

高等学校通用教材

电子技能实训教程

徐国华 主编
崔光照 主审

DIANZI JINENG SHIXUN JIAOCHENG

 北京航空航天大学出版社

高等学校通用教材

TN
54

电子技术实训教程

徐国华 主编
崔光照 主审

北京航空航天大学出版社

内容简介

本书是作者近年来在实验教学基础上编写而成的。书中内容由两部分组成,第一部分《电子技术实训》,介绍了常用的电子元器件、电子技术基本操作技能的训练、印刷电路板的制作过程、焊接技术、电子元器件安装与调试、Protel 99 SE 原理图设计练习;第二部分《晶体管收音机实训》,介绍了晶体管收音机的工作原理、安装与调试以及检修方法。附录部分介绍了常用电子仪器的工作原理及使用方法。

本书内容丰富,可供理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育电类、机电类专业学生使用,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子技能实训教程/徐国华主编. —北京:北京航空航天大学出版社,2006.8

ISBN 7-81077-874-9

I. 电… II. 徐… III. 电子技术—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 051529 号

电子技能实训教程

徐国华 主编

崔光照 主审

责任编辑 陶金福

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:11.5 字数:258 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-874-9 定价:15.00 元

前 言

电子技术是当今迅速发展的学科之一,它在自动控制、通信、计算机及家用电器等各领域应用日益广泛。电子技能实训是电子技术的一个重要实践性环节。本教材重点培养学生的实践技能和创新精神,使学生了解电子产品的生产过程,掌握电子技能的基本知识和实践技能。

本书是根据电类各专业对电子技能的基本要求,结合电子技能教学实践和当前电子技术发展的新形势,并针对学生实践能力和创新能力的培养编写的。它介绍了电子元器件、电子技术基本操作技能的训练、印刷电路板的制作过程、焊接技术、电子元器件安装与调试、Protel 99 SE 原理图设计练习,并介绍了收音机的工作原理及调试和维修方法;附录部分介绍了常用电子测量仪器的使用。本书具有以下特点:

1. 详细介绍常用电子元器件的基本知识、选择和使用;介绍了用 Protel 99 SE 绘制电子电路原理图。其电路是根据电子技术基础课程所学的基本单元电路,结合电子产品训练学生读图能力和绘制单元电子电路技能,使理论与实践有机结合,并为维修电子设备和开发新的电子产品打下良好的基础。

2. 本书还详细介绍了晶体管收音机的工作原理、调试和维修方法,同时介绍了常用电子线路等的故障分析与排除的方法和步骤。

3. 本书力求突出工程技能训练的思想,在内容上注意了广泛性、科学性和实用性,从电子技术实训的角度出发,培养学生的动手能力、分析和解决实际问题的能力、电子电路的设计能力和创新意识。

本书由郑州轻工业学院徐国华负责编写第 1、5、6 章;郑州轻工业学院崔光照负责编写第 2 章;郑州轻工业学院王俊杰负责编写第 3 章;郑州轻工业学院扈刚负责编写第 4 章;河南省工业学校的张锡宪负责编写附录部分。徐国华负责全书的统稿及协调工作。

本书适用于理工科类高等院校、高职、高专和各类成人教育电类、机电类专业学生使用,也可供从事电工、电子技术的有关人员参考。

由于我们的水平有限,书中不妥之处,衷心欢迎读者,特别是使用本书的教师和同学们批评、指正,提出改进意见。

编 者

2006 年 4 月于郑州

目 录

第一部分 电子技术实训

第 1 章 常用电子元器件的识别与简易测试	3
1.1 线性元件	3
1.2 半导体分立元件	20
1.3 集成电路	29
思考题	33
第 2 章 电子技术基本操作技能的训练	
2.1 印刷电路板的设计与制作	34
2.2 常用焊接工艺	42
思考题	58
第 3 章 常用电子线路的安装	
3.1 稳压电源电路	59
3.2 晶闸管电路	66
3.3 电子抢答器的安装	77
3.4 数字钟的安装	79
思考题	81
第 4 章 Protel 99 SE 原理	
4.1 Protel 99 SE 的特点	82
4.2 Protel 99 SE 启动与工作界面	83
4.3 原理图设计初步	85
4.4 调光灯电路的设计	100
4.5 原理图设计练习	105

