



应用型本科规划教材

A Course of Experiments in
Electronic Circuit

电子线路
实验教程

主 编 李 陬

副主编 徐 敏 李金新 俞优姝



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

A Course of Experiments in
Electronic Circuit

电子线路 实验教程

王 强 编
王 强 王 强 王 强 王 强



清华大学出版社

电子线路实验教程

主 编 李 隼

副主编 徐 敏 李金新 俞优姝



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容简介

本实验教程分为上、下两篇。上篇介绍实验中要涉及的基础知识。通过对本篇的学习,了解组成常用电子仪器、仪表、通信设备、家用电器等产品中电子线路部分的电阻、电容、电感、变压器以及二极管、晶体管、集成电路、开关、贴片元件等元器件的一般知识,了解这些常用元器件的外形特征,掌握这些常用元器件的使用方法及使用时的注意事项。下篇为电子线路实验的基本技术及实验内容,主要介绍电烙铁的焊接技术、直插元件及贴片元件的焊接技术等,通过学习能简单判断虚焊等电路上常见问题,了解和掌握常用仪器设备的使用方法,掌握常用器件的判别方法和正确用法,利用电子电路知识,能设计一些简单的电路并判断电路是否处于正常工作状态。本篇设计了6个电子线路制作与调试的基本实验,目的是使学生将传统的电子线路设计思路和现代的电子线路设计手段相结合,培养他们的工程综合设计能力和创新思维能力。

本书可作大专院校电气信息类专业的教材,也可作为在通信工程、电子信息工程、自动控制工程等领域从事电子技术工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实验教程 / 李隲主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-308-13280-0

I. ①电… II. ①李… III. 电子电路—实验—教材
IV. ①TN710—33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 109621 号

电子线路实验教程

李 隲 主编

责任编辑	樊晓燕(fxy@zju.edu.cn)
封面设计	俞亚彤
出版发行	浙江大学出版社 (杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007) (网址: http://www.zjupress.com)
排版	杭州中大图文设计有限公司
印刷	杭州杭新印务有限公司
开本	787mm×1092mm 1/16
印张	8.5
字数	207 千
版印次	2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-308-13280-0
定 价	22.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: 0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

上篇 电子线路常用元器件

第 1 章 电 阻	3
1.1 电阻的特性	3
1.2 电阻的分类及其符号	4
1.3 电阻器的标志方法	5
1.4 电阻器的主要性能参数、检测及选用	6
1.4.1 电阻器的主要性能参数	6
1.4.2 电阻器的检测与选用	7
1.5 电阻在电路中的作用	7
1.6 电位器	9
1.6.1 电位器的结构与特性	9
1.6.2 电位器的种类	10
1.6.3 电位器的检测与选用	11
1.7 特殊电阻	11
第 2 章 电 容	14
2.1 电容的特性	14
2.2 电容器的分类及其符号	15
2.3 电容器的性能参数	16
2.4 电容器的串、并联及其作用	19
2.5 电容器的检测、选用与更换	20
2.5.1 电容器的检测	20
2.5.2 电容器的使用常识	21
第 3 章 电 感	22
3.1 电感线圈	22
3.1.1 电感线圈的分类及符号	22
3.1.2 电感线圈的主要参数	23
3.1.3 电感线圈的检测、选用与更换	25
3.2 变压器	25
3.2.1 变压器的分类、作用及符号	25

