

高等职业技术教育教材

电工电子技术

主编 姜献忠



中国商业出版社

高等职业技术教育教材

电工电子技术

主编 姜献忠

中国商业出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/姜献忠主编. —北京:中国商业出版社,2002.8
ISBN 7-5044-4230-5

I. 电… II. 姜… III. ①电工技术②电子技术 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 048791 号

责任编辑:刘树林

中国商业出版社出版发行
(100053 北京广安门内报国寺1号)
新华书店总店北京发行所经销
中国石油报社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开 21.5印张 480千字
2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷
定价:32.00元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

编审委员会名单

主 任：匡奕珍

副主任：张 萍 朱 立 崔建宁

委 员：邹汉贞 谢一风 李丰桐 李 军

叶学群 姜献忠 邢振禧 邹新生

吕美进 韦伯琳 伊佩奇 周秋淑

李建华 涂 河 林巧婷

编 审 说 明

为适应我国高等职业技术教育的发展,根据《制冷与空调》专业教学计划和教学大纲的要求,结合我国制冷和空调行业的发展情况,我们组织全国有关职业技术学院的部分专业教师编写了《电工电子技术》一书。本书是高等职业技术教育必用教材,也可供职工大学、电视大学和高等专科学校使用,或作为本科院校的参考教材。

本教材分两部分,上篇为电工技术,共九章,内容包括电路分析基础、低压电器控制、供配电等;下篇为电子技术,共九章,内容包括模拟电子技术和数字电子技术等。本教材的特点是力求简明并突出实用性,同时兼顾到材料的科学性和先进性。

本书设有选修内容(*),在教学中,教师可根据情况选讲。

本教材由无锡商业职业技术学院姜献忠任主编。参加编写的有:姜献忠(第一、二、八、十四章),武汉商业服务学院邹新生(第三、六、七章),山东商业职业技术学院李军(第四、五章),安徽省安庆商业学校纪琼英(第十、十一章),江苏省无锡职教中心崔玫(第十五、十六章),武汉商业服务学院徐会波(第十二、十三、十八章),山东商业职业技术学院苏燕(第九章),浙江商业职业技术学院李德明(第十七章)。

本教材承扬州大学顾长华教授仔细审阅,指出错误,提出修改意见,特致谢意。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中如有疏漏之处,敬请广大读者不吝赐教,以便于修改,使之日臻完善。

制冷与空调专业教材编审委员会

2002年2月

本课程教学时数为 150,各章参考学时见教学课时分配表。

教学课时分配表

章 序	内 容	课时数
	电工技术	68
一	电路的基本概念和基本定律	8
二	电路的基本分析方法	8
三	电容和电感	6
四	正弦交流电路	12
五	三相交流电路	6
六	变压器	6
七	交流电动机	8
八	低压电器及控制电路	8
九	供电与安全用电	6
	电子技术	82
十	晶体二极管和整流电路	10
十一	晶体三极管和基本放大电路	18
十二	直流和集成运算放大电路	8
十三	功率放大电路及稳压电源	8
十四	晶闸管及其应用	8
十五	数字电路基础	6
十六	数字集成电路	10
十七	波形产生和变换	10
十八	数一模和模一数转换器	4
合 计		150

目 录

上篇 电工技术

第一章 电路的基本概念和基本定律	(1)
第一节 电路.....	(1)
第二节 电流和电压.....	(3)
第三节 欧姆定律.....	(5)
第四节 电功率和电能.....	(6)
第五节 基尔霍夫定律.....	(7)
第六节 电路中各点电位的计算	(10)
思考与练习	(13)
第二章 电路的基本分析方法	(17)
第一节 电阻的联接	(17)
第二节 两种电源及其等效变换	(19)
第三节 戴维南定理	(23)
第四节 叠加定理	(27)
思考与练习	(28)
第三章 电容和电感	(33)
第一节 电容的特性	(33)
第二节 电感的特性	(34)
第三节 电容的联接	(35)
第四节 RC 电路的过渡过程.....	(37)
思考与练习	(45)
第四章 正弦交流电路	(49)
第一节 正弦交流电的基本概念	(49)
第二节 正弦交流电的相量表示法	(53)
第三节 纯电阻电路	(56)
第四节 纯电感电路	(58)
第五节 纯电容电路	(60)
第六节 电阻电感电容串联电路	(63)
第七节 交流电路的功率	(66)
思考与练习	(70)

