

陆 坤 奚大顺 李之权 编著
张义中 吴宗祥 薛滨杰

电子设计技术

电子科技大学出版社

电子设计技术

陆 坤 奚大顺 李之权
张义中 吴宗祥 薛滨杰

编著

电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书既是一本介绍电子电路设计方法的书籍,又是一本收入了有关设计资料的工具书。主要内容有常用电子元器件的特性与使用,可编程逻辑器件知识与应用,模拟和数字电路设计方法,单片微机应用系统设计,电子电路计算机辅助设计(ORCAD),并以大学生电子设计竞赛的选题为例介绍了系统的综合设计方法。附录还收集了TTL、CMOS数字集成电路和常用运算放大器的简要资料。

全书内容深入浅出,叙述循序渐进,力求实用与全面。

本书可作为电子技术工作者的案头工具书,也可作为大专院校和中等专业学校电子类专业相应课程、特别是课程设计的主要参考书和大学生电子设计竞赛的培训教材。



电子设计技术

陆 坤 奚大顺 李之权 编著
张义中 吴宗祥 薛滨杰
陆 坤 主编

*

电子科技大学出版社出版
(成都建设北路二段四号)邮编 610054
成都理工学院印刷厂印刷
新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 65.5 字数 2142 千字
版次 1997年7月第一版 印次 1997年7月第一次印刷
印数 1—3000 册
ISBN 7-81043-727-5/TP: 296
定价:78.00

陆坤 卷五甲

《电子爱好者制作丛书》编委会

主任：牛田佳

副主任：罗见龙 李树岭

编委：刘宪坤 安永成 孙中臣

陈有卿 郁景社 聂元铭

顾灿槐 张国峰 孙鹏年

陈国华 宋作明 王铁生

执行编委：孙中臣 刘宪坤

电子爱好者制作丛书前言

当今,电子技术的发展日新月异,新产品层出不穷。电子技术的广泛应用,给工农业生产和人们的生活带来了革命性的变革,并渗透到各个领域。为推广现代电子技术,普及电子科学知识,我们组织了全国有实践经验的有关专家、学者编写了这套《电子爱好者制作丛书》。它力求通过简单易行的电子制作,使职工和青少年步入电子技术的大门,激发对电子技术的探索兴趣,并把它应用到生产和生活实践中去。

这套书内容包括同日常生活紧密相关的实用电子装置及与工农业生产有关的应用电子设备等。本丛书可以进一步丰富您的物质文化生活,给您在技改技革、发明创造方面有益启迪;还可以帮助您研制开发一些小型电子产品。本丛书的特点是,实践性强,取材方便,简单易作;在取材上注意电路新颖,富有趣味性,有实用价值。它可供广大青少年、具有中等文化程度的电子爱好者、工矿企业的职工业余学习和仿制。

我们衷心希望广大电子技术工作者、专家、学者和电子爱好者,对本套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见;也希望这套书能为进一步普及电子技术,推动科学进步做出贡献。

前 言

随着社会文明的进步和科学技术的迅速发展,先进的电子技术在各个近代学科门类和技术领域占有不可或缺的核心地位,即便在许多经典的、传统的领域中也扮演着越来越重要的角色。形形色色的设计和应用对电子科技工作者提出了更高的要求,主要表现为:在进行电子设计时必须正确的设计思想、合理的设计方案、优化的结构与布局、优良的抗干扰能力和电磁兼容性能、简便易掌握的使用方法和操作界面、良好的互换性和易维修性、更短的设计研制周期、灵活的升级性能、较高的性价比等等。由于这项工作涉及的知识面广、经验成分甚多、实践性极强,不同的人又具有各自不同的设计风格和特点,不可能整齐划一地定出一个共同遵循的规则。尽管如此,就总体来说仍然存在着某种规律性的东西,为了帮助广大电子技术工作者、电子类专业的大学生和电子爱好者掌握和用好电子设计的有关知识与技能,本书编者结合自己多年的教学与实践经验力图向读者介绍电子设计必要的基础知识、常规电子设计思想及有关电路与元器件的设计和使用方法。另一方面,本书还具有某种工具书的性质,旨在为电子设计人员提供必要的案头资料。由于诸多条件的限制,书中涉及的内容不可能十分全面。但是,实用、准确、新颖乃是我们追求的目标,在编入常见、常用元器件的同时尽可能地顾及新器件新技术的录入。

