

电工电子技术项目

张琳 主编
王艳华 崔红霞 山磊 副主编

教程



电工电子技术项目教程

主 编 张 琳
副主编 王艳华 崔红霞 山 磊
参 编 高静敏 刘金芝



机械工业出版社

本书为高职院校示范专业建设项目中的子项目,是以现代教育理论为指导思想,在对多家企业进行调研,并制定详细的课程标准的基础上进行编写的。本书将理论知识与技能训练紧密结合,充分体现“教、学、做一体”的原则,注重应用能力的培养。

本书以项目驱动为导向,以任务为引领,全书共8个项目,24个任务,以8个项目为载体,将电工学的基本知识、模拟电子技术、数字电子技术的相关内容融入其中。电路分析计算方法以够用为原则,突出基本技能和工程应用能力,使枯燥的知识不再抽象,学生在完成项目制作的同时,获得了知识,学到了技能。为增强教学效果,在每个项目中配有项目目标、相关知识、拓展知识、项目实施、项目练习,书后附有习题解答。

本书可作为高等职业院校、五年制高职院校、本科院校的二级职业技术学院及成人继续教育机电类等专业的电工电子技术专业基础课教材,也可供机电类专业工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术项目教程/张琳主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 10
ISBN 978-7-111-47919-2

I. ①电… II. ①张… III. ①电工技术-高等职业教育-教材②电子技术-高等职业教育-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第209188号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:舒雯 责任编辑:舒雯

版式设计:赵颖喆 责任校对:任秀丽

责任印制:刘岚

北京京丰印刷厂印刷

2015年1月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16.75印张·401千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-47919-2

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

策划编辑电话:(010) 88379733

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前言

随着科技的飞速发展和教育的进步，传统的教学模式已不适应现代社会需求。根据国家教育部提出的新要求，课程改革对项目式教程的内容提出了更高的要求。

电工电子技术是非电子类专业重要的基础课程。本书根据我国高等职业教育发展的新形势，依据教育部基础课程教学指导委员会“电工学课程教学基本要求”，按照工作过程对知识和技能的要求，结合高职院校培养应用型高级技术人才的定位来进行编写。

本书主要遵循“工学结合”的原则，在校企合作的办学模式基础上，根据企业的实际需求进行相应内容的选取，注重培养机电类应用型人才解决实际工程技术问题的能力。与目前市场上的其他同类教材相比，本教材具有以下特点。

(1) 以项目驱动为导向，以任务为引领，围绕实用的电子产品制造展开基础理论学习，工学结合紧密，突出工作过程导向以及实践技能的培养，激发学生学习本课程的兴趣。

(2) 本书力求精练实用，内容上阐述了电工、电子技术必需的基础知识和在机电领域的基础应用，体系上贯穿项目的制作，重点阐明器件、电路、系统的工作原理，强调分析与应用，突出实训技能的培养。

全书共 8 个项目、24 个任务，以 FM47 型万用表的装调、荧光灯照明电路、三相异步电动机正反转控制电路、直流稳压电源的制作、实用助听器制作与调试、热释电人体红外传感器电路制作与调试、数码显示器的制作、三位显示测频仪的制作 8 个项目为载体，将直流电路的原理分析、正弦交流电路的原理分析、电动机的基础知识、电工基本技能、基本放大电路测试、集成运算放大器的应用、直流稳压电源的安装与调试、数字电路的基础知识、组合逻辑电路的应用、时序逻辑电路的应用等内容，融入到 8 个项目中，使枯燥的知识不再抽象，学生在完成项目制作的同时，获得知识，学习技能，提高学生的学习兴趣。

本书语言通俗易懂、层次清晰严谨，内容丰富实用、图文并茂，强调理论与实践相结合，体系安排遵循学生的认知规律。为增强教学效果，在每个项目中配有项目目标、相关知识、拓展知识、项目实施、项目小结、项目练习，以巩固本项目所学的知识。

本书由天津滨海职业学院张琳担任主编并统稿，参加编写的有：天津滨海职业学院张琳（项目 4、项目 5 和项目 6 部分内容）、崔红霞（项目 1）、高静敏（项目 2）、王艳华（项目 7）；天津石油职业技术学院刘金芝（项目 6 部分内容和项目 8）；连云港职业技术学院山磊（项目 3）。

本书在编写过程中，得到了天津滨海职业学院机电工程系刘秋艳主任和陈天祥主任及各位老师的大力支持和帮助，在此对为本书出版做出贡献的同志们表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免出现差错和疏漏，恳请有关专家和广大读者批评指正。

