

电工电子实践课程丛书

电工电子实践初步

主 编 李桂安
副主编 丁则信 田野



33
60

东南大学出版社

电工电子实践课程丛书

电工电子实践初步

主 编 李桂安

副主编 丁则信 田 野

东南大学出版社
·南 京·

内 容 提 要

本书为东南大学电工电子系列实践教材之一。全书共分5章,内容包括:常用电子元器件,常用电子仪器,交流电和安全用电,焊接技术、印制电路板的设计与制作,虚拟电子工作台。

本书可作为高等院校电类专业电工电子实践课程教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实践初步/李桂安主编,一南京:东南大学出版社,1999.12

(电工电子实践课程丛书/陈怡主编)

ISBN 7-81050-578-5

I.电… II.李… III.①电工技术—基本知识 ②电子技术—基本知识 IV.①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 51904 号

东南大学出版社发行

(南京四牌楼2号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏省地质测绘院印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.25 字数:361千字

1999年12月第1版 2004年2月第4次印刷

印数:10001—12000 定价:20.00元

《电工电子实践课程丛书》编委会名单

主任委员 陈 怡

副主任委员 王 尧 刘京南

编 委 (以姓字笔划为序)

王澄非 田 良 李桂安

朱 珉 邹家禄 沈永朝

陈建元 胡仁杰 柯锡明

洪焕兴 钱俞寿 堵国梁

黄正瑾 戴先中

序

为了培养具有创新精神的高素质人才,为了适应电子信息技术和拓宽专业口径,我校在多年教改研究与实践的基础上,提出了电气信息类电工电子课程大平台的新体系——8+5课程体系,即在教学计划中规定电气信息类各专业必修8门电工电子理论课程(电路分析,信号与系统,计算机结构与逻辑设计,电子线路基础,自动控制原理,电磁场与波,微机系统与接口,信息、通信、网络基础)及5门电工电子实践课程(电工电子实践初步、电路与数字逻辑设计实践、电子线路实践、微机硬件应用实践、综合电子设计与实践)。

为实施5门电工电子实践课程,培养学生的创新精神和实践能力,我校以接受教育部电工电子教学基地建设任务为契机,创建了校级电工电子实验中心。同时,在学校统一领导下,成立了《电工电子实践课程丛书》编委会,组织在教学第一线的骨干教师编写了本套丛书。

本套丛书是在我校多年来教改研究与实践的基础上,汲取了近年来我校及兄弟院校实践教学改革的经验撰写而成的。它既是前一阶段我校承担的教育部“面向21世纪电工电子教学内容和课程体系改革”项目的成果之一,也是新一轮教改实践的开始。本丛书在内容选择上力图具有以下特色:

(1) 拓宽学科基础,扩展知识面,使强电与弱电结合、硬件与软件结合。

(2) 注意将信息技术融入课程的内容及教学手段之中,如引进EDA教学及网络教学等。

(3) 既注意本系列课程与相应理论课程的衔接、呼应,又保持了实践课程自身的体系与特色。

(4) 课程内容中设计型、综合型实践占大多数,既注重功能单元及模块的设计与调试,又注重电子系统的设计与实践,强化工程训练及创新能力的培养。

本丛书从筹划到编写自始至终都得到了教育部工科电工课程指导委员会主任委员、东南大学原校长陈笃信教授的热情指导,同时,还得到东南大学教务处处长陈怡教授的大力支持。此外,本校及兄弟院校的许多同仁也给予了多方关心与帮助,在此,我们谨以编委会的名义向他们致以崇高的敬意,并表示衷心的感谢。

限于作者的水平和经验,书中难免存在一些不当之处,敬请各界专家学者及广大读者批评指正。

东南大学

《电工电子实践课程丛书》编委会

1999年7月

前 言

知识有两种,一种是理论知识,一种是实践知识。理论知识是重要的,它能指导实践,为社会创造出巨大财富。然而,理论一旦离开了实践,那将是空洞的理论,没有丝毫的实际价值。只有经过实践才能丰富理论知识,发展理论知识,因而两者是相辅相成的,缺一不可。

