

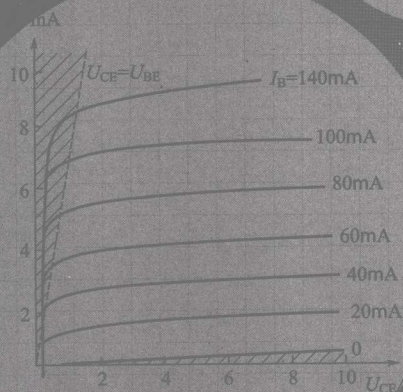
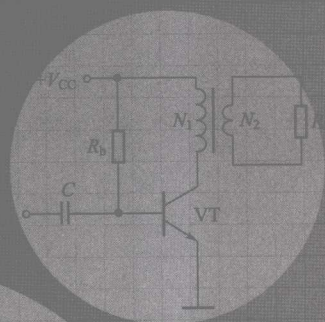
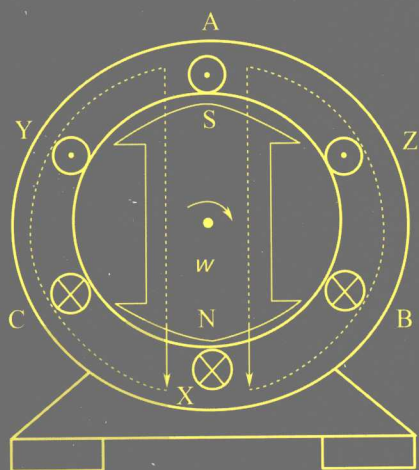
全国高职高专 **工作过程导向** 规划教材

电工电子技术

(非电类专业适用)

郭宏彦 主 编
晁晓圆 胡兴胜 副主编

DIANGONG DIANZI JISHU



化学工业出版社

全国高职高专 **工作过程导向** 规划教材

电工电子技术

(非电类专业适用)

郭宏彦 主编

晁晓圆 胡兴胜 副主编



KH 950 2 0345592 4

长沙航空职业技术学院
空军航空维修技术学院

图书馆

藏书



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术 (非电类专业适用) / 郭宏彦主编. —北京: 化学工业出版社, 2010. 5

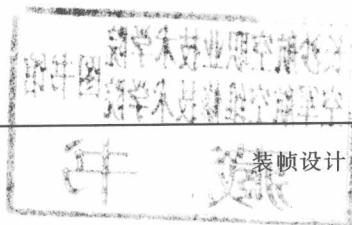
全国高职高专工作过程导向规划教材

ISBN 978-7-122-05699-3

I. 电… II. 郭… III. ①电工技术-高等学校: 技术学院-教材
②电子技术-高等学校: 技术学院-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 033131 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 战河红



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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13½ 字数 335 千字 2010 年 5 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: 29.00 元

版权所有 违者必究

“全国高职高专工作过程导向规划教材” 编写委员会

主 任 俸培宗

副主任 (按姓名笔画排列)

于增信	么居标	付宏生	朱凤芝	刘 强
刘玉宾	刘京华	孙喜平	张 耀	张春芝
张雪莉	罗晓晔	周伟斌	周国庆	赵长明
胡兴胜	徐红升	黄 斌	彭林中	曾 鑫
解海滨				

委 员 (按姓名笔画排列)

于增信	么居标	王 会	卞化梅	布 仁
付宏生	冯志新	兰俊平	吕江毅	朱 迅
朱凤芝	朱光衡	任春晖	刘 强	刘玉宾
刘京华	刘建伟	安永东	孙琴梅	孙喜平
杜 潜	李占锋	李全利	李慧敏	李德俊
何佳兵	何晓敏	张 彤	张 钧	张 耀
张小亮	张文兵	张红英	张春芝	张雪莉
张景黎	陈金霞	武孝平	罗晓晔	金英姬
周伟斌	周国庆	孟冬菊	赵长明	赵旭升
胡 健	胡兴胜	侯 勇	贺 红	俸培宗
徐红升	徐志军	凌桂琴	高 强	高吕和
高英敏	郭 凯	郭宏彦	陶英杰	黄 伟
黄 斌	常慧玲	彭林中	葛惠民	韩翠英
曾 鑫	路金星	鲍晓东	解金柱	解海滨
薄志霞				

