

● 大学理工科教学、实习通用教材

电子技术

实习教程

严一白 主编 姚 勤 主审

上海交通大学出版社

大学理工科教学、实习通用教材

电子技术实习教程

		严一白	主 编
王家伟	蒋荣龙	陈方泉	副主编
		姚 勤	主 审

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书共分七章,第一章主要介绍元器件(电阻器、电容器、电感器、半导体、半导体分立器件、集成电路和片状元器件)的原理、型号命名、分类和应用,第二章主要介绍安全生产、电子产品的焊接和装配工艺,第三章主要介绍电子产品的标准化,第四章主要介绍电子产品技术图的绘制,第五章主要介绍收音机、万用电表的原理和调试,第六章主要介绍电子仿真设计软件(EDA)系统,第七章主要介绍计算机辅助电子设计软件(Protel 99 SE)系统。学生通过对本书的学习,能完全独立自主地进行一些电子模块的设计。

本书是大学理工科学生电子实习的课堂教学和实践教学教材,也可作为电子工程技术人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实习教程/严一白主编. —上海:上海交通大学出版社,2004

ISBN7-313-03643-4

I. 电... II. 严... III. 电子技术—实习—高等学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 011890 号

电子技术实习教程

严一白 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:张天蔚

太仓市印刷有限公司 印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:13.75 字数:336 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

印数:1~5 800

ISBN7-313-03643-4/TN·122 定价:20.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

电子技术是一门实践性很强的学科。大多数学生总觉得在学习过程中缺少从理论到实践的感性认识,书中理论知识学了不少,但在社会实践中碰上诸如电子设计、检修及仪器仪表操作时,却因无感性认识,使问题无法解决。为了解决这一问题,各高校纷纷创办了电子实习教育,并开始培训学生由电子实践基础理论到实际操作的全过程。

近十多年,电子工业飞跃发展,原来的教科书已不能满足 21 世纪培养应用型本科学生的需要,这就需要编写一本适合当前大学理工科学生电子实习的教材,而本书就是在这种形势下编写的。在编写时对原教科书进行了较大的改动和更新,一是注重实际应用中较常用的知识,二是注重当今计算机电子仿真设计软件(EDA 系统、Protel 99SE 系统)的实际应用。务求使学生在整个实习培训过程中掌握这些知识,培养学生的综合能力,使学生在踏上社会的同时不但能适应社会,而且更具有竞争力。

本书内容深入浅出,较全面地介绍了电子技术中的一系列典型知识,并将实习内容与其相应的理论知识做了较详尽的介绍。本书注重基本理论及技能培训,涉及知识面宽,能使学生较充分地掌握丰富的理论知识和感性认识。

本书由严一白主编,王家伟、蒋荣龙、陈方泉任副主编,姚勤主审。第一章由严一白、赵耀华、周兰珍、倪彦芬编写,第二章由严一白编写,第三章由王家伟、赵耀华编写,第四章由陈方泉编写,第五章由李颖芝、严一白、蒋荣龙、周兰珍编写,第六章由赵耀华、谢根发编写,第七章由李颖芝编写。书中的插图由严一白、李颖芝、赵耀华绘制。

本书在编写过程中,参考了有关教材、手册、资料,并得到鞠鲁粤教授的协助和精心指导,在此表示诚挚的谢意!

书中难免有错误和不妥之处,还望读者批评指正。

编 者

2004 年 1 月

目 录

1 电子产品常用元器件	1
1.1 电阻器	1
1.2 电容器	10
1.3 电感器	19
1.4 电声器件	21
1.5 变压器	25
1.6 半导体器件	32
1.7 集成电路	41
1.8 表面安装元器件	44
2 电子产品生产工艺	46
2.1 安全生产	46
2.2 电子产品生产的基本知识	49
2.3 电子产品生产工艺	53
3 电子产品标准化与技术文件	71
3.1 企业标准化的地位和作用	71
3.2 标准的级别和类别	73
3.3 设计文件	76
3.4 产品说明书	81
3.5 产品鉴定文件	82
3.6 ISO 9000 系列质量标准简介	84
3.7 质量体系文件化	86
4 电气制图的基本知识	91
4.1 电气制图的基本常识	91
4.2 电气制图的一般规则	93
4.3 系统图和框图的绘制	98
4.4 电路图的绘制	99
4.5 逻辑图的绘制	102
5 收音机和万用表的安装与调试	106
5.1 收音机的安装与调试	106

