

零起步轻松学系列丛书

零起步轻松学电子电路

蔡杏山 主编
易电工作室 编著
万华清 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

零起步轻松学电子电路／易电工作室编著．—北京：人民邮电出版社，2006.1
(零起步轻松学系列丛书／蔡杏山主编)
ISBN 7-115-14178-9

I．零... II．易... III．模拟电路—基本知识 IV．TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137707 号

内 容 提 要

本书是一本电子电路 (模拟电路) 的入门图书, 书中详细全面地介绍了各种主要模拟电路的工作原理及应用, 内容包括放大电路、集成运算放大器、谐振电路、滤波电路、振荡电路、调制解调电路、变频电路和电源电路。另外, 书中每章都设有习题, 并附有习题答案, 读者可以通过这些习题, 检查自己对本章重点知识的掌握情况。

本书起点低、通俗易懂, 内容结构安排符合学习认知规律, 适合作电子技术初学者的自学教材, 也适合作大中专院校电子技术专业学生的学习辅导书。

零起步轻松学系列丛书 零起步轻松学电子电路

-
- ◆ 主 编 蔡杏山
编 著 易电工作室
主 审 万华清
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>
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 12.25
字数: 208 千字 2006 年 1 月第 1 版
印数: 1—6 000 册 2006 年 1 月北京第 1 次印刷
-
- ISBN 7-115-14178-9/TN · 2638

定价: 19.00 元

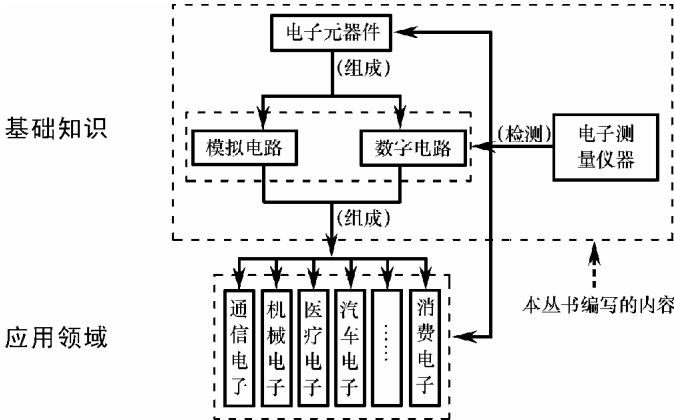
读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

丛书前言

随着电子技术广泛的应用，社会对电子技术人才的需求日益增大，越来越多的人加入到电子技术行业中来。电子技术是一门系统性很强、涉及面很广的技术，初学者在学习时常常会感到无从下手，困难重重。如何快速、轻松地迈进电子技术领域，掌握电子技术基础知识是每一个初学者迫切需要解决的问题，而本套丛书编写的目的就是帮助读者解决这个难题。

一、如何学好电子技术

虽然电子技术的应用非常广泛，但各个应用领域中的电子技术基础是一样的。如果将电视机、数码相机、移动电话、汽车电路控制系统等分拆开来，我们就会发现这些复杂的功能电路都是由各种电子元件和简单电路组合而成的。这里所说到的各种电子元件和简单电路就是电子技术基础。以下是电子技术知识体系图和本丛书的编写内容示意。



从图中可以看出 本丛书编写的内容已基本覆盖电子技术基础知识的各个方面，

通过本丛书的学习，可以快速地掌握电子技术基础知识，为以后轻松地进入各个电子技术应用领域打下坚实的基础。

二、本丛书内容简介

根据电子技术基础知识体系，我们将本套丛书分为四册，各分册既紧密相关，又独立成册，具体内容如下。

➤ 《零起步轻松学电子技术》 以很低的起点将读者引入电子技术领域，让读者初步全面接触电子技术，对其有一个整体的认识，并掌握一定的动手能力，为以后更深层的学习打下坚实的基础。内容涉及电子技术基础知识、电子元器件知识、电子测量仪器的使用、电子电路和电子设备的检修等。

