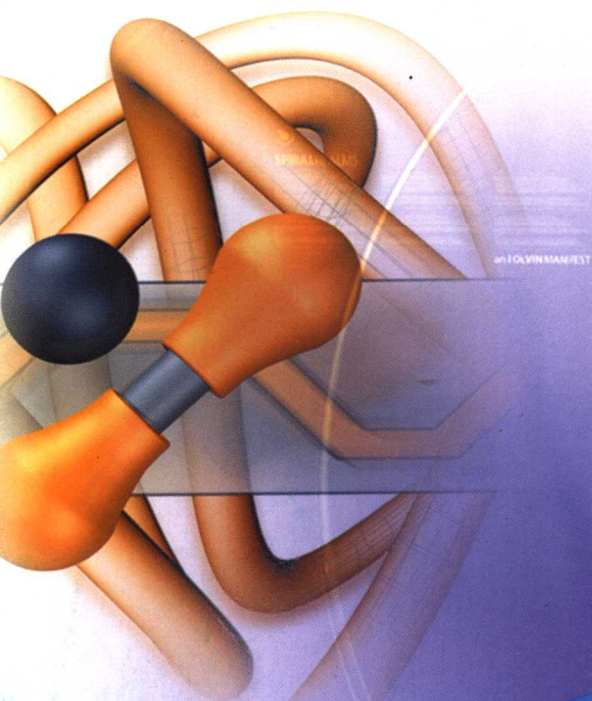


高职高专“十一五”规划教材

● 机电系列

电工电子技术基础

主编 赵章吉



大象出版社
全国优秀出版社

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

电工电子技术基础

主 编 赵章吉

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/赵章吉主编. —郑州:大象出版社, 2007. 9

高职高专“十一五”规划教材·机电系列

ISBN 978 - 7 - 5347 - 4605 - 5

I. 电… II. 赵… III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教材②电子技术—高等学校:技术学校—教材
IV. TMTN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120828 号

本书编委会名单

主 编 赵章吉
副 主 编 赵鹏喜 张月楼
编 委 耿俊梅 王亚琼 刘华杰 侯 涛

责任编辑 陈洪东

特约编辑 姚明军

责任校对 何 力

封面设计 秦吉宁

出 版 大象出版社 (郑州市经七路 25 号 邮政编码 450002)

