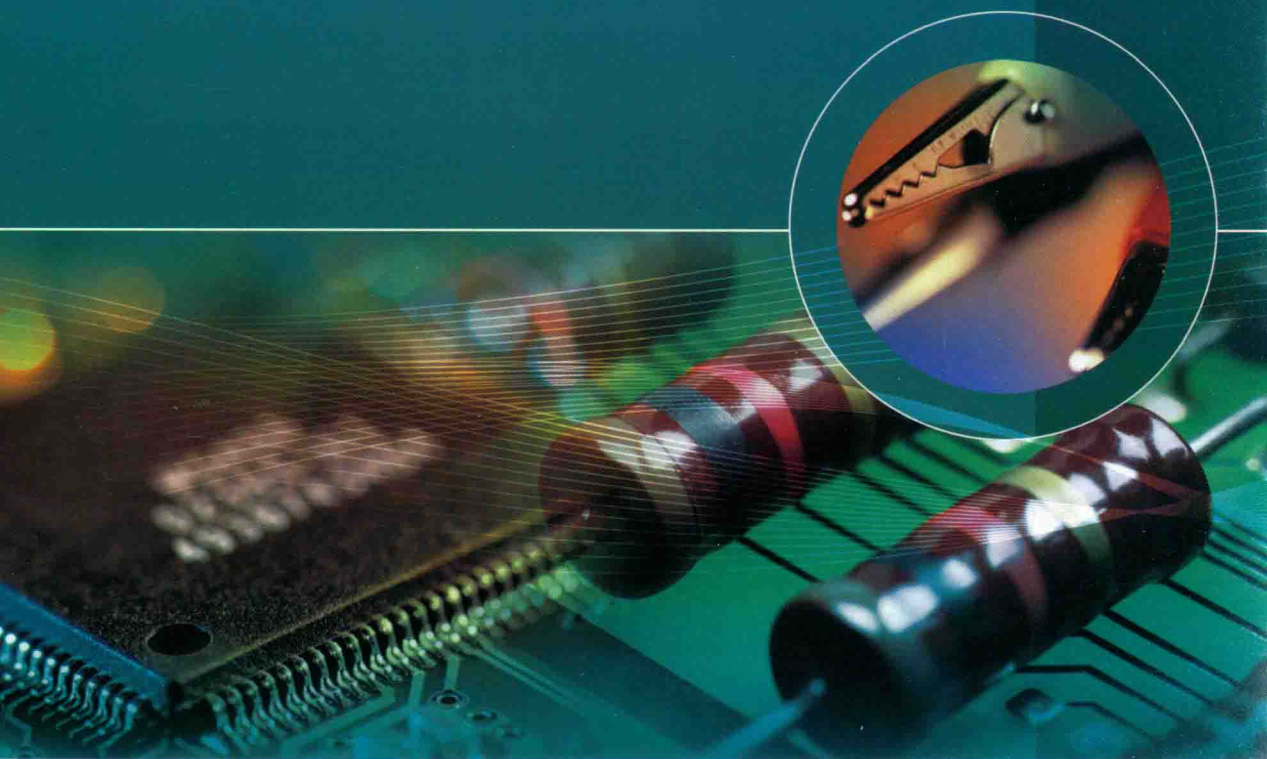


创新型人才培养“十三五”规划教材

电工与电子技术基础

◆ 左伟平 主编 ◆ 肖姑冬 副主编



 中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

创新型人才培养“十三五”规划教材

电工与电子技术基础

左伟平 主 编
肖姑冬 副主编

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍电工与电子技术中的基本概念和基本原理。全书共 10 章, 主要内容包括直流电路、正弦交流电路、半导体器件、放大电路及集成放大器、直流稳压电源、数字电路基础知识、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲波形的产生与变换、D/A 转换与 A/D 转换。

根据职业学校的人才培养要求, 本书主要以现代电工与电子技术的基础知识和基本技能为主线, 本着“实用、够用”的原则, 着重培养学生实际应用能力, 每章均配有适量的习题, 以培养和提高学生的实践动手能力和综合素质。

