

高等学校教材

电子技术实习教程

DIANZI JISHU SHIXI JIAOCHENG

韩建 牟海维 主编

吕秀丽 主审



化学工业出版社

高等学校教材

电子技术实习教程

DIANZI JISHU SHIXI JIAOCHENG

韩建 牟海维 主编

吕秀丽 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

全书内容包括常用电子元器件、安全用电常识、焊接技术、印制电路板的设计与制作、常用仪器使用、电子产品装配调试、电子实习课题、实习报告共 8 章。主要体现学生实践实习环节,既有电子类基础性知识,同时针对不同实习环节开发了相应实习套件。自行设计了多路输出直流稳压电源模块,单片机实训板等。

本书可作为电子信息类专业学生进行电子技术实习培训和实际操作教材。也可供其他相关专业学生和技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子技术实习教程/韩建,牟海维主编. —北京:
化学工业出版社, 2011. 12
高等学校教材
ISBN 978-7-122-12850-8

I. 电… II. ①韩… ②牟… III. 电子技术—高等
学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 238806 号

责任编辑:金玉连 程树珍
责任校对:边 涛

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张 14 1/4 字数 373 千字 2012 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书是在多年电子信息类实习实践的基础上，根据电子信息类专业电子工艺实践、实习和生产实习等实践课程需要而编写的。全书内容包括常用电子元器件、安全用电常识、焊接技术、印制电路板的设计与制作、常用仪器使用、电子产品装配调试、电子实习课题、实习报告共 8 章，主要针对电子信息类专业的学生进行电子技术实习培训和实际操作。

本书力求做到内容系统化、层次化，适应性广，针对性强，便于教师和学生阅读和因材施教。本书注重内容的实用性，通俗易懂，有助于读者掌握电子产品生产操作的基本技能。主要体现学生实践实习环节，既有电子类基础性知识，同时针对不同实习环节开发了相应实习套件，自行设计了多路输出直流稳压电源模块，单片机实训板等。满足普通工科院校电气信息类专业对实习课程的要求。

本书由韩建、牟海维主编，并负责全书的统稿和整理。第 1 章由张勇老师编写；第 2 章、第 3 章由李玉爽老师编写；第 4 章、第 6 章由牟海维老师编写，第 5 章由姜晓岚老师编写；第 7 章、第 8 章由韩建老师编写。在编写过程中得到了电子科学学院领导及电子信息工程系教师的大力支持，特别是刘东明老师给予的帮助，编者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2011 年 7 月
于东北石油大学

目 录

第 1 章 常用电子元器件	1
1.1 电阻器	1
1.2 电位器	5
1.3 电容器	8
1.4 电感器和变压器	14
1.5 开关、继电器	16
1.6 半导体分立器件	22
1.7 光电器件	35
1.8 集成电路	40
1.9 表面安装元器件简介	48
1.10 LED 数码管和 LCD 液晶显示屏	54
第 2 章 安全用电常识	57
2.1 人身与设备安全	57
2.2 触电种类、原因及急救方法	58
2.3 安全用电与安全技术规范	62
2.4 三相电	63
2.5 安全常识	66
第 3 章 焊接技术	68
3.1 焊接工具与材料	68
3.2 手工焊接工艺	75
3.3 浸焊与波峰焊	82
3.4 再流焊	84
3.5 表面安装技术	87
第 4 章 印制电路板的设计与制作	91
4.1 印制电路板的设计资料	91
4.2 印制电路板的设计	94
4.3 印制电路板的制作	98
第 5 章 常用仪器使用	109
5.1 数字万用表	109
5.2 数字示波器	112
5.3 YB1719 型三路直流电源	133
5.4 XD1B 型低频信号发生器	133
5.5 YM8178 型调频调幅信号发生器	135
第 6 章 电子产品装配调试	139
6.1 电子产品装配工艺	139
6.2 电子产品调试	142

6.3 整机故障检测方法	144
第7章 电子实习课题	147
7.1 直流稳压/充电电源的制作	147
7.2 HX203TFM/AM 集成电路贴片收音机的组装	149
7.3 超外差式收音机电路分析	151
7.4 超外差式收音机的装配与调整	164
7.5 超外差式收音机常见故障的检查与排除	169
7.6 集成电路 AM/FM 收音机安装与调试	174
7.7 单片机实验板训练	183
7.8 电视机原理、装配及调试	194
第8章 实习报告	214
8.1 实习报告内容要求	214
8.2 实习报告结构要求	214
8.3 实习报告格式要求	215
参考文献	217

