

主 编◎戴育良 杨善晓 副主编◎陈爱华 陈月芬

电子技术 基本技能实训教程

——基于Protel99SE的设计方法、技巧与实例

Basic Skills Training
Course of Electronic Technology



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

电子技术基本技能实训教程

——基于 Protel99SE 的设计方法、技巧与实例

主 编 戴育良 杨善晓

副主编 陈爱华 陈月芬



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基本技能实训教程: 基于 Protel99SE 的设计方法、技巧与实例 / 戴育良, 杨善晓主编. —杭州: 浙江大学出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-308-11501-8

I. ①电… II. ①戴… ②杨… III. ①印刷电路—计算机辅助设计—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 104031 号

内容简介

本书由浅入深地介绍常用电子元器件的识别与检测, 手工焊接和拆焊技术, 电子元器件装配工艺, 热转印法制作印制电路板, 原理图设计和印制电路板设计等内容。

本书适合作为高等院校电子、电气专业电子基本技能、Protel99SE 等课程的教材或教学参考书。

电子技术基本技能实训教程

——基于 Protel99SE 的设计方法、技巧与实例

主 编 戴育良 杨善晓

副主编 陈爱华 陈月芬

责任编辑 杜希武

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 17.75

字 数 432 千

版 印 次 2013 年 6 月第 1 版 2013 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-11501-8

定 价 36.00 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邮购电话(0571)88925591

前 言

在电子技术教学中,如何提高学生的创新能力,培养高素质的人才,是我们电子技术教育工作者始终关注的课题。我们在教学过程中,对如何激发学生的创新兴趣、培养学生的创新思维、提高学生的动手能力作了一定的探索和实践,并在此基础上编写了本书。

全书分为3章。

第一章为元器件的识别、检测与选用,系统地介绍了电阻器、电容器、电感器、继电器、晶体管、集成电路、电声器件等常用元件的基础知识。针对部分元件给出实物图,重点介绍了使用万用表检测常用元件参数的方法和元器件的选用原则,为读者提供了大量的实用技术资料。

第二章为电子工艺,主要介绍了手工锡焊和拆焊技术、印制板上元器件的安装技术、热转印法制作印制电路板等内容,使读者养成良好的工艺习惯,有利于提高电子产品的质量。内容通俗易懂,科学实用。

第三章为 Protel99SE,以广泛使用的 Protel99SE 为工具软件,介绍了电路原理图设计,单面和双面印制电路板设计的方法与技巧。内容全面,详略得当。以设计实例“信号采集处理模块”贯穿全章,通过实例介绍 Protel99SE 主要的菜单命令和工具栏的使用方法,并详细讲解了设计方法和操作方法,可操作性强,便于自学,有助于提高读者的实际应用能力。同时,还编入了编者在实践中总结出来的一些设计技巧,有助于提高读者的创新能力。

在本书编写过程中,我们参考了许多文献等资料,在此向相关专家表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013年3月

目 录

第一章 元器件的识别、检测与选用	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的识别	1
1.1.2 电阻器的检测	12
1.1.3 电阻器的选用	13
1.2 电容器	15
1.2.1 电容器的识别	15
1.2.2 电容器的检测	23
1.2.3 电容器的选用	24
1.3 电感器	26
1.3.1 电感器的识别	26
1.3.2 电感器的检测	29
1.3.3 电感器的选用	29
1.4 变压器	30
1.4.1 变压器的识别	30
1.4.2 变压器的检测	32
1.4.3 变压器的选用	32
1.5 继电器	32
1.5.1 继电器的识别	32
1.5.2 继电器的检测	35
1.5.3 继电器的选用	35
1.6 半导体	36
1.6.1 半导体的型号命名方法	36
1.6.2 半导体二极管	38
1.6.3 晶体三极管	47
1.6.4 场效应管	53
1.6.5 晶闸管	56
1.6.6 光电耦合器	59
1.7 集成电路	61
1.7.1 集成电路的识别	61
1.7.2 集成稳压器	64

