

中国电子教育学会中专教育委员会
全国中专电子类教材协会

推荐教材



- 中等专业学校教材
- 中等职业技术教育教材

应用电工学

(第2版)

● 林庆云 主编 ● 杜金朋 主审

43



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

● 中等专业学校教材

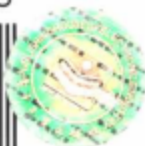
● 中等职业技术教育教材

- 电工技术
- 应用电工学 (第2版)
- 电子技术
- 应用电子技术
- 电子技术基础
- 电路基础
- 电路 CAD
- 数字电路 (第2版)
- 低频电子线路
- 高频电子线路
- 脉冲与数字电路
- 电视技术基础
- 电视机原理与检修
- 录音与录像技术
- 单片机原理及应用
- 电子产品工艺
- 电子测量仪器与应用
- 通信技术基础
- 应用机械基础
- 工程制图 (非机械类)
- 工程制图习题集 (非机械类)
- 工程制图
- 工程制图习题集
- 新编 AutoCAD 2000 实用教程
- CAD/CAM-实用教程
- 可编程控制器使用教程
- 控制技术及应用
- 数字音像设备
- 常用办公设备的检测与维修
- 模具设计与制造实训指导
- 计算机应用基础
- Word 2000 实用教程
- Excel 2000 实用教程
- 计算机应用与操作
- 计算机应用基础与上机指导
- 计算机专业英语
- 计算机组装与维护 (第二版)
- 计算机常见故障与检修实例教程
- C 语言与数据结构
- 电子商务英语
- 电子商务技术教程
- 网络金融实务
- Internet 使用教程
- 网页制作教程
- 操作系统教程 (DOS/Windows 98)
- SQL Server 7.0 实用教程
- SQL Server 2000 实用教程
- 数据库原理与应用
- 实用办公软件基础教程 (第二版)
- 网络工程基础
- 计算机网络实用技术
- 计算机网络技术基础
- 多媒体基础教程
- 多媒体软件应用
- 三维动画简明教程
- 电脑动画制作教程
- 磁盘工具软件简明教程
- FrontPage 2002 中文版教程
- QBASIC 程序设计
- Visual Basic 程序设计 (第2版)
- Visual FoxPro 程序设计
- Windows 2000 Server 组网与维护技术
- 中文 Windows 3.2/95 基础教程
- 中文 Windows 98/2000 基础教程
- 数据结构 (工科)
- 数据结构 (C 语言版)
- 信息检索与利用

ISBN 7-5053-8545-3



9 787505 385450 >



责任编辑: 刘文杰

封面美编: 孙焱津

本书贴有激光防伪标志, 凡没有防伪标志者, 属盗版图书。

ISBN 7-5053-8545-3/TM·44

定价: 20.00 元

中等专业学校教材
中等职业技术教育教材

应用电工学

(第2版)

林庆云 | 主编 杜金朋 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书分为两篇,第1篇为电工学,第2篇为电子学,共14章,每章均有小结和习题。

第1篇内容有:直流电路、磁与电磁、正弦交流电路、三相交流电路、变压器与电动机、低压电器和基本控制电路、供电和用电基本知识,共7章。目的是使学生掌握电工的基本原理和分析计算方法,并为学习后继课程及今后从事实际工作打下必要的基础。

第2篇内容有:半导体元件、交流放大器、直流放大器与运算放大器、正弦波振荡电路、数字电路的基本知识、时序逻辑电路与组合逻辑电路、整流电路,共7章。目的是使学生获得电子技术的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题、解决问题的能力 and 动手的能力。

本教材可作为中专、中职学校工科非电类专业教材,也可供有关技术人员和中等文化程度的人员自学。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

应用电工学/林庆云主编.—2版.—北京:电子工业出版社,2003.3

中等专业学校教材 中等职业技术教育教材

ISBN 7-5053-8545-3

I. 应… II. 林… III. 电工学—专业学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 010708 号

责任编辑:刘文杰

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1 092 1/16 印张:16 字数:410 千字

版 次:2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:20.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010)68279077