编者
2014年8月



目录

前言	
项目 1 FM47 型万用表的装调	1
【项目概述】	1
【项目目标】	1
【项目信息】	1
任务 1.1 FM47 型万用表电路的结构	1
【任务目标】	1
【任务内容】	2
1.1.1 FM47 型万用表电路结构	2
【相关知识】	3
1.1.2 电路的基本概念	3
1.1.3 描述电路的基本物理量	4
1.1.4 电阻元件与欧姆定律	9
1.1.5 电容与电感元件	11
1.1.6 电压源和电流源	13
1.1.7 电路的三种状态	16
任务 1.2 FM47 型万用表电路的工作原理	17
【任务目标】	17
【任务内容】	17
1.2.1 FM47 型万用表电路工作原理	17
【相关知识】	18
1.2.2 基尔霍夫定律	18
1.2.3 电阻的串并联	21
1.2.4 线性网络常用的分析方法	25
【项目实施】	28
任务 1.3 FM47 型万用表电路的焊接与调试	28
【任务目标】	28
【任务内容】	29
1.3.1 电路焊接调试准备工作	29
1.3.2 万用表电路的焊接与组装	32
1.3.3 万用表的使用	33
【项目小结】	36
【项目练习】	36
项目 2 荧光灯照明电路	40
【项目概述】	40
【项目目标】	40
【项目信息】	41
任务 2.1 荧光灯照明电路的组成	41
【任务目标】	41
【任务内容】	41
【相关知识】	41
2.1.1 正弦交流电的基本知识	41
2.1.2 正弦量的相量表示法	43
2.1.3 正弦量的加减运算	44
任务 2.2 荧光灯照明电路的分析	45
【任务目标】	45
【任务内容】	46
2.2.1 单一元件的正弦交流电路	46
2.2.2 交流串联电路	51
【项目实施】	57
任务 2.3 荧光灯照明电路的安装与测试	57
【任务目标】	57
【任务内容】	57
2.3.1 荧光灯照明电路的工作原理与安装	57
【相关知识】	59
2.3.2 电路中的谐振	59
2.3.3 三相交流电路	61

2.3.4 安全用电	65	【任务内容】	96
【项目小结】	68	4.1.1 直流稳压电源电路的组成及 工作原理	96
【项目练习】	70	【相关知识】	97
项目3 三相异步电动机正反转控制		4.1.2 二极管的知识	97
制电路	72	4.1.3 单相整流滤波电路的分析与 应用	104
【项目概述】	72	4.1.4 稳压电路的分析与应用	109
【项目目标】	72	【项目实施】	114
【项目信息】	73	任务4.2 直流稳压电源电路的焊接与 调试	114
任务3.1 三相异步电动机的结构与工作 原理	73	【任务目标】	114
【任务目标】	73	【任务内容】	114
【任务内容】	73	4.2.1 电路焊接调试准备工作	114
3.1.1 三相异步电动机的基本结构	73	4.2.2 元器件的检测	114
3.1.2 三相异步电动机的工作原理	75	4.2.3 电路的焊接与调试	115
3.1.3 三相异步电动机的铭牌数据	78	【拓展知识】	116
任务3.2 三相异步电动机中常用的低压 电器	80	4.3 晶闸管	116
【任务目标】	80	【项目小结】	118
【任务内容】	80	【项目练习】	120
任务3.3 三相异步电动机常用的控制 电路	87	项目5 实用助听器的制作与调试	122
【任务目标】	87	【项目概述】	122
【任务内容】	88	【项目目标】	122
3.3.1 三相异步电动机点动控制电路	88	【项目信息】	123
3.3.2 三相异步电动机直接起动 控制电路	88	任务5.1 实用助听器电路的组成	123
3.3.3 三相异步电动机正反转控制 电路	89	【任务目标】	123
【项目实施】	90	【任务内容】	123
任务3.4 三相异步电动机正反转控制 电路安装与调试	90	【相关知识】	123
【任务目标】	90	任务5.2 实用助听器电路的工作原理	127
【任务内容】	91	【任务目标】	127
【项目小结】	93	【任务内容】	127
【项目练习】	93	【相关知识】	128
项目4 直流稳压电源的制作	95	5.2.1 共发射极基本放大电路	128
【项目概述】	95	5.2.2 分压偏置放大电路	134
【项目目标】	95	5.2.3 多级放大电路	136
【项目信息】	96	【项目实施】	138
任务4.1 直流稳压电源电路的结构与工 作原理	96	任务5.3 实用助听器电路的焊接与 调试	138
【任务目标】	96	【任务内容】	138
		5.3.1 电路焊接调试准备工作	138
		5.3.2 元器件的检测	139
		5.3.3 电路的焊接与调试	140
		【拓展知识】	141

