



电子大讲堂  
系 ■ 列 ■ 图 ■ 书

- **实力派作者** 倾力打造
- 以“师生交流”的**全新形式** 讲授知识
- 一套非常**适合自学**的电子 技术入门读物

# 教你 从零起步 学电子

# 蔡老师

○ 蔡杏山 主编

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



教你  
从  
零  
起  
步  
学  
电  
子

蔡老师

○ 蔡杏山 主编

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

蔡老师教你从零起步学电子 / 蔡杏山主编. — 北京  
人民邮电出版社, 2011. 1  
(电子大讲堂系列图书)  
ISBN 978-7-115-24304-1

I. ①蔡… II. ①蔡… III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第233549号

## 内 容 提 要

本书是“电子大讲堂系列图书”中的一本。全书共分6课,主要介绍了电子技术基础、万用表的使用、常用电子元器件、基础电子电路、收音机与电子产品的检修、数字电路入门与示波器的使用。

本书内容丰富,形式新颖,图文并茂,通俗易懂,适合电子爱好者、电子技术产业工人、大中专院校相关专业学生阅读参考。

电子大讲堂系列图书

### 蔡老师教你从零起步学电子

- 
- ◆ 主 编 蔡杏山  
责任编辑 申 苹
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 14.25  
字数: 323千字 2011年1月第1版  
印数: 1-4000册 2011年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24304-1

定价: 29.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

# 前 言

21 世纪是以微电子技术和数字电子技术为特征的信息时代，电子技术在国民经济各领域中起着越来越重要的作用，并且更加深入地渗透到我们的工作、学习和生活当中。

许多青少年电子技术爱好者和电子技术从业人员都希望能学习和掌握一定的电子技术基本知识技能，但是广大初学者普遍感到入门难，电子理论书籍看不懂，元器件不了解，电路图走不通，仪器仪表不会用，电子制作无从下手等。

为了帮助广大初学者和务工人员较快、较全面地学习和掌握电子技术，我们根据初学者的特点和要求，结合长期从事电子技术教学工作的实践，编写了这套“电子大讲堂系列图书”。本套丛书邀请了几位实力派的作者，化身为老师，通过老师授课、师生交流的新颖形式讲解了电子技术的基本知识和操作技能，重点突出了实用技术和方法技巧。这种新颖的形式使得内容直观易懂，文字生动活泼，重点内容更容易理解和掌握，真正起到手把手教你学的效果。

本书是“电子大讲堂系列图书”中的一本。全书共分 6 课。第 1 课讲授电子技术基础知识，第 2 课讲授万用表的使用方法与技巧，第 3 课讲授常用电子元器件的识别、特性与检测方法，第 4 课讲授基础单元电路的分析方法，第 5 课讲授收音机和电子产品的检修方法和步骤，第 6 课讲授数字电路的基本知识以及示波器的使用方法。

本书内容丰富，形式新颖，图文并茂，通俗易懂，适合广大电子技术爱好者、家电维修人员和相关从业人员阅读学习，并可作为职业技术学校 and 务工人员上岗培训的基础教材。书中如有不当之处，欢迎广大读者朋友批评指正。

作 者

# 目 录

## 第 1 课 电子技术基础

### 第 ① 讲 基本概念与规律 ..... 1

- 1.1.1 电路与电路图 ..... 1
- 1.1.2 电流与电阻 ..... 2
- 1.1.3 电位、电压和电动势 ..... 4
- 1.1.4 电路的三种状态 ..... 5
- 1.1.5 接地与屏蔽 ..... 6
- 1.1.6 欧姆定律 ..... 7
- 1.1.7 电功、电功率和焦耳定律 ..... 8