前 言

本书根据中专、中职学校新时期职业教育的特点和教学要求的实际组织编写。总学时为140学时,其中包括实验30学时,机动10学时。

伴随新技术革命和教学改革不断深入,结合当前应用电工学的发展,本书精选教学内容,力求做到深浅适度,主次分明,详略恰当,集基础性、理论性和实践性于一体。编写时采取精讲、够用,突出应用性和实践性,用浅显的定性说明代替烦琐的理论推导,有利于教师教学,也有利于学生学习,既传授学生知识,又培养学生自学能力,使学生能适应新技术发展的需要,为进一步学习有关科学技术打下基础。

由于电工学的应用领域不断扩大,而且各个地区、学校的具体情况不同,因此对课程的要求不可能完全一样,在组织教学时可根据学校专业设置的侧重点进行教学。同时,本书也可供有关工程技术人员参考学习。

本书由林庆云主编,杜金朋主审,王玉兰、孙艳霞、管其勇、李敬萍、纪静波、李春丽、渠丽岩等老师参编。本书在再版过程中,宋贵林老师审阅了书稿,给予了大力支持和帮助,湖南有色金属职工中等专业学校王昆山老师提出了宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请大家批评指正。

编 者

2002年10月

目 录

第 1 篇 电工学	(1)
第 1 章 直流电路	(1)
1.1 电路的基本知识	(1)
1.1.1 电路的组成和作用	(1)
1.1.2 电路的基本物理量	(2)
1.2 欧姆定律及其应用	(5)
1.2.1 部分电路的欧姆定律	(5)
1.2.2 全电路的欧姆定律	(6)
1.2.3 电功与电功率	(7)
1.3 电阻的串、并联及其应用	(8)
1.3.1 电阻	(8)
1.3.2 电阻的串联及应用	(9)
1.3.3 电阻的并联及应用	(11)
1.3.4 电阻的混联电路	(13)
1.4 基尔霍夫定律	(14)
1.4.1 基尔霍夫第一定律(KCL)	(14)
1.4.2 基尔霍夫第二定律(KVL)	(15)
1.4.3 支路电流法	(16)
1.5 叠加原理	(17)
1.6 戴维南定理	(18)
本章小结	(19)
习题 1	(20)
第 2 章 磁与电磁	(23)
2.1 磁感应强度及有关物理量	(23)
2.1.1 磁感应强度	(23)
2.1.2 磁通	(24)
2.1.3 磁导率	(24)
2.1.4 磁场强度	(24)
2.2 铁磁材料的性能、分类和用途	(25)
2.2.1 铁磁材料的磁化	(25)
2.2.2 磁滞回线	(26)
2.2.3 铁磁材料的性能、分类和用途	(26)
2.3 磁路欧姆定律及电磁铁	(27)
2.3.1 磁路欧姆定律	(27)

2.3.2 电磁铁	(28)
2.4 电磁感应	(29)
2.4.1 楞次定律	(29)
2.4.2 法拉第电磁感应定律	(30)
2.4.3 自感与自感系数	(30)
本章小结	(31)
习题 2	(31)
第 3 章 正弦交流电路	(33)
3.1 正弦交流电的基本概念	(33)
3.1.1 什么是交流电	(33)
3.1.2 正弦交流电动势的产生	(33)
3.1.3 正弦交流电的三要素	(35)
3.1.4 正弦交流电的有效值	(37)
3.2 正弦交流电的表示法及几个正弦交流电的相加、相减	(37)
3.2.1 解析法	(37)
3.2.2 图解法	(38)
3.2.3 旋转矢量法	(38)
3.2.4 几个正弦量的相加、相减	(38)
3.3 纯电阻电路	(40)
3.4 纯电感电路	(41)
3.5 纯电容电路	(42)
3.5.1 电容器及其串并联	(42)
3.5.2 纯电容电路	(44)
3.6 电阻、电感串联电路	(45)
3.7 电阻、电感、电容串联电路	(48)
3.7.1 串联电路	(48)
3.7.2 串联谐振	(49)
3.8 感性负载与电容并联电路	(51)
3.8.1 并联电路	(51)
3.8.2 并联谐振	(53)
3.9 提高功率因数的意义及一般方法	(54)
3.9.1 提高功率因数的意义	(54)
3.9.2 提高功率因数的一般方法	(55)
本章小结	(55)
习题 3	(57)
第 4 章 三相交流电路	(59)
4.1 三相对称电动势的产生	(59)
4.2 三相发电机绕组的星形(Y)连接	(60)
4.3 三相负载的星形连接	(61)
4.3.1 三相不对称负载的星形连接	(61)