随着市场经济体制的完善、科学技术的进步、产业结构的调整及劳动力市场的变化,职业教育面临着“以服务社会主义现代化建设为宗旨、培养数以亿计的高素质劳动者和数以千万计的高技能专门人才”的新任务。高等职业教育是全面推进素质教育,提高国民素质,增强综合国力的重要力量。2005年颁布的《国务院关于大力发展职业教育的决定》中,国家进一步推行以就业为导向、继续实行多形式的人才培养工程和推进职业教育的体制改革与创新,提出“职业院校要根据市场和社会需要,不断更新教学内容,合理调整专业结构”。在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件中,教育部明确指出“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。高等职业院校要积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容。”

新时期下我国经济体制转轨变型也带来对人才需求和人才观的新变化。大量新技术、新工艺、新材料和新方法的不断涌现使得社会对新型技能人才的需求更加迫切,而以传统学科式职业教学体系培养出来的人才无论从数量、结构和质量都不能很好满足经济建设和社会发展的需要,而满足社会的需要才是职业教育的最终目的。在新形势下,进行职业教育课程体系的教学改革是职业教育生存和发展的唯一出路。改革现行的培养体系、课程模式、教学内容、教材教法,培养造就技术素质优秀的劳动者,已成为高等职业学校教育改革的当务之急。

针对上述情况,高职院校应大力进行课程改革和建设,培养学生的综合职业能力和职业素养。课程设计以职业能力培养为重点,与企业合作进行课程开发与设计,充分体现职业性、实践性和开放性的要求,重视学生在校学习与实际工作的一致性,有针对性地采取工学交替、任务驱动、项目导向、课堂与实习地点一体化等教学模式。课程的教学内容来自于企业生产、经营、管理、服务的实际工作过程,并以实际应用的经验和策略等过程性知识为主。以具体化的工作项目(任务)或服务为载体,每个项目或任务都包括实践知识、理论知识、职业态度和情感等内容,是相对完整的一个系统。在课程的“项目”或“任务”设置上,充分考虑学生的个性发展,保留学生的自主选择空间,兼顾学生的职业发展。

为此,化学工业出版社在全国范围内组织了二十所职业院校机械、电气、汽车三个专业的百余位老师编写了这套“全国高职高专教学改革规划教材”,为推动我国高等职业院校教学改革做了有益的尝试。

在教材的编写思路,我们积极配合新的课程教学模式、教学内容、教学方法的改革,结合学校和企业工业现场的设备,打破学科体系界限和传统教材以知识体系编写教材的思路,以知识的应用为目的,以工作过程为主线,融合了最新的技术和工艺知识,强调知识、能力、素质结构整体优化,强化设备安装调试、程序设计指导、现场设备维修、工程应用能力训练和技术综合一体化能力培养。

在内容的选择上,突出了课程内容的职业指向性,淡化课程内容的宽泛性;突出了课程内容的实践性,淡化课程内容的纯理论性;突出了课程内容的实用性,淡化课程内容的形式性;突出了课程内容的时代性和前瞻性,淡化课程内容的陈旧性。

在编写力量上,我们组织了一批高等职业院校一线的教学名师,他们大都在自己的教学岗位上积极探索和应用着新的教学理念和教学方法,其中一部分教师曾被派到德国进行双元制教学的学习,再把国外的教学模式与我国职业教育的现实进行有机结合,并把取得的经验和成果毫无保留地体现在教材编写中。

同时,我们还邀请企业人员参与教材编写,并与相关职业资格标准、行业规范相结合,充分体现了校企合作和工学结合,突出了创新性、先进性和实用性。

本套教材从编写内容和编写模式方面,都充分体现了全国高职院校教学改革成果,符合学生的认知规律,适应科技发展的需要,必将为职业院校培养高素质人才提供强有力的保证。

编委会



前言

课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。为贯彻教育部教学改革的重要精神,同时为配合职业院校教学改革和教材建设,更好地为职业院校深化改革服务,化学工业出版社组织近二十所院校的老师共同编写了这套“全国高职高专工作过程导向规划教材”,该套教材涉及机械、电气、汽车三个专业领域,其中电气专业包括:《电机控制与维修》、《电子技术》、《电机与电气控制》、《变频器应用与维修》、《西门子 S7-200 PLC 与工业网络应用技术》、《单片机系统设计与调试》、《工厂供配电技术》、《自动检测仪表使用与维护》、《集散控制系统应用》、《自动化生产线安装、调试与维护》、《液压气动技术与应用(非机械专业适用)》。

