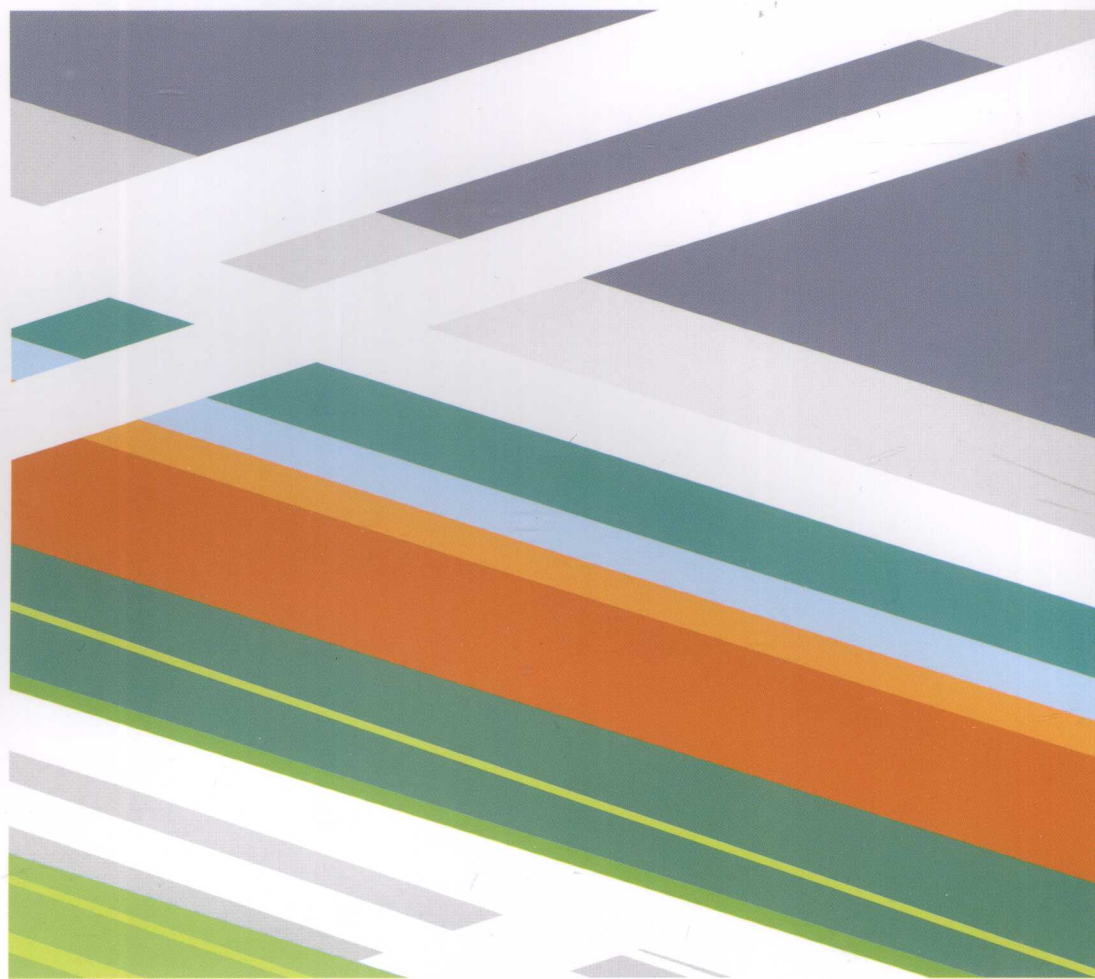




电 路 分 析

主 编 钱建平
参 编 王彬彬

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

电 路 分 析

主 编 钱建平
参 编 王彬彬
主 审 黄锦安

内 容 简 介

本书根据教育部高等学校电子电气信息类基础课程教学指导分委员会颁布的“电路理论基础”和“电路分析基础”课程教学基本要求编写。全书执行了国家关于量和单位的最新标准。

全书共 11 章, 内容主要包括电路模型和电路定律、电阻电路的等效变换、电阻电路的一般分析、电路定理、运算放大器、一阶电路、正弦电流电路基础、正弦电流电路的分析、含耦合电感的电路、三相电路和二端口网络。各章开始设置了导读和基本要求, 结束设置了小结, 并配以习题, 有助于读者阅读和掌握教材内容。

