

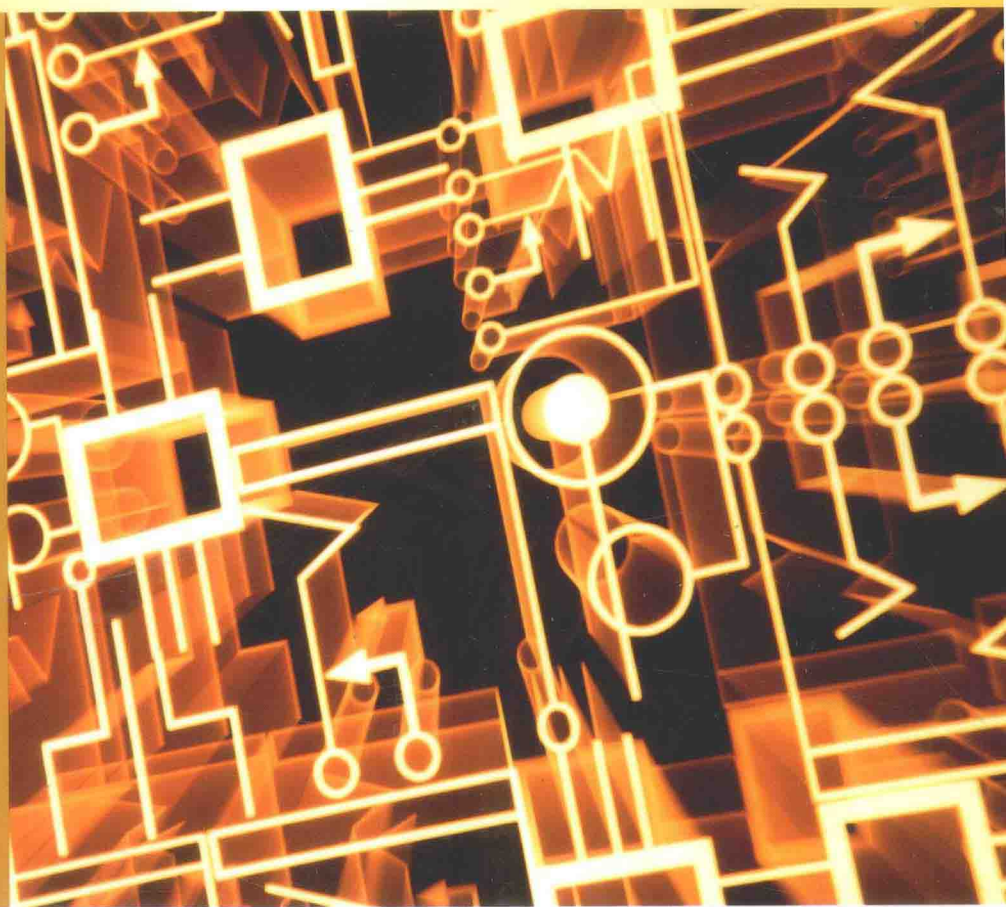


“十二五”江苏省高等学校重点教材

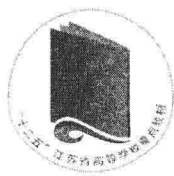
电路与电子技术

DIANLU YU DIANZI JISHU

主编 张玉凤 李录锋

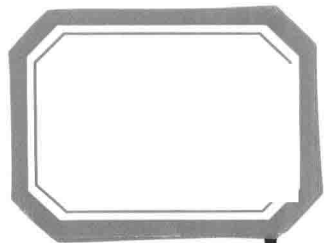


南京大学出版社



“十二五”江苏省高等学校重点教材

编号:2013-1-092



电路与电子技术

主 编 张玉凤 李录锋
副主编 李姗姗 韩加好 张智宏
参 编 尹 久 董素玲



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电路与电子技术 / 张玉凤, 李录锋主编. — 南京 :
南京大学出版社, 2014. 12

ISBN 978 - 7 - 305 - 14465 - 3

I. ①电… II. ①张… ②李… III. ①电路理论—高等职业教育—教材②电子技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM13②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 295758 号

出版发行 南京大学出版社

社 址 南京市汉口路 22 号

邮 编 210093

出 版 人 金鑫荣

书 名 电路与电子技术

主 编 张玉凤 李录锋

责任编辑 耿士祥 吴 汀

编辑热线 025 - 83596997

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 宜兴市盛世文化印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 17.25 字数 420 千

