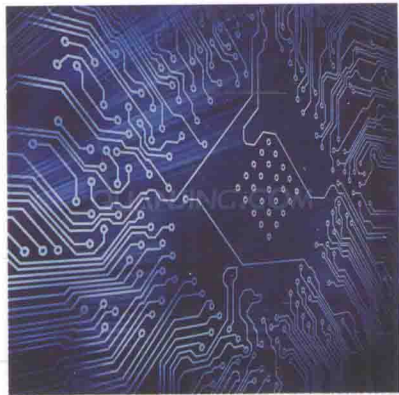


高等工科教育“十三五”规划教材

电子产品制作技术

DIANZI CHANPIN ZHIZUO JISHU

乐丽琴 郭建庄 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等工科教育“十三五”规划教材

电子产品制作技术

主 编 乐丽琴 郭建庄
副主编 蔡艳艳 张具琴 李海霞 栗红霞
主 审 吴显鼎

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书为普通高等学校电子信息类专业教材。全书共7章,内容包括无源电子元件、有源电子器件、传感器、PCB的优化设计、电子电路设计与调试实践训练、综合设计、范文示例等。

本书以产品制作实训为主线,按章节配以技能的训练,使读者通过本书的学习可以获得电子产品制作的基本知识和初步的实践训练,获得制作简单电子产品的能力。书中列举的实践项目与生活实际联系紧密,便于读者灵活运用,有利于提高分析问题、解决问题的能力。

本书适合作为普通高等院校电子工程、通信工程、工业自动化、检测技术以及电子技术应用等电子信息类专业教材或教学参考书,也可作为成人高校、高职高专相关专业教材,亦可供社会技能型人才教育培训及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品制作技术/乐丽琴,郭建庄主编. —北京:
中国铁道出版社, 2016. 1

高等工科教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-113-21131-8

I. ①电… II. ①乐… ②郭… III. ①电子工业—产
品—生产工艺—高等学校—教材 IV. ①TN05

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第281267号

书 名: 电子产品制作技术
作 者: 乐丽琴 郭建庄 主编

策 划: 许 璐
责任编辑: 许 璐
编辑助理: 绳 超
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任校对: 汤淑梅
责任印制: 李 佳

读者热线: 010-63550836

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京尚品荣华印刷有限公司

版 次: 2016年1月第1版

2016年1月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 15 字数: 368 千

书 号: ISBN 978-7-113-21131-8

定 价: 34.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

前 言

电子技术应用与产品制作是电子、通信等电类专业的一门专业课程。随着 21 世纪高新科技的飞速发展,对电子信息专业人才特别是创新人才的需求量急剧增加,高科技电子产品的开发、生产效率的提高、节能减排和新能源利用等都为电子产业领域培养工程技术人才提供了需求环境。本书针对普通高等院校电子信息类学生的特点和教学改革的要求,由长期致力于电子技术应用和教学改革实践的教师编写而成,具有一定的特色。

在编写过程中,重视职业技能训练,突出应用性、针对性,加强实践能力的培养。内容叙述力求深入浅出,将知识点与能力训练有机结合,注意培养读者的实际动手能力和解决实际问题的能力;在内容编排上,力求简洁、形式新颖、目标明确,以利于激发读者的求知欲,提高学习的主动性。

本书以电子产品制作技术为主线,并按章节配以技能的训练。本书共 7 章,内容包括无源电子元件、有源电子器件、传感器、PCB 的优化设计、电子电路设计与调试实践训练、综合设计、范文示例,可供不同的专业根据自己的情况选择。

本书的另一个特点是使读者获得电子产品制作的基本知识和初步的实践训练,并可以获得制作简单电子产品的能力,既能对电子产品制作的工艺、设计过程加深了解,使自己的制作水平有所提高,又能拓宽有关方面的理论知识,通过理论联系实际,使自己的设计得到完美的体现。

本书由浅入深,设计制作方面的内容广泛。注意精选内容,具有较宽的适用面,适合作为普通高等院校电子信息类专业电子技术学科的教材,也可作为电子制造企业的岗位培训教材,还可供广大电子爱好者阅读。

本书在编写过程中,参考了国内外有关标准、资料及相关的书刊杂志,并引用了其中的一些资料,在此一并向有关作者表示衷心感谢。书中部分电路图为软件仿真图,其图形符号与国家标准不符,二者对照关系见附录 A。

本书由乐丽琴、郭建庄任主编,蔡艳艳、张具琴、李海霞、栗红霞任副主编,全书由吴显鼎主审,乐丽琴负责全书的修改和统稿工作。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请使用本书的师生批评指正,以便再版时改进。