本书内容编排灵活, 可以根据不同的专业选择教学内容, 因而本书适用面较广, 可作为职业学校和技工学校电子电工、机电一体化、数控加工、汽车维修等相关专业的教学用书, 也可作为相关专业的工程技术人员的培训教材和参考用书。

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

电工与电子技术基础/左伟平主编. —北京: 电子工业出版社, 2016. 12

创新型人才培养“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 121 - 30390 - 6

I. ①电… II. ①左… III. ①电工技术—中等专业学校—教材②电子技术—中等专业学校—教材
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 277783 号

策划编辑: 张剑 (zhang@phei.com.cn)

责任编辑: 靳平

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787 × 1 092 1/16 印张: 9.5 字数: 243.2 千字

版 次: 2016 年 12 月第 1 版

印 次: 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询服务方式: zhang@phei.com.cn。

前 言

本书是在现代职业教育（特别是职业学校教学改革和实践）的基础上，依据中等职业学校《电工与电子技术基础课程教学大纲》编写而成的。在内容取舍上主要以现代电工与电子技术的基础知识和基本技能为主线，本着“实用、够用”的原则，以培养学生实际应用能力为目的，在保障科学性的前提下选择课程内容，突出了教材的重点，概念清晰，实用性强。本书可作为职业学校和技工学校电子电工、机电一体化、数控加工、汽车维修等相关专业的教材。

本书在内容安排上，以培养学生的工作能力为目的，充分将基础知识的讲解和思考练习题有机结合，使能力培养贯穿于整个教学过程。本书内容编排比较灵活，可以根据不同的专业和不同的需求来选择教学内容，因而本书适用面较广。全书共分三大部分，10章。第一部分是电工技术基础部分，包括第1章直流电路、第2章正弦交流电路；第二部分是模拟电子技术基础，包括第3章半导体器件、第4章放大电路及集成放大器、第5章直流稳压电源；第三部分是数字电子技术基础，包括第6章数字电路基础知识、第7章组合逻辑电路、第8章时序逻辑电路、第9章脉冲波形的产生与变换、第10章D/A转换与A/D转换等，每章末都配有小结和习题。

在编写本书的过程中，编者遵循循序渐进的原则，力求突出新知识、新技术、新工艺和新方法，着重培养学生的创新意识和实际动手操作能力。本教材的特点是理论联系实际，概念清晰，逻辑性强，用物理现象说明原理，减少了复杂的数学公式推导和计算。文字通俗易懂，便于教学和自学。

本书由江西赣州技师学院左伟平任主编，肖姑冬任副主编。其中，第1章至第3章由肖姑冬编写，第4章至第10章由左伟平编写，全书由左伟平统稿。

由于本书编写时间仓促，加上编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请使用本教材的师生和读者提出宝贵意见，以便修订完善。

编 者

目 录

第1章 直流电路	1
1.1 电路及其基本物理量	1
1.1.1 电路及电路图	1
1.1.2 电路的三种工作状态	2
1.1.3 电流	3
1.1.4 电压、电位和电动势	4
1.1.5 电阻和电阻定律	5
1.1.6 电功和电功率	6
1.2 电路的基本定律	7
1.2.1 欧姆定律	7
1.2.2 电阻的串联与并联	8
1.2.3 基尔霍夫定律	10
1.3 直流电路的分析计算	11
1.3.1 支路电流法	11
1.3.2 电路中各点电位计算	12
1.3.3 电压源、电流源及其等效变换	13
第2章 正弦交流电路	17
2.1 正弦交流电的基本概念	17
2.1.1 正弦交流电的三要素	18
2.1.2 正弦交流电的三种表示方法	21
2.2 交流电路中的三种基本元件	22
2.2.1 纯电阻电路	23
2.2.2 纯电感电路	24
2.2.3 纯电容电路	27
2.3 RLC 串联正弦交流电路	29
2.3.1 RLC 串联电路的电压和电流的关系	29
2.3.2 RLC 串联电路的三种性质	30
2.3.3 RLC 串联电路的功率	31
2.3.4 线圈和电容并联电路及功率因数的提高	33
2.4 三相交流电路	34
2.4.1 三相对称电源的产生	34
2.4.2 三相电源的连接	35

