

DIANZI

高职高专电子技术类规划教材

电路与电子技术基础

Dianlu yu dianzi jishu jichu



主 编 王树红 赵 婕



主 审 陈惠英



重庆大学出版社

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

高职高专电子技术类规划教材

电路与电子技术基础

主 编 王树红 赵 婕
主 审 陈惠英

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是高职高专电子技术类规划教材之一。本书内容共分为 13 章,其中,第 1,2 章为电路分析基础;第 4,5,6 章为模拟电子技术;第 8,9,10,11 章为数字电子技术;第 3,7 章为电工基础;第 13 章为实验。

本书可作为高等职业技术学院计算机类、自动控制、电子技术应用等专业的教材,也可作为其他非电子类专业的教材,还可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术基础/王树红,赵婕主编. —重庆:重庆大学出版社,2012.2

ISBN 978-7-5624-6571-3

I. ①电… II. ①王…②赵 III. ①电路理论②电子技术
IV. ①TM13②TN01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 021602 号

高职高专电子技术类规划教材

电路与电子技术基础

主 编 王树红 赵 婕

主 审 陈惠英

策划编辑:周 立

责任编辑:李定群 姜 凤 版式设计:周 立

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:480 千

2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-6571-3 定价:35.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

为贯彻高职高专教育由“重视规模发展”转向“注重提高质量”的工作思路,适应当前高职高专教育教学改革和教材建设的需要,培养以就业为导向的具体职业化特征的高等技术应用型人才,我们组织编写了本书。

本书除具有适合电子、电气、机电、计算机等各专业所设《电路与电子技术基础》课程全部基本内容外,还充分考虑到培养 21 世纪人才所必须具备的基础扎实、知识面宽、能力强和素质高的特点。

本书包括 4 部分:分别为电路理论基础、模拟电子技术基础、数字电子技术基础和电工基础。其中,电路理论基础部分重点介绍电路的基本概念、基本原理和电路的分析方法,主要包括:电路的基本概念和基本定律、暂态分析、交流电路的分析;模拟电子技术基础部分重点介绍构成模拟电路的核心部件及其电路分析,主要包括:半导体器件及其应用晶体管、放大电路、集成运算放大器和直流稳压电源等;数字电子技术基础部分,内容为逻辑代数基础与门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、存储器和脉冲的产生与整形、数模和模数转换等;电工基础内容为磁路和变压器、电机和控制电器等。除此之外,本书编配的例题和习题除围绕上述重点外,还注重思考性、启发性,使读者在获得知识的同时能增强分析问题和解决问题的能力。

本教材具有如下特点:

(1)重点突出基本理论、基本知识和基本技能的内容,了解电子技术发展概况,为各专业后续课程及从事有关工程技术、科学研究打好理论和实践基础。

(2)为了适应教学内容和课程体系改革研究,本教材分 4 部分。电路分析部分、模拟电子技术部分、数字电子技术和电工部分。非电子类专业可根据教学计划选用。

(3)本书最后一章配有实验内容,可以增强学生实际解决问题的能力。

(4)突出电子技术应用知识,重点介绍常用集成电路芯片的功能和使用方法,为各专业后续有关课程打下应用基础。

(5)为便于教与学,每章配有多种类型的例题和习题。例题是为巩固基本概念、基础知识、扩充基本内容所用,多数不用讲述,学生可以自学理解。有接近实际的应用习题,以便开拓视野,掌握实际应用知识。每章前面有教学提示和教学要求,每章后有本章小结,以便于学生加深理解、掌握本章主要内容及主要概念。

参加本书编写工作的有:太原大学尹一帆(第1,13章),太原理工大学陈惠英(第2章),山西工程职业技术学院崔卫(第3章),太原大学赵婕(第4,5,6,7章),太原大学王树红(第8,9,10章),山西工程职业技术学院王宇(第11,12章)。