网 址 www.daxiang.cn

发 行 全国新华书店

制版印刷 河南第一新华印刷厂

版 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 × 1092 1/16

印 张 20

字 数 458 千字

印 数 1—3 000 册

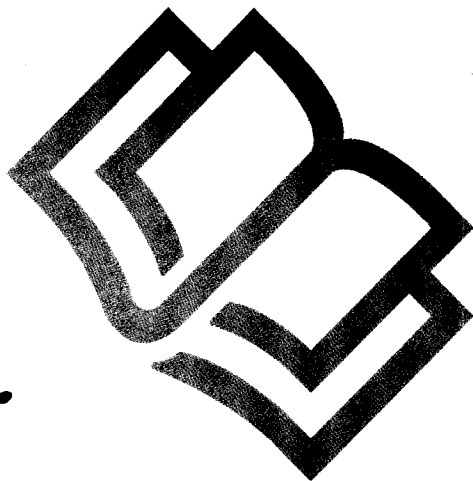
定 价 28.80 元

若发现印、装质量问题,影响阅读,请与承印厂联系调换。

印厂地址 郑州市经五路 12 号

邮政编码 450002 电话 (0371) 65957860 - 351

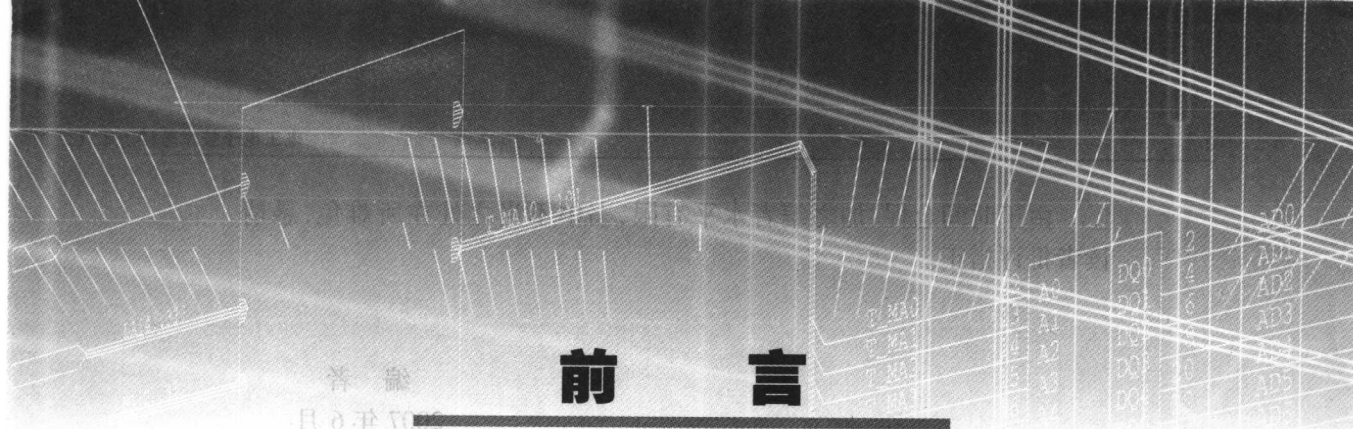
大象出版社



大象出版社，全国优秀出版社，其前身是河南教育出版社，成立于1983年，1996年更为现名。大象出版社主要出版大中小学各类教材、教学参考书、教学辅助读物、学生课外读物及教育理论著作、工具书与有关学术著作，基本形成编、印、发配套齐全，书、报、刊、电子读物良性互动的多元化发展格局。

在新的形势下，大象出版社积极进取，不断强化其在教育图书出版领域的优势。目前已形成了从小学至高中12个年级、国标教材与地方教材相结合的大象版教材体系。随着综合实力的不断增强，大象出版社近年来加大了大中专教材的出版力度，陆续出版了高职高专“十一五”规划教材——公共基础课系列、电子信息系列、机电系列、艺术设计系列、汽车专业系列，中等职业学校“十一五”规划教材——教改必修课系列、艺术设计系列、汽车专业系列，以及高考艺术类考生必读系列，充分展示了大象出版社锐意进取的雄姿和深厚实力。今后，大象出版社将不断开发新品种的大中专系列教材，欢迎有编写意向的老师积极与我们联系（daxianggj@163.com），我们愿与各高校老师携手做好高校教材的编写出版工作。

大象出版社将继续秉承“脚踏实地，善于负重，坚忍不拔，勇往直前”的大象精神，实践“服务教育，介绍新知，沟通中外，传承文化”的出版宗旨，为读者奉献更多的精品图书！



前 言

本书是依据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育人才培养目标及规格》，并结合现代电工电子技术的发展而编写的。本书注重理论联系实际，力求通俗易懂、深入浅出，突出应用环节；紧扣高职办学理念，结合高职教学的基本要求，以理论够用为度，删繁就简，削枝强干，注重技能训练和实际应用。全书力求概念准确，内容精练，用实例强化概念；简化理论推导，注重结论的应用，具有实用性；通过典型实例，使学生牢固掌握分析各种电路的不同方法和技巧。

本书编写过程中力求突出以下几个特点：

1. 考虑到教材的适用对象，既要具备必需的理论基础知识，又要满足高等职业技术人才的实际需求。因此，在内容编排上充分考虑了理论深度，力求避免理论上过深或过浅、内容上过繁或过简。

2. 注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力，体现了“应用性、实用性、综合性和先进性”。

3. 每章的章首都有本章要点，每章后附有本章小结和习题，书末附有部分习题参考答案，这样有利于学生的预习和复习。在例题和习题的选择上，更加注重联系实际，使学生学了就有用、学了就能用。