4.3.2 对称负载的星形连接	(62)
4.3.3 中线的作用	(63)
4.4 三相负载的三角形(Δ)连接	(64)
4.5 三相负载功率的计算	(66)
本章小结	(68)
习题 4	(69)
第 5 章 变压器与电动机	(70)
5.1 变压器	(70)
5.1.1 变压器的用途	(70)
5.1.2 变压器的工作原理	(70)
5.1.3 变压器的实际结构与铭牌	(75)
5.1.4 几种常用的变压器	(78)
5.1.5 三相变压器	(79)
5.2 交流电动机	(81)
5.2.1 三相异步电动机的结构	(81)
5.2.2 三相异步电动机的工作原理	(82)
5.2.3 转差率和工作特性	(85)
5.2.4 异步电动机的启动和调速	(86)
5.2.5 异步电动机的铭牌	(87)
5.2.6 三相异步电动机的维护和常见故障	(87)
5.3 单相异步电动机	(88)
5.4 直流电动机	(91)
5.4.1 直流电动机的基本结构	(91)
5.4.2 工作原理	(94)
5.4.3 直流电动机的分类及机械特性	(95)
5.4.4 直流电动机的控制原理	(96)
5.4.5 直流电动机的使用和维护	(97)
本章小结	(98)
习题 5	(99)
第 6 章 低压电器和基本控制电路	(100)
6.1 常用低压电器	(100)
6.1.1 组合开关	(100)
6.1.2 熔断器	(101)
6.1.3 接触器	(101)
6.1.4 按钮开关	(102)
6.1.5 行程开关	(102)
6.1.6 继电器、热继电器和时间继电器	(103)
6.1.7 自动空气断路器	(105)
6.2 电气控制线路原理图的有关知识	(106)
6.2.1 控制线路的组成	(106)

6.2.2	原理图的绘制规则	(106)
6.3	鼠笼式异步电动机的直接启动和正反转的控制线路	(107)
6.3.1	点动控制线路	(107)
6.3.2	具有过载保护的接触器自锁控制线路	(107)
6.3.3	正反转控制线路	(108)
6.4	工作台的限位和自动往返控制线路	(109)
6.4.1	工作台的限位	(109)
6.4.2	自动往返行程控制	(109)
6.5	两台电动机的联锁控制线路	(110)
6.5.1	联锁的概念	(110)
6.5.2	两台电动机的联锁控制线路	(110)
6.6	鼠笼式电动机 Y- Δ 降压启动的控制线路	(111)
6.7	几种工作机械电气控制线路	(112)
6.7.1	阅读电气原理图方法	(112)
6.7.2	CW6163B 型万能普通车床的电气控制线路	(112)
6.7.3	电动葫芦的电气控制线路	(114)
6.8	电气系统在运行中的监视和常见故障	(115)
6.8.1	监视	(116)
6.8.2	常见故障	(116)
	本章小结	(119)
	习题 6	(120)
第 7 章	供电和用电基本知识	(122)
7.1	发电、输电和配电概况	(122)
7.1.1	电力系统	(122)
7.1.2	厂矿企业的配电	(122)
7.2	安全用电常识	(123)
7.2.1	电伤和电击	(123)
7.2.2	电火灾和雷击	(123)
7.2.3	常见的触电原因	(124)
7.2.4	常用安全用电措施	(124)
7.3	计划用电和节约用电	(125)
7.3.1	计划用电	(126)
7.3.2	节约用电	(126)
	本章小结	(127)
	习题 7	(127)
第 2 篇	电子学	(128)
第 8 章	半导体器件	(128)
8.1	半导体基础知识	(128)
8.1.1	导体、绝缘体和半导体	(128)
8.1.2	半导体的类型及导电特点	(128)

