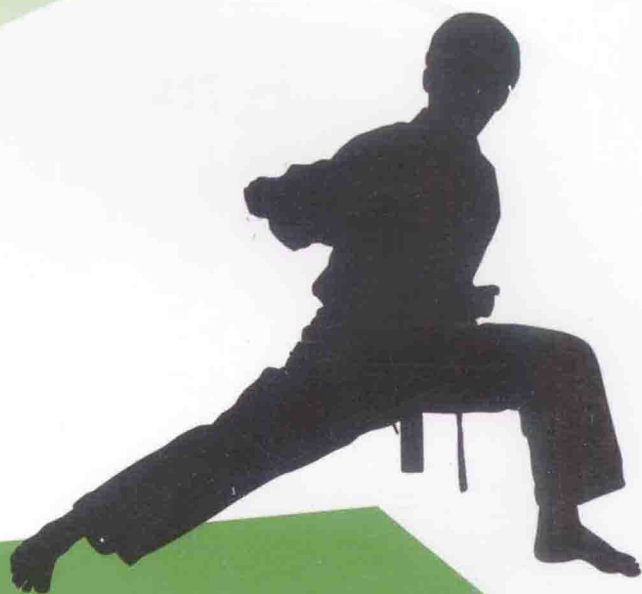


▶▶ 电脑硬件维修高手速成

陈学平 编著



计算机电路 基础与

维修高手

- ◆ 计算机电路基础及元器件识别与检测
- ◆ 主板结构及电源电路检测
- ◆ 数字式万用表的使用
- ◆ 计算机维修工具与焊接技术
- ◆ 计算机基础电路维修实例



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

本书为电脑维修人员所必需... 本书共分五大部分...

计算机电路基础与维修高手

陈学平 编著

本书以就业为导向，突出技能实训，涵盖了当前计算机硬件维修领域的大部分课程内容...

本书分为五大部分... 第1章为电路基础... 第2章为计算机主板... 第3章为数字式万用表... 第4章为计算机电路... 第5章为计算机常用...

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书主要讲解从事计算机维修工作所需要掌握的电路基础知识,对学习电脑硬件维修的人员给予知识铺垫,为迅速掌握维修技能做准备。最后,以维修实训的方式详细讲解了多个电路维修实例,使读者可以轻松上手,掌握实际操作方法。

本书内容有六大模块:电路基础,主板结构与电源电路,数字式万用表使用,电子元器件的识别与检测,常用维修工具与焊接技术,以及电路维修实训。

本书可供广大计算机硬件爱好者、计算机维修人员、学习计算机维修入门人员参考,也可以供计算机硬件与维护专业、计算机硬件外设等专业的学校作为教学用书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

计算机电路基础与维修高手 / 陈学平编著. —北京:电子工业出版社, 2015.1

(电脑硬件维修高手速成)

ISBN 978-7-121-22724-0

I. ①计… II. ①陈… III. ①电子计算机—电子电路—维修 IV. ①TP331.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 254598 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 中国电影出版社印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16.5 字数: 402 千字

版 次: 2015 年 1 月第 1 版

印 次: 2015 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着电脑的普及程度不断提高，板卡插拔已逐渐成为绝大多数人排除电脑故障的常规手段，越来越多的人希望进一步掌握电脑硬件维修技术。对学习芯片级维修的新手来说，最大的苦恼是学不会，不知从何学起。对于有一定经验的用户，常常苦恼维修技能较长时间地停留在一个较低的水平上。《电脑硬件维修高手速成》这套丛书就是想入门并想提高芯片级维修技能的读者而刻意编写的。

本书以就业为导向，突出技能实训，涵盖了当前计算机硬件维修领域的大部分课程内容，为完全掌握硬件芯片级维修技能提供了全套的解决方案。

《计算机电路基础与维修高手》是学习计算机电路维修的基础。在学习计算机设备及其他电子设备的维修之前，必须要具有一定的电子电路基础知识，能够识别检测计算机中的各种电子元器件，能够进行电子元器件的焊接，有了这些基本功，才能进入到主板维修、硬盘维修、笔记本维修的领域，成为维修高手。因此，本书的学习是为了夯实基础。

