

高等院校信息技术规划教材

电工与电子技术基础

龚运新 吕兴荣 主 编
于炜芳 郭素萍 副主编

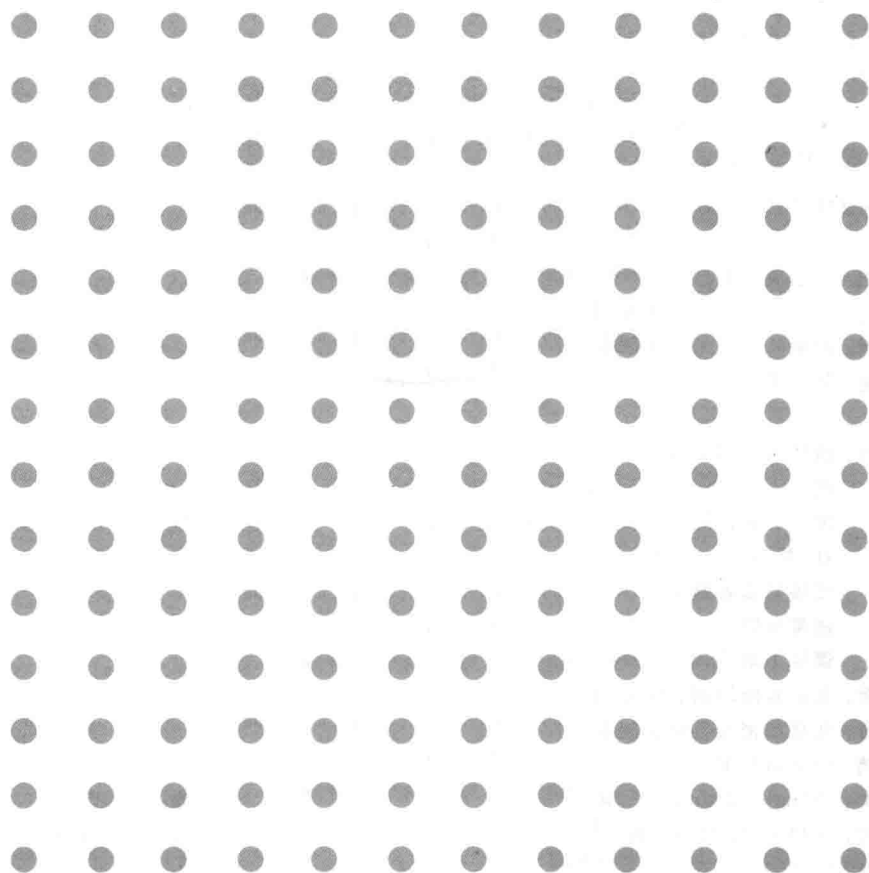


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

电工与电子技术基础

龚运新 吕兴荣 主 编
于炜芳 郭素萍 副主编



清华大学出版社
北京

TMA-43
223

内 容 简 介

本书根据高等职业教育的特色和“必需、够用”的原则,采用“理论—仿真—实做”方式编写,对教材内容做了精心的选择和编排,对传统的《电工学》、《模拟电子技术》和《数字电子技术》进行整合,用Multisim 10.0软件对每一个知识点进行仿真。本书内容包括直流电路、交流电路、三相交流电路、互感与理想变压器、整流电路及稳压电源、基本放大电路、集成运算放大器及其应用、电路中的负反馈、振荡电路、功率放大器、超外差式收音机的原理与制作、逻辑门电路、组合逻辑电路的应用、触发器和时序逻辑电路等。在本书的最后一章精心选择了一些有趣的电子小制作电路,将系统理论与趣味电路有机结合,提高知识的趣味性和实用性。

本书可作为高职高专机电类专业及相关相近专业师生的教材,也可供相关专业的工程技术人员阅读参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术基础/龚运新,吕兴荣主编.—北京:清华大学出版社,2014
高等院校信息技术规划教材
ISBN 978-7-302-36796-3

I. ①电… II. ①龚… ②吕… III. ①电工技术—高等学校—教材 ②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 124302 号

责任编辑:袁勤勇 王冰飞
封面设计:常雪影
责任校对:时翠兰
责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.5