2.4.3	三相负载的连接	36
2.4.4	三相电路的功率	39
2.5	安全用电	40
2.5.1	电流对人体的伤害	40
2.5.2	触电的种类和形式	41
2.5.3	安全用电措施	41
2.5.4	安全用电常识	42
第3章	半导体器件	46
3.1	半导体二极管	46
3.1.1	半导体二极管的结构、类型	46
3.1.2	半导体二极管的伏安特性	47
3.1.3	半导体二极管的主要参数及用途	47
3.2	半导体三极管	49
3.2.1	三极管的结构和符号	49
3.2.2	三极管的电流放大作用	50
3.2.3	三极管的伏安特性曲线	50
3.2.4	三极管的主要参数	52
3.3	晶闸管	52
3.3.1	普通晶闸管	52
3.3.2	双向晶闸管	54
第4章	放大电路及集成放大器	57
4.1	基本共射放大电路	57
4.1.1	电路组成	57
4.1.2	电路的工作原理	58
4.1.3	放大电路的非线性失真	60
4.2	多级放大电路和反馈放大电路	61
4.2.1	多级放大电路	61
4.2.2	放大电路中的负反馈	63
4.2.3	正弦波振荡电路	66
4.3	功率放大器	69
4.3.1	概述	69
4.3.2	射极输出器	69
4.3.3	互补推挽功率放大器	70
4.4	集成运算放大器	71
4.4.1	差动放大电路	71
4.4.2	集成运算放大器的组成、结构、主要参数及工作特点	72
4.4.3	集成运算放大器的应用	74
第5章	直流稳压电源	80
5.1	整流滤波电路	80

5.1.1	单相整流电路	80
5.1.2	滤波电路	83
5.2	稳压电路	85
5.2.1	硅稳压管稳压电路	85
5.2.2	三端集成稳压器	86
5.3	晶闸管可控整流电路	88
5.3.1	单相半波可控整流电路	88
5.3.2	单相可控桥式整流电路	89
第6章	数字电路基础知识	93
6.1	数字信号与数字电路的基本概念	93
6.1.1	数字信号与数字电路	93
6.1.2	数制与码制	94
6.2	逻辑代数基础	96
6.2.1	逻辑代数的基本运算	96
6.2.2	逻辑函数及表示方法	98
6.2.3	逻辑代数的基本定律及逻辑函数的化简	99
6.3	逻辑门电路	101
6.3.1	分立元件门电路	101
6.3.2	集成 TTL 门电路	103
6.3.3	使用 TTL 门电路应注意的事项	105
第7章	组合逻辑电路	107
7.1	组合逻辑电路的基础知识	107
7.1.1	组合逻辑电路的特点及逻辑功能的表示方法	107
7.1.2	组合逻辑电路的分析与设计	107
7.2	加法器	110
7.2.1	半加器	110
7.2.2	全加器	111
7.3	编码器	112
7.3.1	二进制编码器	112
7.3.2	二进制优先编码器	113
7.3.3	二—十进制编码器	114
7.4	译码器	115
7.4.1	二进制译码器	116
7.4.2	二—十进制译码器	116
第8章	时序逻辑电路	119
8.1	时序逻辑电路的基础知识	119
8.1.1	时序逻辑电路的特点及逻辑功能的表示方法	119
8.1.2	时序逻辑电路的分类	119
8.2	触发器	120

8.2.1	基本 RS 触发器	120
8.2.2	时钟控制的触发器	121
8.3	计数器	124
8.3.1	二进制计数器	124
8.3.2	十进制计数器	126
8.4	寄存器	127
8.4.1	数码寄存器	127
8.4.2	移位寄存器	128
第 9 章	脉冲波形的产生与变换	132
9.1	555 定时器的构成及工作原理	132
9.2	555 定时器的应用	133
9.2.1	用 CC7555 构成的单稳态触发器	133
9.2.2	用 CC7555 构成的多谐振荡器	135
9.2.3	用 CC7555 构成的施密特触发器	136
第 10 章	D/A 转换与 A/D 转换	138
10.1	D/A 转换器	138
10.1.1	权电阻网络 D/A 转换器	138
10.1.2	D/A 转换器的主要参数	139
10.2	A/D 转换器	139
10.2.1	A/D 转换的一般步骤	139
10.2.2	A/D 转换器的工作原理	140
10.2.3	A/D 转换器的主要参数	141

