



零起步轻松学系列丛书

零起步

轻松学

电工常用电子电路

(第2版)

蔡杏山 ■ 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



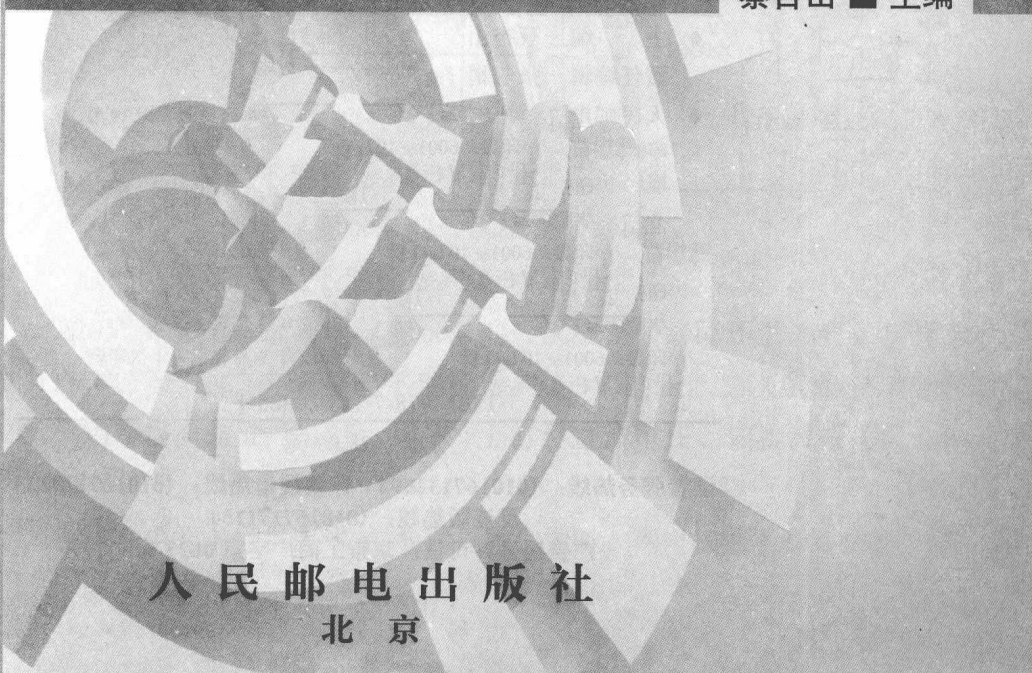
零起步轻松学系列丛书

零起步 轻松学

电工常用电子电路

(第2版)

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

零起步轻松学电工常用电子电路 / 蔡杏山主编. —
2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2012. 9
(零起步轻松学系列丛书)
ISBN 978-7-115-28885-1

I. ①零… II. ①蔡… III. ①电子电路—基本知识
IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第152277号

内 容 提 要

本书是一本介绍电工常用电子电路的图书, 主要内容有电路入门知识、模拟电路、数字电路、晶闸管电路和一些实用电工电子电路。

为了让初学者阅读本书就能轻松快速掌握电工常用电子电路, 本书在每章首页列出本章知识结构图, 在内容安排上按照循序渐进的原则, 在语言表达上注重通俗易懂, 在书的重点和关键内容上采用了粗体和阴影处理, 以让读者能掌握并记住这些内容。

本书具有起点低、由浅入深、语言通俗易懂的特点, 并且内容结构安排符合学习认知规律。本书适合作电工类电子电路的自学图书, 也适合作职业院校电类专业的电工类电子电路教材。

零起步轻松学系列丛书

零起步轻松学电工常用电子电路 (第2版)

-
- ◆ 主 编 蔡杏山
责任编辑 张 鹏
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京中新伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12.5
字数: 247千字 2012年9月第2版
印数: 6001-10000册 2012年9月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28885-1

定价: 28.00元

读者服务热线: (010)67132692 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



丛书前言

在现代社会中,随着科学技术的飞速发展,电子、电工技术已经渗透到社会的许多领域,社会需要大量掌握电子、电工技术的人才。电子、电工技术都属于电类技术,但两者侧重点不同:电子技术是处理低电压、小电流的弱电信号的技术;而电工技术则是处理高电压、大电流的强电信号的技术。电子技术和电工技术在早期划分还比较明显,但在现代社会,两种技术融合越来越紧密,社会对同时掌握电子、电工技术的复合型人才的需求非常迫切。