本书由太原大学王树红、赵婕担任主编,太原理工大学陈惠英担任主审。

限于编者水平,加之时间仓促,书中错误和不当之处在所难免,诚恳希望使用本书的老师和读者予以批评指正。

编 者
2012年1月

目 录

第1章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 电路与电路的主要物理量	1
1.2 电路元件	5
1.3 电路的基本定律、定理	7
1.4 电路的等效变换	14
1.5 电路的暂态分析	20
本章小结	23
习题	24
第2章 正弦交流电路	27
2.1 正弦交流电路的基本概念	27
2.2 正弦量的相量表示法	30
2.3 单一参数的正弦交流电路	34
2.4 正弦交流电路的分析与计算	38
2.5 功率因数的提高	42
2.6 串联谐振和并联谐振	44
2.7 三相交流电路	47
本章小结	50
习题	51
第3章 磁路和变压器	55
3.1 磁路基础知识	55
3.2 变压器	57
本章小结	63
习题	64
第4章 半导体器件及其应用	65
4.1 半导体基础知识及PN结	65
4.2 半导体二极管	69
4.3 二极管基本应用电路	72
4.4 特殊二极管	73
4.5 晶体三极管及其特性	76
4.6 晶体管的基本应用电路	81
4.7 场效应管及其基本应用	84

4.8 晶闸管	88
本章小结	93
习题	95
第5章 放大电路	99
5.1 基本放大电路	100
5.2 多级放大电路	108
5.3 负反馈放大电路	110
5.4 集成运算放大器	115
本章小结	122
习题	123
第6章 直流稳压电源	129
6.1 直流稳压电源的组成	129
6.2 整流与滤波电路	130
6.3 稳压电路	132
6.4 集成稳压电源	133
6.5 开关稳压电源	135
本章小结	137
习题	138
第7章 电动机和控制电器	141
7.1 三相异步电动机	141
7.2 三相异步电动机的启动、调速与制动	145
7.3 三相异步电动机的铭牌数据	148
7.4 直流电动机	149
7.5 直流电动机的启动、制动与调速	153
7.6 常用控制电器	154
7.7 三相异步电动机的典型控制线路	157
本章小结	159
习题	160
第8章 逻辑代数基础与门电路	161
8.1 数字电路概述	161
8.2 逻辑代数基础	163
8.3 逻辑函数的基本化简法	169
8.4 逻辑门电路	178
本章小结	189
习题	190
第9章 组合逻辑电路	193
9.1 概 述	193
9.2 组合逻辑电路的分析方法和设计方法	194

9.3 编码器与译码器	197
9.4 数据分配器和数据选择器	207
9.5 加法器和数值比较器	210
本章小结	213
习题	214
第10章 触发器和时序逻辑电路	216
10.1 触发器	216
10.2 时序逻辑电路的分析	227
10.3 典型时序逻辑电路及其应用	231
本章小结	241
习题	242
第11章 存储器和脉冲的产生与整形	245
11.1 半导体存储器	245
11.2 555 定时器及其应用	251
本章小结	257
习题	258
第12章 模数和数模转换	259
12.1 D/A 转换器	259
12.2 A/D 转换器	264
本章小结	270
习题	271
第13章 实验	272
实验一 基尔霍夫定律验证	272
实验二 电压源、电流源的测试及等效转换	273
实验三 叠加定理验证	276
实验四 荧光灯功率因数提高实验	278
实验五 二极管、三极管的识别与检测	279
实验六 晶体管共射极放大电路	282
实验七 集成运算放大器	284
实验八 TTL 各种门电路功能测试	286
实验九 组合逻辑电路分析	289
实验十 触发器实验	294
实验十一 计数器实验	296
参考文献	300

第 1 章

电路的基本概念和基本定律

教学提示:电路是电子技术的基础。本章首先介绍电路的作用、电路模型、电路的基本物理量以及电路元件;然后讨论电路的基本定律——欧姆定律、基尔霍夫定律、叠加定理与戴维南定理及其应用、电路的等效变换和支路电流分析法;最后介绍求解一阶电路的三要素法。

教学要求:通过本章学习,要了解电路的作用、电路模型、电气设备的额定值;电路的基本元件;熟悉电源的外特性及实际电源模型。理解电流、电压关联参考方向的意义与应用;电阻元件的伏安关系及电功率的计算;理想电压源与理想电流源的定义、电路符号、功能、端口上的电压、电流关系及其性质;动态电路出现过渡过程的物理本质;理解电路的暂态与稳态以及时间常数的物理意义。掌握电路的基本物理量(电压、电流的定义和参考方向,功率的计算);电路的等效变换;电路的基本定律:欧姆定律、基尔霍夫定律、叠加定理与戴维南定理;电源的等效变换;支路电流分析法。换路定则及初始值的计算;时间常数、零输入响应、零状态响应、全响应的概念及计算;求解一阶电路的三要素法。

