(183)
6.5	应用举例	(185)
6.5.1	比较器	(185)
6.5.2	RC 正弦波振荡器	(187)
	习题	(188)
7	直流稳压电源	(192)
7.1	概述	(193)
7.2	单相桥式整流电路	(193)
7.3	电容滤波电路	(194)
7.4	稳压电路	(197)
7.4.1	串联型晶体管稳压电路	(197)
7.4.2	集成稳压电路	(199)
7.5	应用举例——集成稳压器的应用	(199)
7.5.1	典型应用	(199)
7.5.2	扩展应用	(200)
	习题	(201)
8	集成门电路及组合逻辑电路	(204)
8.1	数字电路概述	(205)
8.1.1	模拟信号和数字信号	(205)
8.1.2	数制和码制	(205)
8.2	逻辑门电路	(207)
8.2.1	逻辑代数及基本运算	(207)
8.2.2	逻辑代数的运算法则	(209)
8.2.3	分立元件组成的基本门电路	(210)
8.2.4	复合门电路	(213)
8.3	TTL 与非门	(214)
8.3.1	TTL 与非门的结构和工作原理	(214)

8.3.2	TTL 与非门的外特性及其主要参数	(215)
8.4	组合逻辑电路	(217)
8.4.1	组合逻辑电路的分析	(217)
8.4.2	组合逻辑电路的设计	(218)
8.5	编码器	(219)
8.5.1	普通编码器	(219)
8.5.2	优先编码器	(220)
8.6	译码器及数码显示电路	(222)
8.6.1	译码器	(222)
8.6.2	显示译码器	(224)
8.6.3	应用	(226)
8.7	应用举例	(227)
8.7.1	水位检测电路	(227)
8.7.2	触摸式双音调门铃	(228)
8.7.3	用门电路组成的警笛声发生器	(228)
	习题	(229)
9	集成触发器及时序逻辑电路	(233)
9.1	双稳态触发器	(234)
9.1.1	RS 触发器	(234)
9.1.2	JK 触发器	(236)
9.1.3	D 触发器	(237)
9.2	寄存器	(239)
9.2.1	数码寄存器	(239)
9.2.2	移位寄存器	(240)
9.3	计数器	(241)
9.3.1	二进制计数器	(242)
9.3.2	十进制计数器	(243)
9.3.3	任意进制计数器	(245)
9.4	应用举例	(247)
9.4.1	彩灯电路	(247)
9.4.2	抢答电路	(248)
	习题	(249)
10	电动机与电气控制技术	(253)
10.1	三相异步电动机的构造	(254)
10.2	三相异步电动机的工作原理	(256)
10.2.1	旋转磁场	(256)
10.2.2	三相异步电动机的转动原理	(257)
* 10.2.3	三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	(258)
10.3	三相异步电动机的使用	(261)

10.3.1 异步电动机的起动	(261)
10.3.2 异步电动机的调速	(263)
10.3.3 异步电动机的反转	(263)
10.4 继电器接触器控制系统	(264)
10.4.1 常用控制电器	(264)
10.4.2 三相异步电动机的基本控制电路	(269)
10.4.3 三相异步电动机的正、反转控制电路	(271)
10.4.4 行程和时间控制	(273)
*10.5 可编程序控制器	(276)
10.5.1 可编程序控制器的结构和工作原理	(277)
10.5.2 可编程序控制器的基本指令和编程	(279)
10.5.3 可编程序控制器的应用举例	(283)
10.6 应用举例	(284)
10.6.1 运料小车的控制	(284)
10.6.2 C620-1 型普通车床控制线路	(284)
习题	(285)
附录	(288)
附录 A 电阻器和电容器的标称值	(288)
附录 B 半导体分立器件型号命名法	(291)
附录 C 部分半导体分立器件型号和参数	(293)
附录 D 半导体集成电路型号命名法	(297)
附录 E 部分半导体集成电路型号、参数和图形符号	(298)
附录 F 部分 Y 系列三相异步电动机的参数	(301)
附录 G 仿真软件 EWB 的使用介绍	(302)
附 G.1 EWB 简介	(302)
附 G.2 EWB 的基本界面、菜单及常用元器件和仪器库	(302)
附 G.3 EWB 的基本操作方法	(306)
附 G.4 EWB 的仿真实例	(312)
部分习题答案	(314)
参考文献	(323)