8.1.3	PN 结及其单向导电	(129)
8.2	晶体二极管	(129)
8.2.1	二极管的结构及其种类	(129)
8.2.2	二极管的伏安特性	(130)
8.2.3	二极管的主要参数	(131)
8.2.4	二极管性能的简易测试	(131)
8.3	晶体三极管	(131)
8.3.1	三极管的结构及其类型	(132)
8.3.2	三极管的电流放大作用	(133)
8.3.3	三极管的特性曲线	(134)
8.3.4	三极管的主要参数	(135)
8.3.5	温度对三极管的影响	(136)
8.3.6	三极管的简易测试	(137)
8.4	场效应管	(138)
8.4.1	MOS 管的结构和种类	(138)
8.4.2	增强型 MOS 管的工作原理	(139)
8.4.3	增强型 MOS 管的主要参数	(141)
8.4.4	场效应管与三极管的比较	(141)
本章小结		(142)
习题 8		(142)
第 9 章	交流放大器	(144)
9.1	基本放大电路	(144)
9.1.1	放大器的要求及主要参数	(144)
9.1.2	基本放大电路的组成及各元件的作用	(146)
9.1.3	放大器的工作原理	(146)
9.1.4	放大器的三种组态	(148)
9.2	放大器的基本分析方法	(149)
9.2.1	图解分析法	(149)
9.2.2	等效电路分析法	(151)
9.3	偏置电路及工作点的稳定	(153)
9.3.1	温度对工作点的影响	(153)
9.3.2	常用的偏置电路	(153)
9.4	多级放大器	(155)
9.4.1	多级放大器的级间耦合	(155)
9.4.2	多级放大器的分析	(156)
9.5	放大器的频率特性	(157)
9.5.1	阻容耦合单管放大器的幅频特性	(157)
9.5.2	多级阻容耦合放大器的幅频特性	(158)
9.6	负反馈放大器	(158)
9.6.1	反馈的概念	(158)

9.6.2	射极输出器	(159)
9.6.3	多级负反馈放大器	(161)
9.7	功率放大器	(161)
9.7.1	功率放大器的特点	(161)
9.7.2	单管功率放大器	(163)
9.7.3	乙类推挽功率放大器	(163)
本章小结		(165)
习题 9		(165)
第 10 章	直流放大器与运算放大器	(169)
10.1	直流放大器	(169)
10.1.1	级间耦合方式	(169)
10.1.2	零点漂移及其抑制方法	(169)
10.2	差动放大器	(170)
10.2.1	差动放大器的组成及工作原理	(170)
10.2.2	典型差动放大器	(171)
10.3	集成运算放大器	(171)
10.3.1	集成运算放大器概述	(172)
10.3.2	常用信号运算电路	(174)
10.3.3	电压比较器	(174)
本章小结		(175)
习题 10		(176)
第 11 章	正弦波振荡电路	(177)
11.1	正弦波振荡的基本原理	(177)
11.1.1	概述	(177)
11.1.2	选频网络	(177)
11.1.3	振荡平衡条件	(179)
11.1.4	振荡器的起振和振幅稳定	(179)
11.2	LC 振荡器	(180)
11.2.1	变压器反馈式 LC 振荡器	(180)
11.2.2	电感三点式振荡器	(181)
11.2.3	电容三点式振荡器	(182)
本章小结		(184)
习题 11		(185)
第 12 章	数字电路的基础知识	(186)
12.1	概述	(186)
12.1.1	脉冲波的特点	(186)
12.1.2	数字电路的特点	(187)
12.2	RC 电路	(187)
12.2.1	电容器的充放电	(187)
12.2.2	微分电路	(188)