第二部分 晶体管收音机实训

第5章 无线电广播的发送与接收

5.1 无线电广播的发送	109
5.2 无线电广播的接收	114
思考题	116

第6章 调幅广播收音机

6.1 输入调谐回路	119
6.2 变频电路	121
6.3 中频放大电路	126
6.4 检波电路	130
6.5 自动增益控制电路	132
6.6 前置放大电路	134
6.7 音频功率放大电路	136
6.8 电源退耦电路	140
6.9 晶体管收音机的调整	141
6.10 调幅收音机的常见故障分析及维修	145
思考题	156

附录I 示波器原理及使用

I.1 示波器的基本结构	157
I.2 示波器的二踪显示	158
I.3 产品介绍	159

附录II SG1051S 高频信号发生器

II.1 概 述	169
II.2 工作特性	169
II.3 工作原理	170
II.4 结构特征	171
II.5 使用操作	172

附录III RS-2812A 电桥使用说明

III.1 概 述	174
III.2 性能技术指标	174
III.3 操作说明	175

参考文献

第一部分

电子技术实训

- 第 1 章 常用电子元器件的识别与简易测试
- 第 2 章 电子技术基本操作技能的训练
- 第 3 章 常用电子线路的安装
- 第 4 章 Protel 99 SE 原理

第1章 常用电子元器件的识别与简易测试

电子元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元。元器件在各类电子产品中占有重要地位,特别是一些通用电子元器件更是电子产品必不可少的基本材料。熟悉和掌握各类元器件的性能、特点和使用等,对电子产品的设计、制造是十分重要的。