第1章 电路模型和电路的基本定律

1 电路模型和电路的基本定律

● 内容提要

本章介绍电路模型、电路的基本物理量及参考方向、电路的基本定律和基本元件、实际电源的等效变换法及电路中电位的计算。本章内容是学好后续各章的基础。

● 本章重点

电流、电压参考方向的概念,基尔霍夫定律。参考方向是电路分析最基本的概念,基尔霍夫定律是电路理论的基石,应熟练掌握和运用,为学习后续各章节打下较好的基础。

● 本章难点

电流、电压参考方向的理解与运用,基尔霍夫定律方程式的列写。

● 易疏忽的问题

不标物理量的参考方向就计算,文字代号书写不规范(大、小写混淆),用 KVL 解题不标绕行方向,不注意表达式的正负号。

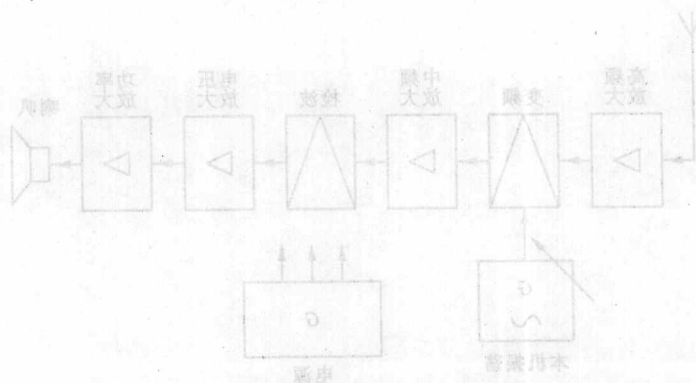


图 1.1 收音机电路框图

1.1 实际电路与电路模型

1.1.1 实际电路的作用和组成部分

人们为了实现自己的目的,将有关电路器件用导线连接起来后构成的电流通路叫做电路。图 1.1 所示的日光灯电路能把电能转换为光能,这类电路由于电压较高,电流和功率较大,习惯上常称为“强电”电路;图 1.2 为用系统框图表示的一个复杂电路,它能把广播电台发送的无线电信号转换成声音重放出来,这类电路通常电压较低,电流和功率较小,习惯上常称为“弱电”电路。这些都是电路的实例。

电路的作用是:实现电能的传输和转换(强电电路);实现信号的传递和处理(弱电电路)。

由图 1.1 和图 1.2 可以看出,虽然电路繁简不一,然而作为电路的基本组成部分则必须具有:电源(或信号源)、负载和中间环节。电源是将其他形式能量转换为电能的装置,如发电机、电池等均为电源,它们可分别将机械能、水能、热能、原子能及化学能转换为电能;负载是将电能转换成其他形式能量的装置,如电动机、灯泡、电热器等均为负载,它们可分别将电能转换成机械能、光能和热能;中间环节包括连接导线、控制开关和保护装置等,主要起传输、控制、分配与保护作用。最简单的中间环节是两根连接导线,但图 1.2 所示的收音机线路的中间环节比较复杂。