版 次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 305 - 14465 - 3

定 价 36.00 元

网址: <http://www.njupco.com>

官方微博: <http://weibo.com/njupco>

官方微信号: njupress

销售咨询热线: (025) 83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

前 言

本书是一本面向高等职业技术教育的教材,自第一版 2010 年 8 月出版以来,承蒙职业技术学院同行的谬赞,并提出宝贵的建议。随着高职教育改革的深入,需要有新的教学内容、教学方法和教学手段与之相适应,鉴于此,我们对此书进行修订。修订过程中,编者始终着眼于高职院校学生的特点,坚持“以学生为本位,以就业为导向”的指导思想。在保留过去长处的同时,增加了项目产品的设计、安装与调试,使教材更具有实用性和趣味性。

与第一版比较,新版在以下方面做了变动:

1. 以“理论基础及技术应用”作为主线设计教学内容,通过 5 个项目的引领,将知识点融入其中,为了适应学生的认知规律,5 个项目的设计遵循由“由简单到复杂,由单一到综合”的原则。

2. 每个项目以真实的产品为载体,学生通过载体完成学习任务,最后实现教学目标。项目 1、2、3 主要通过实验手段完成,项目 4、5 通过实验和实际的电子产品的制作完成。项目 4、5 的电子产品经过多年的教学实践,从产品的设计、参数选型到产品的安装与调试,已经形成了成熟的教学项目,并获国家专利。教材提供了项目产品的原理图、工作原理分析、参数选取、产品的安装图、PCB 板图和实物图等资料,方便教学和学习。

3. 修订后的教材按照“项目→任务→学习活动→做、议、学、练”的结构进行组织,将“教、学、做”融为一体。每个项目分解成不同的任务单元,通过任务驱动项目的完成,最终实现教学目标。每个任务单元又由不同的学习活动组成,学习活动主要通过“做、议、学、练”的形式展开,把“做”分解为动手实验和制作实物,首先通过“做”过程激发学生的学习兴趣,然后带着问题进行“议、学、练”环节,从而使学生实现由感性认识上升到理论认识,再由理论认识回到实践中去的认识过程。

4. 增加了部分习题,包括理论和实际相关的习题,并给出了习题的参考答案,方便学习者使用。

本书由江苏建筑职业技术学院张玉凤、李录锋任主编,连云港职业技术学院韩加好、江苏建筑职业技术学院张智宏、江苏建筑职业技术学院李姗姗担任副主编,湖北轻工职业技术学院尹久、江苏建筑职业技术学院董素玲参与了编写。

本次修订后,书中一定有错误和不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

目 录

项目 1 典型直流电路的测量与应用	1
任务 1.1 电路的基本物理量的测量及参考方向	1
学习活动 1 电路的认识	1
学习活动 2 电流的测量及方向	2
学习活动 3 电压的测量及参考方向	3
学习活动 4 电位的测量及应用	4
学习活动 5 电动势的认识	6
阅读材料 电路的工作状态及功率平衡	7
任务 1.2 线性电阻特性的测试与应用	9
学习活动 1 电阻的认识	9
学习活动 2 欧姆定律的测试与应用	11
任务 1.3 基尔霍夫定律的测试与应用	14
学习活动 1 基尔霍夫电流定律(KCL)的测试与应用	14
学习活动 2 基尔霍夫电压定律(KVL)的测试与应用	16
学习活动 3 基尔霍夫定律的应用(支路电流法)	18
阅读材料 节点电压法	19
任务 1.4 独立电源特性的测试与应用	20
学习活动 1 理想电压源的特性测试及分析	20
学习活动 2 电压源的特性测试及分析	21
学习活动 3 理想电流源的特性测试及分析	22
学习活动 4 电流源的特性测试及分析	23
阅读材料 受控电源电路的分析	25
任务 1.5 叠加定理的测试与应用	26
学习活动 1 叠加定理的测试	26
学习活动 2 叠加定理的应用	28
任务 1.6 戴维宁定理的测试与应用	29
学习活动 1 戴维宁定理的测试	29
学习活动 2 戴维宁定理的应用	31
阅读材料 诺顿定理	32
习题 1	33
项目 2 日光灯电路的组装与应用	36
任务 2.1 正弦交流电量的测量与应用	36
学习活动 正弦交流电量的测量及分析	37
阅读材料 正弦量的相量表示法	41
任务 2.2 单一参数的正弦交流电路的特性测试与应用	44