第 1 章 常用电子元器件

电子元器件是元件和器件的总称。电子元件指在工厂生产加工时不改变分子成分的成品。如电阻器、电容器、电感器。因为它本身不产生电子，它对电压、电流无控制和变换作用，所以又称无源器件。电子器件指在工厂生产加工时改变了分子结构的成品。例如晶体管、电子管、集成电路。因为它本身能产生电子，对电压、电流有控制、变换作用（放大、开关、整流、检波、振荡和调制等），所以又称有源器件。电子元器件是在电路中具有独立电气功能的基本单元，元器件在各类电子产品中占有重要的地位，学习和掌握各类电子元器件的性能、用途和质量判别方法，对设计和安装调试各种电路是非常必要的。

1.1 电 阻 器

电阻器是电子设备中应用最广泛的元件之一，在电路中实现限流、分压、负载、耦合等作用。电阻器一般分为固定电阻器、可变电阻器（电位器）和敏感电阻器。固定电阻器通常也简称为电阻器。

1.1.1 概述

常见的普通固定电阻器按材料可分为薄膜型电阻器、合成型电阻器和线绕型电阻器等。各类电阻的主要特点如下。

（1）薄膜型电阻器

薄膜型电阻器分为碳膜电阻器、金属膜电阻器和金属氧化膜电阻器等。

① 碳膜电阻（RT） 阻值在 $1\sim 10\text{M}\Omega$ 之间，温度系数为负值。各项性能参数都一般，但价格低廉，广泛用于各种电子产品中。

② 金属膜电阻（RJ） 阻值在 $1\sim 10\text{M}\Omega$ 之间，温度系数小，稳定性好，噪声低，同功率下与碳膜电阻相比，体积较小，但价格昂贵。常用于要求低噪声，高稳定性的电路中。

③ 金属氧化膜电阻（RY） 电阻有极好的脉冲高频过负荷性能，力学性能好，化学性能稳定，但其阻值范围窄（ $1\sim 200\text{k}\Omega$ ），温度系数比金属膜电阻大，常用于一些在恶劣环境中工作的电路上。

（2）合成型电阻器

合成型电阻器是将导电材料与非导电材料按一定比例混合成而制成的电阻器。

① 金属玻璃釉电阻（RI） 耐高温，功率大，阻值宽（ $5.1\sim 200\text{M}\Omega$ ），温度系数小，耐湿性好。常用它制成小型化贴片电阻。

② 实心电阻（RS） 过负荷能力强，不易损坏，可靠性高，价格低廉，但其他性能参数都较差，阻值范围在 $4.7\sim 22\text{M}\Omega$ ，常用在要求高可靠性的电路中（如宇航工业）。

③ 合成碳膜电阻（RH） 阻值范围在 $10\sim 10^6\text{M}\Omega$ 之间，主要用来制造高压高阻电

阻器。

④ 电阻排 (B-YW) 又称集成电阻或电阻网络。在一块基片上制成多个参数性能一致的电阻, 常在计算机及数字电路中使用, 阻值范围在 $51 \sim 33\text{k}\Omega$ 之间。

(3) 线绕型电阻

线绕型电阻的阻值范围在 $0.01 \sim 10\text{M}\Omega$ 之间, 可以制成精密型和功率型电阻, 所以常在高精度或大功率电路中使用, 但因分布参数大, 不适宜在高频电路中使用。

另外, 在现代电子设备中, 还常用到水泥电阻。水泥电阻器是一种的功率型电阻器。它是将电阻线绕在无碱性耐热陶瓷上或采用氧化膜电阻等构成电阻体, 把电阻体放入方形瓷器框内, 用特殊不燃性耐热水泥充填密封而成。具有耐高功率、散热容易、稳定性高、绝缘性良好等特点。常用于电源和功率电路中分流和降压, 例如用于彩色电视机中的大功率电阻。

1.1.2 电阻器的型号标注方法

电阻器的电路符号及几种常用电阻器外形如图 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, 如热敏电阻器用 R_t 来表示。