5.4 场效应晶体管	141	【项目概述】	169
5.5 共集电极放大电路（射极输出器）	143	【项目目标】	169
5.6 功率放大电路	143	【项目信息】	170
【项目小结】	145	任务 7.1 数字电路的基础知识	170
【项目练习】	146	【任务目标】	170
项目 6 热释电人体红外传感器电路制作与调试	148	【任务内容】	170
【项目概述】	148	7.1.1 数字电路与数字信号	170
【项目目标】	148	7.1.2 逻辑代数中的基本运算	171
【项目信息】	149	7.1.3 逻辑代数与逻辑函数化简	174
任务 6.1 热释电人体红外传感器电路的组成	149	任务 7.2 数码显示器电路的工作原理	177
【任务目标】	149	【任务目标】	177
【任务内容】	149	【任务内容】	177
【相关知识】	149	7.2.1 数码显示器电路的工作原理	177
6.1.1 集成运算放大器的基本知识	150	【相关知识】	178
6.1.2 理想集成运算放大器的特性及分析方法	152	7.2.2 常见的组合逻辑电路	178
6.1.3 集成运算放大器的主要参数	153	任务 7.3 数码显示器电路的制作与调试	187
任务 6.2 热释电人体红外传感器电路的工作原理	154	【任务目标】	187
【任务目标】	154	【任务内容】	187
【任务内容】	154	7.3.1 电路装配准备	187
【相关知识】	154	7.3.2 整机装配与电路调试	189
6.2.1 集成运算放大器的线性应用	154	7.3.3 故障分析与排除	190
6.2.2 集成运算放大器的非线性应用	158	【拓展知识】	190
【项目实施】	161	7.4 数制与码制	190
任务 6.3 热释电人体红外传感器电路的焊接与调试	161	7.5 组合逻辑电路的分析方法与设计	193
【任务目标】	161	7.6 分立元件门电路与集成门电路	195
【任务内容】	161	7.7 其他常见组合逻辑器件	198
6.3.1 电路焊接调试准备工作	161	【项目小结】	204
6.3.2 元器件的检测	162	【项目练习】	205
6.3.3 整机的装配与调试	162	项目 8 三位显示测频仪的制作	208
【拓展知识】	163	【项目概述】	208
6.4 放大器中的负反馈	163	【项目目标】	208
6.5 集成运放实际使用中的一些问题	165	【项目信息】	209
【项目小结】	166	任务 8.1 三位显示测频仪电路的组成	209
【项目练习】	166	【任务目标】	209
项目 7 数码显示器的制作	169	【任务内容】	209
		【相关知识】	210
		8.1.1 触发器概述	210
		8.1.2 触发器基本形式	210

8.1.3 边沿触发器	214	【任务内容】	234
任务 8.2 三位显示测频仪电路的工作		8.3.1 电路装配准备	234
原理	218	8.3.2 整机装配与电路调试	235
【任务目标】	218	8.3.3 故障分析与排除	235
【任务内容】	218	【拓展知识】	236
【相关知识】	220	8.4 寄存器	236
8.2.1 时序逻辑电路的分析方法	220	【项目小结】	239
8.2.2 常见的时序逻辑电路:		【项目练习】	240
计数器	222	附录	245
8.2.3 555 集成定时器	228	附录一 维修电工理论试题(电工电子	
【项目实施】	233	部分)	245
任务 8.3 三位显示测频仪电路的制作		附录二 项目练习参考答案(部分)	248
与调试	233	参考文献	257
【任务目标】	233		

项目 1 FM47 型万用表的装调

【项目概述】

现代生活离不开电，电类和非电类专业的学生都有必要掌握一定的用电知识及电工操作技能。万用表是电工必备的仪表之一，每个电气工作者都应该熟练掌握其工作原理及使用方法。通过本次万用表的学习与安装实训，使学生了解万用表的工作原理，掌握锡焊技术的工艺要领及万用表的使用与调试方法。

【项目目标】

1. 知识目标

- 1) 掌握电路中的基本物理量。
- 2) 掌握电路基本元器件的特性。
- 3) 理解并掌握基尔霍夫定律的应用。
- 4) 掌握电路的分析方法。

2. 能力目标

- 1) 掌握万用表的组装与使用。
- 2) 掌握直流电路的装调与元器件焊接。
- 3) 熟练掌握电路中常用仪器仪表的使用。
- 4) 元器件的正确检测。
- 5) 沟通能力及团队合作精神。

【项目信息】

任务 1.1 FM47 型万用表电路的结构

【任务目标】

- 1) 认识电路的组成。
- 2) 了解 FM47 型万用表电路的结构。

【任务内容】

1.1.1 FM47 型万用表电路结构

万用表又称多用表，分为指针式万用表和数字万用表。主要用来测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻等，有的万用表还可以用来测量电容、电感以及二极管、晶体管的某些参数。指针式万用表主要由表盘、转换开关、表笔和测量电路（内部）四个部分组成。下面以 MF47 型万用表为例作介绍，其外观及组成如图 1-1 所示，内部电路如图 1-2 所示。

