

零起点
超快学

起点低，入门快，易看易懂
动脑学，动手做，相辅相成

LINGQIDIAN DIANZI JISHU

零起点
超快学

电子技术

王成安 刘喜双 编著



化学工业出版社

LINGQIDIAN DIANZI JISHI

零起点
超快学

电子技术

王成安 刘喜双 编著



化学工业出版社

·北京·

本书从零开始、循序渐进地介绍了电子技术的基本概念和基础知识、常用的仪表和电子元器件，基本的焊接和装配技能、放大电路及电源变换电路、电子制作、数字电路基础、电子电路识图分析等知识，实用性强，图文并茂，通俗易懂。同时，【动手做】等环节的设置对各章节的知识加以应用和拓展，达到快速掌握、学以致用效果，使零起点的读者能够轻松入门，打下扎实的电子技术基础。

本书适合电子技术初学者、爱好者、初级从业人员学习使用，也可用作职业院校、培训学校等相关专业的教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

零起点超快学电子技术/王成安, 刘喜双编著. —北京:
化学工业出版社, 2016.1
ISBN 978-7-122-25317-0

I. ①零… II. ①王…②刘… III. ①电子技术-基
本知识 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 240422 号

责任编辑: 贾利娜
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 319 千字 2016 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

写给读者的话

尊敬的读者：当你打开这本书的时候，就意味着你是个电子技术的爱好者，是个对电子技术充满着憧憬的求知者，是个想要实现电子梦的有志者。

你也许已经习惯了使用智能手机的各种功能，但你一定想知道，现在的手机为什么会这么神奇：能看电影、能打网络游戏、能下载图片、能发视频、能和全世界的人用微信通话、买东西足不出户、车票机票一切都可以用手机搞定、有不懂的问题就找“百度”来解答，这可是比你见过的全部老师都聪明百倍的万事通啊！看看身边的那些“低头族”，不光有年轻人，还有老年人，你就知道现在手机的魔力有多大了吧。告诉你吧，这些功能都是因为有了电子技术才实现的。

电子技术的发展前景还远不止此，世界正处在历史上最伟大的变革时期，电子技术会引领世界发展到什么程度，人们的衣食住行都将有哪些变化，无论你怎么想象都不过分，这正是历史给予有志青年的又一次机遇。

这本书就是为有志掌握电子技术的爱好者准备的，它从最基本最简单的一些概念讲起，指导你制作一些简单有趣的电子产品，帮助你逐步提高电子技术的基本技能，引领着你一步一步走向成功的彼岸。

作为一个爱好电子技术的初学者，要从学习现代电子技术中的基本概念和基本知识入手，熟悉常用的电子元器件，掌握基本的焊接技术，学习基本的电子电路，亲自动手制作一些简单实用的电路。随着技术的提高，还要学习电子电路中常用的传感器件和新型元器件，学会读懂电子产品的电子电路图，这样才能掌握比较扎实的电子技术基础，为进一步学习现代电子技术打下良好的基础。

电子爱好者们：通过实践你会发现，电子技术就在你的身边，学习电子技术，会激起你的极大兴趣，会给你带来无穷的欢乐。让我们共同遨游在电子世界的海洋里，为社会的发展和进步，为人类生活的更加美好，做一名合格的建设者。当然，你也会享受到成就的美好感觉，分享到社会进步带给你的幸福。

电子技术的发展历史很短，迄今不过百年，却从根本上改变了世界的面貌，让整个世界跨进了电子时代。

电子技术的发展大致可分为三个阶段。

20 世纪 20 年代到 40 年代为第一阶段，以电子管为标志，由此促使了电子工业的诞生，发展了无线电广播和通讯产业。1946 年诞生的世界上第一台电子计算机（美国制造，名为 ENIAC）可以认为是这个阶段的典型代表和终极产品。虽然它的运算速度有 5000 次/秒，却是一个重为 28t、体积为 85m^3 、占地 170m^2 的庞然大物。它由 18000 个电子管组成，耗电 150kW，其内部的连线总长可以绕地球 20 圈。

1948 年，第一只半导体三极管的问世，标志着电子技术第二阶段的开始，掀起了电子产品向小型化、大众化和高可靠性、低成本进军的革命风暴。半导体进入电子领域，促进了无线广播电视和移动通讯的高度发展，使得计算机的小型化变为现实，导致了人造地球卫星遨游太空。电子产品逐渐由科研和军用领域向民用领域普及，极大地改善了人们的生活质量。