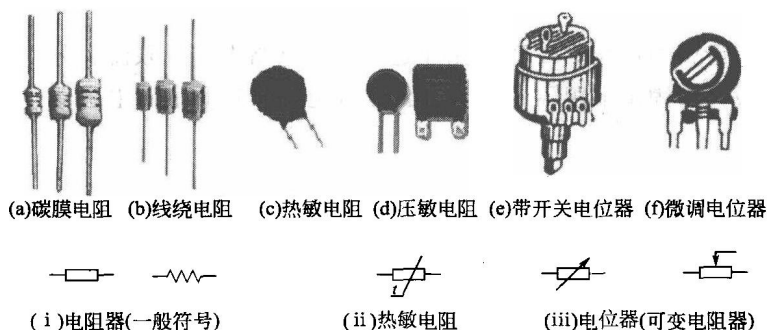


图 1-1 电阻器外形及电路符号

电阻器的型号通常由如图 1-2 的四部分构成。表 1-1 列出了第二部分字母代表的材料, 表 1-2 列出了第三部分数字或字母表示的特性或用途。

应用示例: RJ7 R—电阻器; J—金属膜; 7—精密

WSW1 W—电位器; S—有机实心; W—微调; 1—序号

MF61 M—敏感电阻; F—负温度系数热敏材料; 6—控温用; 1—序号

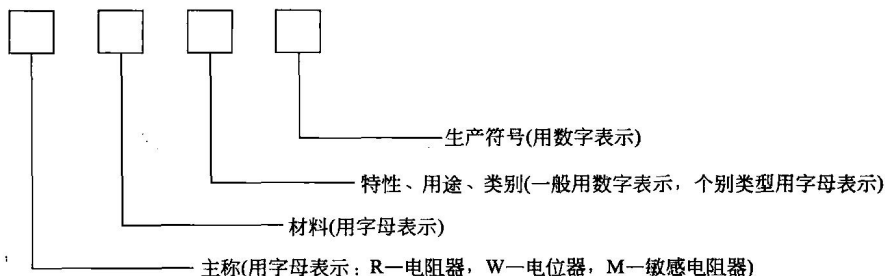


图 1-2 电阻器的标称型号示意图

表 1-1 固定电阻器、电位器、敏感电阻的材料（第二部分）

电阻器、电位器				敏感电阻			
字母	材料	字母	材料	字母	材料	字母	材料
T	碳膜	Y	氧化膜	Z	正温度系数 热敏材料	C	磁敏材料
H	合成膜	C	沉积膜			G	光敏材料
S	有机实芯	I	玻璃釉膜	F	负温度系数 热敏材料	S	湿敏材料
N	无机实芯	X	线绕			Q	气敏材料
J	金属膜			Y	压敏材料		

表 1-2 电阻器、电位器、敏感电阻的特性、用途、分类（第三部分）

电阻器、电位器				敏感电阻							
数字	意义	字母	意义	数字	热敏点阻	光敏电阻	力敏电阻	字母	压敏电阻	字母	湿敏电阻
					用途	用途	用途		用途		用途
1	普通	D	多圈	1	普通用	紫外光	硅应变片	B	补偿用	C	测湿用
2	普通	G	高功率	2	稳压用	紫外光	硅应变梁	C	消磁用	K	控湿用
3	超高频	L	测量用	3	微波测量	紫外光	硅柱	G	高压保护	字母	气敏电阻
4	高阻	T	可调	4	旁热式	可见光		H	灭弧用		用途
5	高温	W	微调	5	测量用	可见光		K	高可靠	Y	烟敏
7	精密	X	小型	6	控温用	可见光		L	防雷用	K	可燃性
8	电阻:高压			7	消磁用	红外光		N	高能用	字母	磁敏电阻
	电位器:特殊			8	线性用	红外光		P	高频用		用途
9	特殊			9	恒温用	红外光		W	稳压用	Z	电阻器
				0	特殊用	特殊用		Z	消噪用	W	电位器

1.1.3 电阻器的主要技术参数

电阻器主要参数有标称阻值、允许误差值、额定功率等。

(1) 标称阻值和允许偏差

一般电阻器标称值系列如表 1-3 所示，表中所有数值都可以乘以 10^n ，单位为 Ω ， n 为整数。

表 1-3 常用电阻器标称阻值系列

偏差	系列代号	电阻器标称系列值															
±10%	E12	1.2	1.5	1.8	2.2	2.4	2.7	3.3	3.6	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2			
±5%	E24	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								

E24 和 E12 系列为比较常用的标称值系列，也适用于电位器和电容器。另外还有 E48 ($\pm 2\%$)、E96 ($\pm 1\%$)、E192 ($\pm 0.5\%$) 等其他标称系列，这些偏差较小的标称系列的电阻器常称为精密电阻器。

电阻器的标称和偏差一般都以各种方法标记在电阻体上，其标记的方法主要有以下三种。

① 直接标注法 直接标注是指在电阻表面用数字、单位符号和百分数直接标出电阻的阻值和允许偏差。表示方法见图 1-3 所示。

② 文字符号标注法 文字符号标注法是用数字、单位符号按一定的规律组合表示电阻器的阻值，如图 1-4 所示。

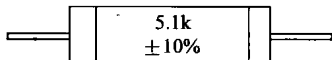


图 1-3 直接标注法示例

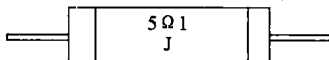


图 1-4 文字符号标注法示例

电阻器的允许偏差用字母表示，常用的允许偏差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ ，分别用 J、K、M 表示（曾用 I、II、III 表示）。精密电阻允许偏差 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ ，分别用 G、F、D。

③ 色标法 色标法是现在广泛采用的标注法，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）标注在其表面上。