➤ 《零起步轻松学电子电路》 用通俗易懂的语言介绍电子电路（低频、高频模拟电路）的分析方法，培养读者对模拟电路的识图能力。

➤ 《零起步轻松学数字电路》 从数字电路中最基本的门电路开始，介绍各种基础数字电路，培养读者对数字电路的识图能力。

➤ 《零起步轻松学电子测量仪器》 介绍各种电子测量仪器、仪表的使用方法，如万用表、信号发生器、示波器、频率计、扫频仪等的使用，培养读者用电子测量仪器及仪表检测电子元器件、电子电路和电子设备的能力。

三、本丛书的特点

➤ 结构安排符合人的认识规律。在图书内容编排上，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。

➤ 起点低，语言通俗易懂。书中少用专业化的术语，多用通俗易懂的语言，遇到较难理解的内容用比喻来说明，尽量避免复杂的理论分析和烦琐的公式推导，具有初中文化程度的读者即可阅读。

➤ 采用图文并茂的表达方式。书中大多采用读者喜欢的直观形象的图表方法表述知识，使读者在轻松的阅读中学习知识。

➤ 标注书中知识要点并且在每章后设置习题。书中用阴影和文字加粗的方法突出显示知识要点，另外在每章后设置习题，将每章重要知识点以习题的形式给出，

使读者加深对知识要点的印象。

➤ 网络视频教学支持。读者可在阅读图书的同时登录易天视频教学网：
www.eTV100.com，更快、更轻松地学习书中的知识。

四、本丛书的读者对象

本套丛书起点低,只要具有初中文化程度且对电子技术感兴趣的读者均可阅读,主要的读者对象有以下几类:

➤ 电子技术爱好者。对于这类读者来说,本丛书内容丰富、通俗易懂的特点可使读者,尤其是初学者快速地掌握电子技术基础知识,轻松地迈入电子技术大门。

➤ 电子技术从业人员。这包括准备或者正在从事电子技术相关领域工作的人员。对于这类读者来说,本丛书是一套完整的电子技术入门自学教材,学习本丛书可为以后的实践工作打下坚实的理论基础。

➤ 大中专院校、职业技术学院相关专业的学生。这包括以电子技术为主专业的学生,也包括不以电子技术为主专业,但需要学习电子技术基础知识的学生。对于这类读者来说,本丛书是一套非常好的课外辅导书,能让读者更容易理解课本教材的内容。

本套丛书在编写过程中得到了广东中山市高级技工学校郭敏雄校长的大力支持,在电路图绘制和资料收集方面得到了叶林、朱球辉两位老师的帮助,在此一并表示感谢。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。

易电工作室

前 言

本书的任务是让电子技术水平不高的读者能系统全面地学好模拟电路知识，为以后学习更深层次的电子技术打下扎实的基础。

一、本书章节内容

本书共分八章：

第1章 电路分析基础知识 学会电路分析是学好电子技术最关键的一步。本章主要介绍了在学习电路分析之前应掌握的有关电路基础知识以及电路分析的基本方法和规律。

第2章 放大电路 放大电路是最基本、最常用的一种模拟电路，它是组成复杂电子电路设备的基本单元。本章主要分析了各种类型放大电路的工作原理。

第3章 集成运算放大器 集成运算放大器是一种最常见的集成型放大电路，它除了具有放大功能外，还可以构成加法器、减法器、比较器和方波信号发生器等各种应用电路。本章主要分析了差动放大器和集成运算放大器的各种应用电路。

第4章 谐振电路与滤波电路 谐振电路与滤波电路是具有选频功能的电路，它们可以从众多频率的信号中选出需要的信号。本章主要分析了串、并联谐振电路和低通、高通、带通、带阻滤波器的工作原理。

第5章 振荡电路 大多数电子设备处理的信号是交流信号，而这些交流信号很多是由振荡电路产生的。本章主要分析了基本振荡电路、LC 振荡电路、晶体振荡电路和 RC 振荡电路的工作原理。