本书分为6大部分，主要内容如下：

第1章为电路基础知识，介绍了电路、电流、电压、模拟电路和数字电路、脉冲信号、滤波电路等概念，这是电子电路分析的基础。

第2章为计算机主板结构与电源电路，以计算机主板为例介绍了主板的外形结构，主板中的接口，主板的相关术语，特别介绍了ATX电源接口。

第3章为数字式万用表使用，介绍了数字式万用表的使用方法及使用中的基本训练。

第4章为计算机电子元器件的识别与检测，介绍了计算机中的各种贴片元件和插件元件，如：电阻器、电容器、二极管、三极管、MOS管、运算放大器、三端稳压器、逻辑门电路、PWM电路、电感电路等，介绍了实物外形和电路分析，引脚判断及好坏的检测方法。

第5章为计算机常用维修工具与焊接技术，重点介绍了元器件封装和焊接工具的操作方法。如：电烙铁焊接小元件、使用热风枪拆焊扁平封装IC、使用热风枪拆焊怕热组件、使用热风枪拆焊阻容三极管等小组件、使用热风枪拆焊屏蔽罩、加焊虚焊组件、QFN焊接、MAX芯片焊接、BGA芯片加焊、BGA植珠和焊接、补BGA焊盘等详细的操作技能。

第 6 章为计算机基础电路维修实训，以实训方式详解维修操作过程，让读者轻松掌握维修操作方法。

本书由重庆电子工程职业学院的陈学平编写，本书在编写过程中参考了网上的相关资料，特别是参考了中国主板维修基地的相关视频资料，在此谨表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧，加之水平有限，会存在不足之处，敬请读者批评指正。

编者 2014 年 9 月

本书在编写过程中参考了网上的相关资料，特别是参考了中国主板维修基地的相关视频资料，在此谨表示衷心的感谢。

由于编写时间较紧，加之水平有限，会存在不足之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 计算机电路基础	1
1.1 电路基本知识.....	1
1.1.1 电路中的电流与负载.....	1
1.1.2 欧姆定律.....	2
1.1.3 电源和电动势.....	6
1.1.4 电容和容抗.....	6
1.1.5 电感和感抗.....	7
1.1.6 阻抗.....	8
1.1.7 交流电和直流电.....	8
1.2 模拟电路和数字电路.....	10
1.2.1 模拟信号和数字信号.....	10
1.2.2 模拟电路和数字电路.....	13
1.3 脉冲信号和频率.....	13
1.4 滤波电路.....	13
1.4.1 滤波的基本概念.....	13
1.4.2 滤波电路结构原理.....	14
1.5 正跳变和负跳变.....	14
1.6 分立组件电路与集成电路.....	15
1.7 电路中的三种状态.....	15
1.8 电路图.....	15
第 2 章 计算机主板结构与电源电路	17
2.1 主板结构.....	17
2.1.1 机箱中的主板.....	17
2.1.2 主板的外形结构.....	17
2.1.3 主板的相关术语.....	22
2.2 ATX 电源电路.....	25
2.2.1 ATX 电源的接口.....	25
2.2.2 ATX 电源几组输出电压的用途.....	28
2.2.3 ATX 各线路输出电压值及对应导线的颜色.....	28