第1章 直流电路

【主要内容】

- ☺ 电路的基本概念。
- ☺ 电路的基本物理量。
- ☺ 电路的基本定律。

【重点和难点】

- ☺ 电流、电压电位、电动势的概念。
- ☺ 欧姆定律和基尔霍夫定律。
- ☺ 直流电路的分析和计算。

1.1 电路及其基本物理量

1.1.1 电路及电路图

1. 电路

在日常生活中，把一个灯泡通过开关、导线和干电池直接连起来，就组成了一个照明电路，如图 1-1 所示。当合上开关时，电路中就有电流通过，灯泡就发光。工厂的动力用电中，电动机通过开关、导线和电源连接起来，组成动力电路。当电源接通时，电动机就转起来。这种把各种电气设备和元件，按一定方式连接起来构成的电流通路称为电路。简单地讲，电路就是电流通过的路径。

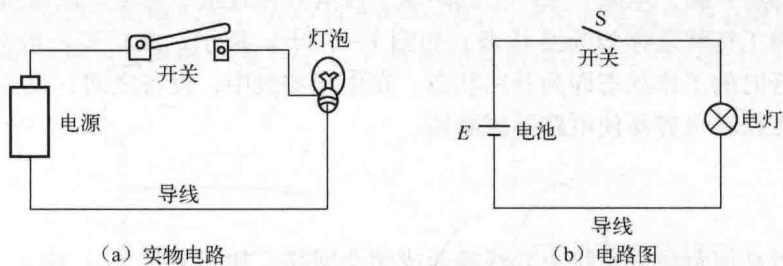


图 1-1 照明电路

电路通常由电源、负载、开关和导线等基本部分组成。

【电源】把其他形式的能量转变成电能的装置。发电机、干电池等都是电源。发电机把机械能转换成电能，干电池把化学能转换成电能。

【负载】把电能转变成其他形式能量的装置。电灯、电动机等都是负载。电灯将电能转变成光能，电动机把电能转变成机械能。

【导线和开关】用于连接电源和负载的元件。开关是控制电路接通和断开的装置。

2. 电路图

为了便于分析、研究电路，通常将电路的实际元件用图形符号表示，画出其电路模型图，如图 1-1（b）所示。这种用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。

常用电路元件符号见表 1-1。

表 1-1 常用电路元件符号

元 件 名 称	电 路 符 号	元 件 名 称	电 路 符 号	元 件 符 号	电 路 符 号
电 池		电 感		电 压 表	
电 压 源		电 容		电 流 表	
电 阻		电 灯		开 关	
二 极 管		熔 断 器		接 地	

1.1.2 电路的三种工作状态

1. 通路

通路是指在电路中，处处连通的电路。能构成电流的流通、形成闭合回路的电路（也就是电流能从电源正极流出，经过负载，再从负极流进）。电路中开关闭合时的工作状态称为通路状态，如图 1-2（a）所示。必须注意，处于通路状态的各种电气设备的电压、电流、功率等数值不能超过其额定值。

2. 断路

断路，又称为开路。电路中某一处因中断，没有导体连接，电流无法通过，导致电路中电流消失，这种工作状态称为断路状态，如图 1-2（b）所示，此状态一般对电路无损害。电路中开关打开时的工作状态即为开路状态。在生产实践中，设备之间、设备与导线之间因接触不良或接点松动也容易使电路形成断路。

3. 短路

电源未经过任何负载而直接由导线接通成闭合回路，如图 1-2（c）中 a、b 两点直接连在一起，这种工作状态称为短路状态。短路的电流比正常工作时大得多，易造成电路损坏、电源瞬间损坏，如温度过高会烧坏导线、电源等。所以，应严防电路发生短路。