1.7.3 集成运算放大器	66
1.8 电声器件	68
1.8.1 电声器件的识别	68
1.8.2 电声器件的检测	70
1.8.3 电声器件的应用	71
习 题	72
第二章 电子工艺	74
2.1 焊接技术	74
2.1.1 焊接基础知识	74
2.1.2 手工锡焊技术	76
2.1.3 手工拆焊技术	79
2.2 印制板上元器件的安装	80
2.2.1 元器件引线的成形	80
2.2.2 绝缘导线的加工	80
2.2.3 元器件的安装	81
2.3 印制电路板基础知识与制作	83
2.3.1 印制电路板基础知识	83
2.3.2 热转印法制作印制电路板	84
习 题	87
第三章 Protel99SE	88
3.1 电路原理图设计	88
3.1.1 电路原理图设计	88
3.1.2 原理图元件的绘制	136
3.1.3 层次原理图的绘制	147
3.2 印制电路板设计	161
3.2.1 单面板设计	161
3.2.2 双面板设计	221
3.2.3 印制电路板的其他设计	231
3.2.4 元件封装的绘制	238
3.2.5 印制电路板打印	255
习 题	262

元器件的识别、检测与选用

本章系统地介绍了电阻器、电容器、电感器、继电器、晶体管、集成电路、电声器件等常用元件的基础知识、使用万用表检测常用元件参数的方法和元器件的选用原则,针对部分元件给出实物图,并为读者提供了大量的实用技术资料。

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器的识别

1. 电阻器的作用

电阻器用字母 R 表示。它是组成电路的基本元件之一,电阻器主要用来控制和调节电路的电流和电压,即起降压、分压、限流、隔离、匹配和作为消耗电能的负载等作用。

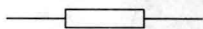


图 1-1-1 电阻器图形符号

2. 电阻器图形符号与单位

电阻器的基本单位是欧姆,习惯上简称欧,用符号“ Ω ”表示。常用单位:欧(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)、吉欧($G\Omega$)、太欧($T\Omega$)等。它们之间的换算关系是:

$$1k\Omega=1000\Omega$$

$$1M\Omega=1000k\Omega=10^6\Omega$$

$$1G\Omega=1000M\Omega=10^9\Omega$$

$$1T\Omega=1000G\Omega=10^{12}\Omega$$

3. 电阻器和电位器的型号命名方法

常用电阻(位)器型号一般下列四部分组成。



主称 电阻体材料 分类 序号

第一部分:产品主称,用字母 R 表示。

第二部分:电阻器的导电材料,用字母表示,见表 1-1-1。

表 1-1-1 电阻器和电位器的型号命名方法 GB2470-81

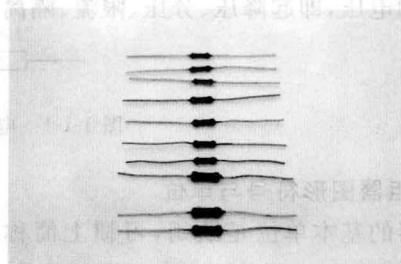
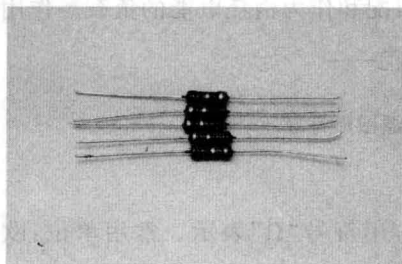
第一部分:主称		第二部分:导电材料		第三部分:特征分类			第四部分:序号
符号	含义	符号	含义	序号	含 义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频		
		N	无机实芯	4	高阻		
		J	金属膜	5	高温		
		Y	氧化膜	7	精密	精密	
		I	玻璃釉	8	高压		
		X	线绕	9	特殊	特殊	
				G	高功率		
				T	可调		
				W		微调	
				D		多圈	

第三部分:特征分类,用数字或字母表示。

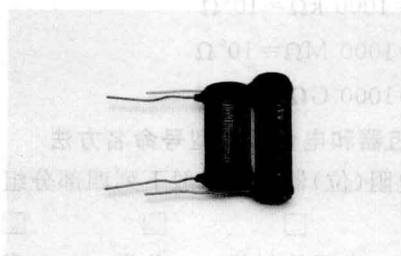
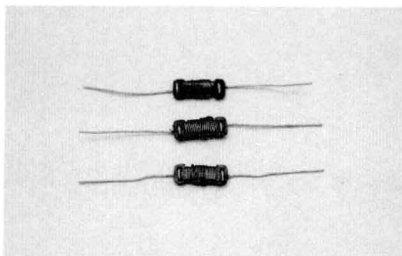
第四部分:序号,用数字表示,以区分产品外形尺寸和性能指标。