到 20 世纪 70 年代，集成电路的使用已经不再新奇，电子技术步入了第三个发展阶段。正是在这个阶段，电子技术飞速发展，各种电子产品如雨后春笋般涌现，世界进入了空前繁荣的电子时代。电子计算机朝着大型化和微型化发展，其应用领域由科研转向工业及各个行业，自动控制、智能控制得以真正实现，航天工业得到从未有过的发展。

随着制造工艺的提高，在一块 36mm^2 的硅片上制造 100 万只三极管已经不是梦想。1999 年美国英特尔公司就宣布，其生产的奔腾 4CPU，在一块芯片上集成了 2975 万只三极管，使微型机的运算速度远远超过以往的大型计算机。移动数字通信技术已非常成熟，手机已不再是奢侈品，掌上电脑已经问世，笔记本电脑正在把人们的工作地点从办公室里解放出来。

各种家用电器基本普及，使人们的生活质量大幅提高。中国古代传说中的“千里眼”和“顺风耳”都在电子技术的发展过程中变成现实。人们可以“上九天揽月”，能够“下五洋捉鳖”。2003 年，人类将高度智能化的火星探测器送上火星，研制成功了可用于修补大脑的集成电路芯片，量子计算机的基本电路也研制成功。这一切都有赖于电子技术的巨大成就。可以预料，在新的世纪里，电子技术仍将高速发展，其所能达到的水平和发展速度，是历史上任何一个科幻作家都无法想象的。

我国的电子工业在新中国成立前基本上是空白。新中国成立后，在一批归国科学家的引领下，于 1956 年自主生产出第一只半导体三极管，1965 年生产出第一块集成电路，1983 年研制出银河 I 型亿次计算机，标志着中国的计算机行业迈

入了巨型机的行列。1992 年我国又研制出银河 II 型十亿次计算机, 1995 年研制成功的曙光 1000 型并行处理计算机, 其运行速度可达 25 亿次/秒。2003 年, 曙光 4000L 百万亿数据处理超级服务器研制成功, 每秒峰值速度达到 6.75 万亿次。2014 年 11 月, 运算速度达到 33.86 千万亿次/秒的超级计算机在国防科技大学研制成功, 位居世界第一, 标志着中国的计算机设计与制造水平步入了世界最前沿。

我国自行研制的神舟系列飞船成功地进行了航天飞行, 实现了中国人在太空漫步的梦想, 不久的将来, 中国人在月球上散步的目标也将成为现实。这些成就的取得, 电子技术功不可没。尽管如此, 我国在电子核心元器件的生产和高级电子产品等方面, 与发达国家相比还有较大差距。努力缩小差距, 赶超世界先进水平, 这正是历史赋予年轻人的光荣使命。

电子技术的知识范围很广, 其分支也很多, 有些分支已发展成为一门独立的学科, 如计算机、单片机、晶闸管、可编程控制器等。但这些学科的知识基础仍然是电子技术。

从对信号的处理方式上来分, 电子技术可分成模拟电子技术和数字电子技术两部分。模拟电子技术是研究使用硅、锗等半导体材料做成的电子器件组成的电子电路, 对连续变化的电信号(如正弦波)进行控制、处理的应用科学技术。比如我们日常生活中使用的固定电话、收音机、老式电视机等都属于模拟电子技术应用的产品。

数字电子技术是研究处理二值数值信号的应用科学技术。像数码照相机、数码摄像机、计算机和智能手机都是数字电子技术应用的典型产品。现代电子技术的发展, 已经将模拟电子技术和数字电子技术融为一体, 在一个电路甚至是一个芯片中, 将模拟信号和数字信号同时进行处理, 比如现代生活中已经离不开的手机, 就是将语音这样的模拟信号进行数字化处理后再发射出去。

从电子技术所包含的内容上来分, 电子技术可以分成电子元器件和电子电路两部分。在电子元器件这部分内容中, 主要研究各种电子元器件的结构、特点、主要参数和生产工艺, 其设计和制造属于电子技术的一个重要领域, 是生产电子产品科研人员的研究范围。电子电路是把电子元器件按照对电信号处理的要求进行一定的连接, 以实现预定的功能, 是研究和制作电子产品的科研人员的研究范围。

我国是一个正处在飞跃发展中的电子大国, 但还不是电子强国。中国的科学技术面临着国情的挑战, 面临着世界的挑战, 面临着 21 世纪的挑战, 急需一大批爱好电子技术的有志者投入到电子技术革命的洪流中来, 让我们共同努力, 为中华振兴和世界进步献出满腔热血。

