

● 高等学校教学用书 ●

电子技术基础实验

郝国法 梁柏华 邱 燕 编

GAODENG
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

高等学校教学用书

电子技术基础实验

郝国法 梁柏华 邱 燕 编

北 京
冶金工业出版社
1999

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验/郝国法等编著. —北京:冶金工业出版社,1999.10
高等学校教学用书
ISBN 7-5024-2430-X

I. 电… I. 郝… III. 电子技术-实验-高等学校-教材
IV. TN-43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 38756 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 戴 群

北京顺义兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1999 年 10 月第 1 版, 1999 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 15.75 印张; 374 千字; 245 页; 1-3500 册

22.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

电子技术基础实验,是高等学校自动化专业及相近专业实践性教学环节的一个重要组成部分。学习这门课程,旨在将学生已学的电子技术基础的理论与实际有机地联系起来,加深学生对已学课程的理解,逐步培养和提高学生独立工作,分析、解决实际问题的能力,并为后续专业课的学习打好基础。通过学习,不仅使学生具有科学实验的动手能力,而且要培养学生一丝不苟,严谨求实的科学研究作风。本教材基于加强基本技能训练,加强集成电路的应用,加强工程实践能力培养,反映本学科的发展水平的指导思想,根据教学大纲的要求,总结多年来的教学实践并结合当前教学改革的需要,在前几轮讲义的基础上进行修改、补充和完善而成的。

本教材以电子元器件、常用电子仪器和电子电路的基本知识为基础,包括常用电子仪器的正确使用;电子元器件的基本知识、正确选用;电路性能测试;电路的设计、安装和调试;实验数据的记录、处理、分析综合和实验报告的撰写等。力求启发学生自己思考,自己动手实践,提高学生对实验课的兴趣,调动学生对实验课的积极性。每个教学实验的课内学时一般为3学时。本书亦可作为电子技术爱好者学习电子电路的实验技能、实际方法,培养动手实践能力的参考书。

全书共分三篇。第一篇为电子电路调试与实验基础知识,分为五章。第一章为绪论。第二章从使用角度出发,叙述了电阻器、电容器、电感器和集成电路元件的基本知识、工作原理、技术指标、特点、选用方法和不同类型集成电路元件的连接方法。第三章介绍电子电路的基本测量方法,误差分析、减小误差的一般方法、数据处理、曲线绘制方法,示波器的工作原理和基本使用方法。第四章介绍电子电路设计常用的一般方法、步骤,包括电子元器件的选择,单元电路设计和电子电路图的绘制。第五章介绍电子电路调试的一般方法、步骤,并叙述了调试模拟电子电路和数字逻辑电路的特殊性。第二篇为电子技术基础实验,实验内容安排较为全面,以设计性实验为主,以中、大规模集成电路为重点。其中,模拟电子电路实验为12个,数字逻辑实验为10个,可编程逻辑器件实验为4个。一个实验内容就是一个模块,可以实现多种组合。例如,将单级放大器,或者是负反馈放大器或者是一个运算放大器与DAC实验内容组合起来就是一个完整的数字电压表电路。这种组合与应用符合由简到繁、循序渐进的教学规律,能够激发学生对电子电路设计与应用的兴趣。可编程逻辑器件的广泛应用,对电子电路的设计和应用产生很大的影响,考虑到可编程逻辑器件(PLD)与高密度的可编程逻辑器件(CPLD)的成本及高校的实验条件,本教材暂时安排PLD应用的实验。附录主要有常用电子元器件的性能、引脚功能,几种常用电子仪器的工作原理,PLD器件的工作原理及编程方法和焊接技术。其中,PLD(GAL16V8)的工作原理是考虑到现行教材未安排这部分内容,为配合实验而安排的。

本书由郝国法主编。梁柏华编写第一篇第三章第三节,第二篇的实验四和实验六;邱燕编写实验十九、实验二十,并对全书的电路图进行加工处理。

本书在编写过程中,得到了武汉冶金科技大学自动化系、信息工程教研室和教材科的关心和大力支持;杨光杰副教授、蒋金湘副教授对有关内容的安排方面提出了积极的建议;华

中理工大学的陈大钦教授(主审)、谢世辉教授,武汉冶金科技大学的程耕国教授和蒋金湘副教授审阅本书稿并提出了很多宝贵意见。编者在此对上述同志表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中错误与疏漏之处,恳请广大师生及读者批评指正。

编 者

1999年3月于武汉

第一篇 电子电路调试与 实验基础知识

第一章 绪 论

一、电子技术基础实验的意义

纵观科学技术发展的历史,可以看出,科学技术的发展离不开实验,实验方法、实验条件的进步,加速了科学技术的发展,实验是促进科学技术发展的主要手段之一。

电子技术基础是一门实践性很强的课程。学习这门课程应在基本理论、基本知识、基本技能、分析问题和解决问题的能力方面都得到培养,应加强工程训练,特别是技能的培养,这对后续课程的学习,对走上工作岗位后适应工作环境都具有十分重要的作用。