3.2.2	变压器常用铁芯	27
3.2.3	变压器的特性	28
3.2.4	变压器的主要技术参数	29
3.2.5	变压器的检测、选用与更换	29
第4章	晶体管	30
4.1	二极管	30
4.1.1	二极管型号的命名方法	30
4.1.2	二极管的结构与分类	31
4.1.3	二极管的特性和主要参数	33
4.1.4	整流、检波二极管	35
4.1.5	开关二极管	35
4.1.6	1N 系列玻封/塑封整流二极管	36
4.1.7	稳压、变容二极管	37
4.1.8	发光、电压型发光二极管	40
4.2	晶体三极管	43
4.2.1	晶体三极管的结构与分类	43
4.2.2	晶体三极管的伏安特性	44
4.2.3	晶体三极管的主要参数	46
4.2.4	晶体三极管的检测及选用	47
4.3	场效应晶体管	48
4.3.1	场效应晶体管的结构与分类	48
4.3.2	场效应晶体管的主要参数	49
4.3.3	场效应晶体管的检测及选用	49
4.4	单向晶闸管(SCR)	50
4.4.1	单向晶闸管的结构及等效电路	50
4.4.2	单向晶闸管的伏安特性	50
4.4.3	单向晶闸管的主要参数	51
4.4.4	单向晶闸管的检测及选用	52
4.5	双向晶闸管	53
4.5.1	双向晶闸管的结构及伏安特性	53
4.5.2	双向晶闸管的检测及选用	55
4.6	双向触发二极管	55
第5章	电声、开关器件	57
5.1	电声器件	57
5.1.1	扬声器的种类	57
5.1.2	扬声器的主要参数	58
5.1.3	扬声器的简易测试	60

5.2 开关器件	60
5.3 电磁继电器	62
5.3.1 电磁继电器的结构	62
5.3.2 电磁式继电器的测试	63
5.3.3 继电器的附加电路	64
第 6 章 数码管	65
6.1 LED 数码管	65
6.2 LED 数码管的驱动方法	68
第 7 章 集成电路	70
7.1 集成电路的特点	70
7.2 集成电路引脚排列的识别	71
7.3 三端集成稳压电源	73
7.3.1 三端集成稳压电源的种类	73
7.3.2 三端稳压器的应用	75
第 8 章 片状元件	76
8.1 片状元件的特点	76
8.2 片状元件的种类	76
8.2.1 片状电阻器	76
8.2.2 片状陶瓷电容器	78
8.2.3 片状电解电容器	79
8.2.4 片状电感器	80
8.2.5 片状二极管和三极管	80
8.2.6 片状小型集成电路 SOP	82

下篇 电子线路实验技术及实验内容

第 9 章 电烙铁焊接技术	87
9.1 焊接工具	87
9.2 直插元件的焊接技术	89
9.2.1 焊接前处理事项	89
9.2.2 直插元件的焊接操作	90
9.2.3 焊点的质量检查	92
9.2.4 焊点的拆除	92
9.3 贴片元件的焊接技术	93
9.4 焊接的注意点	95

第 10 章 简易红外遥控开关的实验	96
10.1 简易红外遥控开关的原理	96
10.1.1 工作原理	96
10.1.2 电路图	100
10.2 简易红外遥控开关的制作与调试	101
第 11 章 石英晶体振荡器实验	103
11.1 石英晶体振荡器的原理	103
11.1.1 工作原理	103
11.1.2 电路图	104
11.2 石英晶体振荡器的制作与调试	105
第 12 章 简易开关稳压电源制作实验	108
12.1 简易开关稳压电源的原理	108
12.1.1 工作原理	108
12.1.2 电路图	109
12.2 简易开关稳压电源的制作与调试	111
第 13 章 TDA2030 功放设计实验	114
13.1 TDA2030 功放的工作原理	114
13.1.1 工作原理	114
13.1.2 电路图	115
13.2 TDA2030 功放的制作与调试	116
第 14 章 串联稳压电源的制作实验	119
14.1 串联稳压电源的工作原理	119
14.1.1 工作原理	119
14.1.2 电路图	122
14.2 串联稳压电源的制作与调试	123
第 15 章 呼吸灯的制作实验	125
15.1 呼吸灯的工作原理	125
15.1.1 工作原理	125
15.1.2 呼吸灯设计	126
15.2 呼吸灯的制作与调试	129

电子线路常用元器件

(外形特征 选用方法 使用注意事项)