本书主要介绍了各种电子元器件、可编程逻辑器件、模拟电子电路设计、数字系统设计、单片微机应用系统设计、电子电路 CAD、电子设计实例、常用数字集成电路与集成运算放大器等内容。

当今电子元器件种类繁多,即使是最普通的电子元器件也不易见到有关资料和著述系统介绍其方方面面的知识,而这对于缺乏这些知识的工程技术人员和一般大专院校的学生无疑是宝贵的一课。可编程逻辑器件是近年来发展极快应用很广的一类新型器件。它在电子设计中发挥着日益重要的作用,尤以低密度 GAL 类器件用得越来越多,具备这方面的知识和设计应用能力实在是当代电子技术工作者的基本功之一。模拟电路和数字电路设计历来是电子设计的基本内容,设计与调试方法、各种形式的放大电路、有源滤波器、电源电路、数字 IC 特性及应用、A/D、D/A、PLL 及频率合成技术等内容是电路设计的重要实用技术,是基础的基础。单片微机在经过了十余年普及的基础上正在向多元化、多功能、单片化的广度和深度发展,人们熟悉的 MCS-51 单片机仍然是应用最多的一个品种,本书围绕着 MCS-51 系列和颇具特色的 AT89C51 系列单片机简要地介绍了单片机的结构与指令、应用系统扩展、可靠性设计等有关问题。电子电路计算机辅助设计软件 ORCAD 是近年来颇受欢迎的一个 CAD 软件,它集电路原理图设计、印制板设计与逻辑功能仿真模拟于一体,提供了良好的集成化运行环境,在教学和电子设计中不愧是一种十分有效实用的工具。本书结合近两年全国大学生电子设计竞赛的试题,提出了五个设计实例,展现了电子设计的审题、方案论证、电路分析、比较、调试、测试及报告编写等各个环节的工作,可供广大电子技术工作者作为参考。

全书共分七章:第一、四章和第五章的第5节,第七章的第1、5节由奚大顺编写;第二章和第五章的第3节由陆坤编写;第三章和第七章的第3节由李之权、吴宗祥合作编写;第四章的第2节,第五章的1、2、4节和附录I、II由张义中编写;第六章由薛滨杰编写;第七章的第2、3节由吴宗祥编写。全书由陆坤、奚大顺、李之权统稿、审稿,由陆坤任本书主编。因成书时间仓促,加之涉及面广,编写人员较多,水平有限,错误之处在所难免,诚望广大读者指正,以便再版时予以修订。

本书编写过程中曾得到全国大学生电子设计竞赛四川组委会的关注,该组委会提出了很多宝贵的意见和建议。对于本书的编写工作给予过重要支持的有四川单片机协会陈德敷高级工程师、徐彦坤工程师、杨叶珍工程师,电子科技大学陈汝全教授,四川工业学院何幼愚教授等。参加过本书有关工作还有郭大林、段清华、胡仕兵、张卫、沈传勇、龙兴林和雷小兵等同志。本书得以如期与广大读者见面与以上人士的工作是分不开的,在此谨对其表示深切的谢意。