电工与电子基础项目教程是高职高专非电专业的核心课程。本书根据高职高专的培养目标,结合高职高专的教学改革和课程改革,以能力为本位,以生产、生活中电工与电子应用技术为主线,以典型的产品、设备为载体,在动手中融合理论与技能的培养。本书按 7 个学习情境设计。每个学习情境又分为 2~3 个任务。每个任务包含任务描述、任务分析、知识准备、任务实施、知识拓展、学习小结、自我评估和评价标准 8 个环节。

本书打破传统的学科体系,打破理论和实践教学的界限,有机整合了传统的电工电子技术内容,强调理论知识和实际技能的完整结合,应用性强。在理论内容上强调相关职业所必需的电工、电子技术基本知识,内容包括:直流电路、交流电路、模拟电路、数字电路。为学生的后续发展奠定一定的基础,在技能内容上具有电工、电子仪器仪表的使用、元器件的识别与检测和典型产品的制作与调试等方面的技能。在教学活动中以应用电类共同具备的岗位职业能力为依据,遵循学生的认知规律,以任务为单位组织教学,包括:万用表的组装、日光灯的组装、三相电动机特性测试、稳压电源的组装与调试、温度控制器的组装与调试、室内灯光的控制设计与组装、抢答器的组装与调试等任务。使学生在技能训练的过程中加深对专业知识、专业技能的理解,做到在做中学、在学中做的统一。

本书参考学时为 120 学时。

本书由北京工业职业技术学院郭宏彦担任主编并编写学习情境 1、5、6、7,内蒙古机电职业技术学院胡兴胜担任副主编并编写学习情境 2,北京电子信息工程学院晁晓圆担任副主编并编写学习情境 3、4。北京工业职业技术学院侯勇,北京电子信息工程学院陈嵘嵘、李欣、牛立军、张强、郭京渝参加编写。

本套教材的教学课件和练习题的答案请到 <http://www.cipedu.com.cn> 下载。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,欢迎各位读者批评指正。

编者

目录

学习情境 1 万用表的使用及组装

任务 1.1 用万用表测量电流、电压和电阻

【任务描述】 2

【任务分析】 2

【知识准备】 2

1. 指针式万用表 2

2. 电路和电路模型 6

3. 电路的基本物理量 7

4. 电阻元件和欧姆定律 11

5. 电压源和电流源 12

【任务实施】 14

用万用表测量电压、电流和

电阻 14

【知识拓展】 16

常见电阻器的识别 16

【学习小结】 18

【自我评估】 19

【评价标准】 20

任务 1.2 万用表的直流电流、直流电阻测量原理

【任务描述】 21

【任务分析】 21

【知识准备】 21

1. 基尔霍夫定律 21

2. 电阻的串联和并联 23

3. 线性网络常用的分析方法 29

【任务实施】 33

用万用表测量直流电流和直流

电阻 33

【知识拓展】 34

1. 用节点电压法分析电路 34

2. 基尔霍夫定律的验证 35

3. 叠加定理的验证 37

【学习小结】 38

【自我评估】 39

【评价标准】 41

任务 1.3 万用表的组装

【任务描述】 42

【任务分析】 42

【知识准备】 42

1. 焊接工艺 42

2. 元器件的识别 50

【任务实施】 56

组装万用表 56

【学习小结】 58

【评价标准】 59

学习情境 2 日光灯电路的安装及电路功率因数的提高方法

任务 2.1 日光灯的电路分析

【任务描述】 61

【任务分析】 61

【知识准备】 61

1. 正弦量的相量表示法 61

2. 基尔霍夫定律的相量形式 64

3. 单元件正弦交流电路的分析 66

4. 多元件电路分析 72

【任务实施】 75

日光灯的电路分析 75

【学习小结】	76
【自我评估】	77
【评价标准】	78
任务 2.2 日光灯的组装及提高功率因数的方法	79
【任务描述】	79
【任务分析】	79
【知识准备】	79

1. 提高功率因数的意义	79
2. 提高功率因数的方法	80
【任务实施】	81
组装日光灯并提高其功率因数	81
【学习小结】	83
【自我评估】	84
【评价标准】	84

学习情境 3 三相异步电动机的星三角启动及有功功率的测量

任务 3.1 三相正弦交流电路的分析	87
【任务描述】	87
【任务分析】	87
【知识准备】	87
1. 三相电路基本概念	87
2. 三相异步电动机的结构与铭牌数据	91
【任务实施】	94
三相异步电动机的观察和电路测试	94
【学习小结】	97
【自我评估】	98
【评价标准】	99
任务 3.2 三相异步电动机的功率测量	100

