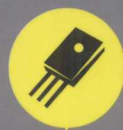


Operating Guide to Common
Electronic Components

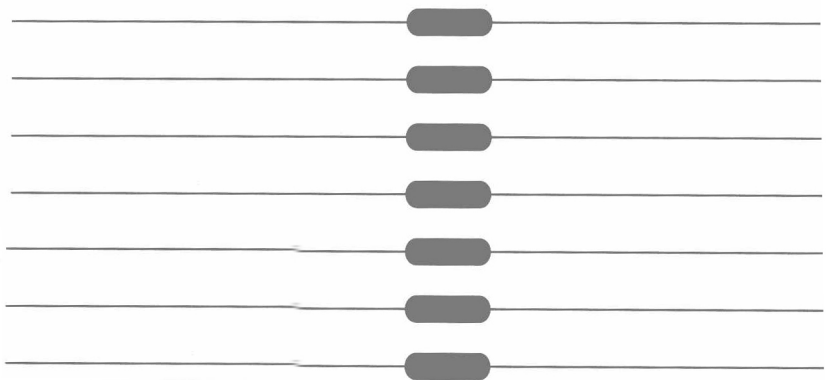
常用电子元器件 使用指南

杜树春◎编著

Du Shuchun



清华大学出版社



Operating Guide to Common
Electronic Components

常用电子元器件 使用指南

杜树春◎编著

Du Shuchun

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要介绍常用电子元器件的工作原理和使用方法。本书的最大特点是采用 Proteus 仿真和调试软件分析每一个实例。

本书共分 12 章,第 1 章介绍电阻器,第 2 章介绍电容器,第 3 章介绍电感器和变压器,第 4 章介绍继电器,第 5 章介绍二极管,第 6 章介绍三极管,第 7 章介绍晶闸管和单结晶体管,第 8 章介绍场效应管和复合晶体管,第 9 章介绍常用敏感元件,第 10 章介绍传感器,第 11 章介绍常用显示器件,第 12 章介绍集成电路。最后,有一个介绍 Protues 软件用法的附录 A 和全书例题索引表附录 B。

本书的另一特点是通俗易懂,图文并茂,取材新颖,资料丰富,实用性强。本书适合三类读者阅读或参考:一是学习电子、电工类课程的大、中专及高等职业学校、中等职业学校的在校学生;二是和电子专业有关的广大工程技术人员;三是广大电子科技爱好者。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

常用电子元器件使用指南/杜树春编著. —北京:清华大学出版社,2016

ISBN 978-7-302-44786-3

I. ①常… II. ①杜… III. ①电子元器件—基本知识 IV. ①TN6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 189734 号

责任编辑:文 怡

封面设计:李召霞

责任校对:梁 毅

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.25

字 数:495 千字

版 次:2016 年 9 月第 1 版

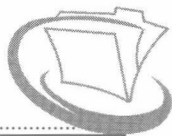
印 次:2016 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

产品编号:070274-01

前言



FOREWORD

自进入信息社会以来,电子设备、电子仪表、电子装置和电子系统等种类繁多、功能各异的电子产品逐渐进入人们的生产和生活中。这些电子产品都是由不同的部件——电子元器件组成的。要想了解、组装和掌握这些电子产品,首先应该了解各种电子元器件的性能和功用。本书主要介绍这些常用电子元器件的工作原理和使用方法。

本书具有以下特点:

(1) 内容广、知识面宽,包括常用的电子元器件和部分新元件的实物外形图、图形符号、工作原理、型号、参数、检测方法和典型应用。

(2) 采用 Proteus 仿真和调试软件分析每一个应用实例。这种分析方法比传统的调试方法优越得多。传统方法是在调试某一电路之前先要画出电路原理图,购买所需元器件,根据电路图把元器件焊接起来(或插在面包板上),然后再用示波器和万用表等电子仪器配合调试。新方法的开发步骤是:首先,在计算机上用仿真软件画好电路原理图;其次,在计算机上用仿真软件调试,直至调试完成;最后,再购买元器件、焊接、再次调试……这样就可极大地加快开发进度,降低开发费用。

本书共分 12 章,第 1 章介绍电阻器,第 2 章介绍电容器,第 3 章介绍电感器和变压器,第 4 章介绍继电器,第 5 章介绍二极管,第 6 章介绍三极管,第 7 章介绍晶闸管和单结晶体管,第 8 章介绍场效应管和复合晶体管,第 9 章介绍常用敏感元件,第 10 章介绍传感器,第 11 章介绍常用显示器件,第 12 章介绍集成电路。最后是介绍 Protues 8.0 软件用法的附录 A 和全书例题索引表附录 B。