第五章 三相交流电路	(76)
第一节 三相交流电的产生	(76)
第二节 三相交流电源的联接	(77)
第三节 三相负载的星形联接	(80)
思考与练习	(87)
第六章 变压器	(91)
第一节 变压器的结构与工作原理	(91)
第二节 变压器的功率和效率	(96)
第三节 变压器绕组的同名端测定和联接	(97)
第四节 变压器的铭牌参数	(99)
第五节 特殊变压器	(101)
思考与练习	(104)
第七章 交流电动机	(107)
第一节 三相异步电动机	(107)
第二节 单相异步电动机	(129)
思考与练习	(132)
第八章 低压电器及控制线路	(135)
第一节 常用低压电器	(135)
第二节 常用控制线路	(141)
思考与练习	(147)
第九章 供电与安全用电	(150)
第一节 概述	(150)
* 第二节 供电	(152)
第三节 安全用电	(168)
思考与练习	(171)

下篇 电子技术

第十章 晶体二极管和整流电路	(172)
第一节 晶体二极管	(172)
第二节 晶体二极管整流电路	(174)
第三节 硅稳压管稳压电路	(182)
思考与练习	(183)
第十一章 晶体三极管和基本放大电路	(186)
第一节 晶体三极管	(186)
第二节 基本放大电路	(191)
第三节 放大电路中的负反馈	(197)
第四节 多级放大电路	(204)

第五节 场效应管及其放大电路	(208)
思考与练习	(216)
第十二章 直流和集成运算放大电路	(225)
第一节 直流放大电路	(225)
第二节 集成运放	(230)
第三节 集成运放的应用	(233)
第四节 电压比较器	(237)
思考与练习	(238)
第十三章 功率放大电路及稳压电源	(242)
第一节 功率放大电路	(242)
第二节 晶体管稳压电源	(248)
思考与练习	(252)
第十四章 晶闸管及其应用	(255)
第一节 晶闸管简介	(255)
第二节 晶闸管整流电路	(257)
第三节 晶闸管的触发电路	(260)
第四节 双向晶闸管及其应用简介	(261)
思考与练习	(263)
第十五章 数字电路基础	(264)
第一节 数制	(264)
第二节 门电路	(266)
思考与练习	(276)
第十六章 数字集成电路	(279)
第一节 触发器	(279)
第二节 寄存器	(286)
第三节 计数器	(289)
思考与练习	(293)
第十七章 波形产生和变换	(296)
第一节 正弦波振荡器	(296)
第二节 脉冲发生器	(304)
思考与练习	(314)
第十八章 数 - 模和模 - 数转换器	(316)
第一节 数 - 模转换器	(316)
第二节 模 - 数转换器	(320)
思考与练习	(324)
附 录	(325)
附录一 常用符号表	(325)

附录二	常用电气图用图形符号	(327)
附录三	晶体管型号命名方法	(331)