【任务描述】	100
【任务分析】	100
【知识准备】	100
1. 三相电路的功率	100
2. 三相功率的测量	101
【任务实施】	102
用两种方法测量电动机功率并比较	102
【知识拓展】	103
1. 三相异步电动机的工作原理	103
2. 旋转磁场的产生	103
3. 三相异步电动机的启动	104
【学习小结】	105
三相功率计算	105
【自我评估】	106
【评价标准】	106

学习情境 4 半导体收音机前置放大电路的调试及分析

任务 4.1 直流稳压电源的分析与调试	108
【任务描述】	108
【任务分析】	108
【知识准备】	108
1. 二极管的知识	108
2. 整流电路	111
3. 滤波电路	114
4. 稳压电路	116
【任务实施】	119
直流稳压电源的分析与调试	119
【学习小结】	121

【自我评估】	121
【评价标准】	121
任务 4.2 晶体管放大电路的分析与调试	123
【任务描述】	123
【任务分析】	123
【知识准备】	123
1. 三极管的知识	123
2. 单管电压放大电路	126
【任务实施】	133
分析单管放大电路	133
【知识拓展】	135

1. 多级电压放大电路	135
2. 功率放大电路	136
3. 超外差式收音机原理	137
4. 低频信号发生器的使用方法 ...	139

5. 示波器的使用方法	140
【学习小结】	143
【自我评估】	144
【评价标准】	144

学习情境 5 电冰箱温度控制器的调试及分析

任务 5.1 运算放大电路的调试与

分析	147
----------	-----

【任务描述】	147
【任务分析】	147
【知识准备】	147
1. 集成运算放大电路	147
2. 负反馈的概念及对放大电路性能的影响	150
3. 基本运算电路	154
4. 电压比较器	157
【任务实施】	159
运算放大电路的调试及分析	159
【学习小结】	160
【自我评估】	161

【评价标准】	162
--------------	-----

任务 5.2 电冰箱温度控制器的调试及

分析	163
----------	-----

【任务分析】	163
【知识准备】	163
1. 集成运放线性放大电路应用举例	163
2. 集成运放的保护	164
【任务实施】	165
组装电冰箱温度控制器并调试	165
【学习小结】	166
【自我评估】	166
【评价标准】	166

学习情境 6 简易宿舍灯控制电路组装与调试

【任务描述】	169
【任务分析】	169
【知识准备】	169
1. 数字电路基础知识	169
2. 集成门电路与组合逻辑电路 ...	177
【任务实施】	182
宿舍灯的控制电路的组装与	

调试	182
----------	-----

【知识拓展】	183
TTL 集成电路使用中应注意的问题	183
【学习小结】	184
【自我评估】	184
【评价标准】	185

学习情境 7 多路抢答器的设计与制作

【任务描述】	187
【任务分析】	187
【知识准备】	187
1. 触发器及其应用	187
2. 555 电路及其应用	192
3. 时序逻辑电路的分析和设计	

方法	196
【任务实施】	198
设计多路抢答器	198
【学习小结】	199
【自我评估】	200
【评价标准】	202

参考文献	203
------------	-----

学习情境1

万用表的使用及组装



任务目标

掌握万用表的使用方法；通过万用表的使用及内部结构的分析，掌握直流电路的基本分析方法；掌握焊接工艺方法。

技能目标：

- ① 会绘制、分析电路图和工作原理；
- ② 会使用万用表测量简单电路的电压、电流、电阻；
- ③ 掌握焊接、组装方法；
- ④ 掌握电工仪表、电工工具的使用及电子电路的识图方法。

知识目标：

- ① 会识别电路元器件，会建立电路模型；
- ② 会用欧姆定律分析计算电路的基本物理量，电阻、电阻元件的选择；
- ③ 掌握电压源与电流源的概念、基尔霍夫定律、戴维南定理的应用。

任务 1.1 用万用表测量电流、电压和电阻

【任务描述】

使用万用表测量手电筒元件的电压、电流、电阻。建立手电筒的电路模型图，会分析手电筒电路的工作原理。

【任务分析】

技能目标：

- ① 掌握万用表的功能特点和基本结构；
- ② 万用表的校准与使用；
- ③ 学会电路连接与测量的基本方法。

知识目标：

- ① 了解电路的基本概念；
- ② 了解电路基本变量的相互关系；
- ③ 会建立手电筒电路模型，会应用欧姆定理分析计算电路的电压、电流。

【知识准备】

1. 指针式万用表

(1) 外形

万用表是一种可以实现多量程、多种电量测量的便携式电气测量仪表，一般可以用来测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻和音频电平电参量。除此之外，有的万用表还可以测量交流电流、晶体管放大倍数、电感、电容等参数。