任何一门技术,既可以通过在学校系统学习,也可以通过自学来掌握。但不管哪种学习方式,都需要一套系统全面、通俗易懂的入门教材。好的入门教材可以让我们学习时少走弯路,轻松、快速地掌握技术。

一、丛书简介

《零起步轻松学系列丛书》是一套非常适合初学者使用的入门教材,它分两个系列:电子技术系列和电工技术系列。这套丛书涉及电子、电工技术基础知识体系中的方方面面,各分册既紧密相关,又独立成册,具体内容如下。

电子技术系列图书:

➤ 《零起步轻松学电子技术(第2版)》 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、无线电广播与收音机和收音机的组装与检修等内容。

➤ 《零起步轻松学电子电路(第2版)》 主要介绍了电路分析基础、放大电路、集成放大电路、谐振电路与滤波电路、正弦波振荡器、调制电路与解调电路、变频电路与反馈控制电路、电源电路和晶闸管电路。

➤ 《零起步轻松学数字电路(第2版)》 主要介绍了门电路、数制、编码、逻辑代数、组合逻辑电路、时序逻辑电路、脉冲电路、D/A转换器、A/D转换器和半导体存储器等。

➤ 《零起步轻松学电子元器件(第2版)》 主要介绍了电阻器、电容器、电感器、变压器、二极管、三极管、光电器件、电声器件、晶闸管、场效应管、IGBT、继电器、干簧管、显示器件、贴片元器件、集成电路和传感器等内容。

➤ 《零起步轻松学 Protel 99 SE 电路设计》 主要介绍了 Protel 99 SE 软件设计电路原理图、绘制新元件、设计印制电路板和绘制新元件封装等内容。



➤ 《零起步轻松学单片机技术(第2版)》 主要介绍了单片机入门知识、单片机硬件原理、单片机的开发过程、单片机编程、中断技术、定时器/计数器、串行通信技术和接口技术等。

➤ 《零起步轻松学电子仪器仪表使用(第2版)》 主要介绍了指针万用表、数字万用表、信号发生器、毫伏表、示波器、频率计和扫频仪等。

电工技术系列图书:

➤ 《零起步轻松学电工技术(第2版)》 主要介绍了电工基础、电工仪表、低压电器、电子元器件、变压器、电动机、电动机控制线路、室内配电线路的安装和安全用电。

➤ 《零起步轻松学电工常用电子电路(第2版)》 主要介绍了电路入门知识、模拟电路、数字电路、晶闸管电路和一些实用电工电子电路。

➤ 《零起步轻松学电动机及控制线路(第2版)》 主要介绍了电磁知识、低压电器、三相异步电动机及控制线路、单相异步电动机及控制线路、直流电动机及控制线路、其他类型电动机和常用机床电气控制线路。

➤ 《零起步轻松学变频技术(第2版)》 主要介绍了电力电子器件、电力电子电路、变频器的工作原理、变频器的使用、变频器的典型功能及应用、PLC 与变频器的综合应用和变频器的选用、安装与维护等。

➤ 《零起步轻松学 PLC 技术(第2版)》 主要介绍了三菱 FX2N 系列 PLC 技术,包括 PLC 组成与原理、PLC 编程及应用系统的开发过程、基本指令及应用、步进指令与顺序控制编程、功能指令的使用、模拟量模块及使用、PLC 通信、触摸屏的使用及编程。

➤ 《零起步轻松学西门子 S7-200 PLC 技术》 主要介绍了西门子 S7-200 PLC 技术,包括 PLC 的组成与原理、编程基础知识、PLC 编程软件及仿真软件的使用、PLC 应用系统的开发过程及应用等内容。

➤ 《零起步轻松学欧姆龙 PLC 技术》 主要介绍了欧姆龙 CP1H 系列的 PLC 技术,内容包括 PLC 组成与原理、CP1H 系列 PLC 的硬件系统、PLC 编程软件的使用和应用系统的开发、指令的应用等。