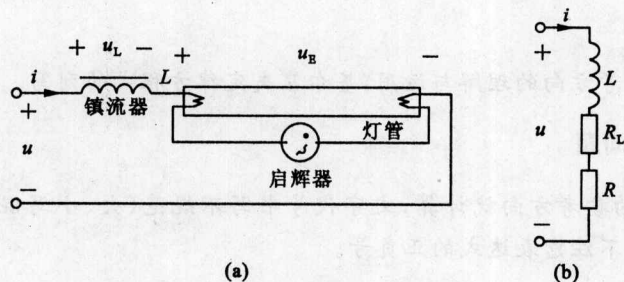


图 1.1 日光灯电路图

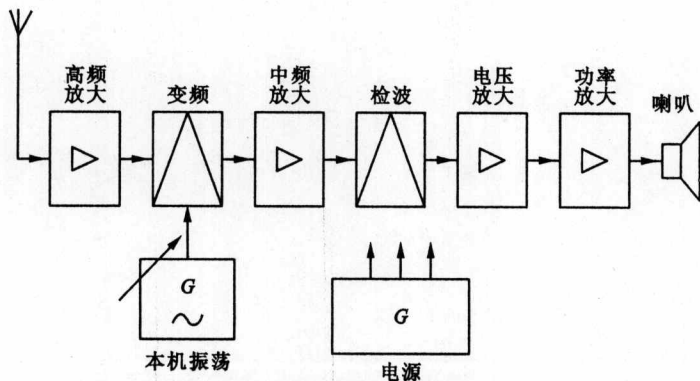


图 1.2 半导体收音机电路框图

用现代电路理论来分析电路时,常将具有一定功能的电路视为一个系统。从一般的意义上讲,系统是由若干互相关联的单元或设备所组成,并用来达到某种目的的有机整体。例如由发电、输电、配电、用电等多种设备组成的电网可视为一个系统。

对一个系统而言,电源(或信号源)的作用称为激励,由激励引起的结果(如某个元件上的电流、电压)称之为响应。激励和响应的关系就是作用和结果的关系,往往对应着输入与输出的关系。一个系统可用图 1.3 所示的框图来描述,其中 $e(t)$ 为激励, $r(t)$ 为响应。分析一个系统,就是确定它的响应与激励的关系。

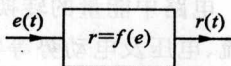


图 1.3 系统的框图表示

1.1.2 电路模型及其意义

为了便于理论研究,揭示电路的内在规律,将实际电路中的各种元件按其主要物理性质分别用一些理想电路元件来表示时所构成的电路图,称为电路模型。

所谓理想电路元件,就是只反映某一种能量转换过程的元件,是对实际元件在一定条件下进行科学抽象而得到的。例如,电阻 R 是一种理想电路元件,它只反映电能转换为热能的物理过程。凡是当电流通过某元件发生电能转换为热能,而别的能量转换可以忽略时,该元件就可用一个理想电阻元件 R 来表示。除了理想电阻元件之外,还有理想电感元件 L 、理想电容元件 C 以及理想电源等。图 1.4 是它们的电路模型图形符号。这些理想元件称为电路结构的基本模型,由这些基本模型构成电路的整体模型。

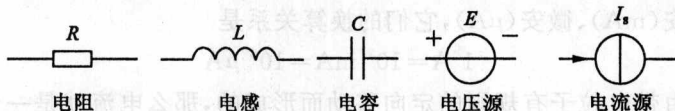


图 1.4 理想电路元件模型

例如图 1.1 中的日光灯电路,就其灯管的性质而言,可用一个电阻 R 来表示,而镇流器接入电路时将发生电能转换为磁场能量及电能转换为热能两个过程,所以用一个电感 L 和电阻 R_L 的串联组合来表示。这样就可画出图 1.1(b)日光灯电路的电路模型。

由此可见,电路模型就是实际电路的科学抽象。采用电路模型来分析电路,不仅使计算过程大为简化,而且能更清晰地反映该电路的物理本质。这种研究问题的方法,实际上早已运用在物理学中了,只是没有提出“模型”这个概念而已。现在突出电路模型的概念是为了更自觉地运用科学抽象的方法来解决复杂的实际电路问题。为此,我们一方面将深入地研究物理学中已学过的一些理想电路元件的性质;另一方面还要学习一些新的理想电路元件,如理想电流源、理想受控源等。有了这些基础就可以为更多的实际电路建立模型,如用电流控制电流源来表示一个晶体管的电流放大作用;用电压控制电压源来表示运算放大器等等,从而使我们能更好地掌握电路分析的方法。

思考与练习

1.1.1 电路的作用是什么?

1.1.2 说出电路的组成部分,并说明各部分的作用。

1.1.3 什么是理想电路元件? 理想电路元件与实际电路元件有何差别?

1.1.4 什么是电路模型? 引出电路模型的意义何在?

