



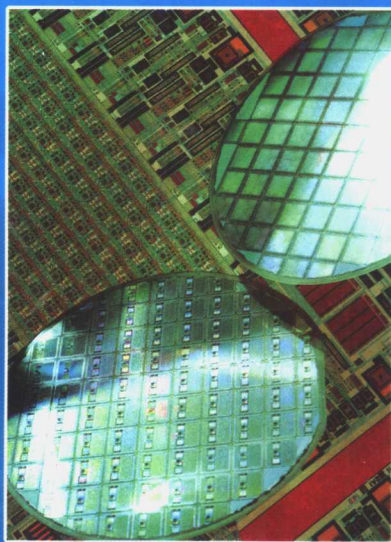
中等职业教育规划教材
根据教育部中等职业学校新教学大纲要求编写

电工与电子技术



中等职业教育规划教材编写组

李想 李敏 主编



中华工商联合出版社
CHINA INDUSTRY & COMMERCE ASSOCIATED PRESS

中等职业教育规划教材

电工与电子技术

中等职业教育规划教材编写组

李 想 李 敏 主编

中华工商联合出版社

责任编辑:曹荣
封面设计:陈立明

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术/李想,李敏主编. —北京:中华工商联合出版社,2006.11
ISBN 7-80193-513-6

I. 电... II. ①李...②李... III. ①电工技术②电子技术 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 143898 号

中华工商联合出版社 出版、发行

北京东城区东直门外新中街 11 号

邮编:100027 电话:64153909

网址:www.chgslcbs.cn

北京鸿鹄印刷厂印刷

新华书店总经销

787×1092 毫米 1/16 印张:18.25 350 千字
2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷
ISBN 7-80193-513-6/G·166
定价:23.80 元

中等职业教育规划教材 出版说明

为了更好地贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,全面落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,中等职业教育教材编写组组织相关力量对实现中等职业教育培养目标、保障重点专业建设的主干课程进行了规划和编写。从 2006 年秋季开始,中等职业教育规划教材将陆续出版,提供给广大中等职业学校使用。

中等职业教育规划教材是面向中等职业教育的规范性教材,严格按照国家教育部最新颁发的教学大纲编写,并通过了专家的审定。本套教材深入贯彻了素质教育的理念,突出了中等职业教育的特点,注重对学生的创新能力和实践能力的培养。本套教材在内容编排、例题组织和图示说明等方面努力作出创新亮点,在满足不同学制、不同专业以及不同办学条件教学需求的同时,实现教学效果的最优化。

希望各地、各校在使用本套教材的过程中,认真总结经验,及时提出改善意见和建议,使之不断地得到完善和提高。

中等职业教育规划教材编写组

前 言

本书是中等职业学校非电类相关专业的一门技术基础课程。编写本书的目的是使学生具备高素质劳动者和中初级专门人才所必须的电工与电子技术的基本知识和基本技能;为学生学习专业知识和职业技能,提高全面素质,增强适应职业变化的能力和继续学习的能力打下一定的基础。

本书严格依据 2000 年教育部颁发的中等职业学校《电工与电子技术教学大纲》(试行)编写,从目前中等职业学校的学生实际出发,简化理论教学,突出能力培养,着重培养学生的辩证思维能力,热爱科学、实事求是的学风和创新意识、创新精神,加强职业道德意识。

本书共分四篇十四章。第一篇为电路基础,此部分共分为两章;第二篇为电工技术,此部分共分为三章;第三篇为模拟电子技术,此部分共分为六章;第四篇为数字电子,此部分共分为三章;书的最后设有附录。

本书每章开始均设有知识目标和技能目标,有利于学生自学;每章后设有本章小结和针对性习题,以便学生更好地掌握所学知识;在每章正文部分还设有“知识拓展”、“知识链接”、“注意”和“归纳”等小栏目,使内容的形式更加灵活,并且拓展了学生的知识;另外,本书还有十二个实验实训分别放在相应的章节末,使学生将所学理论知识更好地与实践结合起来。