5.2 万用表的安装与调试	120
6 电子设计自动化	129
6.1 EWB 的基本界面	129
6.2 EWB 的基本操作	137
6.3 仪器仪表的使用	140
6.4 基本分析方法	146
6.5 文件打印及示例电路图	150
7 Protel 99 SE	152
7.1 Protel 99 SE(SCH)电原理图设计	152
7.2 Protel 99 SE(PCB)印制电路板设计	185
参考文献	212

1 电子产品常用元器件

随着我国电子工业的不断发展,电子元器件的品种、规格越来越多,而电子产品的性能优劣,不仅与电路的设计、结构和工艺水平有关,而且与正确选用电子元器件有很大关系,因此对常用电子元器件的结构、特点、使用方法及注意事项等基本知识应有所了解。

常用电子元件包括电阻器、电容器、电感器、开关、接插件等。

常用电子器件包括晶体二极管、晶体三极管、集成电路、厚膜电路和电子管。

1.1 电阻器

1.1.1 概述

各种材料的物体对通过它的电流具有一定阻力,这种阻碍电流的作用叫做电阻。

具有一定阻值、几何形状、技术性能的,专在电路中起电阻作用的元件叫做电阻器(简称电阻)。电阻是组成电路的基本元件之一,也是最常用的电子元件。它用来稳定和调节电流、电压,用作分流器、分压器;与电容器配合作滤波器;在电源中用作退耦电阻;确定晶体管工作的偏置电阻;用作稳压源中的取样电阻。

电阻用符号 R 表示,其数值等于加在电阻器上的电压 U 与通过的电流 I 的比值,即

$$R = U/I$$

电阻的基本单位为欧姆(Ω),为便于识别和计算,也常以千欧姆($k\Omega$)、兆欧姆($M\Omega$)为单位。它们的关系为:

$$1M\Omega = 10^3 k\Omega = 10^6 \Omega$$

1.1.2 电阻器型号命名及填写示例

1.1.2.1 电阻器型号命名方法(见表 1-1)

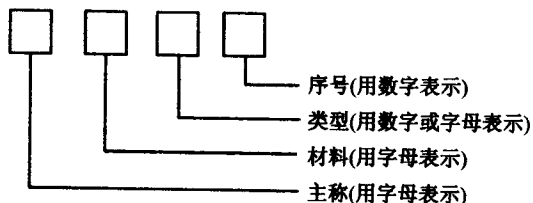


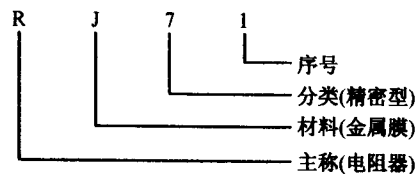
表 1-1 电阻器型号命名方法

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:分类		第四部分:序号
字母	含义	字母	含义	符号	产品类型	常用个位数 或无数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通型	
W	可变电阻器	H	合成膜	2	普通型	
		S	有机实芯	3	超高频	
		N	无机实芯	4	高阻	
		J	金属膜	5	高阻	
		Y	金属氧化膜	6	—	
		C	化学沉积膜	7	精密型	
		I	玻璃釉膜	8	高压型	
		X	线绕	9	特殊型	
				G	高功率	
				W	微调	
				T	可调	
				D	多圈	

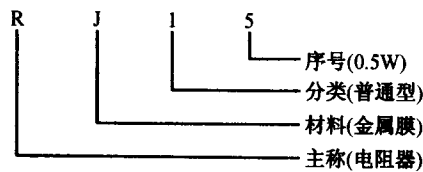
注:常用的金属膜普通电阻器型号命名中第四部分数字代号意义见下表:

型 号	RJ13	RJ14	RJ15	RJ24	RJ25
额定功率(W)	1/16	1/4	1/2	1/4	1/2

例 1:RJ71 精密金属膜电阻器



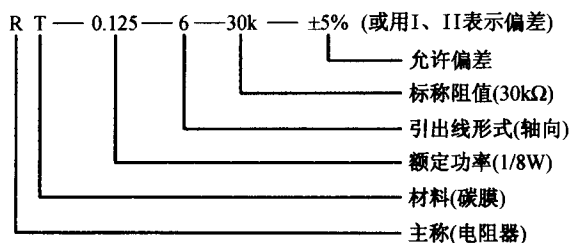
例 2:RJ15 普通型金属膜电阻器



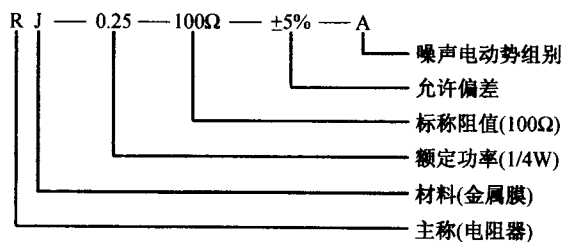
1.1.2.2 电阻器填写示例

在电阻器生产的工艺单、明细表及商店标牌上,常用下列方法填写电阻器的型号规格。

例 1:



例 2:



1.1.3 电阻器分类

电阻器按其阻值能否调节,可分为固定电阻器、可变电阻器和半可变电阻器(微调电阻器)三大类。其中,固定电阻器使用广泛,品种繁多,还可按图 1-1 所示进行细分。

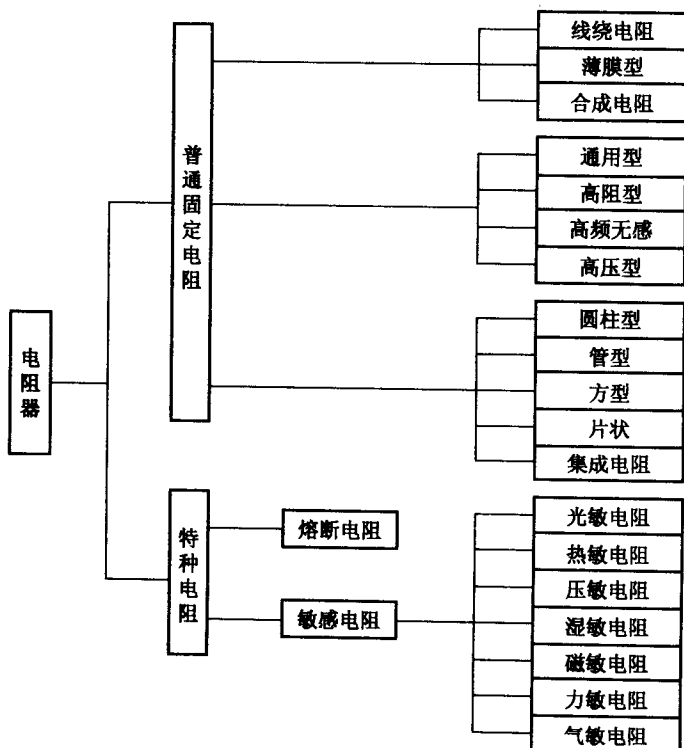


图 1-1 电阻器分类

1.1.4 电阻器图形符号

电阻器的图形符号如图 1-2 所示。

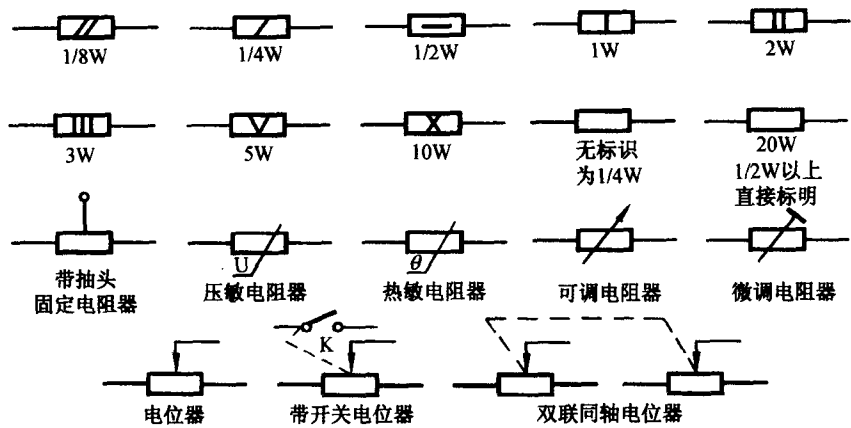


图 1-2 电阻器图形符号

1.1.5 电阻器主要参数

1.1.5.1 标称阻值和允许偏差

一个电阻器,其所标注的阻值叫标称阻值。

为便于工厂的商品化、规模化生产,并能满足用户的使用要求,工业产品必须按一定规律进行设计和生产,也就是使产品规格化,即对同一种类产品的主要参数、尺寸等科学地予以安排和规划。如电阻器的阻值、电容器的容量、电感器的电感量等元件规格,都是按特定的数列提供的,这个数列被称为优先数系。

电阻器的标称(阻)值主要采用 E 数系,它有三个普通系列 E6、E12、E24,还有三个精密系列 E48、E96、E192,其中最常用的是 E6、E12、E24,相应的标称值见表 1-2。

表 1-2 电阻器、可变电阻器、电容器标称值系列

标称值系	精度	标 称 值
E6	±20%	1.0,1.5,2.2,3.3,4.7,6.8
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
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

注:表中数值再乘以 10^n (n 为正整数或负整数)。

电阻器的实际阻值与标称阻值的允许最大偏差范围叫电阻器的允许偏差,又称精度。

精度 $\delta = [(R - R_R) / R_R] \times 100\%$

式中, R_R 为标称阻值; R 为实际阻值。

一般来讲,精度高的电阻器温度系数小,阻值稳定性高。普通电阻对应于 E6、E12、E24 标称值的精度为 ±20%、±10%、±5%,精密电阻对应于 E48、E96、E192 标称值的精度为 ±2%、±1%、±0.5%。为便于称呼和选用,各级精度常用标准符号来代表,见表 1-3。

表 1-3 电阻器常用偏差的数值、精度等级和标准符号

允许偏差	$\pm 0.1\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\pm 30\%$
精度等级			005	01(或 00)	02(或 0)	I	II	III	
符号	B	C	D	F	G	J	K	M	N

1.1.5.2 额定功率

在交流或直流电路中,当大气压力为 $10 \pm 4\text{kPa}$ 和在产品标准所规定的温度下,电阻器能长期连续负荷,而不发生损坏所允许消耗的最大功率称为额定功率,单位为 W (瓦)。电阻器功率大小决定电阻器的外型尺寸,功率较大的电阻一般都将额定功率直接印刷在电阻器的表面上。

1.1.5.3 噪声电动势

由于电阻体内载流子密度的变化,在电阻器两端产生不规则的电位起伏,称为电阻器的噪声。通常用噪声电动势表示,其单位为 $\mu\text{V}/\text{V}$ 或 dB (分贝)。

固有噪声包含:热噪声和电流噪声两种。

低噪声电阻器有:金属膜、金属氧化膜、碳膜、线绕电阻器。

高噪声电阻器有:合成碳膜、实芯电阻器。

1.1.5.4 电阻温度系数

温度每变化 1°C 时,电阻值的相对变化量称为温度系数,其单位常以 $10^{-6}(\text{ppm})/^\circ\text{C}$ 表示。

$$\text{温度系数 } \alpha_t = (R_t - R_0) / [R_0(t - t_0)]$$

式中, R_t 为环境温度 t 时阻值; R_0 为参考温度 t_0 时阻值; α_t 值越大,电阻器的热稳定性就越差。

1.1.5.5 最高工作电压

电阻器长期工作而不发生过热、电击穿损坏问题的最高电压称为最高工作电压,又称极限电压。

1.1.5.6 绝缘电阻

电阻器的电阻体与电阻体外壳(或任何导电安装件)之间所测得的电阻值(一般为几十 $\text{M}\Omega$ ~几 $\text{G}\Omega$)称为绝缘电阻。

