

信息与电子学科百本精品教材工程

新编电气与电子信息类本科规划教材

电工电子学

林育兹 主编 陈丽波 李继芳 副主编

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



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY



教育部高等学校工程类基础课程教学指导委员会

《电工电子学》课程教学大纲编写组

电工电子学

（第二版）

清华大学出版社

新编电气与电子信息类本科规划教材

电工电子学

林育兹

主编

陈丽波

李继芳

副主编

朱承高

主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共9章,包括电路原理、电子技术、电动机及电气控制技术共3大模块;涵盖电工技术与电子技术的教学内容。其中,第1、2章主要介绍直流电路、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路及安全用电知识;第3、4章介绍分立元件放大器和集成运算放大器;第5、6章介绍数字电路基础和数字电路分析与综合;第7章介绍电源电路;第8、9章介绍变压器、电动机、电气控制技术及可编程序控制器等。

根据现代教学的特点,本书注意精选教材内容,注重理论联系实际,突出应用。在内容叙述上,深浅适度,力求做到通俗易懂,适宜教学和读者的自主学习。

本书可作为高等院校理工科非电类专业基础课教材,也可作为从事工厂电气专业技术人员的参考书。

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

电工电子学/林育兹主编.—北京:电子工业出版社,2005.4

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 7-121-01019-4

I. 电... II. 林... III. ①电工学—高等学校—教材 ②电子学—高等学校—教材 IV. ①TM1 ②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 018214 号

策划编辑:韩同平

责任编辑:姚晓亮

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

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:21.25 字数:544 千字

印 次:2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:26.50 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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

信息与电子学科百本精品教材工程

《新编电气与电子信息类本科规划教材》 专业基础课教材编委会

主任委员： 谢克明（太原理工大学）

副主任委员： 刘志军（山东大学）

王绪本（成都理工大学）

胡先福（电子工业出版社）

委 员： 黄 虎 刘 健 刘志军 林育兹 李 琳

任 伟 王卫东 夏路易 许开宇 韩同平

编辑出版组

主 任： 胡先福

成 员： 王 颖 凌 毅 韩同平 张孟玮

冉 哲 李 岩 李维荣 张 昱

《新编电气与电子信息类本科规划教材》参编院校

（按拼音排序）

- | | | |
|------------|------------|------------|
| ▶ 安徽大学 | ▶ 扬州大学 | ▶ 山东理工大学 |
| ▶ 安徽建筑工业学院 | ▶ 华北电力大学 | ▶ 山东科技大学 |
| ▶ 北京联合大学 | ▶ 淮海工学院 | ▶ 青岛大学 |
| ▶ 北华大学 | ▶ 桂林电子工业学院 | ▶ 上海第二工业大学 |
| ▶ 常州工学院 | ▶ 桂林工学院 | ▶ 上海理工大学 |
| ▶ 成都理工大学 | ▶ 广西工学院 | ▶ 上海海运学院 |
| ▶ 东北电力学院 | ▶ 济南大学 | ▶ 太原理工大学 |
| ▶ 哈尔滨工程大学 | ▶ 南京邮电学院 | ▶ 太原重型机械学院 |
| ▶ 杭州电子科技大学 | ▶ 南京工业大学 | ▶ 天津理工大学 |
| ▶ 合肥工业大学 | ▶ 南昌大学 | ▶ 厦门大学 |
| ▶ 合肥电子工程学院 | ▶ 南华大学 | ▶ 西南科技大学 |
| ▶ 湖北工业大学 | ▶ 南通大学 | ▶ 西安建筑科技大学 |
| ▶ 湖南科技大学 | ▶ 宁波大学 | ▶ 武汉工业学院 |
| ▶ 河海大学 | ▶ 内蒙古科技大学 | ▶ 云南大学 |
| ▶ 河北工业大学 | ▶ 山东大学 | |

前 言

本书是“新编电气与电子信息类本科规划教材”之一,是针对非电类理工科专业本科学生编写的技术基础课教材,适合培养应用型人才的教学需求。通过本课程的学习,可使学生获得电工技术与电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,为后续课程和专业知识的学习及将来从事工程技术工作打下基础。