### 第 ② 讲 电阻的连接方式 ..... 10

- 1.2.1 电阻的串联 ..... 11
- 1.2.2 电阻的并联 ..... 11
- 1.2.3 电阻的混联 ..... 12

### 第 ③ 讲 直流电与交流电 ..... 13

- 1.3.1 直流电 ..... 13
- 1.3.2 交流电 ..... 14

## 第 2 课 万用表的使用

### 第 ① 讲 指针万用表的使用 ..... 19

- 2.1.1 面板介绍 ..... 19
- 2.1.2 测量原理 ..... 21
- 2.1.3 使用前的准备工作 ..... 23
- 2.1.4 测量直流电压 ..... 25
- 2.1.5 测量交流电压 ..... 26
- 2.1.6 测量直流电流 ..... 27

2.1.7 测量电阻 ..... 28

2.1.8 万用表使用注意事项 ..... 29

### 第 ② 讲 数字万用表的使用 ..... 31

- 2.2.1 面板介绍 ..... 31
- 2.2.2 测量直流电压 ..... 32
- 2.2.3 测量交流电压 ..... 32
- 2.2.4 测量电阻 ..... 33

## 第 3 课 常用电子元器件

### 第 ① 讲 电阻器 ..... 36

- 3.1.1 固定电阻器 ..... 36
- 3.1.2 电位器 ..... 42
- 3.1.3 敏感电阻器 ..... 44

### 第 ② 讲 变压器 ..... 49

- 3.2.1 外形与图形符号 ..... 49
- 3.2.2 结构、工作原理和功能 ..... 50
- 3.2.3 特殊绕组变压器 ..... 51
- 3.2.4 种类 ..... 52
- 3.2.5 主要参数 ..... 54
- 3.2.6 检测 ..... 55

### 第 ③ 讲 电感器 ..... 57

- 3.3.1 外形与图形符号 ..... 57
- 3.3.2 主要参数与标注方法 ..... 58
- 3.3.3 性质 ..... 59
- 3.3.4 种类 ..... 61
- 3.3.5 检测 ..... 63



## 第4讲 电容器 .....64

- 3.4.1 结构、外形与图形符号.....64
- 3.4.2 主要参数.....64
- 3.4.3 性质.....65
- 3.4.4 种类.....68
- 3.4.5 电容器的串联与并联.....72
- 3.4.6 容量标注法与误差表示法.....73
- 3.4.7 常见故障及检测.....75

## 第5讲 二极管 .....77

- 3.5.1 半导体.....77
- 3.5.2 二极管.....78
- 3.5.3 发光二极管.....82
- 3.5.4 光电二极管.....84
- 3.5.5 稳压二极管.....84
- 3.5.6 变容二极管.....87

## 第6讲 三极管 .....89

- 3.6.1 外形与图形符号.....89
- 3.6.2 结构.....90
- 3.6.3 电流、电压规律.....91
- 3.6.4 放大原理.....93
- 3.6.5 三种状态说明.....94
- 3.6.6 主要参数.....98
- 3.6.7 检测.....99
- 3.6.8 三极管型号命名方法.....103

## 第7讲 其他常用元器件 .....104

- 3.7.1 天线.....105
- 3.7.2 陶瓷滤波器.....105
- 3.7.3 开关.....105
- 3.7.4 熔断器.....106
- 3.7.5 话筒.....106
- 3.7.6 扬声器.....107
- 3.7.7 晶闸管.....108

3.7.8 光电耦合器.....110

3.7.9 集成电路.....111

## 第4课 基础电子电路

## 第1讲 放大电路.....114

- 4.1.1 固定偏置放大电路.....114
- 4.1.2 电压负反馈放大电路.....116
- 4.1.3 分压式偏置放大电路.....117
- 4.1.4 交流放大电路.....118
- 4.1.5 多级放大电路.....119
- 4.1.6 功率放大电路.....121