本书的课时分配参见下表:

课时分配参考表

内 容	课时数	内 容	课时数
第一章 直流电路	10	第十章 运算放大器	4
第二章 交流电路	12	第十一章 其他半导体器件和振荡电路	4
第三章 电力的生产和输送	5	第十二章 数字电子技术基础	4
第四章 电动机及其控制	6	第十三章 时序和逻辑电路	5
第五章 电器及其用电技术	4	第十四章 数字电路的应用	5
第六章 半导体与二极管	4	实验实训	12
第七章 整流、滤波及稳压电路	4	机动及复习考察	8
第八章 晶体管	5	总计	100
第九章 放大电路基础及分析	8		

本书第一篇和第二篇由李想编写,第三篇和第四篇由李敏编写。在编写过程中,参考了大量书刊和相关论著,并汲取了其中的最新研究成果和有益经验,在此向原著者表示衷心的感谢!

由于时间仓促,书中难免有一些不足和缺点,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 电工基础

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本结构和电路模型	1
第二节 电流	4
第三节 电压	5
第四节 电阻和欧姆定律	9
第五节 电能和电功率	13
第六节 电阻的连接	15
第七节 复杂电路的分析方法	20
本章小结	28
本章习题	28
实验实训一 基尔霍夫定律验证及电位测量实验	32
第二章 交流电路	34
第一节 交流电的基本概念	34
第二节 正弦交流电路	38
第三节 电容和电感	46
第四节 正弦交流电路中的电阻、电感、电容元件	55
第五节 电阻与电感、电容串联电路	58
第六节 正弦交流电路的功率	61
第七节 三相交流电路	64
本章小结	74
本章习题	74
实验实训二 荧光灯电路的接线及提高功率因数的实验	77
实验实训三 三相电路中的负载连接	80

第二篇 电工技术

第三章 电力的生产和输送	83
第一节 电力的生产	83
第二节 电力的输送和分配	86

第三节 变压器的原理和用途	91
本章小结	99
本章习题	99
第四章 电动机及其控制	101
第一节 三相异步电动机	101
第二节 三相异步电动机的基本控制电路	107
第三节 单相异步电动机	109
第四节 直流电动机	111
本章小结	115
本章习题	116
实验实训四 三相异步电动机继电器—接触器控制电路	116
第五章 电器及其用电技术	119
第一节 常用低压电器	119
第二节 电工测量	129
第三节 安全用电	136
本章小结	138
本章习题	139

第三篇 模拟电子技术

第六章 半导体与二极管	140
第一节 半导体与二极管	140
第二节 二极管的单向导电性	145
第三节 二极管的伏安特性与主要参数	146
第四节 二极管的简单检测	148
本章小结	149
本章习题	149
实验实训五 练习使用示波器	151
第七章 整流电路、滤波电路及稳压电路	153
第一节 整流电路	153
第二节 滤波电路	155
第三节 稳压电路与直流稳压电源	156
第四节 集成稳压电路	159
本章小结	161
本章习题	161

实验实训六 单相桥式整流电路实验·····	163
第八章 晶体管 ·····	164
第一节 晶体管的结构·····	164
第二节 晶体管的放大作用·····	166
第三节 晶体管的工作状态·····	167
第四节 晶体管的主要参数·····	169
第五节 晶体管的管型和管脚的判断·····	170
本章小结·····	171
本章习题·····	171
实验实训七 低频信号发生器及毫伏表的正确使用·····	172
第九章 放大电路基础及分析 ·····	174
第一节 放大电路的概念及分类·····	174
第二节 共发射极放大电路·····	175
第三节 放大电路的工作原理·····	178
第四节 放大电路的波形失真及其调整方法·····	180
第五节 放大电路的放大倍数、输入电阻和输出电阻·····	181
第六节 负反馈对放大电路性能的影响·····	183
第七节 共集电极放大电路——射极输出器·····	186
本章小结·····	187
本章习题·····	187
实验实训八 单级电压放大电路·····	190
第十章 运算放大器 ·····	192
第一节 运算放大器基础·····	192
第二节 运算放大器的基本运算电路·····	196
第三节 差分放大器·····	200
第四节 功率放大电路·····	203
本章小结·····	205
本章习题·····	205
实验实训九 运算放大器的应用·····	207
第十一章 其他半导体器件和振荡电路 ·····	209
第一节 晶闸管及其应用·····	209
第二节 单结晶体管及其应用·····	213
第三节 场效应管及其应用·····	215
第四节 振荡电路·····	217