我们的教育方针历来是教育与生产劳动相结合,坚持理论联系实际的原则。工科院校担负着培养工程科技人员的重任,学生毕业后要从事各项科学研究和各种工程技术工作,这就要求他们不仅具有深厚扎实的理论基础,而且应该深入实际,有较强的动手能力,有踏踏实实从事科学实验的技能和求实的作风。为此,理工科院校必须重视加强实践教学。实践教学是高等学校培养应用型人才的重要环节,对学生分析问题和解决问题能力的培养具有其他教学环节不可替代的重要作用。

根据教学改革的要求,为了强化学生的工程实践能力、拓宽其知识面和对于科技发展的适应性,我校电类各系、各专业将统一开设电工电子系列实践课程。“电工电子实践初步”课程是一门先导性的实践课程,其后还将陆续开设“电路与数字逻辑设计实践”、“电子线路实践”、“微机硬件应用实践——原理与接口”、“微机硬件应用实践——系统综合”及“综合电子设计与实践”等课程。

“电工电子实践初步”课程计划1个学分(32学时),其中约1/5总学时为讲课,4/5总学时为实验。根据教学基本要求我们组织编写了这本教材,它由以下几部分组成:

(一)常用电子元器件知识。电阻、电容、电感无源器件、半导体器件和集成器件;万用电表原理与使用,线性与非线性元件测量。

(二)常用电子仪器的正确使用。示波器、函数发生器、交流毫伏表及直流稳压电源的组成、基本工作原理和使用方法。

(三)单相与三相交流电及其安全用电知识;常用的插座、熔丝、日光灯、接地、接零等常识。

(四)焊接技术、印刷电路板的设计与制作。

(五)模拟电子实验台的初步使用。

(六)实用电子电路制作。为拓宽知识面、激发同学的学习兴趣和创造性,我们选择了若干实用电子制作实例,供同学们选做。

本书原稿经1997、1998两年试用后,现对内容加以扩充,重新编写。本书的第1章、第3章由丁则信编写,第2章、第4章(除4.3节外)及附录1由李桂安编写,第4.3节、第5章及附录2、附录3由田野编写。在本书的编写过程中,东南大学无线电系柯锡明副教授自始至终给予了热情的指导和关心,并对全书进行了认真的审阅和修改,提出了宝贵的意见;东南大学电工电子实验中心王尧教授也对本书提出了许多有益的建议和意见,在此谨致以诚挚的谢意。

限于编者的学识水平,本书难免有缺点和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

于东南大学

1999年8月

目 录

1	常用电子元件和万用表	(1)
1.1	电阻器	(1)
1.2	电位器	(8)
1.3	电容器	(13)
1.4	电感器	(18)
1.5	晶体管与集成电路	(21)
1.6	万用表	(35)
1.7	实验——常用元器件的测试	(45)
	要点及复习思考题	(46)
2	常用电子仪器的使用	(48)
2.1	示波器	(48)
2.2	函数发生器	(59)
2.3	电子电压表	(63)
2.4	直流稳压电源	(64)
2.5	实验——常用电子仪器的使用	(68)
	要点及复习思考题	(71)
3	交流电路和安全用电	(72)
3.1	交流电路	(72)
3.2	安全用电	(89)
3.3	实验	(96)
	要点及复习思考题	(98)
4	焊接技术、印制电路板的设计与制作	(99)
4.1	焊接技术	(99)
4.2	印制电路板的设计与制作	(109)
4.3	印制电路板的计算机辅助设计	(118)
4.4	实验——实用电子电路的制作	(134)
	要点及复习思考题	(138)
5	虚拟电子实验台使用初步	(139)
5.1	概述	(139)
5.2	EWB5.0的基本操作方法	(141)
5.3	EWB5.0的常用操作	(169)

5.4 EWB5.0 的分析功能.....	(180)
5.5 EWB5.0 的印刷电路板(PCB)绘制软件 Protel 98 PCB 的连用	(182)
5.6 实验——虚拟电子实验台的应用	(182)
要点及复习思考题.....	(184)
附录	(185)
附录 1 几个实用电子电路	(185)
附录 2 Protel Advanced PCB 98 菜单中文英文对照表	(200)
附录 3 EWB5.0 中常用中英名词对照	(208)