本书由王成安、刘喜双编著, 此外, 王文革、杨德明、荆轲、毕秀梅、李亚平、王超、贾厚林、宋月丽、余威明、王春、王子凡等也为本书的编写提供了大量帮助。

由于笔者水平有限, 书中难免有不当之处, 望各位专家和读者批评指正。

编著者

第①章

学习电子技术必须要知道的基础知识 >>> 1

- 1.1 学习电子技术必须要懂的几个概念..... 2
 - 1.1.1 电流 2
 - 1.1.2 电位和电压 3
 - 1.1.3 电功和电功率 6
- 1.2 学习电子技术最得力的仪器——万用表..... 9
 - 1.2.1 指针式万用表的使用方法 9
 - 1.2.2 数字式万用表的使用方法 13
- 1.3 认识最常用的电子元器件 15
 - 1.3.1 电阻器和电位器的认识 15
 - 1.3.2 各种电阻器和电位器的特点和用途 15
 - 1.3.3 电容器的认识 28
 - 1.3.4 各种常用电容器的特点和用途 32
 - 1.3.5 电感器和变压器的认识 34
 - 1.3.6 各种变压器的特点与用途 37
 - 1.3.7 半导体器件的认识 39

第②章

学习电子技术必须要掌握的基本技能 >>> 51

- 2.1 最基本的装配工具和装配技术 52
 - 2.1.1 常用装配工具和紧固工具 52
 - 2.1.2 紧固件的种类与选用 55
 - 2.1.3 导线在装配前的处理 56
 - 2.1.4 电子元器件在装配前的引线成形 59
 - 2.1.5 元器件引线的浸锡 61
- 2.2 手工锡焊技术 63
 - 2.2.1 焊料、助焊剂与阻焊剂 63
 - 2.2.2 手工锡焊工具 63
 - 2.2.3 手工锡焊技术 65
 - 2.2.4 具体焊件的锡焊操作技巧 66
 - 2.2.5 手工拆焊技术 70

第③章

电信号的放大 ▶▶▶ 72

3.1 三极管组成的基本放大电路	73
3.1.1 用三极管组成基本放大电路的三种方式	73
3.1.2 实用的三极管放大电路	74
3.2 多级放大电路	76
3.2.1 多级放大电路的电路组成	76
3.2.2 多级放大电路的级间耦合方式	76
3.3 集成运放与负反馈	78
3.3.1 初识集成运放	78
3.3.2 集成运放的两个工作区域	80
3.4 放大电路中不可缺少的负反馈	80
3.4.1 反馈的基本概念	80
3.4.2 交流负反馈放大电路的四种类型	83
3.4.3 交流负反馈放大电路对放大电路的影响	84
3.5 集成运放的典型应用	85
3.5.1 比例放大电路	85
3.5.2 电压比较器电路	87
3.6 集成功率放大电路	90
3.6.1 初识集成功率放大器	90
3.6.2 功率放大电路的类型和特点	92
3.6.3 集成功率放大电路及其应用	94

第④章

把交流电变成直流电 ▶▶▶ 100

4.1 直流稳压电源	101
4.1.1 直流稳压电源的主要组成	101
4.1.2 应用最广泛的整流滤波电路	102
4.2 线性稳压电路	103
4.2.1 三极管串联调整型稳压电路	103
4.2.2 三端式集成稳压器	105
4.3 开关式直流稳压电源	109
4.3.1 开关型稳压电源的特点和类型	109
4.3.2 三种基本的开关稳压电源电路	111
4.3.3 脉宽调制控制型 (PWM) 集成电路	113

第⑤章

自己动手装配制作电子产品 ▶▶▶ 119

5.1 标准超外差式收音机的装配与调试	120
---------------------------	-----

5.1.1	无线电发射的基本原理	120
5.1.2	超外差式收音机的工作过程	122
5.1.3	装配收音机的工作过程	125
5.1.4	收音机的调试过程	130
5.1.5	标准超外差式调幅收音机的维修技巧	132
5.2	MF-47 型指针式万用表的装配与调试	133
5.2.1	MF-47 型万用表的结构和工作原理	134
5.2.2	MF-47 型万用表的装配与调试	136
5.3	正弦波信号发生器的装配与调试	139
5.3.1	正弦波信号发生器的电路和工作原理	139
5.3.2	正弦波信号发生器的装配和调试步骤	141
5.4	声光两控延时灯电路的装配与调试	143
5.4.1	声光两控延时灯的电路和工作原理	144
5.4.2	声光两控延时灯电路的装配	146

