

学技能超简单



电子技术

超简单

蔡杏山◎主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

学技能超简单



电子技术

超简单

蔡杏山◎主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

本书是一本电子技术入门的图书，主要内容有电子技术基础、万用表的使用、常用电子元器件、基础电子电路、无线电广播与收音机电路原理、电子实践、电视机原理和示波器的使用。

本书基础起点低、语言通俗易懂、内容图文并茂且循序渐进，读者只要有初中文化程度，就能通过阅读本书而轻松掌握电子技术。本书适合作为初学者从零开始学习电子技术的自学图书，也适合作为职业院校电类专业的电子技术基础教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

学电子技术超简单/蔡杏山主编. —北京: 机械工业出版社, 2013. 7
(学技能超简单)

ISBN 978-7-111-43360-6

I. ①学… II. ①蔡… III. ①电子技术—基本知识 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 161575 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 徐明煜 责任编辑: 徐明煜 王 琪

版式设计: 霍永明 责任校对: 陈 越

封面设计: 马精明 责任印制: 李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.25 印张·320 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-43360-6

定价: 38.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

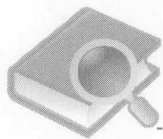
网络服务

社服中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版



前 言

电工、电子技术在现代社会中应用极为广泛，小到家庭的照明，大到神舟飞船的控制及通信系统，只要涉及用电的地方，就有电工、电子技术存在。电工技术属于强电技术，电子技术属于弱电技术，在以前，电工技术与电子技术的应用区分比较明显，而今越来越多的领域将电工与电子技术融合在一起，实现弱电对强电的控制，正因为如此，社会上对同时掌握电工与电子技术的复合型人才需求越来越多。

“家有万贯，不如一技在身”，技术会伴随一生，源源不断地创造财富。很多人已认识到技术的重要性，也非常想学好一门技术，但苦于重返学校或培训机构学习的成本太高。为了让无一技之长的人能低成本轻松掌握电工或电子技术，让已掌握电工或电子技术的人轻松掌握另一门技术，我们推出了这套《学技能超简单》丛书，让读者通过阅读本套丛书轻松快速掌握电工和电子技术。

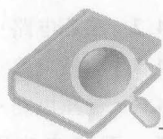
《学技能超简单》丛书主要有以下特点：

- ◆ **基础起点低。**读者只需具有初中文化程度即可阅读本套丛书。
- ◆ **语言通俗易懂。**书中少用专业化的术语，遇到较难理解的内容用形象比喻说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，图书阅读起来感觉会十分顺畅。
- ◆ **采用图文并茂的方式表现内容。**书中大多采用读者喜欢的直观形象的图表方式表现内容，使阅读变得非常轻松，不易产生阅读疲劳。
- ◆ **内容安排符合人的认识规律。**在图书内容顺序安排上，按照循序渐进、由浅入深的原则进行，读者只需从前往后阅读图书，便会水到渠成。
- ◆ **突出显示书中知识要点。**为了帮助读者掌握书中的知识要点，书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，指示学习重点。
- ◆ **网络免费辅导。**读者在阅读时遇到难理解的问题，可登录易天教学网(www.eTV100.com)，观看有关辅导材料或向老师提问进行学习，读者也可以在该网站了解本套丛书的新书信息。



本书由蔡杏山担任主编,在编写过程中还得到了许多教师的支持,其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、蔡理峰、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和部分章节的编写工作。由于我们水平有限,书中的错误和疏漏在所难免,望广大读者和同仁予以批评指正。