1.1.5.7 绝缘耐压

电阻器相互连接起来的两端引线与外壳(或绝缘层)或导体安装件之间所能承受的电压称为绝缘耐压(一般通用电阻的绝缘耐压为其最高工作电压的 1.5~2 倍)。

1.1.5.8 老化系数

老化系数是表示电阻器使用寿命长短的一个参数。在数值上等于电阻器在 P_R (额定功率)、 $U_{\max}$ (最高工作电压)下长期负载工作后,阻值相对变化的百分数。

老化系数越小,电阻器的使用寿命就越长。

1.1.5.9 电压系数

外加电压每改变 1V 时,电阻器阻值的相对变化量称为电压系数。电压系数

$$K_V = [(R_2 - R_1)/R_1(U_2 - U_1)] \times 100\%$$

式中, U_2 、 U_1 为不同的两个外加电压; R_2 、 R_1 为对应加压 U_2 、 U_1 时的阻值。

电阻器中,线绕电阻器电压系数最小;合成碳膜实芯电阻器电压系数最大。

1.1.5.10 高频特性

随工作频率的提高,电阻器本身的分布电感和分布电容所起的作用越来越明显。其高频等效电路如图 1-3 所示。

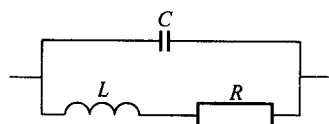


图 1-3 电阻器高频等效电路

1.1.6 固定电阻器标志方法

为了区分和准确选用电阻器,出厂时必须在电阻器表面上标明阻值、允许偏差等主要参数。常用标志方法有以下几种。

1.1.6.1 直接标志法

直接标志法(直标法)是将电阻器的主要参数直接印刷在电阻器表面上的一种标志方法。如图 1-4 所示。

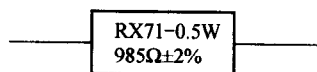


图 1-4 电阻器直标法

1.1.6.2 文字符号法

文字符号法是将电阻器的主要参数用数字和文字符号有规律地组合起来印刷在电阻器表面上的一种标志方法。其组合形式为:

整数部分 + 阻值单位符号(Ω 、k、M) + 小数部分 + 允许偏差

例: $2.2k\Omega \pm 5\%$ —— $2k2J$ (后面的 J 是允许偏差)

$4.7M\Omega \pm 10\%$ —— $4M7K$ (后面的 K 是允许偏差)

$7.5M\Omega \pm 20\%$ —— $7M5M$ (后面的 M 是允许偏差)

1.1.6.3 数码标志法

数码标志法是用三位数字表示阻值大小的一种标志方法。从左到右,第一、二位数表示该电阻器阻值的有效数字,而第三位则表示前两位有效数字后面应加“0”的个数(此处若为 9 则是特例,表示 10^{-1})。

例: 101—— 100Ω

472J—— 4700Ω ($4.7k\Omega$),允许误差 $\pm 5\%$

1.1.6.4 色环标志法

色环标志法(色标法)是用不同颜色的色环把电阻器的参数(阻值和允许偏差)直接标在表面上的一种标志方法。色环颜色与数字的对应关系参见表 1-4、1-5。

(1) 固定电阻器色环标志的两种形式:

a. 四环标志——适用于通用电阻器,有两位有效数字。

b. 五环标志——适用于精密电阻器,有三位有效数字。

(2) 色环电阻器的识别:要准确熟练地识别每一色环电阻器阻值大小和偏差大小,必须掌握以下几点:

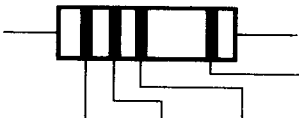
a. 熟记表中的色环与数的对应关系。

b. 找出色环电阻器的起始环,色环靠近引出线端最近一环为起始环(即第一环)。

c. 对于四环电阻器,只有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 两种允许偏差,所以只要有金或银色环的便是尾环(即第四环)。