第⑥章 奇妙的数字世界 >>> 149

6.1	奇妙的计数方式和编码	150
6.1.1	在数字系统中使用的计数方式	150
6.1.2	数字系统中常用的编码	152
6.2	一种奇妙的运算——逻辑运算	153
6.2.1	逻辑变量和逻辑运算	153
6.2.2	复合逻辑关系和逻辑运算	156
6.2.3	逻辑电路图的优点	158
6.3	关于数字电路的一些概念	159
6.3.1	两种信号和两种电路	159
6.3.2	奇特的电子开关	160

第⑦章 具有记忆功能的电路——触发器 >>> 164

7.1	能实现逻辑功能的电路——组合逻辑电路	165
7.1.1	编码器	165
7.1.2	译码器	166
7.2	有“脑子”会记忆的逻辑电路——触发器	168
7.2.1	基本触发器	169
7.2.2	同步触发器	170
7.2.3	具有优秀性能的边沿触发器	172
7.3	有逻辑功能还能记忆的电路——时序逻辑电路 ...	175
7.3.1	寄存器	175
7.3.2	计数器	177

7.4 用数字集成电路制作一个实用的智能八路竞赛抢答器	180
7.4.1 智能八路竞赛抢答器的电路和元件清单	180
7.4.2 八路竞赛抢答器的工作过程	180
7.4.3 智能八路竞赛抢答器电路的功能扩展	182
7.5 集模拟电子与数字电子为一体的集成时基电路 555	183
7.5.1 集成时基电路 555	183
7.5.2 集成时基电路 555 的典型电路	185
7.5.3 集成时基电路 555 的实际应用电路	187

第⑧章

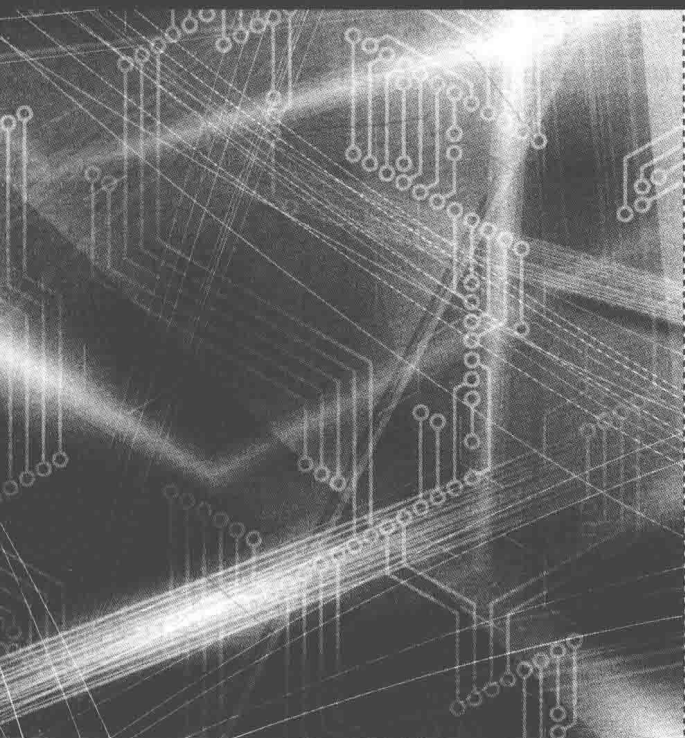
怎样看懂电子电路图 ▶▶▶ 191

8.1 关于电子电路图的基本知识	192
8.1.1 电路方框图	192
8.1.2 电路原理图	192
8.1.3 电路原理图中连线的画法和省略画法	194
8.1.4 电路装配图	197
8.1.5 整机装配图	198
8.2 分析电路原理图的步骤	198
8.2.1 读电子产品电路原理图的基本步骤	198
8.2.2 查找器件资料的途径	199
8.3 实际电子产品电路图的分析	200
8.3.1 声光两控延时开关电路的电路分析	200
8.3.2 SBM-10A 型示波器直流稳压电源的电路分析	202

参考文献 ▶▶▶ 205

第①章

学习电子技术必须要知道的基础知识



1.1

学习电子技术必须要懂的几个概念

1.1.1 电流

江河中的水沿着固定的方向流动，称之为水流。在电路中的电荷沿着一定方向运动，就称之为电流。电流在电路中的流动是有大小和方向的，它产生了电能和其他形式能量之间的转换，比如在电炉子中的电流将电能转变成了热能，在手电筒中的电流将电能转变成了光能，在电动机中的电流将电能转变成了机械能。