1.1 电路与电路的主要物理量

1.1.1 电路的基本组成、电路模型

(1) 电路的基本组成

所谓电路就是电流的通路,它是由各种电气设备和元器件为实现某种功能按一定方式连接而成的。无论是简单电路还是复杂电路,它通常由电源、负载、中间环节(包括开关和导线)这3部分组成。电源是将其他形式的能量转换为电能的供电设备,例如发电机、蓄电池等。负载是将电能转换成其他形式的能量的设备,例如照明灯、电热壶等。中间环节则是起着控制、连接和传输电能的作用。

(2) 电路模型

实际电路都是由一些按某种需要起不同作用的实际电路元器件所组成的,其电磁性质比较复杂。为了便于对实际电路进行分析计算,即在一定条件下将实际电路元器件理想化(或称模型化),突出其主要的电磁性质,忽略其他的次要因素,把它近似看成是理想电路元件。

例如一个照明用电灯,当有电流流过时,它除了要消耗电能外(具有电阻性),还会产生磁场(具有电感性),但电感很小可忽略不计,所以它的电路模型可用理想电阻元件 R 来表现。实际电路的电路模型就是由一些理想电路元件所组成的电路(它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括)。理想电路元件主要包括:电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。如图 1.1(a)所示为手电筒的实际电路,图 1.1(b)所示为手电筒的电路原理图,图 1.1(c)所示为手电筒的电路模型图。

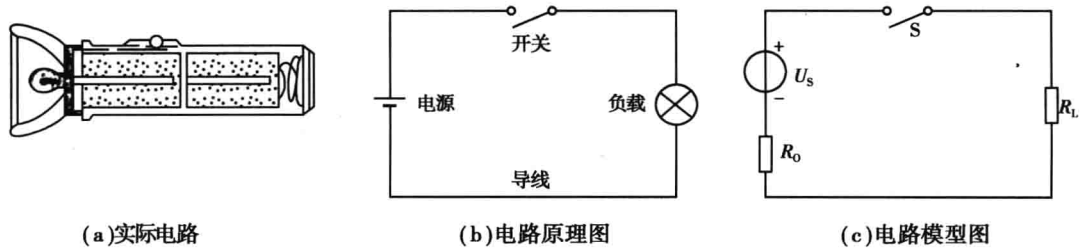


图 1.1 手电筒电路

1.1.2 电路的基本物理量

(1) 电流

电荷有规则的定向运动形成电流,通常将正电荷移动的方向规定为电流的实际方向。电流的强弱用电流强度来衡量,其数值等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。设在 dt 时间内通过导体某一横截面的电荷量为 dq ,则通过该截面的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1.1}$$

我国法定计量单位是以国际单位制为基础,它规定电流的单位为安[培],A。

当式(1.1)为常数时,则这种电流称为恒定电流,简称直流。用 I 表示,即

$$I = \frac{Q}{T} \tag{1.2}$$

计算小电流时,以毫安(mA)或微安(μA)为单位。

电流的方向是客观存在的。但在电路分析计算时,一些较为复杂的电路,有时不好判断电流的实际方向,因此在分析计算时,引入参考方向这一概念。如图 1.2 所示,在电路上任一假定一个方向作为电流的参考方向,在电路中一般用箭头表示。如果根据选定的参考方向解得的电流为正值,说明假定的参考方向与它们的实际方向一致;如果解得的电流为负值,说明所假定的参考方向与实际方向相反。因此,在选定的参考方向下,根据电流的正、负值即可以确定电流的实际方向。



图 1.2 电流的参考方向与实际方向

在分析电路时,首先要假定电流的参考方向,并据此去进行分析计算,然后再从答案的正、负值来判断电流的实际方向。今后,如不做说明,电路图上标出的电流方向一般为参考方向。

(2) 电压

在电场力的作用下电荷在导体内做定向运动。那么,在电路中,电场移动单位正电荷从电路中的 a 点移动到 b 点所做的功,就为 a, b 两点间的电压,用符号 U_{ab} 表示,即

$$U_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dq} \quad (1.3)$$

电压的单位为伏[特],V。

两点之间电压的实际方向是由高电位指向低电位,因此在电压的方向上电位是逐渐降低的。在电路分析计算时,与电流一样,引入电压的参考方向。如图 1.3 所示,在电路图上可以任意假定一个方向作为电压的参考方向,在电路中一般用箭头表示,还可用双下标和正负极性表示。如果根据选定的参考方向解得的电压为正值,说明假定的参考方向与它们的实际方向一致;如果解得的电压为负值,说明所假定的参考方向与实际方向相反。因此,在选定的参考方向下,根据电压的正、负值,即可以确定电压的实际方向。