第6章 调制与解调电路 调制与解调电路通常用在无线电发送和接收设备中。本章主要介绍了调幅与调频两种调制电路，以及与它们相对应的解调电路——检波和鉴频电路。

第7章 变频电路 变频电路是一种能改变信号频率的电路，它能提高或降低某信号的频率，以满足电子设备不同的频率要求。本章主要介绍了倍频和混频两种频率变换电路。

第 8 章 电源电路 大多数电子设备中都设有电源电路，它能将 220V 交流电压转换成直流电压，供给其他单元电路。本章详细介绍了电源电路各种组成部分以及广泛采用的开关电源电路的工作原理。

二、本书学习建议

在学习本书内容时，建议读者：

(1) 从前往后逐章节阅读图书，每次不要阅读太多内容，重在理解和掌握；对书中粗体标注的内容要重点理解并记忆；认真完成每章的习题，检验本章的学习效果。

(2) 电子技术是一门实践性很强的技术，除了要学好理论知识外，还要提高动手能力，所以建议读者购买万用表、电烙铁和收音机套件，一边进行理论知识学习一边动手实践。

(3) 如果阅读时遇到难以理解的问题，可以登录易天多媒体教学网：www.eTV100.com，通过观看本书的网络配套多媒体教学演示进行学习。

编 者



第 1 章 电路分析基础知识

学会电路分析是学好电子技术最关键的一步。在学习电路分析之前,首先要掌握有关的电路基础知识以及电路分析的基本方法和规律,然后运用这些方法和规律来分析电路。

本章主要内容:

- ★ 电路基础知识
- ★ 电路分析方法与规律



■ ■ 电路基础知识

一、电路、电流和电阻

1. 电路和电路图

图 1-1 就是一个比较简单的电路。

从图 1-1 可以看出，该电路由电池、开关、导线和灯泡组成。这里电池的作用是提供电能，称为电源；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。

在图 1-1 中采用了画实物外形的方法来表示电路，这样绘制电路很困难也不方便，为此人们就用一些简单的图形符号表示实物的方法来画电路，这样画出的图形就称为电路图。图 1-2 所示的图形就是图 1-1 所示电路的电路图，从这里可以看出，用电路图表示实际的电路非常方便。

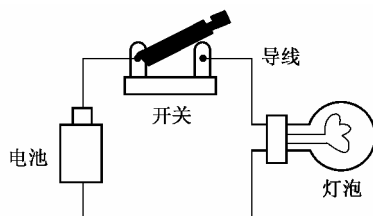


图 1-1 简单的电路示意图

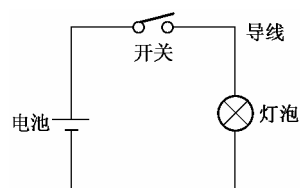


图 1-2 电路图

2. 电流

在图 1-2 所示电路中，如果将开关闭合，灯泡就会发光，为什么会这样呢？下面就以图 1-3 所示的电路来解释这个问题。

当开关闭合时，电源正极会流出大量的电荷，它们经过导线、开关流进灯泡，再从灯泡流出，回到电源的负极，这些电荷在流经灯泡内的钨丝时，钨丝会因发热、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）时就形成了电流，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。人们通常将正电荷在电路中的移动方向规定为电流的方向。图 1-3 所示电路的电流方向是：电源正极→开关→灯泡→电源负极。

电流通常用“ I ”表示，单位名称为安培（简称安），符号为 A，比安小的电流单位有毫安（mA）、微安（ μA ），它们之间的关系为

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

3. 电阻

在图 1-3 所示电路中，如果希望灯泡变暗，可以在电路中增加一个元器件——电阻器，如图 1-4 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，灯泡就会变暗。

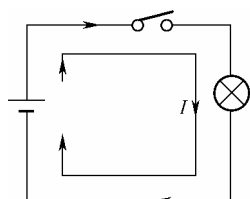


图 1-3 电路的电流途径

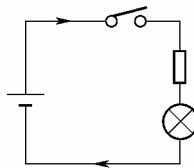


图 1-4 含电阻器的电路图

电阻器对电流的阻碍作用称为电阻，电阻通常用“ R ”表示。电阻的单位名称为欧姆（简称欧），符号为 Ω ，比欧大的电阻单位有千欧（ $\text{k}\Omega$ ）、兆欧（ $\text{M}\Omega$ ），它们之间的关系是