➤ 《零起步轻松学变频器使用与电路检修》 主要介绍了电力电子器件、变频器主电路原理与检修、开关电源原理与检修、驱动电路原理与检修、检测电路原理与检修、控制电路原理与检修和变频器的使用、选用及维护等内容。

➤ 《零起步轻松学步进与伺服应用技术》 主要介绍了交流伺服系统的组成与原理、三菱通用伺服驱动器的硬件系统、伺服驱动器的显示操作与参数设置、伺服驱动器的应用举例及标准接线、步进电机、步进驱动技术和定位模块及应用等内容。



二、丛书的特点

- **结构安排符合人的认知规律。**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，使阅读变得轻松。
- **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，向老师提问，在网络辅导下更快、更轻松的学习书中的知识。

三、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、电工技术感兴趣的读者就可阅读，主要的读者对象有以下几类。

- **电子、电工技术爱好者。**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，尤其是初学者快速掌握电子、电工技术知识，轻松迈入电子、电工技术大门。
- **电子、电工技术从业人员。**这包括准备或者正在从事电子、电工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、电工技术入门自学教材，学习本丛书可为以后的实践工作打下坚实的基础。
- **职业院校相关专业的学生。**这包括以电子、电工技术为主专业的学生，也包括不以电子、电工技术为主专业，但需要学习电子、电工技术知识的学生。对于这类读者来说，本丛书是一套非常好的课外辅导书。

本套丛书在编写过程中得到了易天教学网很多老师的支持，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、何宗昌、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了部分章节的编写工作，在此一致表示感谢。由于我们水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编 者



前言

本书介绍了电路入门知识、模拟电路、数字电路、晶闸管电路和一些实用电工电子电路。通过本书的学习，读者能较全面了解并掌握各种电工类电子电路，为以后学习更高层次的电气技术打下扎实的基础。

一、本书章节内容

第1章 电路入门知识 本章介绍了电路入门知识，主要包括电路基础知识和复杂电路的分析方法与规律。

第2章 模拟电路 本章介绍了各种模拟电路，主要有放大电路、集成运算放大电路、谐振与滤波电路、振荡器和电源电路。

第3章 数字电路 本章介绍了各种数字电路，主要有数字电路基础、门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、模/数和数/模转换电路。

第4章 晶闸管电路 本章介绍了晶闸管及其电路，具体包括晶闸管、晶闸管的触发电路、可控整流电路、晶闸管开关、交流调压电路和晶闸管的保护与选用。

第5章 实用电工电子电路 本章介绍了一些典型、实用的电工类电子电路，主要有照明电路、自动控制电路、电源及充电电路和报警电路。

二、本书学习建议

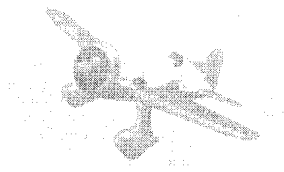
在学习本书时，建议读者注意以下几点。

(1) 从前往后逐章节阅读本书，遇到难以理解的知识可以先跳过去，待学习完后续内容，理解能力提高了，再重新学习这些内容。

(2) 每次不要阅读太多的内容，对书中黑体字显示的内容要重点理解和记忆。为了强化记忆，在每学完一章后，对本章的内容进行总结。

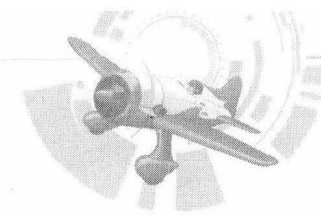
(3) 为了做到理论联系实际，提高动手能力，读者可在学习第5章时，根据实际情况动手制作一些实用电路。

(4) 如果阅读时遇到难理解的问题，可以参考其他相关书籍，也可以登录易天教学网 www.eTV100.com，通过观看与本书配套的多媒体教学辅导材料进行学习。



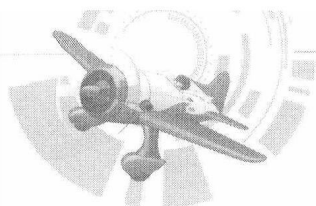
本书在编写过程中得到了许多老师的支持，其中蔡玉山、詹春华、黄勇、何慧、黄晓玲、蔡春霞、邓艳姣、刘凌云、刘海峰、刘元能、邵永亮、何宗昌、朱球辉、何彬、蔡任英和邵永明等参与了资料的收集和部分章节的编写工作，在此一致表示感谢。由于我们水平有限，书中的错误和疏漏在所难免，望广大读者和同仁予以批评指正。