1.1 线性元件

线性电子元件主要有电阻、电位器、电容器、电感器等几种。

1.1.1 电 阻

1. 电阻的种类

电阻在电子产品中是一种必不可少的电子元件。它的种类繁多,形状各异,功率也不同,在电路中用来控制电流、分配电压。

(1) 按结构形式分类

电阻按结构形式分类有固定电阻、可变电阻两大类。

固定电阻的种类比较多,主要有碳质电阻、碳膜电阻、金属电阻和线绕电阻等。固定电阻的电阻值是固定不变的,阻值的大小就是它的标称值。固定电阻器常用字母“R”表示。

(2) 按制作材料分类

电阻按材料分类有线绕电阻、膜式电阻、碳质电阻等。

(3) 按用途分类

电阻按用途分类有精密电阻、高频电阻、高压电阻、大功率电阻、热敏电阻、熔断电阻等。

(4) 按引出线的不同分类

电阻按引出线的不同可分为轴向引线和无引线电阻。常见电阻的外形及电路符号如图1-1和图1-2所示。

2. 常用的电阻

(1) 碳膜电阻

碳膜电阻是最早、最广泛使用的电阻。它是由碳沉积在瓷质基体上制成的,通过改变碳膜

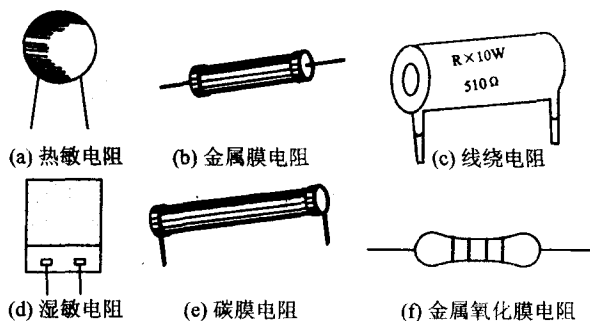


图 1-1 常见电阻的外形

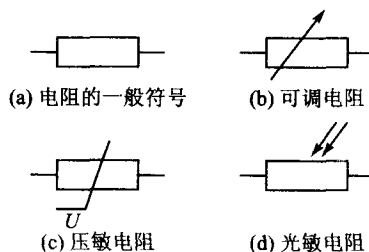


图 1-2 常见电阻的电路符号

的厚度或长度,可以得到不同的阻值。其主要特点是耐高温,当环境温度升高时,其阻值变化与其他电阻相比变化很小,高频特性好,精度高,常在精密仪表等高档设备中使用。

(2) 金属膜电阻

金属膜电阻是在真空条件下,在瓷质基体上沉积一层合金粉制成的,通过改变金属膜的厚度或长度可得到不同的阻值。其主要特点是耐高温,当环境温度升高后,其阻值变化与碳膜电阻相比变化很小,高频特性好,精度高,常在精密仪表等高档设备中使用。

(3) 线绕电阻

线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成的。它具有:耐高温、精度高、功率大等优点;但其高频特性差,这主要是由于其分布电感较大。它在低频的精密仪表中被广泛应用。

(4) 保险电阻

保险电阻具有双重功能,在正常情况下具有普通电阻的电气特性,一旦电路中出现过压、过流或某个元器件短路,保险电阻就会在规定的时间内熔断,从而达到保护其他元器件的目的。

(5) 光敏电阻

光敏电阻是一种电导率随吸收的光量子多少而变化的敏感电阻。它是利用半导体的光电效应特性制成的,其电阻随着光照的强弱而变化。光敏电阻主要用于各种自动控制、光电计数、光电跟踪以及照相机的自动曝光等场合。

(6) NTC、PTC 热敏电阻

NTC 热敏电阻是一种具有负温度系数变化的热敏元件,其阻值随温度升高而减小,可用于稳定电路的工作点。PTC 热敏电阻是一种具有正温度系数的热敏元件,在达到某一特定温度前,电阻值随温度升高而缓慢下降,当超过这个温度时,其阻值急剧增大。这个特定温度点称为居里点。PTC 热敏电阻的居里点可通过改变其材料中各成分的比例而变化。它在家电产品中被广泛应用,如彩电的消磁电阻、电饭煲的温控器等。

(7) 其他敏感电阻

湿敏电阻、磁敏电阻、气敏电阻、力敏电阻、压敏电阻等,这些敏感电阻在自动控制领域被

广泛应用。

3. 电阻的主要参数及标识

标称阻值是指电阻表面所标示的阻值。除特殊定做以外其阻值范围应符合国标规定的阻值系列。目前电阻标称阻值有三大系列：E6、E12、E24，其中 E24 系列最全，现将其列于表 1-1 中。标称阻值往往与其实际阻值有一定偏差，这个偏差与标称阻值的百分比为电阻的误差。误差越小，电阻精度越高。

(1) 电阻的单位

电阻的国际单位是欧[姆]，用 Ω 表示。除欧姆外，还有 $k\Omega$ (千欧) 和 $M\Omega$ (兆欧)，当 $R < 1\,000\,\Omega$ 时，用 Ω 表示；当 $1\,000\,\Omega \leq R < 1\,000\,k\Omega$ 时，用 $k\Omega$ 表示；当 $R \geq 1\,000k\Omega$ 时，用 $M\Omega$ 表示。

表 1-1 电阻标称值系列

标称值系列	精度/(%)	标称阻值 $\times 10^{-n}/\Omega$
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

(2) 阻值的表示法

1) 直标法：直接用数字表示电阻的阻值和误差，例如电阻上印有 $68\,k\Omega \pm 5\%$ ，则阻值为 $68\,k\Omega$ ，误差为 $\pm 68\,k\Omega \times 5\%$ 。