1

常用电子元器件和万用表

电子产品中的各种电子元器件种类繁多,其性能和应用范围有很大不同。随着电子工业的飞速发展,电子元器件中的新产品层出不穷,其品种规格十分繁杂。本章只对电阻器、电位器、电容器、电感器、晶体管及集成电路等最常用的电子元器件作简要介绍,希望能对众多的电子元器件有个概括性的了解。同时本章也将对最常用的便携式测量仪表——万用表的结构、原理及使用方法作扼要叙述。

1.1 电阻器

电阻器是电子产品中最通用的电子元件。它是耗能元件,在电路中分配电压、电流,用作负载电阻和阻抗匹配等。

1.1.1 符号

电阻器在电路图中用字母 R 表示。常用的图形符号如图 1-1 所示。

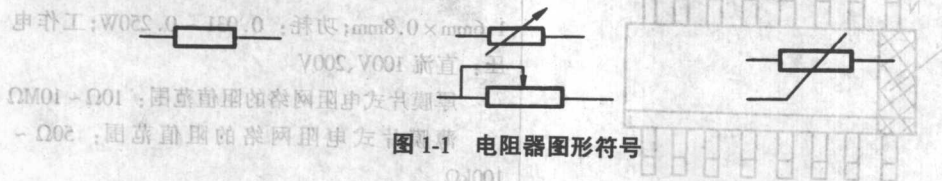


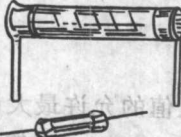
图 1-1 电阻器图形符号

1.1.2 种类

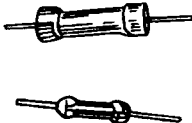
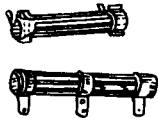
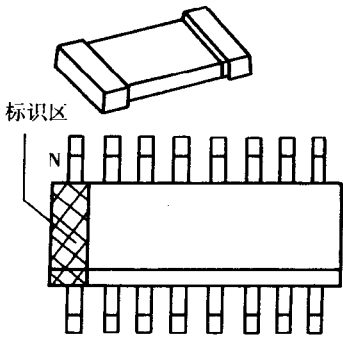
电阻器种类很多,按制造工艺和材料,电阻器可分为:合金型、薄膜型和合成型。按照使用范围和用途,电阻器又可分为:普通型电阻器、精密型电阻器、高频型电阻器、高压型电阻器、高阻型电阻器、熔断型电阻器、敏感型电阻器、电阻网络、无引线片式电阻器等。

表 1-1 简要介绍了几种最常用的电阻器的结构和特点。

表 1-1 几种电阻的简单介绍

名称及实物图	结构和特点
碳膜电阻 (R_T) 	它是将碳氢化合物在高温真空中分解,使其在瓷管或瓷棒上形成一层结晶碳膜,然后用刻槽的方法来确定阻值。这种电阻稳定性较高,噪声也比较低。

续表 1-1

名称及实物图	结构和特点
金属膜电阻 (R_J) 	一般用真空蒸发或烧渗法在陶瓷体上生成一层薄膜。这种电阻具有噪声低、耐高温、体积小、稳定性和精密度高等特点
线绕电阻 (R_X) 	用电阻丝绕在瓷管上制成。这种电阻分固定和可变两种。特点是工作稳定,耐热性能好,误差范围小,适用于大功率场合。额定功率大都在1W以上
矩形片式电阻和电阻网络 	矩形片式电阻大多采用厚膜工艺制作,阻值 $0.1\Omega \sim 10M\Omega$,误差有0.5%、1%、2%、5%四种;采用薄膜工艺制作,阻值精度、稳定性和高频特性优于厚膜工艺制作,其阻值范围为 $220m\Omega \sim 330k\Omega$,精度范围为0.01% ~ 1% 典型尺寸: $3.2mm \times 1.6mm$, $2mm \times 1.25mm$, $1.6mm \times 0.8mm$;功耗: $0.031 \sim 0.250W$;工作电压: 直流 $100V$ 、 $200V$ 厚膜片式电阻网络的阻值范围: $10\Omega \sim 10M\Omega$ 薄膜片式电阻网络的阻值范围: $50\Omega \sim 100k\Omega$ N 为引脚数,有 8、14、16、20 脚等规格

