



21 世纪高等院校精品规划教材

电子实习指导 教程

主 编 李广宏

DIANZI SHIXIZHIDAO
JIAO CHENG

经济日报出版社

院校精品规划教材

电子实习指导教程

(第二版)

主 编 李广宏

经济日报出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电子实习指导教程 / 李广宏主编. —北京: 经济日报出版社, 2009. 9
ISBN 978 - 7 - 80257 - 057 - 3

I. 电… II. 李… III. 电子技术—实习—教材 IV. TN01 - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 148555 号

电子实习指导教程 (第二版)

编 者	李广宏
责任编辑	龙 吉
责任校对	田 洁
出版发行	经济日报出版社
地 址	北京市宣武区白纸坊东街 2 号 (邮政编码: 100054)
电 话	(010) 63567684 (总编室) 63567690 63567691 (编辑部) (010) 63567683 63538621 (发行部) 63567687 (邮购部)
E - mail	jjrbcbbs@sina.com
经 销	全国各地新华书店
印 刷	北京今朝印刷有限公司
开 本	787 × 960 毫米 1/16
印 张	13.5
字 数	235 千字
版 次	2014 年 6 月第二版
印 次	2014 年 6 月第一次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 80257 - 057 - 3
定 价	27.00 元

前 言

电子实习主要是机电、电气、电子信息等专业学生在校参加的一个实践教学环节,通过学习使学生了解电子线路的基础知识(包括元件的识别安装、线路的调试测量);通过 EDA 软件设计电子线路,并实际制作出电路板;最后还要进行电子产品组装综合的实训,熟悉电子制作的工艺流程。本书是按照实习周数为 2~3 周编写的,不同的学校和专业选用时,可以根据实际情况选取教学内容。

本书共分 7 章,第 1~3 章主要介绍电子基础知识,包括电子元件识别检测、常见电子仪器使用、电子线路的安装调试,其中安排有 8 个典型电子线路的调试测量实训内容。第 4~5 章主要介绍 PCB 从设计到制作的过程,以最常见的 EDA 设计软件 Protel 99 SE 为工具,详细讲解了电子线路的原理图及 PCB 版图的设计;在制作 PCB 的内容里,不仅介绍了最常见、最实用的腐蚀法制作 PCB 的工艺,还详细介绍了 CAD/CAM 技术相结合的数控雕刻机雕铣印制电路板的过程。第 6~7 章介绍了电子焊接工艺和电子产品组装实训,其中电子焊接工艺涉及两个电子组装技术的焊接工艺,即 THT 使用的波峰焊和 SMT 使用的再流焊技术,可以使学生对电子工艺有一个全面的了解,而且对手工焊接知识也做了详细的介绍。电子产品组装实训中编写了两种最常见的电子产品:数字万用表和超外差式收音机,在使用时可以根据学生的不同专业和现有条件进行选择训练。

本书由洛阳理工学院编写,李广宏担任主编。撰稿人具体分工如下:布挺编写第 1 章,李蒙编写第 2 章、第 6 章,李广宏编写第 3 章、第 5 章,张刚编写第 4 章,邵鸿翔编写第 7 章。卢秉娟副教授参与了本教材大纲的制定,并在审阅全稿后提出了建设性的修改意见。

本书在编写过程中参阅了大量文献和网站资料,在此对原作者一并表示感谢。同时要感谢浙江天煌科技实业有限公司和北京中科同志科技有限公司提供的资料。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,敬请专家学者和读者提出宝贵意见和建议。