本书可作为应用型本科高校电类专业电路、电路分析基础等课程的教材, 任课教师可根据各专业特点、要求和学时, 进行内容取舍。本书也可作相关科技人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

电路分析/钱建平主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5682-2976-0

I. ①电… II. ①钱… III. ①电路分析-高等学校-教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 202922 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 17

字 数 / 400 千字

版 次 / 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 46.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 张 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

“电路分析”是电气信息类专业重要的技术基础课程。现有的优秀电路分析本科教材大多适用于研究型工程人才培养下的高等院校的学生，因而十多年的应用型本科和三十多年的普通本科电路教学一线工作的经历促使编者深感应应用型本科院校需要有适合自己的电路分析教材。近年来尽管应用型本科电路分析教材相应增多，且各具特色，但如何更好地服务于应用型人才的培养目标，如何提高电路分析教材的可读性、适用性和有效性，如何使学生相对易学、易懂、易用，这些问题的探索仍然很有必要。有鉴于此，编者尝试在本教材编写中力求突出以下特色与创新：

(1) 突出适合应用型人才培养目标的电路基本内容、基本原理和基本方法的介绍，力求少而精，可读性强。叙述简明扼要，突出重点，使学生容易理解和掌握。

(2) 合理安排内容，层次分明，条理清楚，科学地归纳电路知识点的相互联系和发展规律，力求做到系统性和完整性的统一。

(3) 体现现代教育思想，精心组织内容，注重工程应用，各章节中设置了微段：你知道吗、友情提醒、实验链接、小知识等；注重启发性和互动性，页脚设置了微句：记一记、想一想、问一问、考一考、读一读、思一思、推一推、聊一聊等，激发学生自主学习兴趣。各章开始设置了导读和基本要求，提醒学生进入状态；各章结束设置了本章小结，督促学生归纳知识，掌握重点。

(4) 教材例题贯彻基础与综合和理论与实际相结合的原则，培养学生的发散性思维能力，提高学生对知识的综合应用能力和工程素质。

(5) 各章节结束前后设置了习题微库：判一判、选一选、填一填、算一算、练一练。习题的精选做到科学性与教学适用性的有机结合，既侧重基本概念训练，又督促学生复习思考及综合提高，以适应学生的个性化学习需求，牢固掌握所学知识。

(6) 教材内容有利于组织学生进行大班、小班形式的授课，既可采用板书、多媒体或板书与多媒体相结合的方式进行，也可通过布置自学要点、组织交流讨论、重点精讲点评的方式，组织学生进行专题式教学。

本书根据教育部高等学校电子电气信息类基础课程教学指导分委员会颁布的“电路理论基础”和“电路分析基础”课程教学基本要求编写，可作为应用型本科高校电类专业电路、电路分析基础等课程的教材，任课教师可根据各专业特点、要求和学时，进行内容取舍。本书也可作为相关科技人员的参考用书。

参加本书编写的有南京理工大学紫金学院电光系钱建平（编写第5、6、9、10、11章）和王彬彬（编写第1、2、3、4、7、8章）。黄锦安教授仔细审阅了本书，并提出了很多宝贵意见。本书的编写还得到紫金学院教务处、电光系领导及电气教研室同行的支持和帮助，在此一并表示感谢。同时，也非常感谢本书所引参考文献的全体作者。

限于编者水平有限，对书中的不足与错误之处，恳请读者给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电路模型和电路定律	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 实际电路	1
1.1.2 电路模型	2
1.2 电流和电压的参考方向	3
1.2.1 电流及其参考方向	3
1.2.2 电压及其参考方向	4
1.3 能量和功率	4
1.3.1 能量	5
1.3.2 功率	5
1.4 电阻元件	6
1.4.1 线性电阻	6
1.4.2 电阻器	7
1.5 电压源和电流源	8
1.5.1 电压源	8
1.5.2 电流源	9
1.6 受控源	10
1.6.1 受控源	10
1.6.2 分类和图形符号	10
1.6.3 受控源与独立源的异同	11
1.7 基尔霍夫定律	12
1.7.1 几个常用术语	12
1.7.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	12
1.7.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	13
本章小结	18
第 2 章 电阻电路的等效变换	22
2.1 等效变换的概念	22
2.1.1 二端网络	22
2.1.2 等效二端网络	23
2.2 电阻的串联、并联和混联	23