编者



目 录

前言

第1章 电子技术基础 1

1.1 基本常识 1

1.1.1 电路与电路图 1

1.1.2 电流与电阻 1

1.1.3 电位、电压和电动势 3

1.1.4 电路的三种状态 4

1.1.5 接地与屏蔽 5

1.2 欧姆定律 6

1.2.1 部分电路欧姆定律 6

1.2.2 全电路欧姆定律 7

1.3 电功、电功率和焦耳定律 8

1.3.1 电功 8

1.3.2 电功率 8

1.3.3 焦耳定律 9

1.4 电阻的串联、并联和混联 9

1.4.1 电阻的串联 9

1.4.2 电阻的并联 10

1.4.3 电阻的混联 11

1.5 直流电与交流电 11

1.5.1 直流电 11

1.5.2 交流电 12

第2章 万用表的使用 17

2.1 指针式万用表的使用 17

2.1.1 面板介绍 17

2.1.2 指针式万用表的测量原理 19

2.1.3 使用前的准备工作 21

2.1.4 测量直流电压 21

2.1.5 测量交流电压 22

2.1.6 测量直流电流 23

2.1.7 测量电阻值 24

2.1.8 指针式万用表使用注意事项 26

2.2 数字式万用表的使用 26

2.2.1 面板介绍 26

2.2.2 测量直流电压 27

2.2.3 测量交流电压 27

2.2.4 测量电阻值 28

第3章 常用电子元器件 30

3.1 电阻器 30

3.1.1 固定电阻器 30

3.1.2 电位器 35

3.1.3 敏感电阻器 37

3.2 变压器 41

3.2.1 外形与图形符号 41

3.2.2 结构、原理和功能 41

3.2.3 特殊绕组变压器 43

3.2.4 种类 44

3.2.5 主要参数 45

3.2.6 检测 46

3.3 电感器 48

3.3.1 外形与图形符号 48

3.3.2 主要参数与标注方法 48

3.3.3 性质 50

3.3.4 种类 51

3.3.5 检测 53

3.4 电容器 53

3.4.1 结构、外形与图形符号 53



3.4.2	主要参数	53
3.4.3	性质	54
3.4.4	种类	57
3.4.5	电容器的串联与并联	60
3.4.6	电容量与偏差的标注方法	61
3.4.7	常见故障及检测	63
3.5	二极管	64
3.5.1	半导体	64
3.5.2	二极管	65
3.5.3	发光二极管	69
3.5.4	光敏二极管	70
3.5.5	稳压二极管	71
3.6	晶体管	72
3.6.1	外形与图形符号	72
3.6.2	结构	72
3.6.3	电流、电压规律	74
3.6.4	放大原理	76
3.6.5	3种状态说明	77
3.6.6	主要参数	81
3.6.7	检测	82
3.6.8	晶体管型号命名方法	85
3.7	其他常用元器件	86
3.7.1	天线	86
3.7.2	陶瓷滤波器	86
3.7.3	开关	87
3.7.4	熔丝	87
3.7.5	传声器	87
3.7.6	扬声器	88
3.7.7	晶闸管	89
3.7.8	光耦合器	90
3.7.9	集成电路	91
第4章	基础电子电路	93
4.1	放大电路	93
4.1.1	固定偏置放大电路	93
4.1.2	电压负反馈放大电路	94
4.1.3	分压式电流负反馈放大电路	95
4.1.4	交流放大电路	96
4.2	谐振电路	98
4.2.1	串联谐振电路	98
4.2.2	并联谐振电路	99

4.3	振荡器	101
4.3.1	振荡器的组成与原理	101
4.3.2	变压器反馈式振荡器	101
4.4	电源电路	102
4.4.1	电源电路的组成	102
4.4.2	整流电路	103
4.4.3	滤波电路	105
4.4.4	稳压电路	108

第5章 无线电广播与收音机电路

原理	112
5.1 无线电波	112
5.1.1 水波与无线电波	112
5.1.2 无线电波的划分	113
5.1.3 无线电波的传播规律	113
5.2 无线电波的发送与接收	114
5.2.1 无线电波的发送	114
5.2.2 无线电波的接收	116
5.3 收音机的电路原理	117
5.3.1 调幅收音机的组成框图	117
5.3.2 调幅收音机单元电路分析	118
5.3.3 收音机整机电路分析	126

第6章 走进电子实践

6.1	实践入门	129
6.1.1	电烙铁	129
6.1.2	钎料与助焊剂	131
6.1.3	了解印制电路板	132
6.1.4	元器件的焊接与拆卸	133
6.2	收音机的组装与调试	135
6.2.1	收音机套件介绍	135
6.2.2	收音机的组装	135
6.2.3	收音机的调试	138
6.3	电子产品的常用检修方法	140
6.3.1	直观法	140
6.3.2	电阻法	140
6.3.3	电压法	142
6.3.4	电流法	143
6.3.5	信号注入法	145
6.3.6	断开电路法	145
6.3.7	短路法	146
6.3.8	代替法	146