## 第2讲 谐振电路.....127

- 4.2.1 串联谐振电路.....128
- 4.2.2 并联谐振电路.....129

## 第3讲 振荡器 .....132

- 4.3.1 振荡器的组成与原理.....132
- 4.3.2 变压器反馈式振荡器.....133

## 第4讲 电源电路.....134

- 4.4.1 电源电路的组成.....135
- 4.4.2 整流电路.....135
- 4.4.3 滤波电路.....138
- 4.4.4 稳压电路.....141
- 4.4.5 集成稳压电路.....144

第5课 收音机与电子产品的  
检修

## 第1讲 无线电广播知识.....151

- 5.1.1 无线电波.....151
- 5.1.2 无线电波的发送与接收.....154

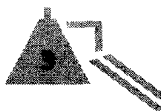
|              |             |     |
|--------------|-------------|-----|
| <b>第 2 讲</b> | 收音机的电路原理    | 157 |
| 5.2.1        | 调幅收音机组成方框图  | 158 |
| 5.2.2        | 调幅收音机单元电路分析 | 159 |
| 5.2.3        | 收音机整机电路分析   | 167 |
| <b>第 3 讲</b> | 收音机的组装与调试   | 171 |
| 5.3.1        | 实践入门        | 171 |
| 5.3.2        | 收音机的组装      | 177 |
| 5.3.3        | 收音机的调试      | 181 |
| <b>第 4 讲</b> | 电子产品的检修方法   | 183 |
| 5.4.1        | 直观法         | 183 |
| 5.4.2        | 电阻法         | 184 |
| 5.4.3        | 电压法         | 185 |
| 5.4.4        | 电流法         | 187 |
| 5.4.5        | 信号注入法       | 188 |
| 5.4.6        | 断开电路法       | 189 |

|       |     |     |
|-------|-----|-----|
| 5.4.7 | 短路法 | 190 |
| 5.4.8 | 代替法 | 190 |

|              |        |     |
|--------------|--------|-----|
| <b>第 5 讲</b> | 收音机的检修 | 191 |
|--------------|--------|-----|

## 第 6 课 数字电路入门与示波器的使用

|              |         |     |
|--------------|---------|-----|
| <b>第 1 讲</b> | 数字电路入门  | 195 |
| 6.1.1        | 基础知识    | 195 |
| 6.1.2        | 门电路     | 197 |
| 6.1.3        | 举重比赛裁决器 | 205 |
| <b>第 2 讲</b> | 示波器的使用  | 206 |
| 6.2.1        | 面板介绍    | 207 |
| 6.2.2        | 使用方法    | 212 |
| <b>参考文献</b>  |         | 218 |



# 第 1 课 电子技术基础

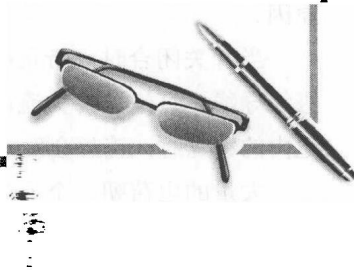


蔡老师：同学们，“电子技术无处不在”，小到各种家用消费电子产品，大到飞机导航、雷达通信和神舟飞船上天，无一不用到电子技术。这些领域的设备从设计、生产、销售、维护到维修的各个环节都需要大量的电子技术人才，学习电子技术是社会的迫切需要。

学习电子技术就像建楼房一样，应先打好根基，即学好基础知识，然后逐步提高就能建立起电子技术的大厦。

本课讲授的内容主要有：

- (1) 基本概念与规律；
- (2) 电阻的连接方式；
- (3) 直流电与交流电。



## 第 1 讲 基本概念与规律

### 1.1.1 电路与电路图

图 1-1 (a) 所示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，它能将电能转变为光能，称为负载。因此，电路是由电源、中间环节和负载组成的。

图 1-1 (a) 所示为实物电路图，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 1-1 (b) 所示的图形就是图 1-1 (a) 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。