编 者

目 录

前 言	(1)
第1章 常用电子元器件的识别与检测	(1)
1.1 电阻器、电容器和电感器	(1)
1.1.1 电阻器和电位器的基本知识	(1)
1.1.2 电容器	(8)
1.1.3 电感器	(12)
1.2 半导体元器件	(14)
1.2.1 半导体管	(14)
1.2.2 晶体三极管	(16)
1.2.3 单结晶体管	(18)
1.2.4 晶闸管	(18)
1.2.5 集成电路	(21)
第2章 常用电子仪器的使用	(25)
2.1 THPDZ-1型电工电子电气技术实训装置简介	(25)
2.1.1 操作台的特点	(25)
2.1.2 操作台的技术参数	(25)
2.1.3 控制屏的功能及操作使用	(26)
2.2 双踪示波器的使用	(27)
2.2.1 示波器概述	(27)
2.2.2 示波器的结构及原理	(28)
2.2.3 示波器面板上旋钮或开关介绍	(29)
2.2.4 示波器的基本测量方法	(32)
2.2.5 常见问题的解决方法	(37)
2.2.6 示波器的使用注意事项	(39)
2.3 XJ4810型半导体管特性图示仪	(39)
2.3.1 主要技术性能	(39)
2.3.2 仪器面板结构及各部件名称和作用	(40)
2.3.3 使用方法	(44)
2.4 LCR数字电桥的使用(8501型)	(49)
2.4.1 数字电桥面板的组成	(50)
2.4.2 主要技术性能	(50)

2.4.3 基本操作	(51)
第3章 典型电子线路的安装与调试	(55)
3.1 电子线路安装调试规则和要求	(55)
3.1.1 电子线路实训教学的基本要求	(55)
3.1.2 实训规则	(55)
3.1.3 实习报告要求	(56)
3.2 基本电子线路的安装、检测与调试	(56)
3.2.1 电子电路的安装	(57)
3.2.2 电路的故障	(57)
3.2.3 调试和检测故障的一般方法	(58)
3.2.4 调试中注意事项	(63)
3.3 典型电子线路的安装与测试实训	(64)
3.3.1 RC 耦合两级放大电路	(64)
3.3.2 直流稳压电源	(67)
3.3.3 温度监测及控制电路	(71)
3.3.4 电子秒表	(75)
3.3.5 简易电容测量仪的设计与调试	(79)
3.3.6 编码电子锁	(81)
3.3.7 声光双控节电灯	(83)
3.3.8 门锁防盗报警器	(86)
第4章 Protel 99 SE 电路设计	(89)
4.1 Protel 99 SE 概述	(89)
4.1.1 Protel 主要功能简介	(89)
4.1.2 安装 Protel 99 SE 软件	(93)
4.1.3 运行 Protel 99 SE	(96)
4.2 使用 Protel 99 SE 进行电子产品电路设计的工作流程	(97)
4.3 电路原理图设计	(98)
4.3.1 电路原理图设计流程	(99)
4.3.2 建立一个设计任务	(100)
4.3.3 创建一张新的原理图图纸	(101)
4.3.4 设置原理图编辑器环境	(103)
4.3.5 放置元件	(105)
4.3.6 原理图布线	(121)
4.3.7 电气规则检查	(130)
4.3.8 生成网络表	(132)
4.4 PCB 电路设计	(134)
4.4.1 印制电路板的基本概念	(134)

4.4.2	电路板设计的一般原则	(137)
4.4.3	电路板设计的一般步骤	(140)
4.4.4	新建 PCB 设计文件	(141)
4.4.5	设置电路板参数	(142)
4.4.6	载入网络表	(144)
4.4.7	元件布局	(147)
4.4.8	设置布线规则	(148)
4.4.9	自动布线	(150)
第 5 章	PCB 的制作	(152)
5.1	PCB 简介	(152)
5.2	PCB 的制作	(153)
5.2.1	手工描漆法	(153)
5.2.2	热转印法	(153)
5.2.3	雕刻机雕铣印制电路板	(156)
第 6 章	电子焊接工艺技术	(169)
6.1	电子组装技术简介	(169)
6.1.1	通孔组装技术 THT (Through Hole Technology)	(169)
6.1.2	表面贴装技术 SMT (Surface Mounting Technology)	(170)
6.2	波峰焊	(172)
6.3	再流焊	(173)
6.4	手工焊接知识	(174)
6.4.1	电烙铁	(174)
6.4.2	焊料	(175)
6.4.3	焊剂	(176)
6.4.4	电子装配工艺	(176)
6.4.5	手工焊接工艺	(179)
第 7 章	电子产品组装实训	(183)
7.1	DT830B 数字万用表的组装实训	(183)
7.1.1	DT830B 数字万用表简介	(183)
7.1.2	DT830B 数字万用表工作原理	(183)
7.1.3	DT830B 数字万用表的组装	(189)
7.2	超外差式收音机的组装实训	(196)
7.2.1	超外差式收音机工作原理	(196)
7.2.2	六管超外差式收音机的组装	(202)
7.2.3	常见故障及检修	(206)
参考文献		(208)