字 数:546千字

版 次:2014年12月第1版

印 次:2014年12月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50元

产品编号:059888-01

前言

foreword

电工及电子技术是高等学校工科非电类专业的一门技术基础课程,它主要研究电工技术和电子技术的理论和应用。进入 21 世纪,电工技术和电子技术的发展十分迅速,应用非常广泛,现代一切新的科学技术无不与电有着密切的关系。因此,电工及电子技术是高等学校工科非电类专业的一门重要课程。作为技术基础课程,它应具有基础性、应用性和先进性。基础性是指电工及电子技术研究的是电工和电子技术的基本理论、基本知识和基本技能。以往的教材大多注重理论性,没有很好地体现实用性,不能满足当前技能型、实用型人才的培养需要。为了体现本书的先进性,本书除精心选择内容之外,还使用现代仿真软件 Multisim 10.0 进行仿真编写,使抽象知识变得直观形象,本书摒弃传统编书思路,采用“理论—仿真—实做”方式编写,按电子产品开发思路来完成内容选择,通过“认识—实践—再认识—再实践”的方法,让学生快速建立概念,快速入门,提高兴趣。紧扣电子产品实际,学以致用,锻炼学生将理论知识应用于实践的技能。在实际操作中锻炼学生的电路设计、接线、焊接、线路板制作技能,以及常用仪表的测量技能。这符合应用技术学习规律,符合工业化、信息化时代学习方法,适合应用技术思维方法。

本书结合高等职业教育理念,基础知识以“够用”为原则,对内容精心选择,做到了浅显好学,精简好用,全书结构严谨,重点突出,知识深入浅出,案例通俗易懂。

以实际应用为主旨,本书对关键技术知识点都用 Multisim 10.0 软件仿真,使抽象内容变得直观形象,每个知识点要求做出实物,将培养动手能力放在首位,电路实做从易到难,直观易懂,帮助初学者快速入门,奠定扎实知识功底,是一本难得的教科书。

本书将电工及电子技术整个知识体系分成 16 章,内容包括直流电路、交流电路、三相交流电路、互感与理想变压器、整流电路及稳压电源、基本放大电路、集成运算放大器及其应用、电路中的负反馈、振荡电路、功率放大器、超外差收音机的原理与制作、逻辑电路、

组合逻辑电路的应用、触发器和时序逻辑电路等。在本书的最后一章精心选择了一些有趣的电子小制作电路,将系统理论与趣味电路有机结合,提高知识的趣味性和实用性。

本书可作为高职高专院校机电类专业、机械制造类专业、自动化类专业、电子信息类专业、设备维护类专业等的教材,也可作为应用型本科、成人教育、电视大学、函授学院、中职学校、培训班的教材以及企业工程技术人员的自学参考书。

本书由无锡科技职业学院龚运新、浙江纺织服装职业技术学院吕兴荣任主编,无锡科技职业学院于炜芳、郭素萍任副主编。由于编者的水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2014年10月

目录

Contents

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路和电路模型	1
1.2 电路中的基本物理量	3
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 基尔霍夫电路仿真	12
1.5 电路实做	16
第 2 章 交流电路	18
2.1 交流电路中的基本物理量	18
2.1.1 交流电路概述	18
2.1.2 正弦交流电的基本特征和三要素	19
2.2 正弦量的向量表示	22
2.2.1 复数	22
2.2.2 向量	23
2.3 电阻、电感、电容电路	24
2.3.1 单一参数电路	25
2.3.2 电阻、电感、电容串联电路	31
2.3.3 电阻、电感、电容并联电路	34
2.4 谐振电路	35
2.4.1 串联谐振	35
2.4.2 并联谐振	37
2.5 正弦交流电路中的功率	40
2.5.1 正弦交流电路的功率	40
2.5.2 功率因数的提高	42
2.6 交流电路仿真	43

2.6.1	单个元件电路仿真	43
2.6.2	综合交流电路仿真	47
2.6.3	谐振电路仿真	50
2.7	电路实做	52
第 3 章	三相交流电路	54
3.1	供电基础知识	54
3.1.1	电能的产生与传输	54
3.1.2	电压等级	56
3.1.3	低压供电方式	57
3.2	三相交流电	60
3.3	三相功率	62
3.4	照明电路	64
3.4.1	照明电路基础知识	64
3.4.2	室内配线的基本要求和工序	65
3.5	三相交流电路仿真	67
3.6	电路安装实例	70
3.6.1	日光灯电路的安装	70
3.6.2	配电板(箱)安装	74
第 4 章	互感与理想变压器	78
4.1	电磁感应现象	78
4.2	单相变压器的结构和工作原理	81
4.3	变压器仿真	85
4.4	变压器制作	87
第 5 章	整流电路及稳压电源	89
5.1	PN 结及其单向导电特性	89
5.2	稳压电源电路	90
5.2.1	整流电路	92
5.2.2	滤波电路	94
5.2.3	三端集成稳压器电路	97
5.3	二极管的 Multisim 仿真测试	100
5.3.1	半波整流电路仿真	100
5.3.2	全波整流电路仿真	102
5.3.3	三端稳压电路仿真	103
5.4	5V 稳压电源制作	104