2.2.4	主板电源分配图解.....	30
2.2.5	ATX 24 芯电源.....	33
2.2.6	ATX 电源排针 (Pin) 的标准.....	33
第 3 章 数字式万用表使用.....		35
3.1	数字式万用表使用说明.....	35
3.1.1	数字式万用表的结构和工作原理.....	35
3.1.2	VC98 系列数字式万用表的使用方法.....	37
3.1.3	VC9801A+数字式万用表使用注意事项.....	38
3.2	数字式万用表的使用训练.....	39
第 4 章 电子元器件的识别与检测.....		41
4.1	电阻器.....	41
4.1.1	电阻器的电路符号.....	41
4.1.2	电阻的单位.....	41
4.1.3	电阻器的分类.....	41
4.1.4	排电阻 RN.....	43
4.1.5	电阻器的标示方法.....	44
4.1.6	电阻器的额定功率.....	46
4.1.7	贴片熔断电阻器.....	46
4.1.8	电阻的测量.....	46
4.1.9	电阻的作用.....	47
4.1.10	电阻器的串并联特性和作用.....	50
4.1.11	热敏电阻器.....	50
4.1.12	贴片电阻器的代换.....	52
4.1.13	电阻器串联电路的计算.....	52
4.1.14	电阻器并联电路的计算.....	53
4.1.15	电阻的分压作用.....	53
4.2	电容器.....	55
4.2.1	电容器的构成.....	55
4.2.2	电容器的电路符号.....	56
4.2.3	电容器的种类与外形和极性.....	56
4.2.4	电容器单位.....	57
4.2.5	电容器的数值标示.....	57
4.2.6	电容器的充电和放电.....	58
4.2.7	电容器的特性.....	58
4.2.8	容抗特性.....	59

80	4.2.9	电容器的串并联	60
001	4.2.10	电容器的应用	60
001	4.2.11	电容器的检测方法 with 更换	63
101	4.3	晶振	64
101	4.3.1	晶振的电路符号及外形	64
501	4.3.2	晶振的电路接法	65
401	4.4	二极管	65
401	4.4.1	二极管的定义	65
401	4.4.2	二极管的特性	65
201	4.4.3	二极管的电路符号	66
201	4.4.4	二极管的封装形式	67
201	4.4.5	二极管的分类	67
201	4.4.6	硅管和锗管的区分	74
401	4.4.7	二极管的测量	75
401	4.4.8	色环稳压二极管	75
011	4.4.9	二极管的代换	75
011	4.5	三极管	76
101	4.5.1	三极管的定义	76
111	4.5.2	三极管的外形	76
411	4.5.3	三极管的电路符号与结构	77
411	4.5.4	三极管引脚识别	78
211	4.5.5	三极管电流流向和导通条件	78
211	4.5.6	三极管的三种工作状态	79
211	4.5.7	三极管的种类	79
511	4.5.8	三极管的开关作用	80
511	4.5.9	三极管的放大作用	82
511	4.5.10	三极管测量	84
911	4.5.11	三极管的好坏判断	87
911	4.5.12	三极管应用电路分析	87
001	4.6	场效应晶体管	89
151	4.6.1	MOS 管的介绍	89
151	4.6.2	场效应晶体管的符号	90
	4.6.3	场效应晶体管的极性区分	90
651	4.6.4	场效应晶体管的工作原理	91
	4.6.5	8 脚 MOS 管的判断	93
151	4.6.6	常见的场效应晶体管	93
551	4.6.7	场效应晶体管的外形	94
141	4.6.8	场效应晶体管的工作状态	95
141	4.6.9	场效应晶体管的测量	96

00	4.6.10 场效应晶体管电路分析.....	98
00	4.7 运算放大器.....	100
00	4.7.1 运算放大器的概念.....	100
00	4.7.2 LM358 简介.....	101
00	4.7.3 LM324 简介.....	101
00	4.7.4 LM324 电路分析.....	102
00	4.8 光电耦合器.....	104
00	4.8.1 光电耦合器定义.....	104
00	4.8.2 光电耦合器电路符号和外形.....	104
00	4.9 三端稳压器.....	105
00	4.9.1 三端稳压器的使用.....	105
00	4.9.2 78 系列三端稳压器的外形.....	105
00	4.9.3 78 系列三端稳压器电路符号.....	105
00	4.9.4 低压差线性稳压器 LDO.....	106
00	4.9.5 精密稳压器 TL431.....	108
00	4.10 逻辑门电路.....	110
00	4.10.1 门电路简介.....	110
00	4.10.2 逻辑门电路的外形及引脚排列.....	110
00	4.10.3 逻辑门常见电路符号及分类.....	111
00	4.10.4 最基本的门电路.....	114
00	4.10.5 MOS 管电路分析.....	114
00	4.11 PWM 脉宽调制电路.....	115
00	4.11.1 PWM 简介.....	115
00	4.11.2 PWM 开关电路.....	115
00	4.12 电感器.....	117
00	4.12.1 电感器简介.....	117
00	4.12.2 电感器外形.....	117
00	4.12.3 电感器的作用.....	119
00	4.12.4 电感器的单位和特性.....	119
00	4.12.5 电感器的识别.....	120
00	4.12.6 电感器的测量和替换.....	121
00	4.12.7 变压器.....	121
00	第 5 章 计算机常用维修工具与焊接技术	123
00	5.1 维修工具简介.....	123
00	5.2 集成电路封装介绍.....	127
00	5.3 焊接工具的操作使用.....	141
00	5.3.1 电烙铁的使用.....	141