6.4 收音机的检修.....	147	第8章 掌握示波器的使用	169
第7章 了解电视机原理	149	8.1 示波器的种类与波形显示原理	169
7.1 图像的分解与再现	149	8.1.1 示波器的种类	169
7.1.1 静止图像的分解与再现	149	8.1.2 示波管的结构	170
7.1.2 活动图像的实现	150	8.1.3 示波器的波形显示原理	171
7.2 电子扫描原理	150	8.2 单踪示波器	173
7.2.1 行扫描和场扫描	150	8.2.1 单踪示波器的组成与工作	
7.2.2 逐行扫描和隔行扫描	152	原理	173
7.3 光学知识	154	8.2.2 面板详细说明	177
7.3.1 光与色的简介	154	8.2.3 使用前的准备工作	182
7.3.2 三基色与混色方法	155	8.2.4 信号波形的测量操作	183
7.4 彩色图像传送与接收	156	8.2.5 交流信号峰峰值、周期和频率	
7.4.1 彩条图像的形成	157	的测量操作	184
7.4.2 彩条节目的发射与接收	158	8.2.6 含直流成分的交流信号的测量	
7.4.3 彩色电视的制式	159	操作	186
7.4.4 彩色全电视信号	161	8.3 双踪示波器	187
7.5 彩色显像管	161	8.3.1 双踪示波器的测量原理与	
7.5.1 自会聚彩色显像管的结构及		组成	188
说明	161	8.3.2 面板详细说明	191
7.5.2 彩色显像管的常见故障及		8.3.3 使用前的准备工作	195
原因	163	8.3.4 一个信号的测量操作	195
7.6 彩色电视机的组成与原理	164	8.3.5 同时测量两个信号的4种操作	
7.6.1 彩色电视机的组成框图	164	方式	197
7.6.2 彩色电视机各组成部分说明	164	8.3.6 信号相位的测量操作	201
7.6.3 彩色电视机的信号处理过程	167		



第 1 章

电子技术基础

1.1 基本常识

1.1.1 电路与电路图

图 1-1a 是一个简单的实物电路，该电路由电源（电池）、开关、导线和灯泡组成。电源的作用是提供电能；开关、导线的作用是控制和传递电能，称为中间环节；灯泡是消耗电能的用电器，它可将电能转变为光能，称为负载。因此，电路是由电源、中间环节和负载组成的。

图 1-1a 为实物电路图，使用实物图来绘制电路很不方便，为此人们就采用一些简单的图形符号代替实物的方法来画电路，这样画出的图形就称为电路图。图 1-1b 所示的图形就是图 1-1a 所示实物电路的电路图，不难看出，用电路图来表示实际的电路非常方便。

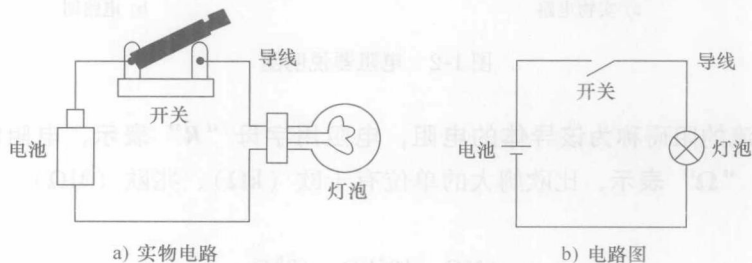


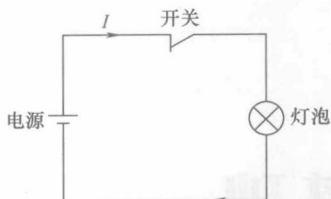
图 1-1 一个简单的电路

1.1.2 电流与电阻

1. 电流



电流说明



在左图电路中,将开关闭合,灯泡会发光,为什么会这样呢?原来当开关闭合时,带负电荷的电子源源不断地从电源负极经导线、灯泡、开关流向电源正极。这些电子在流经灯泡内的钨丝时,钨丝会发热,温度急剧上升而发光。

大量的电荷朝一个方向移动(也称定向移动)就形成了电流,这就像公路上有大量的汽车朝一个方向移动就形成“车流”一样。实际上,我们把电子运动的反方向作为电流方向,即把正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向。左图电路的电流方向是电源正极→开关→灯泡→电源的负极。

电流用字母“ I ”表示,单位为安培(简称安),用“ A ”表示,比安培小的单位有毫安(mA)、微安(μA),它们之间的关系为

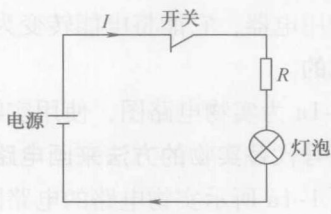
$$1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$$