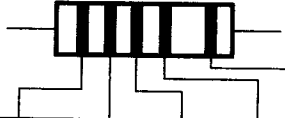
d. 对于五环色标电阻器,按上述(b)识别。

表 1-4 四环标志法



颜色	第一有效数	第二有效数	倍率	允许偏差
黑	0	0	10^0	
棕	1	1	10^1	
红	2	2	10^2	
橙	3	3	10^3	
黄	4	4	10^4	
绿	5	5	10^5	
蓝	6	6	10^6	
紫	7	7	10^7	
灰	8	8	10^8	
白	9	9	10^9	
金			10^{-1}	$\pm 5\%$
银			10^{-2}	$\pm 10\%$
无色				$\pm 20\%$

表 1-5 五环标志法



颜色	第一有效数	第二有效数	第三有效数	倍率	允许偏差
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	
白	9	9	9	10^9	
金				10^{-1}	
银				10^{-2}	

1.1.7 电阻器质量判别及选用

1.1.7.1 质量判别

先从外观上看电阻器的电阻体或引线是否折断或烧焦;若因内部或引线有毛病而导致接触不良时,可用手轻轻地摇动引线,应发现松动现象,用万用表测量时,会发现指针不稳定或电阻值超差。

1.1.7.2 选用原则

(1) 选用电阻器应根据整机的使用条件和电路中的具体要求。从电气性能到经济价值等方面综合考虑,不要片面强调高精度和非标准系列的电阻产品。应优先选用通用型标准阻值系列。

(2) 选用电阻器的额定功率应是实际承受功率的 1.5 ~ 2 倍。

(3) 在高增益前置放大电路中,应选噪声电动势小的电阻器。

(4) 根据对温度稳定性的要求,选用合适的电阻。

实芯电阻器——温度系数 α_t 较大,它的稳定性相对来说差一些。

碳膜电阻器——温度系数 α_t 比较大,但比实芯电阻器小,它的稳定性相对来说好一些。

线绕电阻器——温度系数 α_t 比较小,它的稳定性相对来说比较好。

(5) 根据对工作频率的要求,正确选择(分布参数问题)相应的电阻产品。

$$R_X < 50\text{kHz}$$

$$R_S, R_H \leq \text{几} + \text{MHz}$$

$$R_T < 100\text{MHz}$$

$$R_J, R_Y \leq \text{数百 MHz 高频电路}$$

1.1.8 电位器

电位器实际上是一个可变电阻器,靠一个电刷(动接点)在电阻体上移动,从而获得与电位器输入电压(外加电压)和电刷位移(转角)成一定关系的输出电压。

在电路中,电位器一般用作分压器和变阻器,用以调节电压、电流等。

1.1.8.1 电位器性能指标及参数

表征电位器性能的参数很多,主要有标称阻值、阻值精度等级、额定功率、温度系数、动噪声、平滑性、零位电阻、分辨力、绝缘电阻、耐磨寿命等。

电位器的阻值变化规律有三种:直线式(X)、指数式(Z)、对数式(D)。其中,直线式阻值随旋转角度均匀变化,适用于作分压、调节电流(场频调整)。对数式阻值随旋转角度按对数关系(阻值变化始快后慢)变化。适用于特殊调节(如音调、黑白对比度调节)。指数式阻值随旋转角度按指数关系(阻值变化始慢后快)变化。适用于特殊调节(如音量调节)。