4. 为方便实践教学，我们把元器件的识别与检测、安全用电常识作为附录编入本书。

全书内容包括直流电路、正弦交流电路、三相交流电路、线性电路的暂态分析、磁路与变压器、异步电动机；常用半导体器件、基本放大电路、集成运算放大电路、直流稳压电源、逻辑门电路等。

本书可供高等职业技术教育机电类专业和相关专业使用，也可作为成人教育和岗前培训教材。

本书由赵章吉担任主编，赵鹏喜、张月楼担任副主编，耿俊梅、王亚琼、刘华杰、侯涛参与编写。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 6 月

目 录

电工技术篇

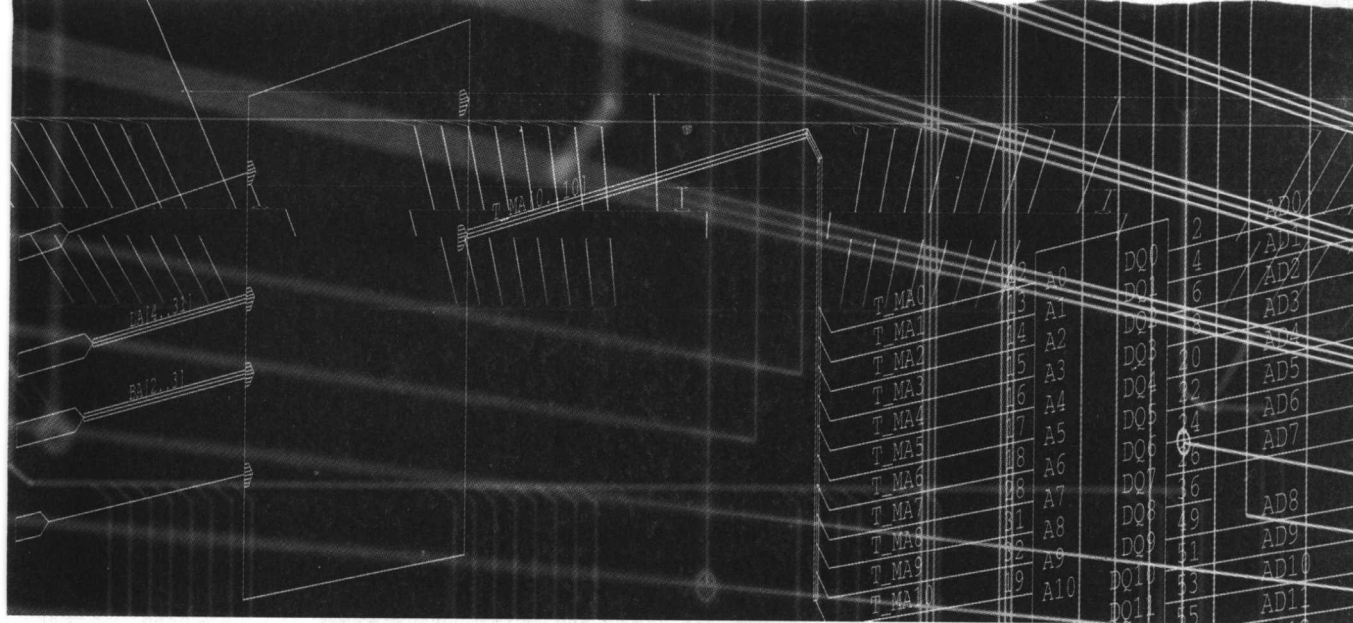
第一章 直流电路	(3)
第一节 电路模型	(3)
第二节 电路变量	(5)
第三节 电路中的基本元件	(10)
第四节 基尔霍夫定律	(14)
第五节 支路电流法	(18)
第六节 节点电压法	(19)
第七节 网孔电流法	(22)
第八节 叠加定理与替代定理	(25)
第九节 等效电源定理	(27)
小 结	(30)
习 题	(32)
第二章 正弦交流电路	(35)
第一节 正弦量的基本概念	(35)
第二节 正弦量的相量表示	(39)
第三节 电阻、电感和电容元件伏安关系的相量形式	(44)
第四节 简单正弦交流电路的计算	(53)
第五节 交流电路的功率	(62)
第六节 RLC 电路中的谐振	(67)
小 结	(70)
习 题	(74)
第三章 三相交流电路	(78)
第一节 三相正弦交流电源	(78)
第二节 三相负载及对称三相电路的分析与计算	(82)
第三节 不对称三相电路	(86)
第四节 三相电路的功率	(88)