第1章 常用电子元器件的识别与检测

1.1 电阻器、电容器和电感器

1.1.1 电阻器和电位器的基本知识

1. 电阻器

电阻器（简称电阻）是电子电路中最常用的电子元件，它在电路中起分压、分流、限流、阻抗匹配等作用。它的种类很多，其中碳膜电阻器（ R_T ）、金属膜电阻器（ R_J ）、线绕电阻器（ R_X ）、敏感电阻器（ R_I ）使用较多。

（1）电阻器的符号。国家标准规定电阻器符号如图 1-1 所示。固定电阻器用字母 R 表示；电位器用 R_p 或 R_w 表示；敏感电阻器则根据敏感性能在 R 下方加英文字母来表示，如热敏电阻用 R_t 来表示。

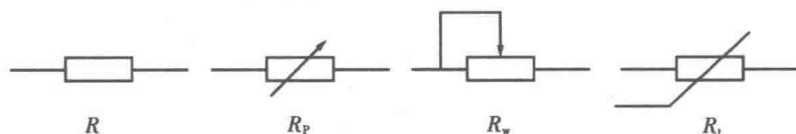


图 1-1 电阻器符号

（2）电阻器和电位器的型号命名方法。根据国家标准 GB2470-81《电子设备用电阻器、电容器型号命名方法》的规定，电阻器的型号由以下四部分组成：

第一部分：主称，用字母表示， R 表示电阻器。

第二部分：材料，用字母表示。

第三部分：分类，用阿拉伯数字表示，个别类型也用字母表示。

第四部分：序号，用数字表示。

其表示含义如表 1-1 表示。

表 1-1 电阻器型号命名方法

第一部分：主称		第二部分：材料		第三部分：特征分类			第四部分：序号
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
					电阻器	电位器	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	
W	电位器	H	合成膜	2	普通	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	—	对主称、材料相同，仅性能指标、尺寸大小有差别，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。
		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	特殊函数	
		P	硼碳膜	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	
		R	热敏	B	温度补偿用	—	
				C	温度测量用	—	
				P	旁热式	—	
				W	稳压式	—	
				Z	正温度系数	—	

示例：

①精密金属膜电阻器。



②多圈线绕电位器。



(3) 电阻器的主要技术指标。

① 额定功率。电阻器在电路中长时间连续工作不损坏，或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率称为电阻器的额定功率。电阻器的额定功率并不是电阻器在电路中工作时一定要消耗的功率，而是电阻器在电路工作中所允许消耗的最大功率。不同类型的电阻具有不同系列的额定功率，如表 1-2 所示。

表 1-2 电阻器的功率等级

名称	额定功率（W）					
实芯电阻器	0.25	0.5	1	2	5	—
线绕电阻器	0.5	1	2	6	10	15
	25	35	50	75	100	150
薄膜电阻器	0.025	0.05	0.125	0.25	0.5	1
	2	5	10	25	50	100

② 标称阻值。阻值是电阻的主要参数之一，不同类型的电阻，阻值范围不同，不同精度的电阻其阻值系列亦不同。根据国家标准，常用的标称电阻值系列如表 1-3 所示。E24、E12 和 E6 系列也适用于电位器和电容器。

表 1-3 标称值系列

标称值系列	精度	电阻器（ Ω ）、电位器（ Ω ）、电容器标称值（pF）							
E24	$\pm 5\%$	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
E12	$\pm 10\%$	1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	—	—
		3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2	—	—
E6	$\pm 20\%$	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8	8.2	—

表中数值再乘以 $10n$ ，其中 n 为正整数或负整数。
允许误差等级（见表 1-4）。

$$\text{电阻值的误差} = \frac{\text{实际阻值} - \text{标称值}}{\text{标称值}} \times 100\%$$

表 1-4 电阻的精度等级

允许误差 (%)	± 0.001	± 0.002	± 0.005	± 0.01	± 0.02	± 0.05	± 0.1
等级符号	E	X	Y	H	U	W	B
允许误差 (%)	± 0.2	± 0.5	± 1	± 2	± 5	± 10	± 20
等级符号	C	D	F	G	J (I)	K (II)	M (III)

