

机电创新设计 基础及案例

主 编 刘文智



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内容简介

本书为高等院校机电类专业教材，可作为高等院校机电类专业教材。

内容简介

本书为高等院校机电类专业教材，可作为高等院校机电类专业教材。

机电创新设计基础及案例

机械工业出版社

主 编 刘文智
副主编 王 天 郭 峰
编 委 李海波 李 杰 苏宪秋 张继宇
周春兴 贾献强 陈尚泽 何晓旭

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书实验案例源于历年电子设计大赛,由浅入深带领大家进入电子科技创新的世界。本书总共分为4章,介绍了电子电路必备的基础知识,包括电子元器件、机械材料和常用芯片的认知、常用模块的认识以及 PROTEL99SE、ALTUM DISIGNER 和 Keil 软件的使用,并结合电子设计大赛题目实例,帮助学生将以上基础知识由浅入深,融会贯通,提高学生的创新能力。

本书非常适合广大学生和电子爱好者学习电子科技创新知识,书中大量的实例介绍也能作为读者创新实践的借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

机电创新设计基础及案例/刘文智主编. —北京:国防工业出版社,2015.2

ISBN 978-7-118-09869-3

I. ①机... II. ①刘... III. ①机电系统—系统设计

IV. ①TP3-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第023149号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 372 千字

2015年2月第1版第1次印刷 印数1—4000册 定价39.50元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本书是为高等院校电子信息工程、通信工程和自动化等专业编写的,主要介绍电子电路的实用知识。其目的在于培养大学生实践动手操作和创新能力,把课堂上学到的知识真正地应于实际问题。

本书总共分为4章,前3章介绍了电子电路必备的基础知识,包括电子元器件、机械材料和常用芯片的认知、常用模块的认识以及 PROTEL99SE、ALTIUM DISIGNER 和 Keil 软件的使用,第4章对近几年电子大赛常见类别进行详细的分析和讲解,通过这些实例分析可使学生更加深入地掌握电子电路系统设计的基本方法,真正做到学以致用。

本书最大的优点在于以常用电路模块为基础,并给出了各模块的实际应用,对学生电子大赛或平时科技创新有很大的帮助。可作为电子大赛、毕业设计和各类电子电路制作的参考书。

本书由哈尔滨工程大学刘文智老师主编,多位长年从事电工、电子教学工作的资深教师共同编写。本书引用了许多参考文献中的有关内容,并且得到了许多专家和学者的大力支持,听取了多方面的意见和建议,对此编者表示深切的谢意!

由于作者学识所限,真诚希望广大读者对本书中的错误和不当之处给予批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电子制作	1
1.1 常用元器件介绍	1
1.1.1 电阻(电位器)	1
1.1.2 电容	11
1.1.3 电感	22
1.1.4 二极管	26
1.1.5 三极管	30
1.2 集成芯片及常用集成电路	33
1.2.1 单片机及控制电路	33
1.2.2 运算放大器及运放电路	34
1.2.3 A/D、D/A 芯片与 A/D、D/A 转换电路	42
1.2.4 稳压芯片与稳压电路	46
1.2.5 驱动芯片与驱动电路	47
1.3 电源	49
1.3.1 干电池	49
1.3.2 铅蓄电池	50
1.3.3 锂电池	52
1.4 传感器	53
1.4.1 温度传感器	53
1.4.2 红外传感器	58
1.4.3 超声波传感器	59
1.4.4 光电传感器	63
1.5 电机	70
1.5.1 主流减速电机	70
1.5.2 步进电机	70
1.6 EDA 工具	75
1.6.1 绘制 PCB 原理图(PROTEL99SE、ALTIUM DISIGNER)	75
1.6.2 软件编程及下载(KEIL、STC 等)	87
1.6.3 仿真软件(PROTEUS 等)	93
1.7 焊接工具	98
1.7.1 相关焊接工具介绍	98
1.7.2 操作方法	104

