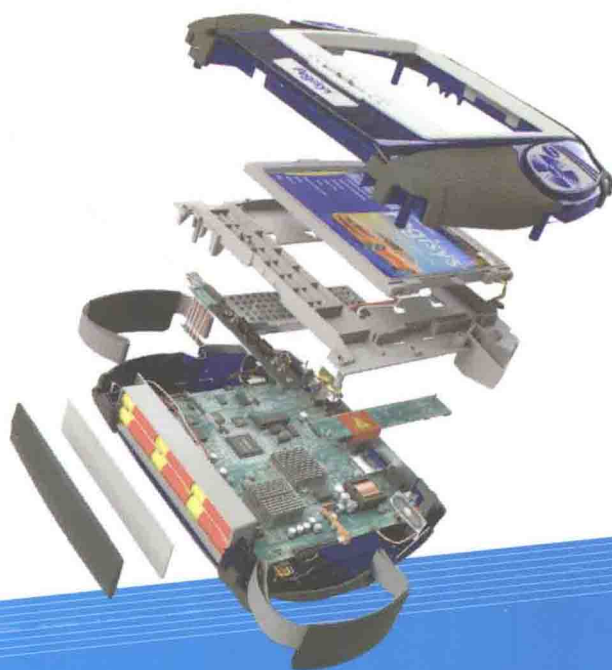


21世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材



电工电子技术项目教程

主 编 杨德明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材

电工电子技术项目教程

主 编 杨德明

副主编 孔艳梅 赵 丽 滕 敏

主 审 张守荣



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书为配合电工电子模块化教学需要,采用“任务驱动”思路编写而成。按照学生学习规律,遵循由浅入深、循序渐进的原则,本书分为电气基础知识、模拟电子技术、数字电子技术和综合应用4个模块。

本书从教与学的角度出发,以应用为主线,注重任务导入案例的实用性,经过层层分析后引入相关知识点,同时配以大量实物图片,接近工作、生活实际。各项目内容编排充分利用专业 EDA 仿真新技术,合理进行设计。此外,还精选习题,组织相应知识点,达到巩固所学、举一反三、学为所用的目的。

本书可作为高职高专机电一体化、数控及模具等专业的教材,也可作为相关专业岗位培训和自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术项目教程/杨德明主编. —北京:北京大学出版社,2010.8

(21世纪全国高职高专电子信息系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-17569-9

I. ①电… II. ①杨… III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教材 ②电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 144461 号

书 名: 电工电子技术项目教程

著作责任者: 杨德明 主编

策划编辑: 张永见

责任编辑: 赖 青

标准书号: ISBN 978-7-301-17569-9/TM·0030

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 18印张 414千字

2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

定 价: 32.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是为适应 21 世纪这个科技飞速发展、竞争异常激烈的时代需要,根据国家教育部面向 21 世纪课程改革要求,结合我们多年教学实践经验,本着更新内容、侧重应用、培养能力的原则编写而成。

本书具有以下特点。

(1) 为适应工程实际需要,在保持电工与电子技术理论完整、够用的前提下,舍去了复杂的理论分析,注重理论分析结果的应用。

(2) 采用模块化结构,结合实际应用安排教学内容。通过来源于生产生活中循序渐进的案例,为学生的入门学习和有关内容的导入铺平道路,逐步培养学生分析问题、解决问题的能力。

(3) 从人性化的角度出发,与实际应用同步,尽量采用以图代文的形式,降低学习难度,从而达到易教、易学的目的。

(4) 全部电路原理图采用国际最新专业 EDA 工具绘制,并适当引入了新的技术成果。考虑到目前电子行业知识更新快和教学内容更新相对缓慢的矛盾,本书电路符号采用国际通行 ANSI 标准。