2. 电阻

在图 1-2a 所示电路中,给电路增加一个元件——电阻器,发现灯光会变暗,该电路的电路图如图 1-2b 所示。为什么在电路中增加了电阻器后灯泡会变暗呢?原来电阻器对电流有一定的阻碍作用,从而使流过灯泡的电流减小,灯泡变暗。



a) 实物电路



b) 电路图

图 1-2 电阻器说明图

导体对电流的阻碍称为该导体的电阻,电阻用字母“ R ”表示,电阻的单位为欧姆(简称欧),用“ Ω ”表示,比欧姆大的单位有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$),它们之间的关系为

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

导体的电阻计算公式为

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中, L 为导体的长度(m); S 为导体的横截面积(m^2); ρ 为导体的电阻率($\Omega \cdot m$)。不同的导体, ρ 值一般不同。表 1-1 列出了一些常见导体的电阻率($20^\circ C$ 时)。

在长度 L 和横截面积 S 相同的情况下,电阻率越大的导体其电阻越大。例如, L 、 S



相同的铁导线和铜导线，铁导线的电阻约是铜导线的 5.9 倍，由于铁导线的电阻率较铜导线大很多，为了减小电能在导线上的损耗，让负载得到较大电流，供电线路通常采用铜导线。

表 1-1 一些常见导体的电阻率 (20℃ 时)

导 体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	导 体	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$
银	1.62×10^{-8}	锡	11.4×10^{-8}
铜	1.69×10^{-8}	铁	10.0×10^{-8}
铝	2.83×10^{-8}	铅	21.9×10^{-8}
金	2.4×10^{-8}	汞	95.8×10^{-8}
钨	5.51×10^{-8}	碳	$3\,500 \times 10^{-8}$

导体的电阻除了与材料有关外，还受温度影响。一般情况下，导体温度越高电阻越大，例如常温下灯泡（白炽灯）内部钨丝的电阻很小，通电后钨丝的温度上升到 1000℃ 以上，其电阻急剧增大；导体温度下降电阻减小，某些导电材料在温度下降到某一值时（如 -109℃），电阻会突然变为零，这种现象称为超导现象，具有这种性质的材料称为超导材料。

1.1.3 电位、电压和电动势

电位、电压和电动势对初学者来说较难理解，下面通过图 1-3 所示的水流示意图来说明这些术语。首先来分析图 1-3 中的水流过程。

水泵将河中的水抽到山顶的 A 处，水到达 A 处后再流到 B 处，水到 B 处后流往 C 处（河中），同时水泵又将河中的水抽到 A 处，这样使得水不断循环流动。水为什么能从 A 处流到 B 处，又从 B 处流到 C 处呢？这是因为 A 处水位较 B 处水位高，B 处水位较 C 处水位高。

要测量 A 处和 B 处水位的高度，必须先要找一个基准点（零

点），就像测量人身高要选择脚底为基准点一样，这里以河的水面为基准（C 处）。AC 之间的垂直高度为 A 处水位的高度，用 H_A 表示；BC 之间的垂直高度为 B 处水位的高度，用 H_B 表示，由于 A 处和 B 处水位高度不一样，它们存在着水位差，该水位差用 H_{AB} 表示，

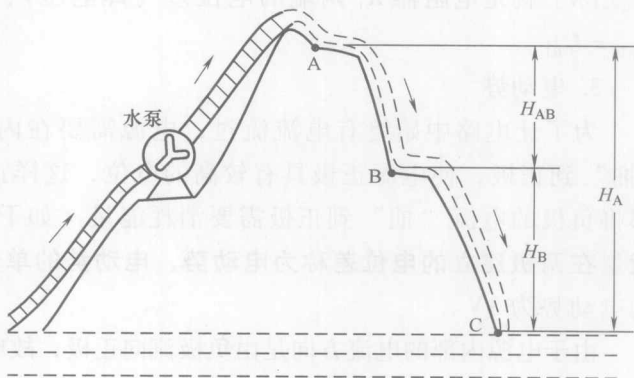


图 1-3 水流示意图



它等于 A 处水位高度 H_A 与 B 处水位高度 H_B 之差, 即 $H_{AB} = H_A - H_B$ 。为了让 A 处源源不断地有水往 B、C 处流, 需要水泵将低水位的河水抽到高处的 A 点, 这样做水泵是需要消耗能量的 (如耗油)。

