

21 世纪普通高等教育规划教材

电子线路实习 指导教程

徐 敏 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪普通高等教育规划教材

电子线路实习指导教程

主 编 徐 敏
参 编 吴 波 倪耀明 华柏兴
主 审 胡建萍



机械工业出版社

本书是一本为工科类电子、计算机、通信、机械工程及自动化专业开设“电子线路实习”实践环节必修课程的教材,也是喜欢动手制作的电子技术爱好者一本十分有益的实践参考书。

全书分为上、下两篇。上篇主要介绍电子线路中常用元器件的外形特征、选用方法及使用注意事项等。下篇主要介绍实习内容及常用仪器的使用方法和焊接的基本技术,其中包括基本技能训练实验6个,课程实验综合技能训练16个,以及根据实习内容掌握8种常用仪器的使用方法。

本书编排的实验以基础的电子线路为主体,注重培养学生的实践动手能力,通过掌握实习内容而了解电子元器件的性能、电路的原理及仪器的使用,掌握电路的基本制作,为将来走向工作岗位打下一个良好的基础。本书将实践与实际有效地融合起来,体现了时代特色,是非常实用的一本教科书,可作为高等学校实践环节的教材,也可作为各大专院校有关专业的教学参考书,并可供无线电爱好者自学使用。

图书在版编目(CIP)数据

电子线路实习指导教程/徐敏主编. —北京:机械工业出版社, 2006.1

21世纪普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-17798-3

I. 电... II. 徐... III. 电子线路—高等学校—教学参考资料
IV. TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第128316号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:贡克勤 版式设计:冉晓华 责任校对:樊钟英

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京蓝海印刷有限公司印刷

2006年1月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·17印张·420千字

定价:22.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

前 言

电子技术是一门实践性很强的技术科学。我们依照“开放性电子线路实习课程大纲”和教学、实践的需要,编写了这本电子线路实习指导教程。

电子线路实习是工科类专业的一门实践环节的必修课,面向的专业有电子信息、通信工程、机械工程及自动化、计算机应用及软件学院的不同专业的学生。

电子线路实习的一个重要特点就是培养学生的实践动手能力和创新能力,尤其是开放性电子线路实习,打破了实验室教学过程中教学空间和教学时间的限制,为学生提供了更多的动手操作和创新思考方面的条件,积极引导和鼓励学生自主研究、合作交流、动手操作和创新思考,提高学生综合素质能力。开放教育的教学模式,是培养创新人才的重要途径,也是工科类专业学校实践教学的发展方向。

通过本教材的学习可以系统化地辅导学生实践环节的电子线路实习。教材在结构、形式上都是比较丰富的,从内容上分为上、下篇两部分,从电子元器件的认识到的元器件的实用性以及电子元器件的使用及各实验项目内容的侧重点,均具有一定的特色。

一、每个基本技能实验按结构、原理、故障检测三个层次进行概述,以适应不同专业、不同学时、不同层次对学生的实践能力培养。

二、内容比较新,根据实验内容学生可掌握电子线路基本制图方法和仪器的使用方法,在实验手段上与计算机应用密切结合起来。

三、课程实验与实际紧密联系,实用性强,给出设计思路、原理框图和主要参考元器件,便于选用。

本教材突出体现了电子技术实践性强的特点,是比较适合开设该课程的各本科及高职高专院校学生以及社会上无线电爱好者使用。

参加本书编写的是:杭州电子科技大学电子信息学院徐敏(第1章~第10章、附录),吴波(第11章、第14章),倪耀明(第12章、第13章),华柏兴、徐敏(第15章)。徐敏任主编,负责全书的组织统稿和定稿。

本教材的编写凝聚了参编教师 and 主审的辛勤劳动,除参编教师外,在本书的编写过程中朱瑾、温兴双在图片的绘制和处理中付出了辛勤的劳动,在这本教材出版之际,谨向他们及帮助本教材成功编写的所有教师表示感谢。

电子技术日新月异,教学改革任重道远,由于我们水平有限,书中难免存在不足和差错之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年8月

目 录

前言

上篇 电子线路常用元器件 (外形特征 选用方法 使用注意事项)