第 6 章 基本放大电路	106
6.1 半导体三极管	106
6.1.1 三极管的结构与分类	106
6.1.2 三极管的电流分配与放大作用	107
6.1.3 三极管的特性曲线	110
6.1.4 三极管的主要参数	112
6.1.5 三极管的判别及手册的查阅方法	113
6.1.6 特殊三极管简介	114
6.1.7 三极管的 Multisim 仿真测试	115
6.2 放大电路基本知识	118
6.2.1 放大电路的组成	119
6.2.2 放大电路的主要性能指标	123
6.3 共射极放大电路静态工作点求法	125
6.4 放大电路仿真	126
6.5 放大器制作	132
6.6 放大电路检修方法	135
6.7 常用三极管单元电路介绍	137
6.7.1 分压式偏置共发射极放大电路	137
6.7.2 调谐放大器	139
6.7.3 多级电压放大器的几种耦合方式	142
第 7 章 集成运算放大器及其应用	144
7.1 集成运算放大器的主要参数和特点	144
7.1.1 集成运算放大器的主要参数	144
7.1.2 集成运算放大器的特点	146
7.2 集成运算放大器的线性应用电路	147
7.2.1 比例运算放大电路	147
7.2.2 集成运算放大器制作	149
7.2.3 减法运算电路	150
7.2.4 积分运算电路	152
7.2.5 微分运算电路	153
7.3 集成运算放大器的非线性应用电路	153
7.3.1 单门限电压比较器	153
7.3.2 滞回电压比较器	157
7.4 集成运算放大器的使用常识	160

第 8 章 电路中的负反馈	163
8.1 反馈的基本概念	163
8.2 负反馈的 4 种基本组态及判断	166
8.3 负反馈对放大电路的影响	177
8.4 反馈电路应用实例	179
第 9 章 振荡电路	182
9.1 振荡电路的基本概念	182
9.2 振荡电路的组成及原理	184
9.2.1 RC 桥式正弦波振荡电路	185
9.2.2 LC 正弦波振荡电路	188
9.3 石英晶体振荡器	198
9.3.1 石英晶体谐振器简介	199
9.3.2 石英晶体振荡电路	201
9.4 非正弦信号发生器	203
9.4.1 矩形波发生器	204
9.4.2 三角波发生器	208
9.4.3 锯齿波发生器	210
9.5 波形变换电路	212
9.5.1 三角波变换成占空比可调的方波	212
9.5.2 三角波-正弦波转换电路	213
9.6 集成函数发生器 8038 简介	214
第 10 章 功率放大器	217
10.1 功率放大器概述	217
10.2 互补对称的功率放大器	220
10.3 功率放大电路举例	228
10.3.1 功率集成块介绍	229
10.3.2 常用集成功率放大器	231
第 11 章 超外差式收音机的原理与制作	234
11.1 收音机的工作原理	235
11.1.1 收音机的基本工作原理	235
11.1.2 超外差式六管收音机整机电路分析	245
11.2 收音机制作	247
11.2.1 收音机焊装	247

11.2.2	收音机调试	247
11.3	收音机检修技术	254
第 12 章	逻辑门电路	257
12.1	基本逻辑门概述	257
12.1.1	基本逻辑门电路	257
12.1.2	复合逻辑门电路	260
12.1.3	集成逻辑门电路	261
12.2	集成逻辑门电路的应用	263
12.2.1	非门电路使用技术	263
12.2.2	与门电路使用技术	265
12.2.3	或门电路使用技术	267
12.2.4	触摸报警器制作	269
12.2.5	振荡器制作	271
第 13 章	组合逻辑电路应用	274
13.1	集成编码器	274
13.1.1	集成优先编码器	274
13.1.2	集成编码器的使用及仿真	275
13.2	集成译码器	280
13.2.1	集成二进制译码器	281
13.2.2	集成译码器的使用及仿真	282
13.2.3	集成数字显示译码器的仿真	284
13.3	集成数据选择器	287
13.3.1	集成多路数据选择器	287
13.3.2	集成数据选择器的使用及仿真	288
第 14 章	触发器	290
14.1	触发器概述	290
14.1.1	基本 RS 触发器	290
14.1.2	基本 RS 触发器仿真	292
14.1.3	同步 RS 触发器	293
14.1.4	常用集成触发器	295
14.1.5	主从触发器	298
14.2	集成触发器应用	301