1.7.3	注意事项	106
第2章	机械结构制作	109
2.1	材料介绍	109
2.1.1	金属材料	109
2.1.2	高分子材料	111
2.1.3	复合材料	112
2.2	工具介绍	114
2.2.1	材料加工工具	114
2.2.2	测量工具(游标卡尺、米尺等)	123
2.3	组装技巧	129
2.3.1	元件的固定与连接	129
2.3.2	系统散热	129
2.3.3	抗电磁干扰	131
2.3.4	开关保护	134
第3章	入门实训	136
3.1	流水灯的制作	136
3.1.1	项目简介	136
3.1.2	元器件清单	136
3.1.3	制作流程	136
3.1.4	调试及故障分析	138
3.1.5	小结与思考	138
3.2	小功率继电器模块的制作	139
3.2.1	项目简介	139
3.2.2	元器件清单	139
3.2.3	制作流程	139
3.2.4	调试及故障分析	140
3.2.5	小结与思考	141
3.3	电动机驱动 L298 的操作	141
3.3.1	项目简介	141
3.3.2	元器件清单	141
3.3.3	制作流程	141
3.3.4	调试及故障分析	142
3.3.5	小结与思考	142
3.4	PL2303 下载器的制作	144
3.4.1	项目简介	144
3.4.2	元器件清单	144
3.4.3	制作流程	144
3.4.4	调试及故障分析	145
3.4.5	小结与思考	145

3.5	DC - DC 稳压模块	146
3.5.1	项目简介	146
3.5.2	元器件清单	146
3.5.3	制作流程	146
3.5.4	调试及故障分析	149
3.5.5	小结与思考	149
3.6	数码管的操作	149
3.6.1	项目简介	149
3.6.2	元器件清单	150
3.6.3	制作流程	150
3.6.4	调试及故障分析	154
3.6.5	小结与思考	154
3.7	51 最小系统板设计教程	155
3.7.1	项目简介	155
3.7.2	元器件清单	155
3.7.3	制作流程	155
3.7.4	调试及故障分析	158
3.7.5	小结与思考	158
3.8	Keil 软件和 STC - ISP 下载软件的使用教程	158
3.8.1	项目简介	158
3.8.2	Keil 软件使用教程	158
3.8.3	STC - ISP 下载软件的使用教程	163
3.8.4	小结	167
3.9	用单片机实现流水灯	167
3.9.1	项目简介	167
3.9.2	元器件清单	167
3.9.3	制作流程	167
3.9.4	C 语言编程指导	168
3.9.5	小结与思考	169
第 4 章	经典例程	170
4.1	智能小车	170
4.1.1	项目简介	170
4.1.2	元器件清单	170
4.1.3	主要电路解析	171
4.1.4	C 语言编程指导	175
4.1.5	调试及故障分析	180
4.2	炮台打靶	180
4.2.1	项目简介	180
4.2.2	元器件清单	182

4.2.3	主要电路解析	182
4.2.4	C 语言编程指导	185
4.2.5	调试及故障分析	217
4.3	AVR 单片机对舵机的精确控制	218
4.3.1	项目简介	218
4.3.2	元器件清单	218
4.3.3	主要电路解析	218
4.3.4	C 语言调试及编程指导	219
4.3.5	调试及故障分析	222
4.3.6	小结与思考	222
4.4	宽带直流放大器系统设计	223
4.4.1	项目简介	223
4.4.2	元器件清单	223
4.4.3	主要电路解析	223
4.4.4	C 语言编程指导	224
4.4.5	调试及故障分析	226
4.4.6	小结	226
4.5	基于 ATmega128 的移动激光打靶系统	226
4.5.1	项目简介	226
4.5.2	元器件清单	227
4.5.3	主要电路解析	227
4.5.4	调试及故障分析	230
4.5.5	小结与思考	230
4.6	温度报警器	231
4.6.1	项目简介	231
4.6.2	元器件清单	231
4.6.3	主要电路解析	231
4.6.4	软件设计	234
4.6.5	系统调试	235
4.6.6	小结与思考	235
4.7	基于 STM32 单片机的 CAN 总线与 USART 双向收发器	236
4.7.1	项目简介	236
4.7.2	元器件清单	236
4.7.3	物理学原理	236
4.7.4	主要电路解析	237
4.7.5	C 语言编程指导	238
4.7.6	调试及故障分析	239
4.7.7	小结	245
参考文献		246

第 1 章 电子制作

1.1 常用元器件介绍

1.1.1 电阻(电位器)

电阻,因为物质对电流产生的阻碍作用,所以称其为该作用下的电阻物质。电阻将会导致电子流通量的变化,电阻越小,电子流通量越大,反之亦然。

导体的电阻越大,表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体,电阻一般不同,电阻是导体本身的一种特性。电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件。

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,衡量电阻受温度影响大小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。电阻是所有电子电路中使用最多的元件。

1. 控制电阻大小的因素

电阻元件的电阻值大小一般与温度有关,还与导体长度、横截面积、材料有关。衡量电阻受温度影响大小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。多数(金属)的电阻随温度的升高而升高,一些半导体却相反。如:玻璃、碳在温度一定的情况下,有公式 $R = \rho l / s$, 其中: ρ 为电阻率; l 为材料的长度,单位为 m ; s 为面积,单位为 m^2 。可以看出,材料的电阻大小正比于材料的长度,而反比于其面积。