图 1.3 电压的参考方向与实际方向

对一个电路而言,当所选元件电流与电压的参考方向一致时,则称为关联参考方向,反之,则为非关联参考方向。

(3) 电位

在电路中,任选一点 O 作为参考点,则电路中某点 A 到参考点 O 的电压就称作是 A 点的电位。可表示为

$$V_A = U_{AO} \quad (1.4)$$

电位用伏[特](V)表示。电路参考点的电位为 0 时,即 $V_O = 0$,故参考点也称为零电位点。如果已知 A, B 两点电压为 U_{AB} ,则有

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1.5)$$

即两点的电压等于这两点的电位之差,所以电压又称电位差。

需要注意的是,当选择不同的参考点时,同一点的电位数值不同,电压与参考点的选择无关。在电子电路中,通常选公共点作为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。

(4) 电动势

在电源内部,电源力(外力)把单位正电荷从负极移到正极所做的功就称为该电源的电动势,用 E 表示。电动势是衡量外力做功的物理量。电动势的实际方向规定为在电源内部由负极板指向正极板,即从低电位点指向高电位点。电源的电动势方向与电源两端电压的方向相反,电动势的单位为伏[特],V。

(5) 电能和电功率

电流在通过电气设备时,会消耗电能,把电气设备在一段时间内消耗的电能用 W 表示。电能 W 的大小与流过它的电流 I 和加在它两端的电压以及通过的时间 t 成正比,电压和电流为关联参考方向,即

$$W = IUt \quad (1.6)$$

电能的单位是焦[耳],J。

电气设备在单位时间内消耗的电能称为电功率(简称功率),用 P 表示,即

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1.7)$$

电功率的单位是瓦[特],W。

在电工应用中,有时电能的单位用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$),1 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 即为 1 度电。若电压和电流在非关联参考方向下,则

$$P = -UI \quad (1.8)$$

需要注意的是,根据电压电流参考方向关联与否,选择不同的公式,只要“ $P > 0$ ”就表示元件实际为吸收功率,“ $P < 0$ ”表示元件实际为发出功率。

【例 1.1】某台电冰箱工作电压 220 V,测得其电流为 0.5 A,若每天工作 12 h,问每个月(30 天)要耗电多少度?

解:由题意得知: $U = 220 \text{ V}$, $I = 0.5 \text{ A}$, $t = 12 \text{ h} \times 30 = 360 \text{ h}$

则电能为

$$W = IUt = 220 \times 0.5 \times 360 = 39\,600 (\text{W} \cdot \text{h}) = 39.6 (\text{kW} \cdot \text{h}) = 39.6 \text{ 度}$$

即电冰箱每月耗电为 39.6 度。

1.1.3 电路的三种工作状态

(1) 通路状态

通路状态即有载工作状态,如图 1.4 所示。电阻 R (负载)有电流流过, E 是电源的电动势, R_0 是电源内阻,电源的输出电压 U_1 称为端电压,则电源的端电压就是负载的电压 U_2 。电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

电源的端电压为

$$U_1 = E - R_0 I$$

电源的端电压总是小于电源的电动势,这是由于受内阻 R_0 的影响。

(2) 开路状态

开路是指电源和负载未构成闭合回路,如图 1.5 所示。开关断开,电路未被接通,电路无电流,负载两端无电压,这时电源的端电压 U_{oc} (称为开路电压)就等于电源电动势。即 $I = 0$, $U_{oc} = E$ 。