学
习
目
的
与
要
求

本篇为实习的基础学习内容。通过对本篇的学习,了解组成常用电子仪器、仪表、通信设备、家用电器等产品中的电子线路部分的电阻、电容、电感、变压器以及二极管、晶体三极管、集成电路、开关、贴片元件等元器件的一般知识,了解这些常用元器件的外形特征,掌握这些常用元器件的使用方法及使用注意事项。

第 1 章 电 阻

1.1 电阻的特性

电子在物体内作定向运动时会遇到阻力,这种阻力称为电阻。具有一定电阻值的元件称为电阻器。电阻器是电子产品中用得最多的元件之一,约占元件总数的 40% 以上。在电路中,电阻器用来限制电流、降低电压、分取电压等,能与电容器和电感器组成特殊功能的电路。

由实验可知,物体电阻的大小与其长度 L 成正比,与其横截面积 S 成反比,用公式表示为

$$R=\rho L/S$$

式中的比例系数 ρ 叫作物体的电阻率,它与物体材料的性质有关,在数值上等于单位长度、单位面积的物体在 20℃ 时所具有的电阻值。

表 1-1 列出了一些常用导体的电阻率。铜、铝等的电阻率比较小,因此,铜、铝被广泛用来制作导线;银的电阻率虽小,但由于价格很贵,常用来制作镀银线;而有些合金如康铜、镍铬合金等的电阻率较大,常用来制作电热器及电阻器的电阻丝。

表 1-1 常用导体的电阻率

材料名称	20℃ 的电阻率 $\rho/(\mu\Omega \cdot \text{m}^{-1})$
银	0.016
铜	0.0172
铝	0.029
金	0.022
锌	0.059
镍	0.073
铁	0.0987

不同材料的电阻率是不同的。相同材料做成的导体,直径越大电阻越小,长度越长电阻越大。

此外,导体的电阻大小还与温度有关。对金属材料来说,其电阻随着温度的升高而增大;对石墨和碳等非金属材料来说,其电阻随着温度的升高而减小。

1.2 电阻的分类及其符号

电阻器的种类很多,从构成材料来分,有碳质电阻器、碳膜电阻器、金属膜电阻器、线绕电阻器等多种;从结构形式来分,有阻值固定不变的固定电阻器、阻值可调范围较小的微调电阻器、阻值可调范围大的可变电阻器(具有3个接头的可变电阻器又称为电位器)、阻值对某些物理量(如电压、亮度、温度、湿度等)反应敏感的电敏电阻器等。常见的电阻器的图形符号如图1-1所示,常用电阻器的外形如图1-2所示。