二、电子技术基础实验的目的

电子技术基础实验的目的是:根据国家教委批准的《高等工业学校电子技术基础课程教学基本要求》,学习基本知识、基本理论,学习常用仪器的使用和实验方法,验证器件、电路的功能,测试器件、电路的性能指标,学习设计、制作、调试分析电子电路。通过学习,掌握基本的实验方法、实验技能。实验是培养学生能力的一个很重要的方面。

三、怎样做好电子技术基础实验

实验的一个重要任务是培养学生勤奋、进取、严肃、认真的科学态度,理论联系实际和勤俭节约的优良作风。因此,要做好实验必须做到以下几方面要求:

(1)发挥同学们个人的积极主动性,要独立思考、严肃认真、独立完成实验。

(2)实验前做好充分准备。实验前要结合教材学懂实验内容有关的理论和基本原理,对需要在实验中加深理解的要做好记录。查阅有关资料,对实验所用元器件、仪器仪表的功能、使用方法要了解清楚,要拟出实验方案、步骤、设计表格,要估算实验结果,对实验思考题作出回答。最后要写出预习报告。

(3)在实验过程中要做到以下几点:

1)自觉遵守实验室规则。

2)根据实验内容,合理布置实验设备,以使用、操作方便,不影响他人为原则。电子元器件在使用前必须认真检查。在确认元器件好用后,方可进行接线。搭接实验线路时要注意:合理布局,元器件的摆放要紧凑、不重叠、符合习惯位置(输入端在左侧、输出端在右侧);认真接线,保证实验线路与原理图、接线图一致;接线要牢固可靠,走线应越短越好,避免长线、虚接;查线,接好线后同组人员要相互认真检查。

3)认真、真实记录实验数据、实验条件,有异常现象时应进行思考,分析原因,自己解决不了的问题要请教指导教师,并记录异常现象的原因和解决方法。

4)遇到冒烟、发热、有异常响声等情况应立即切断电源,排除故障后再继续进行。

(4)实验做完后,自己认为结果正确并经指导教师审阅签字后再拆除线路,清理现场。

(5)认真撰写实验报告,这是锻炼自己撰写技术文件能力的一个重要方面,也是总结的一个好机会,切不可轻视。若想在实验过程中得到进一步提高,就必须在做好实验的基础上,按以下要求写好完整的科学的实验报告:整理原始记录的数据、波形、现象以及使用的仪器、仪表,千万不要为了接近理论数据,而有意修改原始记录,如果实验结果与理论数据差别较大时,应该找出原因,必要时可重做实验,确认取得的原始数据,或采取必要措施使误差减小;对实验中出现的故障现象,分析其原因,写出解决的方法及其效果;根据实验指导书的要求,写出本次实验的各项具体内容和达到的目的,以提高自己的综合能力。

通过电子技术基础实验的学习,希望同学们能在基本实验技能,实验方法,元器件的正确识别、选用等方面得到培养,在动手实践能力方面得到较大的提高;通过实验丰富自己的知识、实验技巧,提高分析实际问题、解决实际问题的能力。

第二章 电子元器件

电子电路主要是由电子元器件组成的,这些电子元器件包括电阻器、电容器、电感器、晶体管 and 集成电路等。电子元器件种类繁多,新的品种不断涌现,原有产品的性能不断提高,对应器件资料也在不断更新。因而,只有经常查阅近期有关资料,经常到电子元器件市场了解情况,才能及时熟悉最新元器件,不断丰富自己的电子元器件知识。学习电子技术基础,只有在掌握了电子电路的基本理论和设计方法后,在熟悉电子元器件的性能价格比的基础上,才能正确分析电子电路,才能设计出合理的电路,制做出价廉物美的电子产品。

第一节 电阻器和电位器

电阻器是电子电路中应用最广泛的一种。有人统计,电阻器占电子电路使用元件的30%以上。电阻器质量的好坏对电子电路的影响很大。电阻器的作用是调节电路的电压、电流、分压、分流和作为负载。这是一种耗能元件。按电阻器的结构划分,可以分为两大类:薄膜电阻和线绕电阻。薄膜电阻又分为碳膜电阻和金属膜电阻,碳膜电阻的精度稍差,但价格便宜。金属膜精度较高,可达0.001%。几种常用电阻的结构和特点见表1-2-1。电位器是一种具有三个端子的可变电阻器,其阻值可在一定范围内变化。电位器按电阻材料划分,可分为薄膜和线绕式两种。薄膜电位器又分为:WTX型小型碳膜电位器;WTH型合成碳膜电位器;WS型有机实芯电位器;WTH型精密合成膜电位器和WHD型多圈合成膜电位器等。按调节机构的运动方式可分为:旋转式和直滑式。按结构可分为:单联、多联、带开关和不带开关等,带开关的可分为旋转式和推拉式。