第1章 电阻 3	4.2.3 晶体三极管的主要参数..... 38
1.1 电阻的特性..... 3	4.2.4 晶体三极管的检测及选用..... 39
1.2 电阻的分类及其符号..... 3	4.3 场效应晶体管..... 40
1.3 电阻器的标志方法..... 4	4.3.1 场效应晶体管的结构与分类..... 40
1.4 电阻器的主要性能参数、检测及选用..... 6	4.3.2 场效应晶体管的主要参数..... 40
1.5 电阻在电路中的作用..... 6	4.3.3 场效应晶体管的检测及选用..... 41
1.6 电位器..... 7	4.4 单向晶闸管..... 42
1.7 特殊电阻..... 9	4.4.1 单向晶闸管的结构及等效电路..... 42
第2章 电容 12	4.4.2 单向晶闸管的伏安特性..... 42
2.1 电容的特性..... 12	4.4.3 单向晶闸管的主要参数..... 43
2.2 电容器的分类及其符号..... 12	4.4.4 单向晶闸管的检测及选用..... 43
2.3 电容器的性能参数..... 15	4.5 双向晶闸管..... 44
2.4 电容器的串、并联及其作用..... 16	4.5.1 双向晶闸管的结构及伏安特性..... 44
2.5 电容器的检测、选用与更换..... 17	4.5.2 双向晶闸管的检测及选用..... 46
第3章 电感 19	4.6 双向触发二极管..... 46
3.1 电感线圈..... 19	第5章 电声、开关器件 48
3.2 变压器..... 21	5.1 电声器件..... 48
第4章 晶体管 25	5.2 开关、继电器..... 50
4.1 二极管..... 25	第6章 数码管 54
4.1.1 二极管型号的命名方法..... 25	6.1 LED数码管..... 54
4.1.2 二极管的结构与分类..... 26	6.2 LED数码管的驱动方法..... 56
4.1.3 二极管的特性和主要参数..... 27	第7章 集成电路 58
4.1.4 整流、检波二极管..... 29	7.1 集成电路的特点..... 58
4.1.5 开关二极管..... 29	7.2 集成电路引脚排列的识别..... 59
4.1.6 1N系列玻封/塑封整流二极管..... 30	7.3 三端集成稳压电源..... 61
4.1.7 稳压、变容二极管..... 31	第8章 贴片元件的使用 63
4.1.8 发光、电压型发光二极管..... 33	8.1 片状元件的特点..... 63
4.2 晶体三极管..... 35	8.2 片状元件的种类..... 63
4.2.1 晶体三极管的结构与分类..... 35	习题..... 67
4.2.2 晶体三极管的伏安特性..... 36	

下篇 实习内容及常用仪器的使用

第9章 电子节能灯 Protel 印制电路板的设计与制作 71	9.1.1 电子节能灯电路原理图设计..... 71
9.1 电路原理图的设计..... 71	9.1.2 元器件的创建..... 82
	9.2 网络表的产生..... 84