学习活动 1	电阻元件的正弦交流电路的特性测试与应用	44
学习活动 2	电感元件的正弦交流电路的特性测试与应用	46
学习活动 3	电容元件的正弦交流电路的特性测试与应用	50
任务 2.3	RLC 串联正弦交流电路特性的测试与应用	54
学习活动	RLC 串联正弦交流电路特性的测试与应用	54
阅读材料	阻抗的串联与并联	58
任务 2.4	日光灯电路的组装与应用	60
学习活动	日光灯电路的组装与应用	60
阅读材料	日光灯电路结构及工作原理	63
任务 2.5	交流电路的频率特性的测试与应用	64
学习活动 1	滤波电路特性的测试及分析	64
学习活动 2	谐振电路特性的测试与应用	66
习题 2		69
项目 3	三相照明电路的组装与应用	74
任务 3.1	三相对称交流电源特性的测试与应用	74
任务 3.2	负载星形连接的三相电路特性的测试与应用	76
任务 3.3	负载三角形连接的三相电路特性的测试与应用	79
任务 3.4	三相电路功率的测试与应用	82
学习活动 1	三相三线制有功功率的测量及分析	82
学习活动 2	三相电路无功功率的测量及分析	83
习题 3		84
项目 4	烟雾电子报警器的设计、安装与调试	89
任务 4.1	半导体二极管特性的测试与应用	89
学习活动 1	半导体二极管电极的判定	90
学习活动 2	半导体二极管特性的测试及分析	92
学习活动 3	二极管伏安特性曲线的测试与应用	93
阅读材料	二极管的主要参数	96
任务 4.2	单相整流电路的测试与应用	97
学习活动 1	单相半波整流电路特性的测试与应用	97
学习活动 2	单相桥式整流电路特性的测试与应用	99
任务 4.3	滤波电路特性的测试与应用	101
学习活动	滤波电路特性的测试与应用	101
阅读材料	电感滤波电路	104
任务 4.4	稳压电路特性的测试及分析	105
学习活动 1	三端集成稳压器的认识	105
学习活动 2	稳压电路特性的测试及分析	108
任务 4.5	半导体三极管特性的测试与应用	110
学习活动 1	半导体三极管电极及管型的判定	110
学习活动 2	三极管的电流放大作用的测试及分析	112

学习活动 3 晶体三极管输入、输出特性的测试及分析	114
任务 4.6 共发射极放大电路特性的测试与应用	117
学习活动 1 共发射极放大电路特性的测试与应用	117
学习活动 2 静态工作点对放大电路影响的测试及分析	122
阅读材料 固定偏置共发射极放大电路	124
任务 4.7 共集电极放大电路特性的测试与应用	127
学习活动 共集电极放大电路特性的测试与应用	127
阅读材料 功率放大电路	132
任务 4.8 集成运算放大器特性的测试及分析	137
学习活动 1 集成运算放大器工作在线性区特性的测试与分析	137
学习活动 2 集成运算放大器工作在非线性区特性的测试与分析	140
阅读材料 放大电路的负反馈	141
任务 4.9 集成运放典型线性电路特性的测试与应用	148
学习活动 1 反相比例运算电路特性的测试与应用	148
学习活动 2 同相比例运算电路特性的测试与应用	150
学习活动 3 反相加法运算电路特性的测试与应用	152
阅读材料 差动放大器	155
任务 4.10 集成运放典型非线性电路特性的测试与应用	159
学习活动 1 电压比较器特性的测试与应用	159
学习活动 2 迟滞电压比较器特性的测试与应用	161
阅读材料 正弦波振荡器	162
任务 4.11 烟雾电子报警器的设计、安装与调试	164
学习活动 1 +5 V 稳压电源的设计、安装与调试	166
学习活动 2 烟雾电子报警器的设计、安装与调试	168
习题 4	174
项目 5 四人智力抢答器的设计、安装与调试	180
任务 5.1 基本逻辑门的逻辑功能的测试与应用	180
学习活动 1 与门的逻辑功能的测试与应用	181
学习活动 2 或门的逻辑功能的测试与应用	183
学习活动 3 非门的逻辑功能的测试与应用	184
阅读材料 集成 TTL 逻辑门	186
任务 5.2 复合逻辑门的逻辑功能的测试与应用	189
学习活动 1 与非门的逻辑功能的测试与应用	189
学习活动 2 或非门的逻辑功能的测试与应用	190
学习活动 3 异或门的逻辑功能的测试及分析	192
任务 5.3 逻辑函数的化简	193
学习活动 1 逻辑代数的基本定律和公式	193
学习活动 2 逻辑函数的公式化简法	195
学习活动 3 逻辑函数的卡诺图化简法	195