编 者
1997年5月

目 录

前 言

第一章 常用电子元器件	(1)
1.1 电阻器	(1)
1.1.1 电阻器的性能指标	(1)
1.1.2 电阻器的型号和标志法	(2)
1.1.3 几种固定电阻器的性能	(4)
1.1.4 电位器	(7)
1.1.5 电阻器的使用	(11)
1.2 电容器	(13)
1.2.1 电容器的性能指标	(13)
1.2.2 电容器的型号和标志法	(15)
1.2.3 各种常用电容器	(16)
1.2.4 电容器的使用	(25)
1.3 电感器和电源变压器	(28)
1.3.1 电感器	(28)
1.3.2 电源变压器	(32)
1.4 晶体管	(38)
1.4.1 二极管	(38)
1.4.2 半导体三极管	(45)
1.4.3 功率 VMOS 场效应晶体管	(58)
1.4.4 晶体管阵列	(70)
1.5 晶闸管	(72)
1.6 电源集成电路	(81)
1.6.1 三端固定输出集成稳压器	(81)
1.6.2 三端可调输出集成稳压器	(90)
1.6.3 开关型稳压器	(95)
1.6.4 AC—DC 变换模块 PS0500—5	(100)
1.6.5 DC—DC 变换器	(101)
1.7 基准电压源	(109)
1.7.1 低功耗基准电压二极管 LM285/385	(109)
1.7.2 高精度、低漂移 MC1400/1500	(110)
1.7.3 精密低压基准电源 MC1403,A/1503,A	(112)
1.7.4 可调精密基准源 TL431,A	(114)

1.7.5	LM199/299/399 精密基准源	(118)
1.7.6	LM336 基准二极管	(120)
1.8	光电耦合器	(123)
1.8.1	光电耦合器特性	(123)
1.8.2	通用单光电耦合器	(125)
1.8.3	VDE 认可的光电耦合器	(129)
1.8.4	光电耦合双向和单向可控硅	(129)
1.8.5	多回路光电耦合器	(134)
1.8.6	光电耦合器应用电路	(137)
1.8.7	线性光电耦合	(137)
1.9	继电器	(139)
1.9.1	电磁继电器	(139)
1.9.2	S/HS 系列固态继电器(SSR)	(143)
1.10	显示器件	(149)
1.10.1	发光二极管	(149)
1.10.2	LED 数码管	(152)
1.10.3	SCL401 计数、寄存、译码、驱动 LED 显示器	(160)
1.10.4	液晶显示器	(161)
1.10.5	U—型真空荧光显示器	(181)
1.11	常用其它元器件	(183)
1.11.1	电池	(183)
1.11.2	开关	(187)
1.11.3	片状元件	(192)
	参考文献	(194)
第二章	可编程逻辑器件 PLD	(195)
2.1	概述	(195)
2.1.1	标准逻辑器件	(195)
2.1.2	微处理器与微控制器	(195)
2.1.3	专用集成电路	(195)
2.2	可编程逻辑器件的原理、分类及结构特点	(197)
2.2.1	可编程逻辑器件的工作原理	(197)
2.2.2	可编程逻辑器件的分类	(197)
2.2.3	通用阵列逻辑器件 GAL 的结构特点	(202)
2.2.4	GAL20V8 的主要特性	(210)
2.3	PLD 器件的软件开发工具	(211)
2.3.1	FastMap 软件	(212)
2.3.2	ABEL 软件	(220)
2.3.3	CUPL 软件	(235)