1) 阻值标法

电阻的阻值标法通常有色环法、数字法。色环法在一般的电阻上比较常见。

2) 色环法

色环法是用不同颜色的色标来表示电阻参数。色环电阻有 4 个色环的,也有 5 个色环的,各个色环所代表的意义如下(见表 1-1)。

表 1-1 色环与电阻对应表

颜色	数值	倍乘数	公差
黑色	0	$\times 1$	——
棕色	1	$\times 10$	$\pm 1\%$
红色	2	$\times 100$	$\pm 2\%$
橙色	3	$\times 1000$	——
黄色	4	$\times 10000$	——
绿色	5	$\times 100000$	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	$\times 1000000$	$\pm 0.25\%$
紫色	7	$\times 10000000$	$\pm 0.10\%$

(续)

颜色	数值	倍乘数	公差
灰色	8	—	$\pm 0.05\%$
白色	9	—	—
金色	—	$\times 0.1$	$\pm 5\%$
银色	—	$\times 0.01$	$\pm 10\%$
无色环	—	—	$\pm 20\%$

读取色环电阻的参数,首先要判断读数的方向。一般来说,表示公差的色环离其他几个色环较远并且较宽一些。判断好方向后,就可以从左向右读数。例如,某4色环电阻的颜色从左到右依次是红(2),紫(7),黄($\times 10000$),银($\pm 10\%$),则此电阻的阻值为 $27\Omega \times 10000 = 270000\Omega$,也就是 $270\text{k}\Omega$,公差为 $\pm 10\%$ 。再如,某5色环电阻的颜色从左到右依次是红(2),绿(5),蓝(6),红($\times 100$),棕($\pm 1\%$),则此电阻的阻值为 $256\Omega \times 100 = 25600\Omega$,也就是 $25.6\text{k}\Omega$,公差为 $\pm 1\%$ 。

3) 数字法

由于手机电路中的电阻一般比较小,很少被标上阻值,即使有,一般也采用数字法,即:101表示 $10 \times 10^1\Omega$ 即 100Ω 的电阻;102表示 $10 \times 10^2\Omega$ 的电阻;103表示 $10\text{k}\Omega$ 的电阻;104表示 $100\text{k}\Omega$ 的电阻。如果一个电阻上标为223,则这个电阻为 $22\text{k}\Omega$ 。

4) 数码法

用三位数字表示元件的标称值。从左至右,前两位表示有效数位,第三位表示 $10n(n=0 \sim 8)$ 。当 $n=9$ 时为特例,表示 10^{-1} 。塑料电阻器的103表示 $10 \times 10^3 = 10\text{k}$ 。片状电阻多用数码法标示,如512表示 $5.1\text{k}\Omega$ 。电容上数码标示479表示 $47 \times 10^{-1} = 4.7\text{pF}$ 。而标志是0或000的电阻器,表示是跳线,阻值为 0Ω 。数码法标示时,电阻单位为欧姆,电容单位为 pF ,电感一般不用数码标示。

电阻器的电气性能指标通常有标称阻值、误差与额定功率等。它与其他元件一起构成一些功能电路,如RC电路等。电阻是一个线性元件。说它是线性元件,是因为通过实验发现,在一定条件下,流经一个电阻的电流与电阻两端的电压成正比,即它符合欧姆定律: $I = U/R$ 。常见的碳膜电阻或金属膜电阻器在温度恒定,且电压和电流值限制在额定条件之内时,可用线性电阻器来模拟。如果电压或电流值超过规定值,电阻器将因过热而不遵从欧姆定律,甚至还会被烧毁。电阻的种类很多,通常分为碳膜电阻、金属电阻、线绕电阻等,它又包含固定电阻与可变电阻、光敏电阻、压敏电阻、热敏电阻等。

通常来说,使用万用表可以很容易判断出电阻的好坏:将万用表调节在电阻挡的合适挡位,并将万用表的两个表笔放在电阻的两端,就可以从万用表上读出电阻的阻值。应注意的是,测试电阻时手不能接触到表笔的金属部分。但在实际电器维修中,很少出现电阻损坏。着重注意的是电阻是否虚焊,脱焊。

5) 作用

电阻的主要作用就是阻碍电流流过,应用于限流、分流、降压、分压、负载与电容配合作滤波器及阻匹配等。数字电路中功能有上拉电阻和下拉电阻。

电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件,例如灯泡、电热炉等电器。电阻定律:

$R = \rho L / S$ 。其中： ρ 为制成电阻的材料电阻率($\Omega \cdot m$)； L 为绕制成电阻的导线长度(m)； S 为绕制成电阻的导线横截面积(m^2)； R 为电阻值(Ω)； ρ 叫电阻率，即某种材料制成的长1m、横截面积 $1mm^2$ 的导线的电阻，是描述材料性质的物理量。国际单位制中，电阻率的单位是 $\Omega \cdot m$ ，常用单位是 $\Omega \cdot mm^2/m$ ，与导体长度 L ，横截面积 S 无关，只与物体的材料和温度有关，有些材料的电阻率随着温度的升高而增大，有些反之。

电阻与温度的关系：电阻元件的电阻值大小一般与温度有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数，其定义为温度每升高 $1^\circ C$ 时电阻值发生变化的百分数。如果任一电阻元件在温度 t_1 时的电阻值为 R_1 ，当温度升高到 t_2 时电阻值为 R_2 ，则如果该电阻在 $t_1 \sim t_2$ 温度范围内的(平均)温度系数 $R_2 > R_1$ ，则 $\alpha > 0$ ，将 R 称为正温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而增大；如果 $R_2 < R_1$ ，则 $\alpha < 0$ ，将 R 称为负温度系数电阻，即电阻值随着温度的升高而减小。显然 α 的绝对值越大，表明电阻受温度的影响也越大。 $R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$ 。

2. 电阻分类

1) 按阻值特性

按阻值特性，可分为固定电阻、可调电阻和特种电阻(敏感电阻)。其中，不能调节的称为定值电阻或固定电阻，而可以调节的称为可调电阻。常见的可调电阻是滑动变阻器，例如收音机音量调节的装置是个圆形的滑动变阻器(图1-1)，主要应用于电压分配的称为电位器。

2) 按制造材料

按制造材料，主要可分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻、无感电阻等。

(1) 薄膜电阻(碳薄膜电阻)，是用蒸发的方法将一定电阻率材料蒸镀于绝缘材料表面制成的，常用符号 RT 作为标志，为最早期也最普遍使用的电阻器(图1-2)。利用真空喷涂技术在瓷棒上面喷涂一层碳膜，再将碳膜外层加工切割成螺旋纹状，依照螺旋纹的多少来定其电阻值，螺旋纹越多时表示电阻值越大。最后在外层涂上环氧树脂密封保护而成。其阻值误差虽然较金属皮膜电阻高，但由于价钱便宜。碳膜电阻器仍广泛应用在各类产品上，是目前电子、电器、设备、资讯产品最基本零组件。

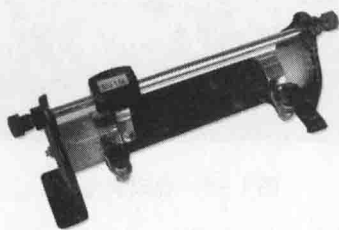


图 1-1 滑动变阻器

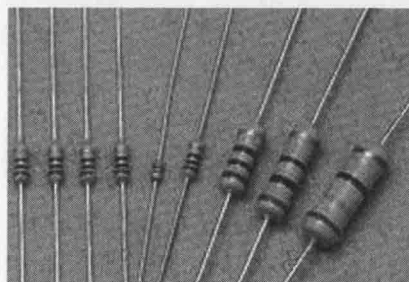


图 1-2 碳膜电阻

(2) 金属膜电阻(metal film resistor)，常用符号 RJ 作为标志，其同样利用真空喷涂技术在瓷棒上面喷涂，只是将碳膜换成金属膜(如镍铬)，并在金属膜车上螺旋纹做出不同阻值，并且于瓷棒两端镀上贵金属(图1-3)。虽然它比碳膜电阻器贵，但低噪声、稳定、受温度影响小、精确度高成了它的优势，因此被广泛应用于高级音响器材、电脑、仪表、国