图 1-1 指针式万用表的外形

万用表广泛应用于无线电、通信和电工测量等领域。万用表的种类和型号很多，量程也各不相同，根据工作原理的不同，一般可以分为指针式万用表和数字式万用表两大类。图 1-1 为指针式万用表的外形图。

(2) 万用表的基本结构

万用表中用来指示测量值的是一个动圈式直流电流表，各种项目的测量都转换成驱动这个动圈式的直流电流表。此外在万用表中还有分流器（用以扩大电流的测量范围），倍率器（用以扩大电压的测量范围），整流器（将交流变成直流），电池（为测量电阻时提供电源）和切换开关等部分。除了能测量电阻、直流电流和电压、交流电压以外，还能测量低频交流信号的电压（以 dB 表示）。

万用表中用以指示刻度的是一个电流表，测量电阻、电压和电流都经电路转换成驱动电

流表的电流。电流表的结构如图 1-2 所示,其指示部分是将一个绕在磁场中的线圈与指针连在一起,有电流流过线圈,线圈就会转动,其转动的角度与电流大小成正比,根据电磁感应的左手定则,当有电流流过位于磁场中的导体时,导体会受到电磁力的作用而转动,电流表就是根据这个原理制作的。电磁感应定律(左手定则)如图 1-3 所示。

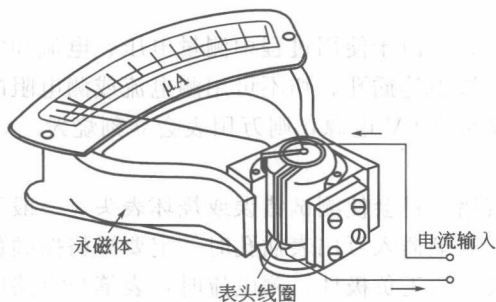


图 1-2 电流表的结构

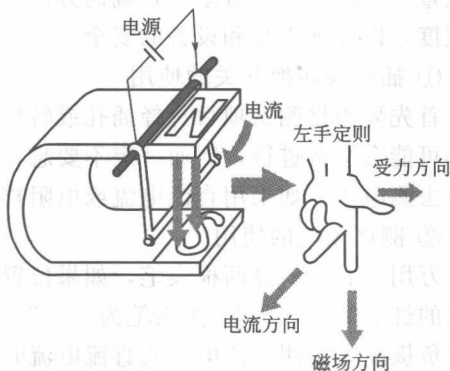


图 1-3 电磁感应定律(左手定则)

(3) 万用表的使用

1) 各主要旋钮的作用

MF-47 型万用表面板上半部分是表头(指示部分),通过指针的位置和与之对应的表盘刻度值可指示被测参数的数值。表头指针调零器在表头下方。仪表面板下半部分是供操作的旋钮和插孔,其中右上角为零欧姆调节器,左上角为三极管 h_{FE} 测量插孔,测试笔插孔在最下方。主要旋钮和插孔的名称及作用介绍如下。

a. 机械零点调节螺帽:万用表在使用之前应水平放置并检查指针是否在标度尺的起始点上。如果不在起始点,则应调整中间的胶木质机械零点调节螺帽,使表针回到标度尺的起始点上。

b. 欧姆零点调节旋钮:测量电阻时,无论选择哪一档,都要先将指针指在欧姆标度尺的起始零点上,否则会给测量值带来一定的误差。

c. 转换开关:通过转换开关可选择 5 个测量项目、26 个量程以及电平、电容、电感、晶体管直流参数等 7 个附加参考量程。

d. 负极插孔:在其左侧标有“*”或“-”标记。测量任何项目时,黑表笔都应插在该插孔里。

e. 正极插孔:在其左侧标有“+”标记。在测量电阻、直流电流及交直流电压时,红表笔应插在该插孔里。

f. 晶体管静态直流放大系数检测装置供临时检测三极管使用。

g. 交直流 2500V 和直流 5A 分别有单独插座,测试时黑表笔插在“-”极插孔位置,红表笔插在交直流 2500V 和直流 5A 的单独插座中。

2) 表头刻度

标度盘与开关指示盘印制成红、蓝、黑三色。刻度盘颜色分别按交流红色,晶体管蓝色,其余黑色对应制成,使用时读取示数方便。标度盘共有七条刻度,第一条专供测电阻用;第二条供测交直流电压和直流电流用;第三条供测交流 10V 电压用;第四条供测晶体管放大倍数用;第五条供测电容用;第六条供测电感用;第七条供测音频电平使用。标度