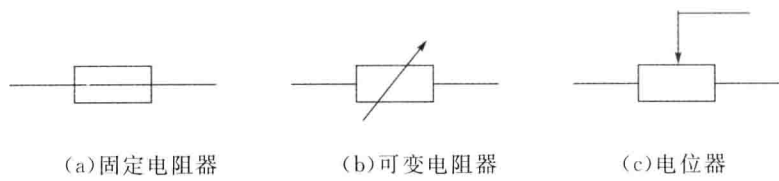


图 1-1 常见电阻器的图形符号

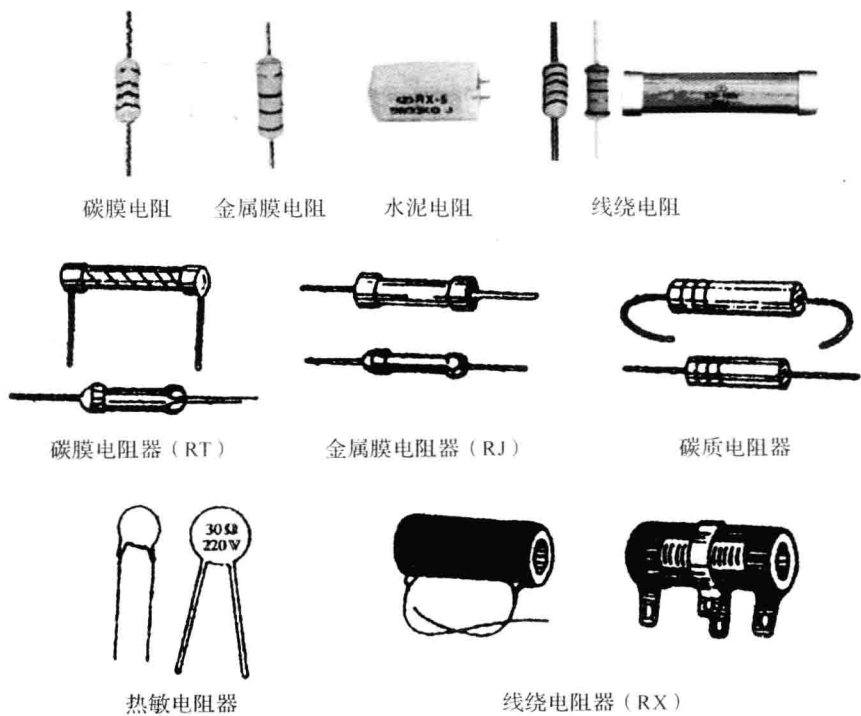


图 1-2 常用电阻器的外形

1.3 电阻器的标志方法

标志在电阻器上的阻值称为标称阻值。根据国家标准的规定,常见电阻器的标称阻值系列如表 1-2 所示。

表 1-2 电阻器的标称阻值系列

阻值系列	允许偏差(%)	标称阻值($\times 10^n \Omega$, n 为整数)											
E24	± 5	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
		3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1
E12	± 10				1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7			
					3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2			
E6	± 20					1.0	1.5	2.2					
						3.3	4.7	6.8					

国产电阻器的阻值和允许偏差在电阻器上有三种标志法。

1. 直标法

直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称阻值。如图 1-3(a)所示的电阻器,其允许误差直接用百分数表示。

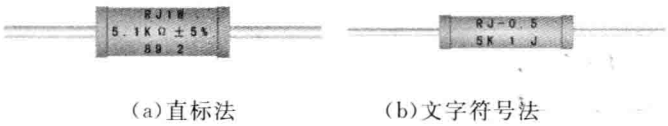


图 1-3 电阻器的直标法与文字符号法

2. 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合起来标志在电阻元件表面上的一种方法。如图 1-3(b)所示的电阻器为金属膜电阻器,额定功率为 0.5W,阻值为 5.1k Ω ,误差为 $\pm 5\%$ 。

3. 色标法

色标法是用不同颜色的带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许误差的方法。图 1-4 所示为用色标法标志电阻阻值时色带位置的含义,电阻的阻值与误差的色标读取法如图 1-5 所示。

电阻的允许误差指实际阻值与标称阻值的差值除以标称阻值所得的百分数。根据电阻的允许误差的不同,一般把电阻分为普通电阻和精密电阻。其具体的误差数据与色标为:

普通电阻	$\pm 5\%$ (金)	$\pm 10\%$ (银)	$\pm 20\%$ (无)
精密电阻	$\pm 0.5\%$ (绿)	$\pm 1\%$ (棕)	$\pm 2\%$ (红)