例如 RJ71 表示精密金属膜电阻器。其中“R”表示主称电阻器,“J”表示材料金属膜,“7”表示精密型,“1”表示序号;RI82 表示高压玻璃釉电阻器,“2”表示序号

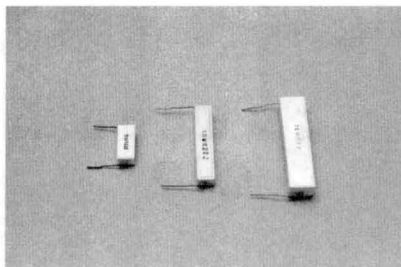
部分电阻、电位器实物照片



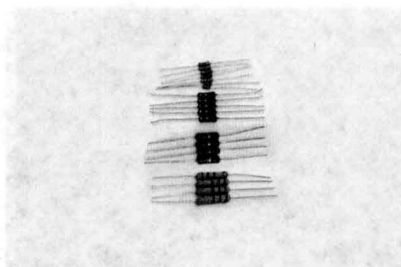
金属膜电阻



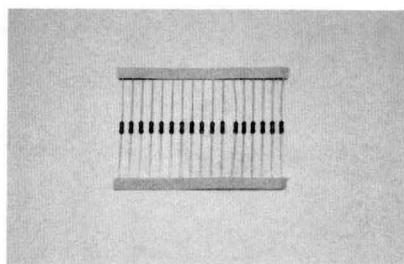
线绕电阻



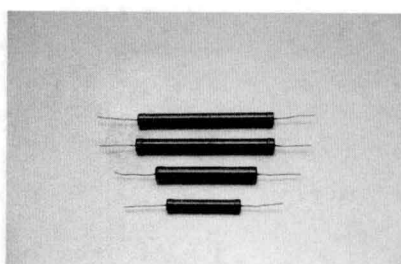
水泥电阻



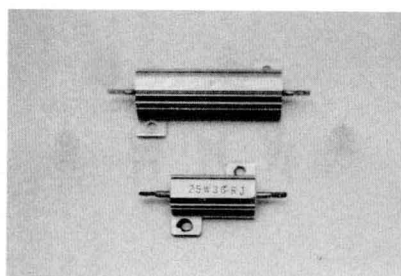
色环电阻



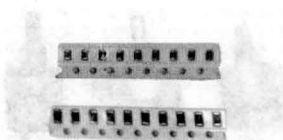
精密电阻



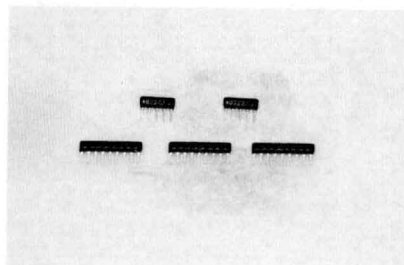
高压高阻电阻



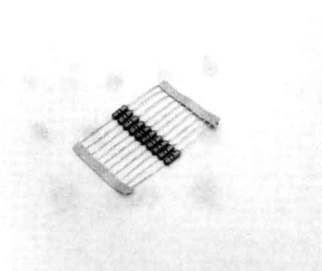
大功率线绕电阻



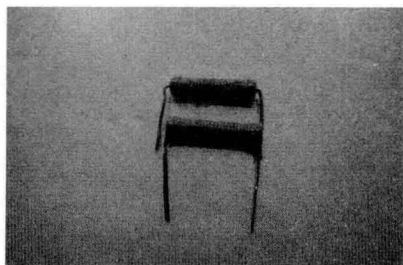
贴片电阻



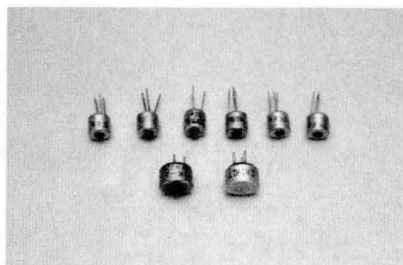
排阻



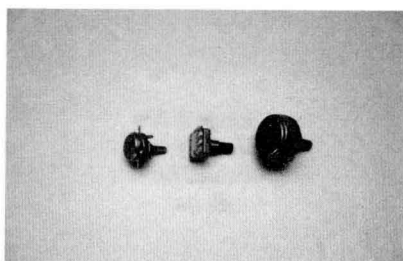
氧化膜电阻



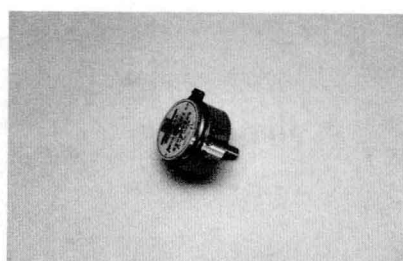
碳膜电阻



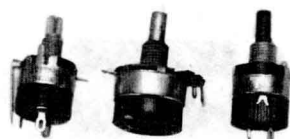
实心电位器



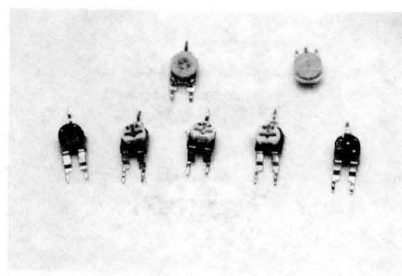
普通电位器



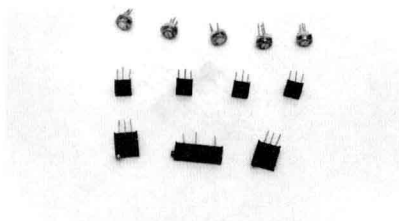
精密导电塑料电位器



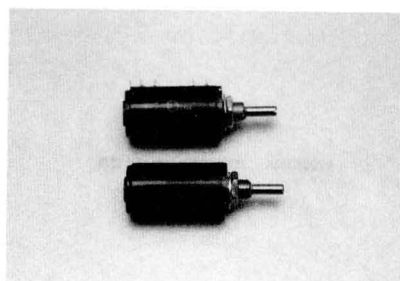
带开关电位器



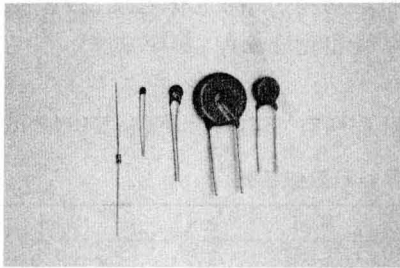
微型可变电阻



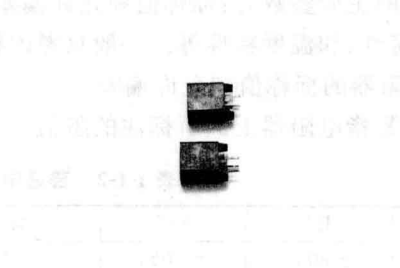