电子资料包的内容,仍是以书中章节为单位。在每一章(指第 1 章到第 12 章)下,都有一个章文件夹,每章下面有类似例 N. 1、例 N. 2、…这样的例文件夹,例文件夹内是这个例子的名称,打开名称文件夹,又有多个文件。其中,扩展名为 pdsprj 的文件是 Proteus 仿真原理图文件。在 Proteus 软件已安装在计算机中的前提下,双击具有 pdsprj 扩展名的文件就可进入显示电路原理图画面,也就是 Proteus 的调试状态。此时,可进行仿真和调试。书中的所有例子都已在 Proteus 环境下调试通过,读者既可以原封不动地运行它,也可以用代

替法替换其中的部分或全部元件及其参数,边改边试。

本书适合三类读者。一是学习电子、电工类课程的大、中专及高等职业学校、中等职业学校的在校学生;二是和电子专业有关的广大工程技术人员;三是广大电子科技爱好者。

本书所用 Proteus 8.0 是最新版本,书中所有实例都是在 Proteus 8.0 下调试通过的。对于初次接触 Proteus 软件的人,在读本书正文之前,可以先看介绍 Protues 软件用法的附录 A。

本书通俗易懂,图文并茂,取材新颖,资料丰富,实用性强。本书既适合初学者,也适合有一定电子技术基础的爱好者及专业技术人员。

由于编者水平有限且时间仓促,书中难免存在缺点和不足,恳请读者批评指正,电子邮箱为 dushuchun@263.net。

杜树春

2016 年 6 月

目 录



CONTENTS

第 1 章 电阻器	1
1.1 电阻器	1
1.1.1 电阻器的基本原理	1
1.1.2 电阻器的型号	2
1.1.3 电阻器的标称系列	3
1.1.4 电阻的阻值和允许偏差的标示方法	3
1.1.5 电阻器的额定功率及电阻温度系数	6
1.1.6 电阻器的分类	7
1.1.7 电阻器的选择及注意事项	8
1.1.8 电阻器的应用	8
1.2 电位器	11
1.2.1 电位器和可调电阻器的分类	11
1.2.2 电位器的结构原理	12
1.2.3 电位器的主要参数	13
1.3 电阻器和电位器的应用实例	13
1.3.1 电阻器的应用实例	13
1.3.2 电位器的应用实例	18
1.4 小结	20
第 2 章 电容器	21
2.1 固定电容器	21
2.1.1 固定电容器的基本结构	21
2.1.2 固定电容器的图形符号	22

2.1.3	电容器的型号	22
2.1.4	电容器的允许偏差等级	23
2.1.5	电容器的容量标示方法	24
2.1.6	电容器的基本参数	27
2.1.7	电容器的分类	28
2.1.8	常见固定电容器	29
2.1.9	电容器的选择及注意事项	30
2.1.10	电容器的应用	32
2.1.11	电容器的典型应用	34
2.2	可调电容器	37
2.2.1	微调电容器	37
2.2.2	单联电容器	38
2.2.3	多联电容器	38
2.3	电容器的应用实例	39
2.4	小结	47
第3章	电感器和变压器	48
3.1	电感器	48
3.1.1	电感器的基本结构	48
3.1.2	电感器的型号	49
3.1.3	电感器参数的标示方法	49
3.1.4	电感器的主要参数	51
3.1.5	电感器的分类	52
3.1.6	电感器的检测	53
3.1.7	电感器的应用	53
3.1.8	电感器的典型应用	56
3.2	变压器	57
3.2.1	变压器的基本构造	57
3.2.2	变压器的分类	58
3.2.3	变压器的基本规律	59
3.2.4	变压器的检测	59
3.2.5	变压器的应用	60
3.3	电感器的应用实例	61
3.4	变压器的应用实例	65
3.5	小结	69