小 结	(91)
习 题	(92)
第四章 线性电路的暂态分析	(94)
第一节 暂态过程和换路定律	(94)
第二节 RC 电路暂态分析	(97)
第三节 RL 电路暂态分析	(99)
第四节 一阶线性电路暂态分析的三要素	(101)
小 结	(103)
习 题	(103)
第五章 磁路与变压器	(105)
第一节 磁的基本知识	(105)
第二节 变压器的用途、分类及其结构	(114)
第三节 变压器的工作原理	(118)
第四节 变压器的运行特性和额定值、铭牌	(123)
第五节 其他常用类型的变压器	(127)
小 结	(131)
习 题	(133)
第六章 异步电动机	(135)
第一节 三相异步电动机的基本结构及工作原理	(135)
第二节 三相异步电动机的运行特性	(141)
第三节 三相异步电动机的使用	(149)
第四节 单相异步电动机	(162)
小 结	(165)
习 题	(166)

电子技术篇

第七章 常用半导体器件	(171)
第一节 半导体的基础知识及 PN 结	(171)
第二节 半导体二极管	(175)
第三节 半导体三极管	(178)
第四节 场效应管	(183)
小 结	(187)
习 题	(188)
第八章 基本放大电路	(190)
第一节 基本放大电路的组成和工作原理	(190)
第二节 放大电路的基本分析方法	(194)
第三节 放大电路的工作点稳定问题	(198)
第四节 射极输出器	(201)
第五节 多级放大电路	(203)

小 结	(205)
习 题	(205)
第九章 集成运算放大电路	(208)
第一节 集成运算放大器的组成	(208)
第二节 放大电路中的负反馈	(210)
第三节 集成运算放大器的基本特性及应用	(214)
第四节 集成运算放大器的使用常识	(219)
小 结	(220)
习 题	(221)
第十章 直流稳压电源	(223)
第一节 单相整流电路	(223)
第二节 滤波电路	(226)
第三节 稳压电路	(228)
小 结	(232)
习 题	(232)
第十一章 逻辑门电路	(234)
第一节 数制和编码	(234)
第二节 逻辑代数及应用	(238)
第三节 基本逻辑门电路	(242)
第四节 集成逻辑门电路	(245)
小 结	(250)
习 题	(250)
第十二章 组合逻辑电路	(252)
第一节 组合逻辑电路的分析和设计	(252)
第二节 常用的组合逻辑电路	(256)
小 结	(266)
习 题	(266)
第十三章 双稳态触发器和时序逻辑电路	(268)
第一节 双稳态触发器	(268)
第二节 时序逻辑电路分析	(276)
第三节 寄存器	(278)
第四节 计数器	(280)
小 结	(285)
习 题	(286)
部分习题参考答案	(288)
附录 A 常用元件的识别及检测	(292)
附录 B 安全用电常识	(303)
参考文献	(309)



电工技术篇

第一章 直流电路

本章要点

电路技术研究的主要内容是电路的一般规律、分析计算方法以及各种信号作用于电路时的电磁现象。本章从建立电路模型入手,主要介绍电流、电压、功率等基本物理量,以及电阻、电感、电容、电源等基本电路元件,重点讨论基尔霍夫定律和直流电路的分析方法等内容。