本章小结	221
本章习题	222

第四篇 数字电子技术

第十二章 数字电子技术基础	223
第一节 概述	223
第二节 基本逻辑运算和门电路	225
第三节 复合逻辑门电路	229
第四节 逻辑代数	232
本章小结	234
本章习题	234
实验实训十 集成“与非”门电路的逻辑功能及应用实验	236
第十三章 时序和逻辑电路	238
第一节 触发器	238
第二节 计数器	243
第三节 寄存器	249
第四节 译码器和显示器	250
本章小结	253
本章习题	253
实验实训十一 计数、译码、显示电路实验	255
第十四章 数字电路的应用	257
第一节 逻辑电路的简单分析和综合应用的方法	257
第二节 触发器的应用	259
第三节 555 集成定时器	260
第四节 数—模和模—数转换电路	262
第五节 数字电路综合实例——数字钟电路	265
本章小结	266
本章习题	266
实验实训十二 灯光控制电路实验	268
附录	270
附录一 电气控制电路图常用的图形和文字符号	270
附录二 常用低压电器的主要技术数据	272
附录三 常用数字集成电路的型号及引脚	277



第一篇 电工基础

第一章 直流电路

知识目标

1. 了解电路和电路模型的概念。
2. 理解电源、负载的定义。
3. 理解电动势、电位、电能的概念及电流、电压的参考方向。
4. 了解参考方向与实际方向之间的关系。
5. 掌握欧姆定律。
6. 理解电路短路、开路的特点。
7. 掌握串联分压原理和并联分流原理。
8. 掌握基尔霍夫的两个定律,了解用支路电流法求解电路。

技能目标

1. 能画出简单的电路模型。
2. 会判断电流、电压的实际方向。
3. 会熟练应用欧姆定律。
4. 掌握电压、电位的计算方法。
5. 会进行串联电路和并联电路的分析、计算。
6. 会进行一般复杂电路的分析、计算。

第一节 电路的基本结构和电路模型

一、电路的定义及组成

1. 电路的定义

让我们来做个实验,在磁性黑板上连接如图 1-1 所示电路,合上开关,小灯泡发光。先后取走任一元件,观察小灯泡是否还能继续发光。将小灯泡换成电铃,重复上面的实验。

由电源、用电器、开关和导线等元件组成的电流路径叫电路。电路就好比马路是人及其他物体的通道,它是电子的通道。一个正确的电路,无论多么复杂,也无论多么简单,都是由这几部分组成的,缺少其中的任一部分,电路都不会处于正常工作的状态。

2. 电路的基本组成

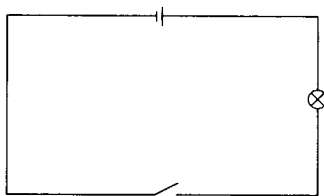


图 1-1 灯泡发光电路图

电路的基本组成包括以下 4 个部分：

(1) 电源(供能元件):为电路提供电能的设备和器件(如电池、发电机等)。
 (2) 负载(耗能元件):使用(消耗)电能的设备和器件(如灯泡、电炉、电视机、电动机等用电器)。