编 者
2015 年 9 月

目 录

第1章 无源电子元件..... 1

1.1 电阻器和电位器的识别/检测/选用..... 1

1.1.1 普通电阻器的型号命名方法..... 1

1.1.2 普通电阻器的识别..... 2

1.1.3 普通电阻器的主要参数..... 4

1.1.4 普通电阻器的检测..... 5

1.1.5 敏感电阻器..... 6

1.1.6 电位器..... 9

1.2 电容器的识别/检测/选用..... 9

1.2.1 电容器的型号命名方法..... 10

1.2.2 电容器的识别..... 10

1.2.3 电容器的主要参数..... 11

1.2.4 电容器的测量..... 12

1.3 电感器、变压器和电磁继电器的识别/检测..... 13

1.3.1 电感器..... 13

1.3.2 变压器..... 14

1.3.3 电磁继电器..... 16

第2章 有源电子器件..... 17

2.1 二极管的识别/检测/选用..... 17

2.1.1 二极管的种类..... 17

2.1.2 二极管的识别..... 19

2.1.3 二极管的检测..... 19

2.1.4 二极管的选用..... 20

2.2 三极管的识别/检测/选用..... 21

2.2.1 三极管的种类..... 22

2.2.2 三极管的识别..... 24

2.2.3 三极管的检测..... 26

2.2.4 三极管的选用..... 27

2.3 场效应管的识别/检测..... 28

2.3.1 场效应管的种类..... 28

2.3.2 场效应管的识别与检测..... 29

2.4 集成运放的识别/应用..... 30

2.4.1 集成运放的基本概念..... 30

2.4.2 集成运放的种类..... 30

2.4.3 集成运放的应用..... 33

2.4.4 集成运放应用注意事项..... 35

2.5 数字集成电路的分类/检测/应用..... 36

2.5.1 数字集成电路的分类..... 36

2.5.2 国内外数字集成电路型号对照..... 36

2.5.3 数字集成电路的应用要点..... 40

2.5.4 数字集成电路的检测..... 41

2.6 集成稳压器的分类/检测/选用..... 42

2.6.1 固定式三端集成稳压器..... 42

2.6.2 三端可调集成稳压器..... 45

2.6.3 低压差三端集成稳压器和集成基准电压源..... 45

2.6.4 开关稳压电路..... 46

2.6.5 集成稳压器的使用、代换与检测..... 46

第3章 传感器..... 49

3.1 温度传感器..... 49

3.1.1 温度测量的基础知识..... 49

3.1.2 热电阻和热敏电阻传感器..... 51

3.1.3 热电偶传感器..... 53

3.1.4 其他温度传感器..... 58

3.2 气敏、湿敏电阻传感器..... 61

3.2.1 气敏电阻传感器..... 61

3.2.2 湿敏电阻传感器..... 64

3.3 振动传感器..... 65

3.3.1 速度传感器..... 66

3.3.2 加速度传感器..... 68

3.4 其他传感器..... 71

3.4.1 霍尔式传感器..... 71

3.4.2 光电式传感器..... 75

3.4.3 超声波传感器..... 78

第4章 PCB 的优化设计..... 82

4.1 常见 PCB 设计的不良现象及优化

设计的理念	82	5.2.8 多路数字显示抢答器设计	148
4.1.1 常见 PCB 设计的不良现象	82	第 6 章 综合设计	152
4.1.2 PCB 的优化设计理念	84	6.1 有害气体的检测与报警电路设计	152
4.2 PCB 基材的选择	85	6.1.1 设计任务及要求	152
4.2.1 印制电路板基板型号及其命名 方法	85	6.1.2 设计实例	152
4.2.2 印制电路板基板基材的选择	86	6.2 测量放大电路的设计	155
4.3 PCB 外形尺寸及工艺设计要求	88	6.2.1 设计任务及要求	155
4.3.1 PCB 外形尺寸	88	6.2.2 设计实例	156
4.3.2 PCB 工艺设计要求	89	6.3 温度巡回检测系统的设计	161
4.4 元器件的选择及布局设计	90	6.3.1 设计任务及要求	161
4.4.1 元器件的选择	90	6.3.2 设计实例	161
4.4.2 元器件的布局设计	92	6.4 无绳电话防盗用节电电路设计	169
4.5 PCB 布线设计	94	6.4.1 设计任务及要求	169
4.6 PCB 的抗电磁干扰及散热设计	96	6.4.2 设计实例	169
4.6.1 PCB 的抗电磁干扰设计	96	6.5 数字化语音存储与回放系统	172
4.6.2 PCB 的散热设计	97	6.5.1 设计任务及要求	172
4.7 过孔及焊盘的设计	99	6.5.2 设计实例	172
4.7.1 过孔的设计	99	6.6 红外线控制自动干手器电路的 设计	177
4.7.2 焊盘的设计	101	6.6.1 设计任务及要求	177
4.8 贴片元件的封装与焊接	102	6.6.2 设计实例	177
4.8.1 贴片元件的封装	102	6.7 微型家用防盗发射电路的设计	181
4.8.2 贴片元件的焊接	104	6.7.1 设计任务及要求	181
4.9 单片机控制电路的设计方法	105	6.7.2 设计实例	181
第 5 章 电子电路设计与调试实践 训练	109	6.8 多路无线防盗报警电路设计	184
5.1 电子电路的设计与调试	109	6.8.1 设计任务及要求	184
5.1.1 电子电路的设计方法	109	6.8.2 设计实例	184
5.1.2 电子电路的组装与调试方法	111	6.9 16×16 LED 显示屏设计	191
5.1.3 故障检测的一般方法	114	6.9.1 设计任务及要求	191
5.2 设计项目	117	6.9.2 设计实例	191
5.2.1 可调直流稳压电源的设计	117	6.10 水箱水位发射、接收电路的设计	196
5.2.2 水温控制系统的设计	124	6.10.1 设计任务及要求	196
5.2.3 低频信号发生器的设计	126	6.10.2 设计实例	197
5.2.4 高灵敏度无线探听电路的 设计	133	第 7 章 范文示例	203
5.2.5 数字电压表的设计	134	7.1 电阻分检仪电路设计	203
5.2.6 数字时钟的设计	142	7.1.1 引言	203
5.2.7 多路数据采集系统的设计	145	7.1.2 系统电路原理图及主要元件 分析	204