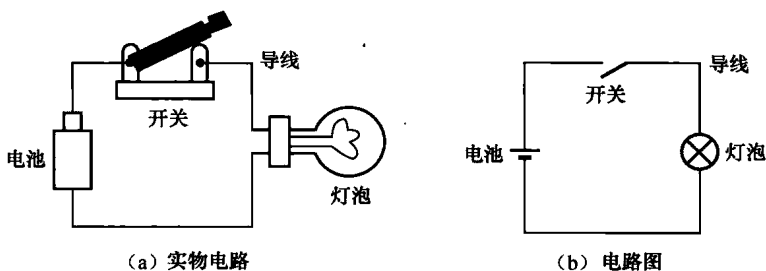
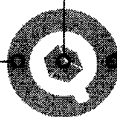


图 1-1 一个简单的电路

## 1.1.2 电流与电阻

### 1. 电流

在图 1-2 所示电路中，将开关闭合，灯泡会发光，为什么会这样呢？下面就来解释其中的原因。

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。图 1-2 所示电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源负极。

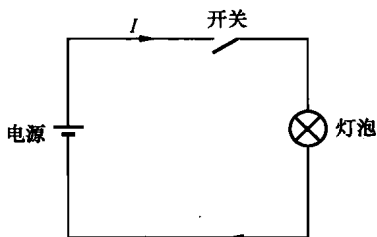


图 1-2 电流说明图

电流通常用字母“ $I$ ”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（ $\mu A$ ），它们之间的关系为

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

### 2. 电阻

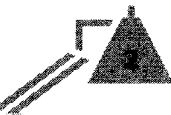
在图 1-3 (a) 所示电路中，给电路增加一只元件——电阻器，发现灯光会变暗，该电路的电路图如图 1-3 (b) 所示。为什么在电路中增加了电阻器后灯泡会变暗呢？原来电阻器对电流有一定的阻碍作用，从而使流过灯泡的电流减小，灯泡变暗。

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

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

导体的电阻计算公式为

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



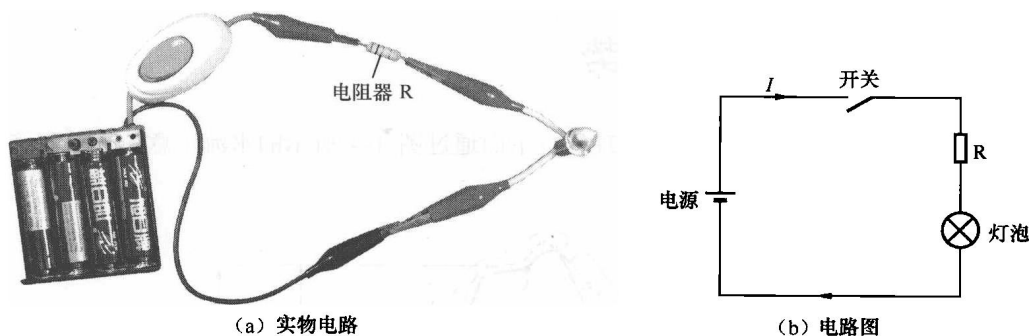


图 1-3 电阻说明图


式中,  $L$  为导体的长度, 单位为  $m$ ;  $S$  为导体的横截面积, 单位为  $m^2$ ;  $\rho$  为导体的电阻率, 单位为  $\Omega \cdot m$ 。


不同的导体,  $\rho$  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, 为了使负载得到较大电流和减小供电线路损耗, 供电线路通常采用铜导线。