作为培养理工科应用型人才的本科教学用书,全书以原电工电子教学指导委员会有关“电工电子课程教学基本要求”为依据,结合应用型人才的培养特点,在参编院校教师多年来从事电工电子教学工作的基础上编写而成。本书以满足教学需要和具有较宽适应面为出发点,坚持学以致用、突出应用的原则,力求体现以下特点:

1. 在教材体系上,注意吸收教学改革的最新成果,具有一定的新意。本书编排体系分为电路、电子技术、电动机及电气控制技术 3 大部分内容,各部分之间既相互独立,又相互联系,教师可以根据专业和课程设置要求加以选择。考虑到目前教学课时相对压缩的情况,本书对传统内容进行了适当精简,如压缩了变压器和电动机内容、淡化分立元件的介绍,同时体现了一定的先进性,将成熟的新知识,如可编程控制器和集成电路的应用等纳入教材。

2. 教学内容丰富、篇幅紧凑,基本概念和基本原理以讲清为度,主次分明,详略得当,突出实践性和实用性。

3. 在组织结构上,综合考虑不同专业的教学需求,有侧重地选择各章内容。层次结构由浅入深,设计方法灵活多样,重点内容详细交代,过深内容点到为止,使课时少的专业能够做到好教易学。

4. 叙述方法适合现代教育的特点,力求做到简练与易懂结合,文字表述通顺流畅,易于学生学习和理解。本书精心编排了例题、习题和练习思考题,难度适中;在介绍学生必须掌握的基本分析方法外,还注意章节内容的归纳小结,以缩短学生索取知识的过程,易于自主学习。

本书配套电子课件,请登录电子工业出版社的华信教育资源网:<http://www.hxedu.com.cn>,注册后可免费下载。

本书课堂教学基本内容计划为 60 课时,若讲授 * 号(选学)内容,建议不少于 72 课时。

本书第 1,2 章由林育兹编写,第 3,4,7 章由李继芳编写,第 5,6 章由陈丽波编写,第 8,9 章由陆成贵和林育兹共同编写。冯月辉和李延福参与了本书部分内容的编写。

本书由上海交通大学朱承高教授主审。朱教授为本书提出了许多宝贵意见和建议,特此表示衷心的感谢,同时也感谢太原重型机械学院宋卫平老师对第 9 章的修改。

由于编者的水平所限,书中若存在错误之处,恳请读者批评指正。

编 者
2005 年 1 月

目 录

第1章 电路分析基础	1
1.1 电路的基本概念	2
1.1.1 电路的组成及其模型	2
1.1.2 电流、电压及其参考方向	3
1.1.3 电位	5
1.2 电路的工作概况	7
1.2.1 额定值与实际值	7
1.2.2 电路的工作状态	8
1.2.3 最大功率传输	11
1.3 电路的基本元件	12
1.3.1 无源元件	12
1.3.2 独立电源	14
1.3.3 受控电源	18
1.4 基尔霍夫定律及应用	19
1.4.1 基尔霍夫电流定律	20
1.4.2 基尔霍夫电压定律	20
1.4.3 基尔霍夫定律的基本应用	21
1.5 叠加原理	24
1.6 电源等效定理	25
1.6.1 戴维南定理与诺顿定理	26
1.6.2 求解等效电阻的其他方法	28
* 1.7 暂态电路	31
1.7.1 三要素分析法	31
1.7.2 微分电路与积分电路	36
1.7.3 火花消除电路	38
本章小结	39
习题	40
第2章 正弦交流电路	45
2.1 正弦交流电的基本概念	46
2.1.1 正弦量的三要素	46
2.1.2 正弦量的相量表示	48
2.2 单元件正弦交流电路的特性	50
2.2.1 电阻元件的正弦交流电路	50
2.2.2 电感元件的正弦交流电路	51
2.2.3 电容元件的正弦交流电路	52