1. 电位

电路中的电位、电压和电动势与上述水流情况很相似。如图 1-4 所示, 电源的正极输出电流, 流到 A 点, 再经 R_1 流到 B 点, 然后通过 R_2 流到 C 点, 最后流到电源的负极。

与图 1-3 所示水流示意图相似, 图 1-4 所示电路中的 A、B 点也有高低之分, 只不过不是水位, 而称为电位, A 点电位较 B 点电位高。为了计算电位的高低, 也需要找一个基准点作为零点, 为了表明某点为零基准点, 通常在该点处画一个“⊥”符号, 该符号称为接地符号, 接地符号处的电位规定为 0V, 电位单位不是 m, 而是伏特 (简称伏), 用 V 表示。在图 1-4 所示电路中, 以 C 点为 0V (该点标有接地符号), A 点的电位为 3V, 表示为 $U_A = 3V$; B 点电位为 1V, 表示为 $U_B = 1V$ 。

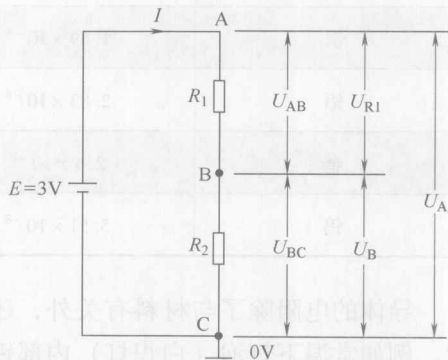


图 1-4 电位、电压和电动势说明图

2. 电压

图 1-4 电路中的 A 点和 B 点的电位是不同的, 有一定的差距, 这种电位之间的差距称为电位差, 又称电压。A 点和 B 点之间的电位差用 U_{AB} 表示, 它等于 A 点电位 U_A 与 B 点电位 U_B 的差, 即 $U_{AB} = U_A - U_B = (3 - 1) V = 2V$ 。因为 A 点和 B 点电位差实际上就是电阻器 R_1 两端的电位差 (即电压), R_1 两端的电压用 U_{R1} 表示, 所以 $U_{AB} = U_{R1}$ 。

3. 电动势

为了让电路中始终有电流流过, 电源需要在内部将流到负极的电流源源不断地“抽”到正极, 使电源正极具有较高的电位, 这样正极才会输出电流。当然, 电源内部将负极的电流“抽”到正极需要消耗能量 (如干电池会消耗掉化学能)。电源消耗能量在两极建立的电位差称为电动势, 电动势的单位也为 V, 图 1-4 所示电路中电源的电动势为 3V。

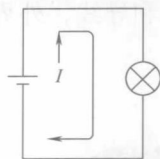
由于电源内部的电流方向是由负极流向正极, 故电源的电动势方向规定为从电源负极指向正极。

1.1.4 电路的三种状态

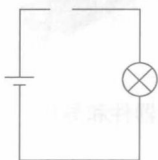
电路有三种状态: 通路、开路和短路。



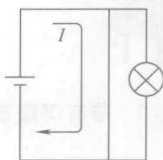
通路、开路和短路说明



a) 通路



b) 开路



c) 短路

1. 通路

图 a 所示电路处于通路状态。电路处于通路状态的特点有电路畅通, 有正常的电流流过负载, 负载正常工作。

2. 开路

图 b 所示电路处于开路状态。电路处于开路状态的特点有电路断开, 无电流流过负载, 负载不工作。

3. 短路

图 c 中的电路处于短路状态。电路处于短路状态的特点有电路中有很大电流流过, 但电流不流过负载, 负载不工作。由于电流很大, 电路短路很容易烧坏电源和导线。

1.1.5 接地与屏蔽

1. 接地

接地在电工电子技术中应用广泛, 接地常用图 1-5 所示的符号表示。接地主要有以下的含义:

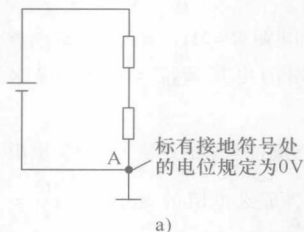


图 1-5 接地符号

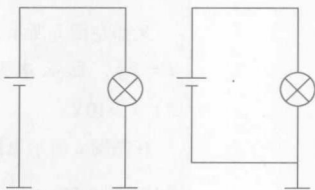
1) 在电路图中, 接地符号处的电位规定为 $0V$ 。在图 1-6a 所示电路中, A 点标有接地符号, 规定 A 点的电位为 $0V$ 。