(5) 本着宁缺毋滥的原则精选习题。数据来自专业电子元器件生产厂家内部资料或相关技术手册,避免闭门造车。

(6) 适当补充拓展阅读资料,使理论与实践更好结合。

(7) 融入维修电工国家标准,充分体现工学结合的特色。在附录中附有维修电工取证试题,可为学生在学完本课程后考取维修电工证做参考。

(8) 学习借鉴同行先进教学经验与教学方式,将行业、企业专家所积累的经验有机地融入相关模块、项目中,突出先进性和可操作性。

本书共有 4 个模块 12 个项目,主要内容包括电路基础、交流电路、动态电路分析、半导体器件、晶体管放大电路、集成运算放大器、数字电路基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、555 定时器及应用、D/A 与 A/D 转换电路、直流稳压电源。每个项目分任务引入、任务分析、相关知识学习及任务实施 4 个层次展开,便于老师安排教学及学生自学。

本书建议课时数为 56~112 课时,各项目参考学时见下表。

内容		课时	内容		课时
模块 1 电气基础知识	项目 1 电路基础	6~12	模块 3 数字电子技术	项目 7 数字电路基础	4~8
	项目 2 交流电路	8~16		项目 8 组合逻辑电路	6~12
	项目 3 动态电路分析	2~4		项目 9 时序逻辑电路	8~16
模块 2 模拟电子技术	项目 4 半导体器件	6~12	模块 4 综合应用	项目 10 555 定时器及应用	4~8
	项目 5 晶体管放大电路	4~8		项目 11 D/A 与 A/D 转换电路	2~4
	项目 6 集成运算放大器	4~8		项目 12 直流稳压电源	2~4

注:附录部分可根据各专业具体情况穿插于项目中或独立进行教学。

本书由杨德明任主编，孔艳梅、赵丽、滕敏任副主编，张守荣主审。在编写过程中得到了山东五征集团徐万东工程师的大力支持和协助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之电子技术的发展日新月异，书中不足之处在所难免，敬请批评指正！期待您与我们联系(E-mail:yqydm@163.com)，多提宝贵意见，以便修订时加以完善，在此表示衷心的感谢！

编 者

2010年5月

北京大学出版社高职高专机电系列教材

序号	书号	书名	编著者	定价	出版日期
1	978-7-301-10464-2	工程力学	余学进	18.00	2006.1
2	978-7-301-10371-9	液压传动与气动技术	曹建东	28.00	2006.1
3	978-7-301-11566-4	电路分析与仿真教程与实训	刘辉珺	20.00	2007.2
4	978-7-5038-4863-6	汽车专业英语	王欲进	26.00	2007.8
5	978-7-5038-4864-3	汽车底盘电控系统原理与维修	闵思鹏	30.00	2007.8
6	978-7-5038-4868-1	AutoCAD 机械绘图基础教程与实训	欧阳全会	28.00	2007.8
7	978-7-5038-4866-7	数控技术应用基础	宋建武	22.00	2007.8
8	978-7-5038-4937-4	数控机床	黄应勇	26.00	2007.8
9	978-7-301-13258-6	塑模设计与制造	晏志华	38.00	2007.8
10	978-7-301-12182-5	电工电子技术	李艳新	29.00	2007.8
11	978-7-301-12181-8	自动控制原理与应用	梁南丁	23.00	2007.8
12	978-7-301-12180-1	单片机开发应用技术	李国兴	21.00	2007.8
13	978-7-301-12173-3	模拟电子技术	张琳	26.00	2007.8
14	978-7-301-09529-5	电路电工基础与实训	李春彪	31.00	2007.8
15	978-7-5038-4861-2	公差配合与测量技术	南秀蓉	23.00	2007.9
16	978-7-5038-4865-0	CAD/CAM 数控编程与实训(CAXA 版)	刘玉春	27.00	2007.9
17	978-7-5038-4862-9	工程力学	高原	28.00	2007.9
18	978-7-5038-4869-8	设备状态监测与故障诊断技术	林英志	22.00	2007.9
19	978-7-301-12392-8	电工与电子技术基础	卢菊洪	28.00	2007.9
20	978-7-5038-4867-4	汽车发动机构造与维修	蔡兴旺	50.00(1CD)	2008.1
21	978-7-301-13260-9	机械制图	徐萍	32.00	2008.1
22	978-7-301-13263-0	机械制图习题集	吴景淑	40.00	2008.1
23	978-7-301-13264-7	工程材料与成型工艺	杨红玉	35.00	2008.1
24	978-7-301-13262-3	实用数控编程与操作	钱东东	32.00	2008.1
25	978-7-301-13261-6	微机原理及接口技术(数控专业)	程艳	32.00	2008.1
26	978-7-301-12386-7	高频电子线路	李福勤	20.00	2008.1
27	978-7-301-13383-5	机械专业英语图解教程	朱派龙	22.00	2008.3
28	978-7-301-12384-3	电路分析基础	徐锋	22.00	2008.5
29	978-7-301-13572-3	模拟电子技术及应用	刁修睦	28.00	2008.6
30	978-7-301-13575-4	数字电子技术及应用	何首贤	28.00	2008.6
31	978-7-301-13574-7	机械制造基础	徐从清	32.00	2008.7
32	978-7-301-13657-7	汽车机械基础	邵茜	40.00	2008.8
33	978-7-301-13655-3	工程制图	马立克	32.00	2008.8
34	978-7-301-13654-6	工程制图习题集	马立克	25.00	2008.8
35	978-7-301-13573-0	机械设计基础	朱凤芹	32.00	2008.8
36	978-7-301-13582-2	液压与气压传动	袁广	24.00	2008.8
37	978-7-301-13662-1	机械制造技术	宁广庆	42.00	2008.8
38	978-7-301-13661-4	汽车电控技术	祁翠琴	39.00	2008.8
39	978-7-301-13658-4	汽车发动机电控系统原理与维修	张吉国	25.00	2008.8
40	978-7-301-13653-9	工程力学	武昭晖	25.00	2008.8
41	978-7-301-14139-7	汽车空调原理及维修	林钢	26.00	2008.8
42	978-7-301-13652-2	金工实训	柴增田	22.00	2009.1
43	978-7-301-14656-9	实用电路基础	张虹	28.00	2009.1