2.4	PLD 器件通用硬件开发工具	(256)
2.4.1	概述	(256)
2.4.2	两种通用编程器概况	(258)
2.5	PLD 器件应用设计实例	(274)
2.5.1	例 1:基本逻辑门	(275)
2.5.2	例 2:基本触发器	(288)
2.5.3	例 3:四位十进制可逆计数器	(296)
2.5.4	例 4:八位循环移位寄存器	(304)
2.5.5	例 5:模拟 74LS374/373	(310)
2.5.6	例 6:四刀三掷多路开关	(316)
2.5.7	例 7:三刀四掷多路开关	(319)
2.5.8	例 8:模拟 74LS48	(322)
2.5.9	例 9:微机接口地址译码应用	(327)
2.5.10	例 10:三态 8 位双向移位寄存器	(330)
2.6	常见 GAL 器件	(335)
2.6.1	Lattice 晶格半导体公司的 E ² CMOS PLD 器件	(335)
2.6.2	AMD 先进微器件公司的 EECMOS PAL 器件	(387)
2.6.3	ATMEL 高性能 Flash PLD 器件	(418)
	参考文献	(431)
第三章	模拟电子电路设计	(432)
3.1	模拟电子电路的设计方法	(432)
3.1.1	选择总体方案	(432)
3.1.2	设计单元电路	(432)
3.1.3	计算参数	(432)
3.1.4	选择元器件	(433)
3.1.5	绘总体电路图	(434)
3.1.6	电路的组装与调试	(434)
3.1.7	设计报告的撰写	(436)
3.1.8	电路的抗干扰措施	(436)
3.2	运算放大器的基本特性和线性应用	(438)
3.2.1	运算放大器的基本概念	(438)
3.2.2	运算放大器的应用技术	(440)
3.2.3	电阻电桥放大器	(457)
3.2.4	直流微电流放大器	(461)
3.3	RC 有源滤波器设计	(465)
3.3.1	概述	(465)
3.3.2	RC 有源滤波器的设计方法	(467)
3.3.3	电路元器件对滤波器的影响	(473)

3.4	音响放大器设计	(474)
3.4.1	音响放大器的基本组成	(474)
3.4.2	音调控制器	(477)
3.4.3	功率放大器	(480)
3.4.4	音响放大器主要技术指标及测试方法	(485)
3.4.5	设计举例	(486)
3.4.6	电路安装与调试技术	(489)
3.5	集成稳压电源设计	(491)
3.5.1	集成稳压电源的性能指标和简易测试方法	(491)
3.5.2	固定式集成稳压电源的设计	(492)
3.5.3	固定式集成稳压电源的扩展应用	(493)
3.5.4	可调式集成稳压电源设计	(495)
3.5.5	集成开关式稳压电源	(499)
3.6	电压比较器	(502)
3.7	晶闸管电路	(506)
3.7.1	单向可控硅(SCR)	(506)
3.7.2	可关断可控硅和双向可控硅	(507)
3.7.3	晶闸管的触发电路	(508)
	参考文献	(510)
第四章	数字系统设计	(511)
4.1	数字系统设计方法	(511)
4.1.1	数字系统的设计步骤	(511)
4.1.2	数字系统设计方法	(515)
4.1.3	抗干扰措施	(522)
4.2	数字集成电路特性	(524)
4.2.1	数字 IC 的种类和特点	(524)
4.2.2	各类数字 IC 的性能比较	(536)
4.2.3	数字 IC 的使用须知	(541)
4.3	中规模集成电路的应用	(551)
4.3.1	数据比较器	(551)
4.3.2	双向开关和数据选择器	(554)
4.3.3	编码器、代码转换器和译码器	(565)
4.3.4	计数器	(580)
4.3.5	其它常用 MSI 电路	(597)
4.4	D/A 和 A/D 转换	(611)
4.4.1	D/A 转换	(611)
4.4.2	A/D 转换	(623)
4.5	锁相环和频率合成技术	(642)