2.2.1 电阻的串联	23
2.2.2 电阻的并联	24
2.2.3 电阻的混联	25
2.2.4 电桥电路	26
2.3 电阻Y形、 Δ 形连接及其等效变换	28
2.3.1 电阻Y形、 Δ 形连接	28
2.3.2 电阻Y形和 Δ 形连接的等效变换	28
2.4 电压源、电流源的串联和并联	30
2.4.1 电压源串联和并联	30
2.4.2 电流源串联和并联	31
2.4.3 元件与电压源并联、与电流源串联的等效变换	32
2.5 实际电源的等效变换	33
2.5.1 实际电压源和实际电流源的电路模型	33
2.5.2 实际电源的等效变换	34
2.5.3 含受控源电路的等效变换	34
本章小结	38
第3章 电阻电路的一般分析	42
3.1 支路电流法	42
3.1.1 支路电流法	42
3.1.2 步骤	42
3.1.3 举例	43
3.2 网孔电流法和回路电流法	44
3.2.1 网孔电流法	44
3.2.2 回路电流法	47
3.3 节点电压法	48
3.3.1 节点电压	48
3.3.2 节点电压法	49
3.3.3 弥尔曼定理	51
3.3.4 讨论	51
3.4 图论应用	53
3.4.1 树	53
3.4.2 利用树确定独立 KCL 方程	54
3.4.3 利用树确定独立 KVL 方程	55
本章小结	59
第4章 电路定理	62
4.1 叠加定理和齐次定理	62
4.1.1 叠加定理	62
4.1.2 齐次定理	66

4.2 替代定理	67
4.2.1 替代定理	67
4.2.2 举例说明	67
4.2.3 替代定理的证明	67
4.2.4 “替代”和“等效”的区别	68
4.3 戴维南定理和诺顿定理	68
4.3.1 戴维南定理	68
4.3.2 诺顿定理	73
4.3.3 戴维南定理的应用(一)——最大功率传输定理	74
4.3.4 戴维南定理的应用(二)——非线性电阻电路的求解	75
本章小结	79
第5章 运算放大器	83
5.1 运算放大器概述	83
5.1.1 运算放大器	83
5.1.2 运算放大器模型	84
5.1.3 理想运算放大器两个重要特性	85
5.2 运算放大器构成的比例器	85
5.2.1 反相比例器	85
5.2.2 同相比例器	86
5.3 理想运放典型电路分析	87
5.3.1 电压跟随器	87
5.3.2 负电阻变换器	87
5.3.3 加法器	87
5.3.4 含两运放电路的分析	88
本章小结	91
第6章 一阶电路	94
6.1 电容元件	94
6.1.1 电容元件的库伏关系	94
6.1.2 电容元件的伏安关系	95
6.1.3 电容元件的储能	97
6.2 电感元件	97
6.2.1 电感元件的韦安关系	97
6.2.2 电感元件的伏安关系	98
6.2.3 电感元件的储能	99
6.3 换路定律与电压电流初始条件的确定	99
6.3.1 一阶电路	99
6.3.2 换路定律	99
6.4 一阶电路的零输入响应	102

6.4.1 零输入响应	102
6.4.2 RC 电路的零输入响应	102
6.4.3 RL 电路的零输入响应	104
6.5 一阶电路的零状态响应	106
6.5.1 零状态响应	106
6.5.2 RC 电路的零状态响应	107
6.5.3 RL 电路的零状态响应	109
6.6 一阶电路的全响应	111
6.6.1 全响应	111
6.6.2 RC 电路的全响应	111
6.6.3 RL 电路的全响应	112
6.6.4 电路全响应的分解	113
6.7 一阶电路的三要素法	114
6.7.1 一阶电路全响应的一般形式	114
6.7.2 直流激励时一阶电路的三要素法	114
6.8 一阶电路的阶跃响应	118
6.8.1 阶跃函数	118
6.8.2 阶跃响应	120
6.9 一阶电路的应用	122
6.9.1 微分电路	122
6.9.2 积分电路	123
本章小结	126
第7章 正弦电流电路基础	130
7.1 正弦量	130
7.1.1 正弦电流电路	130
7.1.2 正弦量及其三要素	130
7.1.3 正弦量的相位差	133
7.2 正弦量的有效值	134
7.3 相量法的基本概念	135
7.3.1 复数的表示及运算	135
7.3.2 正弦量与复数的关系	137
7.3.3 同频率正弦量的运算	138
7.4 基尔霍夫定律的相量形式	139
7.4.1 KCL 的相量形式	139
7.4.2 KVL 的相量形式	139
7.5 正弦电流电路中的三种基本电路元件	140
7.5.1 正弦电流电路中的电阻元件	140
7.5.2 正弦电流电路中的电感元件	142