(1) 电流的大小

电流的大小叫电流强度，用符号 I 或 i 表示。当电流的大小、方向均不随时间变化时，称为直流电流，用大写字母 I 来表示。我们使用的手电筒还有手机，都是用直流电流来供电的。

当电流的大小、方向随时间变化时，称为交流电流，用小写字母 i 来表示。我们家里使用的白炽灯泡和日光灯，就是用交流电流来供电的。

但是有一点你现在必须知道，就是所有的电子设备，都是必须使用直流电的，像家庭使用的彩色电视机，表面上看是使用交流电，其实在电视机内部，是有一个电路把交流电变成了直流电，然后再提供给彩色电视机电路使用的。

电流的单位是安培 (A)，简称安。在电力系统中，有时取千安 (kA) 作为电流的单位，在电子技术中常用毫安 (mA)、微安 (μA) 作为电流的单位。各个单位之间的换算关系为：

$$1\text{kA}=1000\text{A} \quad 1\text{A}=1000\text{mA} \quad 1\text{mA}=1000\mu\text{A}$$

1A 的电流有多大呢？告诉你吧，一个 200W 的白炽灯泡点亮时，流过里面的电流大约就是 1A。我们日常使用的手机在通话时，流过里面的电流大约是 50mA。一个全自动洗衣机，在洗衣服的时候，需要的电流大约是 0.5A。在家庭里，最费电的要数热水器了，它工作的时候，需要 8~10A 的电流。

(2) 电流的方向

金属之所以能够导电，是因为在金属导体中有大量的自由电子，在电源的作用下，自由电子发生定向运动，这样就形成了电流。早在 18 世纪的时候，科学家们规定：正电荷运动的方向为电流的方向。从现在已经掌握的知识来看，电流的方向和电子运动的方向是相反的。

这其实是一个误会，那个时候的科学家还不知道自由电子的运动，而且这样的规定在当时也没有与实验结果发生冲突。等到了 19 世纪 80 年代，美国科学家霍尔在试验中发现了霍尔效应，证明当时关于电流方向的规定并不十分严谨，但是人们已经习惯于这个电流方向的规定了，所以这个不严谨的规定也就沿用到今天。

在简单的电路中，人们很容易判断出电流的实际方向，但是对于比较复杂的电路，电流的实际方向就很难直观判断了。另外，在交流电路中，电流是随时间变化的，在图上也无法

表示其实际方向。

为了解决这一问题,人们引入了电流参考方向这一概念。电流参考方向,也称正方向,是假定的方向。

电流的参考方向是可以任意选定的,在电路中一般用实线箭头表示。然而,所选取的电流参考方向不一定就是电流的实际方向。当电流的参考方向与实际方向一致时,电流就标记为正值($I>0$);当电流的参考方向与实际方向相反时,电流就标记为负值($I<0$),如图1-1所示。

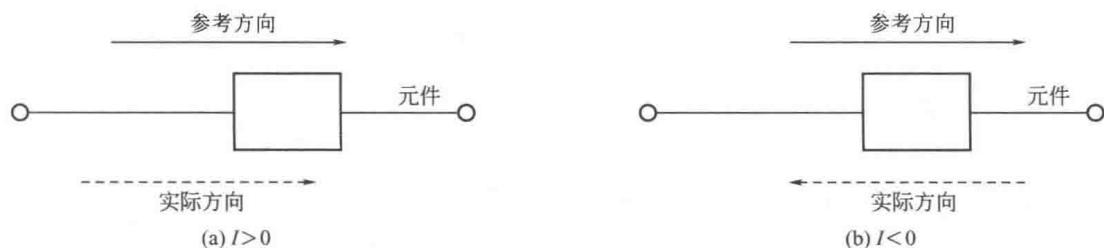


图 1-1 电流的实际方向与参考方向

这样,在选定的参考方向下,根据电流的正负,就可以确定电流的实际方向。比如在图1-1(a)中,选定的电流参考方向是从左到右,若计算出来的电流 I 是正的,就表示电流的实际方向和参考方向是一致的,也是从左到右的。在图1-1(b)中,选定的电流参考方向是从左到右,若计算出来的电流 I 是负的,就表示电流的实际方向和参考方向是相反的,是从右到左的。

1.1.2 电位和电压

水往低处流,这是人人都知道的常识。在江河中的水所以能从上游流向下流,是因为江河的上下游之间有水位的差别,这个差别就是水压。家中的自来水龙头中所以能流出水来,是因为在水龙头和自来水厂的水塔之间存在水压。这个道理如图1-2所示。