序号	书号	书名	编著者	定价	出版日期
44	978-7-301-14655-2	模拟电子技术原理与应用	张虹	26.00	2009.1
45	978-7-301-14453-4	EDA 技术与 VHDL	宋振辉	28.00	2009.2
46	978-7-301-14470-1	数控编程与操作	刘瑞己	29.00	2009.3
47	978-7-301-14469-5	可编程控制器原理及应用(三菱机型)	张玉华	24.00	2009.3
48	978-7-301-12385-0	微机原理及接口技术	王用伦	29.00	2009.4
49	978-7-301-12390-4	电力电子技术	梁南丁	29.00	2009.4
50	978-7-301-12383-6	电气控制与 PLC(西门子系列)	李伟	26.00	2009.6
51	978-7-301-13651-5	金属工艺学	柴增田	27.00	2009.6
52	978-7-301-12389-8	电机与拖动	梁南丁	32.00	2009.7
53	978-7-301-12391-1	数字电子技术	房永刚	24.00	2009.7
54	978-7-301-13659-1	CAD/CAM 实体造型教程与实训 (Pro/ENGINEER 版)	诸小丽	38.00	2009.7
55	978-7-301-15378-9	汽车底盘构造与维修	刘东亚	34.00	2009.7
56	978-7-301-13656-0	机械设计基础	时忠明	25.00	2009.8
57	978-7-301-12387-4	电子线路 CAD	殷庆纵	28.00	2009.8
58	978-7-301-12382-9	电气控制及 PLC 应用(三菱系列)	华满香	24.00	2009.9
59	978-7-301-15692-6	机械制图	吴百中	26.00	2009.9
60	978-7-301-15676-6	机械制图习题集	吴百中	26.00	2009.9
61	978-7-301-16898-1	单片机设计应用与仿真	陆旭明	26.00	2010.2
62	978-7-301-15578-3	汽车文化	刘锐	28.00	2009.8
63	978-7-301-15742-8	汽车使用	刘彦成	26.00	2009.9
64	978-7-301-16919-3	汽车检测与诊断技术	娄云	35.00	2010.2
65	978-7-301-17122-6	AutoCAD 机械绘图项目教程	张海鹏	36.00	2010.5
66	978-7-301-17079-3	汽车营销实务	夏志华	25.00	2010.6
67	978-7-301-17148-6	普通机床零件加工	杨雪青	26.00	2010.6
68	978-7-301-16830-1	维修电工技能与实训	陈学平	37.00	2010.7
69	978-7-301-13660-7	汽车构造(上册)——发动机构造	罗灯明	30.00	2010.8
70	978-7-301-17398-5	数控加工技术项目教程	李东君	48.00	2010.8
71	978-7-301-17573-6	AutoCAD 机械绘图基础教程	王长忠	32.00	2010.8
72	978-7-301-17324-4	电机控制与应用	魏润仙	34.00	2010.8
73	978-7-301-17557-6	CAD/CAM 数控编程项目教程(UG 版)	慕灿	45.00	2010.8
74	978-7-301-17609-2	液压传动	龚肖新	22.00	2010.8
75	978-7-301-17569-9	电工电子技术项目教程	杨德明	32.00	2010.8