1.1.3 参数

电阻器的主要参数有标称阻值、允许误差(精度等级)、额定功率、温度系数、噪声、最高工作电压、高频特性等。在选用电阻器时一般只考虑标称阻值、允许误差和额定功率这三项最主要的参数,其他参数在有特殊需要时才考虑。

1) 标称阻值

电阻器表面所标注的阻值叫标称阻值。不同精度等级的电阻器,其阻值系列不同。标称阻值是按国家规定的电阻器标称阻值系列选定的,标称阻值系列见表 1-2,阻值单位为欧(Ω)。

2) 允许误差

电阻器的允许误差就是指电阻器的实际阻值对于标称阻值的允许最大误差范围,它标志着电阻器的阻值精度。普通电阻器的误差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 三个等级,允许误差越小,电阻器的精度越高。精密电阻器的允许误差可分为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 、 $\dots$ 、 $\pm 0.001\%$ 等十几个等级。

表 1-2 电阻器标称阻值系列 (Ω)

标称阻值系列	允许误差	精度等级	电阻器标称值									
E6	± 20%	Ⅲ	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8				
E12	± 10%	Ⅱ	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	± 5%	Ⅰ	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

注:使用时将表列数值乘以 10^n (n 为整数)。

3) 额定功率

电阻器通电工作时,本身要发热,如果温度过高就会将电阻器烧毁。在规定的环境温度中允许电阻器承受的最大功率,即在此功率限度以下,电阻器可以长期稳定地工作、不会显著改变其性能、不会损坏的最大功率限度就称为额定功率。

根据部颁标准,不同类型的电阻器有不同系列的额定功率。电阻器的额定功率系列见表 1-3 所示。

表 1-3 电阻器额定功率系列 (W)

线绕电阻额定功率系列				非线性绕电阻额定功率系列			
0.05	0.125	0.25	0.5	0.05	0.125	0.25	0.5
1	2	4	8	1	2	5	10
12	16	25	40	25	50	100	
50	75	100	150				
250	500						

1.1.4 规格标注方法

由于受电阻器表面积的限制,通常只在电阻器外表面上标注电阻器的类别、标称阻值、精度等级和额定功率。对于额定功率小于 0.5W 的小电阻器,一般只标注标称阻值和允许误差,材料类型和功率常从其外形尺寸和颜色来判断。电阻器的规格标注通常采用文字符号直标法和色标法两种方法。

1) 文字符号直标法

在电阻器表面将电阻器的材料类型和主要参数的数值直接标出,如图 1-2 所示。

(1) 阻值

欧(10^0 欧[姆])用 Ω 表示;

千欧(10^3 欧[姆])用 $k\Omega$ 表示;

兆欧(10^6 欧[姆])用 $M\Omega$ 表示;

千兆欧(10^9 欧[姆])用 $G\Omega$ 表示;

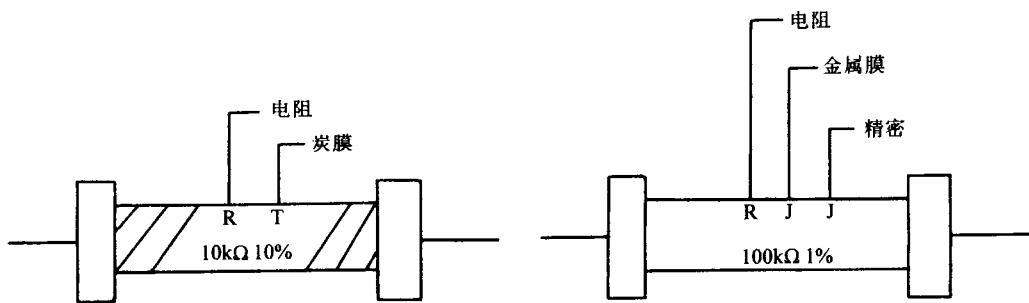


图 1-2 电阻器的直标法

兆兆欧(10^{12} 欧[姆])用 $T\Omega$ 表示。

遇有小数时,常以 Ω 、k、M、G、T 代替小数点,如: 0.1Ω ,标注为 $\Omega 1$; $3.3k\Omega$ 标为 $3k3$; $1000M\Omega$ 标为 $1G$,即省标注 Ω 。

(2) 允许误差

普通电阻允许误差为 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 、三种,在电阻标称值后,标明 I (J)、II (K)、III (M) 符号。如图 1-3 所示。