用背景颜色区别电阻种类：用浅色（淡绿色、淡蓝色、浅棕色）表示碳膜电阻，用红色表示金属膜电阻，深绿色表示线绕电阻。

用不同的色码（色环、色带或色点）表示数值及允许偏差，国际统一的色码识别规定见表 1-4 所示。

表 1-4 色码标志含义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	—	—	—
倍率	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	—
允许偏差%	—	± 1	± 2	—	—	± 0.5	± 0.2	± 0.1	—	$+50$ -20	± 5	± 10	± 20

普通电阻采用四色环表示法，精密电阻采用五色环表示法。各色环的具体含义可参见图 1-5。在图 1-5(a) 中的四色环电阻表示 $5.1\Omega \pm 5\%$ ，图 1-5(b) 中的五色环电阻表示 $10.5\Omega \pm 2\%$ 。

色环电阻的识别方法：第一色环一般靠最左边，表示允许偏差的色环常稍远离前面几个色环，金、银色环不可能是第一色环。若色环完全是均匀分布且又没有金银色环时，只能通过用万用表测试来帮助判断。

(2) 电阻器的额定功率

电阻器额定功率是指在规定的气压和温度条件下，电阻器长期连续工作并满足规定的性能要求时所允许消耗的最大功率。一般额定功率越大，电阻的体积越大。在电路原理图中，

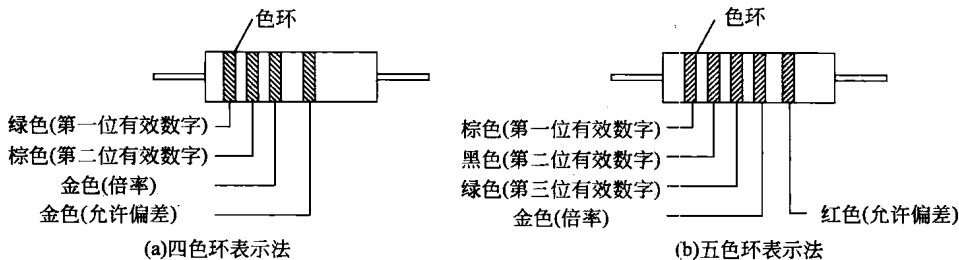


图 1-5 色环标注法示意图例

通常对额定功率较大的电阻用瓦数标示或用相应的电路符号表示,如图1-6所示。若对额定功率没有特别要求,一般用0.125W或0.25W的电阻器。在电阻的使用中,应使电阻的额定功率大于电阻在电路中实际功率值的1.5~2倍以上。

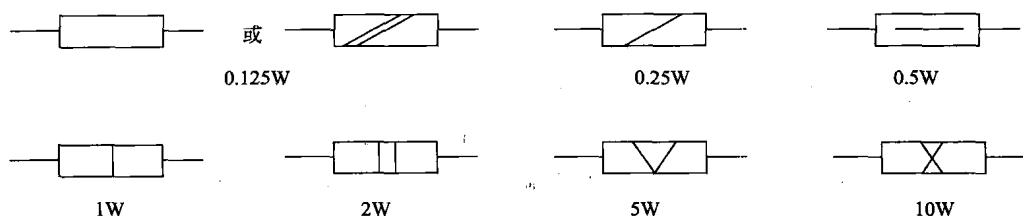


图 1-6 电阻额定功率的电路符号表示

(3) 其他参数

电阻器的其他性能参数,如温度系数、噪声系数等,与其所用的材料有关,一般不在电阻器上标明。

1.1.4 电阻器的测量

(1) 固定电阻器的性能检测

① 独立测量 使用万用表测量固定电阻器两端的阻值并与标称值进行比较。只要在偏差范围内,则为好电阻器。测量电阻器时要注意,手不能同时接触电阻器的两个引脚。用指针表时,应选择指针尽可能靠中的量程来测量,并对该量程调零。

② 在印制电路板上测量的方法 电阻器损坏时,只有潮湿或尘埃才可能引起阻值变小,否则电阻阻值一般都会变大甚至开路。在印制电路板上测量电阻器时,若正、反测量电阻发现有一次读数大于标称值且超出偏差范围,则该电阻肯定是坏电阻。若两次读数都小于标称值,则该电阻不一定是坏电阻。若还有怀疑,则必须拆出来单独测量。

(2) 电位器的性能检测

首先要测量两个固定引脚端的阻值,在偏差范围内应与标称值相等,然后分别测量两个固定引脚与滑动引脚的阻值,转动电位器滑动臂时阻值应在零到标称值范围内变化。且指针必须平稳摆动,无跳变、抖动等现象。对于多联电位器必须逐联测量。带开关电位器还要测量开关的通断情况。