第 15 章 时序逻辑电路	304
15.1 时序逻辑电路的基本概念	304
15.2 集成计数器	305
15.2.1 集成计数器概述	305
15.2.2 集成计数器的使用及仿真	307
15.3 集成数码寄存器	321
15.3.1 集成数码寄存器概述	321
15.3.2 集成数码寄存器的使用及仿真	321
15.4 集成移位寄存器	323
15.4.1 集成移位寄存器概述	323
15.4.2 集成移位寄存器的使用及仿真	327
第 16 章 电子综合小制作	329
参考文献	366

直流电路

直流电(Direct Current, DC)是指方向和时间不作周期性变化的电流,但电流大小可能不固定,因而会产生波形。直流电所通过的电路称为直流电路,是由直流电源和电阻构成的闭合导电回路。直流电路的电流大小是可以改变的。电流的大小方向都不变的称为恒定电流。直流电流只会在电路闭合时流通,而在电路断开时完全停止流动。在电源外,正电荷经电阻从高电势处流向低电势处,在电源内,靠电源的非静电力的作用,克服静电力,再把正电荷从低电势处“搬运”到达高电势处,如此循环,构成闭合的电流线。直流电路主要研究电路概念、基本物理量、各种定理、分析计算方法。

1.1 电路和电路模型

人们在生产和科研中广泛地使用着各种电路。例如,照明电路,收音机、电视机中的放大电路,从不同信号中选取所需信号的调谐电路,各种控制电路,以及生产科研上所需的各种专门用途的电路等。所谓电路,是为了实现某种功能由电气器件(如电阻器、电容器、电感线圈、晶体管、变压器等)按一定方式连接而成的集合体。一个完整的电路应包括电源、负载和中间环节三部分,是由发生、传送和应用电能(或电信号)的各种部件组成的总体。

1. 电路

在日常的生产生活中有各种各样的电路,它们都是实际器件按一定方式连接起来,以形成电流的通路。实际电路的种类很多,不同电路的形式和结构也各不相同。但简单电路一般都是由电源、负载、连接导线、控制和保护装置4个部分按照一定方式连接起来的闭合回路。实际应用中电路是多种多样的,但就其功能来说可概括为两个方面。其一,是进行能量的传输、分配与转换,如电力系统中的输电电路。其二,是实现信息的传递与处理,如收音机、电视机电路。图1.1.1为日常生活中用的手电筒电路,由于电池、灯泡、开关和金属外壳四部分组成。

(1) 电源:干电池。电源是电路中电能的提供者,是将其他形式的能量转化为电能的装置,图1.1.1中的干电池是将化学能转化为电能。含有交流电源的电路称为交流电路,含有直流电源的电路称为直流电路。常见的直流电源有干电池、蓄电池、直流发电机等。