7.1.3 系统框图及工作原理	210	7.3 电子密码锁电路设计	223
7.1.4 电路设计	216	7.3.1 引言	223
7.2 声音和亮度综合控制电路的设计.....	217	7.3.2 总体方案设计	224
7.2.1 引言	218	7.3.3 设计原理分析	224
7.2.2 系统原理	218	附录 A 图形符号对照表	229
7.2.3 元件清单	222	参考文献	230
7.2.4 相关产品介绍及未来发展 方向	222		
7.2.5 产品推广意义及方法	223		

第1章

无源电子元件

电子设备中常用的电阻器、电容器、电感器等,通常称为电子元件;而二极管、三极管、集成块(电路)等通常称为电子器件。本章将介绍几种常用的无源电子元件的种类、识别、应用及其检测方法。无源电子元件包括电阻器、电位器、电容器、电感器、变压器及继电器。

1.1 电阻器和电位器的识别/检测/选用

收音机、电视机或录音机的电路板上有许多密密麻麻的电子元件,其中,为数最多的就是一种两端出线或直接焊接的圆柱形小棒,小的像大米粒,大的像小鞭炮,这就是家用电器电路中的主要元件——电阻器。

1.1.1 普通电阻器的型号命名方法

(1)有引脚电阻器的型号命名方法。有引脚电阻器的型号示意图如图 1-1 所示,由三部分或四部分组成。第一部分用字母 R 表示主称电阻;第二部分用字母表示电阻器材料;第三部分通常用数字或字母表示类别,也有些电阻器用该部分数字表示额定功率;第四部分用数字表示生产序号,以区别该电阻器的外形尺寸及性能指标。各部分的主要含义见表 1-1。

RT15	1.2 W	472	K
型号	额定功率	标称阻值(4.7 kΩ)	允许误差(±10%)

(a) RT15型碳膜固定电阻器(1/2 W)型号

RI82	1/2 W	472	K
型号	额定功率	标称阻值(4.7 kΩ)	允许误差(±10%)

(b) RI82型高压玻璃釉膜电阻器(1/2 W)型号

图 1-1 有引脚电阻器的型号示意图

表 1-1 有引脚电阻器型号命名含义

第一部分	第二部分		第三部分				第四部分
字母	字母	含义	数字或字母	含义	数字	额定功率/W	用个位数表示生产序号或无数字表示
R(表示电阻器)	C	沉积膜或高频瓷	1 或 0	普通	0.125	1/8	
			2	普通/阻燃			
	F	复合膜	3 或 C	超高频	0.25	1/4	
	H	合成碳膜	4	高阻			
	I	玻璃釉膜	5	高温	0.5	1/2	
J	金属膜	7 或 J	精密				

续表

第一部分	第二部分		第三部分				第四部分
字母	字母	含义	数字或字母	含义	数字	额定功率/W	用个位数表示生产序号或无数字表示
R(表示电阻器)	N	无机实芯	8	高压	1	1	
	S	有机实芯	11	特殊			
	T	碳膜	G	高功率	2	2	
	U	硅碳膜	L	测量			
	X	绕线	T	可调	3	3	
	Y	氧化膜	X	小型			
	O	玻璃膜	C	防潮	5	5	
	P	硼碳膜	Y	被釉			
		B	不燃性	10	10		