第一节 电路模型

一、实际电路及其功能

(一) 电路的组成

实际电路是由电路元件以一定方式连接而成的。图 1-1 所示为一个简单的手电筒电路,它主要由电源、负载和中间环节三部分组成。

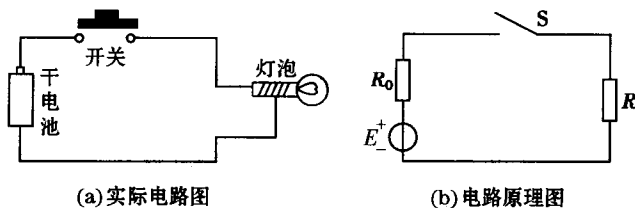


图 1-1 电路的组成

(1) 电源。电源是给电路提供能源的设备,其作用是把非电能转换为电能。在图 1-1(a)所示的电路中,干电池将化学能转变为电能。电源还有蓄电池、太阳能电池、发电机等。

(2) 负载。负载是电路中的用电装置,它将电源提供的电能转换为其他形式的能量。在图 1-1(a)所示的电路中,灯泡就是负载,它将电能转换为光能和热能。

(3) 中间环节。中间环节的作用是将电源和负载连接起来形成闭合回路,并对整个电路

实行控制、保护和测量。中间环节主要包括连接导线、控制电器(如开关、继电器、接触器等)、保护电器(如熔断器)、测量仪表(如电流表、电压表)等。

所有的电路不论其复杂程度如何,都由电源、负载、中间环节组成。因此,电路就是由电源、负载、中间环节等元器件组成的总体,是电流流通的闭合路径。

(二) 电路的功能

电路的类型多种多样,不同的电路作用也各不相同。电路的基本功能可分为以下两个方面:

(1) 能量的传送、分配与转换。例如,在电力系统中,发电厂的发电机组将其他形式的能量转换为电能,变电站及输电线路则将电能输送到用电单位,而用电单位的负载又把电能转换成生产、生活所利用的能量,如机械能、热能、化学能等。

(2) 信号的传递与处理。通过设施将信号进行传送、转换或加工处理,使之成为满足一定要求的输出信号。例如,在电视机的线路中,通过天线将载有音像、文字、语言、图形的电磁波送进电路,经电路处理后送到晶体管和扬声器,还原成音像、文字、语言、图形。

二、电路模型

(一) 电路模型

实际电路中的元件不仅品种繁多,而且每一种电器元件又表现出多种电磁特性,若要把电路中每个元件所有的电磁性能都考虑进去,将会使电路难以分析。为了便于对电路进行分析,在一定条件下,常采用模型化的方法来表征电路元件。所谓模型,就是突出元件的主要电磁性能,忽略其次要性质,用理想的模型来表示实际的电路元件。每一种模型只有一种电磁性质。例如,用电阻元件来反映电器元件消耗电能的特征,电阻元件的模型符号如图 1-2(a) 所示;用电感元件来反映电器元件储存磁能的特征,电感元件的模型符号如图 1-2(b) 所示;用电容元件来反映电器元件储存电能的特征,符号如图 1-2(c) 所示。用模型化表示出来的理想电路元件可以使用数学方法精确定义,有利于进行分析计算。理想元件构成的电路称为实际电路的“电路模型”。

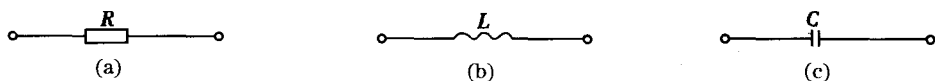


图 1-2 理想电路元件模型

(二) 注意事项

(1) 理想电路元件实际上并不存在,它只是实际电路元件在一定条件下的近似替代。它反映实际电路元件的主要性质,在进行电路分析与研究时起着重要作用。

(2) 某些实际电路元件的模型可以是几种理想电路元件的组合。如干电池可以用理想电源元件 E 和理想电阻 R 的串联电路模型来表示,图 1-1(a) 所示的手电筒的实际电路就可以用图 1-1(b) 所示的电路模型(电路原理图)来表示。

(3) 不同的实际电路元件,只要主要电磁性质相同,那么在一定条件下就可用同一个模型表示。如灯泡、电炉、电烙铁、线绕电阻以及碳膜电阻等这些不同的实际电路元件在低频电路中均可用电阻 R 表示。