表 1-2-1 几种常用电阻的结构和特点

电阻种类	电阻结构和特点
碳膜电阻	气态碳氢化合物在高温和真空中分解,碳沉积在瓷棒或瓷管上,形成一层结晶碳膜。改变碳膜的厚度和用刻槽的方法变更碳膜的长度,可以得到不同的阻值。碳膜电阻成本较低,性能一般
金属膜电阻	在真空中加热合金,合金蒸发,使瓷棒表面形成一层导电金属膜。刻槽和改变金属膜厚度可以控制阻值。与碳膜电阻相比,体积小,噪声低,稳定性好,但成本较高
碳质电阻	把碳黑、树脂、粘土等混合物压制后经热处理制成。在电阻上用色环表示它的阻值。这种电阻成本低,阻值范围宽,但性能较差
线绕电阻	用康铜或者镍铬合金电阻丝,在陶瓷骨架上绕制成。这种电阻分固定和可变两种。它的特点是工作稳定,耐热性能好,误差范围小,适用于大功率的场合,额定功率一般在1W以上
金属玻璃釉电阻器	金属玻璃釉电阻器的特点是耐湿、耐高温、功率大、温度系数小($<5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$)易制成高阻,高压功率式半精密型产品阻值,允许误差为1%~0.1%,阻值可达 $10^{14}\Omega$,耐压达30kV
敏感电阻	敏感电阻器以半导体为材料,可用于将某些非电量转变为电量,如光敏、热敏、压敏、湿敏电阻器等
碳膜电位器	它的电阻体是在马蹄形的纸胶板上涂上一层碳膜制成。它的阻值变化和中间触头位置的关系有直线式、对数式和指数式三种。碳膜电位器有大型、小型、微型几种,有的和开关一起组成带开关电位器。还有一种直滑式碳膜电位器,它是靠滑动杆在碳膜上滑动来改变阻值的。这种电位器调节方便
线绕电位器	用电阻丝在环状骨架上绕制成。它的特点是阻值变化范围小,功率较大

按用途划分:有普通电位器、精密电位器、功率电位器、微调电位器和专用电位器等。

按输出特性的函数关系划分:有线性电位器和非线性电位器。非线性电位器又分为对数式和指数式两种。

线性电位器(X式),常用于精密仪器、示波器、万用表等,其线性精度为 $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, $\pm 0.3\%$, $\pm 0.1\%$, $\pm 0.05\%$ 。

对数式电位器(D式),特点是先粗调后细调。常用于电视机的对比度调节。

指数式电位器(Z式),特点是先细调后粗调,常用于收音机的音量调节。如图 1-2-1 所示。

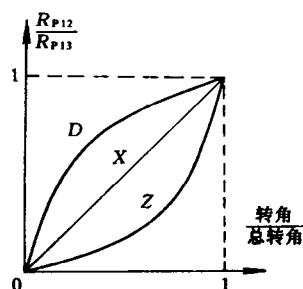


图 1-2-1 电位器输出特性

电位器在出厂时一般都印有 X、D 和 Z 符号,使用时注意。

一、电阻器和电位器的型号命名法

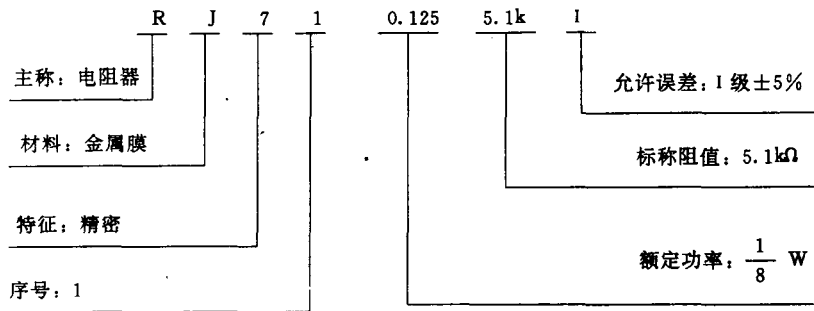
电阻器和电位器的命名一般由四部分组成,其表示方法和意义见表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 电阻器和电位器的命名法及意义