4.5.1	锁相环的基本概念	(642)
4.5.2	频率合成技术	(649)
	参考文献	(660)
第五章	单片微机应用系统设计	(661)
5.1	单片微机应用系统设计概述	(661)
5.1.1	单片微机典型应用系统组成	(661)
5.1.2	单片微机应用系统基本设计思想	(662)
5.1.3	单片微机应用系统的开发过程	(662)
5.2	MCS-51 系列单片微机	(665)
5.2.1	MCS-51 系列单片微机内部结构	(665)
5.2.2	MCS-51 系列单片微机指令系统	(673)
5.3	ATMEL 8 位微控制器	(681)
5.3.1	AT89C51	(682)
5.3.2	AT89C52	(689)
5.3.3	AT89LV51	(695)
5.3.4	AT89LV52	(695)
5.3.5	AT89C1051	(696)
5.3.6	AT89C2051	(699)
5.3.7	AT89C55	(701)
5.3.8	AT89S8252	(703)
5.4	单片微机系统扩展	(714)
5.4.1	单片微机最小应用系统	(714)
5.4.2	扩展外部存贮器的一般方法	(715)
5.4.3	存贮器芯片的选择	(715)
5.4.4	程序存贮器的扩展与设计	(716)
5.4.5	数据存贮器的扩展与设计	(720)
5.4.6	EEPROM 芯片及扩展电路	(722)
5.4.7	扩展外部存贮器地址编码及译码方法	(722)
5.4.8	存贮器的兼容设计	(724)
5.4.9	I/O 接口的扩展	(726)
5.5	应用系统可靠性设计	(731)
5.5.1	可靠性基本概念	(731)
5.5.2	单片微机应用系统可靠性保障技术	(734)
	参考文献	(738)
第六章	电子电路 CAD	(739)
6.1	ESP 集成化运行环境	(740)
6.2	设计管理软件	(741)
6.3	电路图绘制软件	(743)

6.3.1	DRAFT 绘图环境配置	(744)
6.3.2	DRAFT 绘图	(745)
6.3.3	生成连接网表文件	(752)
6.3.4	电路图输出和报表输出	(757)
6.4	数字电路逻辑模拟软件	(759)
6.4.1	模拟中用到的信号和格式	(760)
6.4.2	Simulate 模拟环境配置	(762)
6.4.3	Simulate 逻辑模拟	(763)
6.5	印制电路板设计软件	(768)
6.5.1	PCB 设计环境配置	(769)
6.5.2	PCB 设计	(770)
6.5.3	PCB 板图的打印输出	(776)
	参考文献	(777)
第七章	设计实例	(778)
7.1	简易数控直流电源	(778)
7.1.1	设计课题	(778)
7.1.2	电路设计	(779)
7.1.3	整体电路设计	(784)
7.1.4	调试	(786)
7.1.5	性能测试	(788)
7.1.6	讨论	(789)
7.2	远程多路数据采集	(790)
7.2.1	设计课题	(790)
7.2.2	电路设计分析	(790)
7.2.3	方案讨论	(791)
7.2.4	整体电路实现	(793)
7.2.5	软件	(797)
7.2.6	调试	(803)
7.2.7	误差分析	(804)
7.3	实用低频功率放大器设计实例	(804)
7.3.1	方案一:四川工业学院电气系获竞赛一等奖之电路	(805)
7.3.2	方案二:全集成化电路	(805)
7.3.3	方案三:恒流功率放大电路	(809)
7.3.4	方案四:功放采用 BTL 电路	(810)
7.3.5	方案五:最经济电路	(810)
7.4	简易无线电遥控系统	(812)
7.4.1	设计课题	(812)
7.4.2	单元电路的设计与选取	(814)

7.4.3	总体电路设计	(823)
7.4.4	组装与调试	(823)
7.5	实用信号源	(825)
7.5.1	设计课题	(825)
7.5.2	电路设计	(826)
7.5.3	整体电路设计	(830)
7.5.4	调试	(833)
7.5.5	性能测试	(833)
7.5.6	讨论	(836)
	参考文献	(837)
附录 I	通用数字 IC 产品系列引脚图及功能表	(838)
I.1	TTL 类 54/74LS 系列引脚图及功能表	(838)
I.2	CMOS 4000B/4500B 系列引脚图及功能表	(942)
I.3	集成定时器 555(556),7555(7556)	(1005)
附录 II	常用集成运算放大器	(1009)
II.1	集成运算放大器的参数	(1009)
II.2	集成运算放大器的分类	(1011)
II.3	常用集成运算放大器引脚图	(1034)