2.3 正弦交流电路的分析	54
2.3.1 RLC 串联交流电路	55
2.3.2 阻抗的串联与并联	60
2.4 三相交流电路	63
2.4.1 三相电源	64
2.4.2 三相负载	66
2.5 交流电路的功率和电能	70
2.5.1 功率因数与提高	70
2.5.2 三相交流电路的功率计算	72
2.5.3 交流电路的功率测量	73
2.5.4 电能的测量	74
2.6 安全用电	75
2.6.1 低压配电概述	75
2.6.2 触电与预防	75
2.6.3 接地保护和接零保护	77
2.6.4 防火与防爆	80
本章小结	81
习题	83
第3章 分立元件放大电路	87
3.1 晶体二极管	88
3.1.1 半导体	88
3.1.2 PN 结及其单向导电性	89
3.1.3 二极管的伏安特性和主要参数	91
3.1.4 稳压管	93
3.2 双极型晶体管	95
3.2.1 晶体管基本结构与电流放大作用	96
3.2.2 晶体管的特性曲线	98
3.2.3 晶体管的主要参数	99
3.3 共射极放大电路	101
3.3.1 电路的基本组成	101
3.3.2 电路的工作原理	102
3.3.3 电路的静态分析	103
3.3.4 电路的动态分析	105
3.4 射极输出器	108
3.5 场效晶体管及其放大电路	110
3.5.1 绝缘栅型场效晶体管	111
3.5.2 绝缘栅型场效晶体管放大电路	113
3.6 多级放大电路	114
本章小结	117
习题	118
第4章 集成运算放大器	122
4.1 集成运算放大器概述	123

4.1.1 集成运算放大器的基本组成	123
4.1.2 差分放大电路	123
4.1.3 功率放大电路	127
4.1.4 运算放大器的特点分析	130
4.2 集成运放中的负反馈	133
4.2.1 反馈的基本概念	133
4.2.2 负反馈类型	134
4.2.3 负反馈对放大电路性能的影响	136
4.3 运算放大器的应用	138
4.3.1 比例运算电路	139
4.3.2 加法和减法运算电路	141
4.3.3 积分和微分运算电路	143
4.3.4 电压比较器	145
4.4 正弦波振荡电路	149
4.5 集成运算放大器的选择和使用	151
本章小结	153
习题	154
第5章 数字电路基础	159
5.1 逻辑代数基础	160
5.1.1 数制与编码	160
5.1.2 逻辑代数运算法则	164
5.1.3 分立元件门电路	166
5.2 集成门电路	169
5.2.1 TTL 门电路	169
5.2.2 CMOS 门电路	173
5.3 逻辑函数	174
5.3.1 逻辑函数的表示	174
5.3.2 逻辑函数化简法	175
5.4 触发器	179
5.4.1 RS 触发器	179
5.4.2 D 触发器	181
5.4.3 JK 触发器	182
5.4.4 触发方式	183
本章小结	186
习题	187
第6章 数字电路分析与综合	190
6.1 组合逻辑电路的分析与综合	191
6.1.1 组合逻辑电路的分析	191
6.1.2 组合逻辑电路的综合	192
6.2 时序逻辑电路的分析	194
6.2.1 分析方法	194
6.2.2 时序逻辑电路的分析举例	194

6.3 计数器与寄存器	196
6.3.1 计数器	196
6.3.2 寄存器	201
* 6.4 中规模集成电路及其应用	203
6.4.1 74138 译码器及应用	203
6.4.2 7448 显示译码器及应用	205
6.4.3 74153 数据选择器及应用	208
6.4.4 74161 的逻辑功能及应用	210
6.4.5 74194 的逻辑功能及应用	212
6.5 555 定时器及其应用	215
6.5.1 555 定时器的结构和功能	215
6.5.2 555 定时器的基本应用	216
本章小结	219
习题	220
第7章 电源电路	225
7.1 直流稳压电源	226
7.1.1 桥式整流电路	226
7.1.2 滤波电路	228
7.1.3 串联型稳压电路	230
7.1.4 集成稳压芯片的应用	232
7.2 晶闸管整流电路	234
7.2.1 晶闸管	234
7.2.2 单相桥式可控整流电路	237
7.2.3 三相半波可控整流电路	238
7.2.4 触发与保护电路	240
7.3 晶闸管逆变器	243
7.3.1 电压型单相桥式逆变电路	243
7.3.2 电压型三相桥式逆变电路	244
7.3.3 正弦波脉宽调制电路	245
* 7.4 开关型稳压电源	246
7.4.1 开关型稳压电路的特点和分类	247
7.4.2 开关型稳压电路的组成和工作原理	247
本章小结	249
习题	250
第8章 变压器与电动机	253
8.1 变压器	254
8.1.1 磁路的基本概念	254
8.1.2 变压器的基本结构	256
8.1.3 变压器的工作原理与使用	257
8.1.4 特殊变压器	261
8.2 三相异步电动机	262
8.2.1 三相异步电动机的结构	262