第 4 章 继电器	70
4.1 电磁继电器	70
4.1.1 电磁继电器的结构和工作原理	70
4.1.2 常用电磁继电器	71
4.2 磁保持继电器	72
4.3 干簧继电器	73
4.4 固态继电器	75
4.4.1 固态继电器的基本结构和工作原理	75
4.4.2 固态继电器的分类	75
4.4.3 固态继电器的优缺点	76
4.4.4 认识常用固态继电器	76
4.5 继电器的典型应用	77
4.6 继电器的应用实例	78
4.7 小结	83
第 5 章 二极管	84
5.1 概述	84
5.2 半导体二极管的结构和伏安特性	84
5.2.1 半导体二极管的结构	84
5.2.2 半导体二极管的伏安特性	85
5.2.3 半导体二极管的主要参数	86
5.3 二极管的分类	86
5.4 如何选用二极管及检测二极管	87
5.4.1 选用二极管的方法和要求	87
5.4.2 二极管的检测	88
5.5 二极管的应用	88
5.5.1 整流二极管	88
5.5.2 开关二极管	90
5.5.3 检波二极管	92
5.5.4 稳压二极管	92
5.5.5 瞬态电压抑制二极管	94
5.5.6 隧道二极管	95
5.5.7 光电二极管	95
5.5.8 肖特基二极管	96

5.5.9 其他二极管	96
5.6 二极管的应用实例	97
5.7 小结	107
第6章 三极管	108
6.1 三极管的结构	108
6.2 三极管的特性曲线	109
6.3 三极管的主要参数	110
6.4 三极管的分类	111
6.5 三极管的管型及管脚的判别	113
6.6 三极管的选用	114
6.7 半导体三极管的应用	115
6.7.1 三极管用作放大电路	116
6.7.2 三极管作为逻辑电路	118
6.7.3 三极管作为开关	119
6.8 三极管的应用实例	120
6.8.1 三极管的输入和输出特性	120
6.8.2 三极管用作放大电路的应用	122
6.8.3 三极管作为逻辑电路的应用	125
6.8.4 三极管作为开关的应用	127
6.9 小结	128
第7章 晶闸管和单结晶体管	129
7.1 晶闸管	129
7.1.1 晶闸管的实物外形	129
7.1.2 晶闸管的主要参数	130
7.1.3 晶闸管的种类	130
7.1.4 单向晶闸管	131
7.1.5 双向晶闸管	132
7.1.6 其他晶闸管	134
7.1.7 晶闸管触发电路	135
7.1.8 晶闸管的应用	136
7.2 单结晶体管	138
7.2.1 单结晶体管	138
7.2.2 BTG 晶闸管	141

7.3 晶闸管及单结晶体管的应用实例	142
7.4 小结	150
第8章 场效应管和复合晶体管	151
8.1 场效应管	151
8.1.1 场效应管的分类	151
8.1.2 绝缘栅场效应管的结构和符号	152
8.1.3 结型场效应管	152
8.1.4 场效应管的主要参数	155
8.1.5 场效应管与三极管的比较	155
8.1.6 场效应管的放大电路	156
8.1.7 场效应管的选用及注意事项	157
8.1.8 场效应管的应用实例	158
8.2 复合晶体管	164
8.2.1 复合晶体管	165
8.2.2 复合场效应管	167
8.2.3 复合晶体管的应用实例	168
8.3 小结	170
第9章 常用敏感元件	171
9.1 热敏电阻器	171
9.2 压敏电阻器	173
9.3 光敏电阻器	174
9.4 光敏二极管	175
9.5 光敏三极管	177
9.6 光电耦合器	178
9.6.1 光电耦合器的结构和原理	178
9.6.2 光电耦合器的类型	178
9.6.3 光电耦合器的检测	179
9.6.4 光电耦合器的典型应用	180
9.7 敏感元件的应用实例	180
9.7.1 热敏电阻器的应用	180
9.7.2 光敏电阻器的应用	182
9.7.3 光电耦合器的应用	184
9.8 小结	189

第 10 章 传感器	190
10.1 温度传感器	190
10.1.1 热敏电阻温度传感器	191
10.1.2 热电阻温度传感器	192
10.1.3 热电偶温度传感器	196
10.1.4 集成电路温度传感器	202
10.1.5 温度传感器的应用实例	205
10.2 压力传感器	214
10.3 小结	216
第 11 章 常用显示器件	217
11.1 发光二极管及条状发光二极管	217
11.2 LED 数码管	218
11.3 LED 点阵显示屏	221
11.4 LCD 液晶显示屏	223
11.5 显示器件的应用实例	225
11.5.1 发光二极管电路	225
11.5.2 条状发光二极管电路	225
11.5.3 一位 LED 七段数码管显示器	227
11.5.4 四位 LED 七段数码管显示器	228
11.5.5 LED 点阵显示器	232
11.5.6 1602 液晶显示器	233
11.6 小结	236
第 12 章 集成电路	237
12.1 集成电路的特点	237
12.1.1 集成电路的分类	237
12.1.2 集成电路的引脚识别	238
12.1.3 集成电路的封装	238
12.2 集成稳压器	240
12.2.1 固定输出的三端集成稳压器 W7800 和 W7900 系列简介	241
12.2.2 固定输出的三端集成稳压器 W7800 和 W7900 系列应用	243
12.2.3 输出可调式三端集成稳压器 W117 简介	247
12.2.4 输出可调式三端集成稳压器 LM317K 应用	248