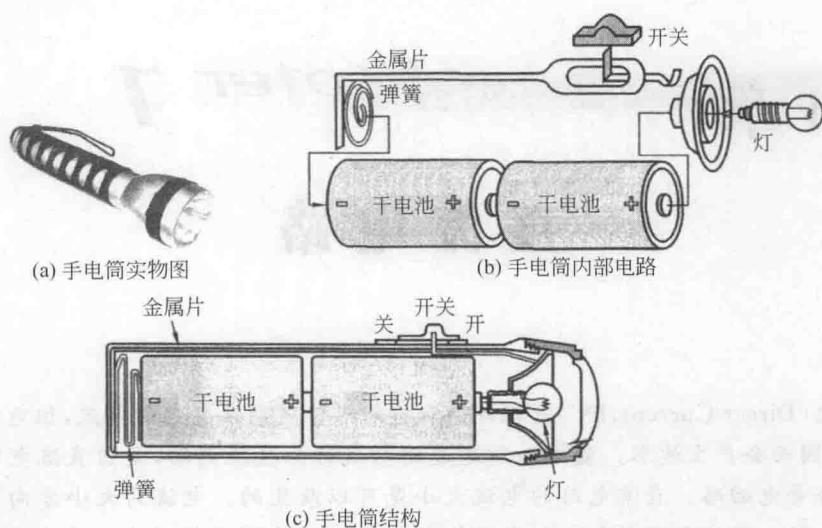


图 1.1.1 手电筒外形与实际电路

(2) 负载：灯泡。负载即用电装置，它将电源供给的电能转换为其他形式的能量，图 1.1.1 中的灯泡将电能转换为光能和热能。

(3) 控制和保护装置：开关。控制和保护装置是用来控制电路的通断，保证电路正常工作。开关合上时电路导通称为通路。只有通路，电路中才有电流通过。

(4) 连接导体或导线：金属外壳。连接导体是连接电路、输送和分配电能的。

2. 电路模型

图 1.1.1 所示的电路在分析器件的接法和原理时是很有用的，但要用它对电路进行定量分析和计算时，则非常困难，理论研究时也很不方便。所以通常用一些简单但却能够表征电路主要电磁性能的理想元件来代替实际部件。这样一个实际电路就可以由多个理想元件的组合来模拟，这样的电路称为电路模型。

建立电路模型的意义十分重要。实际电气设备和器件的种类繁多，但理想电路元件只有有限的几种，因此建立电路模型可以使电路的分析大大简化。同时值得注意的是电路模型反映了电路的主要性能，而忽略了它的次要性能，因而电路模型只是实际电路的近似，二者不能等同。

关于实际部件的模型概念还需要强调说明以下几点。

(1) 理想电路元件是具有某种确定的电磁性能的元件，是一种理想的模型，实际中并不存在，但其在电路理论分析与研究中充当着重要角色。

(2) 不同的实际电路部件，只要具有相同的主要电磁性能，在一定条件下可用同一模型表示。如只表示消耗电能的理想电阻元件 R (电灯、电阻炉、电烙铁等)、只表示存储磁场能量的理想电感元件 L (各种电感线圈)、只表示存储电场能量的理想电容元件 C (各种类型的电容器)，这三种最基本的理想元件可以代表种类繁多的各种负载。

(3) 同一个实际电路部件在不同的应用条件下，它的模型也可以有不同的形式。如

实际电感器应用在低频电路里,可以用理想电感元件 L 代替;应用在较高频率电路中,可以用理想电感元件 L 与理想电阻元件 R 串联代替;应用在更高频率电路中,则可以用理想电感元件 L 与理想电阻元件 R 串联后,再与理想电容元件 C 并联代替。

将实际电路中各个部件用其模型符号来表示,这样画出的图称为实际电路的电路模型图,也称为电路原理图。如图 1.1.2 所示就是图 1.1.1 所示实际电路的电路原理图。

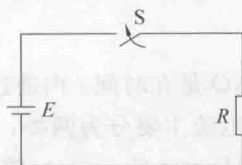


图 1.1.2 手电筒电路原理图

各种电气元件都可以用图形符号或文字符号来表示,根据国家标准规定部分常用的电气元件符号如表 1.1.1 所示。如何建立一个实际电路的模型是较复杂的问题,本书主要分析研究已经建立起来的电路模型。

表 1.1.1 常用电气元件符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
电阻		电流表		熔断器	
电源		电压表		电容	
电灯		接地	\perp 或 \lrcorner	电感	
开关					

1.2 电路中的基本物理量

电路中物理量有电流、电压、电位、电功率、电能等,它们的符号及单位列于表 1.2.1 中,下面分别介绍这些物理量。

表 1.2.1 电路中主要物理量的符号及单位

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号	量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
电流	I	安[培]	A	电功率	P	瓦[特]	W
电压	U	伏[特]	V	电能	W	焦[耳]或度	J 或 kWh
电位	V	伏[特]	V				

1. 电流

在电源中电场力的作用下,带电粒子有规则的定向运动就形成了电流,习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。表示电流强弱的量称为电流强度,在大小上等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,设在 dt 时间内通过导体横截面的电荷为 dq ,则通过该截面的电流为