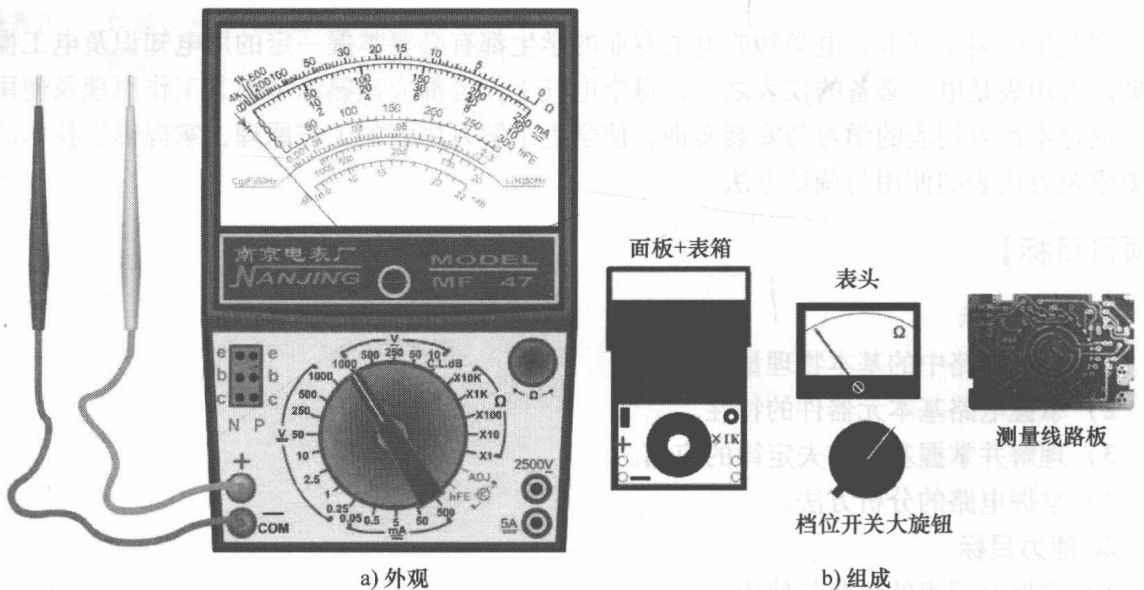


图 1-1 FM47 型万用表的外观与组成

指针式万用表的表头是一只高灵敏度的磁电式直流电流表，万用表的主要性能指标基本上取决于表头的性能。表头的灵敏度是指表头指针满刻度偏转时流过表头的直流电流值，这个值越小，表头的灵敏度愈高。测量电压时的内阻越大，其性能就越好。

测量线路是用来把各种被测量转换到适合表头测量的微小直流电流的电路，由电阻、半导体元器件及电池组成。它能将各种不同的被测量（如电流、电压、电阻等）、不同的量程，经过一系列的处理（如整流、分流、分压等）统一变成一定量的微小直流电流送入表头进行测量。

转换开关用来选择各种不同的测量线路，以满足不同种类和不同量程的测量要求。

表笔是用来测量的两端。红色表笔接到红色接线柱或标有“+”号的插孔内，黑色表笔接到黑色接线柱或标有“-”号的插孔内，不能接反，否则在测量直流电量时会因正负极的反接而使指针反转，损坏表头部件。