7.5.3 正弦电流电路中的电容元件	144
本章小结	147
第8章 正弦电流电路的分析	150
8.1 阻抗和导纳	150
8.1.1 阻抗及其求取	150
8.1.2 导纳及其求取	152
8.1.3 阻抗和导纳的等效变换	154
8.2 简单正弦电流电路的分析及相量图	154
8.2.1 阻抗的串联和并联	154
8.2.2 导纳的并联	156
8.2.3 相量图	157
8.3 正弦电流电路的功率	159
8.3.1 一端口网络的功率	159
8.3.2 功率因数的提高	161
8.3.3 复功率	163
8.4 正弦电流电路的一般分析方法	163
8.4.1 正弦电流电路的相量分析	163
8.4.2 用相量图分析正弦电流电路	165
8.5 最大平均功率的传输	166
8.6 正弦稳态电路的谐振	169
8.6.1 串联谐振	169
8.6.2 并联谐振	173
8.7 正弦稳态电路的拓展——非正弦周期电流电路分析	174
8.7.1 非正弦周期电流电路	174
8.7.2 非正弦周期电流电路的计算	178
本章小结	182
第9章 含耦合电感的电路	186
9.1 耦合电感	186
9.1.1 耦合电感	186
9.1.2 耦合电感的伏安关系	188
9.1.3 耦合电感的同名端	188
9.1.4 耦合系数	189
9.2 含耦合电感电路的计算	190
9.2.1 耦合电感的串联	190
9.2.2 耦合电感的并联	191
9.2.3 耦合电感的Y形连接	193
9.3 空心变压器	194
9.3.1 反映阻抗	194

9.3.2 含空心变压器电路的分析方法	196
9.4 理想变压器	197
9.4.1 理想变压器的伏安关系	197
本章小结	202
第10章 三相电路	206
10.1 三相电源	206
10.1.1 三相交流电的产生	206
10.1.2 对称三相电压的表达式	207
10.1.3 对称三相电压的特点	208
10.1.4 对称三相电压的相序	208
10.1.5 三相电源的星形连接	208
10.1.6 三角形连接	209
10.2 三相负载的星形连接	209
10.2.1 三相四线制星形连接	210
10.2.2 三相三线制星形连接	211
10.3 三相负载的三角形连接	214
10.3.1 三角形连接	214
10.3.2 线电压与相电压的关系	214
10.3.3 电流的计算	214
10.3.4 对称三相负载时的电路分析	214
10.4 三相负载的功率	215
10.4.1 三相有功功率	215
10.4.2 三相无功功率	216
10.4.3 三相视在功率	216
10.5 三相功率的测量	217
10.5.1 三相有功功率的测量	217
10.5.2 三相无功功率的测量	218
本章小结	221
第11章 二端口网络	223
11.1 二端口网络概述	223
11.1.1 一端口网络	223
11.1.2 二端口网络	223
11.2 二端口网络 Z 参数和 Y 参数	224
11.2.1 阻抗方程和 Z 参数	224
11.2.2 导纳方程和 Y 参数	226
11.3 二端口网络 H 参数和 T 参数	229
11.3.1 混合方程和 H 参数	229
11.3.2 传输方程和 T 参数	232

11.4 二端口网络的等效电路.....	234
11.4.1 已知 Z 参数用 T 形二端口网络等效	234
11.4.2 已知 Y 参数用 π 形二端口网络等效	234
11.4.3 已知任意二端口网络参数用 T 形或 π 形二端口网络等效	235
11.5 回转器.....	237
11.5.1 回转器的伏安特性.....	237
11.5.2 回转器的等效电路.....	237
11.5.3 回转器的性质.....	237
11.5.4 回转器的实现.....	238
本章小结.....	241
习题答案.....	245
参考文献.....	255