阅读材料 数制与码制	197
任务 5.4 组合逻辑电路的分析与设计	200
学习活动 1 半加器逻辑功能的测试与设计	201
学习活动 2 全加器逻辑功能的测试与设计	202
学习活动 3 组合逻辑电路的分析方法	204
任务 5.5 编码器逻辑功能的测试及分析	206
学习活动 编码器逻辑功能的测试及分析	207
阅读材料 编码器的分类	208
任务 5.6 译码器逻辑功能的测试与应用	210
学习活动 1 译码器逻辑功能的测试与应用	210
阅读材料 译码器的分类	212
学习活动 2 显示译码器逻辑功能的测试及分析	213
任务 5.7 数据选择器逻辑功能的测试与应用	216
学习活动 数据选择器逻辑功能的测试与应用	216
阅读材料 双四选一数据选择器 74LS153	218
任务 5.8 触发器逻辑功能的测试与应用	219
学习活动 1 D 触发器逻辑功能的测试与应用	219
学习活动 2 JK 触发器逻辑功能的测试与应用	221
阅读材料 RS 触发器	223
任务 5.9 计数器逻辑功能的测试与应用	226
学习活动 1 集成异步计数器 74LS290 逻辑功能的测试与应用	227
学习活动 2 集成同步计数器 74LS161 逻辑功能的测试与应用	229
任务 5.10 寄存器逻辑功能的测试与应用	232
学习活动 寄存器 74LS194 逻辑功能的测试与应用	232
阅读材料 寄存器 74LS194 构成环形计数器	233
任务 5.11 555 定时器逻辑功能的测试与应用	234
学习活动 1 集成 555 定时器功能的测试及分析	234
学习活动 2 施密特触发器的电路功能的测试与应用	236
学习活动 3 单稳态触发器的电路功能的测试与应用	238
学习活动 4 多谐振荡器的电路功能的测试与应用	240
阅读材料 脉冲电路与石英晶体振荡器	243
任务 5.12 四人智力抢答器的设计、安装与调试	245
学习活动 1 门电路四人抢答器的安装与调试	249
学习活动 2 触发器电路四人抢答器的设计、安装与调试	250
学习活动 3 显示选手编号四人抢答器的设计、安装与调试	253
学习活动 4 倒计时电路的设计、安装与调试	255
学习活动 5 四人智力抢答器的设计、安装与调试	257
习题 5	259
习题参考答案	264

项目 1 典型直流电路的测量与应用



学习目标

1. 知识目标

- (1) 理解电压、电流等物理量的参考方向。
- (2) 掌握欧姆定律和基尔霍夫定律的应用。
- (3) 掌握电源等效变换、叠加定理、支路电流法和戴维宁定理等求解电路的方法。

2. 技能目标

- (1) 具有正确使用直流电压表、电流表和直流电源的能力。
- (2) 具有正确连接电路的能力。
- (3) 具有正确测量电压、电流和电位等物理量的能力。
- (4) 具备一定的排除电路故障的能力。

任务 1.1 电路的基本物理量的测量及参考方向

学习活动 1

电路的认识

■做一做

图 1.1.1(a) 为一个简单的手电筒电路, 图(b) 为手电筒电路的电路模型, 通过电路的连接来分析电路的组成和作用。

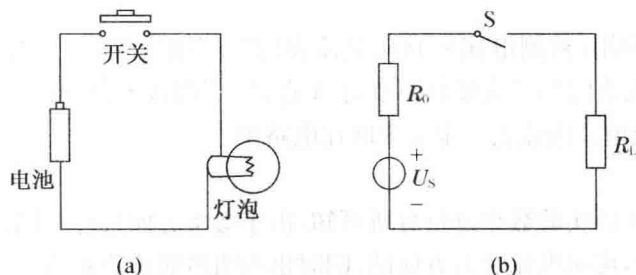


图 1.1.1 手电筒电路

■议一议

通过连接电路我们可知, 手电筒这一电路由电池、开关、灯泡、导线四部分组成。

■学一学

1. 电路的组成

电池给灯泡供电,但只有在开关闭合的前提下,才会发亮。所以电池相当于电源,灯泡是供电的对象,称为负载,开关和导线称为中间环节,它的作用是连接电源和负载,使整个电路成为一闭合回路。电源、负载、中间环节为组成电路的三要素。

2. 电路的作用

(1) 能量的传输和转换。如图 1.1.1 的手电筒电路,灯泡发光,电池能转换为光能和热能。

(2) 信号的传递和处理。如图 1.1.2 的扩音机电路,放大器用来放大电信号,而后传递到扬声器,把电信号还原为语言或音乐,实现“声—电—声”的放大、传输和转换作用。

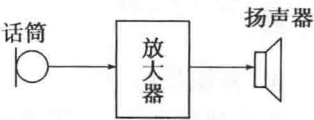


图 1.1.2 扩音机电路

前面我们了解了电路的组成和作用,然而描述一个电路的特性仅以上这些是不够的,还需要一些其他的物理量来描述电路的特征。电流、电压、电动势便是描述电路特征的最基本的物理量。下面先通过实际测试来体验一下这些物理量的存在及它们的方向。