$$1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$$

二、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 1-5 所示的水流示意图来说



明这些术语，首先来分析图 1-5 所示的水流过程。

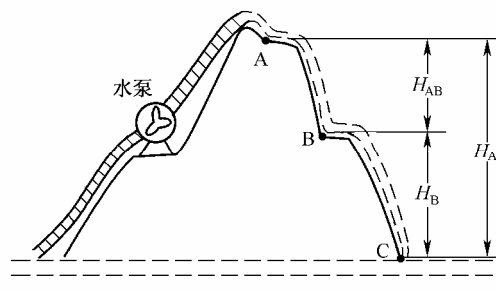


图 1-5 水流示意图

水泵将河里的水抽到山顶的 A 处，水到达 A 处后再流到 B 处，水到达 B 处后流往 C 处（河里），然后水泵又将河里的水抽到 A 处，这样使水不断地循环流动。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，在这里以河的水面（C 处）为基准。AC 之间的垂直长度 H_A 为 A 处水位的高度，BC 之间的垂直长度 H_B 为 B 处水位的高度，由于 A 处和 B 处水位高度不一样，所以它们存在着水位差，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 处源源不断地有水往 B、C 处流，需要水泵将低水位的河里的水抽到高处 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 1-6 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，最后回到电源的负极。与图 1-5 所示的水流示意图相似，图 1-6 中 A、B 点也有高低之分，只不过不是水位，而称作电位，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，为了表明某点为基准点，通常在该点处画一个“ $\perp$ ”或“ $\underline{\perp}$ ”符号，该符号称为接机壳或接地符号，接地符号处的电位规定为 0V，电位的单位不是米，而是伏特（简称为伏），符号为 V。在

图 1-6 所示的电路中，以 C 点为基准点，电位为 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 $U_B=1V$ ）。

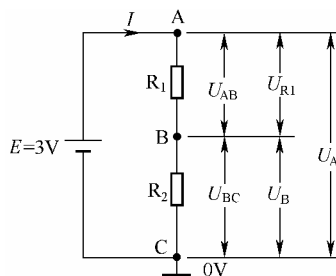


图 1-6 电路中的电动势、电位和电压

2. 电压

图 1-6 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 点的电位差实际上就是电阻器 R_1 两端的电位差（电压），而 R_1 两端的电位差用 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）。电源内部将其他形式的能量转换成电能，并在两极间建立的电位差称为电动势，电动势的单位也为伏，图 1-6 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负极指向正极。



三、直流电和交流电

1. 直流电

直流电是指方向始终固定不变的电压或电流。能产生直流电的电源称为直流电源，常见的干电池、蓄电池和直流发电机等都是直流电源，直流电源常用图 1-7（a）所示的符号表示。直流电的电流方向总是由电源正极通过电路流向电源负极。在图 1-7（b）所示的直流电路中，电流从直流电源正极流出，经电阻器、灯泡流到负极结束。

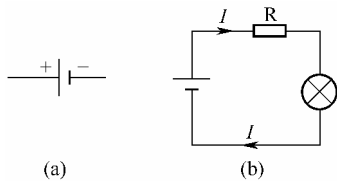


图 1-7 直流电源符号及电路

直流电又分为稳定直流电和脉动直流电。

（1）稳定直流电是指方向固定不变并且大小也不变的直流电。稳定直流电如图 1-8（a）所示，图 1-8（a）中稳定直流电的电流 I 的大小始终保持恒定（始终为 6mA ），在图中用直线表示，方向保持不变（电流始终从电源正极流向负极），图中的直线始终在横坐标（ t 轴）上方，表示电流的方向始终不变。