2) 文字符号法：用数字和文字符号或两者有规律的组合来表示电阻的阻值。文字符号 Ω 、 k 、 M 前面的数字表示阻值的整数部分，文字符号后面的数字表示阻值的小数部分，例如， $2K7$ 其阻值表示为 $2.7\,k\Omega$ 。

3) 色标法：用不同颜色的色环表示电阻的阻值和误差。常见的色环电阻有四环和五环电阻两种，其中五环电阻属于精密电阻，如表 1-2 和表 1-3 所列。

图 1-3 给出了色标法的两个示例。

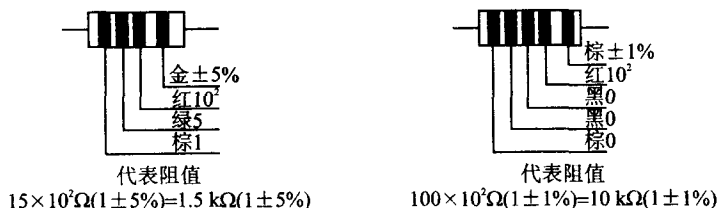


图 1-3 电阻色环表示法

表 1-2 四环电阻色标颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 倍 率	第四色环 误差/(%)
棕	1	1	$\times 10^1$	± 1
红	2	2	$\times 10^2$	± 2
橙	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	$\times 10^5$	± 0.5
蓝	6	6	$\times 10^6$	± 0.25
紫	7	7	$\times 10^7$	± 0.1
灰	8	8	$\times 10^8$	± 0.05
白	9	9	$\times 10^9$	
黑		0	$\times 10^0$	
金			$\times 10^{-1}$	± 5
银			$\times 10^{-2}$	± 10

表 1-3 五环电阻色标颜色与数值对照表

色环颜色	第一色环 第一位数	第二色环 第二位数	第三色环 第三位数	第四色环 倍 率	第五色环 误差/(%)
棕	1	1	1	$\times 10^1$	± 1
红	2	2	2	$\times 10^2$	± 2
橙	3	3	3	$\times 10^3$	
黄	4	4	4	$\times 10^4$	
绿	5	5	5	$\times 10^5$	± 0.5
蓝	6	6	6	$\times 10^6$	± 0.25
紫	7	7	7	$\times 10^7$	± 0.1
灰	8	8	8	$\times 10^8$	± 0.05
白	9	9	9	$\times 10^9$	
黑	0	0	0	$\times 10^0$	
金				$\times 10^{-1}$	
银				$\times 10^{-1}$	

在实际中,读取色环电阻的阻值时应注意以下几点:

- 熟记表 1-2 和表 1-3 中色数对应关系。
- 找出色环电阻的第一环,其方法有:色环靠近引出端最近的一环为第一环,环电阻多以金色作为误差环,五环电阻多以棕色作为误差环。

- 色环电阻标记不清或个人辨色能力差时,只能用万用表测量。

4) 数码法:数码法是用三位数码表示电阻的标称值。数码从左到右,前两位为有效值,第三位是指零的个数,即表示在前两位有效值后所加零的个数,单位为“ Ω ”。例如:152 表示在 15 后面加 2 个“0”,即 $1\,500\,\Omega = 1.5\,\text{k}\Omega$ 。此种方法在贴片电阻中使用较多。

(3) 额定功率

额定功率是指电阻在规定环境条件下,长期连续工作所允许消耗的最大功率。电路中电阻的实际功率必须小于其额定功率;否则,电阻的阻值及其他性能将会发生改变,甚至烧毁。常用电阻额定功率系列如表 1-4 所列。

表 1-4 电阻额定功率

名 称	额定功率/W
线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500
非线绕电阻	0.05、0.125、0.25、0.5、1、2、5、10、16、25、50、100

电阻的额定功率与体积大小有关,电阻的体积越大,额定功率数值也越大。2W 以下的电阻以自身体积大小表示功率值。电阻体积与功率的关系如表 1-5 所列。

表 1-5 电阻的体积与功率关系

额定功率/W	RT 碳膜电阻		RJ 金属膜电阻	
	长度/mm	直径/mm	长度/mm	直径/mm
0.125	11	3.9	0~8	2~2.5
0.25	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
0.5	28.0	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