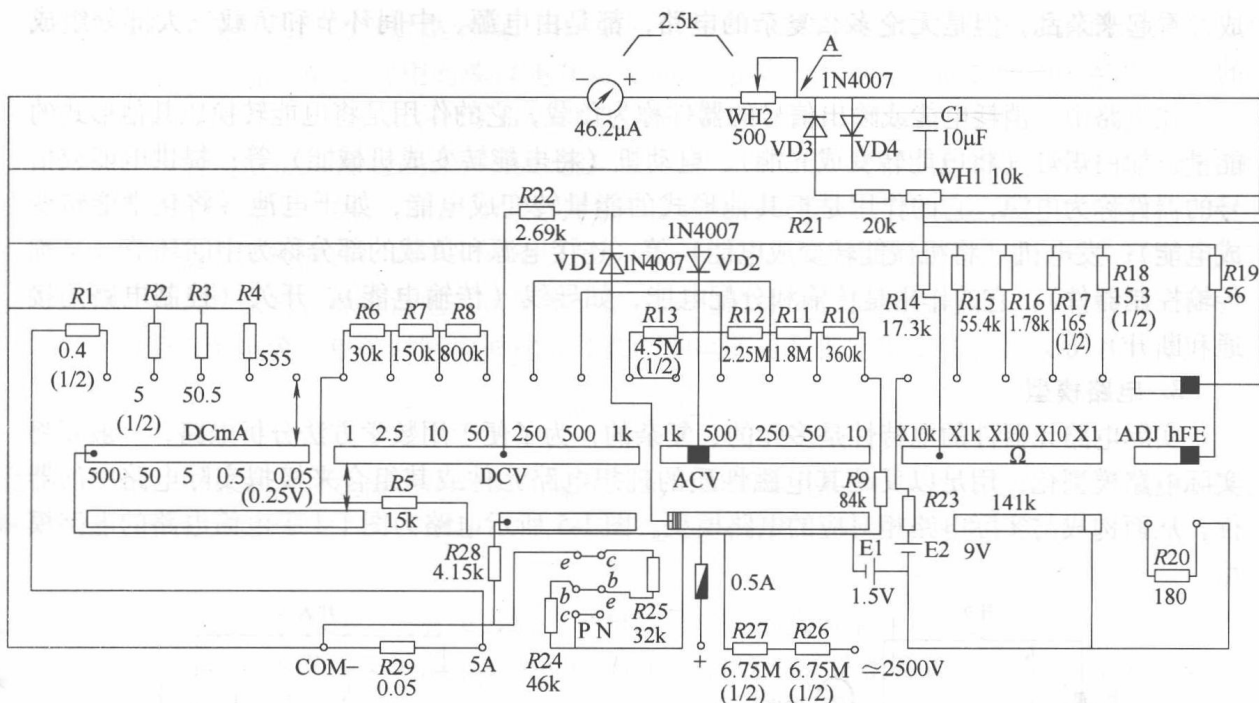


图 1-2 FM47 型万用表内部电路

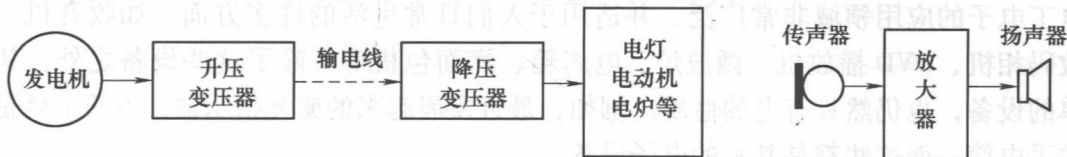
【相关知识】

1.1.2 电路的基本概念

1. 电路的作用

电路是电流的通路，是为了某种需要由电工设备或电路元器件按一定方式组合而成的。它的功能主要有以下两方面，如图 1-3 所示。

(1) 实现电能的传输、分配与转换 解决这方面的问题就是人们通常说的电力工程，它包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明，以及交直流电之间的整流和逆变等。



a) 电能的传输、分配与转换

b) 信号的传递与处理

图 1-3 电路的功能

(2) 实现信号的传递与处理 例如，扩音机的输入是由声音转换而来的电信号，通过晶体管组成的放大电路，输出的便是放大的电信号，从而实现放大功能；电视机可将接收到的信号，经过处理，转换成图像和声音。

2. 电路的组成

从图 1-2 所示的万用表电路图可以看出，电路由电阻、电容、电源、晶体管等元器件组

成,看起来杂乱,但是无论多么复杂的电路,都是由电源、中间环节和负载三大部分组成的。

在电路中,消耗电能或输出信号的器件称为负载,它的作用是将电能转换成其他形式的能量,如白炽灯(将电能转变成光能)、电动机(将电能转变成机械能)等;提供电能或信号的器件称为电源,它的作用是把其他形式的能量转变成电能,如干电池(将化学能转变成电能)、发电机(将机械能转变成电能)等;连接电源和负载的部分称为中间环节(又称传输控制器件),它的作用是传输和分配电能,如导线(传输电能)、开关(控制电路的接通和断开)等。

3. 电路模型

实际电路元器件的电特性是多元的、复杂的,为了便于用数学方法分析电路,一般要将实际电路模型化,用足以反映其电磁性质的理想电路元件或其组合来模拟实际电路中的器件,从而构成与实际电路相对应的电路模型。图 1-5 所示电路为图 1-4 手电筒电路的电路模型。

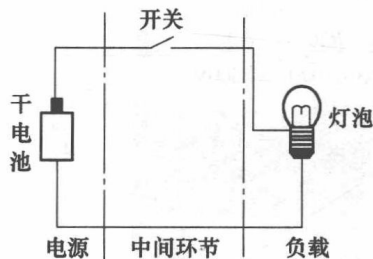


图 1-4 手电筒电路

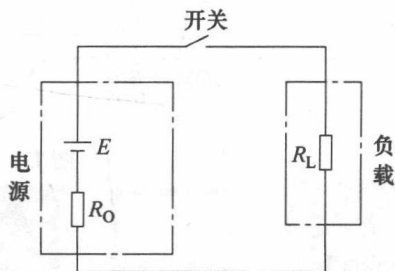


图 1-5 手电筒电路模型

电池是电源的一种,可等效为电动势 E 和内阻 R_0 ;电灯泡主要具有消耗电能的性质,是电阻元件,其参数为电 R_L ;筒体用来连接电池和灯泡,其电阻忽略不计,认为是无电阻的理想导体。