玻璃釉电位器



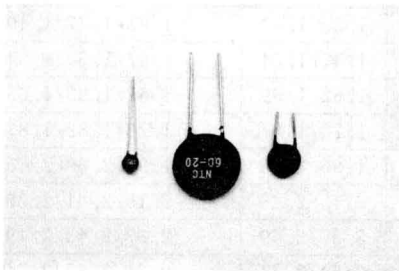
线绕多圈电位器



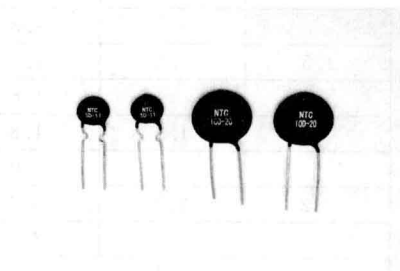
正温度系数电阻



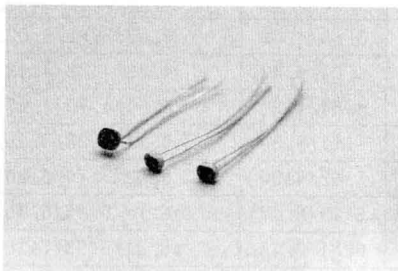
正温度系数电阻



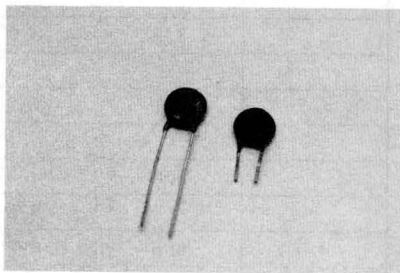
负温度系数电阻



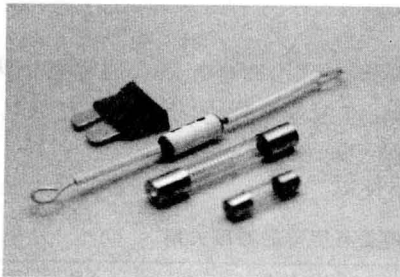
负温度系数电阻



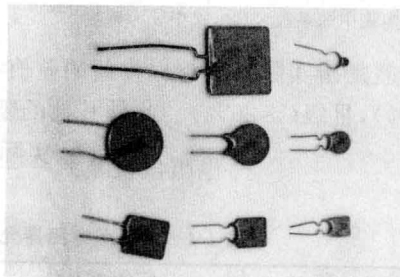
光敏电阻



压敏电阻



保险丝



自恢复保险丝

4. 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有:标称值和允许偏差、额定功率、最高工作温度、极限工作电压、稳定性、高频特性、和温度特性等。一般只考虑标称值和允许偏差、额定功率。

(1) 电阻器的标称值和允许偏差

标称值是指电阻器上面所标注的阻值。电阻系列有:E6,E12,E24,E48,E96 等。

表 1-1-2 普通电阻器标称阻值系列

系列	E6	E12	E24	E48	E96
允许偏差	±20%	±10%	±5%	±2%	±1%
代码及 标称阻值	1.0	1.0	1.0	1.00/1.05	1.00/1.02/1.05/1.07
			1.1	1.10/1.15	1.10/1.13/1.15/1.18
		1.2	1.2	1.21/1.27	1.21/1.24/1.27/1.30
			1.3	1.33/1.40	1.33/1.37/1.40/1.43
	1.5	1.5	1.5	1.47/1.54	1.47/1.50/1.54/1.58
			1.6	1.62/1.69	1.62/1.65/1.69/1.74
		1.8	1.8	1.78/1.87	1.78/1.82/1.87/1.91
			2.0	1.96/2.05	1.96/2.00/2.05/2.10
	2.2	2.2	2.2	2.15/2.26	2.15/2.21/2.26/2.32