(4) 电阻器的标志内容及方法。

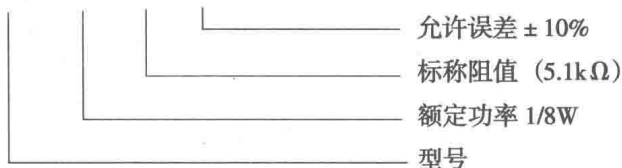
① 文字符号直标法。用阿拉伯数字和文字符号两者有规律的组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，其文字符号所表示的单位如表 1-5 所示。如 1R5 表示 1.5Ω ，2K7 表示 $2.7k\Omega$ 。

表 1-5 文字符号表示的单位

文字符号	R	K	M	G	T
表示单位	欧姆 (Ω)	千欧姆 ($10^3\Omega$)	兆欧姆 ($10^6\Omega$)	千兆欧姆 ($10^9\Omega$)	兆兆欧姆 ($10^{12}\Omega$)

例如：

RJ71-0.125-5k1-II



由标号可知，它是精密金属膜电阻器，额定功率为 $1/8W$ ，标称阻值为 $5.1k\Omega$ ，允许误差为 $\pm 10\%$ 。

② 色标法。色标法是将电阻器的类别及主要技术参数的数值用颜色（色环或色点）标注在它的外表面上。色标电阻（色环电阻）器可分为三环、四环、五环三种标法。其含义如图 1-2 和图 1-3 所示。