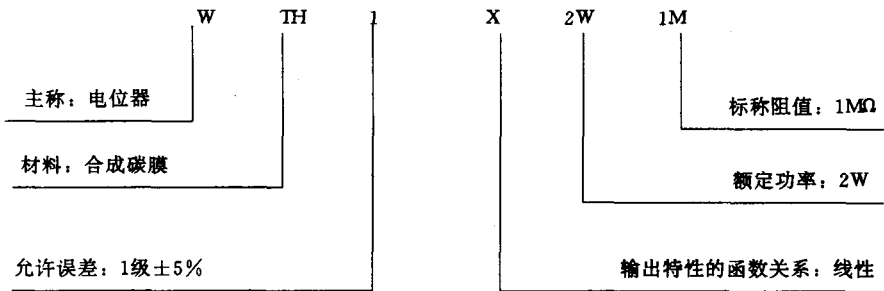
第一部分		第二部分		第三部分		第四部分	
用字母表示主称		用字母表示材料		用数字或字母表示分类		用数字表示序号	
符号	意义	符号	意义	符号	意义		
R	电阻器	T	碳膜	1	普通		
W	电位器	P	碳膜	2	普通		
		U	硅碳膜	3	超高频		
		H	合成膜	4	高阻		
		I	玻璃釉膜	5	高温		
		J	金属膜(箔)	7	精密		
		Y	氧化膜	8	* 高压或特殊函数		
		S	有机实芯	9	特殊		
		N	无机实芯	G	高功率		
		X	线绕	T	可调		
		R	热敏	X	小型		
		G	光敏	L	测量用		
		M	压敏	W	微调		
				D	多圈		

* 第三部分数字“8”,对于电阻器来说表示“高压”,对于电位器来说表示“特殊函数”。

示例 1:RJ71—0.125—5.1kI 电阻器



示例 2:WTH—1 X—2W 1M



二、电阻器和电位器的主要技术参数

表征电阻器和电位器的主要技术参数有标称阻值、额定功率、允许误差、最高工作电压等。

1. 标称阻值

工厂生产的电阻器的电阻值是标准化的。这种电阻器的电阻值称为标称电阻,标称阻值组成的系列称为标称系列。常用电阻器的标称系列如表 1-2-3 所示。除特殊用途、专门生产的电阻器外,任何固定电阻值的电阻器都符合表 1-2-3 的数值或在此基础上乘以 10^n ,其中 n 为正、负整数。

表 1-2-3 常用固定电阻器的标称系列

容许误差	系列代号	系 列 值
±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
±10%	E12	1.0;1.2;1.5;1.8;2.2;2.7;3.3;3.9;4.7;5.6;6.8;8.2
±20%	E6	1.0;1.5;2.2;3.3;4.7;6.8

2. 额定功率

是在标准大气压和规定的环境温度、湿度和不通风的条件下,电阻器长期连续负荷运行而不改变其性能所允许消耗的最大功率。一般情况下,要选取比实际消耗功率大1~2倍的。常用的有1/20W,1/8W,1/4W,1/2W,1W,2W,4W,5W…。一般情况下,薄膜电阻器功率较小,常用的有1/8W,1/4W,1/2W,1W,2W等。线绕电阻器功率较大,常用的有2W,3W,4W,5W…。

3. 允许误差

允许误差是指电阻器和电位器的阻值,相对于标称阻值的最大误差范围。它表示产品精度,允许误差有两种表示方法:一种用等级表示,如例1、例2所示,另一种是色环电阻器用色环表示(一般最后一个环表示允许误差)。

表 1-2-4 允许误差等级

级别	005	01	02	I	II	III
允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

4. 最高工作电压

当电阻器的工作电压过高时,虽然电阻器的功率未超过额定功率,但电阻器内部因其电流密度过大,电阻体结构击穿等原因,会发生电弧火花放电,导致电阻器损坏,一般1/8W的薄膜电阻器的最高工作电压不能超过150~200V。

三、电阻器和电位器的符号表示

电阻器常用矩形框外加二根线表示,如图1-2-2(a),电位器的表示如图1-2-2(b)所示。

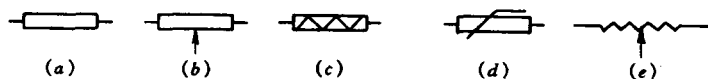


图 1-2-2 电阻器和电位器的表示

在工程图纸上需要标明电阻器的功率,一般可用两种方法表示电阻器的功率,一种方法是直接在元件表或图纸上标明电阻器的额定功率,另一种方法是在电阻上用符号表示,如图1-2-3所示。

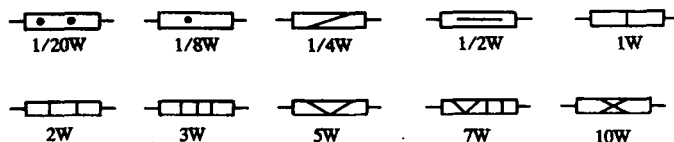


图 1-2-3 电阻器的功耗表示方法

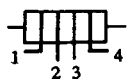
目前,市场出售的电阻器有的是把电阻值和允许误差数字标印在电阻器上,很直观,而大量的电阻器则是用色环来表示的,有四环、五环和六环的。六环电阻器市场上货源不多。四道环的电阻器第一、二道环(从左数起)表示电阻器的有效数字,第三道环表示二位小数后零的