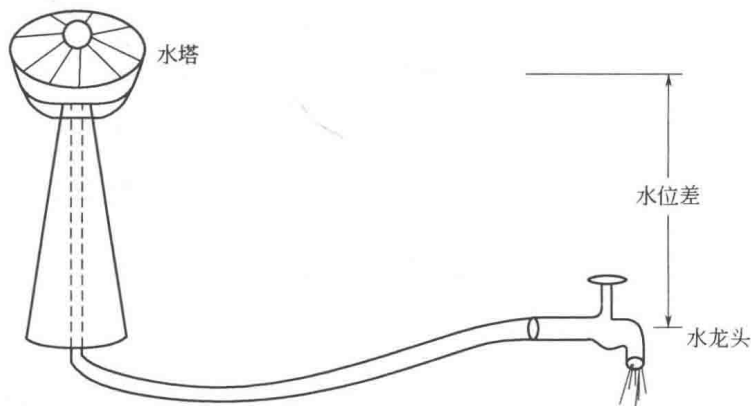


图 1-2 有水压才有水流

同样,在电路中的电流之所以能沿着一定方向流动,是因为在电路中存在电位的高低差

别，这个差别就是电压。电压是由电路中的电源产生的，有了电压，电路中才可能有电流。这个道理如图 1-3 所示。

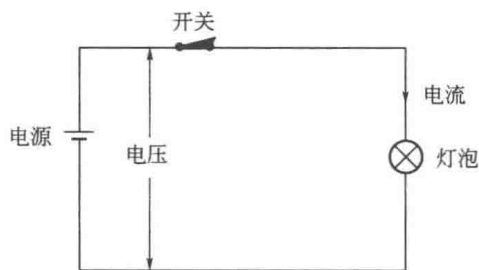


图 1-3 有电压才有电流

(1) 电位的高低

水位的高低其实是人们将某一点的水位与另外一点的水位相比较得出来的，是个相对大小的数值。比如我们说重庆朝天门码头的水位是 50m，这可能是相对于宜昌三峡大坝的水位而言的。若是将水位的参考点选为海平面，则重庆朝天门码头的水位就是 175m 了，如图 1-4 所示。

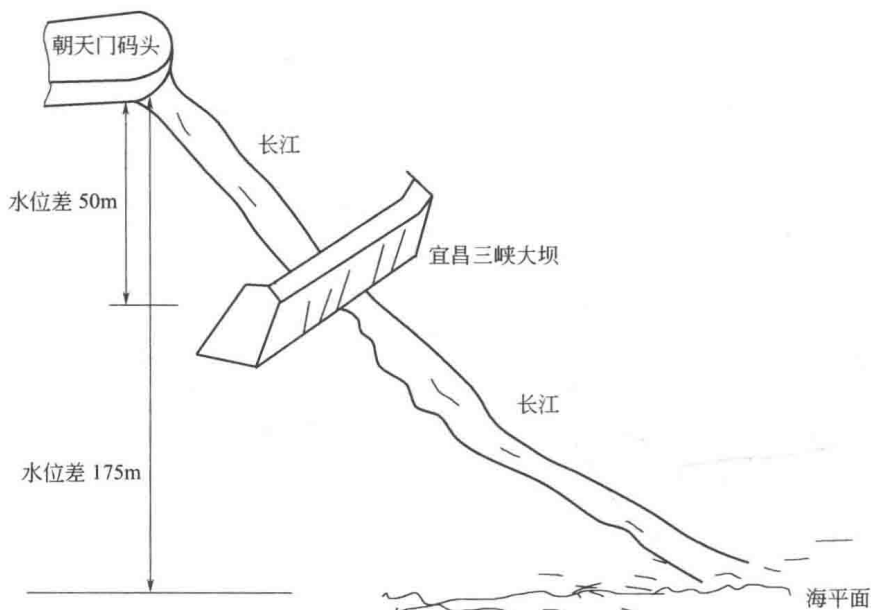


图 1-4 水位的高低取决于参考点的选择（水位参考点的选择）

电位的高低也是这样的，也是将某一点的电位与另外一点的电位相比较得出来的，比如有两节 5 号电池一起给手电筒的灯泡供电，若是选第二节电池的负极 B 点作为参考点，则第一节电池正极的电位就是 3A；若是选第一节电池的负极 A 点作为参考点，则第一节电池正极的电位就是 1.5A，而第二节电池的负极就是负的 1.5A 了，如图 1-5 所示。所以电位的大小只具有相对意义。