4. 电阻的简易测试

阻值测试方法主要有万用表测试法;另外,还有电桥测试法、RLC 智能测试仪测试法和电阻误差分选仪测试法等。

用万用表测量电阻的方法如下:

- 1) 将挡位旋钮置于电阻挡,再将倍率挡旋钮置于 $R \times 1$ 挡,然后把两表笔金属棒短接,观

察指针是否到零位。如果调节欧姆挡调零旋钮后,指针仍然不能到零位,则说明电池不足,应更换电池。

2) 按万用表使用方法规定,表笔应指在标度尺的中心部分,读数才准确。因此,根据电阻的阻值来选择倍率挡。

3) 右手拿万用表棒,左手拿电阻体的中间,切不可用手同时捏表棒和电阻的两根引脚。因为这样测量的是原电阻与人体电阻并联的阻值,尤其是测量大电阻时,会使测量误差增大。在电路中测量电阻时要切断电源,要考虑电路中的其他元器件对电阻值的影响。如果电路中接有电容器,还必须将电容器放电,以免万用表被烧毁。

5. 电阻的选用

1) 按用途选择电阻的种类。

2) 在一般档次的电子产品中,选用碳膜电阻就可满足要求。对于环境较恶劣的地方,或精密仪器中,应选用金属膜电阻。

3) 正确选取阻值和允许误差。对于一般电路,选用误差为 $\pm 5\%$ 的电阻即可,对于精密仪器应选用高精度的电阻。

4) 为保证电阻可靠耐用,其额定功率应是实际功率的 $2\sim 3$ 倍。

5) 电阻安装前,应将引线处理一下,保证焊接可靠。高频电路中电阻引线不宜长,以减少分布参数的影响;小型电阻的引线不宜短,一般为 5 mm 左右。

6) 使用电阻,应注意电阻两端所承受的最高工作电压。

7) 电阻绝缘性能要良好,不能有脱漆现象等。

1.1.2 电位器

电位器是一种阻值可以连续调节的电阻。在电子产品设备中,经常用它进行阻值和电位的调节。例如,在收录机中用它来控制音调、音量;在电视机中用来调节亮度、对比度等。图1-4所示的是碳膜电位器的内部结构图。

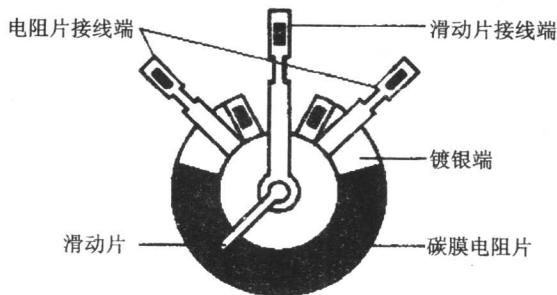


图 1-4 碳膜电位器的内部结构图

1. 电位器的种类

电位器的种类很多、形状各异。它可以按材料、调节方式、结构特点、阻值变化规律、用途等进行分类,如表1-6所列。常见的电位器如图1-5所示。

表1-6 电位器的分类

分类方式		种 类
材 料	合金型电位器	线性电位器、块金属膜电位器
	合成型电位器	有机和无机实芯型、金属玻璃釉型、导电塑料型
	薄膜型电位器	金属膜、金属氧化膜、碳膜、复合膜型
按调节方式		直滑式、旋转式(有单圈和多圈两种)
按结构方式		带抽头、带开关(推拉式和旋转式)、单联、同步多联、异步多联
按阻值变化规律		线性、对数、指数型
按用途		普通型、微调型、精密型、功率型、专用型