(3) 控制和保护装置:用来控制电路的通断,保护电路的安全,使电路能够正常工作(如开关、熔断器、继电器等)。

(4) 连接导线:将电器设备用导线按一定方式连接起来(如各种铜、铝电缆线等)。

电流就好比河水中的流水,而导线相当于河道,开关相当于河闸,电源则相当于高处的蓄水池。只有这几部分结合起来,才能保证河水的畅通。

二、电路模型

以理想电路元件代替实际的元件组成电路,即为实际电路的模型,如图 1-1 所示。图 1-2 所示为最简单的直流电路——灯泡电路。

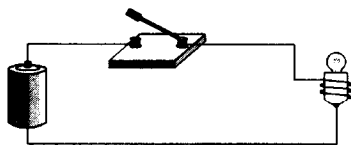


图 1-2 简单的直流电路

1. 电路的状态

(1) 通路(闭路)。电源与负载接通,电路中有电流通过,电气设备或元器件获得一定的电压和电功率,进行能量转换。

(2) 开路(断路)。如图 1-1 所示,打开开关,或将电路中的某一部分断开,小灯泡都不会发光,说明电路中没有电流。这种因某一处断开而使电路中没有电流的状态叫开路,又称为空载状态。

(3) 短路(捷路)。将图 1-2 中的小灯泡取下,用导线直接把电源的正、负极连接起来,过一会儿如果用手摸导线会感觉到导线发热。这种没有用电器而是直接用导线将电源正、负极相连的电路叫短路。短路是非常危险的,可能把电源烧坏,是不允许的。短路时,输出电流过大对电源来说属于严重过载,如没有保护措施,电源或电器会被烧毁或发生火灾,所以通常要在电路或电气设备中安装熔断器、保险丝等保险装置,以避免发生短路时出现不良后果。

在交流电中,常在总开关处接上保险丝,如果火线和零线直接连接,则保险丝会烧断,而不会烧坏电源,但电器及电线则可能被烧坏。所以,要尽量避免短路现象的发生。

2. 电路模型



突出实际电路元件的主要电磁性能,忽略次要因素的元件叫理想电路元件。

电路模型中通常遵守以下几点:

(1)在一定条件下对实际器件加以理想化,只考虑其中起主要作用的某些电磁现象。

(2)理想电路元件是一种理想化的模型,简称为电路元件。电阻元件是一种只表示消耗电能的元件;电感元件是表示其周围空间存在着磁场而可以储存磁场能量的元件;电容元件是表示其周围空间存在着电场而可以储存电场能量的元件。

(3)具有两个引出端的元件,称为二端元件;具有两个以上引出端的元件,称为多端元件。

3. 电路图

在设计、安装、修理各种实际电路的时候,常常需要画出表示电路连接情况的图。为了简便,通常不画实物图,而用国家统一规定的符号来代表电路中的各种元件。常见的理想元件及符号如表 1-1 所示。用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。图 1-1 即为—电路图。

表 1-1 常用的理想元件及符号

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
电池		接地	
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

4. 电路的作用

(1)实现能量转换和电能传输及分配。

(2)信号处理和传递。



电池简介

电池在现实生活中扮演着越来越重要的角色,常见电池有干电池和蓄电池,但这两种是构造最简单的电池。它们是一次性电池,其制造技术比较成熟,成本低,使用寿命长,被广泛用于机动车启动打火电源,以及其他需要应急和后备电源的地方。手机中用的电池是可充的,一般为锂离子电池。锂离子电池以其高可靠性、高能量密度及较高的工作电压在现代生活中扮演着越来越重要的角色,锂离子电池与液晶显示器、半导体一起作为现代电子工业的 3 种核心器件推动了电子器件向轻量化、小型化和便携化的方向快速发展。

其他可充电电池有镉-镍电池、镍-氢电池,还有燃料电池,如氢氧燃料电池、甲醇燃料电池。燃料电池是一种将储存在燃料和氧化剂中的化学能直接转化为电能的装置。当源源不断地从外部向燃料电池供给燃料和氧化剂时,它可以连续发电。依据电解质的不同,可将燃料电池分为碱性燃料电池(AFC)、熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)、固体氧化物燃料电池(SOFC)及