8.2.2 三相异步电动机的工作原理	263
8.2.3 三相异步电动机的运行特性	265
8.2.4 三相异步电动机的使用	268
8.3 单相异步电动机	273
8.3.1 单相异步电动机的工作原理	273
8.3.2 单相异步电动机的起动控制	274
* 8.4 直流电动机	274
8.4.1 直流电动机的工作原理	275
8.4.2 直流电动机的分类	275
8.4.3 直流电动机的结构	276
8.4.4 并励式直流电动机的工作特性	277
8.4.5 并励式直流电动机的起动和调速	278
本章小结	279
习题	280
第9章 常用电器与电气控制技术	283
9.1 常用低压电器	284
9.1.1 刀开关和熔断器	284
9.1.2 自动空气开关	285
9.1.3 接触器和继电器	286
9.1.4 热继电器、时间继电器和速度继电器	287
9.1.5 控制按钮和行程开关	289
9.2 电气系统的基本控制环节	291
9.2.1 电动机的直接起动控制	291
9.2.2 长动和点动控制	292
9.2.3 电动机的正反转控制	292
9.2.4 顺序控制及多地点控制	294
9.2.5 自动往返控制	295
9.3 电器系统的典型控制线路	296
9.3.1 电动机的起动控制线路	296
9.3.2 电动机的制动控制线路	297
* 9.4 可编程序控制器	298
9.4.1 PLC 概述	298
9.4.2 CPM2A 的结构与外部接线	300
9.4.3 常用指令与编程	307
9.4.4 可编程序控制的应用	314
9.4.5 CX-P 编程软件的使用	318
本章小结	322
习题	323
参考文献	326

第1章

电路分析基础

电路是电工电子学的主要研究对象，电路理论是学习电工技术和电子技术的基础。本章从电路的基本概念入手，在对电路的基本物理量——电流、电压和电动势等进行复习的同时，引出了电压和电流的参考方向，并根据欧姆定律对电路的工作状态做了简要分析，这对掌握本课程知识起到了承上启下的作用。接着介绍组成电路的基本元件及其伏安特性，阐述电路理论中的基本定律——基尔霍夫定律。以此为基础，分别讨论几种常用的电路分析方法——支路电流法、节点电压法、叠加法（叠加定理）和电源等效法，训练和培养读者对电路的分析能力。从工程实际的需要出发，本章最后还介绍了电路的暂态分析。

本章主要讨论电路的基本概念、基本理论和常用的分析方法，不仅适用于直流电路，原则上也适用于交流电路。因此，本章内容是学习电工技术和电子技术，以及后续相关课程的重要基础，应很好地理解和掌握。

本章课堂教学学时数建议不少于8学时。

1.1 电路的基本概念

电路是各种电气元件或设备按一定方式连接而成的系统,用于实现某种功能。简单地讲,电路是电流通过的路径。由于复杂的电路像一张网,故通常将电路称为网络。

1.1.1 电路的组成及其模型

实际电路的种类繁多,且繁简不一。任何一个电路总是由一些电气元器件和设备组成的。从日常生活中使用的家用电器到工农业生产、科学研究中使用的各种机电设备及计算机、各种测试仪器等都包含有电路。最简单的照明灯电路如图 1.1.1(a)所示。