2) 在电路图中, 标有接地符号处的地方都是相通的。图 1-6b 所示的两个电路图虽然从形式上看不一样, 但实际的电路连接是一样的, 故两个电路中的灯泡都会亮。

3) 在强电设备中, 常常将设备的外壳与大地连接, 当设备绝缘性能变差而使外壳带电时, 可迅速通过接地线泄放到大地上, 从而避免人体触电, 如图 1-7 所示。



a)



b)

图 1-6 接地符号含义说明图

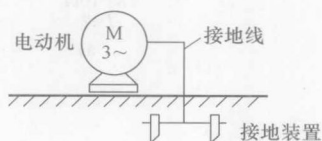


图 1-7 强电设备的接地

2. 屏蔽

在电气设备中, 为了防止某些元器件和电路工作时受到干扰, 或者为了防止某些元器件和电路在工作时产生干扰信号影响其他电路正常工作, 通常对这些元器件和电路采取隔离措施, 这种隔离称为屏蔽。屏蔽常用图 1-8 所示的符号表示。



屏蔽的具体做法是用金属材料（称为屏蔽罩）将元器件或电路封闭起来，再将屏蔽罩接地（通常为电源的负极）。图 1-9 为带有屏蔽罩的元器件和导线，外界干扰信号无法穿过金属屏蔽罩干扰内部元器件和电路。

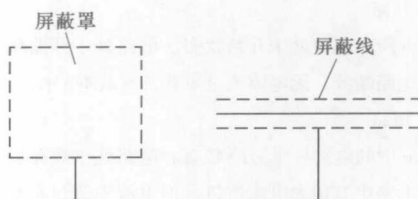


图 1-8 屏蔽符号

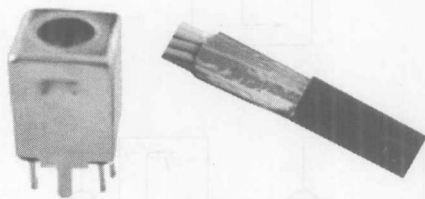


图 1-9 带有屏蔽罩的元器件和导线

1.2 欧姆定律

欧姆定律是电工电子技术中的一个最基本的定律，它反映了电路中电阻、电流和电压之间的关系。欧姆定律分为部分电路欧姆定律和全电路欧姆定律。

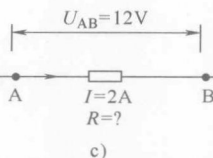
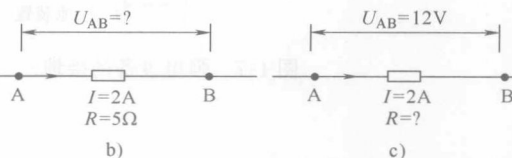
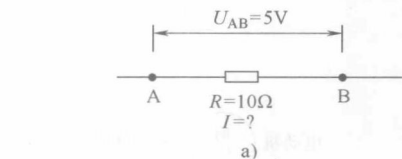
1.2.1 部分电路欧姆定律

部分电路欧姆定律内容是：在电路中，流过导体的电流 I 的大小与导体两端的电压 U 成正比，与导体的电阻 R 成反比，即

$$I = \frac{U}{R}$$

也可以表示为 $U = IR$ 或 $R = U/I$ 。

欧姆定律的三种应用形式



如左图 a 所示，已知电阻 $R = 10\Omega$ ，电阻两端电压 $U_{AB} = 5V$ ，那么流过电阻的电流 $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{5}{10}A = 0.5A$ 。

又如左图 b 所示，已知电阻 $R = 5\Omega$ ，流过电阻的电流 $I = 2A$ ，那么电阻两端的电压 $U_{AB} = IR = (2 \times 5)V = 10V$ 。

在左图 c 所示电路中，流过电阻的电流 $I = 2A$ ，电阻两端的电压 $U_{AB} = 12V$ ，那么电阻的大小 $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2}\Omega = 6\Omega$ 。

下面再来说明欧姆定律在实际电路中的应用，如图 1-10 所示。

在图 1-10 所示电路中，电源的电动势 $E = 12V$ ，A、D 之间的电压 U_{AD} 与电动势 E 相



等,三个电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 串接起来,可以相当于一个电阻器 R , $R = R_1 + R_2 + R_3 = (2 + 7 + 3) \Omega = 12\Omega$ 。知道了电阻的大小和电阻器两端的电压,就可以求出流过电阻器的电流 I :