第一章 常用电子元器件

任何一个电子产品总是由若干个电子元器件所组成。模拟集成电路、数字集成电路和微控制器在产品中固然起着核心和关键的作用,但其它的电子元器件对系统的功能、精度、稳定度、可靠性也同样扮演着不容忽视的角色。因此电子技术设计人员对这些元器件的功能、参数和使用方法也必须深入了解和熟练掌握。本章将对常用的一些电子元器件的有关知识加以介绍,并附以相应的技术资料。

由于电子元器件浩若繁星,新型器件层出不穷,加以受所搜集的资料限制,本章只能对那些最常用、最典型的器件加以介绍,挂一漏万,在所难免。

1.1 电阻器

电阻器是最常用的电子元件,据统计一般电子产品中电阻器可达元器件总数的40%。由此可见掌握各种电阻器的基本特性和正确使用是至关重要的。

1.1.1 电阻器的性能指标

一、标称阻值

标称阻值是指标注于电阻体上的名义阻值。其单位为欧(Ω)、千欧(k Ω)、兆欧(M Ω)。

二、允许偏差

即标称阻值与实际阻值的相对允许误差,常见允许偏差为 $\pm 5\%$ (I级)、 $\pm 10\%$ (II级)和 $\pm 20\%$ (III级)。

电阻器的标称阻值依允许偏差的等级,按表1.1.1的系列生产。GB2471—81为国家标准化标号。在每一允许偏差下,系列标准阻值基本覆盖了所有实际阻值。

表 1.1.1 电阻器标称阻值系列和允许偏差(GB2471—81)

E24	E12	E6	E24	E12	E6
允许偏差 $\pm 5\%$	允许偏差 $\pm 10\%$	允许偏差 $\pm 20\%$	允许偏差 $\pm 5\%$	允许偏差 $\pm 10\%$	允许偏差 $\pm 20\%$
1.0	1.0	1.0	3.3	3.3	
1.1			3.6		
1.2	1.2		3.9	3.9	
1.3			4.3		
1.5	1.5	1.5	4.7	4.7	4.7
1.6			5.1		
1.8	1.8		5.6	5.6	
2.0			6.2		
2.2	2.2	2.2	6.8	6.8	6.8
2.4			7.5		
2.7	2.7		8.2	8.2	
3.0			9.1		

表中所列数值再乘以 10^n ,其中n为正整数或负整数。

三、额定功率

指电阻器在环境温度为 $+25\text{C}$ 时,长期稳定工作的条件下所能耗散的电功率。成品电阻器常见的额定功率有:0.05W、0.125W、0.5W、1W、2W、4W等。

四、额定使用电压

电阻器长期稳定工作所能承受的电压,此电压和额定功率密切相关。表 1.1.2 为碳膜(RT)和金属膜(RJ)电阻的这二个参数的表格。额定电压并不标注在电阻器上。

表 1.1.2 RT 和 RJ 的额定工作电压

型号	额定功率 (W)	标称阻值 (Ω -M Ω)	工作电压(V)			最高环境温度 ($^{\circ}$ C)
			40mmHg	5mmHg	脉冲幅值	
RT-0.12	0.0125	27~1	100	—	400	100
RT-0.25	0.25	27~5.1	350	350	750	100
RT-0.5	0.5	27~10	500	400	1000	100
RT-1.0	1.0	47~10	700	500	1500	100
RT-2.0	2.0	47~10	1000	750	2000	100
RT-5.0	5.0	47~10	1500	800	5000	100
RT-10.0	10.0	75~10	3000	1000	10000	100
RJ~0.25	0.25	27~10	250	—	500	120
RJ-0.50	0.50	100~5.1	350	300	750	120
RJ-1.0	1.0	100~10	500	320	1000	120
RJ-2.0	2.0	100~10	700	350	1200	120