个数,第四道环表示电阻值的允许误差。五道环的电阻器的第一、二、三道环表示有效数字,第四道环表示三位数后零的个数,第五道环表示电阻值的允许误差。显然,五道环的电阻器的精度高于四道环的电阻器。各种颜色代表的意义如表 1-2-5 所示。

表 1-2-5 色环颜色的意义

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
代表倍数	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	
允许误差±%	1	1	2			0.5	0.25	0.1			5	10	20

示例 3:色环电阻如图所示



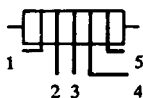
第一道环为红色,第二道环为黄色;

第三道环为橙色,第四道环为金色。

则该电阻为 $24 \times 10^3 = 24\text{k}\Omega$,允许误差 5%。

图 1-2-4 四道环电阻举例

示例 4:有一电阻器如图 1-2-5 所示



第一道环为棕色;

第二道环为黑色;

第三道环为黑色;

第四道环为红色;

第五道环为棕色。

图 1-2-5 色码电阻表示示例

该电阻器的电阻值为 $100 \times 10^2 = 10\text{k}\Omega$,允许误差 1%。

电阻器、电位器还有其他一些技术特性需要了解,表 1-2-6 列出了部分电阻器、电位器的某些技术特性。

由表 1-2-6,可以看出几种电阻的不同特性:

(1) 碳膜电阻:温度系数为较大负值($-6 \times 10^{-4} \sim -20 \times 10^{-4}$)。因此,这类电阻不适用于要求温度稳定性较高的精密用途,而这类电阻的频率特性好,噪声小且尺寸小,因而广泛用于数字电路和对温度稳定性要求不高的模拟电路。

(2) 金属膜电阻:该类电阻的温度特性、频率特性、噪声特性以及经时变化特性等都较好,外形尺寸也小,常用于温度稳定性高、高频、低噪声、高可靠性、精密等用途。近年来由于工艺技术的提高、价格接近于碳膜电阻。在制造工艺方面可以把温度系数控制 $\pm 5 \times 10^{-6} \sim \pm 150 \times 10^{-4}$ 。

(3) 氧化金属膜电阻:特性与金属膜电阻相似,特点是具有高功率而小尺寸,主要用于大功率消耗的设备中。

(4) 线绕电阻:特点是噪声小、温度系数小、频率特性差、外形尺寸大。主要用于高精度、低频、低噪声、低漂移要求的电路中。

(5) 固体电阻:这是一种碳质固态电阻。特点:温度系数大、低频范围内噪声大而高频范围内噪声小,频率特性好,外形尺寸小,适用于高频放大电路。

表 1-2-6 电阻、电位器特性

电阻类别	额定功率/W	标称阻值范围/ Ω	温度系数/ $^{\circ}\text{C}$	噪声电势/ $\mu\text{V}/\text{V}$	运用频率
RT 型碳膜电阻	0.05	$10\sim 100\times 10^6$	$-(6\sim 20)\times 10^{-4}$	1~5	10MHz 以下
	0.125	$5.1\sim 510\times 10^6$			
	0.25	$5.1\sim 910\times 10^6$			
	0.5	$5.1\sim 2\times 10^6$			
	1.2	$5.1\sim 5.1\times 10^6$			
RU 型硅膜电阻	0.125, 0.25	$5.1\sim 510\times 10^3$	$\pm(7\sim 12)\times 10^{-4}$	1~5	10MHz 以下
	0.5	$10\sim 1\times 10^3$			
	1.2	$10\sim 10\times 10^3$			
RI 型金属膜电阻	0.125	$30\sim 510\times 10^3$	$\pm(6\sim 10)\times 10^{-4}$	1~4	10MHz 以下
	0.25	$30\sim 1\times 10^6$			
	0.5	$30\sim 5.1\times 10^6$			
	1.2	$30\sim 10\times 10^6$			
RXYC 型线绕电阻	2.5~100	$5.1\sim 56\times 10^6$			低 频
WTH 型碳膜电位器	0.5~2	$470\sim 4.7\times 10^6$	$\pm(10\sim 20)\times 10^{-4}$	5~10	几百千赫以下
WX 型线绕电位器	1~3	$10\sim 20\times 10^3$			低 频