5.3.2	热风枪和电烙铁的规范使用	145
5.3.3	热风枪焊接芯片的方法	147
5.3.4	使用热风枪拆焊扁平封装集成电路	147
5.3.5	使用热风枪拆焊怕热组件	149
5.3.6	热风枪拆焊阻容三极管等小组件	149
5.3.7	使用热风枪拆焊屏蔽罩	150
5.3.8	加焊虚焊组件	150
5.3.9	使用热风枪焊接注意事项	150
5.3.10	PIN 焊接方法	151
5.3.11	MAX 芯片焊接方法	156
5.3.12	BGA 芯片加焊方法	159
5.3.13	BGA 植珠和焊接	161
5.3.14	补 BGA 焊盘	166
5.3.15	补线焊接	168
5.3.16	补 IO 焊盘	169
第 6 章 计算机电路维修实训		171
6.1	万用表欧姆挡使用和电阻的测量 (实训 1)	171
6.1.1	指针式万用表电阻挡的使用	171
6.1.2	电阻的测量训练	173
6.2	电位器和电容器的判别方法 (实训 2)	175
6.2.1	电位器与电容器简介	176
6.2.2	电位器与电容器的好坏及极性判别训练	177
6.3	二极管的识别与检测 (实训 3)	178
6.3.1	常见二极管的实物外形	179
6.3.2	用万用电表的欧姆挡检测二极管的正反向电阻值并判断正负极性	180
6.3.3	简易判断二极管是否具有单向导电性	180
6.4	三极管的识别与检测 (实训 4)	181
6.4.1	识读三极管型号	181
6.4.2	三极管的简易测试	181
6.5	SMT 元器件分类与识别 (实训 5)	181
6.5.1	常用元器件简介	182
6.5.2	电阻器分类与识别	182
6.5.3	电容器分类与识别	185
6.5.4	电感器分类与识别	188
6.5.5	二极管分类与识别	189
6.5.6	SMT 三极管分类与识别	191
6.5.7	SMD 集成电路分类与识别	191

241	6.5.8 机电器件分类与识别.....	192
741	6.6 手工焊接的基本知识(实训6).....	194
741	6.6.1 手工焊接的机理与条件.....	194
941	6.6.2 手工焊接基础与操作要领.....	196
941	6.6.3 焊接温度与加热时间.....	198
021	6.6.4 焊接操作的步骤.....	198
021	6.6.5 元器件的拆焊.....	200
021	6.6.6 焊点的要求及质量检查.....	201
171	6.7 手工焊接工具分类及使用(实训7).....	203
921	6.7.1 电烙铁分类及使用.....	203
921	6.7.2 热风枪原理与功能.....	205
101	6.7.3 热风枪的选购及使用.....	206
001	6.7.4 焊接辅料的选择.....	209
301	6.8 无源器件手工焊接、拆卸的方法(实训8).....	210
301	6.8.1 表面贴装元器件手工焊接工艺.....	210
	6.8.2 两端贴片器件的焊接摘除.....	211
151	6.8.3 手工焊接步骤.....	212
	6.8.4 手工拆卸步骤.....	213
171	6.8.5 三端表面贴装元器件的手工焊接与摘除.....	216
171	6.9 BGA 芯片的手工拆取(实训9).....	218
271	6.9.1 BGA 芯片焊接工具简介.....	218
291	6.9.2 BGA 芯片手工摘除操作方法.....	219
051	6.10 BGA 芯片手工焊接技术(实训10).....	222
771	6.10.1 植锡工具及植锡用品的选用.....	222
391	6.10.2 植锡的基本步骤.....	223
671	6.10.3 植锡的操作步骤与方法.....	224
081	6.10.4 BGA 芯片的手工焊接.....	242
081	6.11 电路原理图分析(实训11).....	247
181	6.11.1 认识显示器的电路结构.....	248
181	6.11.2 单元电路原理图.....	248
181	6.11.3 电路分析.....	252
181	6.12 显示器内部电路分析.....	252
521	6.13 显示器内部电路分析.....	252
521	6.14 显示器内部电路分析.....	252
221	6.15 显示器内部电路分析.....	252
881	6.16 显示器内部电路分析.....	252
081	6.17 显示器内部电路分析.....	252
191	6.18 显示器内部电路分析.....	252
101	6.19 显示器内部电路分析.....	252