(4) 同一实际电路元件在不同的工作条件下,可以有多种电路模型。如在直流电路中,

一个线圈相当于一根导线,如图 1-3(b)所示;在低频电路中线圈主要是储存磁能,可用理想电感元件 L 来表示,如图 1-3(c)所示;在较高频率电路中,线圈所消耗的电能和储存的磁能均应考虑,此时电路的模型用理想电阻元件 R 与理想电感元件 L 串联表示,如图 1-3(d)所示;在高频率的电路中,线圈绕线间的电容效应不容忽视,此时的电路模型可以用图 1-3(e)表示。

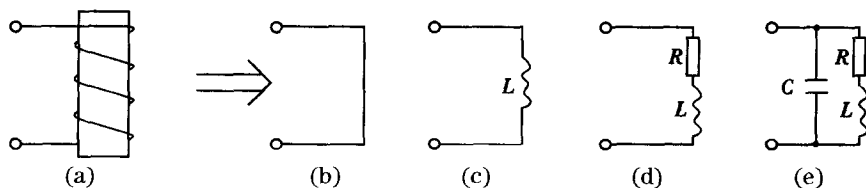


图 1-3 实际电感元件在不同应用条件下的模型

电路元件的电路参数通常是以它们两端的电压和所通过的电流之间的关系(有时需涉及电荷或磁通)来确切地描述。由于常见的理想电路元件(电阻、电容、电感)的电路参数是不随电流和电压而改变的常量,而且其参数是集中在某些元件上(也就是说,凡是消耗电能的只集中在电阻元件上,凡是存贮磁场能量的只集中在电感元件上,凡是存贮电场能量的只集中在电容元件上),因此,将其称为集中参数元件,简称集中元件;而全部由理想集中参数元件所组成的电路,则称为集中参数电路。集中参数电路是一个很重要的抽象概念,本书所提到的电路模型均是以集中参数电路为前提,而对于分布参数电路、时变参数电路则不适用。

第二节 电路变量

一、电流

电荷的定向移动便形成了电流。要使电路中有电流产生,通常需要有两个条件:①有电源供电;②电路必须是闭合的,如图 1-4 所示。

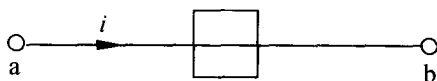


图 1-4 形成电流的电路

电流是反映电荷在导体中移动的现象,其值等于单位时间内通过导体横截面的电荷量,即

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

式(1-1)表示在极短的时间 dt 内通过导体横截面 S 的微小电荷为 dq 时,电流为 i 。可见, i 是随时间变化的,是时间的函数。

如果电流的大小和方向不随时间而变化,即 $dq/dt = \text{常数}$,则这种电流就是直流电流,常用大写的英文字母 I 表示。此时式(1-1)可改写为

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

式中的 Q 是在时间 t 内通过导体横截面 S 的电荷量。

电流的单位是 A(安[培]), 电荷量 Q 的单位是 C(库[仑]), 时间的单位是 s(秒), 所以 $1\text{A} = 1\text{C/s}$ 。电力系统中常用 kA(千安)作为电流单位, 而无线电系统中常用 mA(毫安)、 μA (微安)作为电流单位, 它们之间的换算关系为 $1\text{kA} = 10^3\text{A}$, $1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$ 。

电流的方向规定为正电荷定向运动的方向, 如图 1-4 所示: 在电源外部电流由正极流向负极, 在电源内部电流由负极流向正极, 从而形成闭合回路。在分析电路时, 复杂电路中某段电路里电流的实际方向很难判断, 有时电流的实际方向还在不断改变, 因此在电路中很难标明电流的实际方向, 这就给电路的分析和计算带来了困难。为了方便分析和计算, 引入了电流的“参考方向”概念。

一段电路或一个电路元件中电流的方向事先任意选定, 这个选定的电流方向称电流的参考方向。由于参考方向是事先任意选定的, 所以它不一定是电流的实际方向。要按照选定的参考方向进行分析计算, 然后根据计算的结果来判断该电流的实际方向: 如果计算的电流值为正值, 说明选定的参考方向与电流的实际方向一致; 如果计算的电流值为负值, 则说明参考方向与电流的实际方向相反。在图 1-5 中, 实线代表参考方向, 虚线代表实际方向。