电阻的性能指标还有温度系数、噪声等。

1.1.2 电阻器的型号和标志法

电阻器型号组成部分的意义及代号(GB2470-81)如下:

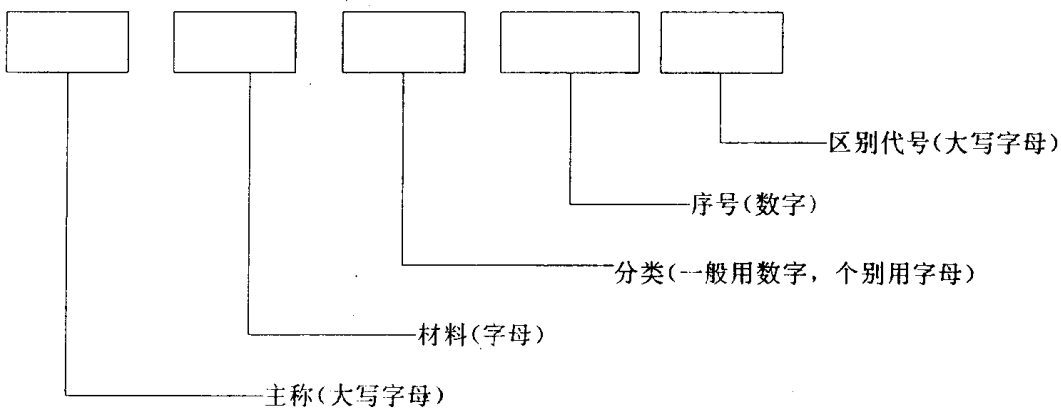


表 1.1.3 电阻器的型号

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:特征分类			第四部分	
符号	意义	符号	意义	符号	意义			
					电阻器	电位器		
R W	电阻器 电位器	T	碳膜	1	普通	普通	对主称、材料特征相同,仅尺寸、性能指标略有差别,但基本上不影响互换的产品给同一序号;若尺寸、性能指标的差别已明显影响互换时,则在序号后面用大写字母作为区别代号予以区别。	
		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	6	—	—		
		C	沉积膜	7	精密	精密		
		I	玻璃釉膜	8	高压	特种函数		
		P	碳膜	9	特殊	特殊		
		U	硅碳膜	G	高功率	—		
		X	线绕	T	可调	—		
		M	压敏	W	—	微调		
		G	光敏	D	—	多圈		
					B	温度补偿用		—
					C	温度测量用		—
		R	P	旁热式	—			
			W	稳压式	—			
			Z	正温度系数	—			

电阻器的阻值及精度等级一般用文字或数字印于电阻器上,也可由色点或色环表示。对不标明等级的电阻器,一般为±20%的偏差。用色点或色环表示阻值及精度的方法如表 1.1.4 所示。

表 1.1.4 电阻器标称阻值及精度的色标

符 号	A	B	C	D
颜色	第一位数	第二位数	应乘位数	允许偏差
黑	—	0	$\times 10^0 = 1$	—
棕	1	1	$\times 10^1 = 10$	—
红	2	2	$\times 10^2 = 100$	—
橙	3	3	$\times 10^3 = 1000$	—
黄	4	4	$\times 10^4 = 10000$	—
绿	5	5	$\times 10^5 = 100000$	—
蓝	6	6	$\times 10^6 = 1000000$	—
紫	7	7	$\times 10^7 = 10000000$	—
灰	8	8	$\times 10^8 = 100000000$	—
白	9	9	$\times 10^9 = 1000000000$	—
金	—	—	$\times 10^{-1} = 0.1$	±5%(J)
银	—	—	$\times 10^{-2} = 0.01$	±10%(K)
无 色	—	—	—	±20%(M)

例如第一圈为黄,第二圈为紫,第三圈为橙,第四圈为银,则为一只 $47k\Omega \pm 10\%$ 的电阻。