第 1 章 计算机电路基础

1.1 电路基本知识

1.1.1 电路中的电流与负载

1. 电路

电路实际上就是指电流通过的路径。电路通常由三大部分组成，即是由电源、负载及导线和控制组件组成的。

电路中要产生电流，通常必须具备两个条件：一是电路必须是闭合的；二是在闭合电路中有电流通过的路径。电路处处连通叫做通路，只有通路，电路中才会有电流通过。电路某一处断开叫做断路或者开路。电路某一部分的两端直接接通，使这部分的电压变成零，叫做短路。

2. 电流

电流是由电荷的定向移动形成的。电流的强弱用电流强度来表示，电流强度简称电流，表示单位时间内通过导体某个截面的电荷量，通常用符号 I 表示。我们规定：正电荷定向移动的方向作为电流的正方向。如果电流的大小和方向不随时间发生变化，这种电流叫做恒定直流电流，如果电流的大小和方向都随时间做有规律的变化，这种电流叫做交流电流。

电流可以用电流表测量。测量的时候，把电流表串联在电路中，要选择电流表指针接近满偏转的量程。这样可以防止电流过大而损坏电流表。

电流不但有方向，而且有大小（强弱）。表征电流大小的单位是安培，用字母 A 表示。在实际应用中，还采用比安培更小的电流单位，即毫安（mA）和微安（ μA ）。它们之间的换算关系是：1 安培（A）=1000 毫安（mA），1 mA 毫安=1000 微安（ μA ）。

测量电路中的电流大小要使用电流表。在刻度盘上标有字母“A”的电流表，通常称做安培表；标有字母“mA”的电流表，通常称做毫安表。

3. 负载

把电能转换成其他形式的能的装置叫做负载。电动机能把电能转换成机械能，电阻器能把电能转换成热能，电灯泡能把电能转换成热能和光能，扬声器能把电能转换成声能。电动机、电阻器、电灯泡、扬声器等都叫做负载。晶体三极管对于前面的信号源来说，也可以看作是负载。

1.1.2 欧姆定律

1. 电压

河水之所以能够流动，是因为有水位差；电荷之所以能够流动，是因为有电位差。电位差也就是电压。电压是形成电流的原因。在电路中，电压常用 U 表示。电压的单位是伏特，简称伏 (V)，也常用毫伏 (mV) 或者微伏 (μV) 做单位。1 V=1000 mV, 1 mV=1000 μV 。

电压可以用电压表测量。测量的时候，把电压表并联在电路上，要选择电压表指针接近满偏转的量程。如果电路上的电压大小估计不出来，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电压表。

2. 电阻

电路中对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的部分叫做电阻。电阻常用 R 表示。电阻的单位是欧姆，简称欧 (Ω)，也常用千欧 (k Ω) 或者兆欧 (M Ω) 做单位。1 k Ω =1000 Ω , 1 M Ω =1 000 000 Ω 。导体的电阻值由导体的材料、横截面积和长度决定。