12.3 低压差线性稳压器	250
12.3.1 可调高压输出线性稳压器 TL783	251
12.3.2 低功耗低压差线性稳压器 LT3010	252
12.4 基准电压源	254
12.4.1 低功耗电压基准二极管 LM285/LM385	255
12.4.2 可调式精密电压参考电路 TL431	256
12.5 小结	258
附录 A Proteus 8.0 软件用法	259
A.1 进入 Proteus ISIS	259
A.2 工作界面	261
A.3 Proteus ISIS 电路原理图设计	268
A.4 Proteus ISIS 原理图设计中若干注意事项	280
A.5 Proteus VSM 仿真工具简介	282
A.6 用 Proteus 软件对模拟电路作交互式仿真	286
A.6.1 验证直流回路中的欧姆定律	286
A.6.2 电压基准源 AD780 应用电路	293
A.7 用 Proteus 软件对模拟电路作基于图表式仿真	296
A.7.1 二极管伏安特性分析	296
A.7.2 晶体管输出特性分析	303
A.8 小结	308
附录 B 全书例题索引表	309
参考文献	312



电阻器(Resistor)是一种应用极其广泛的电子元件,在日常生活中一般简称为电阻。可以说,凡有电路,必有电阻。电阻分为固定电阻和可变电阻(又叫电位器)两种。在电路中,电阻器的主要作用是分压、分流、降压、限流及阻抗匹配等。

电阻器是一个限流元件,将其接在电路中后,其阻值是固定的。它一般有两个引脚,可限制通过它所连支路的电流大小。阻值不能改变的电阻器称为固定电阻器;阻值可变的电阻器称为电位器或可变电阻器。理想的电阻器是线性的,即通过电阻器的瞬时电流与外加瞬时电压成正比。用于分压的可变电阻器,在裸露的电阻体上,紧压着一至两个可移金属触点,触点位置确定电阻体任一端与触点间的阻值。

电阻元件的电阻值大小一般与温度、材料、长度、横截面积有关,衡量电阻值受温度影响的物理量是温度系数,其定义为温度每升高 1°C 时电阻值发生变化的百分数。电阻的主要物理特征是变电能热能,也可以说它是一个耗能元件,电流经过它就产生内能。电阻在电路中通常起分压、分流的作用。对信号来说,交流信号与直流信号都可以通过电阻。

表示电阻特性的主要参数有标称阻值及其允许偏差、额定功率、负荷特性、电阻温度系数等。

电阻器的阻值单位为欧姆(Ω)、千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$)、吉欧($\text{G}\Omega$)、太欧($\text{T}\Omega$)等。其中, $1\text{T}\Omega=1000\text{G}\Omega$, $1\text{G}\Omega=1000\text{M}\Omega$, $1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega$, $1\text{k}\Omega=1000\Omega$ 。

1.1 电阻器

1.1.1 电阻器的基本原理

电阻器由电阻体、骨架和引出端三部分构成(实芯电阻器的电阻体与骨架合二为一),而决定阻值的只是电阻体。对于截面均匀的电阻体,电阻值为

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

式中, ρ 为电阻材料的电阻率($\Omega \cdot \text{cm}$); L 为电阻体的长度(cm); A 为电阻体的截面积(cm^2)。

薄膜电阻体的厚度 d 很小, 难以测准, 且 ρ 又随厚度而变化, 故视为与薄膜材料有关的常数, 称为膜电阻。实际上它就是正方形薄膜的阻值, 故又称方阻($\Omega/\square$)。对于均匀薄膜, 薄膜阻值为

$$R = R_s \frac{L}{W}$$

式中, W 为薄膜的宽度(cm)。通常 R_s 应在一有限范围内, R_s 太大会影响电阻器性能的稳定。因此, 圆柱形电阻体用刻槽的方法, 平面形电阻体用刻蚀迂回图形的方法来扩大其阻值范围, 并进行阻值微调。