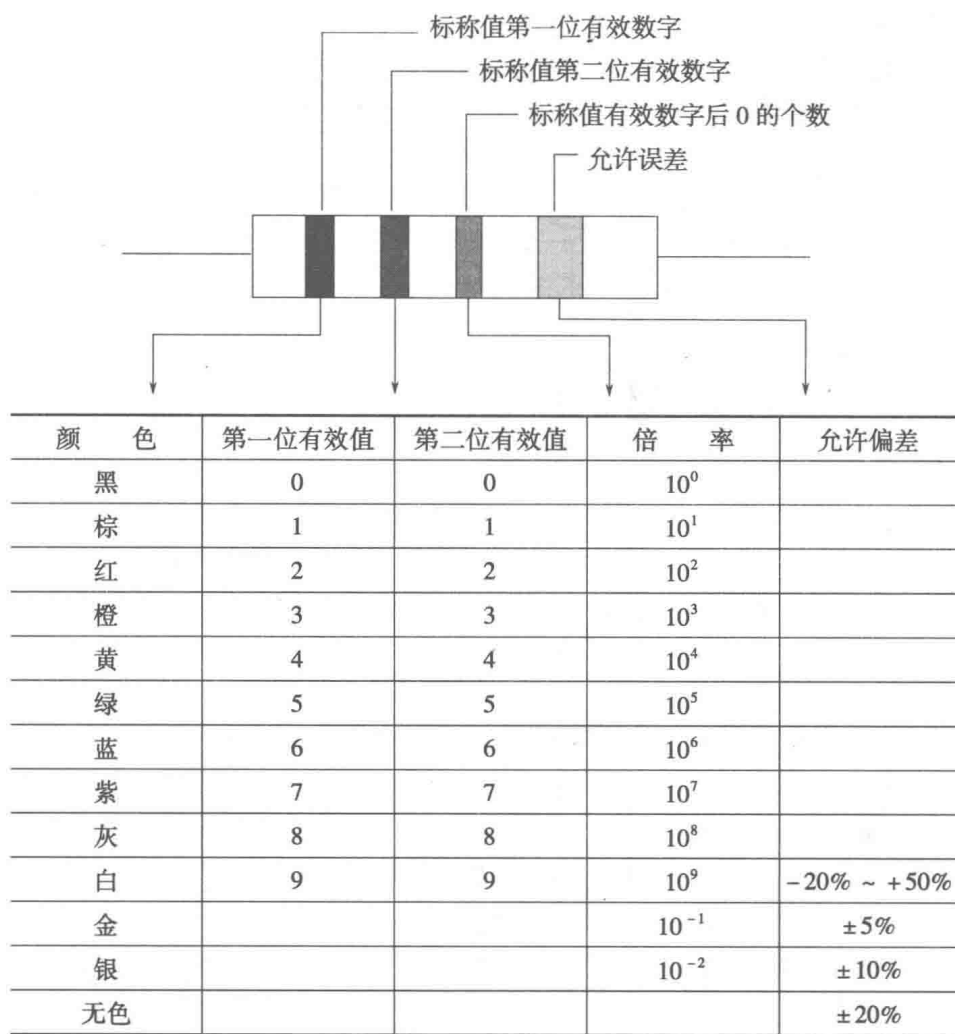


图 1-2 两位有效数字阻值的色环表示法

三色环电阻器的色环表示标称电阻值（允许误差均为 20%）。例如，色环为棕黑红，表示 $10 \times 10^2 = 1.0\text{k}\Omega \pm 20\%$ 的电阻器。

四色环电阻器的色环表示标称值（二位有效数字）及精度。例如，色环为棕绿橙金表示 $15 \times 10^3 = 15\text{k}\Omega \pm 5\%$ 的电阻器。

五色环电阻器的色环表示标称值（三位有效数字）及精度。例如，色环为红紫绿黄棕表示 $275 \times 10^4 = 2.75\text{M}\Omega \pm 1\%$ 的电阻器。