(2)贴片电阻器的型号命名方法。贴片电阻器的型号由六部分组成,如图 1-2 所示。

FTR	05	K	103	J	R
系列	尺寸	温度系数	阻值	误差等级	包装方式

图 1-2 贴片电阻器的型号示意图

贴片电阻器的型号中各种参数的具体含义见表 1-2。

表 1-2 贴片电阻器的型号中各种参数的具体含义

系列		尺寸		温度系数		阻 值	误差等级		包装方式	
代号	系列	代号	尺寸	代号	温度系数 /(10 ⁻⁶ /℃)		代号	误差值/%	代号	包装方式
FTR	E-24	02	0402	K	-100~+100	前两位表示有效数字,第三位表示 0 的个数	F	±1	T	编袋包装
		03	0603	L	-250~250		G	±2		
FTM	E-96	05	0805	U	-400~400	前三位表示有效数字,第四位表示 0 的个数	J	±5	B	塑料盒散包装
		06	1206	M	-500~500		O	跨接电阻		

备注:小数点用 R 表示(如 1R0 代表 1.0 kΩ)。在电阻器上通常只有阻值数字代码,具体型号通常在包装箱上。

1.1.2 普通电阻器的识别

在电路原理图中,电阻器通常用 R 表示,网络电阻器(排阻)常用 RN 表示。电阻器的图形符号如图 1-3 所示。

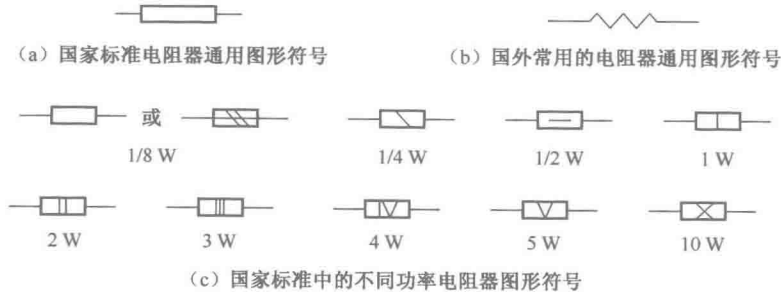


图 1-3 电阻器的图形符号

电阻器的阻值标示方法主要有以下四种：

(1)直标法。将电阻器的标称阻值用数字和文字符号直接标在电阻器体上,其允许误差用百分数表示,未标偏差值的即为±20%的允许误差。

(2)文字符号法。将电阻器的标称阻值和允许误差值用数字和文字符号按一定的规律组合标示在电阻器体上。电阻器标称阻值的单位标示符号见表 1-3,允许误差见表 1-4。

表 1-3 电阻器标称阻值的单位标示符号

文 字 符 号	单位及进位关系	名 称
R(或 ohm)	$\Omega(10^0)$	欧[姆]
k	$k\Omega(10^3)$	千欧
M	$M\Omega(10^6)$	兆欧
G	$G\Omega(10^9)$	吉欧
T	$T\Omega(10^{12})$	太欧

表 1-4 电阻器标称阻值的允许误差

文 字 符 号	允 许 误 差/%	文 字 符 号	允 许 误 差/%
B	±0.1	L	±0.01
C	±0.25	M	±20
D	±0.5	N	±30
E	±0.005	P	±0.02
F	±1	W	±0.05
G	±2	X	±0.002
J	±5	Y	±0.001
K	±10	—	—

为了防止小数点在印刷不清时引起的误解,采用这种标示方法的电阻体上通常没有小数点,而是将小于1的数值放在英文字母后面。例如,6R2J表示6.2Ω,允许误差为±5%;3k6表示3.6kΩ,允许误差为±10%。只要是R在最前面,即表示阻值小于1Ω,如R22表示0.22Ω,2R2表示2.2Ω;只要是出现R或R在最后面,即表示阻值小于1kΩ,如220R表示220Ω,22R1表示22.1Ω;只要是出现k或k在最后面,即表示阻值大于1kΩ,如22k表示22000Ω,221k8表示221800Ω。

(3)色标法。电阻器的阻值除了直标法外,还常用色环来标示(这种电阻器常被称为色环电阻器)。色标法标注电阻器的示意图如图 1-4 所示。

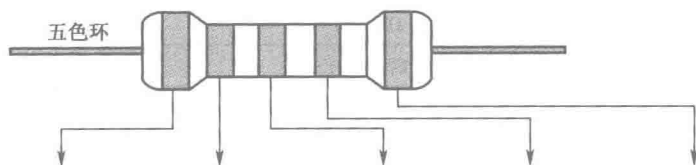
普通的电阻器用四色环表示,精密电阻器用五色环表示。紧靠电阻器体一端头的色环为第一环,露着电阻器体本色较多的另一端头为末环。由于金色和银色在有效数字中并无实际意义,只表示误差,因此只要边缘的色环为金色或银色,则该色环必为最后一道色环。