学习活动 2 电流的测量及方向

■做一做

按图 1.1.3 连接好测量电路,用数字直流电流表测量表 1.1.1 中的电流,并将结果记于表 1.1.1 中。

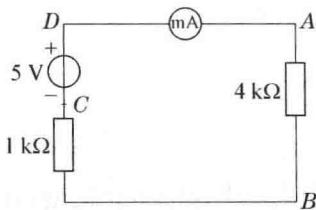


图 1.1.3 电流、电压和电位的测量电路

表 1.1.1 电流的测量

测量对象	测试结果
I_{AD}	
I_{DA}	

直流电流表的使用:被测电流从直流电流表的“+”端流入,“-”端流出。以测量电流 I_{AD} 为例,将直流电流表的“+”端接电路中的 A 点,“-”端接电路中的 D 点,此时电流表的读数为电流 I_{AD} 的数值。电流表一定要串联在电路中。

■议一议

通过对表 1.1.1 的实验数据进行分析可知,由于参考方向选择不同,同一个电路同一处电流值有正、负之分,说明电流是有方向的,同时也说明电流值为正值时,电流的参考方向和实际方向一致,电流值为负值时,电流的参考方向和实际方向不一致。下面进行理论学习。

■学一学

1. 电流的方向

规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。但有时在计算和分析电路时,电流的实际方向很难确定,因此可先任意选择一个方向作为参考,该方向称为参考方向,然后在选定的

参考方向下进行计算或测量,根据计算或测量结果来判别电流的实际方向。若计算或测量得到的电流值是正值,则说明电流的实际方向和参考方向一致;若计算或测量得到的电流值是负值,则说明电流的实际方向和参考方向不一致。(参考方向可先任意确定)电流的参考方向表示方法:(1)字母带双下标表示,如图1.1.4(a)所示;(2)箭头表示,如图1.1.4(b)所示。有时两种方法同时使用。

2. 电流的定义

由电荷(带电粒子)有规则的定向运动而形成。

若在1秒内通过导体横截面的电子所带的电荷数为1库仑(1 C),则导体中的电流为1安培(1 A)。

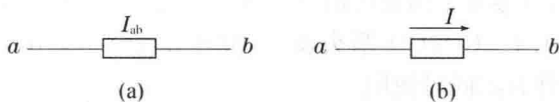


图 1.1.4 电流的参考方向表示方法

(1) 交流电流:在 dt 时间内,通过导体横截面 S 的电荷为 dq ,则电流为

$$i = \frac{dq}{dt}$$

(2) 直流电流:电流的大小和方向不随时间变化而变化,即

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

3. 电流的单位

安培,缩写为安,符号为 A。其他还有 μA 、 mA 等。它们之间的换算关系为

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

■练一练

若电流 $I_{ab} = -5 \text{ A}$,讨论电流的实际方向。

学习活动 3

电压的测量及参考方向

■做一做

按电路图 1.1.3 连接好电路,用数字直流电压表测量表 1.1.2 中的电压,并将结果记于表 1.1.2 中。

表 1.1.2 电压的测量

测量对象	测试结果
U_{AB}	
U_{BA}	

直流电压表的使用:直流电压表的“+”端接被测电压的高电位,“-”端接被测电压的低电位。以测量电压 U_{AB} 为例,将直流电压表的“+”端接电路中的 A 点,“-”端接电路中的 B 点,此时电压表的读数为电压 U_{AB} 的数值。电压表一定要并联在电路中。

■议一议

通过对表 1.1.2 的实验数据进行分析可知,由于参考方向选择不同,同一个电路相同两点的电压值有正、负之分,说明电压是有方向的,同时也说明电压值为正值时,电压的参考方向 and 实际方向一致,电压值为负值时,电压的参考方向 and 实际方向不一致。下面进行理论

学习。

■学一学

1. 电压的方向

电压的方向规定为由高电位端(+)指向低电位端(-)。在分析电路时,可先选择一个参考方向,再根据计算或测量结果来判定。若结果得到的电压值是正值,则说明电压的实际方向和参考方向一致;若结果得到的电压值是负值,则说明电压的实际方向和参考方向不一致。(参考方向是可由自己任意假定的)电压的参考方向表示方法:(1) 标“+”“-”表示,如图 1.1.5(a);(2) 箭头表示,如图 1.1.5(b);(3) 字母带双下标表示,如图 1.1.5(c)。有时三种方法同时使用。

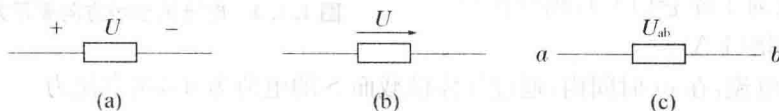


图 1.1.5 电压参考方向的表示方法

2. 电压定义

电荷的电势差在电学名词中称为电压,符号为 U 。电压定义为单位正电荷(Q)在电场力作用下沿外电路从一点移到另一点所做的功。功的单位为焦耳(J),电荷的单位为库伦(C)。由此可见,做功越多,电压就越大,所以电压是衡量电场力移动电荷做功本领大小的物理量,即

$$U = \frac{W}{Q}$$

3. 电压的单位

伏特,简称伏,用英文字母 V 表示。另外还有 kV, mV 等。它们之间的换算关系为

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

■练一练

若电流 $U_{ab} = -5 \text{ V}$, 讨论电压的实际方向。

学习活动 4

电位的测量及应用

■做一做

按电路图 1.1.3 连接好测量电路,用数字直流电压表测量表 1.1.3 中所示的各电位和电压,并将结果记于表 1.1.3 中。

表 1.1.3 电位的测量

电 位 参考点	V_A	V_B	V_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
C 点						
A 点						