防及太空设备等方面。

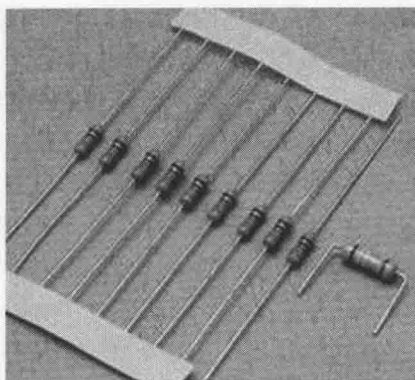


图 1-3 金属膜电阻

(3) 金属氧化膜电阻,常用符号 RY 作为标志,是以特种金属或合金作为电阻材料,用真空蒸发或溅射的方法,在陶瓷或玻璃上基本形成氧化的电阻膜层的电阻器(图 1-4)。某些仪器或装置需要长期在高温的环境下操作,使用一般的电阻不能保持其安定性。在这种情况下可使用金属氧化膜电阻,并在金属氧化薄膜车上螺旋纹做出不同阻值,然后于外层喷涂不燃性涂料,其性能与金属膜电阻器类似,但电阻值范围窄。它能够在高温下仍保持其安定性,其典型的特点是金属氧化膜与陶瓷基体结合得更牢、电阻皮膜负载之电力亦较高、耐酸碱能力强、抗盐雾、因而适用于在恶劣的环境下工作。它还兼备低噪声、稳定、高频特性好的优点。

(4) 合成膜电阻,将导电合成物悬浮液涂敷在基体上而得,因此也叫漆膜电阻(图 1-5)。由于其导电层呈现颗粒状结构,所以其噪声大、精度低,主要用于制造高压、高阻、小型电阻器。

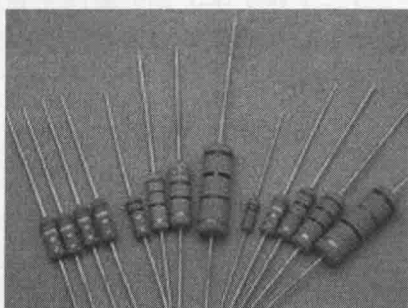


图 1-4 金属氧化膜电阻

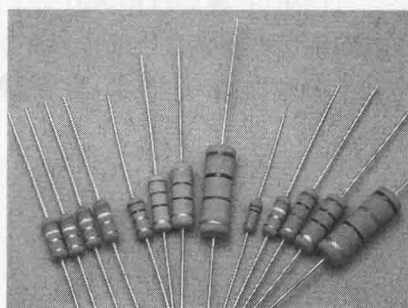


图 1-5 合成膜电阻

(5) 绕线电阻,是用高阻合金线绕在绝缘骨架上制成的,外面涂有耐热的釉绝缘层或绝缘漆。绕线电阻具有较低的温度系数、阻值精度高、稳定性好、耐热耐腐蚀,主要做精密大功率电阻使用,缺点是高频性能差,时间常数大。

(6) 方形线绕电阻(钢丝缠绕电阻),又俗称为水泥电阻,采用镍、铬、铁等电阻较大的合金电阻线绕在无碱性耐热瓷件上,外面加上耐热、耐湿、无腐蚀的材料保护而成,再把绕线电阻体放入瓷器框内,用特殊不燃性耐热水泥充填密封而成(图 1-6)。而不燃性涂

装线绕电阻的差别只是外层涂装改为矽利康树脂或不燃性涂料。它们的优点是阻值精确、低噪声、有良好散热及可以承受甚大的功率消耗,大多使用于放大器功率级部分。缺点是阻值不大、成本较高,因存在电感不适宜在高频的电路中使用。

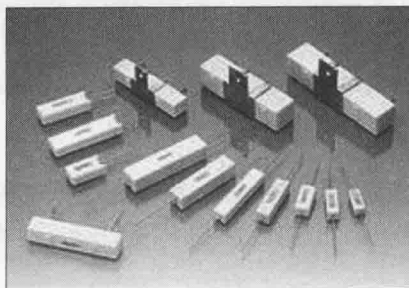


图 1-6 方形线绕电阻

(7) 实芯碳质电阻,是用碳质颗粒等导电物质、填料和粘合剂混合制成一个实体的电阻器,并在制造时植入导线(图 1-7)。电阻值的大小是根据碳粉的比例及碳棒的粗细长短而定。其特点是价格低廉,但其阻值误差、噪声电压都大,稳定性差,目前较少用。