电阻值可以用万用表欧姆挡测量。测量的时候，要选择电表指针接近偏转一半的欧姆挡。如果电阻器在电路中，要把电阻器的一头引脚断开后再测量。

3. 电流、电压、电阻的关系

我们知道电压是产生电流的原因。由此可以想到，电压越高，电流可能越大。我们还知道，电阻表示导体对电流的阻碍作用，电阻越大，电流将越小，知道电流跟电压和电阻的关系，是研究和分析各种电路的关键，是电学中的一个十分重要的问题。

(1) 电流跟电压的关系。

在电阻一定的情况下，导体中的电流跟这段导体两端的电压成正比。

(2) 电流跟电阻的关系

在电压不变的情况下，导体中的电流跟导体的电阻成反比。

4. 欧姆定律

导体中的电流，跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻成反比，这个结论是德国物理学家欧姆在 19 世纪初期经过大量实验得出的，叫做欧姆定律。

如果用 U 表示导体两端的电压， R 表示这段导体的电阻， I 表示这段导体中的电流，并且 U 的单位用伏， R 的单位用欧， I 的单位用安，那么，欧姆定律可以写成如下公式：

$$I = \frac{U}{R}$$

欧姆定律告诉我们，电路中的电流是怎样决定于电压和电阻的，它是关于电路的一条重要定律，在解决各种电路的实际问题中有广泛的应用。对于一段电路，只要知道电流、电压、电阻这三个物理量中的两个，就可以利用欧姆定律计算出第三个量。

例 1: 一盏白炽电灯，电阻值为 807 欧，接在 220 伏的电源上，求通过这盏电灯的电流。

解电学题，为了便于分析问题，最好先根据题意画出电路图，在图上标明已知量的符

号、数值和未知量的符号如图 1-1 所示，这对初学者特别重要。

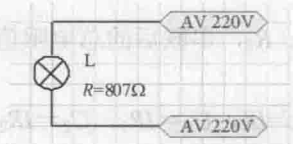


图 1-1 电路图

解：根据欧姆定律，

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{伏}}{807\text{欧}} \approx 0.27\text{安}$$

例 2：有一种指示灯，电阻值为 6.3 欧，通过的电流为 0.45 安时才能正常发光，要使这种指示灯正常发光，应加多大的电压？

根据题意可以求出电压值为：

$$U=IR=6.3 \times 0.45=2.835 \text{ 伏}$$

例 3：用电压表测出一段导体两端的电压是 7.2 伏，用电流表测出通过这段导体的电流为 0.4 安，求这段导体的电阻值。

根据题意可以求出电流为：

$$R=U/I=7.2 \text{ V}/0.4=18 \text{ 欧}$$

练习题

(1) 工厂中车床照明灯采用 36 伏的安全电压。某车床照明灯工作时灯丝电阻值是 32 欧，求通过灯丝的电流。

(2) 一段导体两端电压是 2 伏时，导体中的电流是 0.5 安，如果电压增大到 3 伏，导体中的电流变为多大？

(3) 电压保持不变，当接入电阻值为 242 欧的灯泡时，电路中的电流为 0.91 安，如改接电阻值为 165 欧的电烙铁时，电路中的电流变为多大？

(4) 一个电灯泡，在室温下用伏安法测一次电阻值，在正常工作时再用伏安法测一次电阻值，后一次测得的电阻值将比前一次测得的电阻值大 10 倍以上，想想看，为什么两次测量结果会有这样大的差异？