图 1-5 电流的方向

可见, 利用参考方向分析计算电路时, 不会影响计算结果与准确性。所以, 电流值的正负只在设定了参考方向之后才有意义, 今后在电路图中所标注的电流方向一般都是参考方向, 如有例外, 则作特别说明。

例 1-1 已知某段电路如图 1-6(a)、(b) 所示, 试确定通过电阻 R 上的电流实际方向。

解: 图 1-6(a)、(b) 中 I 的方向均为参考方向。

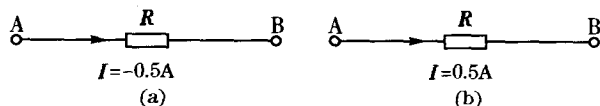


图 1-6

因为图 1-6(a) 中 $I = -0.5\text{A} < 0$, 说明 I 的参考方向与实际相反, 故图 1-6(a) 中的电流实际方向为 $B \rightarrow A$ 。

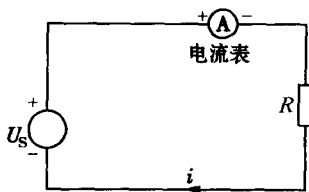


图 1-7 电流的测量

图 1-6(b) 中 $I = 0.5\text{A} > 0$, 说明 I 的参考方向与实际方向相同, 故图 1-6(b) 中电流实际方向为 $A \rightarrow B$ 。

测量电流的大小用电流表, 对直流电路用直流电流表测量。测量时, 要将电流表串入被测电路中并要保证电流从电流表的正极流入, 负极流出。如图 1-7 所示。

二、电压

(一) 电位

水总是从高处往低处流,这是因为高、低位置之间存在着水位差。与此类似,电路中各点均有一定的电位。在闭合电路中,两点之间存在电位差是产生电流的原因,即电流总是从高电位点流向低电位点。

在地理学中,讨论高度时,总要先确定一个计算高度的起点,即基准点。电位也一样,必须先确定计算电位的起点——零参考点,通常以大地为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示;在电子电路中则以金属底板、机壳或公共点作为参考点,用符号“ $\perp$ ”表示。

什么是电位呢?某一点 a 的电位是指电场力将单位正电荷 q 从 a 点移到参考点所做的功(W)。电位用 V 加下标表示,单位为伏[特](V),电位的表达式如下:

$$V_a = \frac{W}{q} \quad (1-3)$$

式中 W 的单位为焦[耳](J), q 的单位为库[仑](C),则 V_a 的单位为伏[特](V)。

在电路中不指明参考点而谈某点的电位是没有意义的。在一个电路中只能选一个参考点。参考点的电位本身为零,它是可以任意选定的,但一经选定,电路中其他各点的电位也就确定了。电路中任意点的电位大小与参考点的选择有关。当参考点选择不同时,则同一点的电位值也随之改变。如果某点电位比参考点高,则该点电位就为正值,反之则为负值。

例 1-2 在图 1-8(a) 所示电路图中,试分别计算以 A 点和 B 点为参考点时, A、B、C 三点的电位值。

解: (1) 以 A 为参考点时,电路如图 1-8(b) 所示。

$$\text{则: } V_A = 0V \quad V_B = 3V$$

$$V_C = (3 + 6)V = 9V$$

(2) 以 B 为参考点时,电路如图 1-8(c) 所示。

$$\text{则: } V_A = -3V \quad V_B = 0V \quad V_C = 6V$$

在电子电路中,为了使电路图简化,常常将电源省略不画,而在电源端用电位(或电动势)的极性 & 数值标出。图 1-9(a) 所示的简单单管放大电路,可采用图 1-9(b) 所示的习惯画法表示。