(3) 短路状态

短路是指电源的两端由于某种原因而连在一起,如图 1.6 所示。电源被短路后,电流不

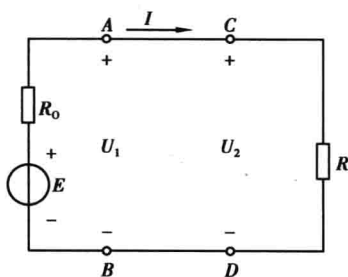


图 1.4 通路

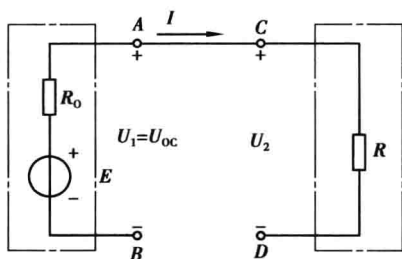


图 1.5 开路

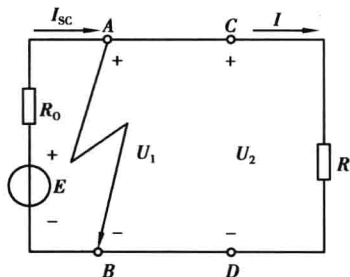


图 1.6 短路

再经过负载,而由短路线构成回路,因此负载上无电流无电压。当电源被短路时,由于电源内阻 R_0 很小,所以这时的电流很大,此电流称为短路电流,其值为

$$I_{sc} = \frac{E}{R_0}$$

由以上分析可知,短路电流要比工作电流大得多,很容易烧毁电源,所以在实际电路中必须设置短路保护装置,最常用的是安装熔断器来保护电路。

1.1.4 电气设备的额定值

电气设备的额定值是指制造厂为了使产品能够在正常工作条件下运行所规定的容许值。大多数电气设备的使用寿命都与绝缘材料的耐热性有关。当实际工作的电流值超过额定值时,温度会迅速升高,过热,使得绝缘材料受损,烧毁。当实际工作值低于额定值较多时,则不能正常工作,有时也会造成设备的损坏。例如,电压过低,灯泡就会变暗。因此,制造厂在制定产品的额定值时,要全面考虑使用的经济性、可靠性以及使用寿命等因素。额定电压、额定电流和额定功率分别表示为 U_N , I_N 和 P_N 。

1.2 电路元件

1.2.1 电阻元件

当电流通过导体时,会对电流产生阻碍作用,我们把这种阻碍作用就称作是电阻。而后所要研究的电阻元件是从实际的电阻器中抽象得到的,是一种理想的电路元件,更为突出的是物体所表现出来的主要性质,忽略了它的次要性质。通常把电阻元件简称为电阻。在图 1.7 中, u 和 i 是关联参考方向,所以欧姆定律可写成

$$u = iR \quad (1.9)$$

故电阻

$$R = \frac{u}{i} \quad (1.10)$$

当 R 为常数时,称其为线性电阻,伏安特性曲线为一条过原点的直线,如图 1.8 所示。电阻消耗的功率为

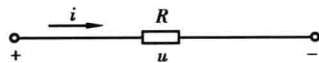


图 1.7 电阻元件

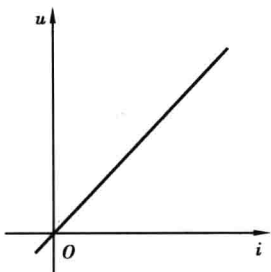


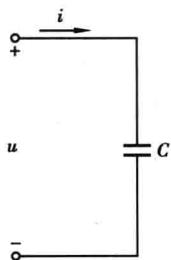
图 1.8 电阻的伏安特性曲线

$$P = ui = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \geq 0 \quad (1.11)$$

由此可知电阻是耗能元件。

1.2.2 电容元件

电容是用来描述在电路中储存电场能量的一个理想元件,如图 1.9 所示。实际电容一般是由两个被绝缘体隔开的金属极板构成,当在电容两端加上电压后,这两个极板就会聚集等量的异号电荷。加在它两端的电压越大,两个极板上所聚集的电荷也就越多,则有



$$q = Cu, \text{ 则 } C = \frac{q}{u} \quad (1.12)$$

当电压随时间变化时,电荷也随之变化,电路中便产生了电流。

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1.13)$$

图 1.9 电容元件

u 和 i 是关联参考方向,式(1.13)表明,流过电容的电流与电容两端的电压对时间的变化率成正比。也就是说,电压变化越大,电流越大。

当电容两端加恒定电压时,电流为 0,这时的电容可看做开路。

电容的瞬时功率为

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt} \quad (1.14)$$

如果对电容的功率求积分,即可得到电容所储存的电场能量

$$W_C = \int_0^t p dt = \int_0^u C u du = \frac{1}{2} C u^2 \quad (1.15)$$

式(1.15)表明,电容在任意时刻所储存的电场能量与加在电容两端的电压的平方成正比。由此可知电容是储能元件。

1.2.3 电感元件

电感是用来描述在电路中储存磁场能量的一个理想元件,如图 1.10 所示。当有电流流过电感时,线圈周围就产生了磁场,如果设线圈的匝数为 N ,流过线圈的电流为 i ,那么所产生的磁通为 Φ ,则磁链 $\psi = N\Phi$,它与电流的比值就是电感元件的电感,用 L 表示,则