有些精密电阻器用六色环来标注阻值。其第一色环为百位数,第二色环为十位数,第三色环为个位数,第四色环为倍率,第五色环为允许误差,第六色环为温度系数。对于一些特殊的五色环电阻器(第四色环为金色或银色),其阻值要按照六色环来识别,即前四色环按照四色环电阻器读,第五色环表示温度系数。

(4)数码标示法。在产品 and 电路图上用三位数字来表示元器件标称值的方法称为数码标

示法,该法常见于贴片电阻器或进口器件上。

在三位数字中,从左至右的第一、第二位为有效数字,第三位数字表示有效数字后面所加“0”的个数(单位为 Ω)。如果阻值中有小数点,则用R表示,并占一位有效数字。例如,标示为“103”的电阻器阻值为 $10 \times 10^3 = 10 \text{ k}\Omega$;标示为“222”的电阻器阻值为 $2.2 \text{ k}\Omega$;标示为“105”的电阻器阻值为 $1 \text{ M}\Omega$;标示为“0”或“000”的电阻器阻值为 0Ω 。这种电阻器实际上是跳线(短路线),在有些电路中,阻值为 0Ω 的贴片电阻器用来作为保险电阻器或者EMI(电磁干扰)电阻器来使用。



颜 色	第一位数字	第二位数字	第三位数字	倍 率	允许误差/%
黑	0	0	0	10^0	—
棕	1	1	1	10^1	± 1
红	2	2	2	10^2	± 2
橙	3	3	3	10^3	—
黄	4	4	4	10^4	—
绿	5	5	5	10^5	± 0.5
蓝	6	6	6	10^6	± 0.25
紫	7	7	7	10^7	± 0.10
灰	8	8	8	—	—
白	9	9	9	—	—
金	—	—	—	0.1	± 5
银	—	—	—	0.01	± 10

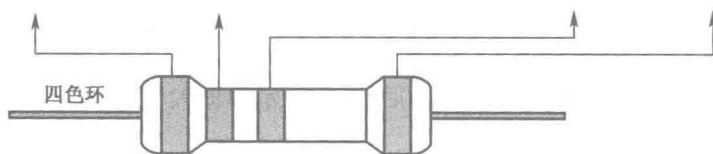


图 1-4 色标法标注电阻器的示意图

1.1.3 普通电阻器的主要参数

(1) 标称阻值和允许误差。在电阻器上标注的电阻数值称为标称阻值。为了规范生产,便于设计,生产厂家并不是任意一种阻值的电阻器都生产,而是按照不同的生产标准生产。电阻器的阻值按照其精度主要分为四大系列,分别为E-6、E-12、E-24和E-96系列。在四大系列电阻器中有一个阻值基数,该系列电阻器的阻值为这个阻值基数乘以10的 n ($n=-2 \sim 9$)次方,其电阻器阻值基数见表1-5。

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

表 1-5 E-6、E-12、E-24 和 E-96 系列电阻器阻值基数

E-6	1.0	—	1.5	—	2.2	—	3.3	—	4.7	—	6.8	—
E-12	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2
E-24	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
E-96	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	5.11	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

电阻器的允许误差是指实际阻值与厂家标注阻值之间的误差(称为精度),实际阻值在误差范围内的电阻器均为合格电阻器。例如,一个标称阻值为 10 Ω、允许误差为±5%的电阻器的实际阻值只要在 9.5~10.5 Ω 之间即为合格产品。

E-6 系列电阻器精度为±25%,E-12 系列电阻器精度为±20%,E-24 系列电阻器精度为±5%,E-96 系列电阻器精度为±1%。国产电阻器允许误差分为Ⅰ级(±5%)、Ⅱ级(±10%)、Ⅲ级(±20%)。

(2)额定功率。额定功率指电阻器正常工作时长期连续工作并能满足规定的性能要求时允许的最大功率。超过这个值,电阻器将因过分发热而被烧毁。常用的电阻器功率通常为 1/4 W 或 1/8 W。在代换电阻器时,若空间允许,则可用较大功率的电阻器代换功率较小的电阻器。

(3)最高工作电压。最高工作电压是指电阻器长期工作不发生过热或电击穿损坏时的工作电压。如果电压超过该规定值,则电阻器内部将产生火花,引起噪声,导致电路性能变差,甚至损坏该电阻器。常见碳膜电阻器的最高工作电压见表 1-6。