第 1 章

电路模型和电路定律

■ 导读

本章从实际电路出发,讨论电路模型和电路元件的基本概念,介绍电压和电流的参考方向以及元件上功率的计算,然后介绍电阻、独立电源和受控源相关知识;最后介绍基尔霍夫定律。

■ 基本要求

- 了解电路模型的概念。
- 熟练掌握电压和电流的参考方向。
- 掌握电路元件的伏安关系和功率计算。
- 熟练掌握基尔霍夫电流定律和电压定律。



■ 你知道吗

身边的电路无处不在,为什么要用电路呢?动力网和照明给人们带来光明,电路能实现能量的传输和转换。手机、彩电将接收到的电信号进行调谐、滤波、放大等处理,给人们带来了声音和图像,电路能实现信号的传递和处理。电路使世界更美好。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 实际电路

实际电路是为了某种需要由电路元器件(如电阻器、电容器、电感线圈、晶体管、集成电路、变压器、电动机等)互相连接而成的电流通路。有的电路十分简单,而有的电路非常复杂。

例如,图 1-1 所示为小灯泡发光电路。这是一个简单电路,其中电池提供电能,两根连接导线把电能传输到小灯泡,小灯泡把电能转换成热能和光能。

又如,人们日常使用的智能手机,虽然体积很小,却不仅能完成通信功能,还能像计算机一样,具有独立的操作系统,可由用户自行安装软件。它的电路板如图 1-2 所示,安装

找一找: 你周围有哪些实际电路? 哪个是你最常用的?

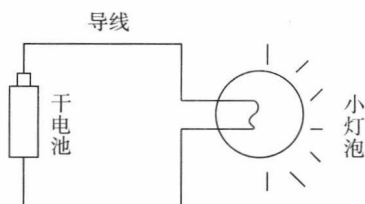


图 1-1 小灯泡发光电路

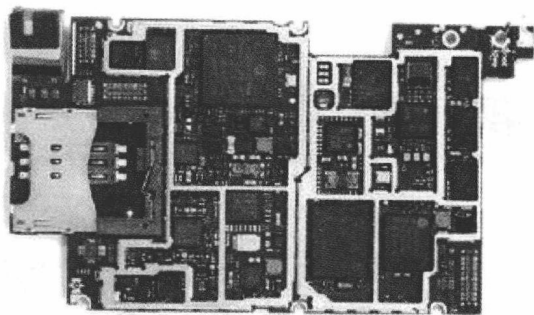


图 1-2 手机电路板

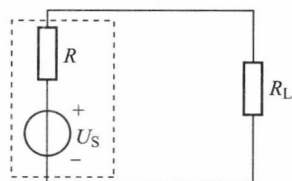
在电路板上的集成电路芯片体积很小，但集成度很高，小小的硅片上集成了成千上万个晶体管和电阻，其电路非常复杂。

虽然实际电路组成复杂、形式多样，但其总是由电源、负载和中间环节组成的。电源是指提供电能或电信号的电路器件；负载是指使用电能或电信号的电路器件；中间环节是指从电源到负载的中间部分，主要作用是传递、分配和控制电能或电信号。由于电路中电压和电流是在电源作用下产生的，故电源又称为激励。激励在电路中产生的电压和电流称为响应。

1.1.2 电路模型

实际电路由各种实际电路元器件组成，其工作时物理过程复杂，不便分析和研究。为此，实际电路分析需要建立电路模型。电路模型由各种理想电路元件构成。每种理想电路元件都有一种数学模型，具有单一电磁性质，各自定义精确，且用规定的图形符号表示。常用理想元件包括电阻元件、电容元件和电感元件，称其为无源元件；另一类为有源元件，包括电压源元件、电流源元件等。

图 1-1 所示的小灯泡发光电路的电路模型如图 1-3 所示。图中电阻元件 R_L 作为小灯泡的电路模型，反映了将电能转换为热能和光能这一物理现象；干电池用电压源 U_S 和电阻元件 R 的串联组合作为模型，分别反映电池内化学能转换为电能，以及电池本身耗能的物理过程。连接导线用理想导线（其中电阻设为零）即线段表示。