9.3 印制电路板的设计	86	14.11 高品质多媒体有源音箱制作	209
9.4 电子节能荧光灯结构	100	14.12 单片机控制的镍镉、镍氢电池充电器	211
9.4.1 电感镇流器式荧光灯	102	14.13 电子灭蚊拍的制作	212
9.4.2 电子镇流节能荧光灯	105	14.14 用 89C551 制作的定时报警器	213
9.5 电子节能荧光灯镇流器原理	109	14.15 多功能视力保护器	216
9.6 紧凑型电子节能灯装配与故障分析	117	14.16 音乐循环彩灯控制器	218
习题	127	第 15 章 常用电子仪器的使用	221
第 10 章 MF50 型指针式万用表	129	15.1 CS-4125A 型双踪示波器	221
10.1 MF50 指针式万用表结构	129	15.1.1 主要技术指标	221
10.2 MF50 型指针式万用表测量原理	131	15.1.2 前后面板各开关旋钮名称和功能介绍	221
10.3 MF50 型指针式万用表装配与故障分析	143	15.1.3 操作使用方法	225
习题	145	15.2 QT2 型晶体管特性图示仪	229
第 11 章 有源音箱电路制作	146	15.2.1 主要技术指标	229
11.1 有源音箱电路结构	146	15.2.2 前后面板各开关旋钮名称和功能介绍	231
11.1.1 功率放大器基本电路形式	147	15.2.3 操作使用方法	234
11.1.2 功率放大器附属电路	152	15.3 TH2817 型 LCR 数字电桥	239
11.2 有源音箱内置音频放大器电路原理	159	15.3.1 主要技术指标	239
11.3 有源音箱装配与故障分析	162	15.3.2 仪器前后面板各装置名称及功能介绍	240
习题	171	15.3.3 操作使用方法	242
第 12 章 带记忆调光台灯电路制作	172	15.4 交流毫伏表	247
12.1 LS723X 系列调光集成电路结构	172	15.4.1 SX2172 型交流毫伏表	247
12.2 调光集成电路原理	175	15.4.2 AS2294D 型双通道交流毫伏表	247
12.3 调光台灯装配与故障分析	183	15.5 YB1638 函数信号发生器	251
习题	183	15.5.1 面板功能介绍	251
第 13 章 HZIEE-1 电池充电器电路制作	184	15.5.2 操作使用方法	252
13.1 HZIEE-1 充电器电路结构	184	15.6 DF1731 型直流稳压电源	253
13.2 HZIEE-1 充电器电路原理	187	15.6.1 主要技术指标	253
13.3 HZIEE-1 充电器装配与故障分析	192	15.6.2 面板功能介绍	254
习题	193	15.6.3 操作使用方法	255
第 14 章 课程实验	194	15.7 PF9810A 型电子镇流器节能灯输入特性分析仪	255
14.1 家庭防盗“电子狗”	194	15.7.1 面板功能介绍	255
14.2 自制“叮咚”门铃	196	15.7.2 操作使用方法	256
14.3 实用应急照明灯	198	15.8 DO30-I 型三用表校验仪	257
14.4 并机电话呼叫器	199	15.8.1 面板功能介绍	257
14.5 简易无线话筒	200	15.8.2 操作使用方法	258
14.6 简易红外线无线耳机	201	附录 焊接技术	261
14.7 简单易制的 FM 发射器	202	参考文献	266
14.8 灵巧的小型电视信号发射机	204		
14.9 袖珍调频立体声收音机	206		
14.10 有源音视频分路器	208		

上 篇

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

上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，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，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 叫做物体的电阻率，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。银、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；而有些合金如锰白铜（亦称康铜）、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 $\rho / \mu\Omega \cdot m^{-1}$
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。相同材料制成的导体，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，其电阻随着温度的升高而增大；对石墨和碳等非金属材料，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）反应敏感的电阻器。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

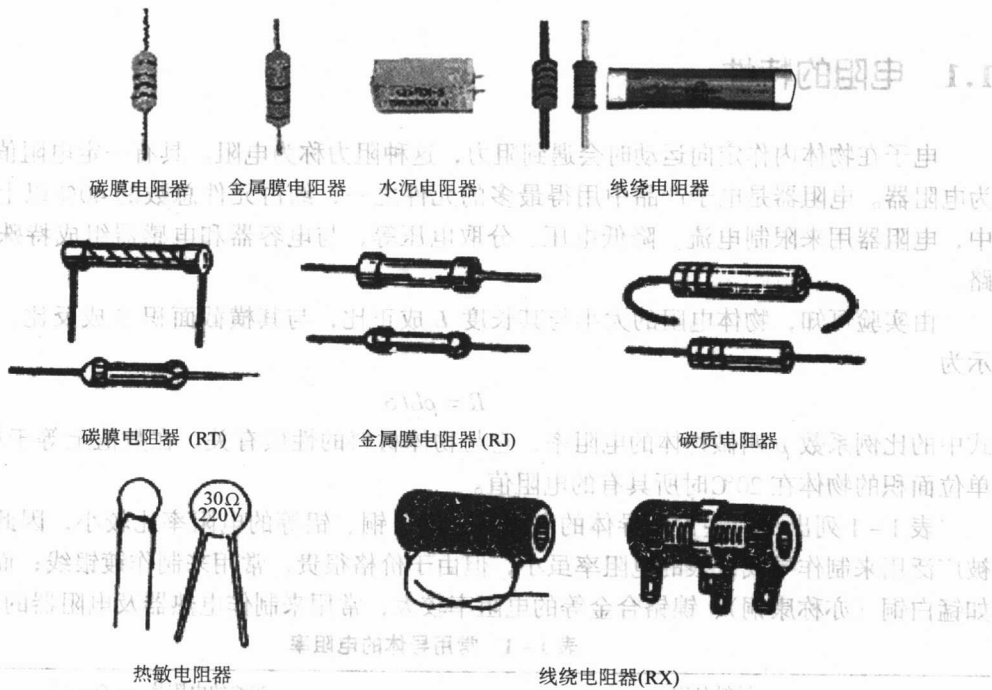


图 1-2 常用电阻器的外形

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/ $10^n \Omega$ (n 为整数)
E_{24}	± 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
E_{12}	± 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
E_6	± 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 3 种标志法：