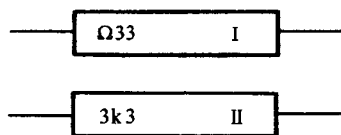


图 1-3 标称阻值、精度的直标法

(3) 额定功率

2W 以下的小型电阻器,其功率通常不标出,通过观察其外形尺寸即可判定。2W 以上的其功率数值在电阻器表面上用数字标出。表 1-4 为常用的碳膜电阻器和金属膜电阻器外形尺寸和额定功率的关系。

表 1-4 碳膜和金属电阻外形尺寸与额定功率的关系

额定功率 (W)	碳膜电阻(R_T)		金属膜电阻(R_J)	
	长度(mm)	直径(mm)	长度(mm)	直径(mm)
1/8	11	3.9	6~8	2~2.5
1/4	18.5	5.5	7~8.3	2.5~2.9
1/2	28	5.5	10.8	4.2
1	30.5	7.2	13.0	6.6
2	48.5	9.5	18.5	8.6

(4) 材料类型

对 2W 以下的小功率电阻器,电阻器的材料类型通常也不标出。市售的最常用的碳膜电阻器外表涂绿色或棕色,金属膜电阻器涂红色,线绕电阻器为黑色。2W 以上电阻器大部分在其表面上以符号标出材料类型。符号意义如表 1-5 所示。

表 1-5 电阻器材料和代表字母符号

符号	T	J	X	H	Y	C	S	I	N
材料	碳膜	金属膜	线绕	合成膜	氧化膜	沉积膜	有机实芯	玻璃釉膜	无机实芯

2) 色标法

这里用不同颜色的色环在电阻器的表面标志出其最主要的参数的标注方法。小功率电阻器尤其是 0.5W 以下的碳膜和金属膜电阻器大多数使用色标法。色标所代表的意义见表1-6。

表 1-6 色标所代表的意义

颜 色	有效数字	乘 数	允许偏差 (%)	工作电压 (V)
银色	—	10^{-2}	± 10	—
金色	—	10^{-1}	± 5	—
黑色	0	10^0	—	4
棕色	1	10^1	± 1	6.3
红色	2	10^2	± 2	10
橙色	3	10^3	—	16
黄色	4	10^4	—	25
绿色	5	10^5	± 0.5	32
蓝色	6	10^6	± 0.2	40
紫色	7	10^7	± 0.1	50
灰色	8	10^8	—	63
白色	9	10^9	$+5 \sim -20$	—
无色	—	—	± 20	—

* 此表也适用于电容器,其中工作电压的颜色标志只适用于电解电容器,同时色点应标在正极。

色环电阻器有三环、四环、五环三种标法。

三环色标电阻器:表示标称电阻值(精度均为 $\pm 20\%$)。

四环色标电阻器:表示标称电阻值和精度。

五环色标电阻器:表示标称电阻值(三位有效数字)及精度。

如图 1-4 所示,靠近电阻端面一端的色环为第一环。如一电阻器的色环为棕、红、红,则这个电阻器的阻值为 1200Ω ,误差为 $\pm 20\%$ 。一电阻器的色环为棕、紫、绿、金、棕,则这个电阻器的标称阻值为 17.5Ω ,允许偏差为 $\pm 1\%$,为区分五环电阻的色环顺序,第五色环的宽度比另外四环要大。