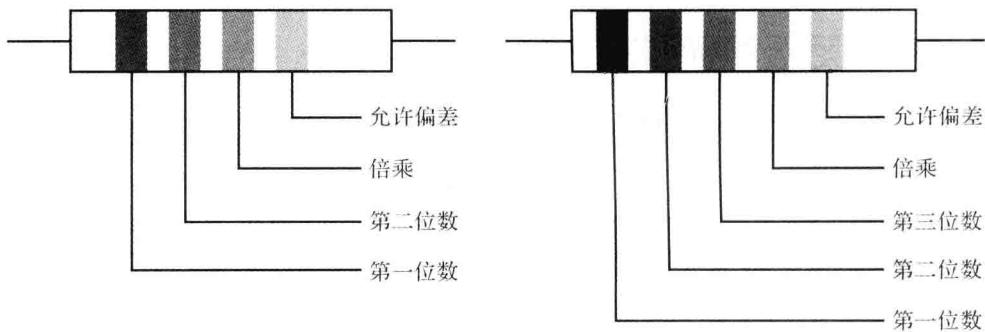
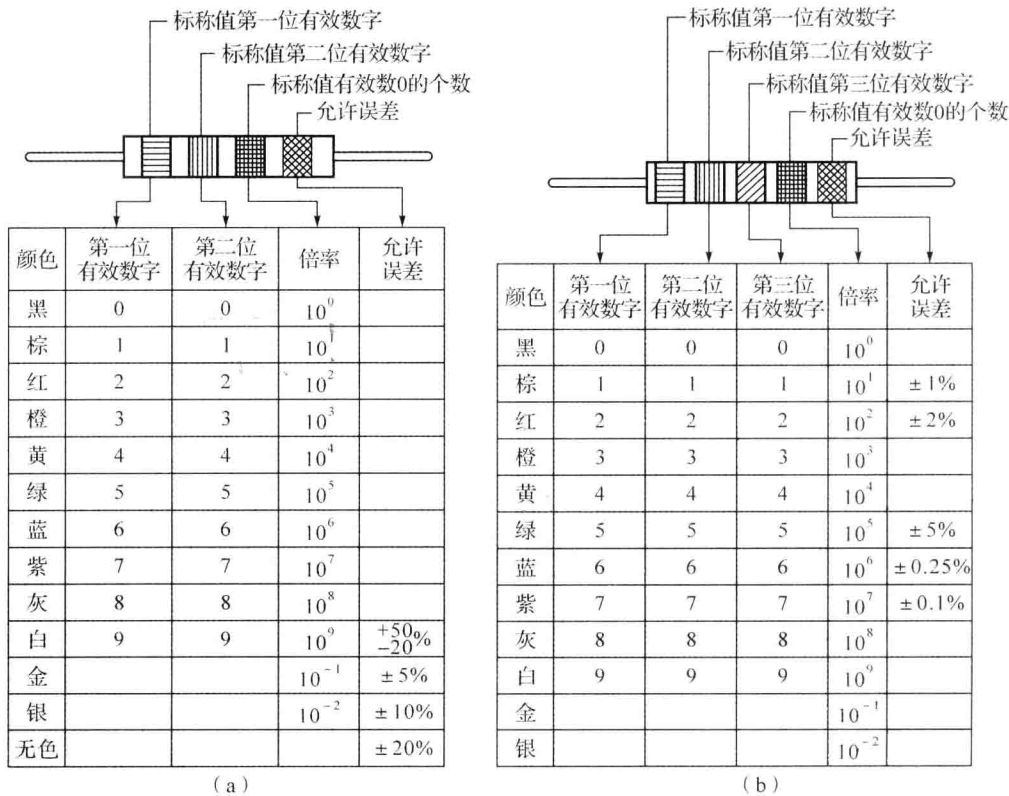


图 1-4 色带位置的含义



(a)表示两位有效数字的色标法

(b)表示 3 位有效数字的色标法

图 1-5 电阻的阻值与误差的色标读取法

1.4 电阻器的主要性能参数、检测及选用

1.4.1 电阻器的主要性能参数

在选用电阻器时,必须了解电阻器的一些主要性能参数。电阻器的主要性能参数除了上面提到的标称阻值和允许误差外,还有下列主要参数:

1. 电阻的额定功率

电阻的额定功率指电阻器在产品标准规定的正常大气压和额定温度下,能长期连续工作并能满足规定性能要求时所允许耗散的最大功率。当电流通过电阻时电阻会发热,负荷越大,发热越厉害。如果功率过大,电阻就可能承受不了,从而被烧坏。

2. 电阻的最高工作电压

最高工作电压也称最大工作电压,是指电阻器长期工作不发生过热或电击穿损坏的最高电压。

3. 电阻的温度系数

当电流通过电阻时,电阻器会发热,使电阻的温度升高,它的阻值也会随着发生变化。温度每变化 1°C 阻值变化的欧姆数与原来的欧姆数之比就叫作这只电阻的温度系数。温度系数越小,说明电阻越稳定。碳质电阻稳定性较差,碳膜电阻比较好,线绕电阻就更稳定了。