伏安特性是用图形曲线来表示电阻端部电压和电流的关系, 当电压电流成比例时(特性为直线), 称为线性电阻, 否则称为非线性电阻。

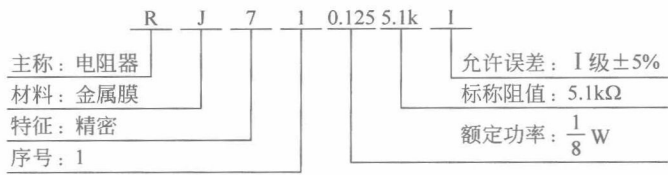
1.1.2 电阻器的型号

有引脚电阻器的型号表示法由四部分组成: 第一部分, 用字母表示主称; 第二部分, 用字母表示材料; 第三部分, 用数字或字母表示特征; 第四部分, 用数字表示序号, 如表 1-1 所示。在电阻的包装上, 会标明这四部分, 但在单个电阻上只标阻值、误差和功率或只标阻值和误差。

表 1-1 有引脚电阻器的型号表示法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
R	电阻器	T	碳膜	1, 2	普通	包括: 额定功率 阻值 允许误差 精度等级
RP	电位器	P	硼碳膜	3	超高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器——高压 电位器——特殊函数	
		J	金属膜(箔)			
		Y	氧化膜			
		S	有机实芯	9	特殊	
		N	无机实芯	G	高功率	
		X	线绕	T	可调	
		R	热敏	X	小型	
		G	光敏	L	测量用	
		M	压敏	W	微调	
				D	多圈	

实例：RJ71—0.125—5.1k I型的命令含义。



由此可见,这是精密金属膜电阻器,其额定功率为1/8W,标称电阻值为5.1kΩ,允许误差为±5%。

1.1.3 电阻器的标称系列

工厂并不是对任意阻值的电阻器都能生产,它只能生产标称系列内的电阻器。如果要购买一批非标称系列的电阻,得预先订购,其价格也比普通电阻要高得多。

电阻器的标称系列有6个:E6、E12、E24、E48、E96、E192。它们分别适用于误差为±20%(M)、±10%(K)、±5%(J)、±2%(G)、±1%(F)、±0.5%(D)的电阻器(括号中是对应的误差标识代码)。

表1-2列出常用的4个标称系列(E6、E12、E24、E96)电阻器的阻值基数。这4个系列之外的电阻器称为非标电阻器,较难采购。实际的电阻器阻值为这些基数乘以 10^n (n 为整数, $-2 \leq n \leq 9$)。例如,E24系列有阻值基数2.2,则这个系列中就存在0.22Ω、2.2Ω、22Ω、220Ω、2.2kΩ、22kΩ、220kΩ、2.2MΩ、22MΩ、220MΩ等阻值的电阻器。

表 1-2 E6、E12、E24、E96 标称系列电阻器的阻值基数

E6(偏差 (偏差±20%)	1.0	—	1.5	—	2.2	—	3.3	—	4.7	—	6.8	—
E12(偏差±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(偏差±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
E96(偏差±1%)	1.00	1.02	1.05	1.07	1.10	1.13	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27	1.30
	1.33	1.37	1.40	1.43	1.47	1.50	1.54	1.58	1.62	1.65	1.69	1.74
	1.78	1.82	1.87	1.91	1.96	2.00	2.05	2.10	2.15	2.21	2.26	2.32
	2.37	2.43	2.49	2.55	2.61	2.67	2.74	2.80	2.87	2.94	3.01	3.09
	3.16	3.24	3.32	3.40	3.48	3.57	3.65	3.74	3.83	3.92	4.02	4.12
	4.22	4.32	4.42	4.53	4.64	4.75	4.87	4.99	4.11	5.23	5.36	5.49
	5.62	5.76	5.90	6.04	6.19	6.34	6.49	6.65	6.81	6.98	7.15	7.32
	7.50	7.68	7.87	8.06	8.25	8.45	8.66	8.87	9.09	9.31	9.53	9.76