1.1.5 性能测量

电阻器的主要参数数值一般都标注在电阻器的外表面上。电阻器的阻值,在保证测试精度的条件下,可用多种仪器进行测量,也可以采用电流表电压表法或比较法。仪器的测量

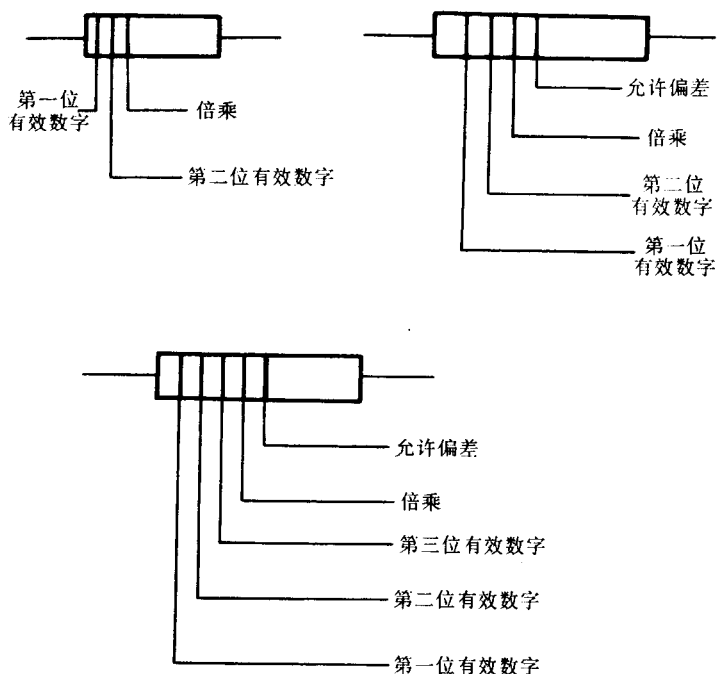


图 1-4 电阻器色环的表示含义

误差应比被测试电阻器允许偏差至少小两个等级。如允许偏差为 0.5% 的电阻器, 仪器本身的误差应不大于 0.1%。通常在测试 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 的电阻器时, 可采用万用表的欧姆挡。用万用表欧姆挡测电阻器的电阻值时, 首先要进行调零, 然后选择不同挡次, 使指针尽可能指示在表盘的中部, 以提高测量精度。如果用数字式万用表来测电阻器的电阻值, 其测量精度要高于指针式万用表。同时测量方法要正确, 对于大阻值电阻, 不能用手捏着电阻引出线来测量, 防止人体电阻与被测电阻并联, 而使测量值不正确。对于小电阻值的电阻器, 要将引线刮干净, 保证表笔与电阻引出线的良好接触。

对于高精度电阻器可采用电桥进行测量。对于大阻值、低精度的电阻器可采用兆欧表来测量。不论用什么方法测量, 在保证测量灵敏度的情况下, 加到电阻器上的直流测量电压应尽量低, 时间要尽量短, 以避免被测电阻器发热, 电阻值改变而影响测量的准确性。

1.1.6 使用常识

电阻器在使用前应用测量仪表(如万用表)检查一下, 看其阻值是否与标称值相符。实际使用时, 在阻值和额定功率不能满足要求情况下, 可采用电阻串、并联的方法解决。但要注意, 除了计算总电阻值是否符合要求外, 还要注意每个电阻器所承受的功率是否合适, 即额定功率值要比承受功率大 1 倍以上。使用电阻器时, 除了不能超过额定功率, 防止受热损坏外, 还应注意不超过最高工作电压, 否则电阻器内部会产生火花引起噪声。

电阻器种类繁多, 性能各有不同, 应用范围也有很大区别。要根据电路不同用途和不同要求选择不同种类的电阻器。在耐热性、稳定性、可靠性要求较高的电路中, 应该选用金属膜或金属氧化膜电阻; 在要求功率大、耐热性好, 工作频率不高的电路中, 可选用线绕电阻

器;对于无特殊要求的一般电路,可使用碳膜电阻,以降低其成本。电阻器用于替换时,大功率的电阻器可代换小功率的电阻器,金属膜电阻器可代换碳膜电阻器,固定电阻器与半可调电阻器可相互代替使用。

1.1.7 敏感型电阻器

敏感电阻器是指那些电特性对外界温度、电压、机械力、亮度、湿度、磁通密度、气体浓度等物理量反应敏感的电阻元件。目前,常见的敏感电阻器有热敏、光敏、压敏、力敏、磁敏、湿敏和气敏电阻器。下面对最常用的热敏电阻器和光敏电阻器作一简单介绍。