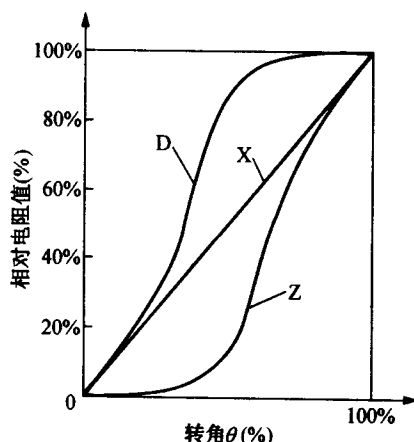


图 1-5 电位器阻值与转角关系

三种型式电位器阻值与转角关系如图 1-5 所示。

1.1.8.2 电位器分类

电位器分类如表 1-6 所列。

表 1-6 电位器的分类

分类方法	电 位 器 名 称		
	接 触 式		非接触式
按电阻体材料分类	线绕电位器	合金线绕制	光电电位器 磁电电位器
	非线绕电位器	合成碳膜、有机实芯、无机实芯、导电塑料、金属玻璃釉、金属膜合成箔、金属氧化膜	
按用途分类	精密、通用、微调、高频、高压耐热、耐潮、快速、大功率		光电电位器 磁电电位器
按调节方式分类	旋转式	单圈、多圈、单联、双联、多联、抽头式、锁紧式、带开关、推拉式、旋转式、螺旋式	
	非旋转式	直滑式、插销式	
按输出特性分类	线性	直线式电位器	
	非线性	指数式、对数式、正弦式、余弦式、其他函数式电位器	

1.1.8.3 电位器型号后缀旋转柄型号

电位器旋转柄的结构如图 1-6 所示。

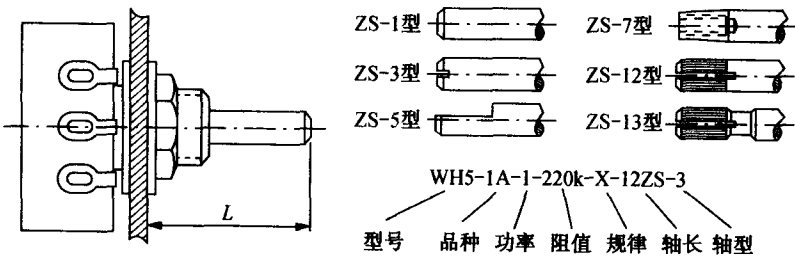


图 1-6 电位器旋转柄的结构

1.1.8.4 电位器质量判别与选用

- (1) 用万用表检测电位器开关,将开关置于“开”或“关”,如表针是“通”或“断”,则表示正常。
- (2) 再测量电位器两端焊片,其阻值应与标称值相同。
- (3) 将表棒接中心抽头及电位器任一端,旋转电位器轴柄,如表针徐徐变动而无跌落现象,则说明电位器正常。