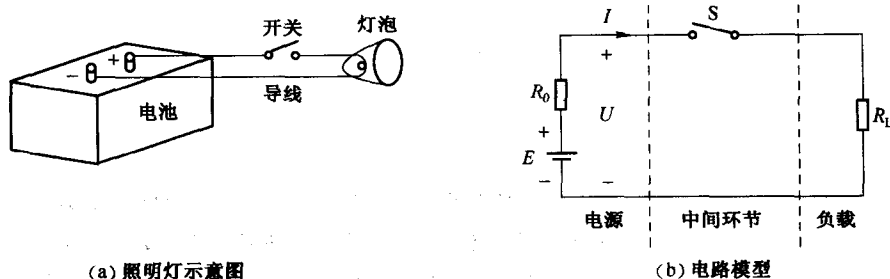


图 1.1.1 电路组成及其模型

在图 1.1.1(a)中,灯泡是取用电能的器件,称为负载,它将电能转化为光能和热能等其他形式的能量;电池是发出电能的元件,称为电源,它将非电能转换为电能;除了电源和负载之外,导线和开关等称为中间环节,它们用来连接电源与负载,并起着分配和控制电能的作用。因此,电路可概括为由电源、中间环节和负载 3 个部分组成。对于不同电路,最大的区别在于中间环节的复杂程度。如照明灯的中间环节仅用两条导线和开关构成,而复杂电路的中间环节可能是一个庞大的控制系统。

每种元器件实际上都包含有多种参数。因此,电路中的电磁现象和能量关系一般都比较复杂。为了便于分析和计算实际电路,通常是用理想的电路元件及其组合来近似地替代实际的电气元器件。理想元件是指在一定条件下,忽略了实际电气元件的次要因素并将它抽象为只含一种参数的元件模型。例如,灯泡只用单一的电阻模型表示,忽略了灯丝中微弱的电感参数。这样,照明灯可由如图 1.1.1(b)所示的电路模型表示。其中,电源用电动势 E 和内阻 R_0 表示;负载用电阻图形及字母 R_L 表示;中间环节的开关用字母 S 及其图形表示;因导线电阻的影响很小,可忽略不计而用(直)线段表示。

一般将电源内部(即电动势和内阻)的电路称为内电路,其余部分(包括中间环节和负载)则称为外电路。

电路的功能可分为两大类:第一类主要用于电能量的传输、分配和转换,照明灯就属于这类电路;第二类主要用于电信号的传递和处理。例如收音机、电视机等,它们将接收的电信号经过传递、变换和处理后,还原为声音和图像等信息。

1.1.2 电流、电压及其参考方向

在图 1.1.1(b) 电路中, 当开关 S 断开时, 电路中没有电流, 灯泡不亮; 当开关 S 闭合时, 电路在电源的作用下形成电流 I , 使灯泡发光。由此可见, 电路是通过电源的电动势、电路电压和电流等物理量来实现其功能的。电路中能量的传递和转换或者信号的处理, 不仅与这些物理量的大小有关, 还与它们的方向有关。

1. 电流、电压及其参考方向

电流是在电源作用下电荷有规则运动时形成的。如果电流的大小和方向不随时间发生变化, 就称为直流电流, 简称直流, 则该电源称为直流电源。例如电池就是一种常见的直流电源。如果电路中电流的大小和方向均随时间变化, 则称为交变电流, 简称交流。工业生产和生活用电大多是交流电源。依照国家标准, 直流和交流的物理量分别用大、小写字母加以区别。例如电流、电压、电动势用 I, U, E 和 i, u, e 两组字母表示时, 前组表示直流的物理量, 后组表示交流的物理量。

习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向。因此, 在分析简单的直流电路时, 可以确定电流的实际方向是由电源的正极性端流出的。但在分析复杂的直流电路时, 对于某条支路电流的实际方向往往难于判断; 在交流电路中由于电流的方向是随时间变化的, 所以它的实际方向也就不能确定。为此, 在分析电流时可以先假定一个方向, 并称之为参考方向。电流的参考方向通常用带有箭头的线段表示, 箭头所指方向表示电流的流动方向。当电流的实际方向与参考方向一致时, 电流的数值就为正值 (即 $I > 0$), 如图 1.1.2(a) 所示。图中带箭头的实线段为电流的参考方向, 虚线段为电流的实际方向 (下同)。反之, 当电流的实际方向与参考方向相反时, 则电流的数值为负值 (即 $I < 0$), 如图 1.1.2(b) 所示。由此可知, 在参考方向选定之后, 电流就有了正值和负值之分了, 电流值的正负符号就反映了电流的实际方向。