(1) 直标法 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 1-3a 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 用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合起来标志在电阻元件表面上的一种方法。如图 1-3b 所示的电阻器为金属膜电阻器，额定功率为 0.5W，阻值为 5.1kΩ，误差为 ±5%。

(3) 色标法 用不同的颜色带或点在电阻器表面标出标称阻值和允许误差的方法。如图 1-4 所示为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。

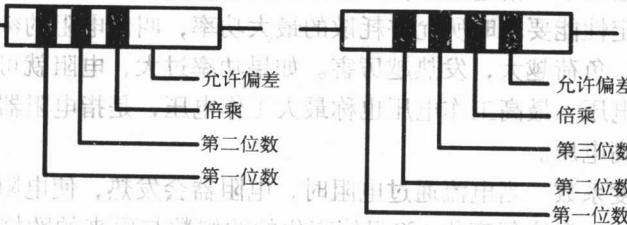


图 1-4 色带位置的含义

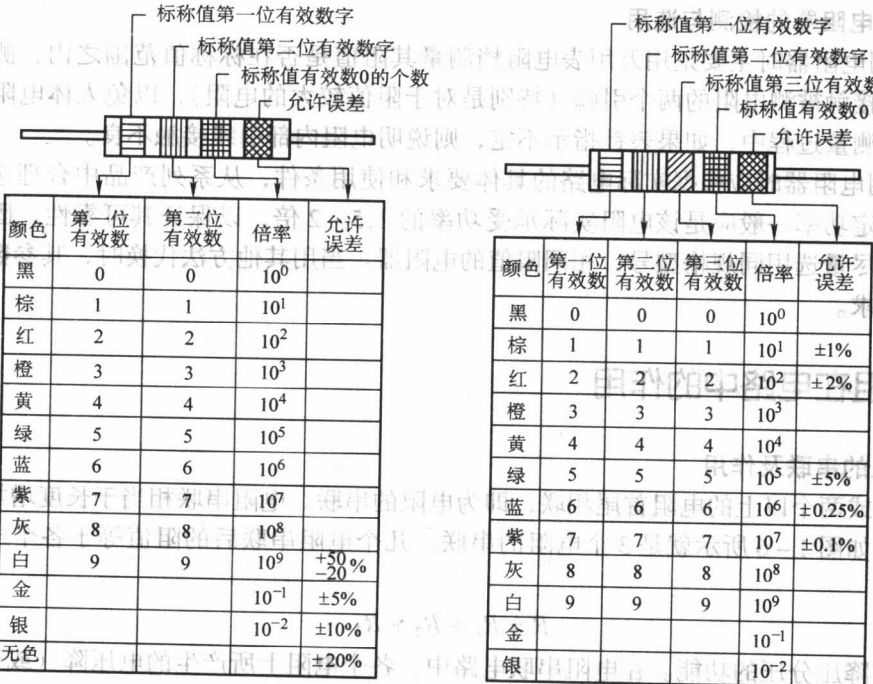


图 1-5 电阻的阻值与误差的色标读取法

(4) 电阻的允许误差 实际阻值与标称阻值的差值除以标称阻值所得的百分数即为电阻的允许误差。一般电阻的误差可分为:

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)

1.4 电阻器的主要性能参数、检测及选用

1. 电阻的主要性能参数

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 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, 叫做电阻的额定功率。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而烧坏。

(2) 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, 就叫做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。

2. 固定电阻器的检测与选用

1) 检测电阻器时主要是用万用表电阻档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。

2) 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。固定电阻器的更换, 尽量选用同规格型号, 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. 电阻的串联及作用

把两个或两个以上的电阻首尾相联, 即为电阻的串联。电阻串联相当于长度增加, 使总阻值增大, 如图 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