1.1.4 电阻的阻值和允许偏差的标示方法

电阻的阻值和允许偏差的标示方法有直标法、色标法和文字符号法。

1. 直标法

直标法就是将电阻器的类别、标称阻值、允许偏差及额定功率等直接标示在电阻器的外表面上,如图 1-1 所示。

图 1-1(a)表示标称阻值为 $20\text{k}\Omega$ 、允许偏差为 $\pm 0.1\%$ 、额定功率为 2W 的线绕电阻器;图 1-1(b)表示标称阻值为 $2\text{k}\Omega$ 、额定功率为 4W 的线绕电阻器;图 1-1(c)表示标称阻值为 $1.2\text{k}\Omega$ 、允许偏差为 $\pm 10\%$ 、额定功率为 0.5W 的碳膜电阻器。

2. 色标法

将不同颜色的色环涂在电阻器(或电容器)上来表示电阻器(或电容器)的标称值及允许误差,称为色标法。普通的电阻器用四色环表示,精密电阻用五色环或六色环表示。紧靠电阻体一端的色环为第一环,显露电阻体本色较多的另一端为末环,如图 1-2 所示。四环电阻的识别方法如表 1-3 所示。五环电阻的识别方法如表 1-4 所示。

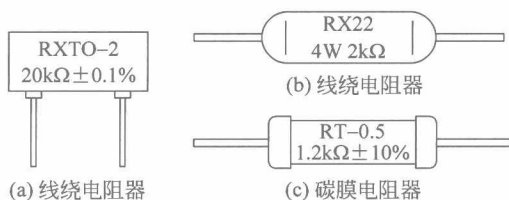


图 1-1 电阻直标法实例

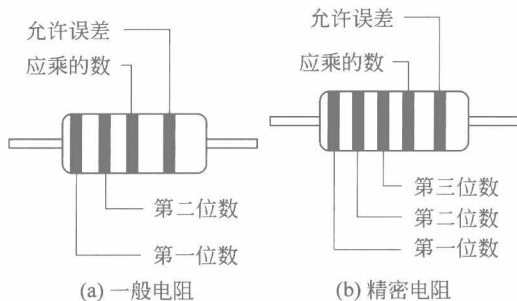


图 1-2 电阻的色标法示意图

表 1-3 四环电阻的识别方法

颜色	第一环数字	第二环数字	倍乘数	误差
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	—	—	—	$\pm 20\%$

表 1-4 五环电阻的识别方法

颜色	第一环数字	第二环数字	第三环数字	倍乘数	误差
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	$\pm 0.05\%$
白	9	9	9	10^9	—
金	—	—	—	10^{-1}	—
银	—	—	—	10^{-2}	—

如何使用表 1-3、表 1-4，下面将作详细说明。

(1) 四环电阻

四环电阻中第一环、第二环分别代表阻值的前两位数，第三环代表倍率，第四环代表误差。快速识别的关键在于根据第三环的颜色把阻值确定在某一数量级范围内，例如是几点几 kΩ、还是几十几 kΩ 的，再将前两环读出的数代入，这样就能很快读出数来。

例如，当四个色环依次是黄、橙、红、金色时，因第三环是红色，阻值范围是几点几 kΩ 的，按照黄、橙两色分别代表的数 4 和 3 代入，则其读数为 4.3kΩ，第四环是金色表示误差为 $\pm 5\%$ 。

又如，当四个色环依次是棕、黑、橙、金色时，因第三环是橙色，第二环又是黑色，阻值应是整几十 kΩ 的，按棕色代表的数 1 代入，读数为 10kΩ，第四环是金色，其误差为 $\pm 5\%$ 。

(2) 五环电阻

五环电阻中第一环、第二环和第三环分别代表阻值的前三位数，第四环代表倍率，第五环代表误差。先把前三位数列出来，再乘以倍率，电阻的阻值就读出来了。

例如，当五个色环依次是红、蓝、绿、黑、棕色时，因第四环为黑色，倍率为 1，按照红、蓝、绿三色分别代表的数 2、6 和 5 代入，则其读数为 265Ω，第五环是棕色，其误差为 $\pm 1\%$ 。

又如，当五个色环依次是黄、橙、红、棕、绿色时，因第四环为棕色，倍率为 10，按照黄、橙、红三色分别代表的数 4、3 和 2 代入，则其读数为 4320Ω 或 4.32kΩ，第五环是绿色，其误差为 $\pm 0.5\%$ 。

允许偏差是指实际阻值与标称阻值间允许的最大偏差，以百分比表示。常用的有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，低精密的小于 $\pm 1\%$ ，高精密的可达 0.001%。

3. 文字符号法

文字符号法是将电阻器的标称值和允许偏差值用数字和文字符号法按一定的规律组