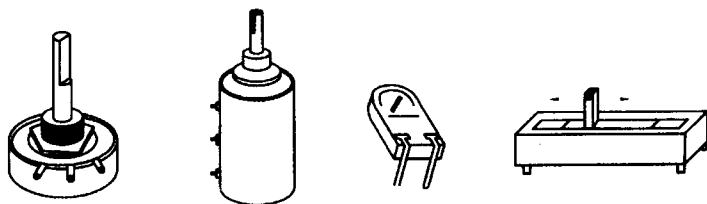


图1-5 常见电位器的外形

2. 常用的电位器

(1) 合成金属膜电位器

合成金属膜电位器的阻值范围宽,为 $100\ \Omega \sim 4.7\ \text{M}\Omega$,分辨率高;但滑动噪声大,对温度、湿度适应性差。由于其生产成本低,广泛用于收音机、电视机和音响等家电产品中。

(2) 有机实芯电位器

有机实芯电位器的阻值范围宽,为 $100\ \Omega \sim 4.7\ \text{M}\Omega$,分辨率高,耐高温,体积小,可靠性高;但噪声较大。主要用于对可靠性、耐温性要求较高的电器上。

(3) 线绕电位器

线绕电位器的相对额定功率大,耐高温性能稳定,精度易于控制;但阻值范围小,为 $4.7\ \Omega \sim 100\ \text{k}\Omega$,分辨率低,高频特性差。

除了以上三种接触型电位器外,还有可做大范围、高精度调整的多圈电位器,高性能、高耐磨导电塑料电位器,带驱动马达的电位器(常作遥控调节音量使用)等。

而非接触型电位器因克服了接触型电位器滑动噪声大的缺陷,正逐渐被采用,如光敏电位

器、磁敏电位器。

3. 电位器的标识

(1) 电位器的阻值

电位器的阻值即电位器的标称值,是指其两固定端间的阻值。其电路符号如图 1-6 所示。其中 1、3 为电位器的固定端,2 为电位器的滑动端。调节 2 的位置可以改变 1、2 或 2、3 间的阻值,但是不管怎样调节,结果应遵循如下原则:

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

(2) 标识

一般用文字或数字表示电位器的型号、品种、额定功率、标称阻值、允许误差、轴长及轴端形式等,电位器标识如图 1-7 所示。图 1-6 电位器的电路符号

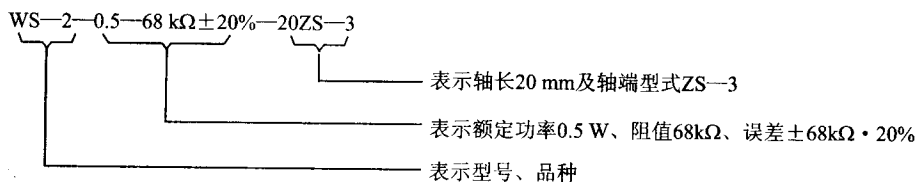
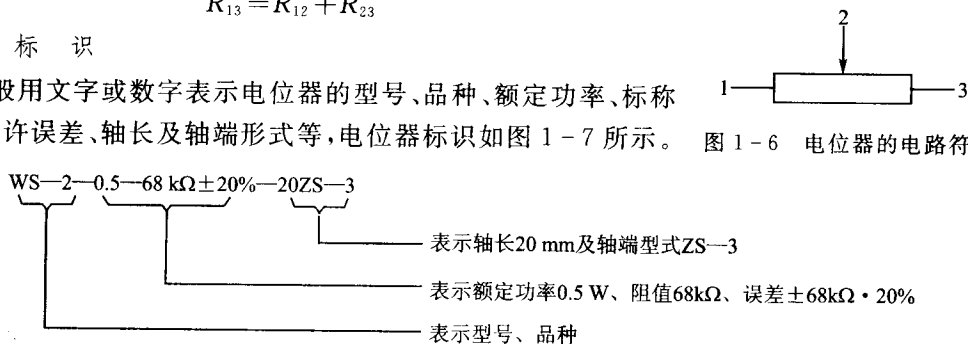