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

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。

$$U_1 (R_1 \text{ 上的分压}) = U \times R_1 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$U_2 (R_2 \text{ 上的分压}) = U \times R_2 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$U_3 \text{ (} R_3 \text{ 上的分压)} = U \times R_3 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

2. 电阻的并联及作用

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。如图 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

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = U/R_1 + U/R_2 + U/R_3 = U(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

$$R = U/I = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)$$

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功率之和。如果不同阻值的电阻串、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

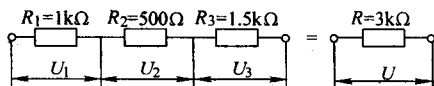


图 1-6 电阻的串联

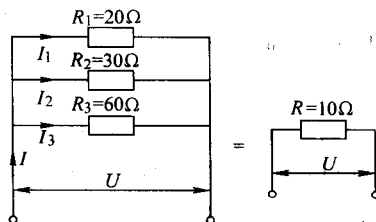


图 1-7 电阻的并联

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

而每只电阻消耗的功率分别为

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

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

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. 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。

这种电位器是用碳黑和树脂的混合物涂在马蹄形胶板上制成电阻片, 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”在电阻片的旋转， 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成线性关系。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。

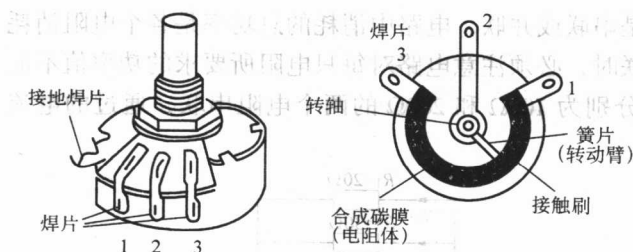


图1-8 碳膜电位器的外形与内部结构

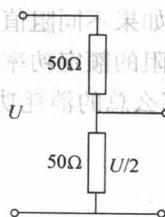


图1-9 电位器分压式的连接方法

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。阻值变化正好与Z型相反，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。

2. 电位器的种类

常见的电位器除碳膜电位器外，还有线绕电位器、多圈电位器与多圈微调电位器。外形如图1-10所示。

线绕电位器可做成精密型、多圈型、功率型和特殊函数型等，主要用于高精度或大功率电路中。由于它的电感量大，不宜用于高频电路中。线绕电位器的结构如图1-11所示。

一般的电位器都是单圈电位器，它的活动臂只能在不到 360° 的范围内旋转；而多圈电位器的滑动臂可以从一个极端位置到另一个极端位置。转轴每旋转一圈，滑动臂原触点在电阻丝上改变的距离很小，这种电位器主要用在需精密调节的电路中。多圈微调电位器多用于需精密微调的电路中，如彩色电视机中的频道预选电位器。多圈电位器示意图和多圈微调电位器示意图分别如图1-12、图1-13所示。

3. 电位器的检测与选用

(1) 电位器的检测 检测电位器时，首先用万用表上合适的电阻档测量电位器的阻值，看其阻值与标称值是否相符。然后再测量与电刷相连的一端和电位器的任一固定端，并缓缓调节电位器，如果指针移动平稳，没有跳动现象，表示电位器的电阻良好，动接点接触可靠。对于带开关的电位器，还要用万用表检测开关是否可靠，如果每次通断开关，万用表指针动作迅速，且开关声音清晰，则电位器开关正常。

