

电子电路实验 与课程设计

钱培怡 杨柏林 编

地震出版社

电子电路实验与课程设计

钱培怡 杨柏林 编

地震出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子电路实验与课程设计/钱培怡,杨柏林编.北京:地震出版社,2002.6

ISBN 7-5028-2090-6

I. 电… II. ①钱… ②杨… III. 电子电路-实验-高等学校-教学参考资料
IV. TN710-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 036146 号

电子电路实验与课程设计

钱培怡 杨柏林 编

责任编辑:彭娅玲

责任校对:王花芝

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路9号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:68423031

门市部:68467991

传真:68467972

总编室:68462709 68423029

传真:68467972

E-mail: seis@ht.rol.cn.net

经销:全国各地新华书店

印刷:北京工大印刷厂

版(印)次:2002年6月第一版 2002年6月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:400千字

印张:15.625

印数:0001—2400

书号:ISBN 7-5028-2090-6/TM·2 (2646)

定价:19.80元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

前 言

《电子电路实验与课程设计》是根据国家教委《高等院校电子电路课程基本要求及总说明》的要求,结合目前国内各类院校电子电路教学实际,为了加强实践性教学,培养学生分析问题、解决问题与实际操作能力编写而成的。本书内容包括常用元器件的识别与简单测试、电路实验、模拟电子技术实验、数字电子技术实验、课程设计 5 部分,从电子学应用的基础入门到各类中、小规格集成电路的设计,共 34 个实验项目,一个综合性电子技术课程设计。每个实验都有实验目的、预习要求、原理简述、实验设备、实验内容与步骤、注意事项、实验总结等内容,目的是养成学生良好的实验报告习惯。为了提高学生分析问题和解决问题的能力,在设计性实验中,只给出设计题目和要求的技术数据,让学生自行查阅资料,以便提高其设计能力。在综合实验项目选题时,注重与实际应用相结合,力求达到提高学生的电工电子技术的实践能力。

《电子电路实验与课程设计》的配套设备是目前国内最先进的教学设备,该书能方便各类院校使用本实验教材进行实验教学。

参加本书编写的有钱培怡(主要负责第一、三、四、五章及附录部分的编写)、杨柏林(主要负责第二章的编写)。在编写过程中,参阅了有关《电路》、《模拟电子技术基础》、《数字电子技术基础》课程教材及其他同类院校的同类实验指导书。于德泳教授在百忙中主审了全部书稿,并提出许多宝贵意见,在此,表示深切的谢意。

由于水平有限,书中难免有缺点、错误,恳请读者批评指正。

作 者

2002.5.

目 录

概述	1
一、电子电路实验须知	1
二、实验安全用电规则	2
第一章 常用元器件的识别与简单测试	3
一、电阻器、电容器、电感器的识别与简单测试	3
二、半导体二极管、三极管的识别与简单测试	11
三、集成电路的识别	17
第二章 电路实验	20
一、电路基本定理的验证	20
二、受控源特性的研究	24
三、常用电子仪器的使用	29
四、简单 RC 电路的过渡过程	31
五、二阶电路的过渡过程	36
六、交流电路参数的测定	39
七、功率因数的提高	45
八、RLC 串联谐振电路	48
九、互感电路	51
十、三相电路的研究	54
十一、双口网络实验	59
十二、负阻抗变换器	62
第三章 模拟电子技术实验	66
一、半导体器件测试	66
二、单级交流放大器(一)	72
三、单级交流放大器(二)	75
四、差动放大器	78
五、负反馈放大电路	81
六、集成运算放大器的基本运算电路	86
七、比较器、方波—三角波发生器	91
八、RC 正弦波振荡器	94
九、OCL 功率放大电路	97
十、整流、滤波和稳压	100
十一、设计性实验	107
十二、综合设计实验:光电报警器	110

第四章 数字电子技术实验	112
一、基本逻辑门测试及应用	112
二、加法器及译码显示电路	119
三、数据选择器及应用	127
四、触发器及其应用	135
五、移位寄存器	142
六、计数器	145
七、555 定时器及应用	151
八、综合实验—计数、译码、控制及显示	156
九、通用阵列逻辑 GAL 的编程和功能模拟	163
十、D/A 与 A/D 转换器	167
第五章 课程设计	174
一、总体方案的选择	174
二、单元电路的设计	175
三、总体电路图的画法	175
四、元器件的选择	176
五、计算参数	176
六、审图	177
七、实验	177
八、课程设计实例	178
附录 实验装置简介	190
附录一 SAC—DGI—1 型电工技术实验装置简介	190
附录二 VP—5220D 示波器简介	199
附录三 DL4210 立体声示波器简介	212
附录四 SR071B 二踪示波器简介	223
附录五 SAC—DS4 数字电路实验箱简介	234
附录六 GVT—417B 交流毫伏表简介	238
附录七 GFG—8216A 信号发生器简介	241