在全电路(含有电源和负载的闭合电路为全电路)中,负载和中间环节称为外电路,而电源内部电路称为内电路。

电工电子的应用领域非常广泛,并适用于人们日常生活的许多方面,如收音机、摄像机、数码相机、DVD 播放机、微波炉、电烤箱、烤面包机等。除了这些设备之外,其他一些简单的设备,也仍然具有电的性质。例如,最近发展起来的激光指示器,本质上就是一个专门的手电筒,而这些都是基本的电子设备。

本书分析的都是指电路模型,简称电路。在电路图中,各种电路元器件都用规定的图形符号表示。

1.1.3 描述电路的基本物理量

1. 电流

电荷的定向移动形成电流。物理学规定“电流的方向是电子定向流动的反方向或正电荷的流动方向”。电流方向在外电路中从高电位通过负载流向低电位,在电源内部则是从低电位流向高电位。

衡量电流强弱的物理量是电流，用 I 表示。即单位时间内通过导体横截面的电荷量。其标准单位是安培 (A)，常用的单位还有 kA、mA、 μ A、nA 等。它们之间的关系为

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A} = 10^9\text{nA}, 1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

(1) 直流电流 像普通干电池电源那样，电流流动方向不变的电流就称为直流电流，简称直流，用符号“DC”表示。直流是用直流发电机（交流电动机驱动）产生的。交流电流通过硅整流器整流也可以产生直流，但这不是完全的直流电流，其中或多或少有交流脉动成分。与之相区别，像电池电源这样发出的直流电流称为稳恒直流电流，其电流用 I 表示。

对于直流电流，单位时间内通过导体截面的电荷量是恒定不变的，其大小为

$$I = \frac{Q}{T} \quad (1-1)$$

(2) 交流电流 电流大小和电流流动方向随时间变化的电流称为交变电流，简称交流，用符号“AC”表示。其中，按正弦曲线波形变化的交流电流称为正弦交流电流，其电流用 i 表示。

除正弦交流电流外，还有按方波、三角波等变化的交流信号。

对于交流，若在一个无限小的时间间隔 dt 内，通过导体横截面的电荷量为 dq ，则该瞬间的电流为

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2)$$

(3) 电流的方向 在电路分析计算时，可以人为规定电流方向，称为参考方向。因为在复杂电路中很难事先判断出元器件中物理量的实际方向，在实际分析计算时可以按以下步骤进行。

- 1) 在电路分析前先任意设定一个正方向（用箭头），作为参考方向。
- 2) 根据电路的定律、定理，列出物理量间相互关系的代数表达式。
- 3) 根据计算结果确定实际方向。

若计算结果为正，则实际方向与假设的参考方向一致；若计算结果为负，则实际方向与参考方向相反；若未标参考方向，则结果的正、负无意义。图 1-6 表示了电流的参考方向（图中虚线所示）与实际方向（图中实线所示）之间的关系。

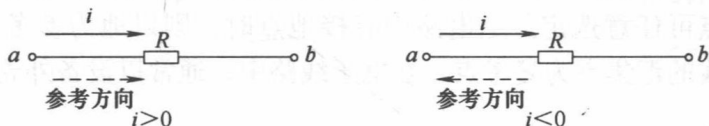


图 1-6 电流参考方向与实际方向之间的关系

例 1-1 如图 1-7 所示，电流的参考方向已标出，并已知 $I_1 = -1\text{A}$ ， $I_2 = 1\text{A}$ ，试指出电流的实际方向。

解： $I_1 = -1\text{A} < 0$ ，则 I_1 的实际方向与参考方向相反，应由点 B 流向点 A。

$I_2 = 1\text{A} > 0$ ，则 I_2 的实际方向与参考方向相同，由点 B 流向点 A。

2. 电压与电位

(1) 电压 就像水从高的位置往低的位置流动一样，电流从高电位向低电位流动，如图

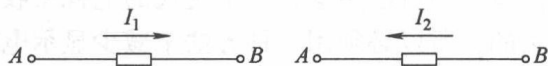


图 1-7 例 1-1 题图

1-8 所示。为了让电子流动，必须要有电压。和水位类似，电位的差称为电位差。为使电子能流动，作为推动的力量，电位差一般被称作电压，用 U 表示，电压的标准单位是伏特 (V)，常用的单位还有 kV、mV、 μ V 等。各单位之间的换算关系是： $1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^{-3}\text{kV}$ 。