盘上装有反光铝膜，以消除视差。

3) 万用表的使用方法

万用表的种类和结构是多种多样的，面板上的旋钮、开关的布局也各有差异。因此在使用万用表之前，应仔细了解和熟悉各部件的作用，同时也要分清表盘上各条标度尺所对应的测量量。使用时，只有掌握正确的方法，才能确保测试结果的准确性，使测量误差减小到最低程度，以保证人身和设备的安全。

① 插孔和转换开关的使用

首先要根据测试项目选择插孔或转换开关的位置。由于使用过程中测量电压、电流和电阻等可能会交替进行，因而一定不要忘记换挡或转换表笔插孔。切不可用测电流或测电阻的挡位去测电压。如果用直流电流或电阻挡去测量交流 220V 电源，则万用表会立刻烧毁。

② 测试表笔的使用

万用表有红、黑两根表笔，如果位置接反、接错，将会使测试错误或烧坏表头。一般万用表的红表笔为“+”，黑表笔为“-”或“*”。表笔插入万用表插孔时一定要严格按颜色和正负极插入。测直流电压或直流电流时，一定要注意正负极性。测电流时，表笔与电路串联；测电压时，表笔与电路并联，不能搞错。

③ 如何正确读数

万用表使用前应检查指针是否指在零位上。如不指零位，可调整表盖上的机械零点调节螺帽。

万用表有多条标度尺，一定要认清所对应的读数标尺，不能图省事而把交流和直流标尺任意混用，更不能看错。万用表同一测量项目有多个量程，例如直流电压量程有 1V、2.5V、10V、50V、100V 等。量程选择应使指针移动到满刻度的 $\frac{2}{3}$ 以上。测电阻时，应使指针指向该挡中心电阻值附近读数，这样才能使测量准确。读数时操作者的视线应正视表针，以减少操作者因视线偏左或偏右而引起的使用误差。

测量读数时要注意：万用表标度盘上的刻度线都是按表的精度刻画的，因此只要按表的刻度读数即可，最多插入半格读数。例如用万用表 10V 挡测某一直流电压，表针指在 40 刻度线偏右一点，10V 挡的精度为 $\pm 2.5\%$ ，最大绝对误差为 $\pm 0.25V$ ，这时读数就不应为 8V，也不应为 8.02V，而应读为 8.0V。

④ 电阻的测量

先将红表笔插在“ Ω ”专用插孔内，黑表笔接“*”或“-”插孔，将两表笔短接，同时旋动欧姆零点调节旋钮，使指针指在“ Ω ”标度尺的零位上。每次换挡之后都必须重新使零欧姆电位器调零。如果旋动欧姆调零旋钮不能使指针指到欧姆零位，则说明电池电压太低，应更换新电池。在完成上述步骤后，可将表笔接到被测电阻的两个金属引出端，根据所设定的挡位读出电阻值。注意两手不应同时触及电阻两端，因为这样等于在被测电阻两端并上人体电阻，使测得值变小，在测高电阻时误差更大。量程选择应尽量在“ Ω ”标度尺的中间区域读数。另外，绝不能带电测量电阻。带电测量相当于用欧姆挡去测量电阻端电压，这样不但测量结果无效，而且可能损坏电表。在测量电阻之前应切断电源，电路中有电容时应先放电。

万用表的内附电池正极与表盘上的“-”或“*”插孔相连，负极与表盘上的“ Ω ”插孔相连。若用欧姆挡判别晶体二极管、晶体三极管引脚，则由于晶体管所能承受电压较低和允许通过的电流较小，故应选用低电压高倍率挡（如 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡）进行测量。

$R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$ 五个量程合用 R14 型 2 号 1.5V 电池， $R \times$

100k 量程使用的是专用 6F22 型 15V 层叠电池。

⑤ 直流电压的测量

红表笔接万用表的“+”插孔，黑表笔接“*”或“-”插孔，测量时把万用表与被测电路以并联形式连接，红表笔触到被测电路的正端，黑表笔接触到电路的负端，不要接反。若不知道被测对象的正负极，可先将转换开关置于直流电压最大量程挡，然后将一只表笔接到被测对象任何一极上，再将另一表笔在另一极上迅速相碰，立即拿开，观察指针偏向。若指针向正方向偏转，则红表笔接触的为正极；若指针反方向偏转，则红表笔接触的是负极。待极性确定后，估计被测量大概数值，将转换开关旋到适宜的量程上，使指针获得最大可能的偏转。如果电路上的电压大小估计不出来，就要先用大的量程，粗略测量后再用合适的量程，这样可以防止由于电压过大而损坏万用表。