电位的测量方法:以测量电位 V_B 为例,若以 C 点为参考点,则将直流电压表的“-”端接

电路中的C点,“+”端接电路中的B点,直流电压表的读数为电位 V_B 的数值。

议一议

通过对表1.1.3的实验数据进行分析可知,由于参考点选择不同,同一电路中同一点的电位值不同,但是电压不变。可见电位是个相对值,电压是个绝对值。

学一学

1. 电位的定义

在电路中,我们分别选择C点和A点为参考点,进行了测量。下面选择以C点为参考点的实验数据为例进行分析。

从测量结果可以看出,A点的电位大小即 U_{AC} ;B点的电位大小即 U_{BC} 的电压大小。所以得出电位的定义:电路中某点的电位就是该点到参考点之间的电压。我们可以把参考点电位看作零电位点。一般选择接地点为参考点。从该定义我们可以得出电位就是电压的结论,两个物理量的本质是相同的。因此电位的单位也为伏特(V)。

2. 电位与电压

(1) 电位与电压的联系

仍以C点为参考点的实验数据为例,观察 U_{AB} 、 V_A 、 V_B 的实验数据,可以得出如下结论:电路中某两点之间的电压等于这两点之间的电位差。即 $U_{AB}=V_A-V_B$ 。

(2) 电位与电压的区别

从测量结果可以发现,两次测得的A、B、C三点电位大小是不同的,但任意两点的电压不变。可见电位与电路的参考点有关,参考点不同,电位大小也不同,因此电位是个相对值。但电压与电路的参考点无关,可见电压是个绝对值。

练一练

讨论电压与电位的关系。

扩展与延伸

利用水位来引申解释电位。从图1.1.6大家很容易可知道此时水位,A槽水位为0.8m,大家可以发现这个高度都是相对地面而言的,地面就是参考水位。如果选B槽为参考水位,则A槽水位为0.5m。所以参考水位不同,那么某点水位的值也就不一样了,也就是说水位的高低是和参考水位有关的。电位也是如此。图1.1.3中的电路,若选择C点为参考点,则C点就相当于地面,所以引申应用到电路中的电位,即电路中某一点相对参考点的电压大小可以称为电位。我们可以把参考点电位看作零电位点。一般选择接地点为参考点。

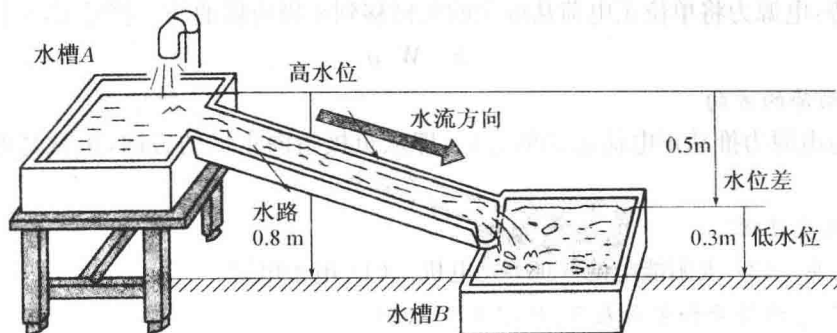


图1.1.6 水位

在如图 1.1.1 所示电路中,如果把电池拿掉,换上一条导线,无论开关闭合与否,灯泡都不会亮,那么电池的作用是什么?

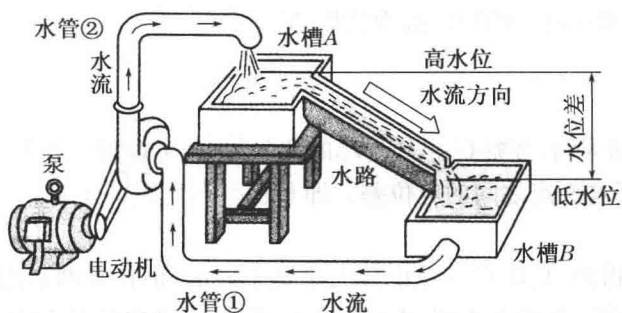
学习活动 5

电动势的认识

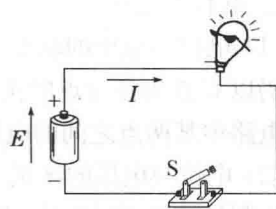
■看一看

图 1.1.7(a)说明了水泵与水流的关系:要保持水持续流动,需要不断用水泵向水槽 A 中抽水。图 1.1.7(b)说明了电池与电流的关系:要使电流持续流动,需靠电池不断提供电能。