电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源下载地址: <http://www.pup6.com/ebook.htm>, 欢迎下载。

欢迎免费索取样书, 请填写并通过 E-mail 提交教师调查表, 下载地址: <http://www.pup6.com/down/教师信息调查表 excel 版.xls>, 欢迎订购。

欢迎投稿, 并通过 E-mail 提交个人信息卡, 下载地址: <http://www.pup6.com/down/zhuyizhexinxika.rar>。

联系方式: 010-62750667, laiqingbeida@126.com, linzhangbo@126.com, 欢迎来电来信。

目 录

模块 1 电气基础知识

项目 1 电路基础	2	思考与练习	52
任务 1.1 认识电路的组成	3	任务 2.4 认识三相交流电路	52
思考与练习	12	思考与练习	63
任务 1.2 认识电流的基本作用与电路的 工作状态	13	项目 3 动态电路分析	65
思考与练习	22	任务 3.1 分析动态电路	66
任务 1.3 分析电路与计算	23	思考与练习	68
思考与练习	30	任务 3.2 认识 RC 电路和 RL 电路的 零输入响应	68
项目 2 交流电路	31	思考与练习	71
任务 2.1 认识交流电路的性质与 表示方法	32	任务 3.3 认识 RC 电路和 RL 电路的 零状态响应	71
思考与练习	37	思考与练习	74
任务 2.2 分析计算正弦交流电路	37	任务 3.4 一阶电路的全响应及三要素法 求解电路	74
思考与练习	47	思考与练习	76
任务 2.3 提高交流电路的功率因数	48		

模块 2 模拟电子技术

项目 4 半导体器件	79	思考与练习	125
任务 4.1 认识电饭煲的工作原理	80	任务 5.2 设计酒精检测报警控制电路	126
思考与练习	93	思考与练习	138
任务 4.2 检修电子灭蚊拍	94	项目 6 集成运算放大器	139
思考与练习	103	任务 6.1 了解电流—电压变换器	140
任务 4.3 认识调光灯的工作原理	104	思考与练习	153
思考与练习	113	任务 6.2 设计电器安全保护插座	153
项目 5 晶体管放大电路	114	思考与练习	161
任务 5.1 无线话筒的工作原理	115		

模块 3 数字电子技术

项目 7 数字电路基础	163	思考与练习	172
任务 7.1 逻辑电平测试笔	164	任务 7.2 电话防盗打指示器	172

思考与练习	183	项目9 时序逻辑电路	202
项目8 组合逻辑电路	184	任务 9.1 遥控开关接收器	203
任务 8.1 三人表决器设计	185	思考与练习	210
思考与练习	192	任务 9.2 可调定时器	211
任务 8.2 常用组合逻辑电路	193	思考与练习	223
思考与练习	201		

模块 4 综合应用

项目10 555 定时器及应用	225	思考与练习	243
思考与练习	234	项目12 直流稳压电源	244
项目11 D/A 与 A/D 转换电路	236	思考与练习	256