图 1-7 电位器的标识

4. 电位器的简易测试

电位器在使用过程中,由于旋转频繁而容易发生故障。这种故障表现为噪声、声音时大时小、电源开关失灵等。可用万用表来检查电位器的质量。

(1) 测量电位器 1、3 端的总电阻是否符合标称值

把表笔分别接在 1、3 之间,看万用表读数是否与标称值一致。

(2) 检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好

用万用表的欧姆挡测 1、2 或 2、3 两端,慢慢转动电位器,阻值应连续变大或变小,若有阻值跳动则说明活动触点有接触不良的故障。

(3) 测量开关电位器的好坏

对带有开关的电位器,检查时可用万用表 $R \times 1$ 挡测“开关”两焊片间的通断情况是否正常。旋转电位器的轴柄,使开关一“开”一“关”,观察万用表指针是否“通”或“断”。要“开”、“关”多次,并观察是否每次都反应正确。若在“开”的位置,电阻不为零,说明内部开关触点接触不良;若在“关”的位置,电阻值不为无穷大,说明内部开关失控。

(4) 检查外壳与引脚的绝缘性

将万用表拨至 $R \times 10k$ 挡,一表笔接电位器外壳,另一表笔逐个接触每一个引脚,阻值均应为无穷大;否则,说明外壳与引脚间绝缘不良。

5. 电位器使用

使用电位器时应注意以下几点:

1) 各类电子设备中,设置电位器的安装位置比较重要,如需要对电位器经常进行调节,电位器轴或驱动装置应装在不需拆开设备就能方便调节的位置。

微调电位器放在印制电路板上可能会受到其他元件的影响。例如,把一个关键的微调电位器靠近散发较多热量的大功率电阻边,这样安装是不合适的。

电位器的安装位置与实际的组装工艺方法也有一定的关系。各种微调电位器可能散布在给定的印制电路板上,但是只有一个入口方向可进行调节。因此,设计者必须精心地排列所有的电路元件,使全部微调电位器都能沿同一入口方向加以调节而不致受到相邻元件的阻碍。

2) 用前进行检查。电位器在使用前,应用万用表测量其是否良好。

3) 正确安装。安装电位器时,应把紧固零件拧紧,使电位器安装可靠。由于经常调节,若电位器松动变位,与电路中其他元件相碰,会使电路发生故障或损坏其他元件。特别是带开关的电位器,开关常常和电源线相连,引线脱落与其他部位相碰,更易发生故障。在日常使用中,若发现松动,应及时紧固,不能大意。

4) 正确焊接。像大多数电子元件一样,电位器在装配时如果在其接线柱或外壳上加热过度,则易损坏。

5) 使用中必须注意不能超负荷使用,尤其是终点电刷。

6) 任何使用电位器调整的电路,都应注意避免在错误调整电位器时造成某些元件有过电流现象。最好在调整电路中串入固定电阻,以避免损坏其他元件。

7) 正确调节使用。当调节电位器的几率很高时,如收音机、电视机等由于调节频繁,在使用中应注意调节时用力均匀,带开关的电位器不要猛拉猛关。

8) 修整电位器特别是截去较长的调节轴时,应夹紧转轴后再截短,避免电位器主体部位受到损坏。

9) 避免在湿度大的环境下使用,因为传动机构不能进行有效的密封,潮气会进入电位器内。

1.1.3 电容器

电容器是由两个金属电极中间夹一层绝缘材料(介质)构成的。它是一种储存电能元件,在电路中具有交流耦合、旁路、滤波和信号调谐等作用。

1. 电容器的种类

电容器按结构可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器;按介质可分为空气介质电容器、固体介质(云母、陶瓷、涤纶等)电容器及电解电容器;按有无极性可分为有极性电容器和无极性电容器。常见电容器的外形及电路符号如图1-8所示。