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

在一般情况下电流是随时间而变的,称为交流电流。如果电流不随时间而变,即 $dq/dt = \text{常量}$,则这种电流就称为直流电流,用大写字母 I 表示,它所通过的路径就是直流

电路。在直流电路中,式(1-1)可写成:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2)$$

式中, Q 是在时间 t 内通过导体截面的电荷量。

电流主要分为两类:一类为大小和方向均不随时间改变的电流,称为恒定电流,简称直流(Direct Current),常简写 dc 或 DC,其强度用符号 I 表示;另一类为大小和方向都随时间变化的电流,称为变动电流,其强度用符号 i 表示。其中一个周期内电流的平均值为零的变动电流称为交流(Alternating Current),常简写 ac 或 AC,其强度也用符号 i 表示,如图 1.2.1 所示。

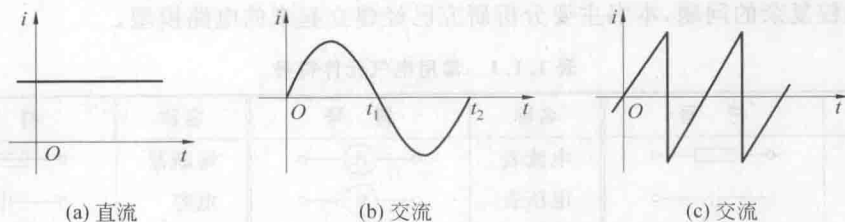


图 1.2.1 几种常见的电流

在国际单位制中,电流的单位是 A(安)。如果每秒钟内通过导体截面的电量为 1C(库)时,则电流是 1A。除了安培外,常用的电流单位还有 kA(千安)、mA(毫安)和 μ A(微安)。它们之间的换算关系是 $1\text{kA}=10^3\text{A}$, $1\text{A}=10^3\text{mA}$, $1\text{A}=10^6\mu\text{A}$ 。

安培是国际单位制中 7 个基本单位之一。其中:长度以米(m)为单位;质量以千克(kg)为单位;时间以秒(s)为单位;电流以安培(A)为单位;热力学温度以开尔文(K)为单位;物质的量以摩尔(mol)为单位;发光强度以坎德拉(cd)为单位。其他物理量的单位可以根据其定义从这些基本单位导出。

对于简单电路,电流实际方向根据电源极性很容易判断,可以直接标出,但在电路分析中,实际电路往往比较复杂,某一段电路中电流实际流动方向在分析计算前很难判断出来,因此很难在电路中标明电流的实际方向。由于这些原因,引入了电流“参考方向”的概念。

在计算前任意选定某一个方向作为电流的参考方向,根据参考方向进行电路的相关计算,如计算结果电流为正值($I>0$),则电流的参考方向与它的实际方向一致;如电流为负值($I<0$),则电流的参考方向与它的实际方向相反,如图 1.2.2 所示。

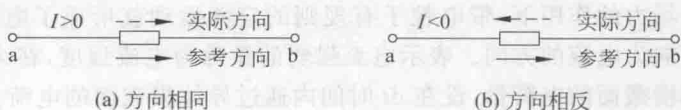


图 1.2.2 电流参考方向与实际方向间的关系

因此,在指定的电流参考方向下,电流值的正和负,就可以反映出电流的实际方向。

电流的参考方向是任意指定的,在电路中一般用箭头表示。也有用双下标表示的,如 I_{ab} ,其参考方向是由 a 指向 b。

2. 电压

在如图 1.2.3 所示电源的两个极板 a 和 b 上分别带有正、负电荷,这两个极板间就存在一个电场,其方向是由 a 指向 b。当用导线和负载将电源的正负极连接成为一个闭合电路时,正电荷在电场力的作用下由正极 a 经导线和负载流向负极 b(实际上是自由电子由负极经负载流向正极),从而形成电流。电压是衡量电场力做功能力的物理量。我们定义: a 点至 b 点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷由 a 点经外电路移到 b 点所做的功。

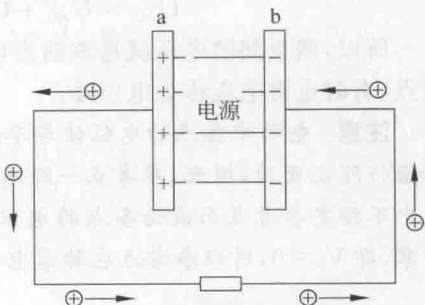


图 1.2.3 电场力对电荷做功

当电荷的单位为 C(库),功的单位为 J(焦)时,电压的单位为伏特,简称 V(伏),即 $1V=1J/1C$ 。在工程中还可用 kV(千伏)、mV(毫伏)和 μV (微伏)为计量单位。它们之间的换算关系是: $1kV=10^3V$, $1V=10^3mV=10^6\mu V$, $1mV=10^3\mu V$ 。