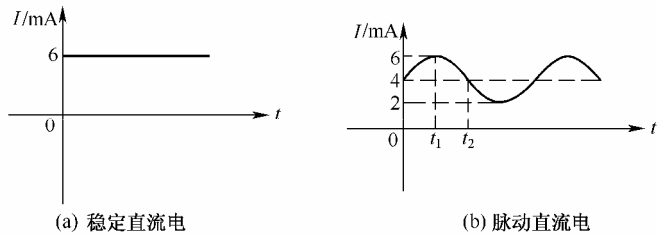


图 1-8 直流电

（2）脉动直流电是指方向固定不变，但大小随时间变化的直流电。脉动直流电如图 1-8

(b) 所示，从图中可以看出，脉动直流电的电流 I 大小随时间作波动变化（如在 t_1 时刻电流为 6mA ，在 t_2 时刻电流变为 4mA ），在图中用曲线表示；方向始终不变（电流也是始终从电源正极流向负极），图中的曲线始终在横坐标（ t 轴）上方，表示电流的方向始终不变。

2. 交流电

交流电是指方向和大小都随时间作周期性变化的电压或电流。交流电源用图 1-9 (a) 所示的符号表示，交流电路如图 1-9 (b) 所示，交流电的波形如图 1-9 (c) 所示。

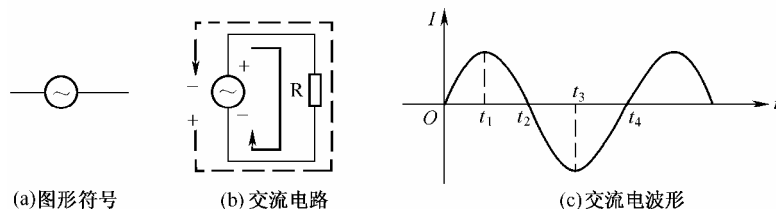


图 1-9 交流电路

为了让大家理解交流电，下面以图 1-9 (b) 所示的交流电路来说明图 1-9 (c) 所示交流电的波形。

① 在 $0 \sim t_1$ 期间：交流电源的极性是上正下负，电流 I 的方向是从交流电源上正 $\rightarrow$ 电阻器 $R \rightarrow$ 交流电源下负，电流 I 逐渐增大，在图 1-9 (c) 中用波形逐渐上升表示， t_1 时刻电流达到最大值。

② 在 $t_1 \sim t_2$ 期间：交流电源的极性仍然是上正下负，电流 I 的方向仍然是从交流电源上正 $\rightarrow$ 电阻器 $R \rightarrow$ 交流电源下负，电流 I 逐渐减小，在图 1-9 (c) 中用波形逐渐下降表示， t_2 时刻电流为 0。

③ 在 $t_2 \sim t_3$ 期间：交流电源的极性变为上负下正，电流 I 的方向也发生改变，在图 1-9 (c) 中的交流电的波形由 t 轴上方转到下方表示电流方向发生改变，电流 I 的方向是从交流电源下正 $\rightarrow$ 电阻器 $R \rightarrow$ 交流电源上负，电流反方向逐渐增大， t_3 时刻反方向的电流达到最大值。

④ 在 $t_3 \sim t_4$ 期间：交流电源的极性为上负下正，电流仍是反方向，电流的方向是从交流电源下正 $\rightarrow$ 电阻器 $R \rightarrow$ 交流电源上负，电流反方向逐渐减小， t_4 时刻电流又变为 0。



t_4 时刻以后，电流大小和方向变化与 $0 \sim t_4$ 期间变化相同。这里要说明的是，上述交流电源的电压在方向变化的同时，大小也是变化的，其变化规律与电流变化是一样的。

由此可以看出，交流电压和电流的大小和方向都是随时间变化而变化的。

(1) 交流电的周期和频率

周期和频率是交流电最常用的两个概念，下面以图 1-10 所示的交流电波形图来说明。

① 周期。从图 1-10 可以看出，交流电变化过程是不断重复的，交流电重复变化一次所需的时间称为周期，周期用“ T ”表示，单位是秒 (s)。图 1-10 所示交流电的周期为 $T=0.02\text{ s}$ ，说明该交流电每 0.02 s 会重复 $0 \sim t_4$ 这个过程一次。