			2.4	2.37/2.49	2.37/2.43/2.49/2.55
		2.7	2.7	2.61/2.74	2.61/2.67/2.74/2.80
			3.0	2.87/3.01	2.87/2.94/3.01/3.09
	3.3	3.3	3.3	3.16/3.32	3.16/3.24/3.32/3.40
			3.6	3.48/3.65	3.48/3.57/3.65/3.74
		3.9	3.9	3.83/4.02	3.83/3.92/4.02/4.12
			4.3	4.22/4.42	4.22/4.32/4.42/4.53
	4.7	4.7	4.7	4.64/4.87	4.64/4.75/4.87/4.99
			5.1	5.11/5.36	5.11/5.23/5.36/5.49
		5.6	5.6	5.62/5.90	5.62/5.76/5.90/6.04
			6.2	6.19/6.49	6.19/6.34/6.49/6.65
	6.8	6.8	6.8	6.81/7.15	6.81/6.98/7.15/7.32
			7.5	7.50/7.87	7.50/7.68/7.87/8.06
		8.2	8.2	8.25/8.66	8.25/8.45/8.66/8.87
			9.1	9.09/9.53	9.09/9.31/9.53/9.76

注:电阻值为表中的系数×10ⁿ,式中 n 为整数。

允许偏差是指实际阻值与标称值的差值与标称值之比的百分数。通常有Ⅰ级(±5%),Ⅱ级(±10%),Ⅲ级(±20%)。此外其他的阻值允许偏差与标志的规定见表 1-3。

电阻值误差 = $\frac{\text{实际阻值} - \text{标称值}}{\text{标称值}} \times 100\%$

表 1-1-3 固定电阻器允许偏差与字母的对应关系

允许偏差±%	标志符号	允许偏差±%	标志符号
0.001	Y	0.5	D
0.002	X	1	F
0.005	E	2	G

续表

允许偏差±%	标志符号	允许偏差±%	标志符号
0.01	L	5	J(Ⅰ)
0.02	P	10	K(Ⅱ)
0.05	W	20	M(Ⅲ)
0.1	B	30	N
0.25	C		