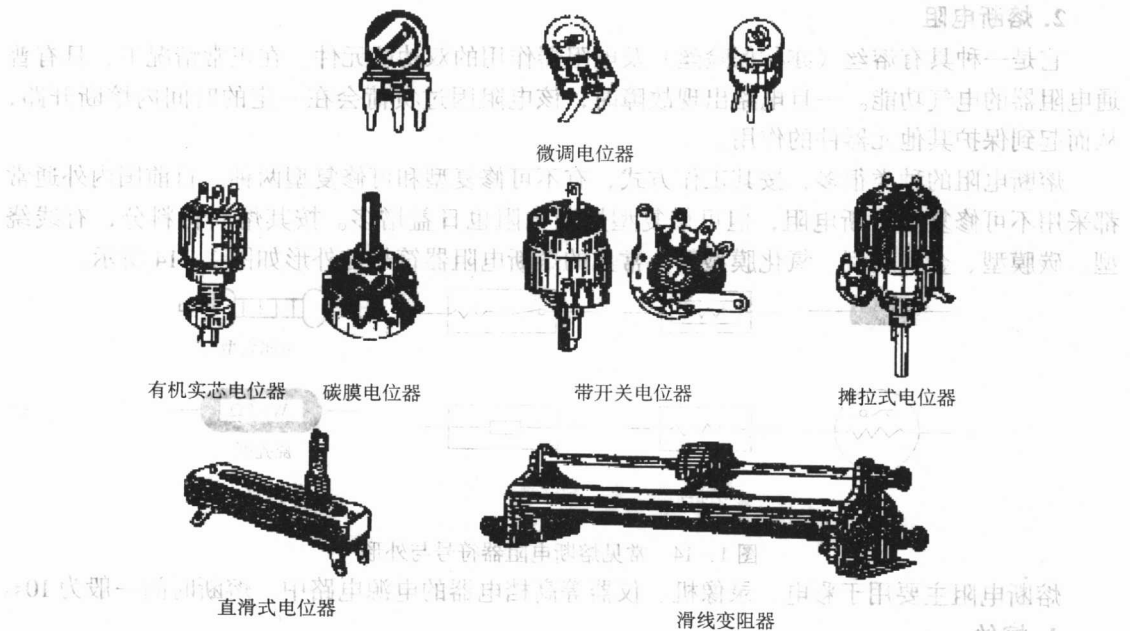


图 1-10 常见电位器的外形图

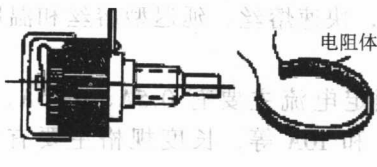


图 1-11 线绕电位器结构

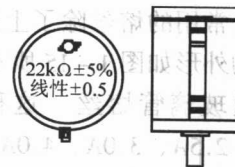


图 1-12 多圈电位器示意图

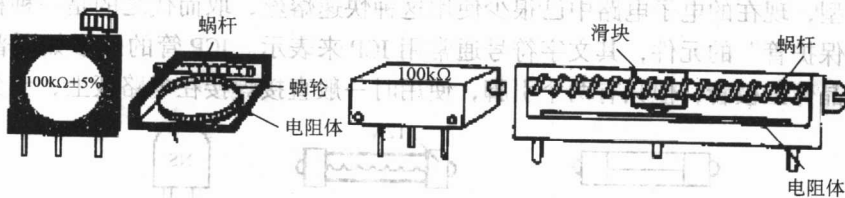


图 1-13 多圈微调电位器示意图

(2) 电位器的选用 应根据实际电路要求, 参照标准的规定, 确定电位器的结构和调节方式、技术性能、电阻规律, 同时选用的电位器在整个调节范围内还要满足功率的要求, 并留有一定的余量。更换电位器时应遵循同规格、同型号、同阻值的原则。

1.7 特殊电阻

除上述电阻外, 还有一些特殊用途的电阻。

1. 水泥电阻

它是一种陶瓷绝缘的功率型线绕电阻, 广泛应用于计算机、电视机、仪器、仪表中。

2. 熔断电阻

它是一种具有熔丝（亦称保险丝）及电阻器作用的双功能元件。在正常情况下，具有普通电阻器的电气功能。一旦电路出现故障时，该电阻因过负荷会在一定的时间内熔断开路，从而起到保护其他元器件的作用。

熔断电阻的种类很多，按其工作方式，有不可修复型和可修复型两种。目前国内外通常都采用不可修复型熔断电阻，但可修复型熔断电阻也日益增多。按其熔断材料分，有线绕型、碳膜型、金属膜型、氧化膜型等，常见的熔断电阻器符号与外形如图 1-14 所示。