上篇 电工技术

第一章 电路的基本概念和基本定律

本章主要讨论电路的基本物理量和分析电路的基本定律,在复习物理学知识的基础上,提出了电压、电流的正方向概念,这些内容是分析和计算电路的基础。

本章还讨论了电路的基本工作状态,电气设备的额定值,电路中各点电位的计算方法,这为今后分析电子线路打下基础。

第一节 电 路

一、电路及其组成

由电气设备和元器件按一定方式联接起来,为电流流通提供的路径叫电路。电路由电源、负载和中间环节三个基本部分组成。

电源是电路中提供能量的设备,它将非电能转换为电能。如发电机、蓄电池等是将机械能、化学能等转换为电能。

负载是电路中吸收电能的设备,它将电能转换为其它形式的能量。如电动机、电炉等是将电能转换为机械能、热能等。

中间环节联接于电源与负载之间,它实现电能的传输与信号的处理。如金属导线、开关、熔断器、放大器等。

日常生活中使用的手电筒就是一个简单的实物电路,如图 1-1(a)所示。这个电路由电源(干电池)、负载(小灯泡)和中间环节(导线、开关)所组成。

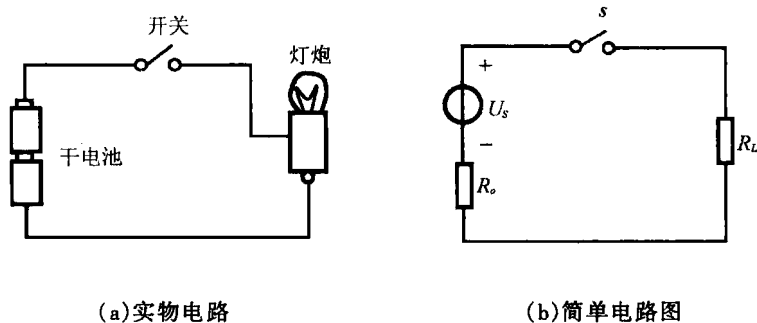


图 1-1 简单电路的组成

为研究电路的一般规律,便于对电路进行分析与计算,常把实际电路的元件近似化、理想化,在一定的条件下忽略实际元件的次要性质,用其主要特征来表征,将其看成理想的电路元件。理想电路元件具有单一的电或磁的性质,可用简单的数学关系式予以描述。例如:白炽灯主要是消耗电能,呈电阻特性,而产生的磁场却是很微弱的,可近似看成纯电阻元件。

今后书中如未加特殊说明,所分析的电路(也称电路模型)均由理想元件组成。在电路图中,各种电路元件用规定的图形符号表示。图 1-1(b)为手电筒的电路图。

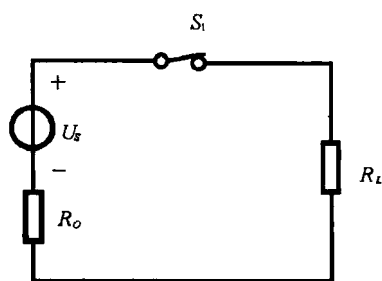
二、电路的工作状态

电路的工作状态有三种,以图 1-2 所示简单直流电路为例:

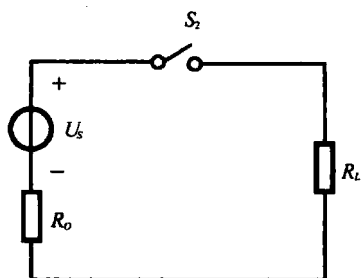
将开关 S_1 合上,如图 1-2(a)所示,电源与负载接通,电路各部分联成闭合回路,有电流通过,称为通路(有载)状态。

将开关 S_2 打开,如图 1-2(b)所示,电源与负载断开,电路无电流流过,称为开路(断路)状态。

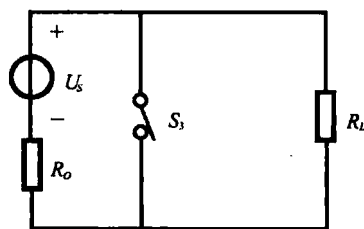
将 S_3 闭合,如图 1-2(c)所示,电源被短路,输出电流经短路线流回电源,称为短路。



(a)通路



(b)开路



(c)短路

图 1-2 电路的三种状态

由于电源内阻很小,电路发生短路时电流很大,易造成事故,应尽量避免。实用电路中一般接入熔断器或自动断路器起断路保护作用。但短路也可利用,如电焊机工作时,焊条与工作面接触,也是短路,可获得大电流,熔化接触面。

综上所述,在电路的三种工作状态中,通路状态是电路的基本工作状态,而开路状态和短路状态只是电路的两种特殊状态。从电源方面看,开路状态相当于外部电阻 R 为无穷大,短路状态相当于外部电阻为零。