测量直流电压时，还应注意万用表内阻所造成的误差。当被测对象电阻很高时（如电子电路），万用表的接入可能会改变电路工作状态而引起很大的测量误差，此时建议采用输入阻抗高的仪表测量。

⑥ 直流电流的测量

把转换开关置于直流电流挡位，如无法估计被测电流的大小，可先选择直流电流量程最大的一挡进行测试，再根据指针偏转情况选择合适的量程。不允许在测量过程中带电切换挡位，以防止损坏万用表。测量时应先切断电源，将被测电路断开一点，把万用表串联在电路中，把红表笔接在高电压端（“+”端），黑表笔接在低电压端（“-”端），否则表针反偏。测量直流电流时要特别注意，不能将万用表与被测电路并联，若将万用表与被测电路并联，则通过表头的电流会大大超过满偏电流，损坏万用表的表头。需要注意的是，万用表电流挡内阻会使电流减小引起测量误差。

在测量中，若已知电路中某组件的电阻值，为了避免断开电路，可用万用表直流电压挡测该组件端电压，再运用欧姆定律求出电路电流。

将万用表串联在电路中以后，接通电源，在第三条刻度线读取直流电流数据。

⑦ 交流电压的测量

将万用表转换开关置于交流电压挡，其余操作与直流电压的测量相同，只是无须区分表笔的正负极。另外，交流电压挡的标度尺是按正弦交流电有效值标度的，如果测量对象不是正弦波，则误差要增大。还要注意的，万用表表盘上都标明了使用频率范围，如果交流电频率超过这个范围，则误差就会变大，原因是附加电阻有分布电容存在，当频率升高时，附加电阻总阻抗降低，会使读数不准。

⑧ 音频电平测量

万用表的音频电平测量功能是指对信号传输过程中的衰减或增益进行测量。由于音频电压为交流参数，因而其测量方法与交流电压相似，只是在 dB 刻度上读数。另外还要注意，音频电平是以交流 10V 刻度的，如使用交流 50V 及以上量程，要按表 1-1 修正测量值；如果被测对象含有直流成分，则测试表笔的一端必须串联一只 0.1pF 以上、耐压为 400V 以上的电容器，用来隔断直流电压。

表 1-1 万用表的分贝修正值

交流电压挡	分贝修正值	电平测量范围	交流电压挡	分贝修正值	电平测量范围
10V	—	-10~+22dB	250V	+28dB	+18~+50dB
50V	+14dB	+4~+36dB	500V	+34dB	+24~+56dB

(4) 注意事项

a. 使用万用表之前, 应熟悉各转换开关、旋钮或按键、专用插口、测量插孔以及相应附件的作用, 了解每条刻度线对应的被测电量。第一次拿起表笔准备测量时, 务必核对测量种类及量程选择开关是否拨对位置, 否则可能损坏万用表。

b. 万用表在使用时一般应水平放置, 在干燥、无振动、无强磁场及环境温度适宜且无腐蚀性气体的条件下使用。

c. 测量交直流电压时, 应将表笔插入连有导线的绝缘管内, 且不应暴露金属部分, 并应谨慎操作。正在测量较高电压或较大电流时, 不能旋动转换开关, 以免使开关接点间产生电弧, 使开关损坏。

d. 万用表使用完毕后, 应将表笔取下, 挡位转换开关置于交流电压最高挡, 以防下次测量时不注意看转换开关位置而烧坏万用表, 并可避免转换开关在欧姆挡时表笔短接, 浪费电池。

e. 万用表长期不用时应将电池取出, 以免日久电池变质, 渗出液体使电表损坏。

2. 电路和电路模型

(1) 电路

电路是电流的流通过径, 它是由一些电气设备和元器件按一定方式连接而成的。复杂的电路呈网状, 又称网络。

电路的组成方式不同, 功能也就不同。电路的一种作用是实现电能的传输和转换, 各类电力系统就是典型实例。图 1-4(a) 是一种简单的实际电路 (手电筒), 它由干电池、开关、小灯泡和连接导线等组成。当开关闭合时, 电路中有电流通过, 小灯泡发光, 干电池向电路提供电能; 小灯泡是耗能器件, 它把电能转化为热能和光能; 开关和连接导线的作用是把干电池和小灯泡连接起来, 构成电流通路。