附 录

附录 1 电路板印制知识	257	附录 3 维修电工取证试题 (电工电子部分)	
附录 2 可编程逻辑器件技术介绍	265	273
参考文献			277



模块1

电气基础知识

在现代社会中，电能的使用和人们的工作生活密不可分。如果由于自然灾害或人为事故而停电的话，人们就能更加深刻感受到对电的依赖。发电厂把电发出来，将电能输送到工厂、公司和家庭使用的电网可以说是最重要的基础设施之一。为了更有效、合理地利用电能，使之服务于人们的生产生活，这里开始学习有关电的传输和应用的基础知识。

项目1

电路基础

引言

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。电路和网络这两个术语是通用的。电路的作用大体上分为两类。在电力系统中，电路可以实现电能的传输、分配和转换(如电力工程，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)；在电子技术中，电路可以实现电信号的传递、存储和处理(如信息工程，它包括语言、文字、音乐、图像的广播和接收，生产过程中的自动调节，各种输入数据的数值处理，信号的存储等)。电路的作用不同，对其提出的技术要求也不同。



任务 1.1 认识电路的组成

教学目标

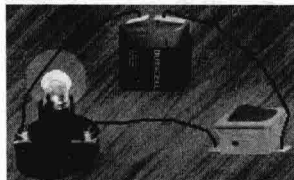
- (1) 认识电路的基本组成元件，把握电路的基本特征。
- (2) 了解电路的基本组成要素，认识理想电路元件和电路的理论模型组成。
- (3) 掌握描述电路的基本物理量及含义。

任务引入

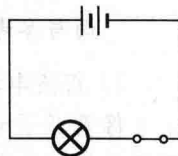
电工电子的应用领域非常广泛，并适用于人们日常生活的许多方面，像收音机、摄像机、数码相机、DVD 播放机、微波炉、电烤箱、烤面包机等。除了这些设备之外，就连一些简单的设备，也仍然具有电的性质。例如，最近发展起来的激光指示器，本质上讲就是一个专门的手电筒，而这些都是相当基本的电子设备。

不仅是这些新型的越来越多的产品属于电子设备，像成熟稳定的电话系统也是由简单的电子元件构成的。尽管随着技术的进步，电话表现方式(如移动电话)有所不同，但其系统的基本性质仍然是大同小异的。

由于各种电路功能不同，其组成形式千差万别，因此研究方法也不尽相同。图 1.1 是日常生活中最简单的照明电路，下面将通过它找出电路的共同规律。



(a) 实物接线仿真



(b) 电路原理图

图 1.1 照明电路的工作原理

任务分析

从图 1.1(a) 可以看出，电源用的是普通干电池(根据需要也可以用蓄电池或其他形式电源替代)，负荷是一个微型灯泡，用开关控制电路的开和闭。为便于进行科学研究，采用像图 1.1(b) 那样的与实体电路相对应的电路图来描述图 1.1(a) 中的电路行为，称为实体电路的电路模型。

电路模型中的所有元件均为理想电路元件。实际电路元件的电特性是多元的、复杂的，而理想电路元件的电特性是精确的、唯一的。每个理想元件用一个符号来表示，该符号指示该元件(或组件)的行为。例如，按照惯例，在电池符号中，较长线代表了每个单元的正极，电池的电压通常指定在旁边。

相关知识

一、描述电路的基本物理量

1. 电流及方向

电流是电荷定向移动形成的。物理上规定：“电流的方向是电子定向流动的反方向或者正电荷的流动方向”。电流强度等于单位时间内通过导体横截面的电荷量，用 I 表示，其标准单位是安培(A)，常用的单位还有 mA、kA、 μ A、nA 等。它们之间的关系为

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

要指出的是：金属导体中的电流实际上是“电子”定向运动产生的。可见，“规定的电流方向”与实际电子运动的方向是相反的。产生这样的认识错误，是由于美国的本杰明·富兰克林的误解。1897年英国汤姆生发现电子的时候，这个观念已经渗入到全世界。不过，由于没有因这个认识产生计算错误的情况发生，所以，今天“电子在正的方向流动，那个相反的流动则作为电流”成为约定的认识。



特别提示

- 在电路分析计算时，对电流可以人为规定方向，称为参考方向。因为在复杂电路中很难事先判断定出元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。