第二节 电流和电压

一、电流

由物理学可知,电荷的定向移动形成电流。电流的实际方向习惯上指正电荷运动的方向,电流的大小常用电流强度来表示。电流强度指单位时间内通过导体横截面的电荷量,电流强度简称电流。

电流主要分为两类:一是大小和方向均不随时间改变的电流称为恒定电流,简称直流电,其强度用 I 表示。二是电流的大小和方向都随时间而变化,称为变动电流,其中一个周期内电流的平均值为零的变化电流称为交流电,其强度用 i 表示。

对于直流电流,单位时间内通过导体截面的电荷是恒定不变的,其电流强度为

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

对于交流(含变动)电流,在一个无限小的时间间隔 dt 内,通过导体横截面的电荷量为 dq ,则该瞬间的电流强度为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

国际单位制中,电流的单位是安培(A)。实际应用中,也用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)做电流单位,其换算关系如下

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

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

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

二、电压

在电路分析中,常用到的另一个基本物理量是电压。直流电压用符号 U 表示,交流电压用符号 u 表示。

在图 1-3 中, a 是电源的正极, b 是电源的负极,正电荷 Q 在电场力 F 的作用下,由 a 点移动到 b 点,电场力所作的功为 W ,则电路中 a 、 b 两点间的电压为 U_{ab}

$$U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-3)$$

电压可用电位来表示

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (1-4)$$

式中 U_a 、 U_b 分别为 a 、 b 两点的电位。引入电位概念后,电压的实际方向可表达成由高电位指向低电位,故电压常称为电压降。通常高电位用“+”表示,低电位用“-”表示。

国际单位制中,电压的单位为伏特(V)。实际应用中,也用千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V)做电压单位,其换算关系如下:

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

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

$$1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

三、电流、电压正方向

在电路的分析与计算时,电流、电压的实际方向往往事先难以确定,因此常常任意假定某一方向为电流或电压的方向,这个假定方向称为参考方向或正方向,通常用箭头或极性标注在电路上,如图 1-4 所示。