质子交换膜燃料电池(PEMFC)等。燃料电池几乎不产生 NO_x 和 SO_x 的排放。而且, CO_2 的排放量也比常规发电厂减少 40% 以上。正是由于这些突出的优越性, 燃料电池技术的研究和开发倍受各国政府与大公司的重视, 被认为是 21 世纪洁净、高效的发电技术之一。

第二节 电 流

一、电流的基本概念

电路中电荷沿着导体的定向运动形成电流, 习惯上, 人们把正电荷流动的方向规定为电流的方向。大小与方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流, 又称直流电流, 用符号“ I ”表示; 大小与方向都随时间变化的电流, 称为交流电流, 用符号“ i ”表示。讨论一般电流时可用符号 i 表示。电流的大小等于在单位时间内通过导体横截面的电量, 称为电流强度(简称电流)。

二、直流电流和交流电流

如果电流的大小及方向都不随时间变化, 即在单位时间内通过导体横截面的电量相等, 则称之为稳恒电流或恒定电流, 简称为直流(Direct Current), 记为 DC 或 dc。直流电流要用大写字母 I 表示。对于直流电流, 在任一瞬间 t 通过电路的电荷[量] q 都不变, 其电流为:

$$I = \frac{q}{t}$$

直流电流 I 与时间 t 的关系在 $I-t$ 坐标系中为一条与时间轴平行的直线。

如果电流的大小及方向均随时间变化, 则称为变动电流。对电路分析来说, 一种最为重要的变动电流是正弦交流电流, 其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化, 将之简称为交流(Alternating current), 记为 AC 或 ac。交流电流的瞬时值要用小写字母 i 或 $i(t)$ 表示。对于交流电流, 由于通过电路的电荷[量]一直在变化, 只能取一个非常小的时间间隔 Δt , 此时通过的电荷[量]为 Δq , 则此时电流为:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

在国际单位制中, 电流的单位名称是安培(A), 简称安; 电荷[量]的单位为库仑(C), 简称库。

常用的电流单位还有毫安(mA)、微安(μA)、千安(kA)等, 它们与安培的换算关系为:

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A};$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A};$$

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

三、参考方向的引入

在分析电路时, 对复杂电路中某一段电路里电流的实际方向有时很难确定, 而且有时电流的实际方向还在不断地改变, 因此在电路中很难标明电流的实际方向, 为了解决这一困难, 引入了电流的参考方向这一概念。

在一段电路或一个电路元件中事先选定一个方向, 这个选定的电流方向就叫做电流的参



考方向。



注意:(1)参考方向一经选定,在电路分析和计算过程中,不能随意更改;(2)所选定的电流参考方向并不一定就是电流的实际方向。

电流参考方向的表示方法如下:

(1)用实线箭头表示,如图 1-3 所示。

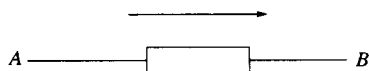


图 1-3

(2)用双下标表示。如 i_{AB} 表示电流的参考方向是由 A 指向 B。

参考方向与实际方向的关系规定:若一致,则电流值为正,即 $i > 0$;若相反,则电流值为负,即 $i < 0$ 。我们可以在选定的电流参考方向下,根据电流的正负来确定出某一时刻电流的实际方向。

例 1-1 如图 1-4 所示的电路中,电流参考方向(虚线箭头)已选定。已知 $I_1 = 3\text{A}$, $I_2 = -5\text{A}$, $I_3 = -2\text{A}$,试指出电流的实际方向。