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_{AD}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12}{12} \text{ A} = 1 \text{ A}$$

求出了流过 R_1 、 R_2 、 R_3 的电流 I , 并且它们的电阻大小已知,就可以求 R_1 、 R_2 、 R_3 两端的电压 U_{R1} (U_{R1} 实际就是 A、B 两点之间的电压 U_{AB})、 U_{R2} (实际就是 U_{BC}) 和 U_{R3} (实际就是 U_{CD}), 即

$$U_{R1} = U_{AB} = IR_1 = (1 \times 2) \text{ V} = 2 \text{ V}$$

$$U_{R2} = U_{BC} = IR_2 = (1 \times 7) \text{ V} = 7 \text{ V}$$

$$U_{R3} = U_{CD} = IR_3 = (1 \times 3) \text{ V} = 3 \text{ V}$$

从上面可以看出 $U_{R1} + U_{R2} + U_{R3} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = U_{AD} = 12 \text{ V}$ 。

在图 1-10 所示电路中如何求 B 点电压呢? 首先要明白, 求某点电压指的就是求该点与地之间的电位差, 所以 B 点电压 U_B 实际就是电压 U_{BD} 。求 U_B 有以下两种方法。

$$\text{方法一: } U_B = U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = U_{R2} + U_{R3} = (7 + 3) \text{ V} = 10 \text{ V}$$

$$\text{方法二: } U_B = U_{BD} = U_{AD} - U_{AB} = U_{AD} - U_{R1} = (12 - 2) \text{ V} = 10 \text{ V}$$

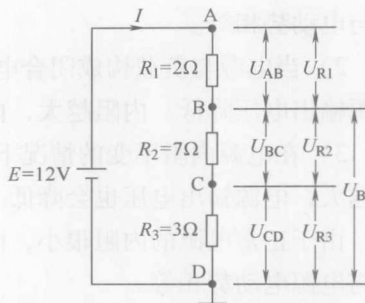


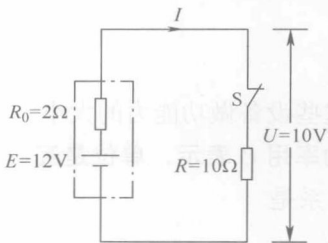
图 1-10 部分电路欧姆定律应用说明图

1.2.2 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源和负载的闭合回路。全电路欧姆定律又称闭合电路欧姆定律, 其内容是: 闭合电路中的电流与电源的电动势成正比, 与电路的内、外电阻之和成反比, 即

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

全电路欧姆定律的应用



左图中点画线框内为电源, R_0 表示电源的内阻, E 表示电源的电动势。当开关 S 闭合后, 电路中有电流 I 流过, 根据全电路欧姆定律可求得 $I = E / (R + R_0) = [12 / (10 + 2)] \text{ A} = 1 \text{ A}$ 。电源输出电压 (即电阻 R 两端的电压) $U = IR = (1 \times 10) \text{ V} = 10 \text{ V}$, 内阻 R_0 两端的电压 $U_0 = IR_0 = (1 \times 2) \text{ V} = 2 \text{ V}$ 。如果将开关 S 断开, 电路中的电流 $I = 0 \text{ A}$, 那么内阻 R_0 上消耗的电压 $U_0 = 0 \text{ V}$, 电源输出电压 U 与电源电动势相等, 即 $U = E = 12 \text{ V}$ 。

根据全电路欧姆定律不难看出以下几点:

- 1) 在电源未接负载时, 不管电源内阻多大, 内阻消耗的电压始终为 0 V , 电源两端电



压与电动势相等。

2) 当电源与负载构成闭合电路后, 由于有电流流过内阻, 内阻会消耗电压, 从而使电源输出电压降低。内阻越大, 内阻消耗的电压越大, 电源输出电压越低。

3) 在电源内阻不变的情况下, 如果外阻越小, 电路中的电流越大, 内阻消耗的电压也越大, 电源输出电压也会降低。

由于正常电源的内阻很小, 内阻消耗的电压很低, 故一般情况下可认为电源的输出电压与电源电动势相等。

利用全电路欧姆定律可以解释很多现象。例如用仪表测得旧电池两端电压与正常电压相同, 但将旧电池与电路连接后除了输出电流很小外, 电池的输出电压也会急剧下降, 这是因为旧电池内阻变大的缘故; 又如将电源正、负极直接短路时, 电源会发热甚至烧坏, 这是因为短路时流过电源内阻的电流很大, 内阻消耗的电压与电源电动势相等, 大量的电能会在电源内阻上消耗并转换成热能, 故电源会发热。