一般四色环和五色环电阻器表示允许误差的色环的特点是该环离其他环的距离较远。较标准的表示应是表示允许误差的色环的宽度是其他色环

的 1.5 ~ 2 倍。

有些色环电阻器由于厂家生产不规范,无法用上面的特征判断,这时只能借助万用表判断。

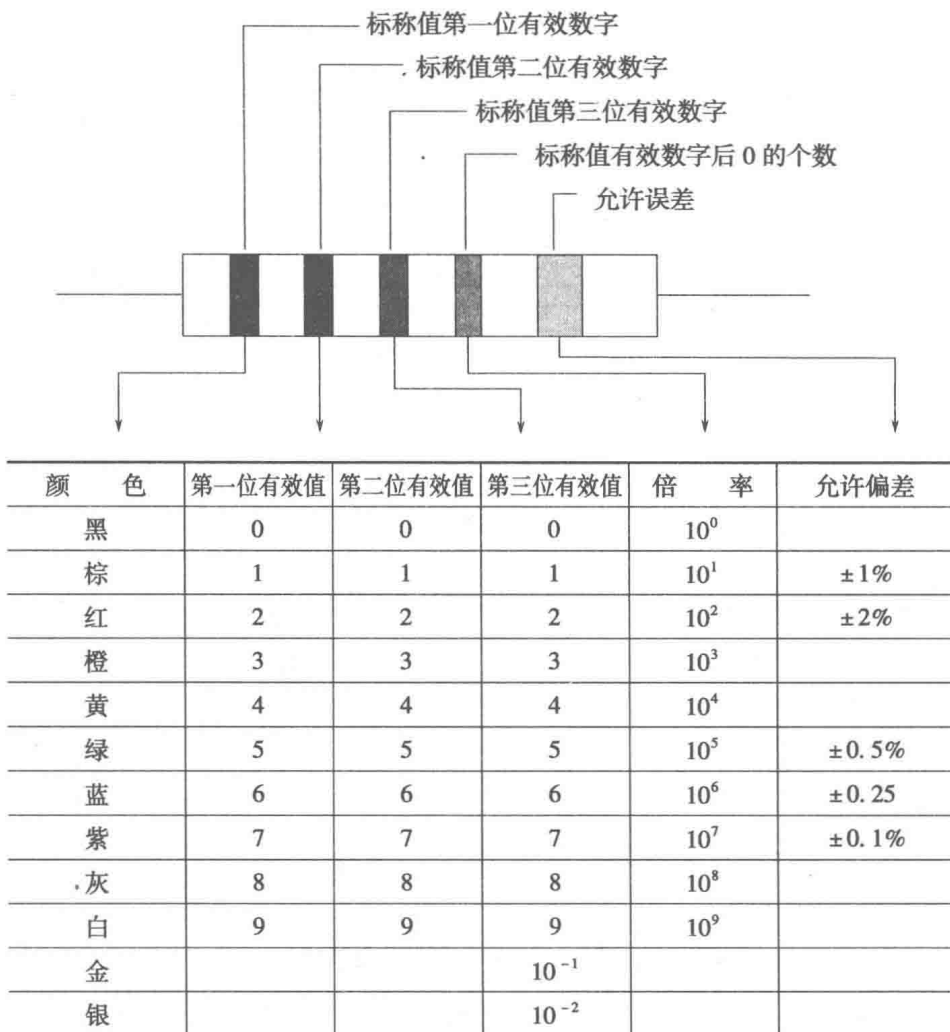


图 1-3 三位有效数字阻值的色环表示法

2. 电位器

电位器是一种电阻值可调的电子元件,其种类、形式很多,常见的有旋转式、直滑式、带开关式和多圈电位器。它的基本结构如图 1-4 所示,它有三个引脚,中间 B 是滑动端,两边 A、C 是固定端。它的阻值标注是直接标在电位器的外壳上。

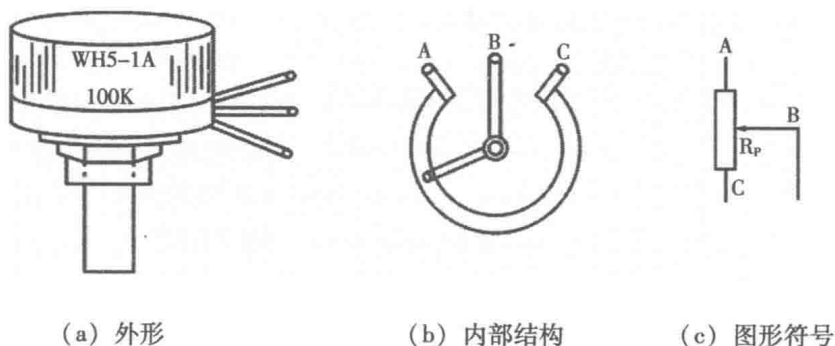


图 1-4 电位器的结构

(1) 电阻和电位器的性能测试。电阻的好坏可用万用表检查：万用表置相应的“ Ω ”挡位置，用表笔分别接电阻两端，即可测量其阻值，再与自己根据色环所读的数比较，若两者相差很大，则说明电阻变质；若任何挡位测量均为无穷大，表明电阻开路已损坏。

检查电位器的阻值大小和好坏的方法是：适当选择“ Ω ”挡位置，两表笔分别接电位器两个固定端，测量阻值是否与标称值相等。然后将任一表笔接滑动端 B，另一表笔接固定端 A 或 C，缓慢旋转电位器帽，万用表的测量值应平稳上升或下降，没有跳动和跌落现象，说明电位器良好。若忽大忽小，或根本没有变化，则说明电位器已经损坏。

电位器的主要技术指标：

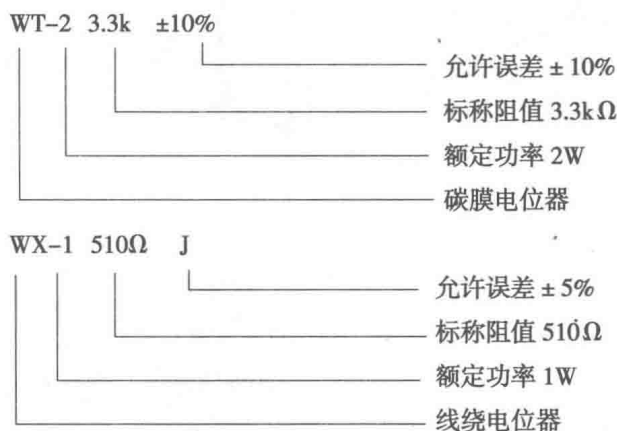
① 额定功率。电位器的两个固定端上允许耗散的最大功率为电位器的额定功率。使用中应注意额定功率不等于中心抽头与固定端的功率。

② 标称阻值。标在产品上的名义阻值，其系列与电阻的系列类似。

③ 允许误差等级。实测阻值与标称阻值误差范围根据不同精度等级可允许 $\pm 20\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 的误差。精密电位器的精度可达 0.1% 。