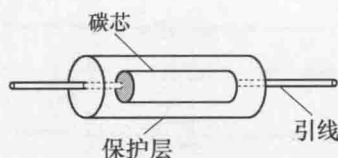


图 1-7 碳质电阻

(8) 金属玻璃铀电阻,是将金属粉和玻璃铀粉混合,采用丝网印刷法印在基板上的电阻元件(图 1-8)。它耐潮湿、高温、温度系数小,主要应用于厚膜电路。

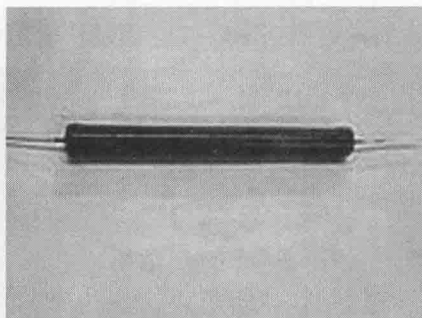


图 1-8 金属玻璃铀电阻

(9) 贴片电阻 SMT(片式电阻),是金属玻璃铀电阻的一种形式,它的电阻体是可靠的钉系列玻璃铀材料经过高温烧结而成,特点是体积小、精度高、稳定性和高频性能好,适用于高精密电子产品的基板中(图 1-9)。其中,贴片排阻是将多个相同阻值的贴片电阻制作成一颗贴片电阻,目的是有效地限制元件数量,减少制造成本和缩小电路板的面积。

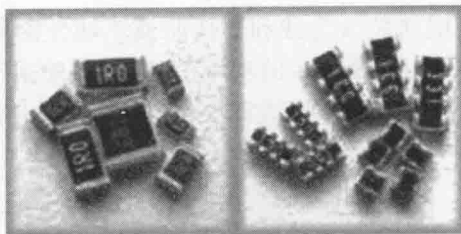


图 1-9 贴片电阻

(10) 无感电阻,无感电阻常用于做负载,用于吸收产品使用过程中产生的不需要的电量,或起到缓冲,制动的作用,此类电阻常称为 JEPSUN 制动电阻或捷比信负载电阻(图 1-10)。

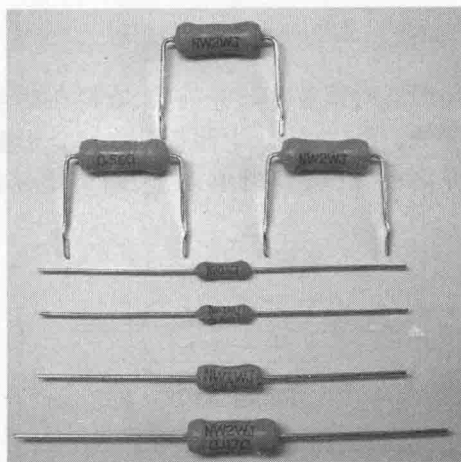


图 1-10 无感电阻

3) 按安装方式

按安装方式,主要可分为插件电阻(图 1-11)和贴片电阻(图 1-12)。

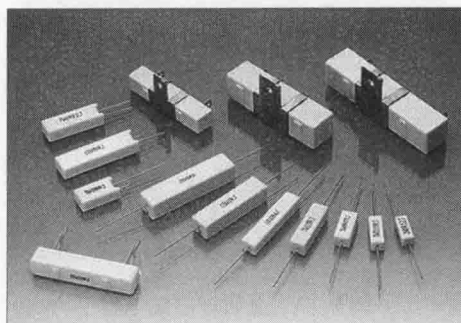


图 1-11 插件电阻

(1) 贴片电阻(片式电阻)是金属玻璃釉电阻的一种形式,它的电阻体是高可靠的钉系列玻璃釉材料经过高温烧结而成,特点是体积小、精度高、稳定性和高频性能好,适用于高精密电子产品的基板中。而贴片排阻则是将多个相同阻值的贴片电阻制作成一颗贴片

电阻,目的是可有效地限制元件数量,减少制造成本和缩小电路板的面积。

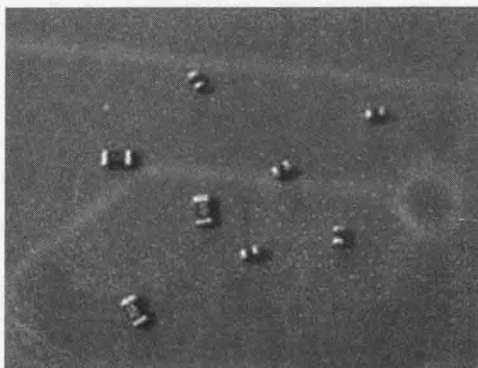


图 1-12 贴片电阻

4) 按功能分

按功能主要可分为负载电阻、采样电阻、分流电阻和保护电阻等。

(1) 负载电阻是大型电源设备、医疗设备、电力仪器设备等产品在使用中对一些产生的多余功率进行吸收时用到的大功率耗能的电阻。负载电阻由于其特殊作用又称为放电电阻、制动电阻、刹车电阻、吸收电阻。

这类电阻功率大,一般为无感的。无感值、超低感值是对这类产品重要的要求,在吸收功率对多余电量放电的过程中,如果电阻的电感值过大,则容易产生震荡,对回路中的其他元件,电源及设备本身产生伤害,甚至直接烧坏内部许多器件。