(3) 敏感电阻的性能检测

通过测量敏感电阻两端阻值在加入相应敏感条件(如加温、加压、加光等)前后的变化来判断其好坏。若变化不大,则敏感电阻器是坏的。

例如,用于彩电消磁的热敏电阻MZ72。在常温时测量其阻值只有270,当用风筒加热1min左右时,阻值已增至数十兆欧,这说明该消磁电阻是好的。

(4) 注意事项

在一个电路中不能用万用表直接测量阻值,应断开电源,选择断开一端测量为准。当不能断开时,应用伏安法间接测量。

1.2 电 位 器

电位器是一种可调电阻器。电位器对外有三个引出端,其中两个为固定端,另一个是滑

动端（也称中心抽头）。滑动端可以在固定端之间的电阻体上做机械运动，使其与固定端之间的电阻发生变化。

1.2.1 概述

电位器是一种可调的电子元件。它是由一个电阻体和一个转动或滑动系统组成。当电阻体的两个固定触点之间外加一个电压时，通过转动或滑动系统改变动触点在电阻体上的位置，在动触点与任何一个固定触点之间便可以得到一个与动触点位置成一定关系的电压。电位器大多用作分压器，这时电位器是一个四端元件。电位器作为变阻器使用时，是一个“两端元件”，在使用中电位器整个行程范围可以得到一个平滑地连续变化的阻值。

1.2.2 电位器的主要技术参数

电位器的其他参数包括：①滑动噪声；②极限电压；③阻值变化规律；④分辨力；⑤起动力矩与转动力矩；⑥电位器的轴长和轴端结构。

(1) 标称阻值

电位器的标称阻值与电阻器的阻值系列相同。根据不同的精度等级，实际值与标称值的允许误差不同。

(2) 额定功率

电位器的额定功率是指两个固定端之间允许耗散的功率。电位器的额定功率系列见表1-5。应该注意滑动端与固定端之间所承受的功率要小于电位器的额定功率。

表 1-5 电位器额定功率系列

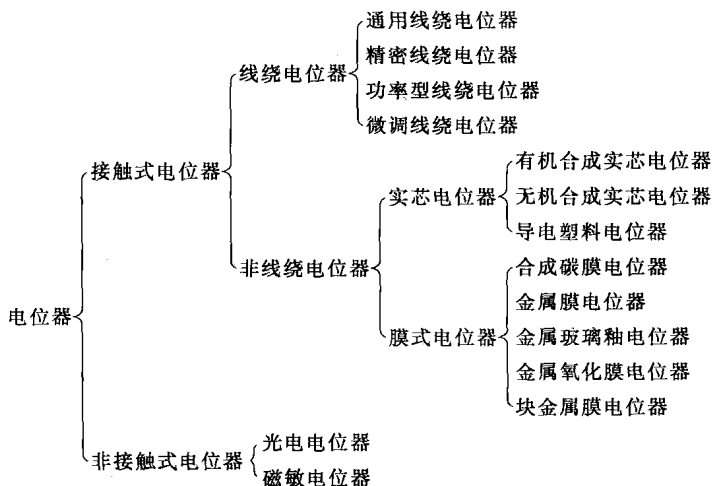
W

一般电位器电阻	0.063、0.125、0.25、0.5、0.75、1、2、3
线绕电位器	0.5、0.75、1、1.6、3、5、10、16、25、40、63、100

1.2.3 电位器的分类

电位器的种类很多，可从不同角度进行分类，按调节方式、材料、结构特点、阻值变化规律、用途等分成多种电位器，如表1-6所示。在此仅介绍几种常见的电位器

表 1-6 电位器的分类



① 线绕电位器 线绕电位器常用于精密电位器和大功率电位器。根据阻值变化规律可分为线性和非线性两种。线性电位器的精度易于控制、稳定性好、电阻的温度系数小、噪声小、耐压高,但阻值范围较窄,一般在几欧到几十千欧之间。

② 合成碳膜电位器 合成膜电位器的阻值变化连续,分辨率高,阻值范围宽($100\Omega\sim 5M\Omega$);对温度和湿度的适应性差,使用寿命短。但由于成本低,因而广泛用于收音机、电视机等家用电器中。

③ 多圈电位器 多圈电位器属于精密电位器,调整阻值需要使转轴旋转多圈,因而精度高。当阻值需要在较大范围内进行微量调整时,可选用多圈电位器。其种类有线绕型、块金属膜型、有机实芯型等。

④ 有机合成实芯电位器 该类电位器由导电材料与有机填料、热固性树脂配制成电阻粉,经过热压,在基座上形成实芯阻体。具有结构简单、耐高温、体积小、寿命长等优点。但同时也存在耐压稍低、噪声较大、转动力矩大。有机实芯电位器多用于对可靠性要求较高的电子仪器中。