表 1-6 常见碳膜电阻器的最高工作电压

标称功率/W	1/16	1/8	1/4	1/2	1	2
最高工作电压/V	100	150	350	500	750	1 000

1.1.4 普通电阻器的检测

在检测电阻器时,为了提高测量精度,应根据被测电阻器标称阻值的大小来选择量程。对于指针式万用表,由于欧姆挡刻度的非线性关系,表盘中间的一段分度较为精细,因此,应使指针的指示值尽可能落到刻度的中段位置(全刻度起始的 20%~80%弧度范围内)。对于数字万用表,只要将万用表的挡位根据标称阻值选择为适当的 Ω 挡、MΩ 挡或者自动(AUTO)挡即可。

由于人体是有一定阻值的导通电阻,因此在测量阻值大于 10 kΩ 以上的电阻器时,手不要触及万用表的表笔和电阻器的引脚部分。对于一些阻值低于 10 Ω 的电阻器,检测时还要考虑

到测试用的万用表的“表笔短路基础电阻值”。在数字万用表的 200 Ω 挡,该值一般为 0.1~1 Ω 。在实际测量时,若要求精度较高,则应在测量的阻值上减去这个“表笔短路基础阻值”才是电阻器真正的阻值。

1.1.5 敏感电阻器

电子电路中除了采用普通电阻器外,还有一些敏感电阻器(如热敏电阻器、压敏电阻器、光敏电阻器等)也被广泛应用。

(1)光敏电阻器。光敏电阻器就是对光反应敏感的电阻器,就是电阻率随入射光的强弱而变化的电阻器。光敏电阻器是根据半导体的光电效应原理制成的一种特殊的电阻器。为了避免光敏电阻器的灵敏度受潮湿等因素的影响,通常将导电体严密封装在金属或树脂壳中。

检测光敏电阻器时,应将万用表的电阻挡挡位开关根据光敏电阻器的亮电阻的阻值大小拨至合适的挡位(通常在 20 k Ω 或者 200 k Ω)。测量时可以先测量有光照时的阻值,然后用一块遮光的厚纸片将光敏电阻器覆盖严密。若电阻器正常,就会因无光照而阻值剧增;若光敏电阻器变质或变坏,阻值就会变化很小或者不变。另外,在有光照时,若测得阻值为零或无穷大(数字万用表显示溢出符号“1”或者“L”),则也可判定该产品损坏(内部短路或者开路)。

在国家标准中,光敏电阻器的型号命名分为三部分:第一部分用字母表示主称;第二部分用数字表示用途或特征;第三部分用数字表示序号。例如,MG45-14 的型号可以分为 MG(光敏电阻器)、4(可见光)、5-14(序号)三部分。光敏电阻器的型号命名及含义见表 1-7。

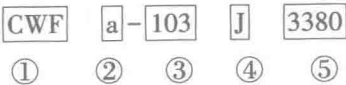
表 1-7 光敏电阻器的型号命名及含义

第一部分(主称)		第二部分(用途或特征)		第三部分(序号)
字母	含义	数字	含义	通常用数字表示序号,以区别该电阻器的外形尺寸及性能指标
MG	光敏电阻器	0	特殊用途	
		1	紫外光	
		2	紫外光	
		3	紫外光	
		4	可见光	
		5	可见光	
		6	可见光	
		7	红外光	
		8	红外光	
		9	红外光	

(2)NTC (Negative Temperature Coefficient)热敏电阻器。NTC 热敏电阻器(负温度系数热敏电阻器)是一种以过渡金属氧化物为主要原材料,采用电子陶瓷工艺制成的热敏半导体陶瓷器件。它的阻值随温度的升高而降低。利用这一特性既可制成测温、温度补偿和控温组件,又可以制成功率型组件,抑制电路的浪涌电流。NTC 热敏电阻器的价格低廉,在电子产品中被广泛应用,而且具有多种封装形式,能够很方便地应用到各种电路中。

NTC 热敏电阻器的种类繁多、形状各异。NTC 热敏电阻器的命名标准由四部分构成。其中,M 表示敏感电阻器,F 表示负温度系数热敏电阻器。有些厂家的产品,在序号之后又加了一个数字,例如,MF54-1,这个“-1”也属于序号,通常称为“派生序号”,其标准由各厂家自己制定。

在国内生产的一些热敏电阻器的型号中,通常还包括有阻值、误差等信息,如



包括如下信息:

① NTC 温度传感器。

② 传感头封装形式及尺寸:a 代表环氧树脂封装;b 代表铝壳、铜壳、不锈钢壳等封装;c 代表塑料封装;d 代表加固定金属片;e 代表特殊形式封装。

③ 标称阻值,如 103 代表 10 kΩ。

④ 标称阻值精度代号:F 代表±1%,G 代表±2%,H 代表±3%,J 代表±5%。

⑤ B 值(25℃/50℃,3380 即 B 值为 3 380 kΩ)。

(3) PTC (Positive Temperature Coefficient) 热敏电阻器。PTC 热敏电阻器(正温度系数热敏电阻器)是一种具有温度敏感性的半导体电阻器。一旦超过一定的温度(居里温度)时,其阻值就会随着温度的升高几乎成阶跃式的增高。PTC 热敏电阻器本体温度的变化可以由流过 PTC 热敏电阻器的电流来获得,也可以由外界输入热量或者两者的叠加来获得。