图 1-3 图 1-1 的
电路模型

应用背景不同，同一个电路元件的模型不同。例如，电阻器在工作频率比较低时，其模型可用电阻元件表示；但当工作频率比较高时，通常须考虑电阻器引线电感和寄生电容的影响。实践证明，只要电路模型建立得恰当，对电路模型的分析结果就会与实际电路的测量结果保持一致。今后本书所讨论的电路均指由理想电路元件组成的电路模型，而非实际电路。

电路理论是研究电路分析与电路设计的一门基础工程学科。本书主要内容是介绍电路理论的基本理论和分析方法，为学习电子信息技术、电气技术、自动化和检测技术等打下必备的基础。

友情提醒 当电路尺寸远小于电路工作的电磁波波长时,认为消耗电能、磁场储能和电场储能集中在元件内部进行,即元件两端电压为定值,流入一端的电流等于另一端流出的电流,这类理想元件称为集中元件,由其组成的电路称为集中电路。而电力系统传输线,电路板上高速电路的互连线为分布电路。集中电路是分布电路的基础,本书仅研究集中电路。

1.2 电流和电压的参考方向

电路理论中涉及的物理量主要有电流、电压和功率。通常把任一瞬时 t 的电流、电压、功率用小写字母 i 、 u 、 p 表示;当电流、电压、功率为恒定量时用大写字母 I 、 U 、 P 表示。

1.2.1 电流及其参考方向

1. 电流

电荷的定向移动形成电流,单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流,其表达式为

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式(1-1)中,电荷 q 的单位为库伦(C),时间 t 的单位为秒(s),电流 i 的单位为安培(A)。常用的电流单位还有毫安(mA)和微安(μ A)等,各单位关系为 $1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA} = 10^6 \mu\text{A}$ 。

2. 电流参考方向

正电荷移动的方向为电流的实际方向。但是在较复杂的电路中,很难直接标出某段电路的电流实际方向,而且有时电流实际方向又在不断变化。在电路分析中,为了列写电路方程,常常假设一个电流方向。在电路图中任意指定的电流方向称为电流的参考方向。电流参考方向一旦选定,在整个分析过程中就不能改变。经过计算若求得 $i > 0$,则表示电流的实际方向与参考方向相同;若 $i < 0$,则表示电流的实际方向与参考方向相反。如图1-4所示,实线箭头表示电流参考方向,虚线箭头表示电流实际方向。

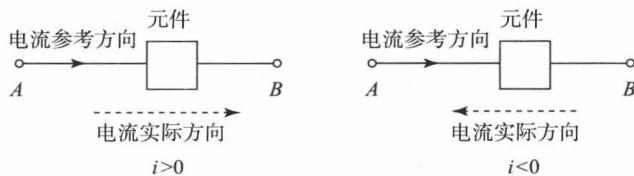


图 1-4 电流的参考方向

注意,在电路分析中,先标出电流参考方向,再列方程计算,所得电流的正负仅对参考方向而言。

想一想: 自动取款机在读写银行卡的芯片时电流是恒定的还是变化的?

1.2.2 电压及其参考方向

1. 电压

电场力把单位正电荷由电路中一点移动到另一点所做的功，称为这两点之间的电压，其表达式为：

$$u = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-2)$$

式(1-2)中，能量 ω 的单位为焦耳(J)，电荷 q 的单位为库伦(C)，电压 u 的单位为伏特(V)。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)等。各单位关系为 $10^{-3} \text{ kV} = 1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV} = 10^6 \mu\text{V}$ 。

2. 电压参考方向

同电流参考方向类似，在电路图中任意指定的电压方向称为电压的参考方向（也称为参考极性）。电压参考方向用实线箭头表示或用正(+)、负(-)极性表示，正极指向负极的方向就是电压的参考方向，如图1-5所示。另外还可用双下标表示，如电压 u_{AB} 表示A、B之间的电压，其参考方向为从A指向B。电压参考方向一旦选定，在整个分析过程中就不能改变。经过计算若求得 $u > 0$ ，则表示电压实际方向与参考方向相同；若 $u < 0$ ，则表示电压实际方向与参考方向相反。