(2)额定功率

额定功率指电阻器在正常大气压及额定温度下,长期连续工作并能满足规定的性能要求时,在电阻上允许消耗的最大功率。

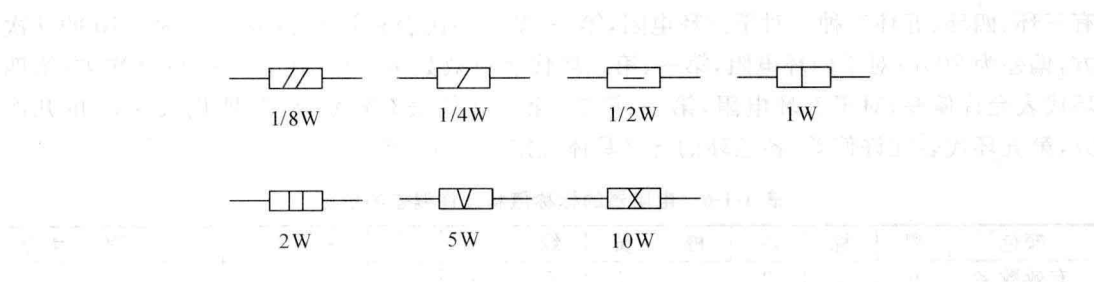


图 1-1-2 电阻功率表示法

表 1-1-4 常用电阻器的额定功率与外形尺寸的对应关系

电阻系列	型号	额定功率/W	外形尺寸/mm	
			最大直径	最大长度
超小型碳膜电阻	RT13	0.125	1.8	4.1
小型碳膜电阻	RTX	0.125	2.5	6.4
碳膜电阻	RT	0.25	5.5	18.5
		0.5	5.5	28.0
金属膜电阻	RJ	0.125	2.2	7.0
		0.25	2.8	8.0
		0.5	4.2	10.8
		1	6.6	13.0
		2	8.6	18.5

表 1-1-5 电阻器额定功率系列

类别	额定功率系列
线绕电阻	0.5,0.75,2,3,4,5,6,6.5,7,7.5,8,10,16,25,50,75,100,150,250,500
非线性电阻	0.05,0.125,0.25,0.5,1,2,5,10,25,50,100

(3)电阻器温度系数

温度系数是指温度每变化 1℃所引起的电阻值的相对变化量。温度系数越小,阻值的稳定性越好。电阻值随温度的升高而增大称为正温度系数,电阻值随温度的升高而减少称为负温度系数。

5. 电阻器的标识方法

(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阻值和允许偏差,适用于体积较大的电阻。如: $4.7\text{k}\Omega \pm 5\%$ 表示阻值 $4.7\text{k}\Omega$, 允许偏差为 5% ; $\text{RX}20\text{-}100\text{-}510\Omega\text{-J}$, 表示线绕电阻, 功率 100W , 阻值 510Ω , “J”表示允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 文字符号法

文字符号法是用阿拉伯数字和字母有规律的组合来表示标称阻值,其允许偏差也用字母表示。如: $2\text{R}7\text{K}$ 表示 $2.7\Omega \pm 10\%$; $3\text{M}3$ 表示 $3.3\text{M}\Omega$ 。

(3) 色标法

色标法是利用不同颜色的色环在电阻器表面标出标称阻值和允许偏差。色标(环)电阻有三环、四环、五环三种。对于三环电阻,第一、第二环代表有效数字,第三代表 $\times 10$ 的几次方,偏差为 20% ;对于四环电阻,第一、第二环代表有效数字,第三代表 $\times 10$ 的几次方,第四环代表允许偏差;对于五环电阻,第一、第二、第三环代表有效数字,第四代表 $\times 10$ 的几次方,第五环代表允许偏差;各色环的含义具体规定见表 1-1-6。

表 1-1-6 电阻器的标称值和允许偏差的色标

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
偏差 $\pm \%$		1	2			0.5	0.25	0.1			5	10	20
倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	