负载电阻的假负载是替代终端在某一电路(如放大器)或电器输出端口,接收电功率的元器件、部件或装置称为假负载。对假负载最基本的要求是阻抗匹配和所能承受的功率。通常在调试或检测机器性能时临时使用非正式的负载。

假负载可以分为电阻负载、电感负载、容性负载等。电阻器常用于做负载,用于吸收产品使用过程中产生的不需要的电量,或起到缓冲、制动的作用。另外对高精密电阻来说,产品中带有高阻抗是不允许的,这需要选择高品质的材料、高要求的工艺。

(2) 采样电阻又称为电流检测电阻、电流感测电阻、取样电阻、电流感应电阻(图 1-13)。英文一般译为 sampling resistor, current sensing resistor。采样电阻分为对电流采样和对电压采样。

采样电阻一般根据具体线路板的要求,分为插件电阻、贴片电阻。采样电阻阻值低、精密度高,一般在阻值精密度在 $\pm 1\%$ 以内,更高要求的用途时会采用 0.01% 精度的电阻。国内工厂生产的大部分都是以康铜、锰铜为材质的插件电阻,但是,广大的用户更需要的是贴片的高精密电阻来实现取样功能,这是为了满足小型化产品生产的自动化的要求。能够生产在低温度系数、高精密密度、超低阻值上做到满足用户要求电阻的厂商在国内是很少的。

一般采样电阻的阻值会选在 1Ω 以下,属于毫欧级捷比信电阻,但是部分电阻,有采样电压等要求,必须选择大阻值电阻,但是这样电阻基数大,产生的误差大。这种情况下,需要选择高精度的捷比信电阻,深圳市捷比信科技有限公司专业生产销售电源专用高精密贴片电阻(可到 0.01% 精度,即万分之一精度),这样就可以使采样出来的数据非常可

信。贴片超低阻值电阻(0.0005Ω , $2\text{m}\Omega$, $3\text{m}\Omega$, $10\text{m}\Omega$ 等), 贴片合金电阻, 大功率电阻(20W , 30W , 35W , 50W , 100W) 等产品, 温度系数可达到 $\pm 5\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

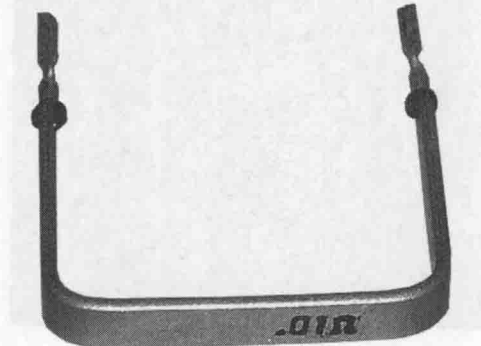


图 1-13 采样电阻

(3) 分流电阻是一种电流表电阻, 使用非常低的高精密电阻测量电路中的通过电流。它是与某一电路并联导体的电阻。在总电流不变的情况下, 在某一电路上并联一个分路将能起到分流作用, 部分电流由分路通过, 使通过该部分电路的电流变小。分流电阻的阻值越小, 分流作用越明显。在电流计线圈两端并联一个低阻值的分流电阻, 就能使电流计的量程扩大, 改装成安培表, 可测量较大的电流。阻值的选择直接影响分流电流比例。

(4) 保护电阻是为保护高压试验设备和试品而采用的电阻器(图 1-14)。

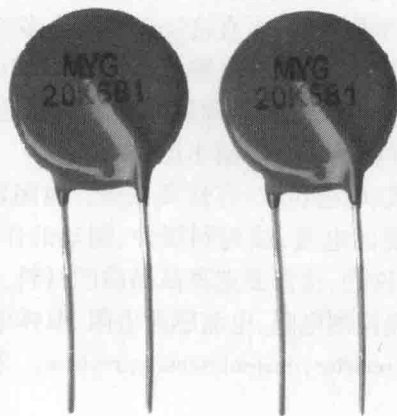


图 1-14 保护电阻

3. 主要参数

1) 标称值: 标称在电阻器上的电阻值称为标称值。单位为 Ω 、 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ 。标称值是根据国家制定的标准系列标注的, 不是生产者任意标定的。不是所有阻值的电阻器都存在。

2) 允许误差: 电阻器的实际阻值对于标称值的最大允许偏差范围称为允许误差。误差代码: F、G、J、K……(常见的误差范围是: 0.01% , 0.05% , 0.1% , 0.5% , 0.25% , 1% , 2% , 5% 等)。