表 1-1 一些常见导体的电阻率 ( $20^\circ C$  时)

| 导 体 | 电阻率/ $\Omega \cdot m$ | 导 体 | 电阻率/ $\Omega \cdot m$   |
|-----|-----------------------|-----|-------------------------|
| 银   | $1.62 \times 10^{-8}$ | 锡   | $11.4 \times 10^{-8}$   |
| 铜   | $1.69 \times 10^{-8}$ | 铁   | $10.0 \times 10^{-8}$   |
| 铝   | $2.83 \times 10^{-8}$ | 铅   | $21.9 \times 10^{-8}$   |
| 金   | $2.4 \times 10^{-8}$  | 汞   | $95.8 \times 10^{-8}$   |
| 钨   | $5.51 \times 10^{-8}$ | 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, 通电后钨丝的温度升到  $1000^\circ C$  以上, 其电阻急剧增大; 导体温度下降电阻减小, 某些金属材料在温度下降到某一值时 (如  $-109^\circ C$ ), 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。

 蔡老师: 请王小帅回答一下, 能不能用铁丝代替图 1-3 中的电阻器, 如果可以, 应该如何做?

 王小帅: 可以代替, 不过可能需要很长的铁丝。在计算铁丝的长度时, 要知道电阻器的阻值  $R$ 、铁丝的横截面积  $S$  和铁材料的电阻率  $\rho$ , 然后利用公式  $L = RS/\rho$  即可求出铁丝的长度。

 蔡老师: 回答正确, 虽然可使用铁丝来代替电阻器, 但是由于铁丝成本高、体积大, 而电阻器体积小且价格低, 因此一般情况下不会用铁丝来代替电阻器。



### 1.1.3 电位、电压和电动势

电位、电压和电动势对初学者较难理解，下面通过图 1-4 所示的水流示意图来说明这些术语。首先来分析图 1-4 中的水流过程。

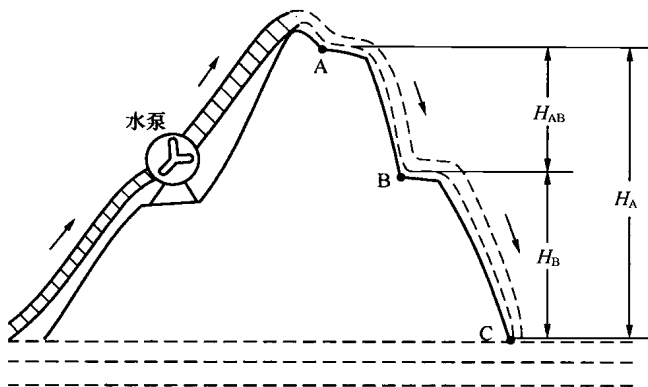


图 1-4 水流示意图

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），然后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，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 处源源不断有水往 B、C 处流，需要利用水泵将低水位的河水抽到高处 A 点，这期间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 1-5 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 1-4 所示水流示意图相似，图 1-5 所示电路中的 A、B 点也有高低之分，只不过不是水位，而是称为电位，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，

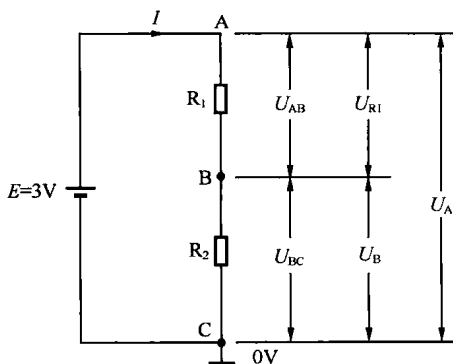


图 1-5 电位、电压和电动势说明图



电位单位不是米，而是伏特（简称伏）；用V表示。在图1-5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 $U_B=1V$ 。

## 2. 电压

图1-5所示电路中的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 $U_{AB}=U_A-U_B=3V-1V=2V$ 。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，电动势的单位也为伏特，图1-5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，这三种状态的电路如图1-6所示。

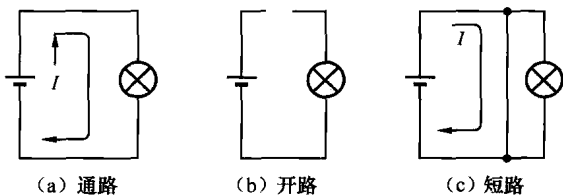


图1-6 电路的三种状态

#### 1. 通路

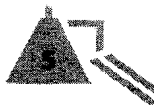
图1-6(a)所示电路处于通路状态。电路处于通路状态的特点有：电路畅通，有正常的电流流过负载，负载正常工作。