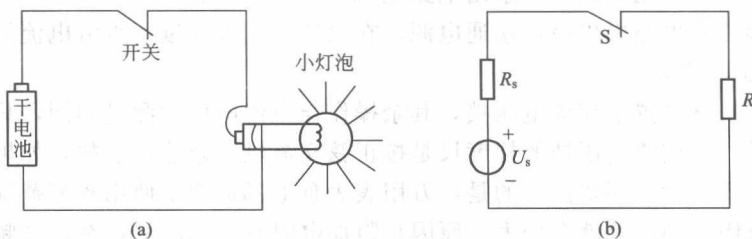


图 1-4 电路的组成

电路的另一种作用是实现信号的处理, 收音机和电视机电路就是这类实例。收音机和电视机中的调谐电路是用来选择所需要的信号的。由于收到的信号很弱, 因此需要采用放大电路对信号进行放大。调谐电路和放大电路的作用就是完成对信号的处理。电路中提供电能或信号的器件称为电源, 如图 1-4(a) 中的干电池。电路中吸收电能或输出信号的器件称为负载, 如图 1-4(a) 中的小灯泡。在电源和负载之间引导和控制电流的导线和开关等是传输控制器件。电路是通过传输控制器件将电源和负载连接起来而构成的。电路的基本作用是实现电能传输或信号处理功能。

(2) 理想电路元件

组成电路的实际电气元器件是多种多样的, 其电磁性能的表现往往是相互交织在一起的。

在研究时,为了便于分析,常常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,而将次要现象忽略,或者将一些电磁现象分别表示。例如图 1-4(a)中,在电流的作用下,小灯泡不但发热消耗电能,而且在其周围还会产生一定的磁场,由于产生的磁场较弱,因此,可以只考虑其消耗电能的性能而忽略其磁场效应;干电池不但在其正负极间能保持有给定的电压对外部提供电能,而且其内部也有一定的电能损耗,可以将其提供电能的性能与内部电能损耗分别表示;对闭合的开关和导线则只考虑导电性能而忽略其本身的电能损耗。

如上所述,在一定的条件下,我们用足以反映其主要电磁性能的一些理想电路元件或它们的组合来模拟实际电路中的器件。理想电路元件是一种理想化的模型,简称为电路元件。每一种电路元件只表示一种电磁现象,具有某种确定的电磁性能和精确的数学定义。我们常见的电路元件是一些所谓的集中参数元件,元件特性由其端点上的电流和电压来确切表示。

当构成电路的元件及电路本身的尺寸远小于电路工作时电磁波的波长时,称这些元件为集中参数元件。由集中参数元件组成的电路称为集中参数电路。例如,电阻元件是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且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且可以储存电场能量的元件等。

上述这些电路元件通过引出端互相连接,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) 电路模型

实际电路可以用一个或若干个理想电路元件经理想导体连接起来进行模拟,这便构成了电路模型。图 1-4(b) 是图 1-4(a) 的电路模型。实际器件和电路的种类繁多,而理想电路元件只有有限的几种,用理想电路元件建立的电路模型将使电路的研究大大简化。建立电路模型时应使其外部特性与实际电路的外部特性尽量近似,但两者的性能并不一定也不可能完全相同。

同一实际电路在不同条件下往往要求用不同的电路模型来表示。例如,一个线圈在低频时可以只考虑其中的磁场和耗能,甚至有时只考虑磁场就可以,但在高频时则应考虑电场的影响,而在直流时就只需考虑耗能了,所以建立电路模型一般应指明它们的工作条件。

3. 电路的基本物理量

(1) 电流、电压及其参考方向

1) 电流及其参考方向

带电粒子(电子、离子等)的定向运动称为电流。电流的量值(大小)等于单位时间内穿过导体横截面的电荷量,用符号 i 表示,即

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中, Δq 为极短时间 Δt 内通过导体横截面的电荷量。电流的实际方向为正电荷的运动方向。当电流的量值和方向都不随时间变化时, dq/dt 为定值,这种电流称为直流电流,简称直流(DC)。直流电流常用英文大写字母 I 表示。对于直流,式(1-1)可写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

式中, q 为时间 t 内通过导体横截面的电荷量。量值和方向随着时间周期性变化的电流称为