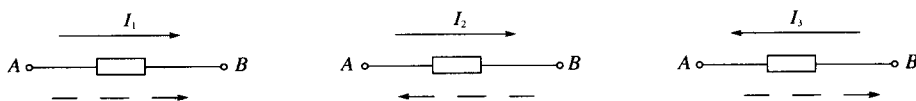


图 1-4

解

$I_1 > 0$, I_1 的实际方向与参考方向相同,电流 I_1 由 A 流向 B,大小为 3A。

$I_2 < 0$, I_2 的实际方向与参考方向相反,电流 I_2 由 B 流向 A,大小为 5A。

$I_3 < 0$, I_3 的实际方向与参考方向相反,电流 I_3 由 A 流向 B,大小为 2A。

第三节 电 压

一、电压的基本概念

1. 电压的大小

电路中任意 A、B 两点之间的电压,在数值上等于电场力将单位正电荷从 A 点移动到 B 点所作的功。

电压的定义式如下:

$$U = \frac{W}{q}$$

电压的国际单位制为伏特(V),其物理意义为:当电场力将 1 库仑(C)的电荷量从一点移动到另一点所作的功为 1 焦耳(J)时,则该两点之间的电压为 1 伏特(V)。

常用的电压单位还有毫伏(mV)、微伏(μV)、千伏(kV)等,它们与伏特的换算关系为:

$$1\text{mV} = 10^{-3}\text{V}$$

$$1\mu\text{V} = 10^{-6}\text{V}$$

$$1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

2. 电压的实际方向

正电荷在电场中受电场力作用(电场力作正功时)移动的方向,称为电压的实际方向。电压的实际方向规定由电位高处指向电位低处。电压的实际方向有两种表示方式:一种是符号 U 加双下标,如 U_{AB} 表示电压方向从 A 指向 B ;一种是在电路的两点或元件两端标上极性。

与电流方向的处理方法类似,可任选一方向为电压的参考方向。电压的参考方向与实际方向的关系如图 1-5 所示。



图 1-5 电压的参考方向与实际方向的关系

一致时,电压值为正值,即 $U > 0$;相反时,电压值为负值,即 $U < 0$ 。

3. 关联参考方向

对于一个元件来说,如果电流的参考方向是从电压的“+”极性流入、从电压的“-”极性流出,则称它们的电压和电流参考方向为关联参考方向,否则,称为非关联参考方向。

二、直流电压与交流电压

如果电压的大小及方向都不随时间变化,则称之为稳恒电压或恒定电压,简称为直流电压,用大写字母 U 表示。

如果电压的大小及方向随时间变化,则称为变动电压。对电路分析来说,一种最为重要的变动电压是正弦交流电压(简称交流电压),其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(t)$ 表示。

三、电位

1. 电位的基本概念

在电路中任选一点为参考点,则某点到参考点的电压就叫做这一点(相对于参考点)的电位。参考点在电路图中用符号“ $\perp$ ”表示,如图 1-6 所示。

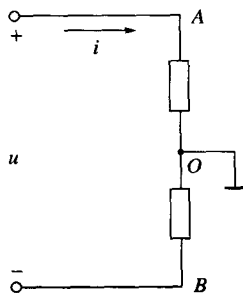


图 1-6 电位的表示

电位用符号 V 表示,如 A 点电位记作 V_A 。当选择 O 点为参考点时,则 $V_A = U_{AO}$ 。

2. 电位与电压的关系

电路中某点电位高于参考点电位时,该点为正电位;电路中某点电位低于参考点电位时,该点为负电位。

如果 A 、 B 两点的电位分别为 V_A 、 V_B ,则:

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B$$

即两点间的电压就是该两点电位之差,有时也将电压称为电压降。

3. 引入电位后电压的参考方向的另一种表示方法

可以用“参考极性”的标注方法来表示,即在电路或元件两端标以“+”或“-”符号,“+”号表示假设的高电位端,“-”号表示假设的低电位端,由“+”号指向“-”号的方向就是选定的电压参考方向。