接触性电位器除了上述四种外,还有高耐磨、高性能的导电材料电位器,带驱动马达的电位器等。而非接触电位器包括光敏电位器、磁敏电位器等,其优点是克服了接触电阻不稳定、滑动噪声等缺陷。

1.2.4 电位器合理选用

(1) 根据使用要求选择电位器的类型

在一般要求不高的电路中,或使用环境较好的场合,应首先选用合成碳膜电位器。合成碳膜电位器具有分辨力高、阻值范围宽、品种型号齐全,价格便宜的特点,但有耐湿性差和稳定性差的缺点,可以广泛应用于室内工作的家用电器设备上。比如,半导体收音机用的带开关的音量电位器,可选用合成碳膜电位器;电视机中的电量调节电路可选用直滑式碳膜电位器;其他家用电器中的高负载及微调电位器也可选用合成碳膜电位器。另外合成碳膜电位器的机械寿命长,可以使用在要求耐磨寿命长的电路中。

如果电路需要精密地调节,而且消耗的功率较大,应选用线绕电位器。线绕电位器由于分布参数较大,只适用于低频电路,所以在高频电路中不宜选用线绕电位器。另外,线绕电位器的噪声小,对要求噪声低的电路可选用这类电位器。

金属玻璃釉电位器的阻值范围宽,可靠性高,高频特性好、耐温、耐湿性好,是工作频率较高的电路和精密电子设备首选的电位器类型。另外,金属玻璃釉微调电位器可在小型电子设备中使用。

(2) 应根据用途选择阻值变化特性

电位器的阻值变化特性,应根据用途来选择。比如,音量控制的电位器应首选指数式电位器,在无指数式电位器的情况下可用直线式电位器代替,但不能选用对数式电位器,否则将会使音量调节范围变小;作分压用的电位器应选用直线式电位器;作音调控制的电位器应选用对数式电位器。

(3) 根据电路的要求选择电位器的参数

电位器的参数主要有标称阻值、额定功率、最高工作电压、线性精度以及机械寿命等,它们是选用电位器的依据。当根据使用要求选择好电位器的类型后,就要根据电路的要求选

择电位器的技术及性能参数。

不同电位器的机械寿命也不相同,一般合成碳膜电位器的机械寿命最长,可高达 20 万周,而玻璃釉电位器的机械寿命仅为 100~200 周。选用电位器时,应根据电路对耐磨性的不同要求,选用不同机械寿命参量的电位器。

(4) 注意对结构的要求

选用电位器时,要注意电位器尺寸的大小、轴柄的长短及轴端式样,以及轴上位置是否需要锁紧开关、单联还是多联、单圈还是多圈等,对结构上的具体要求。

对于需要经常调节的电位器,应选择轴端铣成平面的电位器,以便安装旋钮。对于不需要经常调节的电位器,可选择轴端有沟槽的电位器,以使用螺丝刀调整后不再转动,以保持工作状态的相对稳定性。对于要求准确并一经调好不再变动的电位器,应选择带锁紧装置的电位器。

带开关的电位器,开关部分用于电路电源的通断控制,而电位器部分用于对电量的调节。带开关电位器的开关形式有单刀单掷、单刀双掷和双刀双掷等,选择时应根据需要进行确定。带开关的电位器分推拉式开关电位器和旋转式开关电位器两种。推拉式开关电位器在开关动作时,其动触点不动作,这样做的好处是:一来对电阻体没有磨损,二来也不会改变已装好的电位器的位置。旋转式电位器的开关每动作一次,动触点就要在电阻体上滑行一次,因此磨损大,会影响电位器的使用寿命。

单联电位器用于对单电量的调节,在收录机、CD 唱机及其他立体声音响设备中用于调节两个声道的音量和音调的电位器应选择双联电位器。

在精密电子设备、自动控制装置及计算机伺服控制等电路中,应全用多圈电位器。

1.3 电 容 器

电容器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,常被用来组成滤波、耦合、旁路和振荡等电子电路,常简称为电容。电容容量的基本单位是法拉(F),常用单位是微法(μF)和皮法(pF),三者的换算关系为: $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$ 。

1.3.1 概述

电容(或称电容量)是表征电容器容纳电荷本领的物理量。电容器的两极板间的电势差增加 1V 所需的电量,叫做电容器的电容。电容器从物理学上讲,它是一种静态电荷存储介质(就像一只水桶一样,你可以把电荷充存进去,在没有放电回路的情况下,刨除介质漏电自放电效应/电解电容比较明显,电荷会永久存在,这是它的特征),它的用途较广,它是电子、电力领域中不可缺少的电子元件。主要用于电源滤波、信号滤波、信号耦合、谐振、隔直流等电路中。