第二节 电 容 器

理想的电容器是一种储能元件,在电路中存储电荷。电容器也是电子电路中用得较多的一种电子元器件,用于电路中的滤波、耦合、调谐、交流旁路和能量转换。

一、电容器的分类

(1)按电容器容量调节情况划分,可以分为固定电容器,可变电容器和微调电容器。

1)固定电容器:这是数量最多规格齐全介质种类多的一种电容器。因其容量是固定的,不可调的,故称为固定电容器。常用的几种固定电容器的外形及符号如图 1-2-6 所示。

2)可变电容器:容量可以在一定范围内(通常为几百 pF)变化的电容器,称之为可变电容器。其介质为空气、塑料薄膜等。它由若干形状相同的金属片接成一组动片、一组定片、介质和框架组成。可变电容器有“单联”和“双联”之分,单联为一组定片一组动片。“双联”为两组动片和一组定片。通过转轴转动动片插入定片内的面积来改变电容器的容量。空气介质的介电系数较小,损耗小,电性能较好,但其体积大。其外形及符号如图 1-2-7 所示。

3)微调电容器:微调电容器是指电容量能在小范围内(小于 100pF)变化的一种电容器。其外形及符号如图 1-2-8 所示,这类电容器主要用于电路中电容量的补偿或调整,适用于整

机调整后电容量不需大的改变或不需经常改变的场合。微调电容器的介质以陶瓷、云母和聚苯乙烯为主。

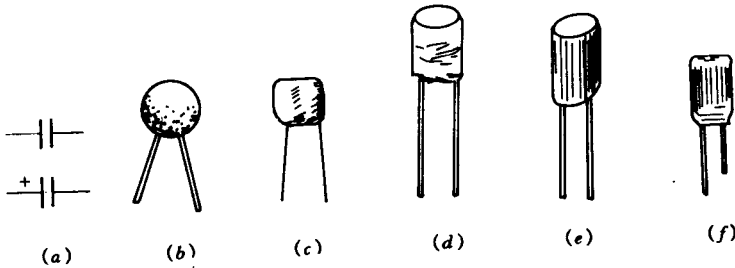


图 1-2-6 几种固定电容器外形及符号

(a)一电容器符号(带“+”号为电解电容器);(b)一瓷介电容器;
(c)一云母电容器;(d)一涤纶薄膜电容器;(e)一金属化纸介电容器;(f)一电解电容器

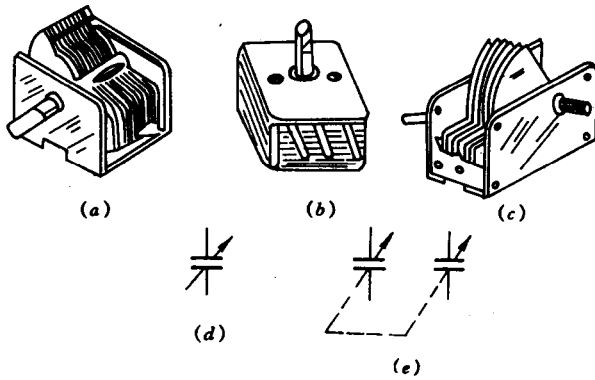


图 1-2-7 单、双联可变电容器外形及符号

(a)一空气双联;(b)一密封双联;(c)一空气单联;(d)一单联符号;(e)一双联符号

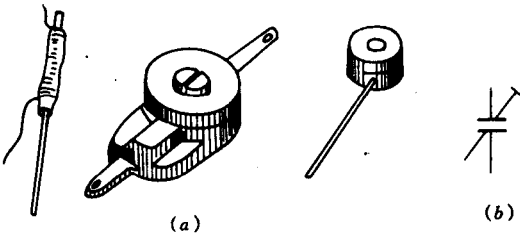


图 1-2-8 半可变电容器外形及符号

(a)一拉线和瓷介微调电容器外形;(b)一半可变电容器符号

(2)按电容器的介质材料分类。常用的不同介质电容器的种类、特点和应用场合如下:

1) 电解电容器: 电解电容器以很薄的铝、钽、钛、铌等金属氧化膜作介质。而以铝的氧化膜作介质的电解电容器应用得最广、最多。它的优点是: 容量大、体积小, 耐压高(一般在 500V 以下, 要求耐压较高, 体积大的场合), 缺点是: 容量误差较大, 绝缘电阻小、损耗大, 性能受温度变化的影响大。例如在温度为 70℃ 时, 漏电流达常温时的 10 倍, 而在 -30℃ 时, 漏电流则又减小很多。电解电容器的特点是: 由于氧化膜具有单向导电的特性, 因而电解电容器的外引线有“+”“-”极性之分(一般“+”极外引线长,“-”极外引线短), 在使用过程中, 电解电容器的极性不能接反, 否则, 氧化膜很快变薄, 漏电流急剧增大。如果电解电容器施加的电压过大(与额定耐压值比较), 电容器很快就会发热, 很容易引起爆炸。钽、铌、钛氧化膜作介质的电解电容器的漏电流小, 体积小, 但价格较昂贵, 通常用于要求较高的地方。