编 者



目 录

第 1 章 电路入门知识1	
1.1 电路基础知识.....2	
1.1.1 电路、电流和电阻.....2	
1.1.2 电位、电压和电动势.....3	
1.1.3 直流电和交流电.....4	
1.1.4 电路的 3 种状态.....7	
1.1.5 欧姆定律.....8	
1.1.6 电阻器的串联和并联.....9	
1.1.7 电功、电功率和焦耳定律.....11	
1.2 复杂电路的分析方法与规律.....13	
1.2.1 基本概念.....13	
1.2.2 基尔霍夫定律.....13	
1.2.3 叠加定理.....16	
1.2.4 戴维南定理.....17	
1.2.5 最大功率传输规律.....19	
第 2 章 模拟电路21	
2.1 放大电路.....22	
2.1.1 基本放大电路.....22	
2.1.2 反馈放大电路.....27	
2.1.3 功率放大电路.....30	
2.1.4 多级耦合放大电路.....35	
2.2 集成运算放大电路.....37	
2.2.1 直流放大器.....37	
2.2.2 差动放大器.....38	
2.2.3 集成运算放大器.....42	
2.3 谐振与滤波电路.....48	
2.3.1 谐振电路.....48	
2.3.2 滤波电路.....50	
2.4 振荡器.....56	
2.4.1 基本振荡器.....56	
2.4.2 LC 振荡电路.....59	
2.4.3 晶体振荡器.....62	
2.4.4 RC 振荡电路.....64	
2.5 电源电路.....67	
2.5.1 整流电路.....67	
2.5.2 滤波电路.....69	
2.5.3 稳压电路.....71	
2.5.4 开关电源.....74	
第 3 章 数字电路82	
3.1 数字电路基础.....83	
3.1.1 概述.....83	
3.1.2 数字电路与模拟电路的比较.....83	
3.1.3 数制.....84	
3.1.4 数制的转换.....87	
3.2 门电路.....88	
3.2.1 与门电路.....88	
3.2.2 或门电路.....90	
3.2.3 非门电路.....91	
3.2.4 与非门电路.....92	
3.2.5 或非门电路.....92	
3.2.6 与或非门电路.....93	
3.2.7 异或门电路.....95	
3.2.8 同或门电路.....96	
3.3 组合逻辑电路.....97	

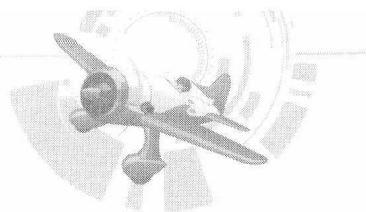


3.3.1 编码器	97
3.3.2 译码器	100
3.3.3 加法器	107
3.3.4 数值比较器	109
3.3.5 数据选择器	112
3.4 时序逻辑电路	113
3.4.1 触发器	114
3.4.2 寄存器	121
3.4.3 计数器	127
3.5 模/数和数/模转换电路	134
3.5.1 模/数转换电路	135
3.5.2 数/模转换电路	138
第4章 晶闸管电路	141
4.1 晶闸管	142
4.1.1 单向晶闸管	142
4.1.2 双向晶闸管	145
4.2 晶闸管的触发电路	147
4.2.1 单结晶体管触发电路	148
4.2.2 晶体管触发电路	152
4.2.3 双向二极管触发电路	153
4.3 可控整流电路	154
4.3.1 单相可控半波整流电路	155
4.3.2 单相半控型桥式整流电路	156
4.3.3 三相可控半波整流电路	157
4.3.4 三相全控桥式整流电路	158
4.4 晶闸管开关	160
4.4.1 直流开关	160
4.4.2 交流开关	161
4.4.3 固态开关	162
4.5 交流调压电路	164