注意:(1) 电路中各点的电位值与参考点的选择有关,当所选的参考点变动时,各点的电位值将随之变动;(2) 在电路中不指定参考点而谈论各点的电位值是没有意义的;(3) 参考点一经选定,在电路分析和计算过程中,不能随意更改;(4) 习惯上认为参考点自身的电位为零,即 $V_O = 0$,所以参考点也叫零电位点;(5) 在电子线路中,一般选择元件的汇集处,而且常常是电源的某个极性端作为参考点;在工程技术中,则选择大地、机壳等作为参考点。

例 1-2 图 1-7 所示的电路中,已知 $U_1 = -5V$, $U_{ab} = 2V$,试求:(1) U_{ac} ; (2) 分别以 a 点和 c 点作参考点时, b 点的电位和 bc 两点之间的电压 U_{bc} 。

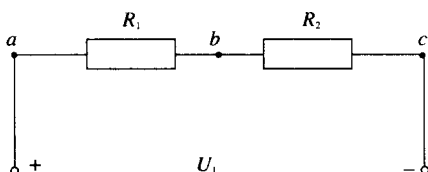


图 1-7

解

$$(1) U_{ac} = U_1 = -5V$$

(2) 以 a 点为参考点,则 $V_a = 0$,因为 $U_{ab} = V_a - V_b$,所以:

$$V_b = V_a - U_{ab} = 0 - 2 = -2(V)$$

$$V_c = V_a - U_{ac} = 0 - (-5) = 5(V)$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = -2 - 5 = -7(V)$$

若以 c 点为参考点,则 $V_c = 0$,因为 $U_{ac} = V_a - V_c$,所以:

$$V_a = V_c + U_{ac} = 0 + (-5) = -5(V)$$

$$V_b = V_a - U_{ab} = -5 - 2 = -7(V)$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = -7 - 0 = -7(V)$$

由以上计算可以看出,当以 a 点为参考点时, $V_b = -2V$;当以 c 点为参考点时, $V_b = -7V$;但 b 、 c 两点之间的电压 U_{bc} 始终是 $-7V$ 。这说明电路中各点的电位值与参考点的选择有关,而



任意两点之间的电压与参考点的选择无关。

四、电动势

衡量电源的电源力大小及其方向的物理量叫做电源的电动势。

电动势通常用符号 E 或 $e(t)$ 表示, E 表示大小与方向都恒定的电动势(即直流电源的电动势), $e(t)$ 表示大小和方向随时间变化的电动势,也可简记为 e 。电动势的国际单位为伏特,记作 V。

电动势的大小等于电源力把单位正电荷从电源的负极经过电源内部移到电源的正极所作的功。如设 W 为电源中非静电力(电源力)把正电荷量 q 从负极经过电源内部移到电源的正极所作的功,则电动势的大小为:

$$E = \frac{W}{q}$$

电动势的方向规定为从电源的负极经过电源内部指向电源的正极,即与电源两端电压的方向相反。



万用表的使用

“万用表”是万用电表的简称,它是电子制作中一个必不可少的工具。万用表能测量电流、电压、电阻,有的还可以测量频率、电容值、逻辑电位、分贝值等。万用表分为指针式和数字式两种,如图 1-8 和图 1-9 所示。

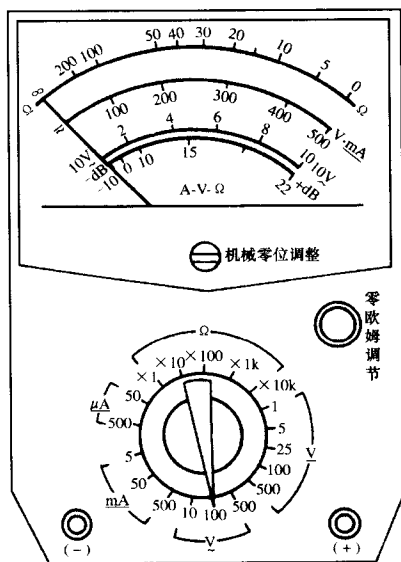


图 1-8 MF-30 型万用表的面板图