电路中，电场力把单位正电荷 (q) 从 a 点移到 b 点所做的功 (W) 称为 a 、 b 两点间的电压，也称电位差，即

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1-3)$$

$$\text{对于直流, 则为 } U_{ab} = \frac{W}{Q} \quad (1-4)$$

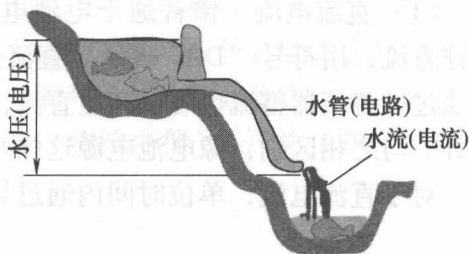


图 1-8 水流和电流的对比

和电流的参考方向一样，在电路分析计算前可以在电路图上标示电压的方向，称为参考方向。当参考方向与实际方向相同时，电压值为正；反之，电压值则为负。电压参考方向的表示方式可用极性“+”“-”表示，还可用双下标或箭头表示，如图 1-9 所示。若用双下标表示，如 U_{ab} 表示 a 指向 b 。显然 $U_{ab} = -U_{ba}$ 。值得注意的是电压总是针对两点而言。

例 1-2 如图 1-10 所示，电压的参考方向已标出，并已知 $U_1 = 1\text{V}$ ， $U_2 = -1\text{V}$ ，试指出电压的实际方向。

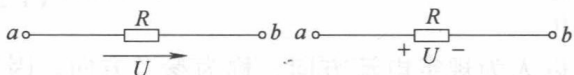


图 1-9 电压参考方向的设定



图 1-10 例 1-2 题图

解： $U_1 = 1\text{V} > 0$ ，则 U_1 的实际方向与参考方向相同，由 A 指向 B 。

$U_2 = -1\text{V} < 0$ ，则 U_2 的实际方向与参考方向相反，由 A 指向 B 。

(2) 电位 电路中某点至参考点的电压称为电位。通常设参考点的电位为零。某点电位为正，说明该点电位比参考点高；某点电位为负，说明该点电位比参考点低。电压常用双下标表示，而电位则用单下标表示，若参考点为 O 点，例如 A 点的电位记为 V_A 或 v_A ，显然， $V_A = V_{AO}$ ， $v_A = v_{AO}$ 。电位的单位是伏特 (V)。

电路中的参考点可任意选定。当电路中有接地点时，则以地为参考点。若没有接地点时，则选择较多导线的汇集点为参考点。在电子线路中，通常以设备外壳为参考点。参考点用符号“ \perp ”表示。

有了电位的概念后，电压也可用电位来表示，即

$$\left. \begin{aligned} U_{AB} &= V_A - V_B \\ u_{AB} &= v_A - v_B \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

因此，电压也称为电位差。

设置参考电位还有一个原因是为了简化电路图（当电路中只有两三个元器件时，问题较简单，但可以想象，一个现代的电视接收机甚至是一个无线电接收器的最终完成图是相当复杂的，所以必须用一种方法来减少显示电路中连接线路的数量）。具体做法就是设置一个电路连接的共同点作为参考点来供所有的电气进行测量，这个公共的电气连接点称为“接地参考”或简称为接地，用符号“ \perp ”表示。电路图中标有接地符号的部分被认定为在电

气上相互连接，尽管大多并没有明确的连接显示。

电路常常是在金属底盘上安放的，这种情况下，机箱除提供电路的机械支撑外，本身就可以作为常用的电气接地面。

例 1-3 如图 1-11 所示的电路中，若分别选 a 点与 b 点为参考点，试求电路中各点的电位 V_a 、 V_b 、 V_c 、 V_d 以及 U_{ab} 、 U_{cb} 和 U_{db} 。

解：设 a 为参考点，即

$$V_a = 0V$$

$$V_b = U_{ba} = -10 \times 6 = -60(V)$$

$$V_c = U_{ca} = 4 \times 20 = 80(V)$$

$$V_d = U_{da} = 6 \times 5 = 30(V)$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = 0 - (-60) = 60(V)$$

$$U_{cb} = V_c - V_b = 80 - (-60) = 140(V)$$

$$U_{db} = V_d - V_b = 30 - (-60) = 90(V)$$

设 b 为参考点，即

$$V_b = 0(V)$$

$$V_a = U_{ab} = 10 \times 6 = 60(V)$$

$$V_c = U_{cb} = E_1 = 140(V)$$

$$V_d = U_{db} = E_2 = 90(V)$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = 60 - 0 = 60(V)$$