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，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，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称之为稳恒直流电，如图 1.2 所示。

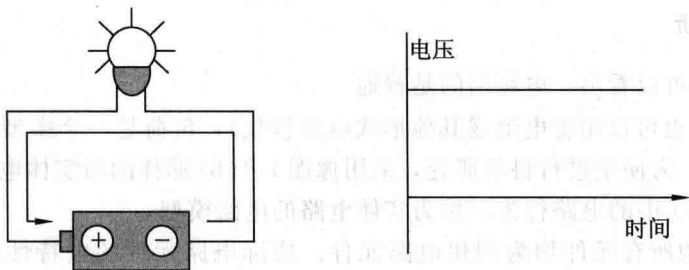


图 1.2 直流电流

图中用箭头标出的是电子的流动方向，电流的方向与之相反。

2) 交流电流

电压大小和电流流动方向随时间变化的电流为交变电流，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称为正弦交流电，如图 1.3 所示。

除正弦交流电外，还有按方波、三角波等变化的交流信号。



特别提示

- 交流电的优点是利用变压器可以很容易地对交流电压大小进行变换，其原理在后边进行分析。



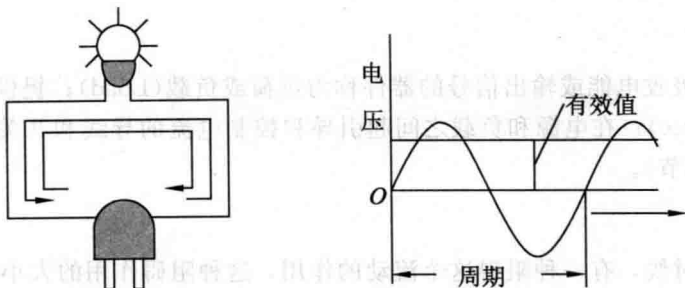


图 1.3 交流电流

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 1.4 所示。

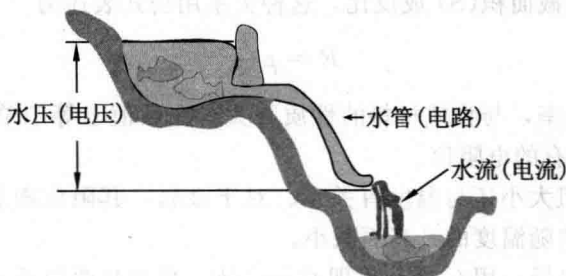


图 1.4 水流和电流的对比

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、 μV 等。各单位之间的换算关系是： $1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^{-3}\text{kV}$ 。

和用箭头表示电流的参考方向类似，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。电压参考方向的表示方式除可用极性“+”、“-”表示外，还可用双下标或箭头表示。

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，电位的单位也是伏特(V)。

设置参考电位的另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被称为“接地参考”(ground reference)或简称为接地(ground)，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。

有时，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。

二、 负荷和电源

在电路中，吸收电能或输出信号的器件称为负荷或负载(Load)；提供电能或信号的器件称为电源(Source)；在电源和负载之间起引导和控制电流的导线和开关等称为传输控制器件(又称中间环节)。

1. 电阻

电流流动的时候，有一种阻碍这个流动的作用，这种阻碍作用的大小叫电阻，用 R (英语 Resistance 的第一个字母)表示，单位是欧姆(Ω)。电阻的电路符号国内一般采用 DIN 标准，用“ \square ”表示，国际上大多采用 ANSI 标准，用“ \sim ”表示。本书全部采用 ANSI 标准符号。

1) 电阻的性质与形式

不同材料的物体对电流的阻碍作用即电阻是不同的。此外，电阻(R)还与物体的长度(l)成正比，而与其横截面积(S)成反比，这种关系用公式表述为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