#### 2. 开路

图1-6(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1-6(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，很容易烧坏电源和导线。

### 1.1.5 接地与屏蔽

#### 1. 接地

接地在电子电路中应用广泛，电路中常用图 1-7 所示的符号表示接地和底板或接机壳。

为了便于初学者理解，本书将接地和接机壳统一成接地来说明。在电子电路中，接地的含义不是表示将电路连接到大地，而是有以下的意义：

① 在电路中，接地符号处的电位规定为 0V。在图 1-8 (a) 所示电路中，A 点标有接地符号，规定 A 点的电位为 0V。

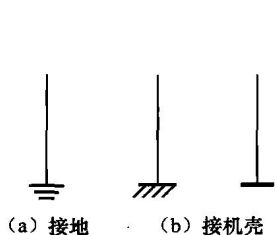


图 1-7 接地和接机壳符号

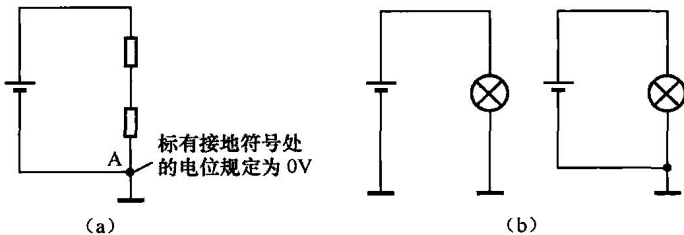


图 1-8 接地符号含义说明图

② 在电路中，标有接地符号处的地方都是相通的。图 1-8 (b) 所示的两个电路，虽然从形式上看不一样，但电路实际连接是一样的，故两个电路中的灯泡都会亮。

#### 2. 屏蔽

在电子设备中，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工作时产生信号干扰其他的电路正常工作，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 1-9 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。图 1-10 所示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。

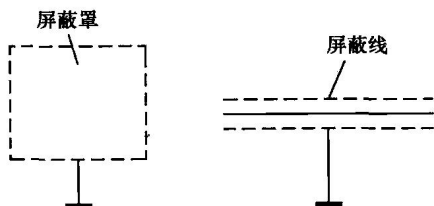


图 1-9 屏蔽符号

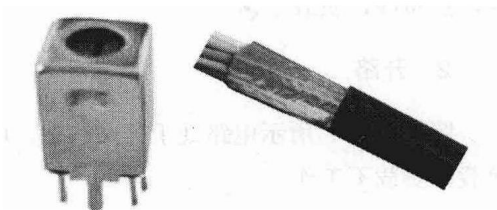
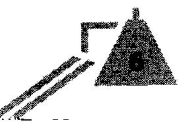


图 1-10 带有屏蔽罩的元器件和导线



蔡老师：请李蕾蕾回答一下，除了关机外，还有什么方法让手机无法接打电话？

李蕾蕾：将手机装在封闭的铁盒子中，移动公司基站发射的信号无法穿透铁盒，手机无法接收信号，同时手机发射的信号也无法穿透铁盒被基站接收。另外，我听别人说手机屏蔽器也能让手机无法接打电话。

蔡老师：你说的两种方法都对。铁盒子封闭手机是采用了屏蔽原理，而手机屏蔽器是采用干扰原理。手机屏蔽器工作时会发射干扰信号混杂在基站发射的信号中，让手机无法识别基站发射的信号，从而无法接打电话。如果将手机比作人的话，手机屏蔽器就像是一个在人身边发出巨大噪声的机器，很难听清别人的讲话。