12.2.3 积分电路	(189)
12.3 晶体管的开关特性和反相器	(190)
12.3.1 晶体管的开关特性	(190)
12.3.2 反相器的工作原理	(191)
12.3.3 反相器的截止与饱和条件	(191)
12.4 数的表示法	(192)
12.4.1 二进制数	(193)
12.4.2 二进制数和十进制数的互换	(193)
12.4.3 二进制数的四则运算	(193)
12.4.4 8421 码简介	(194)
12.5 逻辑门电路	(194)
12.5.1 与门电路	(194)
12.5.2 或门电路	(195)
12.5.3 非门电路	(196)
12.5.4 复合门	(196)
12.6 集成门电路	(197)
12.6.1 TTL 集成与非门电路	(198)
12.6.2 集成与非门的主要参数	(198)
12.7 触发器	(199)
12.7.1 基本 RS 触发器	(200)
12.7.2 钟控 RS 触发器	(200)
12.7.3 JK 触发器	(201)
12.7.4 D 触发器	(203)
本章小结	(204)
习题 12	(206)
第 13 章 时序逻辑电路与组合逻辑电路	(210)
13.1 计数器	(210)
13.1.1 二进制加法计数器	(210)
* 13.1.2 异步二进制减法计数器	(212)
13.1.3 十进制计数器	(212)
13.2 寄存器	(215)
13.2.1 数码寄存器	(215)
13.2.2 移位寄存器	(216)
13.3 译码器	(218)
13.3.1 二极管译码器	(218)
13.3.2 与非门译码器	(218)
13.4 数字显示电路	(220)
13.4.1 LED 显示电路	(220)
13.4.2 液晶显示电路	(221)
本章小结	(222)

习题 13	(223)
第 14 章 整流电路	(225)
14.1 单相整流电路	(225)
14.1.1 单相半波整流电路	(225)
14.1.2 单相全波整流电路	(226)
14.1.3 单相桥式整流电路	(227)
* 14.2 三相整流电路	(229)
14.2.1 三相半波整流电路	(229)
14.2.2 三相桥式整流电路	(230)
14.3 滤波电路	(231)
14.3.1 电容滤波电路	(231)
14.3.2 电感滤波电路	(232)
14.3.3 复式滤波电路	(233)
14.4 稳压电路	(233)
14.4.1 并联型稳压电路	(234)
14.4.2 串联型稳压电路	(236)
14.4.3 集成稳压器	(237)
本章小结	(239)
习题 14	(240)
附录 A 常用低压熔丝的额定电流和熔断电流	(242)
附录 B 整流二极管主要参数	(242)
附录 C 稳压管主要参数	(243)
附录 D 国产集成稳压器型号及主要参数	(244)

第 1 篇 电 工 学

第 1 章 直 流 电 路

稳态直流电路,简称直流电路,是电路中各处电压、电流不随时间变化的一种电路,是电路中最简单的一种,实际应用极为广泛。在一定的条件下,直流电路的基本定律与分析方法也适用于其他种类的电路。因此,学好直流电路的理论是学好本课程的第 1 步。

1.1 电路的基本知识

1.1.1 电路的组成和作用

各种装置在一起构成通过电流的路径叫做电路。确切地说,电路是构成电流通路的设备的总和。

最简单的电路由电源、负载、开关和连接导线组成。图 1.1(a)所示为一个简单电路的实物接线图。图中的电源是一节干电池。电源是将其他形式的能量转换成电能的装置。常见的电源有干电池、蓄电池、发电机等。负载也称用电器,是将电能转换成其他形式能量的器件或设备。如电灯可将电能转换成光能,电炉和电烙铁可将电能转换成热能,扬声器可将电能转换成声能,而电动机则可以把电能转换成机械能等。连接导线是输送和分配电能的导体,将电能引到负载中去,常用的导线是铜线、铝线。开关在电路中起控制作用。在一些电路中还安装有指示灯等附属器件。

实际应用的电路有的简单,有的复杂,但一个完整的电路,均由电源、负载、中间环节(导线、开关等)三个部分组成。图 1.1(a)所示的实物接线图可画为图 1.1(b)所示的简单电路图。

电路分为外电路和内电路。从电源的正极一端经过和它连接的全部负载和导线,再回到电源负极一端为止电流的路径,称为外电路。电源内部的通路称为内电路,如电池两极间的电路是内电路。本书仅研究外电路。

电路通常有三种状态:

第 1 种,通路(闭路)状态。在此状态下,开关闭合构成回路,此时电路中有电流。

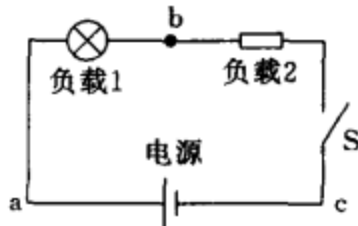


图 1.2 有两个负载的电路

第 2 种,断路(开路)状态。在此状态下,开关切断或电路中某一处断开,被切断电路中无电流。

第 3 种,短路(捷路)状态。如图 1.2 所示,若 ab 两点用导线直接接通,则称负载 1 被短路。若 ac 两点用导线直接接通,则称为负载全部短路或称电源被短路。短路状态的电源提供电流比通常大许多倍,因而,在实际应用中是不允许的。