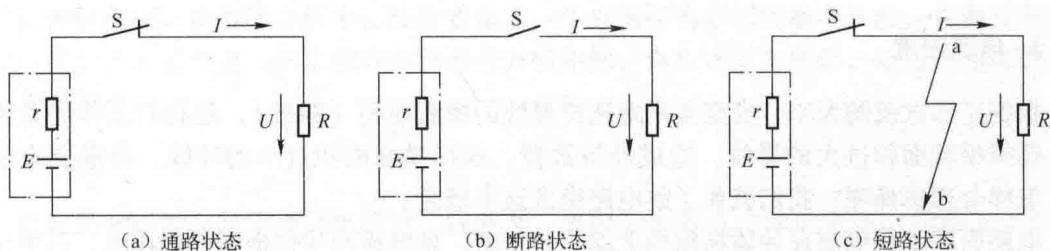


图 1-2 电路的三种工作状态

1.1.3 电流

1. 电流的形成

在金属导体中存在着大量的电子。金属原子的内层电子被原子核紧紧地束缚着，不能自由地运动。而原子的外层电子受原子核的束缚力较弱，容易脱离原子核的束缚，自由地运动。这些自由运动的电子称为自由电子。金属中的自由电子做定向移动就形成电流。

一般情况下，导体内的自由电子是处于不规则的运动状态。如果在导体两端加一个电场，则导体内的自由电子受到电场力的作用做定向运动就形成了电流。

在某些液体或气体中，电流则是正离子或负离子在电场力作用下做定向移动形成的。

2. 电流的大小和方向

电流的大小取决于在一定时间通过导体横截面的电荷量多少。我们用电流强度表示电流的大小，电流强度简称电流，用符号 I 表示。设在时间 t 内通过导体横截面的电荷是 Q ，则电流为

$$I = \frac{Q}{t}$$

在国际单位制中，电流的基本单位是安培（A）。如果每秒钟内通过导体截面的电量为 1 库仑（C）时，则电流是 1 安培（A）。常用电流单位还有千安（kA）、毫安（mA）、微安（ μA ）等，其关系如下：

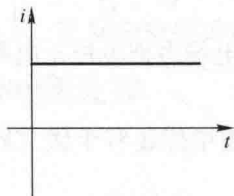
$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

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

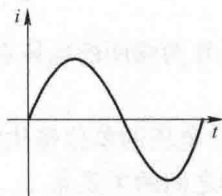
$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

在不同的导电物质中，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，规定以正电荷定向移动的方向为电流方向。

电流有直流电和交流电两种，大小和方向不随时间变化的电流称为直流电。大小和方向随时间改变的电流称为交流电。图 1-3（a）所示是直流电的波形图，图 1-3（b）所示是交流电的波形图。



（a）直流电的波形图



（b）交流电的波形图

图 1-3 直流电和交流电的波形图

3. 电流密度

根据工作电流的大小，安全实用地选择导线的横截面积（粗细），是我们工作经常遇到的。选择横截面积过大的导线，造成经济浪费。选择横截面积过小的导线，会形成安全隐患。怎样合理选择呢？我们就要了解电路密度这个概念。

电路密度就是电流在导体横截面上均匀分布时，该电流与导体横截面的比值。其单位为安培每平方毫米，记作 A/mm^2 ，一般用 J 表示，即

$$J = I/S$$

一般我们通过查询资料会了解到各导电物体的电流密度参数，这样也就能非常方便计算出电路所用导线的横截面积。

【例 1-1】 某照明线路的工作电流为 24A，求应采用多粗的铜导线？（铜导线的电流密度为 $6A/mm^2$ 。）

解： $J = I/S = 24/6 = 4(mm^2)$

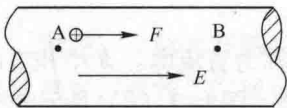
 **【知识拓展】**

导线允许通过的电流因导体横截面面积不同而不同，一般情况下，横截面面积为 $1mm^2$ 的铜导线允许通过 6A 的电流；横截面面积为 $2.5mm^2$ 的铜导线允许通过 15A 的电流；依次类推，横截面面积为 $4mm^2$ 的铜导线允许通过 24A 的电流；当导线中通过的电流超过其允许值时，导线就会发热，严重时导线就会烧焦造成严重的事故，所以我们在选用导线时，必须考虑用电器的功率，并通过计算电路中的电流来确定选用合适的导线。

1.1.4 电压、电位和电动势

1. 电压

在电路中电荷之所以能定向移动，是由于电场力作用的缘故。如图 1-4 所示，电场力把正电荷从导体的 A 端移到导体 B 端，电场力对正电荷做功，正电荷所具有的电势能减小，