1.2 电流、电压的参考方向和功率的计算

电路中能量的转换、输送以及信号的传递和处理,都是用电流、电压和电动势来描述的。电流、电压及电动势等物理量称为电路的基本物理量。其中电流、电压及电动势参考方向(又称正方向)的概念非常重要,对学好本课程起到重要的作用,应正确理解和熟练应用。

1.2.1 电流、电压的参考方向

1.2.1.1 各物理量实际方向(又称真实方向)的规定

电流:电流是带电粒子在电源作用下在导体中有规则的定向移动而形成的。其大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

如果电流的大小和方向都不随时间而变化,即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$,这种电流称为直流电流(Direct Current,简称为 DC),用大写字母 I 表示。如果电流的大小和方向都随时间而变化,则称为交流电流(Alternating Current,简称为 AC),用小写字母 i 表示。在学习本课程时应特别注意文字代号的正确书写。

电流这个物理量的单位是安培(库仑/秒)(国际单位制),简称“安”,用大写字母“A”表示。另外还有毫安(mA)、微安(μA),它们的换算关系是

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$$

既然电流是由带电粒子有规则的定向移动而形成的,那么电流就是一个既有大小,又有方向的物理量。

规定在导体中正电荷移动的方向或负电荷移动的相反方向为电流的实际方向。

电压与电动势:电荷之所以能在导体中产生定向运动而形成电流,是因为它们受到了力的作用。

电压这个物理量,是用来表示电场力移动电荷做功本领的。

在图 1.5 中(由电池和白炽灯组成的一个简单电路), a 和 b 是一个电源的两个电极。 a 极带有正电荷, b 极带有等量的负电荷,在电极 a 、 b 之间就形成了电场,其方向为由 a 指向 b 。如果 ab 之间由导体连接起来了,那么,在此电场力的作用下, a 电极上的正电荷将经此连接导体流向电极 b (其实是连接导体中的自由电子在电场力的作用下从电极 b 流向 a ,两者是等效的)。因此, ab 两点之间的电压 U_{ab} ,在数值上就等于电场力将单位正电荷从 a 点(高电位)移到 b 点(低电位)所做的功,即

$$U_{ab} = \frac{dA}{dq} \quad (1.2)$$

电动势是用来表示电源力移动电荷做功本领的物理量。

在图 1.5 中,在电场力的作用下, a 电极上的正电荷不断地通过连接导体流向 b 电极,并与 b 电极上的负电荷中和,持续下去,就将导致两个电极上的电荷量不断减少,两极之间的电场不断削弱一直到零,这时,连接导体中的电流也会相应地减小到零。

为了使连接导体中有持续的恒定电流,那么在电源内部就必须有一种力,它能将在电场

力作用下由 a 极流到 b 极的正电荷,通过电源内部(也是导体),克服两电极间电场力的作用,将它们从电极 b 移动到电极 a 。这样才能使两极上的电荷量不变,两极间的电场强弱不变,连接导体中的电流也就能保持恒定不变。这种力称为电源力。在电源内部都存在着这种力。如发电机内部的这种力是电磁力,电池内部的这种力是化学力。

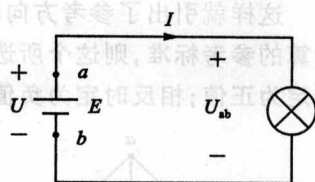


图 1.5 电动势、电压和电流

所以电源的电动势 E_{ba} 在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的负极 b (低电位)经由电源内部移到电源的正极 a (高电位)所做的功,即

$$E_{ba} = \frac{dA}{dq} \quad (1.3)$$

因为电压和电动势都是用来表示一个力移动电荷做功本领的,所以它们的单位相同。在国际单位制中,它们的单位都是伏特[焦耳/库仑],简称“伏”,用大写字母“V”表示。另外还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μ V)等。换算关系为

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}; \quad 1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$$

电压的实际方向规定为由高电位端指向低电位端,即指向电位降低的方向(如图 1.5 中的 U_{ab} 是由 a 指向 b);电动势的实际方向规定为在电源内部由低电位端指向高电位端,即指向电位升高的方向(如图 1.5 中 E_{ba} 在电源内部是由 b 指向 a)。

1.2.1.2 各物理量方向的表示法

电流:(1) 箭头(图 1.6(a))表示电流的方向由 a 到 b ;(2) 双下标,如 I_{ab} ,表示电流的方向由 a 到 b (多出现在文字中);(3) 结合使用(图 1.6(b))表示电流的方向由 a 到 b)。