### 1.1.6 欧姆定律

欧姆定律是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。

欧姆定律的内容是：在电路中，流过电阻的电流  $I$  的大小与电阻两端的电压  $U$  成正比，与电阻  $R$  的大小成反比，即

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

也可以表示为  $U=IR$  和  $R = \frac{U}{I}$ 。

为了更好地理解欧姆定律，下面以图 1-11 所示几种形式为例加以说明。

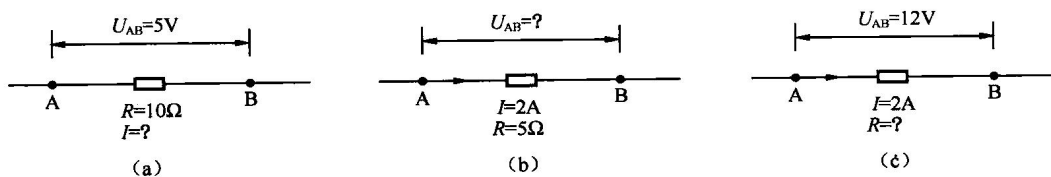


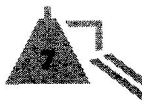
图 1-11 欧姆定律的几种形式图示

在图 1-11 (a) 中，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  $I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{5}{10} = 0.5 (A)$ 。

在图 1-11 (b) 中，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  $U_{AB}=IR=2\times 5=10 (V)$ 。

在图 1-11 (c) 中，已知流过电阻的电流  $I=2A$ ，电阻两端的电压  $U_{AB}=12V$ ，那么电阻的大小  $R = \frac{U}{I} = \frac{12}{2} = 6 (\Omega)$ 。

下面以图 1-12 所示的电路来说明欧姆定律的应用。



在图 1-12 所示电路中，电源的电动势  $E=12\text{V}$ ，它与 A、D 之间的电压  $U_{AD}$  相等，三只电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  串接起来，可以相当于一只电阻  $R$ ， $R=R_1+R_2+R_3=2+7+3=12(\Omega)$ 。知道了电阻的大小和电阻两端的电压，就可以求出流过电阻的电流  $I$ ，即

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

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  $U_{AB}$ )、 $U_{R2}$  和  $U_{R3}$ ，即

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

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

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

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 1-12 中如何求 B 点电压呢？首先要明白：在电路中，某点电压指的就是该点与地之间的电压，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。

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

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

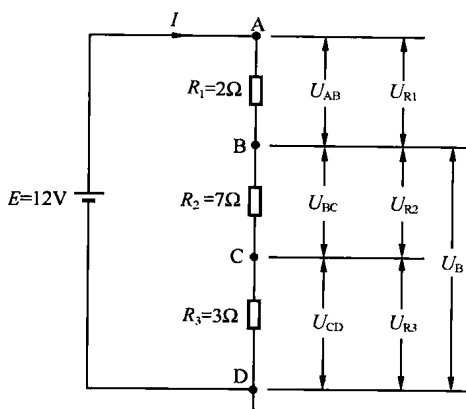


图 1-12 欧姆定律的应用说明图

## 1.1.7 电功、电功率和焦耳定律

### 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。可见，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用电设备的电流有关，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，单位为焦 (J)； $U$  表示电压，单位为伏 (V)； $I$  表示电流，单位为安 (A)； $t$  表示时间，单位为秒 (s)。

### 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。电功率是指单位时间里电流通过用电设备所做的功。电功率常用  $P$  表示，单位为瓦 (W)，此外还有千瓦 (kW) 和毫瓦 (mW)，它们之间的关系是