电压的实际方向定义为正电荷在电场中受电场力作用(电场力做正功时)移动的方向。与电流一样,电压也有自己的参考方向,可用实线箭头或双下标表示。电压的参考方向也是任意指定的。在电路中,电压的参考方向可以用一个箭头来表示,也可以用正(+)、负(-)极性来表示,正极指向负极的方向就是电压的参考方向;还可以用双下标表示,如 U_{AB} 表示 A 和 B 之间的电压的参考方向由 A 指向 B,如图 1.2.4 所示。同样,在指定的电压参考方向下计算出的电压值的正和负,就可以反映出电压的实际方向。

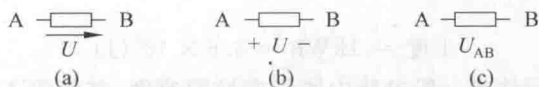


图 1.2.4 电压的参考方向表示法

“参考方向”在电路分析中起着十分重要的作用。

对一段电路或一个元件上电压的参考方向和电流的参考方向可以独立地加以任意指定。如果指定电流从电压+极性的一端流入,并从标以一极性的另一端流出,即电流的参考方向与电压的参考方向一致,则把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向。

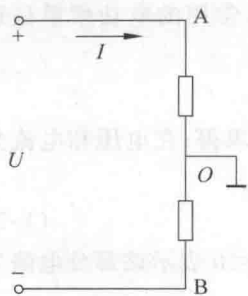


图 1.2.5 电位示意图

3. 电位

在电路中任选一点为参考点,则某点到参考点的电压就称为这一点(相对于参考点)的电位。参考点在电路中电位设为零又称为零电位点,在电路图中用符号 \perp 表示,如图 1.2.5 所示。电位用符号 V 表示,A 点电位记做 V_A 。

如当选择“O”点为参考点时,则

$$V_A = U_{AO} \quad (1-3)$$

如果 A 点、B 点的电位分别为 V_A 与 V_B , 则

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-4)$$

所以,两点间的电压就是该两点电位之差,电压的实际方向是由高电位点指向低电位点,有时也将电压称为电压降。

注意: 电路中各点的电位值与参考点的选择有关,当所选的参考点变动时,各点的电位值将随之变动,因此,参考点一经选定,在电路分析和计算过程中,不能随意更改;在电路中不指定参考点而谈论各点的电位值是没有意义的。习惯上认为参考点自身的电位为零,即 $V_0 = 0$, 所以参考点也称零电位点。

4. 电能、电功率

正电荷从电路元件的电压正极,经元件移到电压的一极,是电场力对电荷做功的结果,这时元件吸收能量。相反地,正电荷从电路元件的电压的负极经元件移到电压正极,元件向外释放能量。

对于直流电能

$$W = UI t \quad (1-5)$$

式中, W ——电路所消耗的电能(J);

U ——电路两端的电压(V);

I ——通过电路的电流(A);

t ——所用的时间(s)。

在实际应用中,电能的另一个常用单位是千瓦时(kWh),1 千瓦时就是平常所说的 1 度电。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ (J)}$$

电功率表征电路元件或一段电路中能量变换的速度,其值等于单位时间(秒)内元件所发出或接受的电能。

$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI \quad (1-6)$$

式中, P ——电路吸收的功率(W)。

P 、 U 、 I 、 t 的单位分别为瓦特(W)、伏特(V)、安培(A)、秒(s),常用的电功率单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW),它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W} = 10^6 \text{ mW}$$

在电压和电流为关联参考方向下,电功率(用 P 表示)可用式(1-6)求得;在电压和电流为非关联参考方向下,电功率 P 可由式(1-7)求得

$$P = -UI \quad (1-7)$$

若计算得出 $P > 0$ 表示该部分电路吸收或消耗功率,若计算得出 $P < 0$ 表示该部分电路发出或提供功率。

以上有关功率的讨论同样适用于任何一段电路,而不局限于一个元件。