4.5.1 双向二极管和双向晶闸管构成的交流调压电路	164
4.5.2 单结晶体管 and 单向晶闸管构成的交流调压电路	165
4.5.3 带脉冲变压器的交流调压电路	166
4.6 晶闸管的保护与选用	167
4.6.1 晶闸管的保护	167
4.6.2 晶闸管的选用	169

第5章 实用电工电子电路

5.1 照明电路	171
5.1.1 两个开关控制一盏灯电路	171
5.1.2 5个开关控制5层楼道灯电路	171
5.1.3 低压灯泡接在220V电源中的简易电路	172
5.1.4 荧光灯的接线电路	172
5.1.5 荧光灯的电子镇流器电路	173
5.1.6 用低压直流电源驱动荧光灯电路	174
5.1.7 霓虹灯电路	175
5.2 自动控制电路	176
5.2.1 恒温控制电路	176
5.2.2 水位控制电路	177
5.2.3 光控开门控制电路	178
5.2.4 灯光亮度控制电路	178
5.3 电源及充电电路	179
5.3.1 0~15V可调电源电路	179
5.3.2 采用集成稳压器的可调电源电路	180
5.3.3 单、倍压整流电源电路	181
5.3.4 全自动无触点稳压器	181



5.3.5 可调型蓄电池充电电路.....	183	5.4.2 停电报警电路.....	184
5.4 报警电路.....	184	5.4.3 煤气熄火报警电路.....	186
5.4.1 简易防盗报警电路.....	184	5.4.4 水满报警电路.....	187



第 1 章

电路入门知识

本章知识结构

1.1 电路基础知识

- 1.1.1 电路、电流和电阻
- 1.1.2 电位、电压和电动势
- 1.1.3 直流电和交流电
- 1.1.4 电路的 3 种状态
- 1.1.5 欧姆定律
- 1.1.6 电阻器的串联和并联
- 1.1.7 电功、电功率和焦耳定律

1.2 复杂电路的分析方法与规律

- 1.2.1 基本概念
- 1.2.2 基尔霍夫定律
- 1.2.3 叠加定理
- 1.2.4 戴维南定理
- 1.2.5 最大功率传输规律



1.1 电路基础知识

1.1.1 电路、电流和电阻

1. 电路和电路图

图 1-1 所示为一个比较简单的电路示意图。

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,从图 1-2 可以看出,用电路图表示实际的电路非常方便。

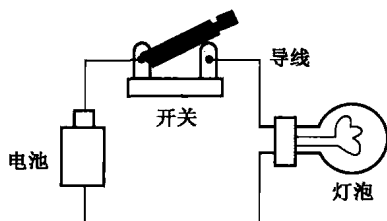


图 1-1 简单的电路示意图

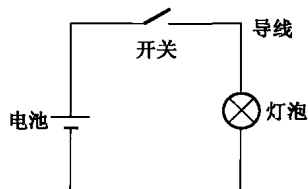


图 1-2 电路图

2. 电流

在图 1-2 所示电路中,如果将开关闭合,则灯泡就会发光。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,电源负极会流出大量的负电子,它们经过灯泡,再通过开关和导线回到电源的正极,这些电子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。

大量的电子朝一个方向移动(也称为定向移动)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。人们通常将电子在电路中的移动方向相反的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 mA(毫安)、 μA (微安),它们之间的关系为



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

3. 电阻器

在图 1-3 所示电路中, 如果希望灯泡变暗, 则可以在电路中增加一个元件——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。

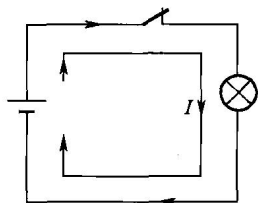


图 1-3 电路的电流途径

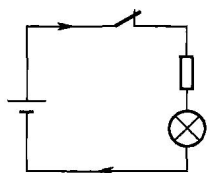


图 1-4 含电阻器的电路图

电阻器对电流的阻碍作用称为电阻, 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 $\text{k}\Omega$ (千欧)、 $\text{M}\Omega$ (兆欧), 它们之间的关系为

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

1.1.2 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。

水泵将河水里的水抽到山顶的 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), 然后水泵又将河水里的水抽到 A 处, 这样使水不断地循环流动。水为什么能从 A 处流到