1.1.9 电阻器外形图

电阻器的各种外形如图 1-7 所示。

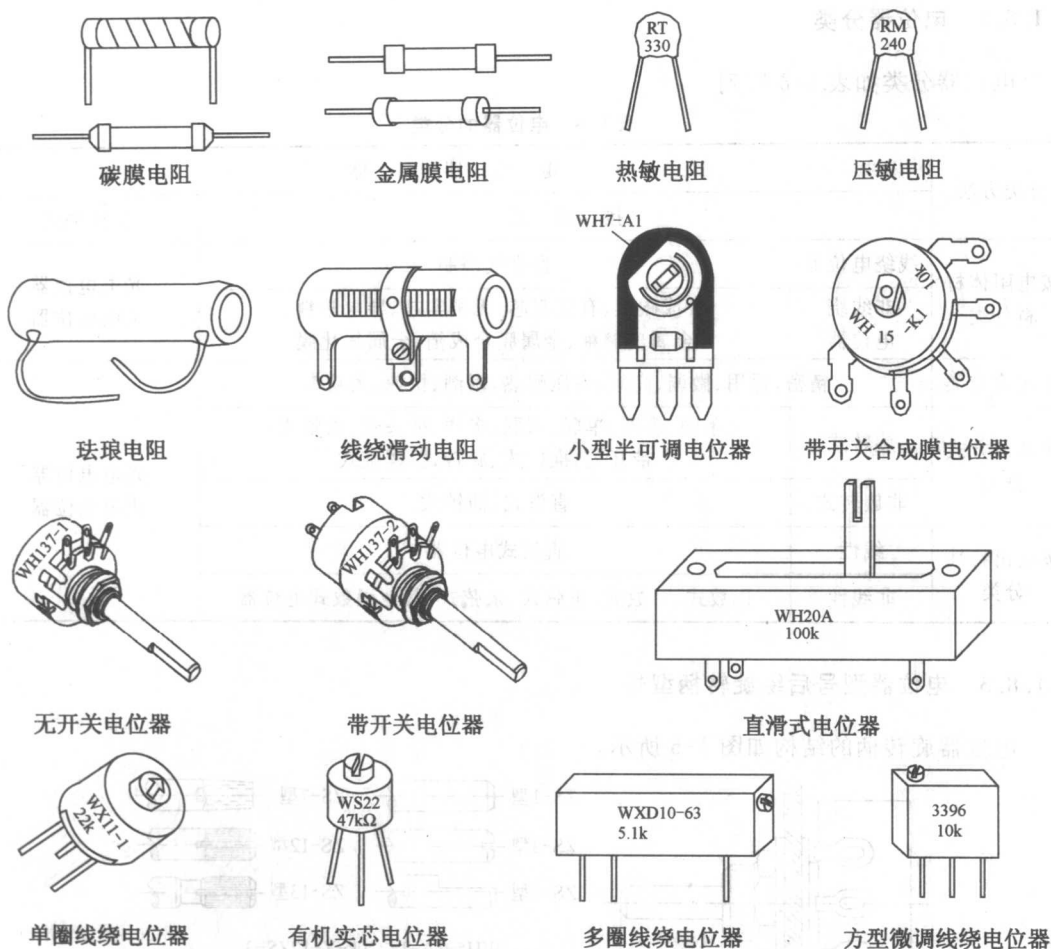


图 1-7 电阻器外形图

1.2 电容器

1.2.1 概述

电容器是由两个金属电极中间夹一层电介质构成的电子元件。电容器是充放电的电子元件,能储存电荷。电容器储存电荷量的多少,取决于电容器的电容量。

电容量在数值上等于一个导电极板上的电荷量与两块极板之间的电位差之比值:

$$C = Q/U$$

式中, C 为电容量,单位 F(法拉); Q 为一极板上电荷量,单位 C(库仑); U 为两极板间电位差,单位 V(伏特)。

电容器的基本单位:法拉、毫法拉、微法拉、纳法、皮法。

电容器的换算关系: $1\text{F}=10^3\text{mF}=10^6\mu\text{F}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$

电容器是组成电路的基本元件之一,在电路中作隔直流、交流旁路、耦合、滤波、调谐之用。

1.2.2 电容器型号命名方法及填写示例

1.2.2.1 电容器型号命名方法

根据 GB2470—81 规定,电容器型号一般由主称、材料、分类、序号四部分组成:
电容器型号组成部分的代号及意义见表 1-7、1-8。

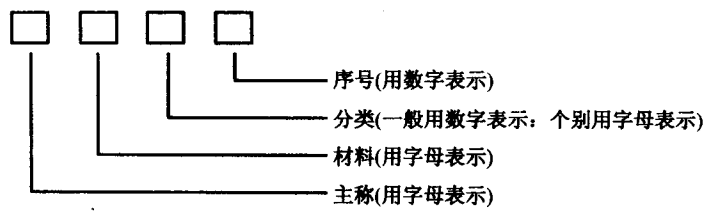


表 1-7 电容器型号命名

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:分类	第四部分:序号
符号	含义	符号	含义	见表 1-8	常用个位数 或无数字表示
C	电容器	C	瓷介		
		Y	云母		
		I	玻璃釉		
		O	玻璃(膜)		
		B	聚苯乙烯		
		F	聚四氟乙烯		
		L	涤纶		
		S	聚碳酸酯		
		Q	漆膜		
		Z	纸介		
		H	混合介质		
		D	铝电解		
		A	钽		
		N	铌		
		T	钛		

表 1-8 电容器分类代号

分 类						
数字 代号	意 义				字母	意义
	瓷介	云母	有机	电解	代号	高
1	圆片	非密封	非密封	箔式	G	高功率