2) 云母电容器: 以云母作介质的电容器。它的特点是: 损耗小($\tan\delta < 0.0017$) 精度高(允许误差可达 $\pm 1\%$), 稳定性好, 耐压高(耐压达几百~几千 V), 容量小(几十~几万 pF)。广泛用于高频电子电路中, 并可作为标准电容器使用。

3) 瓷介电容器: 以陶瓷作介质的电容器。根据陶瓷材料和应用情况不同又有高频瓷介电容器与低频瓷介电容器之分, 高频瓷介电容器的损耗小($\tan\delta < 0.0015$), 稳定性好, 温度系数小, 耐压性稍差, 但容量易做得大。独石电容器的介质是一种多层结构的陶瓷电容器, 具有体积小、容量大(低频独石电容容量可达 0.47 μ F)、耐高温和性能稳定的特点。

4) 玻璃釉电容器: 玻璃釉电容器以玻璃釉作介质, 它具有瓷介电容器的特点, 但其容量为 4.7pF~4 μ F, 介电常数在很宽的频率范围之内保持不变, 可以应用在 125℃ 高温下。

5) 纸介电容器: 纸介电容器以浸蜡的纸作绝缘介质, 用铝箔或锡箔作电极, 两者相叠卷成圆柱体, 外包防潮物质, 外壳用铁壳密封。大容量的纸介电容器在铁壳里装有电容器油或变压器油, 用于提高耐压强度, 这种电容器被称为油浸纸介电容器。纸介电容器的优点是结构简单, 价格低廉, 在一定体积内可以获得较大的电容量。缺点是: 介质损耗大、温度系数大、稳定性差, 有较大的固有电感, 适用于要求不高的低频电子电路。

6) 金属化纸介电容器: 金属化纸介电容器是新发展的一个电容器品种, 它是采用蒸发的方法, 使金属附着于纸上, 作为电极, 其体积比纸介电容器小, 其性能与纸介电容器相仿。它的最大特点是纸介质被高压击穿后有自愈作用。

7) 有机薄膜电容器: 有机薄膜电容器又有极性介质和非极性介质之分。极性介质电容器的耐热、耐压性能好。非极性介质电容器损耗小, 介质吸收系数小, 绝缘电阻高, 其性能随温度和频率变化小。与纸介电容器相比较, 有机薄膜电容器的体积小, 耐压高, 损耗小, 绝缘电阻大, 稳定性好, 但温度系数大, 表 1-2-7 列出了几种常用的有机薄膜电容器的性能。

表 1-2-7 几种有机薄膜介质电容器的性能

名 称	介质极性	容量范围/ μ F	允许误差 等级范围/%	损耗角 正切值($\times 10^{-4}$)	直流工作 电压/V	绝缘电阻/ Ω
聚苯乙烯电容器	非极性	$10^{-6} \sim 2$	$\pm 0.1 \sim \pm 20$	< 15	40~30000	10^{11}
聚丙烯电容器	非极性	$10^{-3} \sim 5$	$\pm 2 \sim \pm 20$	< 10	63~1600	10^{11}
聚四氟乙烯电容器	非极性	$10^{-4} \sim 0.5$	$\pm 5 \sim \pm 20$	< 10	250~25000	10^{12}
涤纶电容器	极性	$4.7 \times 10^{-4} \sim 10$	$\pm 5 \sim \pm 20$	< 100	63~24000	
聚碳酸酯电容器	极性	$10^{-4} \sim 5$	$\pm 5 \sim \pm 20$	< 15	50~25000	

聚苯乙烯电容除耐热稍差($<70^{\circ}\text{C}$)外,其他性能优良,稳定性好,可以作为标准电容器使用,常用于高频电路,对容量要求较精确的电路和要求定时间常数 RC 较精确的定时电路中。聚丙烯电容除稳定性稍差外,其他性能与聚苯乙烯电容相似。聚四氟乙烯电容具有耐高温($<250^{\circ}\text{C}$)、耐化学腐蚀、电参数的温度和频率特性好的特点,常用于高温、高绝缘和高频场合,但成本高。涤纶电容具有耐热、损耗较大的特点,不易用在高频电路中。聚碳酸酯电容的性能优于涤纶电容、损耗和容量随频率变化小,工作温度可达 130°C 。