5. 电阻器的串联

串联电路如图 1-2 所示。

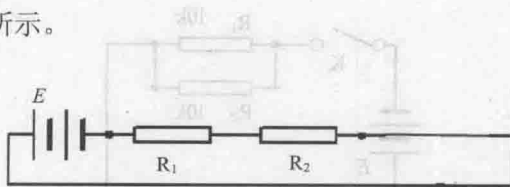


图 1-2 串联电路

串联电路中各处的电流相等；串联电路两端的电压等于各部分电路两端的电压之和，

现在就利用这两个实验结论和欧姆定律，来推导串联电路的总电阻值和各个电阻值之间的关系。

设串联电阻器的电阻值为 R_1 、 R_2 ，串联后的总电阻值为 R ，由于通过整个电路的电流都是 I ，根据欧姆定律，则有：

$$U=IR, U_1=IR_1, U_2=IR_2$$

由于 $U=U_1+U_2$,

因此 $IR=IR_1+IR_2$ 。

由此得出：

$$R=R_1+R_2$$

这表明串联电路的总电阻值，等于各串联电阻值之和。

例 4：把 5 欧的电阻器 R_1 跟 15 欧的电阻器 R_2 串联起来，接在电压是 6 伏的电源上，求这个串联电路中的电流。

画出电路图，求出 R_1 、 R_2 串联后的总电阻值 R ，再根据

欧姆定律 $I = \frac{U}{R}$ 求出电路中的电流 I 。

解得：

$$R=R_1+R_2=5 \text{ 欧}+15 \text{ 欧}=20 \text{ 欧}$$

练习题

(1) 电阻器 R_1 与 R_2 串联后的总电阻值为 150 欧，已知 $R_1=65$ 欧， R_2 应为多少欧？

(2) 电阻器 R_1 与 R_2 串联接入电路后，两端所加电压为 24 伏，如果 $R_1=80$ 欧，通过 R_1 的电流为 0.2 安，求 R_2 。

(3) 灯泡 L_1 和 L_2 串联在电路中，加在它们两端的总电压为 12 伏， L_1 的电阻值是 8 欧， L_2 两端的电压是 4 伏，求 L_1 中的电流。

6. 电阻器的并联

有两只 10 千欧的电阻器，现在我们需要 5 千欧的电阻器，怎么办？电阻并联的知识可以帮助我们解决这个问题。

按图 1-3 所示连接电路， R_1 、 R_2 是两个已知电阻值的电阻器，合上开关，测出并联电路两端的电压和干路中的电流，用欧姆定律算出 R_1 与 R_2 并联后的总电阻值，并将这个电阻值与 R_1 、 R_2 进行比较。

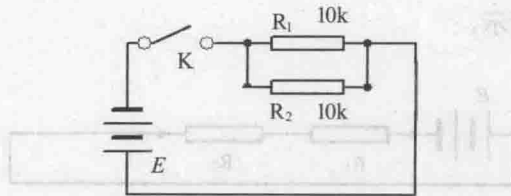


图 1-3 电阻器的并联

这表明并联电路的总电阻值的倒数，等于各并联电阻值的倒数之和。

现在,很容易知道,把两只 10 千欧的电阻器并联起来,就可以得到 5 千欧的电阻器了。利用前面学过的知识,我们还可以推导并联电路的总电阻值跟各个电阻值的定量关系。我们已经知道:并联电路中的总电流等于各支路中的电流之和;并联电路中各支路两端的电压相等;现在就利用这两个结论和欧姆定律,来推导并联电路的总电阻值和各个电阻值的定量关系。如图 1-4 所示。

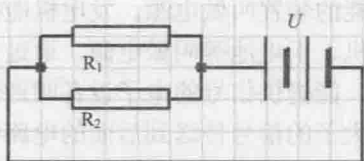


图 1-4 并联电路

设支路的电阻器分别为 R_1 和 R_2 , 电路两端的电压为 U , 我们利用并联电路知识和欧姆定律推导出 R 并与 R_1 和 R_2 的关系。

$$\text{并联知识} \begin{cases} U = U_1 = U_2 \\ I = I_1 + I_2 \end{cases}$$

$$\text{结合欧姆定律可写出: } \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

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

若 $R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 5 \Omega$, 则有

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{5} = \frac{1}{10} + \frac{2}{10} = \frac{3}{10}$$

$$\text{则 } R = \frac{10\Omega}{3} \approx 3.3\Omega$$

从实验可以知道,几个电阻器并联起来,总电阻值比任何一个电阻值都小,这是因为把导体并联起来,相当于增大了导体的横截面积。

想想看,把三个电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 并联起来,它们的总电阻值是多大?把几个电阻器 R_1 、 R_2 ... R_n 并联起来,总电阻值又是多大?