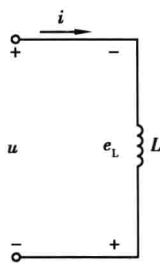


图 1.10 电感元件

$$L = \frac{\psi}{i} \quad (1.16)$$

其中, ψ 和 Φ 的单位为韦[伯], Wb; I 的单位为安[培], A; L 的单位为亨[利], H。

电感元件中的磁通 Φ 或电流发生变化时, 就会在电感线圈中感应出电动势 e_L , 则

$$e_L = -N \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1.17)$$

$$u = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1.18)$$

由此可知, 某一时刻电感元件两端的电压与流过电感电流的变化率成正比。电流的变化率越大, 电感的电压越大; 反之, 则电压越小。如果线圈中流过的是恒定电流, 这时电压就为零, 可看做是短路。

电感的瞬时功率为

$$p = ui = Li \frac{di}{dt} \quad (1.19)$$

如果对电感的功率求积分, 即可得到电感所储存的磁场能量

$$W_L = \int_0^t p dt = \int_0^i Li di = \frac{1}{2} Li^2 \quad (1.20)$$

式(1.20)表明, 电感在任意时刻所储存的磁场能量与流过电感电流的平方成正比。由此可知, 电感是储能元件。

1.3 电路的基本定律、定理

1.3.1 欧姆定律

欧姆定律是分析电路的基本定律之一。它可以描述为: 在任何时刻, 在电路中流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比。如图 1.11 所示, 当电压与电流为关联参考方向时, 可表示为

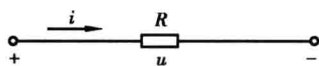


图 1.11 电阻关联参考方向

$$U = IR \quad (1.21)$$

式中: R ——电路的电阻。

若电压与电流为非关联参考方向时, 则欧姆定律可写为

$$U = -IR \quad (1.22)$$

需要注意的是, 这两个公式当中的正负号是根据电压和电流的参考方向得出的。此外, 电压和电流本身也有正值和负值之分。

1.3.2 基尔霍夫定律

在分析计算电路时, 除了可以运用欧姆定律外, 还可以运用电路当中的另外一个定律——基尔霍夫定律, 它又分为基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。

为了叙述方便, 先介绍几个常用的电路名词。

支路:电路中流过同一电流的每个分支,在图 1.12 中有 3 条支路,即 ACB, AB, ADB 。

结点:3 条或 3 条以上支路的汇集点,在图 1.12 中有两个结点,即 A 和 B 。

回路:电路中的任意闭合路径,在图 1.12 中有 3 个回路,即 $ABCA, ADBA, ADBCA$ 。

网孔:不包含其他支路的单一闭合路径,在图 1.12 中有两个网孔,即 $ABCA, ADBA$ 。

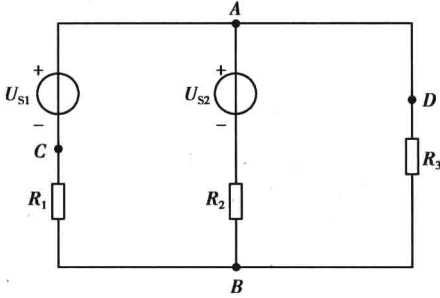


图 1.12 电路举例

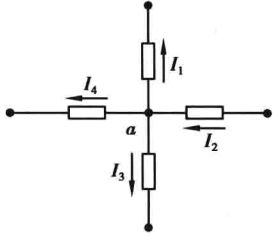


图 1.13 基尔霍夫电流定律

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)