其中， ρ 表示电阻率，与物体材料的性质有关，在数值上等于单位长度、单位截面积的物体在 20°C 时所具有的电阻值。

此外，导体的电阻大小还与温度有关系。对于金属，其阻值随着温度的升高而增大；对于石墨和碳，其阻值随温度的升高而减小。

电阻的倒数称为电导，用 G 表示，即 $G = 1/R$ 。单位是西门子，符号为 S 。

实际电路中使用的电阻上一般标有两个参数(ratings)或值(values)。第一个参数是“阻值”，大小用欧姆表示；第二个参数是“功率”，表示没有过热及燃烧时消耗电源能量的数量。在大多数应用中，功率的典型值是 $1/4$ 和 $1/2\text{W}$ ，更高功率的应用中还有 1 、 2 、 5 或 10W ，甚至更高。

电阻按结构可分为固定电阻和可调电阻两大类。固定电阻的种类很多，常用的有线绕式、薄膜(碳膜、金属膜、金属氧化膜)式、金属玻璃釉电阻器(贴片式)等，如图 1.5 所示。

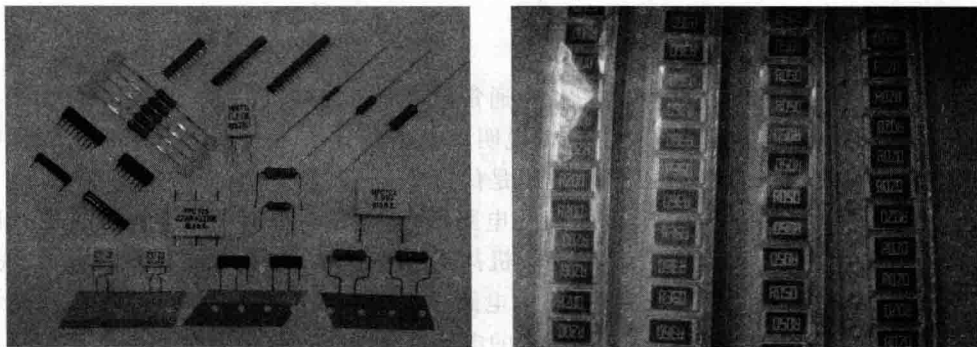


图 1.5 各种各样的电阻

传统普通低功率电阻的结构一般是一个碳合成材料圆柱体，如图 1.6 所示。高功率电阻器通常用电阻丝(镍铬合金或某种类似材料制成)，这样可以通过大电流，并能承受高温。

2) 电阻数值标识方法

电阻数值有两种标识方法：一种是直接用数字标出；另一种是用不同的色环标出。各种颜色的含义如图 1.6 所示。

靠近电阻端的是第一色环，顺次是第二、三、四色环。前二环代表电阻有效值，第三环代表乘上的次方数，第四环表示误差。例如：如有一个碳质电阻，它有四道色环，顺序是红、紫、黄、银。这个电阻的阻值就是 270 000Ω，即 270kΩ，误差是 ±10%。

现在的电阻色环法还有用 5 色环的，一般是金属膜电阻，这种标识是为了更好地表示精度。用 4 个色环表示阻值，另一个色环表示误差。方法一样，就是第一、第二、第三环是位数，第四环是乘的次方数，第五环是误差值。

贴片电阻器的阻值和一般电阻器一样，在电阻体上标明，但标识与一般电阻器不完全相同。它的第一位和第二位为有效数字，第三位表示在有效数字后面所加“0”的个数。例如：“472”表示“4 700Ω”；“151”表示“150Ω”。如果是小数，则用“R”表示“小数点”，并占用一位有效数字，其余两位是有效数字。例如：“2R4”表示“2.4Ω”；“R15”表示“0.15Ω”。

还有一种是数字代码与字母混合标识法，也是采用三位符号标明电阻阻值，即“两位数字加一位字母”，其中两位数字表示的是 E96 系列电阻代码，具体可查阅相关资料，第三位是用字母代码表示的倍率。