1.4.2 电阻器的检测与选用

检测电阻器时主要是用万用表的电阻挡测量其阻值是否在标称值范围之内,测量时不能用手同时接触被测电阻的两个引脚(特别是对于阻值较大的电阻),以免人体电阻影响实际阻值。在测量过程中,如果表针指示不定,则说明电阻内部引线接触不良。

选用电阻器时应根据实际电路的具体要求和使用条件,从系列产品中合理选择。所选电阻器额定功率一般应是该电阻实际承受功率的 $1.5\sim 2$ 倍,以保证其可靠性。在更换电阻器时,应尽量选用同规格、同型号、相同阻值的电阻器。当用其他方法代换时,其参数必须满足电路的要求。

1.5 电阻在电路中的作用

1. 电阻的串联及其作用

把两个或两个以上的电阻首尾相连,即为电阻的串联。电阻串联相当于长度增加,使总阻值增大。图 1-6 所示就是 3 个电阻的串联。几个电阻串联后的阻值等于各个电阻阻值之和,即

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

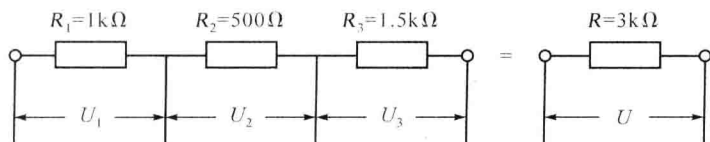


图 1-6 电阻的串联

串联电阻有降压、分压的功能。在电阻串联电路中,各个电阻上所产生的电压降(或称电阻分压)是这个电阻占总电阻的比值乘以接在所有电阻上的总电压,即

$$U_1(R_1 \text{ 上的分压}) = \frac{UR_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$U_2(R_2 \text{ 上的分压}) = \frac{UR_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$U_3(R_3 \text{ 上的分压}) = \frac{UR_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

2. 电阻的并联及其作用

把两个或两个以上的电阻并排地连在一起, 电流可以从各条途径同时流过各个电阻, 这就是电阻的并联。图 1-7 所示是 3 个电阻的并联。电阻并联相当于电阻截面积加大, 总电阻值减小。并联的总电阻小于并联电阻中最小的一只电阻的阻值。因为并联时各电阻所承受的电压降相同, 即

$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

所以并联电路中的总电流等于各电阻上流过的电流之和, 即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)}$$

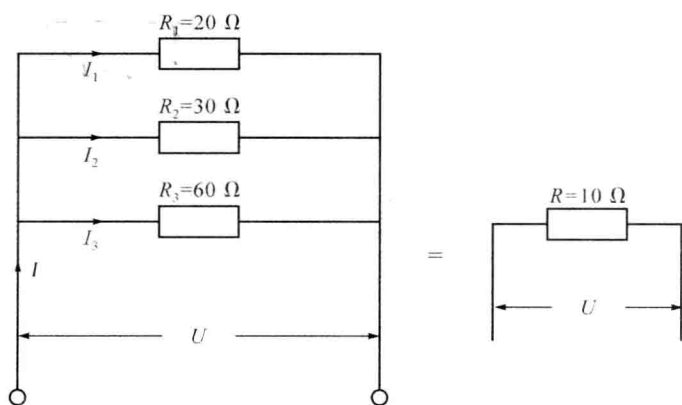


图 1-7 电阻的并联

并联电阻有分流的功能。电阻无论是串联或并联, 电路中消耗的总功率是各个电阻消耗的功率之和。当不同阻值的电阻串、并联时, 必须注意电路对每只电阻所要求的功率值不能超过每只电阻的额定功率。