在任一时刻,流出一个结点的电流之和应该等于流入该结点的电流之和。其数学表达式为

$$\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}} \tag{1.23}$$

例如,在图 1.13 中,根据 KCL 可对结点 a 列出 KCL 方程

$$I_2 = I_1 + I_3 + I_4$$

或

$$I_2 - I_1 - I_3 - I_4 = 0$$

因此,基尔霍夫电流定律又可表述为:在任一时刻,流入电路中任一结点上电流的代数和恒等于零。其数学表达式为

$$\sum i = 0 \tag{1.24}$$

通常规定以流向结点的电流取正,流出结点的电流取负(也可作相反的规定)。无论电流是流入结点还是流出结点都是按电流的参考方向来判定。

若已知图 1.13 中 $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 6 \text{ A}$, $I_4 = 5 \text{ A}$,根据式(1.23)可得 $I_3 = -1 \text{ A}$, I_3 电流为负值,说明 I_3 的实际方向与参考方向相反。

基尔霍夫电流定律是针对结点列方程的一个定律,也可以把它推广运用于任何一个假设的闭合面,那么则称这个假设的闭合面是一个广义结点。

对图 1.14 电路的 3 个结点分别列出 KCL 方程

$$i_A = i_{AB} - i_{CA}$$

$$i_B = i_{BC} - i_{AB}$$

$$i_C = i_{CA} - i_{BC}$$

把上述三式相加可得

$$i_A + i_B + i_C = 0$$

即

$$\sum i = 0$$

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

基尔霍夫电压定律是用来确定回路中各段电压

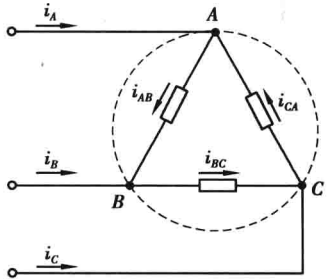


图 1.14 基尔霍夫电流定律的推广应用

之间关系的电压定律。回路电压定律依据“电位的单值性原理”，其内容是：对于电路中的任一回路来说，电位升的和等于电位降的和。其数学表达式为

$$\sum u_{\text{升}} = \sum u_{\text{降}} \quad (1.25)$$

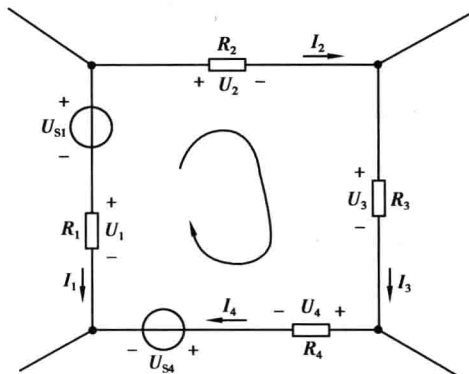


图 1.15 基尔霍夫电压定律

例如，在图 1.15 中，根据 KVL 可对回路列出方程（回路方向：顺时针方向或逆时针方向）沿顺时针方向，得

$$U_2 + U_3 + U_4 + U_{S4} = U_1 + U_{S1}$$

或

$$U_2 + U_3 + U_4 + U_{S4} - U_1 - U_{S1} = 0$$

因此，基尔霍夫电压定律又可表述为：任一瞬间，沿任一回路参考绕行方向，回路中各段电压的代数和恒等于零。其数学表达式为

$$\sum u = 0 \quad (1.26)$$

如果规定电位降为正号，则电位升就取负号。

基尔霍夫电压定律不仅可应用于闭合回路，也可以把它推广运用于部分电路，以图 1.16 所示电路为例，根据基尔霍夫电压定律列出式子，得

$$U_S - IR - U = 0$$

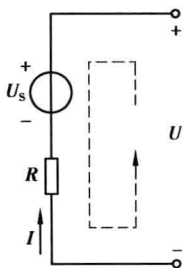


图 1.16 基尔霍夫电压定律的推广应用

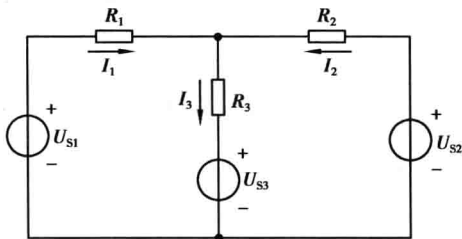


图 1.17 [例 1.2] 的图

【例 1.2】在图 1.17 所示电路中，已知 $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 1 \Omega$, $U_{S1} = 12 \text{ V}$, $U_{S2} = 18 \text{ V}$ 。要使 R_3 中的电流为零， U_{S3} 等于多少？

解：电流的参考方向已在图中画出，因为 $I_3 = 0$ ，由 KCL 可知， $I_1 = -I_2$ ，且 R_3 两端无电压，即