一般人们将电子电路中的金属底板选作参考电位，即将金属底板的电位当做零电位，当电路中某点的电位高于参考电位时，该点的电位就为正；当电路中某点的电位低于参考电位时，该点的电位就为负，具体数值是多少，就得用仪器仪表来测量了。

(2) 电位的单位

电位的单位是伏特，用大写字母 V 来表示，常用的电压单位还有千伏（kV）、毫伏

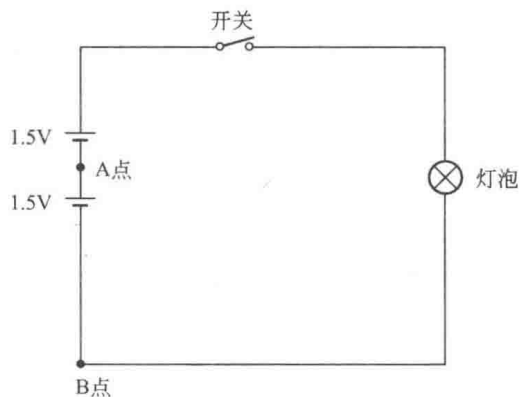


图 1-5 电位的高低取决于参考点的选择

(mV) 和微伏 (μV)。各单位之间的换算关系是：

$$1\text{kV}=1000\text{V} \quad 1\text{V}=1000\text{mV} \quad 1\text{mV}=1000\mu\text{V}$$

(3) 电压

参考点选的不同，江河中某点的水位数值就不同，但在江河中某两点间的水位差却是固定的，这个数值就叫做水位差。同样，在一个电路中，某两点间的电位差也是固定的，这个数值叫做电位差。电位差也就是我们常说的电压。

显然，在电路中某点电位的大小可以是任意的，取决于参考点的选择，但是某两点间的电压则是固定的。在图 1-5 中，不管取哪个地方作为电位的参考点，第一节电池的正极和第二节电池负极之间的电压总是 3V，是不变的，所以电压是一个绝对量。电压的单位也是伏特。

一节 5 号电池的两端电压是 1.5V，就是说电池的正极电位比电池负极的电位高 1.5V。我们日常使用的手机电池电压是 3.7V，就表示这个电池的正极电位比负极电位高 3.7V。

(4) 直流电压和交流电压

电压也有大小和方向。若电压的大小和方向是不变的，就叫做直流电压。各种电池提供的电压都是直流电压，当然也有用直流发电机来提供直流电压的。直流电压一般用大写字母 U 来表示。

如图 1-6 所示，是用直角坐标来表示两个直流电压的坐标图。横轴表示时间，纵轴表示电压，横轴上方的电压表示是正方向，横轴下方的电压表示是负方向。可以看到，对于第一

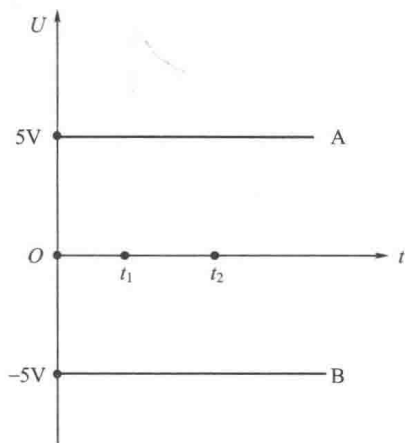


图 1-6 直流电压的坐标表示图

根线 A 而言, 在时间 t_1 和 t_2 两个地方, 电压的大小都是 5V, 且都处于横轴的上方, 所以它代表的是 +5V 的直流电压; 对于第二根线 B 而言, 在时间 t_1 和 t_2 两个地方, 电压的大小也都是 5V, 但它处于横轴的下方, 所以它代表的是一 5V 的直流电压;

以后要经常和这些坐标图打交道, 所以要学习看懂这些图所表示的意思。

若电压的大小和方向是变化的, 就叫做交流电压。如图 1-7 所示, 对于曲线 A 而言, 在时间 t_1 和 t_2 两个地方, 电压的大小都是 5V, 但一点在横轴的上方, 另一点处于横轴的下方, 代表电压的方向是不同的, 所以它代表的是一个最大值为 5V 的交流电压。