1.3 电功、电功率和焦耳定律

1.3.1 电功

电流流过灯泡, 灯泡会发光; 电流流过电炉丝, 电炉丝会发热; 电流流过电动机, 电动机会运转。由此可以看出, 电流流过一些用电设备时是会做功的, 电流做的功称为电功。用电设备做功的大小不但与加到用电设备两端的电压及流过的电流有关, 还与通电时间长短有关。电功可用下面的公式计算

$$W = UIt$$

式中, W 表示电功 (J); U 表示电压 (V); I 表示电流 (A); t 表示时间 (s)。

电功的单位是焦耳 (J), 在电学中还常用到另一个单位: 千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$), 俗称度。 $1\text{kW} \cdot \text{h} = 1$ 度。千瓦时与焦耳的换算关系是

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^3 \text{W} \times (60 \times 60) \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{W} \cdot \text{s} = 3.6 \times 10^6 \text{J}$$

$1\text{kW} \cdot \text{h}$ 可以这样理解: 一个电功率为 100W 的灯泡连续使用 10h , 消耗的电功为 $1\text{kW} \cdot \text{h}$ (即消耗 1 度电)。

1.3.2 电功率

电流需要通过一些用电设备才能做功。为了衡量这些设备做功能力的大小, 引入一个电功率的概念。电流单位时间做的功称为电功率。电功率用 P 表示, 单位是瓦 (W), 此外还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW), 它们之间的换算关系是

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

电功率的计算公式是

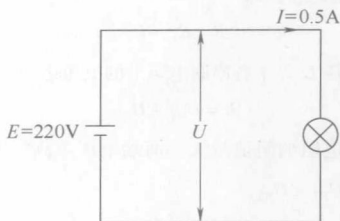
$$P = UI$$

根据欧姆定律可知 $U = IR$, $I = U/R$, 所以电功率还可以用公式 $P = I^2 R$ 和 $P = U^2/R$ 来



求得。

电功率的计算举例



在左图电路中, 灯泡两端的电压为 220V (它与电源的电动势相等), 流过灯泡的电流为 0.5A, 求灯泡的功率、电阻和灯泡在 10s 所做的功。

灯泡的功率 $P = UI = 220\text{V} \times 0.5\text{A} = 110\text{V} \cdot \text{A} = 110\text{W}$

灯泡的电阻 $R = U/I = 220\text{V}/0.5\text{A} = 440\text{V}/\text{A} = 440\Omega$

灯泡在 10s 做的功 $W = UIt = 220\text{V} \times 0.5\text{A} \times 10\text{s} = 1100\text{J}$

1.3.3 焦耳定律

电流流过导体时导体会发热, 这种现象称为电流的热效应。电热锅、电饭煲和电热水器等都是利用电流的热效应来工作的。

英国物理学家焦耳通过实验发现, 电流流过导体, 导体发出的热量与导体流过的电流、导体的电阻和通电的时间有关。焦耳定律具体内容是: 电流流过导体产生的热量, 与电流的二次方及导体的电阻成正比, 与通电时间也成正比。由于这个定律除了由焦耳发现外, 科学家楞次也通过实验独立发现, 故该定律又称焦耳-楞次定律。

焦耳定律可用下面的公式表示

$$Q = I^2 R t$$

式中, Q 表示热量 (J); R 表示电阻 (Ω); t 表示时间 (s)。

举例: 某台电动机的额定电压是 220V, 绕组的电阻为 0.4Ω , 当电动机接 220V 的电压时, 流过的电流是 3A, 求电动机的功率和绕组每秒发出的热量。

电动机的功率是 $P = UI = 220\text{V} \times 3\text{A} = 660\text{W}$

电动机绕组每秒发出的热量 $Q = I^2 R t = (3\text{A})^2 \times 0.4\Omega \times 1\text{s} = 3.6\text{J}$

1.4 电阻的串联、并联和混联

电阻是电路中应用最多的一种元件, 电阻在电路中的连接形式主要有串联、并联和混联三种。

1.4.1 电阻的串联

两个或两个以上的电阻头尾相连串接在电路中, 称为电阻的串联。