在选定电流或电压的正方向下,经电

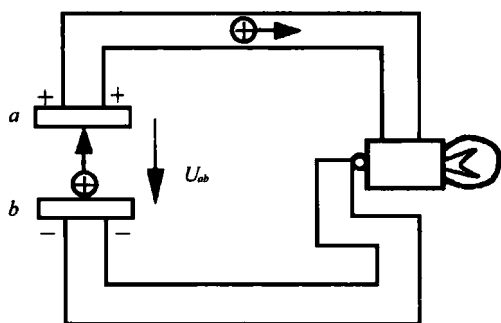


图 1-3 电场力做功

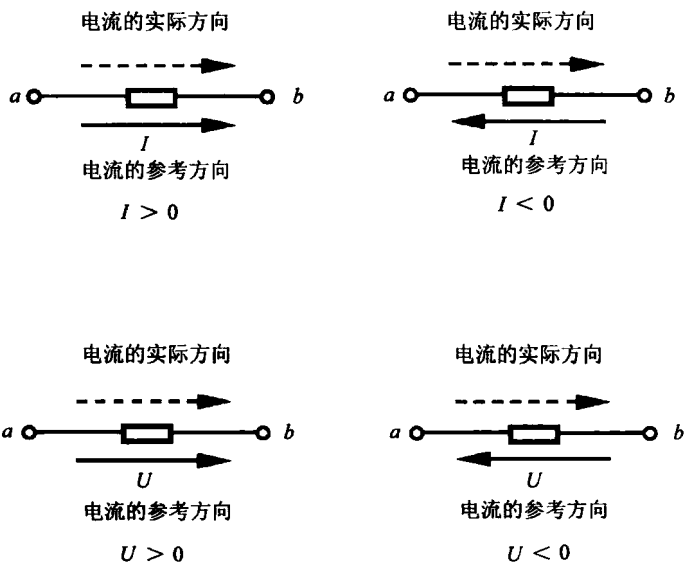


图 1-4 电流、电压的正方向与实际方向

路的分析与计算,若电流或电压为正值,表示正方向与实际方向一致,若为负值,则相反。

应当指出,电流与电压的正方向可以任意假设,彼此无关,但为了方便起见,通常将电流与电压的正方向假设为一,称关联参考方向。否则,称非关联参考方向。

正方向是有关电路分析计算的一个重要概念,不规定正方向而讨论电流、电压的正负是没有意义的。

例 1.1 在图 1-5 中,电流正方向已标出,且 $I_1 = 2\text{A}$, $I_2 = -2\text{A}$,试指出电流的实际

方向。

解: $I_1 = 2\text{A} > 0$, 则 I_1 的实际方向与正方向相同, 电流由 a 点流向 b 点。

$I_2 = -2\text{A} < 0$, 则 I_2 的实际方向与正方向相反, 电流由 a 点流向 b 点。

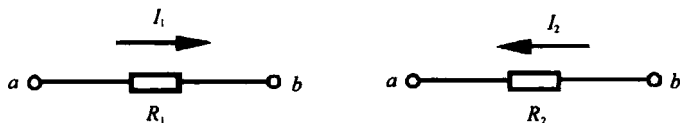


图 1-5 例 1.1 的图

例 1.2 在图 1-6 中, 电压正方向已标出, 且 $U_1 = 10\text{V}$, $U_2 = -10\text{V}$, 试指出电压的实际方向。

解: $U_1 = 10\text{V} > 0$, 表明 U_1 的实际方向与正方向相同, 电压由 a 点指向 b 点, 即 a 点电位高于 b 点电位。

$U_2 = -10\text{V} < 0$, 表明 U_2 的实际方向与正方向相反, b 点电位高于 a 点电位, 即电压由 b 点指向 a 点。

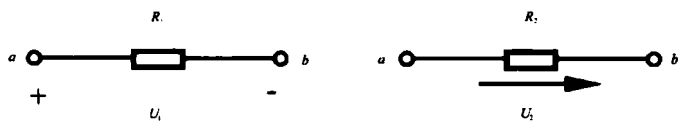


图 1-6 例 1.2 的图

第三节 欧姆定律

欧姆定律指出, 流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比, 它是电路的基本定律之一。

图 1-7 所示电路中, 在电压与电流关联方向下, 欧姆定律可表示为

$$U = IR \quad (1-5)$$

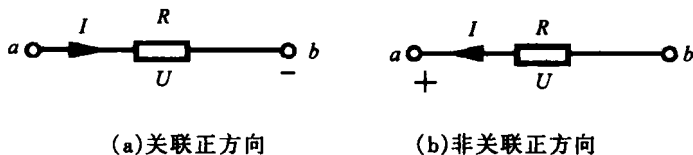


图 1-7 欧姆定律

如果电阻上的电压与电流的正方向非关联, 则欧姆定律表示为

$$U = -IR \quad (1-6)$$

电流、电压的正方向不同时, 欧姆定律的表达式也不同。实际应用时, 通常将电流、电压正方向假设为关联。

在国际制单位中, 电阻的单位是欧姆(Ω)。对于阻值很大的电阻, 可用千欧($\text{k}\Omega$)、兆

欧(MΩ)为单位,它们的关系是

$$1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$$

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$$

例 1.3 在图 1-8 中,已知 $U = 10\text{V}$, $I = -2\text{mA}$,试求电阻 R

解: 在图 1-8 中,由于电压与电流的正方向相反,因此

$$U = -IR$$

$$R = -\frac{U}{I} = \frac{10}{2} = 5 \text{ k}\Omega$$

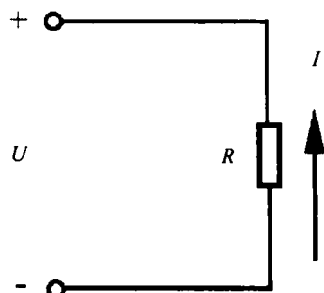


图 1-8 例 1.3 的图

第四节 电功率和电能

一、电能

在导体两端加上电压,导体内部就建立了电场,电场力在推动自由电子定向移动中要做功。设导体两端的电压为 U ,通过导体的横截面的电荷为 Q ,则电场力做功为 $W = QU$,简称电能。又 $Q = It$,所以