PTC 热敏电阻器根据其材质的不同分为陶瓷 PTC 热敏电阻器和有机高分子 PTC 热敏电阻器(简称“高分子 PTC 热敏电阻器”)。根据其用途不同分为自动消磁用、延时启动用、恒温加热用、过载保护用、过热保护用、传感器用 PTC 热敏电阻器。在一般情况下,高分子 PTC 热敏电阻器适合用于过载保护电路。

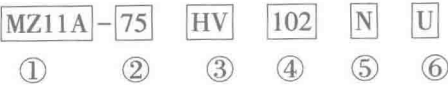
国产热敏电阻器的型号命名分为四部分,各部分含义见表 1-8。

表 1-8 国产热敏电阻器的型号命名及含义

第一部分(主称)		第二部分(类别)		第三部分(用途或特征)		第四部分(序号)
字母	含义	字母	含义	数字	含义	
M	敏感电阻器	Z	正温度系数 热敏电阻器	1	普通型	用数字或字母与数字混合表示序号,代表着某种规格、性能
				5	测温用	
				6	温度控制用	
				7	消磁用	
				9	恒温型	
		F	负温度系数 热敏电阻器	0	特殊型	
				1	普通型	
				2	稳压用	
				3	微波测量用	
				4	旁热式	
				5	测温用	
				6	控制温度用	
				8	线性型	

第一部分为字母符号,用字母 M 表示主称为敏感电阻器;第二部分用字母表示敏感电阻器类别;第三部分用数字 0~9 表示热敏电阻器的用途或特征;第四部分用数字或字母与数字混合表示序号。

例如,MZ73A-1 表示消磁用正温度系数热敏电阻器(M 表示敏感电阻器;Z 表示正温度系数热敏电阻器;7 表示消磁用;3A-1 表示序号)。实际的 PTC 热敏电阻器型号通常由六部分组成,如



包括如下信息:

- ①型号:MZ11A。
- ②开关温度:50 代表 50°,75 代表 75°,85 代表 85°,105 代表 105°,120 代表 120°。
- ③类型代号:S 代表微小型,A 代表基本型,HV 代表高压型。
- ④额定零功率阻值:采用电阻器的数码标示法表示,如 102 代表 1 000 Ω。
- ⑤允许误差:N 代表±30%,V 代表±25%,M 代表±20%,K 代表±10%,J 代表±5%,X 代表其他允许误差。
- ⑥引线形状:U 代表内弯,S 代表直线型,A 代表轴弯。

(4)压敏电阻器。压敏电阻器是利用半导体材料的非线性特性制成的一种特殊的电阻器,当压敏电阻器两端施加的电压达到某一临界值(压敏电压)时,其阻值就会急剧变小。压敏电阻器的种类很多,按其材料可分为氧化锌、碳化硅、金属氧化物、锗硅、钛酸钡和硒化镉压敏电阻器等。

压敏电阻器的型号命名分为四部分:

第一部分用字母 M 表示主称为敏感电阻器。

第二部分用字母 Y 表示敏感电阻器为压敏电阻器。

第三部分用字母表示压敏电阻器的用途或特征。

第四部分用数字表示序号,有的在序号后面还标有标称电压、通流容量或电阻器体直径、电压误差等,各部分含义见表 1-9。

表 1-9 压敏电阻器的型号命名及含义

第一部分(主称)		第二部分(类别)		第三部分(用途或特征)		第四部分(序号)
字母	含义	字母	含义	字母	含义	
M	敏感电阻器	Y	压敏电阻器	无	普通型	用数字表示序号,有的在序号的后面还标有标称电压、通流容量或电阻器体直径、电压误差等
				D	通用型	
				B	补偿用	
				C	消磁用	
				E	消噪用	
				G	过电压保护用	
				H	灭弧型	
				K	高可靠用	
				L	防雷用	
				M	防静电用	
				N	高能型	
				P	高频用	
				S	元件保护用	
				T	特殊型	
				W	稳压用	
				Y	环型	
				Z	组合型	

检测压敏电阻器时,应将万用表的电阻挡挡位开关拨至最高挡。常温下测量值应为无穷大,数字表显示溢出符号“1”,若有阻值,就说明该压敏电阻器的击穿电压低于万用表内部电池的9 V或15 V电压(这种压敏电阻器很少见)或者已经被击穿损坏。

1.1.6 电位器

可调整电阻值的电阻器称为可调电阻器,通过调节可调电阻器的转轴,可以使它的输出电位发生改变,所以这种连续可调的电阻器,又称电位器。电位器的种类多种多样,常见的电位器类型如图1-5所示。