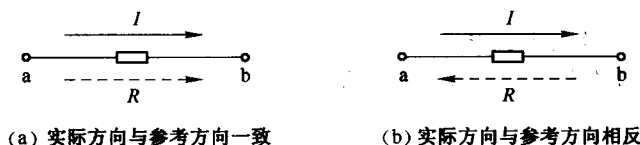


图 1.1.2 电流的实际方向与参考方向的关系

在外电路中若存在电压时, 则单位正电荷将由电压的“+”极移动到“-”极而形成电流。因此, 规定电压的实际方向为“+”极指向“-”极。为了使电路中的电流持续稳定地流动, 需要保持电压恒定, 而恒定电压依赖于电源电动势的维持。这就要求电动势能够克服电源“+”、“-”极间的电场力, 将单位正电荷不断地从“-”极移动到“+”极。所以, 电动势的实际方向规定为由电源内部的“-”极指向“+”极。由此可知, 在电源内部, 电动势的实际方向与电源电压的实际方向相反。

为了便于分析和计算, 电压和电动势也引入了参考方向。参考方向是可以任意假定的, 通常有 3 种表示方法: ① 电流的参考方向习惯上采用带箭头的线段表示, 如图 1.1.2 中的实线所示; ② 电压和电动势的参考方向通常采用“+”、“-”极性符号表示, 如图 1.1.1(b) 所示; ③ 采用双下标字母表示, 并规定由前一个字母指向后一个字母。例如, 电压 U_{ab} 表示电压的参考方向由 a 点指向 b 点, 即 a 为高电位端, b 为低电位端; 若电压参考方向选 b 点指向 a 点, 则应写成 U_{ba} , 两者仅差一个负号, 即 $U_{ba} = -U_{ab}$ 。电动势的实际方向 (即极性) 通常是已知

的。为便于分析,通常将电动势的参考方向选定与它的实际方向一致。

电流、电压和电动势都是标量,但选定了参考方向之后,它们都有了正、负值之分。

电流常用的单位有 A(安培)、mA(毫安)或 μA (微安),它们之间的换算关系为

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

电压和电动势常用的单位有 kV(千伏)、V(伏特)或 mV(毫伏)等,换算关系为

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

在电路图中,如果没有标明电流、电压和电动势的参考方向,那么讨论这些物理量的正、负值均无意义。因此,在分析和计算电路之前,必须先在电路图上标出电流、电压或电动势的参考方向,这点需要引起注意。

2. 关联方向及应用

参考方向是人们分析电路的依据之一,当参考方向设定之后,在电路的分析过程中不得随意更改。在电路的同一个元件(电源除外)上,若所选取的电压和电流参考方向一致时,称为关联参考方向,简称关联方向,如图 1.1.3(a)所示。图中,电压与电流的关系就是我们熟悉的欧姆定律。可表示为

$$U = IR \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{R} \quad (1.1.1)$$