$$W = UIt \quad (1-7)$$

电场力做功的过程实际是电能转化为其它形式的能的过程,它遵守能量守恒定律。对于纯电阻电路,电能将全部转化为电阻的热能,以热量的形式全部散发到周围空间。

国际制单位中,电能的单位为焦耳(J)。工程上常以千瓦时(kWh)(俗称度)为电能单位。

$$1 \text{ 度} = 1 \text{ 千瓦时} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

二、电功率

电场力所作的功跟完成这些功所用的时间的比值叫做电功率,用 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-8)$$

在直流电阻电路中,电阻消耗的功率还可表达为:

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1-9)$$

国际制单位中,电功率的单位为瓦(W)。实际应用中,也用千瓦(kW)、毫瓦(mW)、等做单位。

电器设备为了安全可靠地工作,都规定有电流、电压和功率的额定值。额定值通常由制造厂规定,标明在产品的铭牌上,设备只有在额定值情况下运行,才能确保它的正常工作与使用寿命。

例 1.4 教室有 40W 日光灯 8 只,每天用电 4 小时,一个月按 30 天计算,问一个月耗

电多少度?若每度电收费 0.8 元,一个月应付电费多少?

解: 8 只灯的总功率为

$$P = 40 \times 8 = 320 \text{ W} = 0.32 \text{ kW}$$

一个月的耗电为

$$W = Pt = 0.32 \times 4 \times 30 = 38.4 \text{ kWh}$$

应付电费

$$38.4 \times 0.8 = 30.72 \text{ 元}$$

例 1.5 标称值为“ $1/4\text{W}$ 、 $10\text{k}\Omega$ ”的金属膜电阻,其允许通过的最大工作电流是多少?能承受的最大工作电压是多少?

解: 该电阻的额定功率为 $1/4\text{W}$,正常使用时,实际功率不能超过额定值。因此,允许通过的最大工作电流为

$$P = I^2 R$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{4} \times 10^{-4}} = 0.005 \text{ A} = 5 \text{ mA}$$

能承受的最大工作电压为

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{\frac{1}{4} \times 10000} = 50 \text{ V}$$

第五节 基尔霍夫定律

分析与计算电路的基本定律,除了欧姆定律以外,还有基尔霍夫电流和电压定律,基尔霍夫电流定律应用于节点,电压定律应用于回路。

一、电路的几个术语

1. 支路:无分支的一段电路称为支路。同一支路流过同样的电流,称支路电流。图 1-9 中有三条支路,分别是 ab 、 adb 、 acb 。支路 adb 中有电源称为含源支路,支路 ab 中没有电源称为无源支路。

2. 节点:电路中三条或三条以上支路的连接点称为节点。图 1-9 中 a 、 b 是节点。

3. 回路:电路中任一闭合路径称为回路。图 1-9 中有三个回路,分别是 $abca$ 、 $adba$ 、 $adbca$ 。

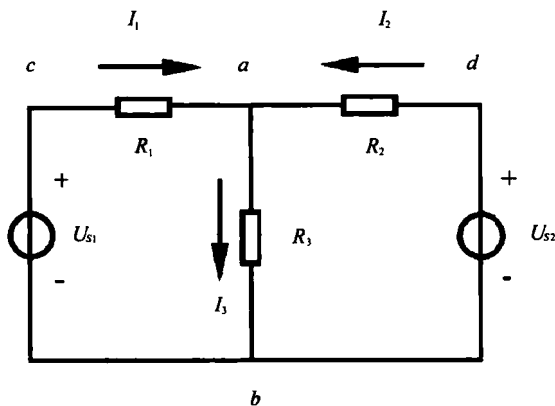


图 1-9 基尔霍夫定律