④ 阻值变化规律。指阻值随滑动片触点旋转角度（或滑动行程）之间的变化关系，这种变化关系可以是任何函数形式。常用的有直线式、对数式和反转对数式（指数式）。在使用中，直线式电位器适合于做分压器；反转对数式（指数式）电位器适合于做收音机、录音机、电唱机、电视机中的音量控制器。维修时若找不到同类品，可用直线式代替，但不宜用对数式代替，对数式电位器只适合于做音调控制等。

(2) 电位器的一般标志方法。



1.1.2 电容器

电容器（简称电容）也是电子电路中常用的电子元件之一，它具有隔直流、通交流、储能等特性，常用它来组成滤波、耦合、旁路、振荡等电子电路。

1. 电容的分类、形状及符号

电容是一种贮存电能的元件，它由两块金属板中间隔一层绝缘介质所构成。根据绝缘介质的种类可分为纸介、有机薄膜、瓷介、云母电解电容等；按其结构特点可分为固定、可变和半可变电容等。常用的电容器有瓷片电容、电解电容、聚脂薄膜电容及可变电容，它们的形状及符号表示如图 1-5 所示。

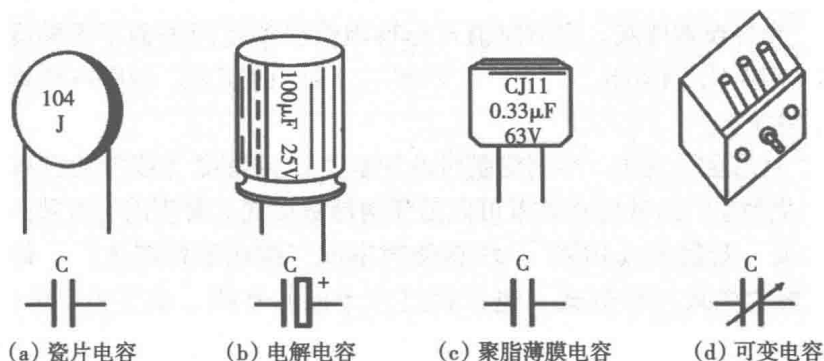


图 1-5 电容器形状及图形符号

2. 电容器的型号命名方法

电容器的型号由以下四部分组成：

第一部分：主称，用字母C表示电容器。

第二部分：材料，用字母表示。

第三部分：分类，用阿拉伯数字表示，个别类型也用字母表示。

第四部分：序号，用数字表示。

其表示含义如表1-6所示。

表1-6 电容器型号命名法

第一部分 主称		第二部分 材料		第三部分 特征、分类						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		
电 容 器		C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	对主称、材料相同，仅尺寸、性能指标略有不同，但基本不影响互换使用的产品，给予同一序号；若尺寸性能指标的差别明显；影响互换使用时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。	
		Y	云母	2	管形	非密封	—	箔式	非密封		
		I	玻璃釉	3	迭片	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	聚碳酸脂	J	金属膜						
		H	复合介质	W	微调						
		D	铝								
		A	钽								
		N	铌								
		G	合金								
		T	钛								
		E	其他								

3. 电容器的主要技术指标

(1) 电容器的耐压。常用固定式电容的直流工作电压系列为：6.3V，10V，16V，25V，40V，63V，100V，160V，250V，400V，超过其耐压值电容器会损坏。

(2) 电容器容许误差等级。常见的电容器容许误差有七个等级，如表1-7所示。

表 1-7 电容器容许误差

容许误差	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	+20% -30%	+50% -20%	+100% -10%
级别	0.2	I	II	III	IV	V	VI

(3) 绝缘电阻 (又称漏阻)。绝缘电阻是指加到电容上的直流电压与漏电流之比, 理想电容器的绝缘电阻应为无穷大。但实际电容器的绝缘电阻往往达不到无穷大, 而且不同种类、不同容量的电容器各不相同, 绝缘电阻越大, 电容器的漏电流就越小, 性能就越好。常用电容器的绝缘电阻一般应为 $10^6 \sim 10^{10} \Omega$, 电解电容的绝缘电阻比较低。

示例:

① 铝电解电容器。



② 圆片形瓷介电容器。



③ 纸介金属膜电容器。