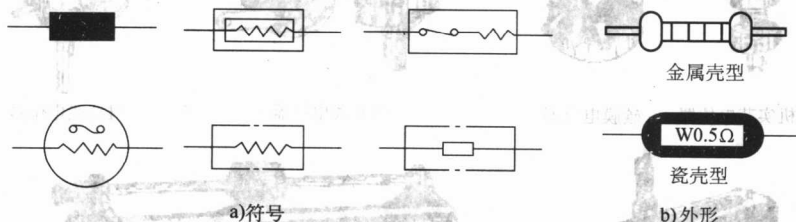


图 1-14 常见熔断电阻器符号与外形

熔断电阻主要用于彩电、录像机、仪器等高档电器的电源电路中，熔断时间一般为 10s。

3. 熔丝

熔丝的作用是在电路过载（电流过大或温度过高等）时自动熔断，保护相关的元器件，以防其损坏。常用的熔丝除了上述外，还有普通熔丝，快速熔丝、延迟型熔丝和温度熔丝等，各熔丝的外形如图 1-15 所示。

(1) 普通玻璃管熔丝 这种熔丝应用广泛，额定电流主要有 0.5A、0.75A、1.0A、1.5A、2.0A、2.5A、3.0A、4.0A、5.0A、6.0A、8.0A 和 10A 等，长度规格主要有 18mm、20mm、22mm 等。

(2) 快速熔丝 快速熔丝的主要特点就是熔断时间短，适宜要求快速切断电路的场合。多为玻璃管型，现在的电子电路中已很少使用这种快速熔丝，取而代之的是一种称为“集成电路过电流保护管”的元件，其文字符号通常用 ICP 来表示。ICP 管的外形如同普通塑料封装的小功率晶体三极管，但只有两个引脚，使用时一般直接焊接在电路板上，十分方便。

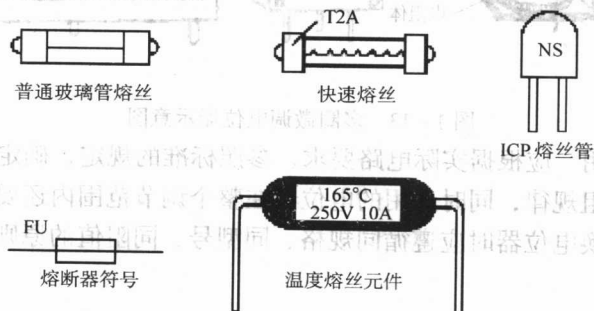


图 1-15 各熔丝外形图

(3) 延迟型熔丝 延迟型熔丝的特点是能承受短时间大电流（涌浪电流）的冲击，而在电流过载超过一定时限后能可靠地熔断。这种熔丝主要用在开机瞬时电流较大的电子整机（开机电流往往达到正常工作电流的 5~7 倍）中，如彩电中就广泛使用了延迟型熔丝，其规

格主要有 2A、3.15A、4A 等。延迟型熔丝常在电流规格之前加字母 T，如 T2A、T3.15A 等，可区别于普通熔丝。

(4) 温度熔丝 这种元件通常安装在易发热的电子整机的变压器、功率管、电吹风、电饭锅等电路中。当机件因故障发热，温度升高超过允许值时，温度熔丝会自动熔断，以切断电源，从而保护了相关元器件。

4. 热敏电阻

它是一种电阻值对温度非常敏感的电阻器。热敏电阻在电子电路中作温度补偿用，在温度测量电路中作温度传感器用。在家用电子产品中使用的大多是负温度系数热敏电阻器，即阻值随温度上升而下降。

5. 压敏电阻

压敏电阻是一种“在一定电流电压范围内电阻值随电压发生变化的电阻器”随着电压发生几倍的变化，电阻值可从数兆欧变到 0.1Ω ，电阻值和流过的电流对电压很敏感。压敏电阻是一种非线性电阻器；目前流行的压敏电阻器是以氧化锌为主体的半导体陶瓷器件。

6. 检测与选用

热敏电阻可用万用表电阻档粗略检测将电阻器接入万用表，用手捏住电阻体加温，如果阻值下降 2%~5%，则可判定该电阻基本正常；熔断器具有电阻器和熔丝的双重功能，其检测方法与普通电阻器相似；压敏电阻器当其两端电压低于压敏电压时，呈现高阻状态，因此，一般我们用万用表 $R \times 10$ 档测量时，其阻值为无穷大。

因为热敏电阻在电子电路中作温度补偿用，在温度测量电路中作温度传感器用，所以更换时应保证同参数；熔断器烧断后，应先查明原因，再用同型号、同规格的更换；使用压敏电阻器时，压敏电压值必须低于被保护对象的击穿电压，更换时应按同规格、同型号更换。