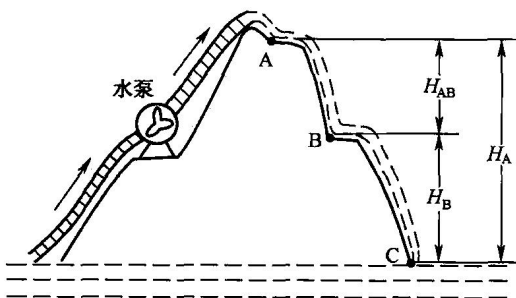


图 1-5 水流示意图

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), 就像测量人的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水里的水抽到高处 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 中的 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“ $\frac{1}{\perp}$ ”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 0,电位的单位不是米,而是伏特(简称伏),符号为 V。在图 1-6 所示的电路中,以 C 点为基准点,电位为 0(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 $U_B=1V$)。

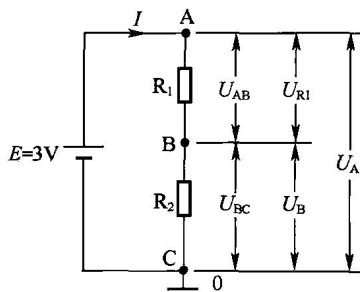


图 1-6 电路中的电动势、电位和电压

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

$$U_{AB} = U_A - U_B = (3-1)V = 2V$$

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。

1.1.3 直流电和交流电

1. 直流电

直流电是指电流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。

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。稳定直流电可用图 1-8 (a) 所示直线表示，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轴（ t 轴）上方，表示电流的方向始终不变。

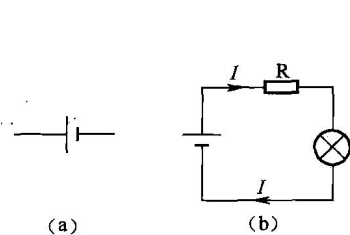
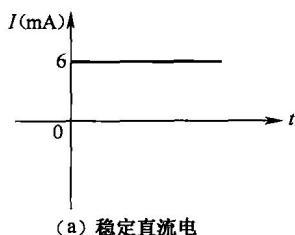
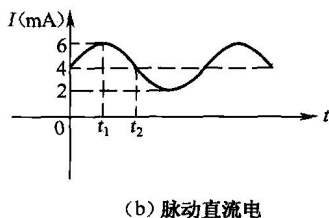


图 1-7 直流电源符号及电路



(a) 稳定直流电



(b) 脉动直流电

图 1-8 直流电

② 脉动直流电是指电流方向固定不变但电流大小随时间变化的直流电。脉动直流电可用图 1-8 (b) 所示曲线表示，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轴（ t 轴）上方，表示电流的方向始终不变。

2. 交流电

交流电是指电流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。

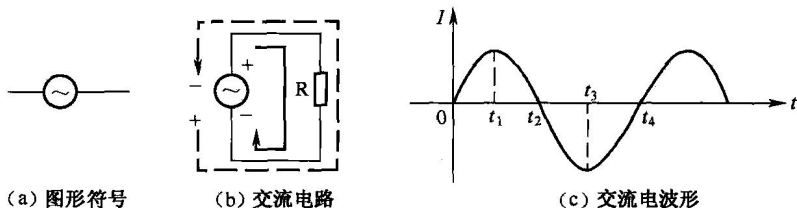


图 1-9 交流电

为了更好地理解交流电，下面以图 1-9 (b) 所示的交流电路来说明图 1-9 (c) 所示的交流电波形。

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 → 电阻器 R → 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。

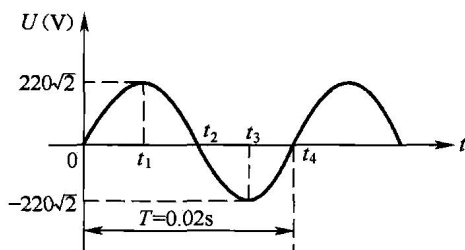


图 1-10 交流电周期、频率和瞬时值

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 s (秒)。图 1-10 所示交流电的周期为 $T = 0.02\text{s}$, 说明该交流电每 0.02s 会重复 $0 \sim t_4$ 这个过程一次。

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 Hz (赫兹), 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 1s 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。