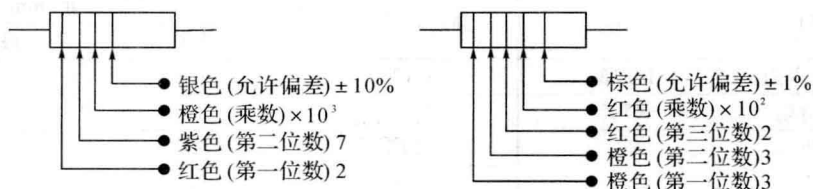


图 1-1-3 色环电阻示意图

(4) 数码表示法

①数码表示法是在电阻器上用三位数码表示标称值的标注方法。数码从左到右,第一、第二位为有效数;第三位为 $\times 10$ 的几次方;特例,第三位为 9 表示 $\times 10^{-1}$, 单位为 Ω ;偏差用字母表示。如 223K 的电阻器,表示电阻值为 $22 \times 10^3 \Omega$, 允许偏差为 $\pm 10\%$; 105J 表示电阻值为 $10 \times 10^5 \Omega$, 允许偏差为 $\pm 5\%$ 。

②在精密电阻器中通常用四位数字加两位字母(或只有四位数字)的标注方法。数码从左到右,第一、二、三位为有效数;第四位为 $\times 10$ 的几次方,单位为 Ω ;数字后面的第一个字母表示偏差($W = \pm 0.05\%$, $B = \pm 0.1\%$, $C = \pm 0.25\%$, $D = \pm 0.5\%$, $F = \pm 1\%$, $G = \pm 2\%$),第二个字母表示温度系数($C = 50\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $D = 25\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $Y = 15\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $T = 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$, $V = 5\text{ppm}/^\circ\text{C}$)。如 6652FD 的电阻器,表示电阻值为 $665 \times 10^2 \Omega$, 误差为 $\pm 1\%$, 温度系数为 $25\text{ppm}/^\circ\text{C}$;如标示数码为 2673 ,表示电阻值为 $267 \times 10^3 \Omega = 267\text{k}\Omega$ 。

③有的电阻器前两位数字用代码表示,第三位用字母表示倍率。如 08D 表示电阻值为

$118 \times 10^3 \Omega = 118\text{k}\Omega$ 。代码意义见表 1-1-2 普通电阻器标称阻值 E96 系列,字母与倍率的对应关系见表 1-1-7 所示。

表 1-1-7 字母与倍率的对应关系

代码字母	A	B	C	D	E	F
倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5
代码字母	G	H	X	Y	Z	
倍率	10^6	10^7	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	

④标示为“0”或“000”电阻器的电阻值为 0Ω 。这种电阻实际是短路线。

6. 电位器

(1)电位器的作用

电位器是可以连续调节电阻值的可调电阻。其主要作用是用来控制分流、分压和变阻。

(2)电位器图形符号与单位

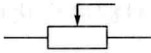


图 1-1-4 电位器图形符号

(3)电位器阻值变化规律

表 1-1-8 电位器阻值变化规律

阻值变化规律	特点	适用场合
直线式(X)	阻值随旋转角度均匀变化。	适用于均匀调节场合,分压电路。
指数式(Z)	电位器开始转动时,阻值变化小;转角接近最大转角端时,阻值变化大。	适用于音量控制电路。
对数式(D)	电位器开始转动时,阻值变化大;转角接近最大转角端时,阻值变化小。	适用于音调控制电路,黑白对比度调节电路。

7. 特殊电阻

(1)热敏电阻器

①正温度系数热敏电阻器又称 PTC 热敏电阻器

PTC 热敏电阻器广泛应用于电气设备的过流保护、电冰箱压缩机启动电路及过热保护,彩色电视机消磁电路及电热驱蚊器等。压缩机启动电路常用热敏电阻器有 MZ01/02/03/04,MZ91/92/93 系列;彩色电视机消磁电路常用热敏电阻器有 MZ71/73/74/75 系列;小功率限流常用热敏电阻器有 MZ2A/2B/2C/2D 等系列。