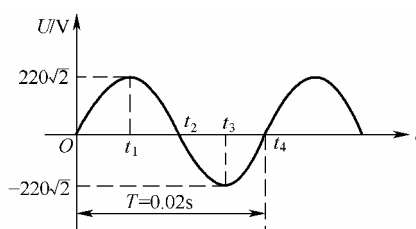


图 1-10 交流电周期、频率和瞬时值

② 频率。交流电每秒内重复变化的次数称为频率，频率用“ f ”表示，它是周期的倒数，即

$$f = \frac{1}{T}$$

频率的单位是赫 (Hz)，图 1-10 所示交流电的周期 $T=0.02\text{ s}$ ，那么它的频率 $f=$

$\frac{1}{T} = \frac{1}{0.02}\text{ Hz} = 50\text{ Hz}$ ，说明在 1 s 内交流电能重复 $0 \sim t_4$ 这个过程 50 次。交流电变化越快，变

化一次所需要的时间越短（即周期越短），频率就越高。

(2) 交流电的瞬时值和有效值

① 瞬时值。交流电的大小和方向是时刻发生变化的，交流电在某一时刻的值称为交流电的瞬时值。如图 1-10 所示为交流电的波形，它在 t_1 时刻的瞬时值为 $220\sqrt{2}\text{ V}$ (约为 311 V)，该值为最大瞬时值，在 t_2 时刻瞬时值为 0 V ，该值为最小瞬时值。

② 有效值。交流电的大小和方向时刻发生变化，这给电路计算和测量带来不便，为此

引入有效值的概念。下面以图 1-11 所示的电路来说明有效值的含义。

图 1-11 所示两个电路中的两个电阻器完全一样，现分别给电阻器通交流电和直流电，如果两电路通电时间相同，并且电阻器所消耗的电能也相同，对电阻器来说，这里的交流电和直流电就是等效的，图 1-11 (b) 中直流电的电压值或电流值称为图 1-11 (a) 中交流电的有效电压值或有效电流值。

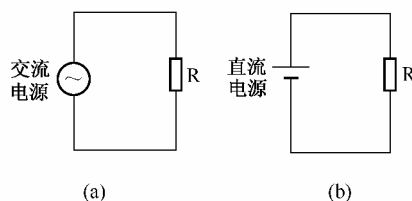


图 1-11 交流电的有效值说明

交流市电电压为 220V 指的就是有效值，其含义就是虽然交流电压时刻变化，但它的效果与 220V 直流电是一样的。如果没特别说明，交流电的大小通常就是指有效值，交流电测量仪表的测量值一般也是指有效值。

正弦交流电（波形变化与正弦波相同的交流电）的有效值与最大瞬时值的关系是：最大瞬时值 = $\sqrt{2}$ · 有效值，如交流市电有效电压值为 220V，它的最大瞬时电压值 = $220\sqrt{2}$ V ≈ 311V。

四、电路的三种状态

电路有三种状态：通路、开路和短路，如图 1-12 所示。

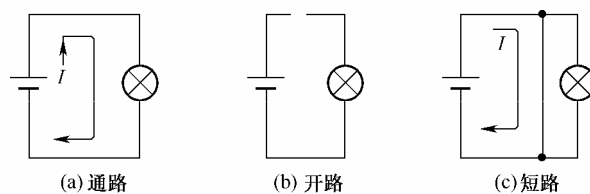


图 1-12 电路的三种状态



1. 通路

图 1-12 (a) 所示的电路处于通路状态。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 1-12 (b) 所示的电路处于开路状态。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 1-12 (c) 所示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。

五、接地和屏蔽

1. 接地

接地在电子电路中应用广泛，电路中常用图 1-13 所示的图形符号表示接地和接机壳。

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上，而是表示：

(1) 在电路中，接地符号处的电位规定为 0V。如在图 1-14 (a) 所示的电路中，A 点标有接地符号，表示 A 点的电位为 0V。

(2) 在电路中，标有接地符号的地方都是相通的。如图 1-14 (b) 所示的两个电路，虽然从形式上看不一样，但实际上完全是一样的，两个电路中的灯泡都会亮。

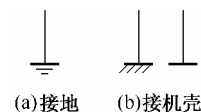


图 1-13 接地和接机壳符号

2. 屏蔽

在电子技术中，为了防止某些元器件和电路工作时受干扰，或者为了防止某些元器件