电池(电源)具有使电流持续流动的能力,这种能力用电源的电动势表示,用 E 表示,单位为伏特(V),方向为负极“-”指向正极“+”。



(a) 水泵与水流的关系



(b) 电动势与电流的关系

图 1.1.7

■学一学

为了更好地理解电动势的含义,从电的本质角度来分析手电筒小灯泡发光的原理。干电池正极聚集了正电荷,负极聚集了负电荷,铜电线中带负电的自由电子被干电池正极吸引,阴极排斥,形成了有规则的电子流动即电流,使小灯泡发光。正如水要有水位差才能流动,电流是由于电池两端的电位差,即电压而形成的。并且干电池内部的化学能不断地将正电荷移到阳极来补充被自由电子中和的正电荷,并不断地在阴极聚集负电荷,从而维持了电池两端产生和维持电位差的能力,这就叫作电动势。如图 1.1.8(a)。

1. 定义

电动势:电源力将单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功。符号 E , 单位 V, 即

$$E = W/q$$

2. 电动势的方向

规定为电源力推动正电荷运动的方向,即从负极指向正极的方向,也就是电位升高的方向。

3. 常用电压源

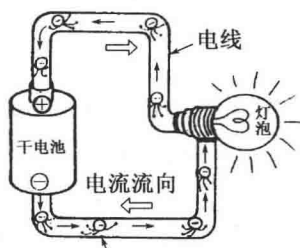
(1) 电池 (2) 太阳能电池 (3) 发电机 (4) 电子电源

4. 电动势的符号和方向表示[见图 1.1.8(b)]

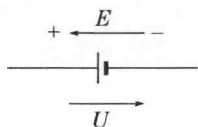
可见其方向和电压方向是刚好相反的,而 $U = E$ 。电动势描述的是电源内部电源力克

服电场力把正电荷从低电位推到高电位的正极所做的功,是其他形式能量转换为电能的过程。

电压描述的是电源外部的负载电路中(外电路)电场力推动正电荷从高电位移到低电位,同时克服负载中的阻力所做的功,是电能转换为其他形式能量的过程。



(a) 电动势的形成



(b) 电动势的符号和方向

图 1.1.8

阅读材料

电路的工作状态及功率平衡

1. 电路的三种工作状态

通过学习,我们已经知道电路是由电源、负载和中间环节三个部分组成的,缺少任何一个部件都不能称之为一个正常的电路,但现实中往往会因某些情况,导致电路出现一些状况,比如负载不小心被短路了或导线断了等现象,那么发生类似现象时,有什么特征,如有不良影响,我们该怎么处理呢?

一简单直流电路如图 1.1.9;其中, E 为电动势, U 为端电压, R_0 为电源的内阻, R 为负载电阻。开关是执行元件,导线将电源、负载和开关连成回路。

(1) 有载工作状态

图 1.1.9 中,当开关 S 闭合时,接通电源和负载,电源向负载提供电能,负载消耗电能,这种状态就是电路的有载工作状态。根据欧姆定律,电路中的电流为

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

负载电阻两端的电压为

$$U = RI$$

所以

$$U = E - R_0 I$$

负载电阻越小,电流越大。电流越大,电源两端电压越小。

(2) 开路工作状态(空载)

开关断开,电源没有向负载供电,此时称电路处于开路(空载)状态。此时 $I_{OC} = 0$,这时电源的端电压称为开路电压或空载电压 U_{OC} ,显然电路开路时,

$$U = E = U_{OC}$$

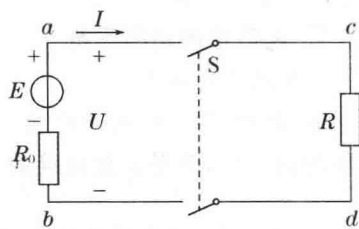


图 1.1.9 有源有载工作

即电路开路时的特征有

$$I_{\infty}=0$$

$$U=U_{\infty}=E$$

(3) 短路工作状态

当电源的两端 c, d 两点之间直接被一条导线连接或由于某种原因被连在一起时, 电路处于短路状态。此时 $R=0, U_{sc}=0, E=I_{sc}R_0$, 即电源的电动势全部降在内阻上。这时电源输出的短路电流 I_{sc} 电流很大。