3) 额定功率: 指在规定的环境温度下, 假设周围空气不流通, 在长期连续工作而不损坏或基本不改变电阻器性能的情况下, 电阻器上允许的消耗功率。常见的有 $1/16\text{W}$ 、

1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、5W、10W。

4) 温度系数: $\pm \text{ppm}/^{\circ}\text{C}$, 即单位温度引起的电阻值的变化。ppm(part per million)表示百万分之几, 比如: 标称阻值为 $1\text{k}\Omega$ 的电阻, 温度系数为 $\pm 100\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$, 意为温度变化 1°C , 电阻值的变化为 $1000 \pm 0.1\Omega$, 变化 100°C , 阻值变化为 $1000 \pm 10\Omega$, 精度非常高。电阻的温度系数精密级的在几十 $\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$, 普通的是 $200 \sim 250\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$, 最差的也不过 $500\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。

4. 阻值和误差的标注方法

1) 直标法——将电阻器的主要参数和技术性能用数字或字母直接标注在电阻体上。
eg: $5.1\text{k}\Omega$ 5% $5.1\text{k}\Omega$ 。

2) 文字符号法——将文字、数字两者有规律组合起来表示电阻器的主要参数。eg:
 $0.1\Omega = \Omega 1 = 0R1$, $3.3\Omega = 3\Omega 3 = 3R3$, $3\text{k}\Omega = 3\text{K}3$ 。

3) 色标法——用不同颜色的色环来表示电阻器的阻值及误差等级。普通电阻一般用 4 环表示, 精密电阻用 5 环。

4) 码法——用 3 位数字表示元件的标称值。从左至右, 前两位表示有效数位, 第 3 位表示 $10^n (n=0 \sim 8)$ 。当 $n=9$ 时为特例, 表示 10^{-1} 。 $0 \sim 10\Omega$ 带小数点电阻值表示为 XRX, RXX 。eg: $471 = 470\Omega$, $105 = 1\text{M}$, $2R2 = 2.2\Omega$ 。塑料电阻器的 103 表示 $10 \times 10^3 = 10\text{k}$ 。片状电阻多用数码法标示, 如 512 表示 $5.1\text{k}\Omega$, 标志是 0 或 000 的电阻器, 表示是跳线, 阻值为 0Ω 。数码法标示时, 电阻单位为欧姆。

5. 色环电阻第一环的确定

1) 4 环电阻: 因表示误差的色环只有金色或银色, 色环中的金色或银色环一定是第 4 环。

2) 5 环电阻: 此为精密电阻, (1) 从阻值范围判断: 因为一般电阻范围是 $0 \sim 10\Omega$, 如果读出的阻值超过这个范围, 可能是第 1 环选错了。(2) 从误差环的颜色判断: 表示误差的色环颜色有银、金、紫、蓝、绿、红、棕。如里靠近电阻器端头的色环不是误差颜色, 则可确定为第 1 环。

6. 识别色环电阻的阻值

电子产品广泛采用色环电阻, 其优点是在装配、调试和修理过程中, 不用拨动元件, 即可在任意角度看清色环, 读出阻值, 使用方便。一个电阻色环由 4 部分组成 (不包括精密电阻)。4 个色环的其中第 1、2 环分别代表阻值的前两位数; 第 3 环代表 10 的幂; 第 4 环代表误差。下面介绍掌握此方法的几个要点。

熟记第 1、2 环每种颜色所代表的数。可这样记忆: 棕 = 1, 红 = 2, 橙 = 3, 黄 = 4, 绿 = 5, 蓝 = 6, 紫 = 7, 灰 = 8, 白 = 9, 黑 = 0。彩虹的颜色分布: 红橙黄绿蓝靛 (diàn) 紫, 去掉靛, 后面添上灰白黑, 前面加上棕, 对应数字 1 开始。

从数量级来看, 大体上可把它们划分为 3 个大的等级, 即: 金、黑、棕色是欧姆级的; 红是千欧级的, 橙、黄色是十千欧级的; 绿是兆欧级、蓝色则是十兆欧级的。这样划分一下也好记忆, 所以要先看第 3 环颜色 (倒数第 2 个颜色), 才能准确。第 4 环颜色所代表的误差: 金色为 5%; 银色为 10%; 无色为 20%。

举例说明: 4 个色环颜色为黄橙红金, 读法是: 前 3 个颜色对应的数字为 432, 金为 5%, 所以阻值为 $43 \times 10^2 = 4300 = 4.3\text{k}\Omega$, 误差为 5%。