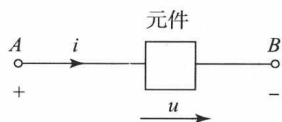


图 1-5 电压的参考方向

3. 关联参考方向

电流和电压的参考方向可独立地任意指定。如果指定电流从电压“+”极流向“-”极，即两者的参考方向一致，则称电流和电压的这种参考方向为关联参考方向，如图1-6(a)所示，否则称为非关联参考方向，如图1-6(b)所示。注意，参考方向是否关联是针对某一段电路而言的。例如，在图1-7中，电流和电压的参考方向对电路 N_2 来说是关联参考方向，而对电路 N_1 来说是非关联参考方向。

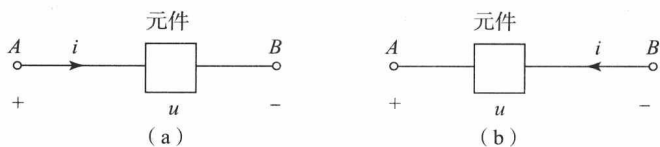


图 1-6 电流和电压的关联参考方向和非关联参考方向

(a) 关联参考方向；(b) 非关联参考方向

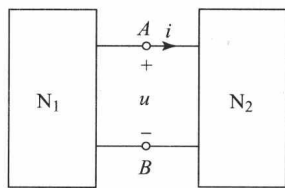


图 1-7 电路中关联参考方向和非关联参考方向

1.3 能量和功率

电力系统和电子线路传输的是能量，能量转换的快慢涉及功率，电气设备都标有额定功率，超过额定功率就会造成设备的损坏甚至不能正常工作。因此，经常会要求计算电路的能

记一记：电路中参考方向一旦确定，就不允许改变，否则会混淆分析。

量和功率。

1.3.1 能量

当正电荷从元件上电压的正极移动到电压的负极时, 电场力对电荷做功, 此时元件吸收能量; 反之, 当正电荷从元件上电压的负极移动到电压的正极时, 电场力对电荷做负功, 此时元件释放能量。

由式 (1-2) 可得正电荷失去能量也即元件吸收的能量为

$$d\omega = u dq \quad (1-3)$$

当电流和电压取关联参考方向时, 由式 (1-1) 可推导出

$$dq = i dt \quad (1-4)$$

把式 (1-4) 代入式 (1-3) 可得

$$d\omega = u dq = u i dt$$

故电路从时刻 t_0 到 t 所吸收的能量为

$$\omega(t) = \int_{t_0}^t u(\xi) i(\xi) d\xi \quad (1-5)$$

1.3.2 功率

单位时间内电路吸收的能量被称为电路的功率, 即

$$p = \frac{d\omega}{dt}$$

则

$$d\omega = p dt \quad (1-6)$$

比较式 (1-5) 和式 (1-6) 可知, 若电流和电压取关联参考方向, 则在 t 时刻电路所吸收的瞬时功率为

$$p = ui \quad (1-7)$$

若电流和电压取非关联参考方向, 可将电流或电压视为关联参考方向时的负值, 则有

$$p = -ui \quad (1-8)$$

当 $p > 0$ 时表示该时刻电路吸收功率 p ; 当 $p < 0$ 时表示该时刻电路发出功率 $|p|$ 。式 (1-7) 和式 (1-8) 中, 电压 u 的单位为伏特 (V), 电流 i 的单位为安培 (A), 功率 p 的单位为瓦特 (W)。

例 1-1 电路如图 1-8 所示。

(1) 图 1-8 (a) 中, 若 $u = 5 \text{ V}$, $i = 1 \text{ A}$ 求元件 A 的功率, 并说明是吸收功率还是发出功率。

(2) 图 1-8 (b) 中, 若 $u = 50 \text{ V}$, $i = 2 \text{ mA}$, 求元件 B 的功率, 并说明是吸收功率还是发出功率。

解: (1) 图 1-8 (a) 中, 电压 u 和电流 i 为关联参考方向, 由式 (1-7) 得

$$p = ui = 5 \text{ V} \times 1 \text{ A} = 5 \text{ W}$$

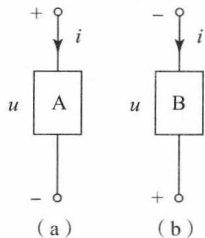


图 1-8 例 1-1
电路

思一思: 智能型远程抄表系统中, 电度表读数是什么?