在国际单位制里,电容的单位是法拉,简称法,符号是 F,常用的电容单位有毫法(mF)、微法(μF)、纳法(nF)和皮法(pF)(皮法又称微微法)等,换算关系是:

$$1\text{ 法拉(F)}=1000\text{ 毫法(mF)}=1000000\text{ 微法}(\mu\text{F})$$

$$1\text{ 微法}(\mu\text{F})=1000\text{ 纳法(nF)}=1000000\text{ 皮法(pF)}。$$

常用电容器的外形及图形符号见图 1-7 和图 1-8 所示。电容器型号的标注由四部分组成,如图 1-9 所示。

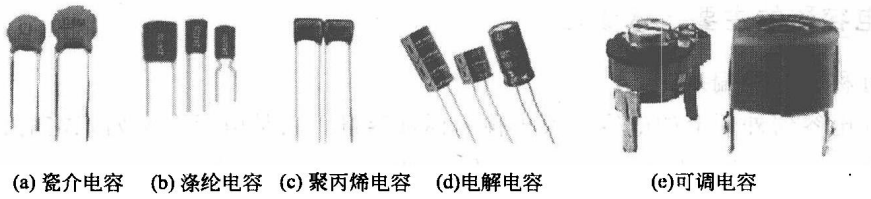


图 1-7 电容器外形

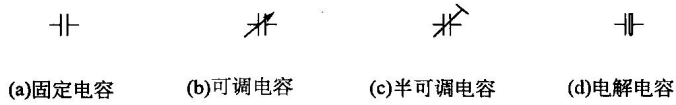


图 1-8 电容器图形符号

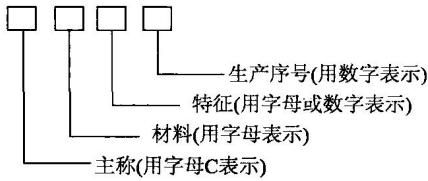


图 1-9 电容器的型号标注示意图

电容型号标注的第二部分和第三部分的符号含义见表 1-7 所示，该表对可变电容和真空电容不适用。

表 1-7 电容器的材料和特征代号及其意义

材 料(第二部分)		特 征 分 类(第三部分)				
符 号	意 义	符号	意 义			
			瓷介	云母	有机	电解
C	高频瓷介	1	圆片	非密封	非密封	筒式
T	低频瓷介	2	管形	非密封	非密封	筒式
Y	云 母	3	叠片	密封	密封	烧结粉液体
I	玻璃釉	4	独石	密封	密封	烧结粉固体
O	玻璃膜	5	穿心	—	穿心	—
B	聚苯乙烯	6	支柱	—	—	无极性
BB	聚 丙 烯	7	—	—	—	—
F	聚四氟乙烯	8	高压	高压	高压	—
S	聚碳酸酯	9	—	—	特殊	特殊
L	涤 纶	D X Y M W J C S	低 压			
Z	纸 介		小 型			
J	金属化纸介		高 压			
H	复合纸介		密 封			
Q	漆 膜		微 调			
D	铝电解质		金 属 化			
A	钽电解质		穿 心			
N	铌电解质		独 石			
G	合金电解质					

1.3.2 电容器的主要技术参数

(1) 标称容量和偏差

标注在电容器外壳上的电容量大小称为标称容量，它是由标准系列规定的。如表 1-8 所示。表中的 E24、E12 与电阻值标称值系列相同，可参见表 1-3。

表 1-8 电容器标称值系列

名 称	允许偏差	容量范围	标称容量
低频(极性)有机薄膜介质电容和纸介、金属化纸介、纸膜复合介质电容	$\pm 5\%$	100pF~1 μ F	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8
	$\pm 10\%$	1~100 μ F	1 2 4 6 8 10 15 20 30
	$\pm 20\%$		50 60 80 100
有机薄膜介质电容和瓷介、玻璃釉、云母等无机介质电容	$\pm 5\%$	—	E24
	$\pm 10\%$		E12
铝、钽、铌电解电容	$\pm 10\%$ $\pm 20\%$	(单位: μ F)	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

(2) 额定工作电压

能保证长期工作而不致电容器被击穿的最大电压称为电容器的额定工作电压，简称电容的耐压。电压系列随电容器类别不同而有所不同，额定电压的数值通常都在电容器上标出。每一个电容都有它的耐压值，这是电容的重要参数之一。普通无极性电容的标称耐压值有：63V、100V、160V、250V、400V、600V、1000V 等，有极性电容的耐压值相对要比无极性电容的耐压要低，一般的标称耐压值有：4V、6.3V、10V、16V、25V、35V、50V、63V、80V、100V、220V、400V 等。

(3) 损耗角正切值 $\tan\delta$

损耗角正切值是指当电流流过电容器时，电容器的损耗功率与存储功率的比值，该值的大小取决于电容器介质所用的材料、厚度及制造工艺。该参数大小一般在 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 之间，数值越小，电容器质量越好。但该值通常只能用专用仪器来测量。