例如, 阻值分别为 100Ω 和 200Ω 的两个电阻串联, 通过的电流是 0.1A , 那么总的消耗功率为

$$P = I^2(R_1 + R_2) = (0.1\text{A})^2 \times 300(\Omega) = 3(\text{W})$$

而每只电阻消耗的功率分别为

$$100\Omega \text{ 的电阻 } P_1 = (0.1\text{A})^2 \times 100(\Omega) = 1(\text{W})$$

$$200\Omega \text{ 的电阻 } P_2 = (0.1\text{A})^2 \times 200(\Omega) = 2(\text{W})$$

在串联电路里, 因流经各个电阻的电流相同, 电阻越大, 其分压也越大, 因而其消耗的

功率也越大。在并联电路里,因各个电阻上的电压相同,电阻越小,所通过的电流就越大,阻值小的电阻所耗散的功率反而大。

1.6 电位器

1.6.1 电位器的结构与特性

电位器是电阻器的一个分支,电路上常用符号“RP”表示。使用最多的是碳膜电位器,碳膜电位器的外形与内部结构如图 1-8 所示。

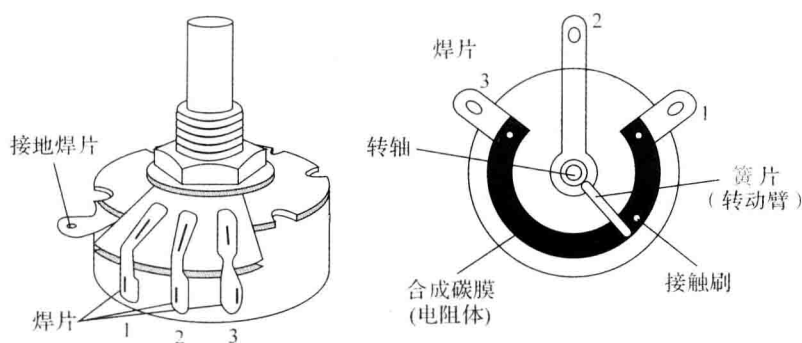


图 1-8 碳膜电位器的外形与内部结构

这种电位器是用炭黑和树脂的混合物涂在马蹄形胶版上制成电阻片,从两端引出焊片“1”和“3”。电阻片上装有一个可以转动的活动臂,并由焊片“2”引出。旋转电位器的旋转轴,可以改变这个活动臂在电阻片上的接触位置,从而达到调节阻值的目的。3 个引端中,“1”和“3”两端之间的电阻值为“1”和“2”两端间阻值与“2”和“3”两端间的阻值之和。随着触点“2”在电阻片的旋动, R_{12} 与 R_{23} 一个增大另一个减小,总电阻 R_{13} 不变,即

$$R_{13} = R_{12} + R_{23}$$

在实际电路中,电位器的连接通常有变阻式(“2”、“3”端短接后再与电路连接)和分压式(3 个端分别与电路有关点连接)两种,图 1-9 所示是电位器分压式的连接方法。

为了适应各种不同用途,电位器的阻值变化规律也不相同,常见的电位器阻值变化规律有 3 种,即 X 型(直线型)、Z 型(指数型)、D 型(对数型)。

X 型电位器的阻值变化与转角呈线性关系。电阻体上导电物质的分布是均匀的,单位长度的阻值相等。这种电位器适用于要求电阻值均匀调节的场合,如分压器、偏流调整等电路中使用。

Z 型电位器的阻值变化与转角成指数型变化。在开始转动时,阻值变化较小,而当转角接近最大值附近时,阻值变化较为显著,这种电位器适用于音量控制电路。

D 型电位器的阻值变化与转角成对数型变化。其阻值变化正好与 Z 型电位器相反,开始转动时,阻值变化很大,而当转角接近最大值附近时,阻值变化较缓慢,这种电位器适用于音调控制电路。

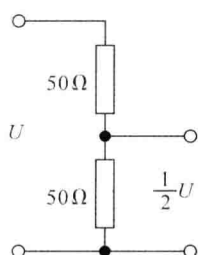


图 1-9 电位器分压式的连接方法