②负温度系数热敏电阻器又称 NTC 热敏电阻器

NTC 热敏电阻器广泛应用于电冰箱、音响、开关电源、复印机、空调器等。温度检测常用负温度系数热敏电阻器有 MF53、MF57 系列;温度补偿 MF17;MF52 与 MF111 系列适用于 $-80^{\circ}\text{C} \sim +200^{\circ}\text{C}$ 范围的测温与控温电路;MF91~MF96 系列适用于 $+300^{\circ}\text{C}$ 以下的测温与控温电路;MF61 与 MF92 系列适用于 $+300^{\circ}\text{C}$ 以上的测温与控温电路。

(2) 压敏电阻器

压敏电阻器在家用电器及其它电子产品中应用较广泛,用于过压保护、防雷及限幅等作用。有 RM2 系列;MYJ 系列;日本松下 ERZ 系列;MDY、MYL、MYT1 系列;MY、MYP 等系列。选择压敏电阻器的标称电压值为加在其两端电压的 2 倍。

(3) 光敏电阻器

光敏电阻器主要应用于各种自动控制装置和光检测设备中。如自动门装置、路灯、应急自动照明、照相机的自动调节及家用电器中。光敏电阻器有 MG 系列。

(4) 水泥电阻器

水泥电阻器是一种大功率、小电阻值的电阻器,主要应用于电源系统中起限流作用。

(5) 磁敏电阻器

磁敏电阻器是一种磁电转换器件。广泛应用于交流变换器、频率变换器、测量磁场强度、磁卡文字识别等。

(6) 湿敏电阻器

湿敏电阻器是一种电阻值随环境相对湿度变化而改变的敏感器件。

(7) 气敏电阻器

气敏电阻器是一种能够检测气体浓度和成分,并将其转换为电信号的特殊气体敏感器件,应用于各种可燃体、有害气体及烟雾等方面的检测和自动控制。常用气敏电阻器有 QM 和 QN 系列。

(8) 保险电阻器

保险电阻器是一种具有电阻器和熔丝双重作用的特殊的电阻器。通常用文字符号法进行阻值标注,但有些通过色环的颜色表示阻值,见表 1-1-9。

表 1-1-9 保险电阻器不同色环颜色表示的阻值

颜色	阻值/ Ω	功率/W	电流/A
黑	10	0.25	3.0
红	2.2	0.25	3.5
白	1	0.25	2.8

表 1-1-10 敏感元件的类别代号和意义

第一部分		第二部分		第三部分						第四部分
符号	含义	代号	含义	代号	含 义					
					正温度系数	负温度系数	光敏	压敏		
M	敏感元件	F	负温度系数	1	补偿型	补偿型	紫外光	W	稳压用	
		Z	正温度系数	2	限流型	稳压型	紫外光	G	过压保护	
		G	光敏	3	起动型	微波测量型	紫外光	P	高频型	
		Y	压敏	4	加热型		可见光	N	高能用	
		S	湿敏	5	测温型	测温型	可见光	K	高可靠性	
		C	磁敏	6	控温型	控温型	可见光	L	防雷用	
		L	力敏	7	消磁型		红外光	H	灭弧用	
		Q	气敏	8	线性型		红外光	E	消噪用	
				9	恒温用		红外光	S	元件保护用	

(9)排电阻器

排电阻器是一种按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器,又称集成电阻器。

排电阻器通常都有一个公共端,用一个小白点表示。如 A104J 表示电阻值为 $100\text{k}\Omega \pm 5\%$

A 是电路的结构代码,电路的结构代码见表 1-1-11。

表 1-1-11 排电阻器电路结构代码意义

电路结构代码	等效电路	电路结构代码	等效电路
A		B	
C		D	

□ □ □ □ □ □ □

第一部分:电路结构代码,用字母 A、B、C、D。

第二部分:引脚数 04-14

第三部分:电阻值代号,E-24 系列,三位数,前二位数表示有效数字,第三位表示倍率 10 的几次方。

第四部分:电阻值允许误差代号(F 表示 $\pm 1\%$; G 表示 $\pm 2\%$; J 表示 $\pm 5\%$)

第五部分:脚距代号(无表示:2.54mm;0.07 表示:1.778mm)

(10)贴片电阻型号命名方法

贴片电阻型号由六部分组成,

□ □ □ □ □ □ □

第一部分:系列代号。

第二部分:尺寸代号。

第三部分:电阻温度系数。

第四部分:电阻值数字代码。

第五部分:电阻值误差。

第六部分:包装方式。