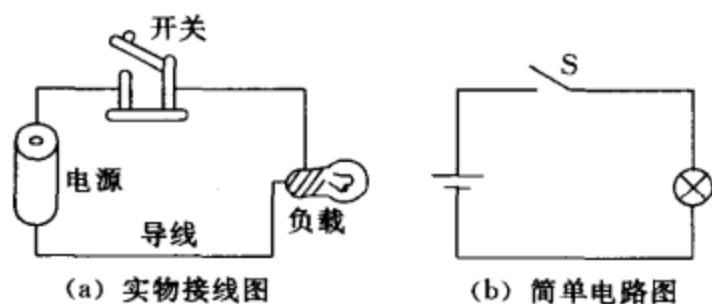
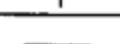


图 1.1 电路

构成电路的目的是转换、传输和分配电能,或是传递信号。电流是达到这些目的的手段。

为了便于分析、计算电路,电路可以用电路图来表示。用国家统一规定的符号表示电路连接情况的图叫电路原理图,简称电路图。电路图中常用的一部分图形符号如表 1.1 所示,用图形符号可以把图 1.1(a)所示的实物连接画成图 1.1(b)所示的电路原理图。

表 1.1 部分电工图形符号(摘自 GB4728—85)

	开 关		电 阻		接 机 壳
	电 池		电 位 器		接 地
	发 电 机		电 容		端 子
	线 圈		电 流 表		连接导线 不连接导线
	铁心线圈		电 压 表		熔 断 器
	抽头线圈		二 极 管		电 灯

1.1.2 电路的基本物理量

为了分析、计算电路的能量转换和信号处理,需要明确几个电学量的物理意义。

1. 电流与电流密度

电荷有规则的定向运动称为电流。

在不同的导体中,形成电流的运动电荷可以是正电荷,也可以是负电荷,甚至两者都有。为统一起见,规定以正电荷移动方向为电流方向。电流方向可以用箭头标明在路径上或路径的一侧。电流除了方向之外,还有强弱的问题。

度量电流的强弱用电流强度来表示。通常规定:1 秒钟内通过导体横截面的电量叫做电流强度,用字母 I 表示。若在 t 秒钟内通过导体横截面的电量是库仑,则电流强度 I 可以用下式表示

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

电流强度简称电流。“电流”一词,既代表一种物理现象(带电质点做定向运动),又代表一个物理量,具有双重意义。

电流的单位是安培,简称安(A)。若在 1 秒钟内通过导体横截面的电量是 1 库仑(C),则此导体的电流为 1A。常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A),它们之间的换算关系是

$$1\text{kA} = 10^3\text{A} \quad 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A} \quad 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

电流分直流电流和交流电流两大类。凡是大小和方向不随时间变化的电流称为恒定电流,简称直流(简写做 DC),如图 1.3(a)所示;凡是大小和方向随时间变化的电流称为交变电流,简称交流(简写做 AC),如图 1.3(b)所示。

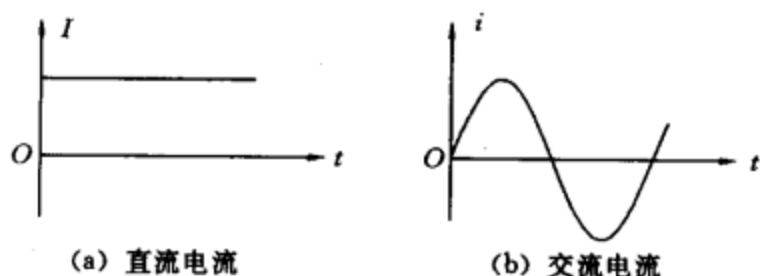


图 1.3 直流电流和交流电流

交流电流是随时间变化的,可以在一个很短的时间 Δt 内研究它的大小。在 Δt 时间内,若导体横截面的电量变化是 ΔQ ,则瞬时电流强度 i 为

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

一个实际电路中的电流大小可以用电

流表来测量。测量时必须把电流表串联在电路中,并使电流从表的正端流入,负端流出。同时要选择好电流表的量程(测量范围),使其稍大于实际电流的数值,否则可能烧坏电流表或测量不准确。