从而把电能转换成其他形式的能。
电场力 F 把正电荷从 A 端移到 B 端所做的功 W_{AB} 与被移动的电荷量 Q 的比值称为 A、B 两端间的电压，用 U_{AB} 表示，则

图 1-4 电压的定义

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

由上式可知，A、B 两端间的电压在数值上等于电场力把单位正电荷从 A 端移到 B 端所做的功。

在国际单位制中，电压的单位是伏特（V）。常用单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）和微伏（ μV ）等，它们之间的关系是

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

电压不但有大小也有方向，电压的实际方向为正电荷的运动方向，即电压的方向是由电

源的正极到负极。在电路分析中，经常要选定一个方向作为电压的参考方向，在参考方向下电压计算为正，说明电压的实际方向与参考方向相同；电压计算为负时，电压的参考方向与实际方向相反。

2. 电位

在电路分析时，经常用到电位这个物理量，以便分析各点之间的电压。如图 1-5 所示，在电路中任选一点（如 O 点）作为参考点，参考点的电位为零，则某点（如 A 点）到参考点电压就称为该点的电位，用符号 U_A 表示，即 $U_A = U_{AO}$ 。如果 A、B 两点的电位分别为 U_A 、 U_B ，则 $U_{AB} = U_A - U_B$ 。因此，两点间的电压就是该两点的电位之差。电压的实际方向是由高电位点指向低电位点，所以电压又称为电压降。

3. 电动势

如图 1-6 所示，在电场力的作用下，a 极板上的正电荷沿着导线通过灯泡到达 b 极板，与 b 极板上的负电荷中和。正、负两极上的电荷都将逐渐减少，两极之间的电压将逐渐降低，正、负电荷完全中和后，两极之间电压为零，电流中断。

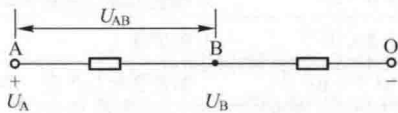


图 1-5 电压和电位

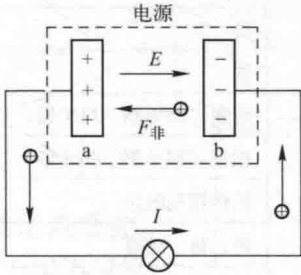


图 1-6 电源的电动势

为了得到持续不断的电流，极板间就必须有一种非电场力能将正电荷从负极源源不断地移到正极。这个任务是由电源来完成的。在电源内部，由于其他形式能量的作用，产生一种对电荷的作用力，称为电源力。正电荷在电源力（ $F_{非}$ ）的作用下，从低电位移向高电位，从而保持 a 极板的正电荷和 b 极板的负电荷恒定不变，使电源两端保持电位差。不同的电源中，电源力的来源不同，电池中的电源力是化学作用产生的，发电机的电源力则是电磁作用产生的。

电源力在移动正电荷的过程中做功，把其他形式的能量转化为电能。为了衡量电源力做功的能力，我们引入电动势这个物理量。在电源内部，电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功称为电源的电动势，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{W_{ba}}{Q}$$