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

练习题

- (1) 已知 $R_1 = 20$ 欧, $R_2 = 60$ 欧,求 R_1 与 R_2 并联后的总电阻值 R 。
- (2) 在你家中,同时工作的用电器越多,干路中的电流是越大还是越小?为什么?
- (3) 两盏电灯串联后接在 220 伏的家庭电路里,如果它们的电阻值 R_1 和 R_2 分别是 440 欧和 660 欧,求这段电路的总电阻值以及通过每盏灯的电流。
- (4) 电阻器 R_1 和 R_2 串联后的总电阻值为 1.2 千欧,如果它们两端的总电压为 48 伏, R_1 两端的电压为 12 伏,求 R_1 和 R_2 的电阻值。

(5) 电阻器 R_1 与 R_2 串联在电路中, 已知 R_1 两端的电压为 1.5 伏, R_2 两端的电压为 4.5 伏, $R_1+R_2=600$ 欧。 R_1 、 R_2 的电阻值各为多少欧?

1.1.3 电源和电动势

1. 电源

把其他形式的能转换成电能的装置叫做电源。发电机能把机械能转换成电能, 干电池能把化学能转换成电能。发电机、干电池等叫做电源。通过变压器和整流器, 把交流电变成直流电的装置叫做整流电源。能提供信号的电子设备叫做信号源。晶体三极管能把前面送来的信号加以放大, 又把放大的信号传送到后面的电路中去。晶体三极管对后面的电路来说, 也可以看作是信号源。整流电源、信号源有时也叫做电源。

2. 电动势

电动势是反映电源把其他形式的能转换成电能的本领的物理量。电动势使电源两端产生电压。在电路中, 电动势常用 δ 表示。电动势的单位和电压的单位相同, 也是伏。

电源的电动势可以用电压表测量。测量的时候, 电源不要接到电路中去, 用电压表测量电源两端的电压, 所得的电压值就可以看作等于电源的电动势。如果电源接在电路中, 用电压表测得的电源两端的电压就会小于电源的电动势。这是因为电源有内电阻。在闭合的电路中, 电流通过内电阻 r 有内电压降, 通过外电阻 R 有外电压降。电源的电动势 δ 等于内电压 U_r 和外电压 U_R 之和, 即 $\delta=U_r+U_R$ 。严格来说, 即使电源不接入电路, 用电压表测量电源两端电压, 电压表成了外电路, 测得的电压也小于电动势。但是, 由于电压表的内电阻很大, 电源的内电阻很小, 内电压可以忽略。因此, 电压表测得的电源两端的电压是可以看作等于电源电动势的。

干电池用旧了, 用电压表测量电池两端的电压, 有时候依然比较高, 但是接入电路后却不能使负载(收音机、录音机等)正常工作。这种情况是因为电池的内电阻变大了, 甚至比负载的电阻还大, 但是依然比电压表的内电阻小。用电压表测量电池两端电压的时候, 电池内电阻分得的内电压还不大, 所以电压表测得的电压依然比较高。但是电池接入电路后, 电池内电阻分得的内电压增大, 负载电阻分得的电压就减小, 因此不能使负载正常工作。为了判断旧电池能不能用, 应该在有负载的时候测量电池两端的电压。有些性能较差的稳压电源, 有负载和没有负载两种情况下测得的电源两端的电压相差较大, 也是因为电源的内电阻较大造成的。

1.1.4 电容和容抗

1. 电容

电容是衡量导体储存电荷能力的物理量。在两个相互绝缘的导体上, 加上一定的电压, 它们就会储存一定的电量。其中一个导体储存着正电荷, 另一个导体储存着大小相等的负电荷。加上的电压越大, 储存的电量就越多。储存的电量和加上的电压是成正比的, 它们的比值叫做电容。如果电压用 U 表示, 电量用 Q 表示, 电容用 C 表示, 那么:

$$C=Q/U$$