在实际工作中,有时需要选择导线的粗细(截面),这需要用到了电流密度这一概念。所谓电流密度是当电流在导体的横截面上均匀分布时,电流 I 与导体横截面积 S 的比值。电流密度 J 可用下式表示

$$J = \frac{I}{S} \quad (1-3)$$

通常导线横截面 S 的单位是毫米²(mm²),所以电流密度的单位是安/毫米²(A/mm²)。

导线允许的电流随导体截面积不同而不同,当导线中通过的电流超过允许电流时,导线将发热过大、冒火而出现事故。

2. 电压与电位

电压和电位都是表征电场或电路能量特性的物理量。

电压又称电位差,是衡量电场力做功本领大小的物理量。在电路中若电场力将正电荷 Q 从电场中一点 a 移到另一点 b 时,电场所做的功为 W_{ab} ,与电量 Q 的比值称为该两点间的电压,用符号 U_{ab} 表示,即

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-4)$$

若电场力将 1 库仑的电荷从 a 移到 b 所做的功是 1 焦耳(J),则 ab 间的电压值是 1 伏特,简称伏,用字母 V 表示。常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV),它们之间换算关系是

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} \quad 1\text{mV} = 10^{-3}\text{V} \quad 1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

电压和电流一样,是一个代数量,不但有大小,而且有方向,即有正负。电压的方向由(+)正极性指向(-)负极性,对负载来说,电压的实际方向与电流的方向一致。如图 1.4 中的 U_{ab} 为正, U_{ba} 为负,即 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。在电路图中,常以带箭头的细实线表示电压的方向。若遇到电路中某两点间的电压方向不能确定时,先假设一个方向为电压的参考方向,再根据计算所得的数值的正负来确定其实际方向,若计算结果为正,说明实际方向与参考方向相同,反之相反。

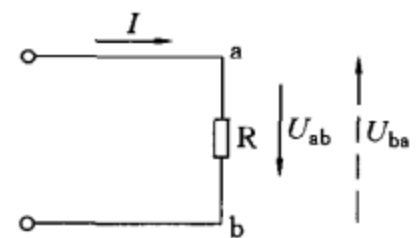


图 1.4 电压的方向

电阻两端的电压通常称为电压降。

在分析电路时,引入了电位的概念。电路中某点对参考点间的电压称为该点的电位;通常把参考点的电位规定为零电位,用符号 V 表示,如 V_a 则表示 a 点的电位。电位的单位仍然是 V 。

参考点的电位规定为零,因而低于参考点的电位是负电位,高于参考点的电位是正电位。电场力移动单位正电荷所做的功愈多,表明正电荷所处的点的电位愈高,反之电位愈低。这就是电位高低的含义。

在实际中通常以大地作为参考点,即把大地的电位规定为零,而电子设备中一般以金属板、机壳等公共点作为参考点,这样便于比较各点电位。

电路中任意两点的电位之差称为该两点的电位差,常用双脚标的字母 U_{ab} 表示,如 U_{ab} 表示 ab 两点的电位差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-5)$$

前面提及,电位差就是电压,两点间电位差与选取参考点无关,而电位是某点和参考点之间

的电压。

【例 1-1】 图 1.5 电路中,已知 $E=1.5\text{V}$;怎样确定 a,b,c 和 d 各点的电位?