电动势的单位是 V，方向由电源负极指向正极。

1.1.5 电阻和电阻定律

1. 电阻

当电流通过金属导体时，做定向移动的自由电子会与金属中的带电粒子发生碰撞，可见导体对电流有阻碍作用。电阻就是反映导体对电流阻碍作用大小的物理量，用符号 R 表示，

国际单位是欧（Ω）。常用单位有千欧（kΩ）和兆欧（MΩ）等，它们之间的关系为

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

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

2. 电阻定律

导体存在着电阻，那么导体电阻的大小与哪些因素有关呢？实验证明，导体的电阻与导体的长度成正比，与导体的截面积成反比，还与导体的材料有关。其大小由下式计算为

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

式中， l 的导体长度单位为 m； S 为导体截面积，单位为 m^2 ； ρ 是导体的电阻率，单位为 Ω。表 1-2 列出了几种常见导体材料的电阻率。

表 1-2 几种材料在 20℃时的电阻率

材 料		电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	主 要 用 途
纯金属	银	1.6×10^{-8}	导线镀银
	铜	1.6×10^{-8}	各种导线
	铝	1.6×10^{-8}	各种导线
	钨	5.3×10^{-8}	电灯灯丝、电器触点
	铁	1.0×10^{-7}	电工材料
合金	锰铜（85% 铜、12% 锰、3% 镍）	4.4×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	康铜（54% 铜、46% 镍）	5.0×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	铝铬铁电阻丝	1.2×10^{-6}	电炉丝
半导体	硒、锗、硅等	$10^{-4} \sim 10^7$	制造各种晶体管、晶闸管
绝缘体	赛璐珞	10^8	电器绝缘
	电木、塑料	$10^{10} \sim 10^{14}$	电器外壳、绝缘支架
	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$	绝缘手套、鞋、垫

电工材料的导电性能可分为导体、绝缘和半导体三类。

具有良好的导电性能的材料称为导体，导电性能很差的材料称为绝缘体。导电性能介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体。

1.1.6 电功和电功率

1. 电功

电流流过负载时，负载将电能转换成其他形式的能量，这一过程称为电流做功，简称电功，用字母 W 表示，计算公式为

$$W = UIt$$

在国际单位制中，功的单位为焦耳（J）。

2. 电功率

电流在单位时间内所做的功，称为电功率，简称功率，用字母 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

在国际单位制中, 功率的单位为瓦特 (W), 常用单位有千瓦 (kW)、毫瓦 (mW) 等。电能的计算:

$$1 \text{ 度电} = 1 \text{ 千瓦时} (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad 1 \text{ 度电} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} / \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳} (\text{J})$$



【想一想】

已知家庭日光灯的功率是 40W, 电视机的功率是 100W。在 1 小时内它们谁消耗的电能多?



【知识拓展】

用电器所消耗的电能多少可以用电能表来测量, 一般在居民用电电路中, 采用家用单相电能表来记录用电量。它在电路中的连接原则是“1、3”孔接进线; “2、4”孔接出线。

1.2 电路的基本定律

1.2.1 欧姆定律

1. 部分电路欧姆定律

在图 1-7 中, 当在电阻两端加上电压时, 电阻中就有电流通过。实验证明: 流过电阻的电流 I 与电阻两端的电压成正比, 与电阻成反比, 此结论称为部分电路欧姆定律, 即

$$I = U/R \text{ 或 } I = U/R$$

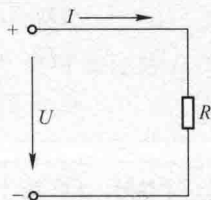


图 1-7 部分电路

【例 1-2】一个标有“220V 550W”的电水壶, 在额定电压下工作, 电水壶正常工作时通过它的电流是 2.5A, 求其电阻。

解: $R = U/I = 220/2.5 = 88 (\Omega)$

【例 1-3】如果人体电阻的最小值为 800Ω , 通过人体的电流达到 50mA 时, 会引起呼吸器官的麻痹, 不能自主摆脱电源, 试求人体的安全工作电压。

解: 由欧姆定律可得

$$U = IR = 50 \times 10^{-3} \times 800 = 40 (\text{V})$$

所以人体的安全工作电压就在 40V 以下。



【想一想】

有的人会说电路断路时 $I=0\text{A}$, 由于 $U=IR$ 得出电源电压 $U=0\text{V}$, 这是否正确? 为什么?

2. 全电路欧姆定律

全电路是指含有电源的闭合回路,如图1-8所示。

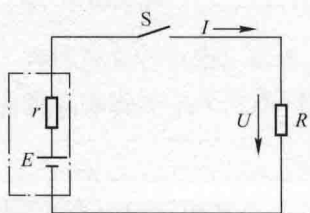


图1-8 全电路

图1-8中的虚框内表示是一个电源。电源一般都是有电阻的,我们称为内电阻,用 R_0 表示。其与电源是一个整体,为了分析方便,我们把它单独画了出来。当开关S闭合后,电阻 R 两端产生电压 U 。同样,在 R_0 两端也产生电压 U_0 ,即 $U_0 = IR_0$ 。经分析可知,电阻 R 的电压即端电压 U 应该等于电源减去自己产生的内压降 U_0 ,即 $U = E - U_0$ 。