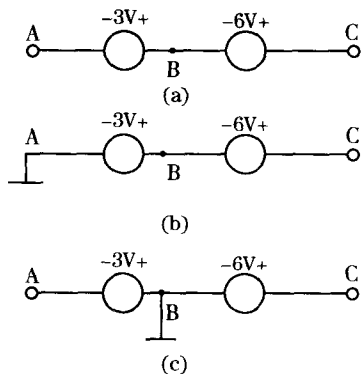


图 1-8

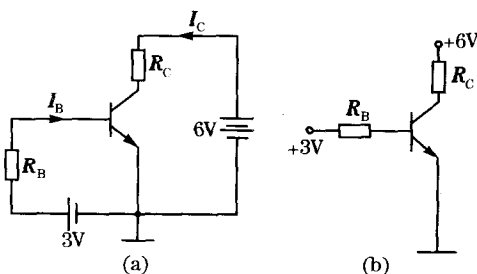


图 1-9 电路图中的电位表示

(二) 电压

两点之间的电位之差就是两点之间的电压,即 $U_{AB} = U_A - U_B$ 。从电场力做功的角度定义电压,就是电场力将单位正电荷从电场中一点移至另一点所做的功,用数学式表示为

$$U_{AB} = \frac{dw}{dq} \quad (1-4)$$

式中 dq ——电荷量,库[仑](C);

dw ——电场力将电荷 dq 由 A 点移动到 B 点所做的功,焦[耳](J);

U_{AB} ——电压伏[特](V),电力系统中常用 kV(千伏),无线电电路中常用 mV(毫伏)、 μ V(微伏)。

直流电路中,电压用 U_{AB} 表示,式(1-4)可写成

$$U_{AB} = \frac{W}{q} \quad (1-5)$$

电压的方向规定为电压降低的方向,即从高电位点指向低电位点。与电流一样的原因,电路中两点间电压实际方向难以判断,因此引入了电压参考方向,即对电路中两点之间电压设出参考方向,用“+”、“-”号标出或用带下标的字母表示(或用箭头表示)。如电压 U_{AB} ,脚标中的第一个字母 A 为电压参考方向的正极性端,第二个字母 B 为电压参考方向的负极性端。以后无特殊说明,电路图中“+”、“-”标号或 U_{AB} 都表示电压的参考方向。在确定电压参考方向以后,若经计算得出电压为正值,说明 $U_A > U_B$;若 U_{AB} 为负值,说明 $U_A < U_B$ 。与电流一样,两点之间电压数值的正与负只有确定了参考方向后才有意义。

直流电路中,测量电压用电压表并联接入电路,注意电压表的“+”极接高电位或电流流入点,“-”极接低电位点或电流流出点,如图 1-10 所示。

例 1-3 如图 1-11 所示的一段电路中,已知 $U_{ab} = -5V$, $U_{cb} = 2V$ 。(1)比较电路中 a、b、c 三点电位的高低,并求出这三点的电位值;(2)电压 U_{ac} 及 U_{cb} 各为何值(参考点任选)?

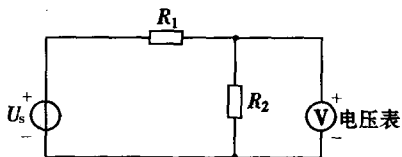


图 1-10 电压的测量

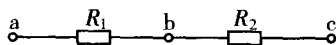


图 1-11

解:(1)为了求出 a、b、c 三点的电位,应先确定参考点,选取 b 点为参考点即 $V_b = 0$ 。

因为 $U_{ab} = V_a - V_b$

所以 $V_a = V_b + U_{ab} = -5V$

又 $U_{cb} = V_c - V_b$

所以 $V_c = V_b + U_{cb} = 2V$

故 a、b、c 三点电位分别为 $-5V$ 、 $0V$ 、 $2V$

所以 $V_c > V_b > V_a$

(2)以 b 点为电位参考点时, $V_a = -5V$, $V_c = 2V$

所以 $U_{ac} = V_a - V_c = -7V$

$U_{ca} = V_c - V_a = 7V$ 或 $U_{ca} = -U_{ac} = 7V$