二、电容器型号命名法

电容器的型号命名法见表 1-2-8。

例 CJX—250—0.33— $\pm 10\%$ 电容器

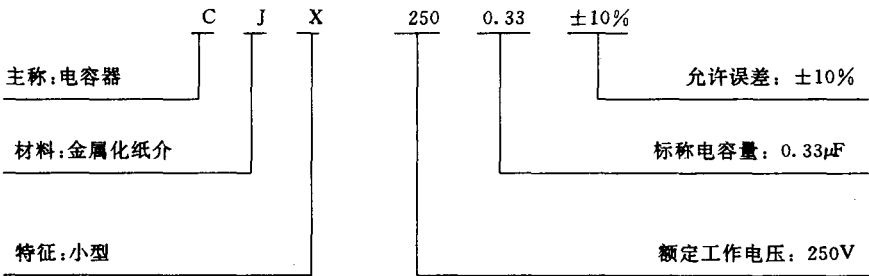


表 1-2-8 电容器型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表示主称		用字母表示材料		用字母表示特征		用字母或数字表示序号
符 号	意 义	符 号	意 义	符 号	意 义	包括品种、尺寸代号、温度特性、直流工作电压、标称值、允许误差、标准代号
C	电容器	C	瓷介	T	铁电	
		I	玻璃釉	W	微调	
		O	玻璃膜	J	金属化	
		Y	云母	X	小型	
		V	云母纸	S	独石	
		Z	纸介	D	低压	
		J	金属化纸	M	密封	
		B	聚苯乙烯	Y	高压	
		F	聚四氟乙烯	C	穿心式	
		L	涤纶(聚酯)			
		S	聚碳酸酯			
		O	漆膜			
		H	纸膜复合			
		D	铝电解			
		A	钽电解			
		G	金属电解			
		N	铌电解			
		T	钛电解			
		M	压敏			
		E	其他材料电解			

三、电容器的主要性能指标

(1) 电容量: 电容量是指电容器加上电压后, 贮存电荷的能力。常用单位是: 法(F)、微法

(μF)和皮法(pF)。皮法也称微微法。三者的关系为:

$$1\text{pF}=10^{-6}\mu\text{F}=10^{-12}\text{F}$$

一般,电容器上都直接写出其容量。也有的则是用数字来标志容量的。如有的电容上只标出“332”三位数值,左起两位数字给出电容量的第一、二位数字,而第三位数字则表示附加上零的个数,以 pF 为单位,因此“332”即表示该电容的电容量为 3300pF。

(2)标称电容量:标称电容量是标志在电容器上的“名义”电容量。我国固定式电容器标称电容量系列为 E24、E12、E6。电解电容的标称容量参考系列为 1,1.5,1.2,3.3,4.7,6.8 (以 μF 为单位)。

(3)允许误差:允许误差是实际电容量对于标称电容量的最大允许偏差范围。固定电容器的允许误差分 8 级,如表 1-2-9 所示。

表 1-2-9 允许误差等级

级别	01	02	I	II	III	IV	V	VI
允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$+20\% \sim -30\%$	$+50\% \sim -20\%$	$+100\% \sim -10\%$

(4)额定工作电压:额定工作电压是电容器在规定的工作温度范围内,长期、可靠地工作所能承受的最高电压。常用固定式电容器的直流工作电压系列为:

6.3V,10V,16V,25V,35V,50V,68V,100V,160V,250V 和 400V。

(5)绝缘电阻:绝缘电阻是加在其上的直流电压与通过它的漏电流的比值。绝缘电阻一般在 $5000\text{M}\Omega$ 以上,优质电容器可达 $\text{T}\Omega(10^{12}\Omega)$,称为太欧级。

(6)介质损耗:理想的电容器应没有能量损耗。但实际上电容器在电场的作用下,总有一部分电能转换成为热能,所损耗的能量称为电容器的损耗,它包括金属极板的损耗和介质损耗两部分,小功率电容器主要是介质损耗。

所谓介质损耗,是指介质缓慢极化和介质电导所引起的损耗。通常用损耗功率和电容器的无功功率之比,即损耗角的正切值来表示:

$$\tan\delta = \frac{\text{损耗功率}}{\text{无功功率}}$$

在同容量,同工作条件下,损耗角越大,电容器的损耗也越大。损耗角大的电容不适于高频情况下工作。

四、电容器的选用

对电路中一个电容器元件的选用应考虑以下几个因素。

(1)耐压选择。电容器的耐压是一个很重要的参数,在选用电容器时,元件的耐压一定要高于实际电路中的工作电压,尤其值得注意的是在电子电路中要考虑到可能产生的高压。

(2)电容量的选择。对于一定的电子电路,电容量是根据某些性能指标确定的。在确定电容的容量时要根据标称系列来选择。如果在标称系列找不到该电容器容量的数值,可以通过串并联的方法解决或者通过修改设计方案中其他参数加以解决。在更换电子电路中的电容器时最好选用原参数的电容器,性能指标优于原电路电容器的电容器。