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

电功率的计算公式是

$$P=UI$$

根据欧姆定律可知  $U=IR$ ,  $I=\frac{U}{R}$ , 所以电功率还可以用以下公式来求:

$$P=I^2R$$

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

举例: 在图 1-13 所示电路中, 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。

灯泡的功率为

$$P=UI=220\times 0.5=110\text{ (W)}$$

灯泡的电阻为

$$R=\frac{U}{I}=\frac{220}{0.5}=440\text{ (}\Omega\text{)}$$

灯泡在 10s 做的功为

$$W=Pt=UI t=220\times 0.5\times 10=1\ 100\text{ (J)}$$

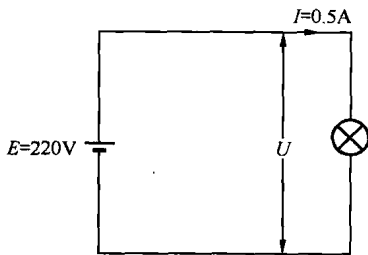


图 1-13 电功率计算例图

这里要补充一下, 电功的单位是焦耳 (J), 但在电学中

还常用千瓦时 ( $\text{kW}\cdot\text{h}$ ) 来表示, 千瓦时也称度。  $1\text{kW}\cdot\text{h}=1$  度, 千瓦时与焦耳的关系是

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

$1\text{kW}\cdot\text{h}$  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。

### 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  $Q$  与导体流过的电流  $I$ 、导体的电阻  $R$  和通电的时间  $t$  有关。这个关系用公式表示就是

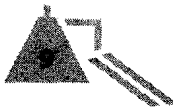
$$Q=I^2Rt$$

式中,  $Q$  表示热量, 单位为焦耳 (J);  $R$  表示电阻, 单位为欧姆 ( $\Omega$ );  $t$  表示时间, 单位为秒 (s)。

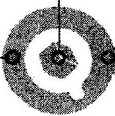
该定律说明: 电流流过导体产生的热量, 与电流的平方及导体的电阻成正比, 与通电时间成正比。

由于这个定律除了由焦耳发现外, 俄国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。

举例: 某台电动机额定电压是 220V, 线圈的电阻为  $0.4\Omega$ , 当电动机接 220V 的电压时, 流过的电流是 3A, 求电动机的功率和线圈每秒发出的热量。







电动机的功率为

$$P=UI=220 \times 3=660 \text{ (W)}$$

电动机线圈每秒发出的热量为

$$Q=I^2Rt=3^2 \times 0.4 \times 1=3.6 \text{ (J)}$$



蔡老师：好，这一讲就结束了。现在我们来归纳一下本讲的知识要点。

- (1) 电路是由电源、中间环节和负载组成的。
- (2) 正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向，电流通常用  $I$  表示，电流单位是为安培 (A)。
- (3) 电阻器对电流的阻碍称为电阻，电阻通常用“R”表示，电阻单位为欧姆 ( $\Omega$ )。
- (4) 电位之间的差距称为电位差，又称电压；电源的电动势方向规定为从负极指向正极。
- (5) 电路有三种状态：通路、开路和短路。
- (6) 在电路中，接地符号处的电位规定为 0，标有接地符号处的地方都是相通的。
- (7) 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。
- (8) 欧姆定律内容是：在电路中，流过电阻的电流  $I$  的大小与电阻器两端的电压  $U$  成正比，与电阻  $R$  的大小成反比，用公式表示为  $I=U/R$ 。
- (9) 在电路中，某点电压是指该点与地之间的电压。
- (10) 电流做的功称为电功，电功的单位是焦耳 (J)。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，电功的计算公式为  $W=UIt$ 。
- (11) 电功率是指电流通过用电设备 1s 内所做的功。电功率用  $P$  表示，单位是瓦特 (W)，电功率的计算公式为  $P=UI$ 。
- (12) 焦耳定律的内容是：电流流过导体，导体发出的热量  $Q$  与导体流过的电流  $I$ 、导体的电阻值  $R$  和通电的时间  $t$  有关。焦耳定律用公式表示为  $Q=I^2Rt$ 。



## 第 2 讲 电阻的连接方式

电阻是电路中应用最多的一种电子元件，在一个电路中往往同时使用多只电阻。根据连接