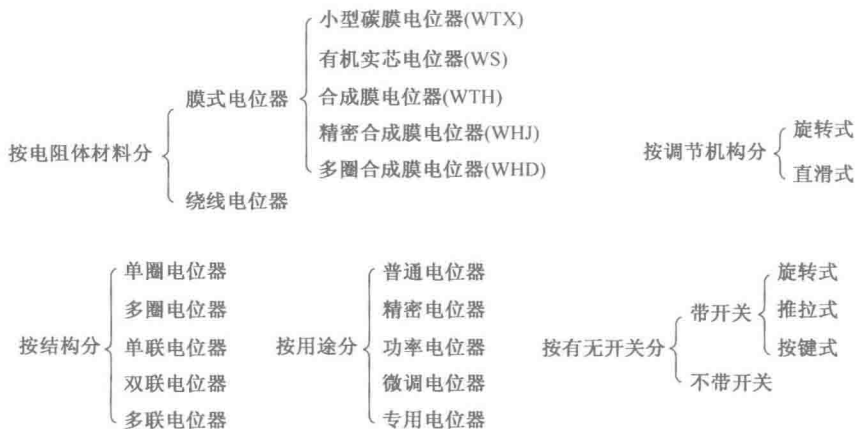


图 1-5 常见的电位器类型

在电路原理图中,电位器常用字母 RP、VR、W 表示。常用电位器的图形符号如图1-6所示。

检查电位器时,首先要转动旋柄,看看旋柄转动是否平滑,开关是否灵活,并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音,如有较强的“沙沙”声或其他噪声,则说明质量欠佳。在一般情况下,旋柄转动时应该稍微有点阻尼,既不能太“死”,也不能太灵活。

用万用表测试时,先根据被测电位器标称阻值的大小,选择好合适挡位再进行测量;再将表笔测量定触点的两端阻值,若万用表显示阻值与标称阻值相差很多,则表明该电位器已经损坏。检查完标称阻值正常后,还要再检测电位器的滑动臂与电阻体的接触是否良好。将万用表两表笔分别与电位器的动触点和一个定触点接触。慢慢转动电位器的轴,使其从一个极端位置旋转到另一个极端位置,万用表指示值应从0(或标称阻值)连续变至标称阻值(或0)。若指示值有跳动现象,则说明电位器接触不良。

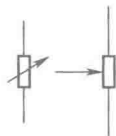


图 1-6 常用电位器的图形符号

1.2 电容器的识别/检测/选用

电容器只能通过交流电而不能通过直流电,因此常用于振荡电路、调谐电路、微波电路、旁路电路及耦合电路中。

1.2.1 电容器的型号命名方法

国家标准中,电容器的型号由四部分组成。第一部分字母C代表电容器,第二部分表示介质材料,第三部分表示结构类型和特征,第四部分表示序号。电容器的型号及意义具体见表1-10。

表 1-10 电容器的型号及意义

第一部分 (主称)		第二部分(介质材料)		第三部分(结构类型和特征)						第四部分 (序号)	
符号	意义	符号	意义	符号	意义						
					瓷介	云母	玻璃	电解	其他		
C	电 容 器	C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	用字母或 数字表示电 容器的结构 和大小	
		Y	云母	2	管型	非密封	—	箔式	非密封		
		I	玻璃釉	3	叠片	密封	—	烧结粉固体	密封		
		O	玻璃膜	4	独石	密封	—	烧结粉固体	密封		
		Z	纸介	5	穿心	—	—	—	穿心		
		J	金属化纸	6	支柱	—	—	—	—		
		B	聚苯乙烯	7	—	—	—	无极性	—		
		L	涤纶	8	高压	高压	—	—	高压		
		Q	漆膜	9	—	—	—	特殊	特殊		
		S	聚碳酸酯	J	金属膜						
		H	复合介质	W	微调						
		D	铝	T	铁电						
		A	钽	X	小型						
		N	铌	S	独石						
		G	合金	D	低压						
		T	钛	M	密封						
		E	其他	Y	高压						
				C	穿心式						

例如,某电容器的型号为CJX-250-0.33 μ - $\pm 10\%$,则含义为C为主称,表示电容器;J为介质材料,表示金属化纸;X为特征,表示小型;250为耐压,表示耐压为250V;0.33 μ 为标称,表示容量为0.33 μ F; $\pm 10\%$ 为误差,表示 $\pm 10\%$ 的允许误差。

1.2.2 电容器的识别

在国家标准中,常用电容器的图形符号如图1-7所示。电容器的电容量标示方法主要有以下四种。

(1)直标法。直标法是用数字和字母



(a) 普通电容器



(b) 电解电容器



(c) 可调电容器

图 1-7 常用电容器的图形符号