图 1.6 电流的参考方向

电压:(1) “+”、“-”号(图 1.7(a))表示电压的方向由 a 到 b ;(2) 双下标,如 U_{ab} ,表示电压的方向由 a 到 b (多出现在文字中);(3) 结合使用(图 1.7(b))表示电压的方向由 a 到 b)。

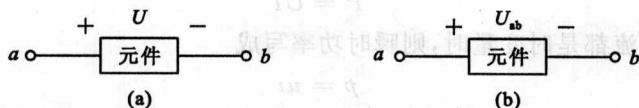


图 1.7 电压的参考方向

电动势:(1) “+”、“-”号(图 1.7(a))表示电压的方向由 a 到 b ;(2) 双下标,如 U_{ab} ,表示电压的方向由 a 到 b (多出现在文字中);(3) 结合使用(图 1.7(b))表示电压的方向由 a 到 b)。电动势的方向多用“+”、“-”号表示。

1.2.1.3 各物理量的参考方向

对于一个简单的电路,电流电压的实际(真实)方向一眼就能看出,在图 1.5 中,如 $E = 12 \text{ V}$,则电流电压的实际方向如图所标。但对于一个复杂电路,如图 1.8 中,电流电压的实际方向是由 a 到 b 还是由 b 到 a 则不易看出来,但分析计算此电流电压时,结果出来后,不仅要知其数值还要知其实际方向。

这样就引出了参考方向的概念:对于各物理量两种可能的方向,任意选取一个方向作为计算的参考标准,则这个所选的方向称为参考方向。当实际方向与参考方向一致时,该物理量定为正值;相反时定为负值。

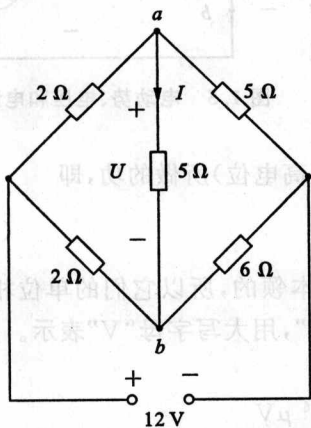


图 1.8 电流电压的参考方向

【例 1.1】在图 1.6(a)部分电路中, I 的方向为参考方向,若 $I=2\text{ A}$,则 I 的实际方向如何? 在图 1.7(a)部分电路中, U 的方向为参考方向,若 $U=-2\text{ V}$,则 U 的实际方向如何?

【解】由参考方向的概念可知, I 的实际方向由 a 到 b ; U 的实际方向由 b 到 a 。

1.2.1.4 关于参考方向的说明

(1) 电路中所标注的各物理量的方向都指的是参考方向。

(2) 在计算电压电流时,必须遵循:先标参考方向,后计算的原则。

(3) 关联参考方向:元件上电压电流的参考方向选为一致时,称电压电流为关联参考方向。

(4) 欧姆定律的两种表达式:有了参考方向的概念后,欧姆定律就有两种表达式。图 1.9(a)中 $U=IR$;图 1.9(b)中 $U=-IR$ 。

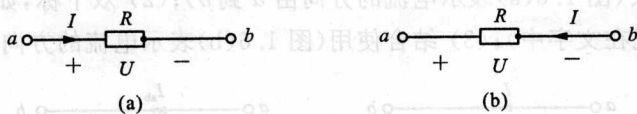


图 1.9 欧姆定律的两种表达式

1.2.2 功率的计算

从物理学中我们已经知道,一个元件上的电功率等于该元件两端的电压与通过该元件电流的乘积,即

$$P = UI \quad (1.4)$$

如果电压和电流都是时变量时,则瞬时功率写成

$$p = ui \quad (1.5)$$

当电压的单位为伏特(V)、电流的单位为安培(A)时,功率的单位就为瓦特(W)。

在学习本教材时,一定要注意文字代号的正确书写,时变量用小写,直流量用大写。

元件上的电功率有发出和吸收两种可能。我们进行电路分析时,元件上电流和电压的方向都是参考方向,其中有关联的参考方向,也有非关联的参考方向。在这种情况下,应该怎样确定是吸收功率还是发出功率呢?可作如下规定:

(1) 当电流、电压取关联的参考方向时(图 1.10(a))

$$P = UI$$

或

$$p = ui \quad (1.6)$$