1) 热敏电阻器

热敏电阻器是利用半导体的电阻率受温度的影响很大的性质制成的温度敏感器件。

热敏电阻器的分类:热敏电阻器按电阻—温度特性可分为负温度系数热敏电阻器(即阻值随温度上升而减小的热敏电阻,简称 NTC)和正温度系数热敏电阻器(即阻值随温度上升而增加的热敏电阻,简称 PTC)。根据使用条件,可以分为直热式、旁热式和延迟用三种热敏电阻器。直热式热敏电阻器是利用电阻体本身通过电流来取得热源而改变电阻值的。旁热式热敏电阻器则尽量减低自加热所产生的电阻变化,而用管形热敏电阻器中央或珠形热敏电阻器外部的加热器的加热电流来改变电阻值的。按照工作温度范围的不同,又可分为常温热敏电阻器(其工作温度范围 $-55 \sim 315^{\circ}\text{C}$),低温热敏电阻器(其工作温度范围小于 -55°C)和高温热敏电阻器(其工作温度范围大于 315°C)。

热敏电阻器的构造包括:用热敏材料制成的电阻体(敏感元)、引线及壳体。根据使用要求,可以把热敏电阻器制成各种形状,如图 1-5 所示。

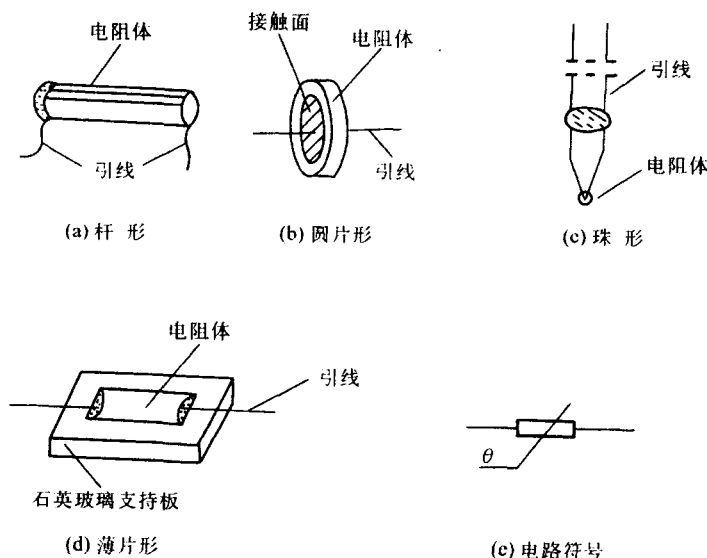


图 1-5 热敏电阻器的结构和电路符号

2) 光敏电阻

光敏电阻是利用半导体材料的电阻率受光照的影响很大的性质制成的。

(1) 光敏电阻的结构及种类

光敏电阻是利用半导体光电材料制成,其原理图及符号如图 1-6 所示。它是由一块涂在绝缘板上的光电导体薄膜和两个电极所构成。外加一定电压后,光生载流子在电场的作用下沿一定方向运动,即在回路中形成电流,这就达到了光电转换的目的。

光敏电阻按其光谱范围来分,有对紫外光敏感的、对可见光敏感的和对红外光敏感的三种。按所用材料的不同有硒、硒碲、锗、硫化物、硒化物等光敏电阻。

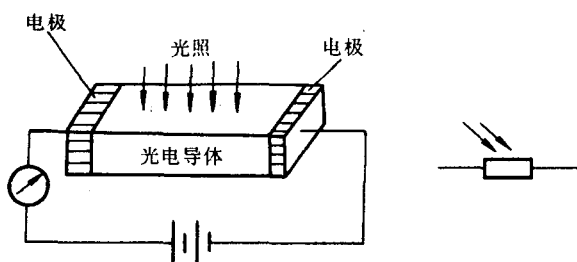


图 1-6 光敏电阻的原理及符号图

(2) 光敏电阻的光照特性和伏安特性

①光照特性 光敏电阻的光照特性指其电阻随光照强度变化的关系。图 1-7 是典型的硫化镉光敏电阻的光照特性。从图中可见,随光照强度的增加,光敏电阻的数值迅速下降,然后逐渐趋于饱和,这时如光强再增大,电阻变化很小。

②伏—安特性 指光敏电阻上外加电压和流过的电流的关系。图 1-8 是典型的烧结膜光敏电阻的伏—安特性。由图可见,所加电压愈高,光电流愈大,无饱和现象,同时,不同的光照,伏—安特性有不同的斜率。