$$U_{cb} = V_c - V_b = 140 - 0 = 140(V)$$

$$U_{db} = V_d - V_b = 90 - 0 = 90(V)$$

结论：1) 电位值是相对的，参考点选取的不同，电路中各点的电位也将随之改变；值得注意的是在一个电路或一个电系统中，只能选择一个参考电位点，否则会引起错误的结论。

2) 电路中任两点间的电压值是固定的，不会因参考点的不同而变，即与零电位参考点的选取无关。

例 1-4 如图 1-12 所示的电路，计算开关 S 断开和闭合时 A 点的电位 V_A 。

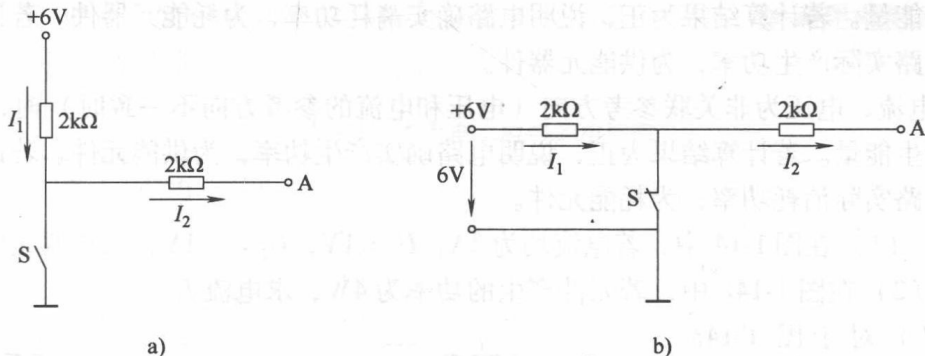


图 1-12 例 1-4 题图

解：当开关 S 断开时，电路如图 1-12a 所示。

电流 $I_1 = I_2 = 0$, 电位 $V_A = 6V$

当开关闭合时, 电路如图 1-12b 所示。

电流 $I_2 = 0$, 电位 $V_A = 0V$

3. 电动势

如图 1-13 所示, 电源力把单位正电荷由低电位点 B 经电源内部移到高电位点 A 克服电场力所做的功, 称为电源的电动势。它是反映电源将其他形式能转换成电能本领的物理量。电动势用 E 或 e 表示, 即

$$\left. \begin{aligned} E &= \frac{W}{Q} \\ e &= \frac{dw}{dq} \end{aligned} \right\}$$

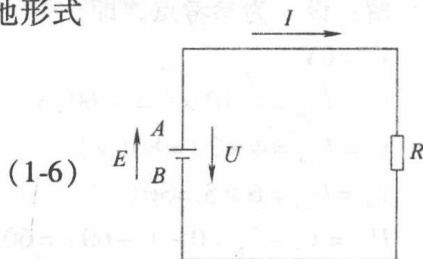


图 1-13 电动势

电动势的单位也是伏特 (V)。如果外力把 1 库仑的电量从点 B 移到点 A , 所做的功是 1J, 则电动势就等于 1V。

电动势与电压的实际方向不同, 电动势的方向是从低电位指向高电位, 即由“-”极指向“+”极, 而电压的方向则从高电位指向低电位, 即由“+”极指向“-”极。此外, 电动势只存在于电源的内部。

4. 功率

单位时间内电场力或电源力所做的功, 称为功率, 用 P 或 p 表示。即

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{W}{T} \\ p &= \frac{dw}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

若已知元器件的电压和电流, 功率的表达式则为

$$\left. \begin{aligned} P &= UI \\ p &= ui \end{aligned} \right\} \quad (1-8)$$

功率的单位是瓦特 (W)。

1) 当电流、电压为关联参考方向 (电流和电压参考方向一致) 时, 式 (1-8) 表示元器件消耗的能量。若计算结果为正, 说明电路确实消耗功率, 为耗能元器件。若计算结果为负, 说明电路实际产生功率, 为供能元器件。

2) 当电流、电压为非关联参考方向 (电压和电流的参考方向不一致) 时, 式 (1-8) 表示元件产生能量。若计算结果为正, 说明电路确实产生功率, 为供能元件。若计算结果为负, 说明电路实际消耗功率, 为耗能元件。

例 1-5 (1) 在图 1-14 中, 若电流均为 2A, $U_1 = 1V$, $U_2 = -1V$, 求该两元件消耗或产生的功率。(2) 在图 1-14b 中, 若元件产生的功率为 4W, 求电流 I 。

解: (1) 对于图 1-14a, 电流、电压为关联参考方向, 元件消耗的功率为

$$P = U_1 I = 1 \times 2 = 2(W) > 0$$



图 1-14 例 1-5 题图