(4) 温度系数

温度系数是反映电容器稳定性的一个重要参数，该值有正有负，它的绝对值越小，表明电容器温度稳定性越高。

(5) 绝缘电阻

用来表明漏电大小的。一般小容量的电容，绝缘电阻很大，在几百兆欧姆或几千兆欧姆。电解电容的绝缘电阻一般较小。相对而言，绝缘电阻越大越好，漏电也小。

(6) 频率特性

电容器的电参数随电场频率而变化的性质。在高频条件下工作的电容器，由于介电常数在高频时比低频时小，电容量也相应减小，损耗也随频率的升高而增加。另外，在高频工作时，电容器的分布参数，如极片电阻、引线和极片间的电阻、极片的自身电感、引线电感等，都会影响电容器的性能。所有这些，使得电容器的使用频率受到限制。

1.3.3 电容器的命名和标识方法

常用的电容器其精度等级和电阻器的表示方法相同。用字母表示：J(I)— $\pm 5\%$ ；K(II)— $\pm 10\%$ ；M(III)— $\pm 20\%$ 。电容器的标称和偏差一般都以各种方法标记在电容体

上,其标记的方法主要有以下三种。

(1) 数码表示法

用三位数字表示容量大小,前两位数字为电容量的有效数字,第三位是零的个数,单位是pF。如223表示 $22 \times 10^3 \text{ pF}$,如果第三位是9,则乘 10^{-1} ,如229表示 $22 \times 10^{-1} = 2.2 \text{ pF}$ 。

(2) 直标法

容量小于 10^5 pF 的电容器,一般只标注数值而省去单位。如470表示470pF;容量在 $10^5 \text{ pF} \sim 1 \mu\text{F}$ 之间的电容器,以 μF 为单位,以小数点为标志,也省去单位,如0.22表示0.22 μF ;电解电容以 μF 为单位直接标在电容器上。

(3) 色标法

电容器的色标法与电阻器色标法大致相同,在此不再详述。

1.3.4 几种常见电容器

(1) 瓷介电容器(CC)

瓷介电容器是以陶瓷为介质的电容器,容量范围较窄,一般在 $1 \text{ pF} \sim 0.1 \mu\text{F}$ 。主要特点是体积小、重量轻、价格低廉,在普通电子产品中广泛使用。

按性能分为低压小功率和高压大功率两种,直流电压低于1kV的属低压小功率。

由于所用陶瓷材料的介电性能不同,低压小功率瓷介电容有高频瓷介和低频瓷介电容器之分。高频瓷介电容器的体积小、耐热好、绝缘电阻大、损耗小,常用于高频、脉冲、温度补偿电路,但其容量范围较窄。低频瓷介电容器的绝缘电阻小、损耗大、稳定性差,但价格低廉、容量大,特别是独石电容器的容量可达 $2 \mu\text{F}$ 以上,一般用于对损耗和容量稳定性要求不高的低频电路,广泛用于做旁路、耦合元件。

(2) 云母电容器(CY)

云母电容器以云母作为介质。主要特点是精度高,可达 $\pm 0.01\%$,性能稳定、可靠,损耗小,绝缘电阻很高,是一种优质电容器。

容量一般在 $47 \sim 47000 \text{ pF}$ 。主要用于对稳定性和可靠性要求较高的高频电路上,云母电容器体积大、成本高,因此使用受到一定限制。

(3) 玻璃电容器

玻璃釉(CI)、玻璃膜(CO),该种电容器是以玻璃为介质,稳定性介于云母电容器与瓷介电容器之间,是一种耐高温、相对体积小、成本低廉、性能较高的电容器,可制成贴片元件,常在高密度电路中使用。

(4) 纸介电容器(CZ)

纸介电容是以纸作介质,其特点是制造成本低,容量范围大,一般在 $0.01 \sim 10 \mu\text{F}$ 之间,但绝缘电阻小,损耗大,体积也大,只适用于直流或低频电路中使用。另一种纸介电容器,即金属化纸介电容器(CJ),最大特点是相对于纸介电容器体积减小了 $1/5 \sim 1/3$,且高压击穿后能够自愈,而其他性能与纸介电容器没有多大差别。

(5) 有机薄膜电容器

该类电容器是以有机薄膜为介质,常见的有涤纶薄膜、聚丙烯薄膜等。这类电容器总体性能上都比纸介电容器好,其容量范围较大,但稳定性不够高,其中涤纶(CL)、金属化聚碳酸酯(CSJ)等电容器只适用于低频电路。聚苯乙烯(CB)、聚四氟乙烯(CF)电容器高频特性好,适用于高频电路。聚丙烯(CBB)电容器能耐高压,聚四氟乙烯电容还能耐