把 $U_0 = IR_0$ 和 $U = IR$ 代入上式可得

$$I = E / (R + R_0)$$

由此可知,在一个闭合回路中,电路的电流 I 与电源 E 成正比,与电路的外电阻 R 和内电阻 R_0 之和成反比,这就是全电路欧姆定律。

【例1-4】图1-4中,电源电动势 $E = 6V$,内阻 $R_0 = 0.5\Omega$,外接负载电阻 $R = 9.5\Omega$,求端电压 U 和内压降 U_0 。

解: $I = E / (R + R_0) = 6 / (9.5 + 0.5) = 0.6(A)$

$$U = IR = 0.6 \times 9.5 = 5.7(V)$$

$$U_0 = IR_0 = 0.6 \times 0.5 = 0.3(V)$$

$$\text{或 } U_0 = E - U = 6 - 5.7 = 0.3(V)$$

【例1-5】图1-4中,电源电动势开路电压为 $6V$,外接负载电阻 R 为 9.5Ω ,其端电压 U 为 $5.7V$,求电源的内电阻 R_0 。

解: 电源电动势开路电压即电源电动势的电压 E

$$\text{内压降 } U_0 = E - U = 6 - 5.7 = 0.3(V)$$

$$\text{电路电流 } I = U / R = 5.7 / 9.5 = 0.6(A)$$

$$\text{内电阻 } R_0 = U_0 / I = 0.3 / 0.6 = 0.5(\Omega)$$

$$\text{或 } (R + R_0) = E / I = 6 / 0.6 = 10\Omega$$

$$\text{内电阻 } R_0 = 10 - R = 10 - 9.5 = 0.5(\Omega)$$

由例1-4和例1-5可知,灵活运用欧姆定律,电路参数可由多种方法求解。

1.2.2 电阻的串联与并联

1. 电阻的串联及分压

把两个或两个以上电阻依次连接,组成一条无分支电路,这样的连接方式称为电阻的串联,如图1-9所示。

电阻串联有以下性质。

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流相等,即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$

式中, 脚标 1, 2, $\cdots$, n 分别代表第 1, 第 2, $\cdots$ 第 n 个电阻。

(2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的分电压之和, 即

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

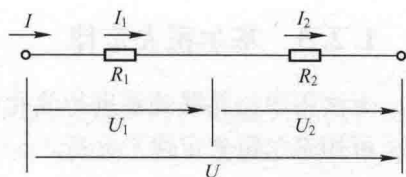


图 1-9 串联电路

(3) 串联电路的等效电阻 (总电阻) 等于各串联电阻值之和, 即

$$R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

根据欧姆定律 $U = IR$, $U_1 = I_1 R_1$, $U_2 = I_2 R_2$ 及串联电路性质 (1) 可得

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R}$$

上式表明, 在串联电路中, 各电阻上分配的电压与电阻值成正比。

若两个电阻串联, 已知串联电阻总电压 U 及电阻 R_1 、 R_2 , 则有

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

上式即为串联电路的分压公式。

2. 电阻的并联及分流

两上或两个以下的电阻接在电路中相同的两点之间, 承受同一电压, 这样的连接方式称为电阻的并联, 如图 1-10 所示。

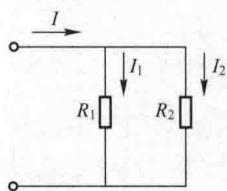


图 1-10 两个电阻并联电路

电阻并联具有以下性质。

(1) 并联电路中各电阻两端的电压相等, 且等于电路两端的总电压, 即

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$$

(2) 并联电路的总电流等于流过各电阻的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

(3) 并联电路的等效电阻 (总电阻) 的倒数等于各电阻的

倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

由欧姆定律和并联电路性质 (1) 可得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}, \quad \frac{I_1}{I} = \frac{R}{R_1}$$

上式表明, 在并联电路中, 通过各支路的电流与支路的电阻值成反比。

若已知两个电阻 R_1 、 R_2 并联, 并联电路的总电流为 I , 则两个电阻中的分电流为

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

上式称为两电阻并联时的分流公式。