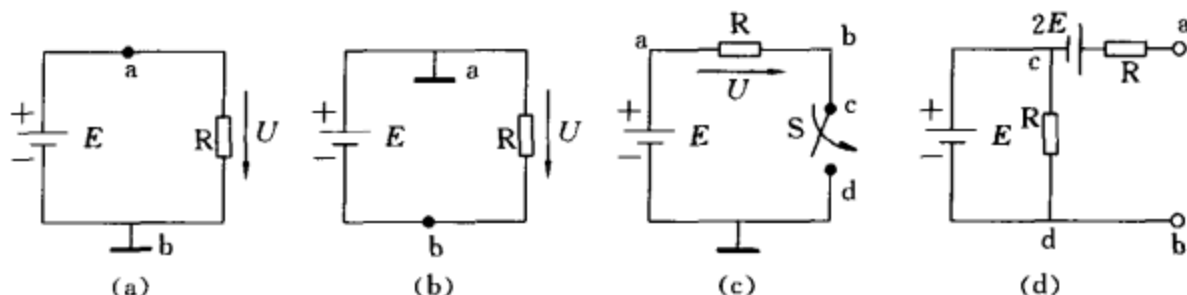


图 1.5 各点的电位

解:在图 1.6(a)中选 b 为参考点,则 $V_b=0$; $V_a=+E=+1.5\text{V}$ 。

在图 1.6(b)中选 a 为参考点,则 $V_a=0$; $V_b=-E=-1.5\text{V}$ 。

在图 1.6(c)中选 d 为参考点,则 $V_d=0$ 。

如果开关 S 断开,则 $V_a=V_b=V_c=+E=1.5\text{V}$;

如果开关 S 闭合,则 $V_d=V_c=V_b=0$;而 $V_a=+E=1.5\text{V}$ 。

在图 1.6(d)中,选 $V_d=0$,则 $V_c=+E=1.5\text{V}$ 。

$V_a=+E+2E=+3E=4.5\text{V}$, $V_d=V_b=0$;

选 $V_c=0$,则 $V_a=+2E=3\text{V}$, $V_b=V_d=-E=-1.5\text{V}$;

选 $V_a=0$,则 $V_c=-2E=-3\text{V}$; $V_b=V_d=-2E-E=-4.5\text{V}$ 。

从上例可见,参考点可以任意选择。参考点选得不同,电路中各点的电位也不同(电位的相对性)。但参考点一经选定,由于电场力所做的功与电荷经过的路径无关,电路各点电位就惟一确定(电位的单值性)。

那么,电路中两点间的电位差或电压的数值与参考点选取是不是有关系呢?通常电位下降的方向为两点间电压的方向。用箭头($\rightarrow$)表示高电位指向低电位。按(1-5)式看:在图 1.5(a)中, $U_{ab}=V_a-V_b=1.5-0=1.5\text{V}$;在图 1-5(b)中, $U_{ab}=V_a-V_b=0-(-1.5)=1.5\text{V}$ 。可见,在图 1.5(a)和图 1.5(b)中,不论选哪一点为参考点, U_{ab} 始终不变,总电压等于 1.5V ,即 E 的值。再如,图 1.5(d)中,选 $V_d=0$ 时, $U_{ab}=V_a-V_b=4.5-0=4.5\text{V}$;

选 $V_c=0$ 时, $U_{ab}=V_a-V_b=3-(-1.5)=4.5\text{V}$;

选 $V_a=0$ 时, $U_{ab}=V_a-V_b=0-(-4.5)=4.5\text{V}$ 。

这说明参考点不同时,各点的电位固然不同,但两点间的电位差即电压不随参考点不同而改变。

电压和电位可用电压表来测量,测量时应将电压表放在适当的量程上,使电压表的正负极性和被测电压一致,然后与被测电压并联。

电位概念应用举例。

(1)机壳为什么要接地?使用电压比较高的仪器或机床,都要求使用时将机壳接地,这是因为一般操作机器的人是站在地面上的,机壳接地就和人体等电位,人和机壳之间无电位差,所以比较安全。有时,用两台仪器时,两台仪器的外壳都要接地,使仪器外壳都和大地等电位而避免相互间有电位差。在实际应用中,为了使电位稳定,不但要求接地,而且还要将机壳牢靠地接地(用较粗的铜棒较深地扎入土中),以确保这些点的电位稳定为零,避免人体触电危险。接地也是电子设备抗干扰的一种常用手段。

(2)用电位分析晶体管电路。图 1.6 是晶体管电路,在分析时要研究电路中四个点 b,c,e,o 之间的电压,即: U_{bo} , U_{co} , U_{eo} , U_{bc} 和 U_{ce} 等五个电压。如果用电位来分析,选 o 点为参考点,则只要