因为短路电流 I_{sc} 远大于正常输出电流, 电源能量全部消耗在它的内阻上, 造成电源损坏, 这是不允许的。因此常在电路中接入熔断器或自动断路器, 起到保护作用。所以, 短路时电路的特征有

$$U_{sc}=0$$

$$I=I_{sc}=\frac{E}{R_0}$$

短路是一种严重事故, 常常是由于绝缘损坏或接线不慎, 有时由于疏忽将不该导通的线路接通了, 从而导致了短路引起毁坏现象, 因此应该经常检查电气设备和线路的绝缘情况。

有时根据工作需要将电路的某一部分或某一元件的两端用导线连接起来, 这种局部短路的情况就不是事故了。比如: 为了测量电路电流而串入电流表, 但不需要测量时, 为了保护电流表, 可用闭合开关的方法, 将电流表“短路”。如图 1.1.10。

通常为了把这种人为安排的有用短路与事故短路区分开来, 常将有用短路称为“短接”, 如用万用表欧姆调零的时候, 将红、黑两表笔短接。

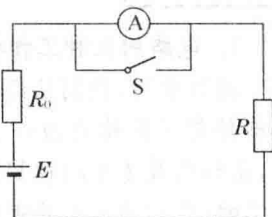


图 1.1.10 短路的应用

2. 电路中的功率平衡

(1) 功率的定义

① 电功, 即电流所做的功。如电流通过电动机, 电动机带动其他机器运转而做功。电流做功的多少, 就是能量转换的度量, 其数学表达式为

$$W=qU=UI t$$

② 电功率, 指的是单位时间内电流所做的功, 是描述电流做功快慢的物理量。通常所谓的用电设备容量, 都是指其电功率的大小, 它表示该用电设备做功的本领, 其数学表达式为

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

对电阻来说, 由欧姆定律可得电阻上消耗的电功率为

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

直流电路中电路的总功率等于各个电阻的功率之和。

$$P_T=P_1+P_2+P_3+\cdots+P_n$$

电阻的功率是很重要的, 因为电阻的额定功率必须足够高, 用于满足电路的预期功率。

(2) 电流的热效应

电流通过导体时, 导体的温度会升高。这是因为导体吸收电能转换为热能的缘故, 这种

现象叫作电流的热效应,其数学表达式为

$$Q=I^2Rt$$

单位为焦耳(J)。

如白炽灯、电烙铁、电饭锅等电器都是使用电流热效应原理工作的。但是,对于不是以发热为目的的电力设备,电流通过导体发出热量,不仅造成能量的损耗,严重时可能导致设备的损坏。

(3) 额定值

额定值是制造厂为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常容许值。这个容许值主要指的是电压、电流、功率的容许值,其余还有工作温度之类的。若使用时超过额定值,则会损坏电气设备;若使用时电压和电流远低于额定值,则又得不到正常合理的工作情况,而且也不能充分利用设备的能力。所以我们在使用时,一定要充分考虑额定数据。

额定电压用 U_N 表示,额定电流用 I_N 表示,额定功率用 P_N 表示。一般电气设备或元件的额定值标在铭牌上或写在说明书上。

(4) 功率平衡

电路中电源产生的功率等于内阻消耗的功率和负载消耗的功率之和,遵循能量守恒定律。

3. 电源和负载的判断

方法一:

电源: U 和 I 的实际方向相反,电流从“+”端流出,输出功率,则为电源。

负载: U 和 I 的实际方向相同,电流从“+”端流入,吸收功率,则为负载。

方法二:

电源:当 U 和 I 的参考方向一致时, $P=UI<0$,产生功率,则为电源。

负载:当 U 和 I 的参考方向一致时, $P=UI>0$,吸收功率,则为负载。

任务 1.2 线性电阻特性的测试与应用

学习活动 1

电阻的认识

■看一看

从实验室拿出具有不同外形的电阻,观察常见固定电阻的外形及电阻器身的文字符号,了解它们的含义,图 1.2.1 所示为常用电阻器的外形。

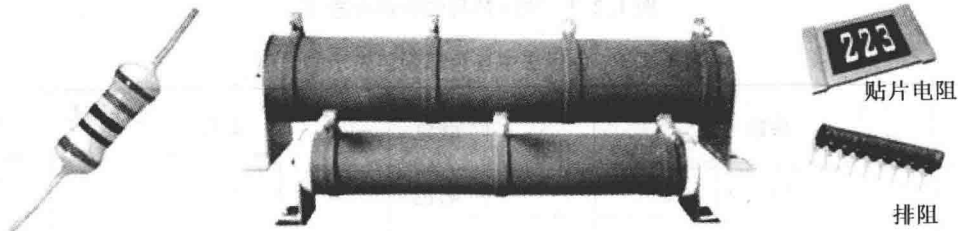


图 1.2.1 常用电阻器外形