3) 电阻在电路中的连接

电阻可以串联、并联或者串并混合连接在一起共同发挥作用。

(1) 电阻的串联。串联连接(流过同一电流)后形成的电阻，如图 1.7 所示。其总阻值是各自阻值之和，即

$$R = R_1 + R_2$$

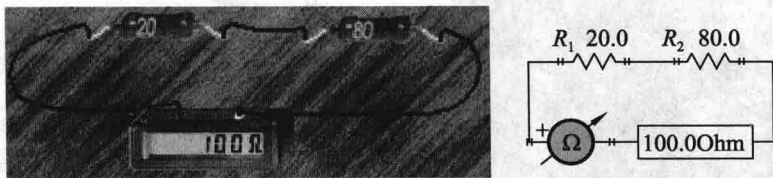


图 1.7 电阻的串联

图 1.7 中一个 20Ω 和一个 80Ω 的电阻串联后得到的总阻值是 100Ω。

串联的主要目的是用来分压，如图 1.8 所示。其作用为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

(2) 电阻的并联。并联连接(电阻两端为同一电压)后合成的电阻，如图 1.9 所示。其总阻值的倒数是各自电阻值之倒数和，即

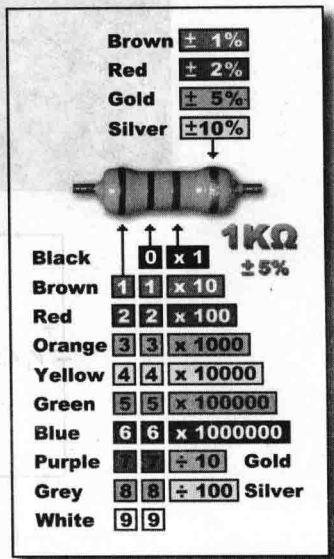


图 1.6 电阻色环标识识别

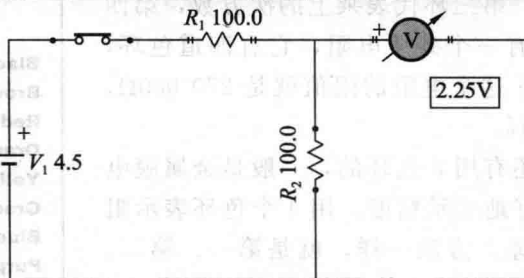
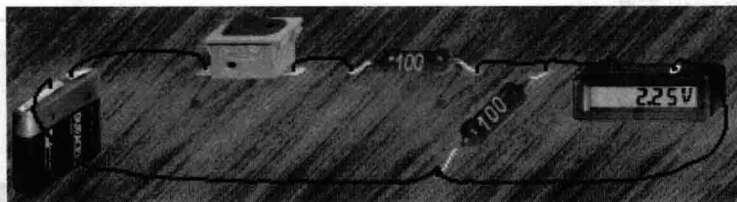


图 1.8 串联分压作用

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

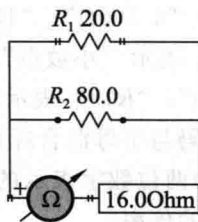
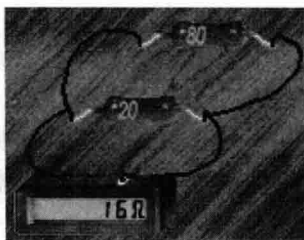


图 1.9 电阻的并联

图 1.9 中一个 20Ω 和一个 80Ω 的电阻并联后得到的总阻值为 16Ω 。

并联的主要目的是用来分流，如图 1.10 所示。

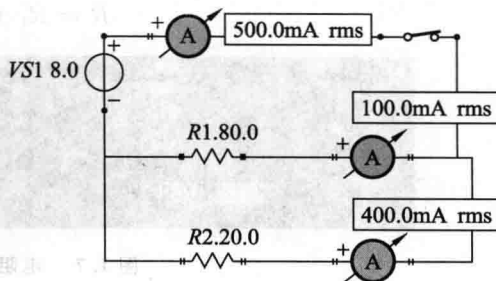
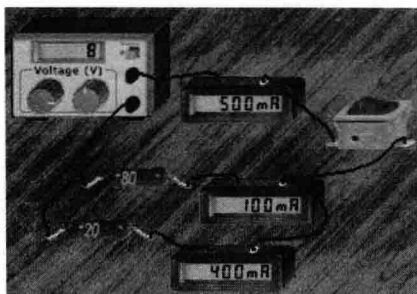


图 1.10 并联分流作用

在图 1.10 所示的电路中，有

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$