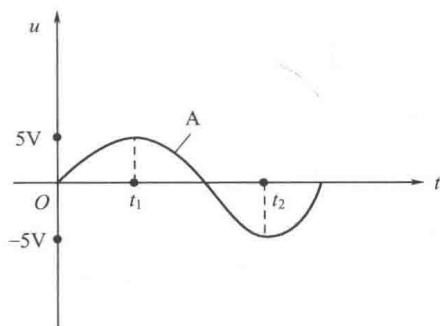


图 1-7 交流电压的坐标表示图

供电局为家庭和工厂提供的都是交流电压。交流电压一般用小写字母 u 来表示。

(5) 电压的参考方向

电压的方向用正负来表示, 电压的实际方向是由高电位指向低电位的。在实际电路的分析中, 也需要引入电压的参考方向。当电压的实际方向与参考方向一致时, 该电压为正值; 当电压的实际方向与参考方向相反时, 该电压为负值。根据电压的参考方向和电压数值的正负, 就可判断出电压的实际方向, 如图 1-8 所示。

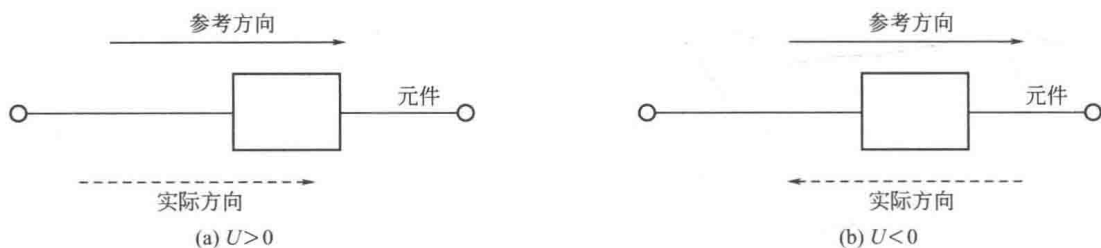


图 1-8 电压的实际方向与参考方向

在图 1-8(a) 中, 选定的电压参考方向是从左到右, 若计算出来的电压 U 是正的, 就表示该电压的实际方向和参考方向是一致的, 即左端电位高, 右端电位低。在图 1-8(b) 中, 选定的电压参考方向也是从左到右, 若计算出来的电压 U 是负的, 就表示该电压的实际方向和参考方向是相反的, 即右端电位高, 左端电位低。

1.1.3 电功和电功率

(1) 电功

当电路中通有电流时, 电路处于工作状态, 就说电流做了功, 叫做电功。比如电灯泡发

出光来，就是电流做功的结果；洗衣机通电后转动了，这也是电流在做功。

电功用字母 A 表示，常用的单位是 $\text{kW} \cdot \text{h}$ （千瓦·时）。通常人们把千瓦·时叫做度，比如这个月某家庭用电 $100\text{kW} \cdot \text{h}$ ，就说某家庭用了 100 度电。显然电功的多少是和使用的用电器本身还有用电时间的长短有关系的。供电局在每个家庭的电路上都安装了一个电度表，就是通过电度表的指示反映出你家每个月消耗了多少电能，也就是电流做了多少功，然后据此进行收费。如图 1-9 所示，这个电度表指示消耗了 25.78 度电。



图 1-9 电度表的指示反映出电流做功的多少

(2) 电功率

如果有人问你，一个 100W 的灯泡和一个 200W 的灯泡，哪个费电呢？有人说，当然是 200W 的灯泡费电啦。但是这么回答是正确的吗？如果 100W 的灯泡点亮了 10 小时，而 200W 的灯泡只点亮了 1 小时，你又会怎么回答呢？显然电流做功的多少，不仅和用电器本身有关，还和通电时间的长短有关系。但如果这两个灯泡都点亮了 1 小时，那么哪个灯泡费电就容易回答了。所以电流还有做功快和慢的问题。

为了表示电流做电功的快慢，就需要引入功率这个概念。电工学规定：在单位时间内，电流做的电功叫做电功率，简称功率。功率用字母 P 表示，单位是瓦特，简称瓦，用字母 W 表示。

用电器的实际功率和电压、电流的关系是： $P = IU$ ，就是加在用电器两端的电压和流过用电器的电流的乘积。

如图 1-10 所示，表示两个不同功率的灯泡在相同时间里，消耗的电能是不同的，当然两个灯泡发出的光亮度也是不同的。



图 1-10 两个不同功率的灯泡在相同时间里消耗的电能不同

功率的单位除了 W 之外，还有 kW （千瓦）、 mW （毫瓦）。它们的关系为：

$$1\text{kW} = 1000\text{W} \quad 1\text{W} = 1000\text{mW}$$