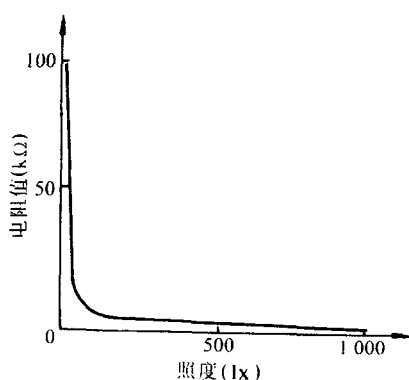


图 1-7 光敏电阻的光照特性

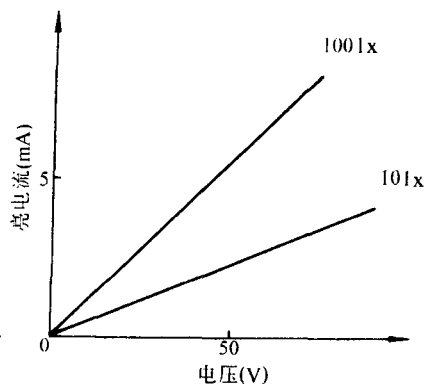


图 1-8 光敏电阻的伏—安特性

1.2 电位器

电位器是一种连续可调的电子元件,对外有三个引出端,一个是滑动端,另外两个是固定端。滑动端可以在两个固定端之间的电阻体上滑动,使其与固定端之间的电阻值发生变化。在电路中,电位器常用来调节电阻值或电位。

1.2.1 符号

电位器在电路中用字母 R_p 表示,常用的图形符号如图 1-9 所示。

1.2.2 种类

电位器的种类很多,用途各不相同,通常可按其材料、结构特点、调节机构运动方式等进行分类。

根据所用材料不同,电位器可分为线绕电位器和非线绕电位器两大类。前者额定功率大、噪声低、温度稳定性好、寿命长,其缺点是制作成本高、阻值范围小($100\Omega \sim 100k\Omega$)、分布电感和分布电容大,它在电子仪器中应用较多。后者的种类较多,有碳膜电位器、合成碳膜电位器、金属膜电位器、玻璃釉膜电位器、有机实芯电位器等。它们的共同特点是阻值范围宽、制作容易、分布电感和分布电容小,其缺点是噪声比线绕电位器大,额定功率较小,寿命较短。这类电位器广泛应用于收音机、电视机、收录机等家用电器中。

根据结构不同,电位器又可分为单圈电位器、多圈电位器,单联、双联和多联电位器,又分带开关电位器、锁紧和非锁紧式电位器。

根据调节方式不同,电位器还可分为旋转式电位器和直滑式电位器两种类型。前者电阻体呈圆弧形,调节时滑动片在电阻体上作旋转运动;后者电阻体呈长条形,调整时,滑动片在电阻体上作直线运动。这两种电位器的结构和外形如图 1-10 所示。

随着表面安装技术(SMT)和微组装技术(MAT)的发展,在小型化电子仪器设备中采用了矩形片式电位器,其体积小、重量轻、阻值范围较宽、可靠性高、高频特性好、易焊接,是自动化表面安装的理想元件。

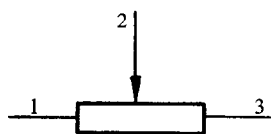
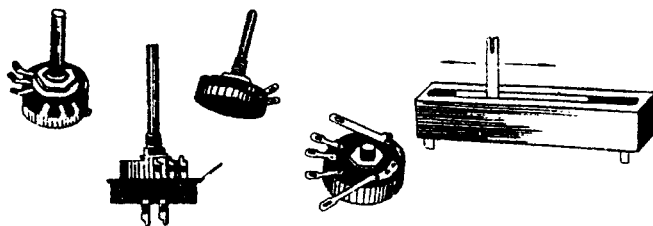
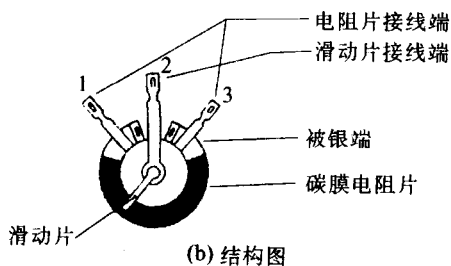


图 1-9 电位器图形符号



(a) 外形图



(b) 结构图

图 1-10 常见电位器的结构和外形

表 1-7 简单介绍了几种常用电位器的结构和特点。