在物理学中可知,一个元件上的电功率等于该元件两端电压与通过的电流之乘积。因此,在关联方向下,该元件上的电功率可表示为

$$P = UI \quad (1.1.2)$$

若电压和电流的参考方向相反,称为非关联方向,如图 1.1.3(b)所示。那么该元件上的欧姆定律及功率计算公式,应分别表示为

$$\begin{aligned} U &= -IR \\ P &= -UI \end{aligned} \quad (1.1.3)$$

式中的负号是电压和电流为非关联方向后出现的,表示电压(或电流)的参考方向与实际方向一致时,电流(或电压)的实际方向与其参考方向相反。



图 1.1.3 关联方向与非关联方向

对于图 1.1.1(b),当 S 闭合时,由物理学知识可得到电流与电动势以及电阻的关系为

$$I = \frac{E}{R_L + R_0} \quad (1.1.4)$$

上式称为全电路欧姆定律。

【例 1.1.1】在图 1.1.4 中,已知电压、电流的参考方向及数值,试用欧姆定律求 R 值。

解: (1) 在图 1.1.4(a)中,电阻上的电压和电流为关联方向(即参考方向均向下),则由式(1.1.1)可得

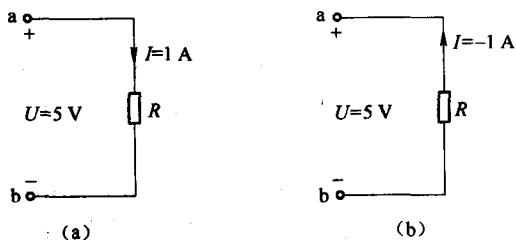


图 1.1.4 例 1.1.1 图

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{1} = 5 \Omega$$

(2) 在图 1.1.4(b) 中, 电阻上的电压和电流为非关联方向, 则由欧姆定律式(1.1.3)得出, 即 $U = -IR$ 。

由于电流 I 为负值, 说明它的实际方向与参考方向相反, 则电阻 R 为

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{5}{-1} = 5 \Omega$$

【例 1.1.2】 在图 1.1.5 中, 已知 $E = 10 \text{ V}$, $R = 5 \Omega$, 试求电路中的功率。

解: 在图 1.1.5 中, 由于 $U = E = 10 \text{ V}$, 且电压与电流为关联方向, 则电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{E}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ A}$$

电阻上消耗的功率 P_R 由式(1.1.2)得出, 即

$$P_R = UI = 10 \times 2 = 20 \text{ W}$$

在电源 E 上, 电源电压 U 的参考方向(即向下)与电流 I 参考方向(即向上)为非关联方向, 则电源功率 P_E 由式(1.1.3)得出, 即

$$P_E = -UI = -10 \times 2 = -20 \text{ W}$$

由此可知, 功率也有正、负值之分。但其正负值的含义与电流或电压的正负值不同。当功率为正值(如 $P_R > 0$)时, 说明该元件是吸收功率的, 具有负载特性, 用于消耗电能; 反之, 当功率为负值(如 $P_E < 0$)时, 说明该元件是发出功率的, 具有电源特性, 用于提供电能。

综上所述, 当电路元件吸收功率时, 功率总为正值, 即 $P > 0$; 电路元件发出功率时, 功率总为负值, 即 $P < 0$ 。值得提醒的是, 电路中所有的电阻元件都是吸收功率的, 而并非所有的电源元件都是发出功率的。但对于同一个电路来讲, 电路所吸收的功率总和(即 $\sum P_R > 0$)与电源所发出的功率总和(即 $\sum P_E < 0$)的代数和为零, 符合能量守恒定律, 即

$$\sum P = \sum P_R + \sum P_E = 0 \quad (1.1.5)$$

为了避免麻烦, 电路中的电压和电流的参考方向应尽可能取为关联方向。

1.1.3 电位

在电子技术中, 常应用电位的概念来分析和计算电路。应用电位概念, 不仅可以简化电路的分析和计算, 还可以简化电路图的画法。在线性电路中, 电位与电流有着确定的关系, 只要知道各点的电位值, 各支路电流就很容易得到求解; 在实际工作中, 通过测量电路中各点的电位, 可以很方便地判断电路的工作状况。例如, 对二极管来讲, 只要阳极电位高于阴极电位时, 管子就导通, 否则就截止。对晶体管工作状态的讨论, 也可通过分析各电极的电位高低来确定。

电位是指电路中任一点相对于参考点之间的电压, 通常用 V 表示, 与用 U 表示的电压相区别。在分析和计算电路的电位之前, 应首先选定电路中的某一点作为参考点, 用符号“ $\perp$ ”表示, 并规定参考点的电位为零。

【例 1.1.3】 在图 1.1.6(a), (b) 所示的电路中, 已知 $U_1 = 28 \text{ V}$, $U_2 = 14 \text{ V}$, $R_1 = 3 \Omega$, $R_2 = 6 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $I_1 = 6 \text{ A}$, $I_2 = 4 \text{ A}$, $I_3 = 2 \text{ A}$ 。试求图中各点电位和电压 U_{ac} 。

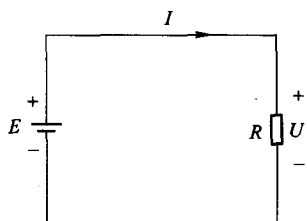


图 1.1.5 例 1.1.2 图