概 述

本书是按《电路》、《数字电子技术》、《模拟电子技术》课程对实验的要求而编写的。内容包括常用元器件的识别、电路、模拟电子技术、数字电子技术、课程设计 5 部分,共 34 个实验项目。有关仪器、仪表的使用说明等内容编在附录中。在按本书实验项目进行实验前,建议读者参阅《电路》、《数字电子技术基础》、《模拟电子技术基础》教材进行预习。

实验是电子、电路等课程重要的实践教学环节,实验的目的不仅要巩固和加深理解所学理论知识,更重要的是要训练学生实验技能,提高操作能力,树立工程实际观点和严谨的科学作风。电子电路实验须知与实验安全用电规则,请师生们在实验课前认真阅读,自觉遵守、互相监督,发扬实事求是的良好作风。

一、电子电路实验须知

(一)对指导教师要求

- (1) 指导教师在每次实验前,要到实验室做实验准备。并且核对实验时间,以免出现差错。
- (2) 任课教师根据教学计划的安排,在每次实验前,向学生布置本次实验课的内容及注意事项,要求学生提前做好预习和写出预习实验报告。
- (3) 为严肃实验教学的课堂纪律,对迟到 10 分钟以上、又无正当理由者,指导教师有权禁止其上实验课,所缺实验由学生自己负责。
- (4) 实验前,指导教师要按《学生实验守则》要求,检查学生预习情况,不预习者不准上实验课。
- (5) 实验过程中,指导教师始终要用启发诱导方式指导实验课,以培养学生独立观察、思考、分析问题的能力,克服“抱着走”现象。
- (6) 每项实验结束时,指导教师要认真检查实验数据、曲线等参量,凡不合格者要求重做,在确认无误后,方可结束实验。
- (7) 每次实验课后,指导教师按实验指导书要求,认真批改实验报告,严格要求,提出错误所在,对完成草率或抄袭者提出批评,问题严重者要求重做。
- (8) 每次实验课后,指导教师要根据学生预习、实验中的表现和实验报告的完成情况给出平时成绩。

(二)对学生要求

- (1) 实验课按《实验教学管理细则》规定,要施行考试或考核制度。成绩评定方法,可在电子、电路课期末考试中,实验出题占有 5%~20%,或者实验综合评定,其分数按一定比例记入总分。
- (2) 每位学生必须按规定完成实验课,因故不能参加实验者,应课前向指导教师请假。对所缺实验要在期末电子、电路课程考试规定时间内补齐,缺实验者不得参加电子、电路课程的期末考试。

(3)每次实验课前,必须做好预习,弄清实验题目、目的、内容、步骤和操作过程及记录参数等,并写出实验预习报告,在实验前摆在实验桌上,由指导教师检查,并接受指导教师的提问,对不写预习报告、又回答不出问题者,不准做实验。

(4)每次实验课前,学生必须提前 5~3 分钟进入实验室,找好坐位,检查所需实验设备,做好实验前的准备工作。

(5)做实验前,首先要确定好实验电路所需电源的性质、极性、大小、测试仪表的量程等,了解实验设备的铭牌数据,以免出现错误和损坏设备。

(6)实验室内的设备不准任意搬动和调换,非本次实验所用的仪器设备,未经指导教师允许不得动用。

(7)要注意测试仪表和设备的正确使用方法。每次实验前,根据实验中所使用的设备情况,了解设备的原理和使用方法。在没有弄懂仪器设备的使用方法前,不得贸然使用,否则后果自负。

(8)要求每位学生在实验过程中,具有严谨的学习态度,认真、踏实和一丝不苟的科学作风,每次实验都亲自动手,不可“坐车”。实验小组内要轮流接线、操作和记录,无特殊原因,不得中途退出实验,否则本次实验无效。

(9)实验过程中如出现事故,要马上拉开电源开关,然后找指导教师和实验技术人员,如实反映事故情况,并分析原因和处理事故。如仪表和设备有损坏的,应马上提出,按有关规定处理。实验室要保持安静、整洁。

(10)每次实验结束,实验数据和结果一定要经指导教师检查,确认正确无误后方可拆线,整理好实验台,搞好周围卫生,填写实验登记簿,然后离开实验室。

(11)实验课后,每位学生必须按实验指导书的要求,独立编写实验报告,不得抄袭或借用他人的实验数据,实验报告在下次实验时交给指导教师,以供批阅。

二、实验安全用电规则

安全用电是实验中始终需要注意的重要的事项。为了做好实验,确保人身和设备的安全,在做电子电路实验时,必须严格遵守下列安全用电规则:

(1)实验中的接线、改接、拆线都必须在切断电源的情况下进行(包括安全电压),线路连接完毕再送电,断电再拆线。

(2)在电路通电情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线和连接点带电部位。万一遇到触电事故,应立即切断电源,保证人身安全。

(3)实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现有超量程、过热、异味、冒烟、火花等情况,应立即断电,并请指导教师检查。

(4)实验时应精力集中,同组者必须密切配合,接通电源前必须通知同组同学,以防止触电事故。

(5)了解有关电器设备的规格、性能及使用方法,严格按照要求操作,注意仪表仪器的种类、量程和连接方法,保证设备安全。

由于各校实验设备不尽相同,可根据教学要求自行选择。

本书适用于各类大专院校进行电子电路实验及电子技术课程设计的教学及师生参考。

第一章 常用元器件的识别与简单测试

任何电子电路都是由元、器件组成的,而常用的主要元器件是电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、集成电路等)。为了能正确地选择和使用这些元器件,就必须掌握它们的性能、结构与规格等有关知识。

一、电阻器、电容器、电感器的识别与简单测试

(一)电阻器和电位器

1. 电阻器

电阻器是电路元件中应用最广泛的一种,在电子设备中约占元件总数的 30% 以上,其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。电阻器主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还可作为分流器、分压器和消耗电能的负载等。

电阻器主要分为薄膜电阻和线绕电阻两大类。薄膜电阻又可分为碳膜电阻和金属膜电阻两类。其中金属膜电阻应用较为普遍。块金属膜电阻的精度可达 0.001%,是当前最精密的电阻器之一。

常用电阻器的外形和符号如图 1.1(a)、(b)所示。

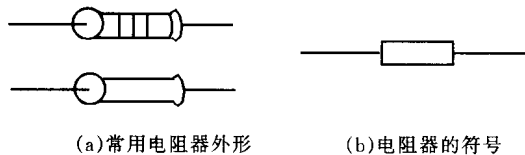


图 1.1 常用电阻器外形及符号

2. 电位器

电位器是一种具有三个接头的可变电阻器。其阻值可在一定范围内连续可调。

电位器的分类有以下几种:

按电阻体材料分,可分为薄膜和线绕两种。薄膜又可分为 WIX 型小型碳膜电位器, WIH 型合成碳膜电位器, WS 型有机实芯电位器, WHJ 型精密合成膜电位器和 WHD 型多圈合成膜电位器等。线绕电位器的代号为 WX 型。一般线绕电位器的误差不大于 $\pm 10\%$, 非线绕电位器的误差不大于 $\pm 2\%$, 其阻值、误差和型号均标在电位器上。

按调节机构的运动方式分,有旋转式、直滑式。

按结构分,可分为单联、多联、带开关、不带开关等;开关形式又有旋转式、推拉式、按键式等。

按用途分,可分为普通电位器、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,又可分为线性和非线性电位器,如图 1.2 所示。

它们的特点分别为:

X 式(直线式):常用于示波器的聚焦电位器和万用表的调零电位器,其线性精度大致分为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.3\%$ 、 $\pm 0.1\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 等几种。

D 式(对数式):常用于电视机的黑白对比度调节电位器,其特点是,先粗调后细调。

Z 式(指数式):常用于收音机的音量调节电位器,其特点是,先细调后粗调。

所有 X、D、Z 字母符号一般印在电位器上,使用时应注意。

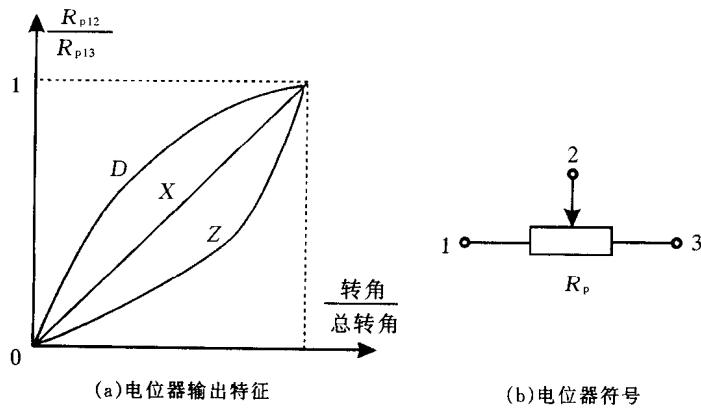


图 1.2 按输出特性函数关系分类的电位器

3. 电阻器和电位器的型号命名法

电阻器及电位器的型号命名方法一般由四部分组成,其表示方法及意义详见表 1.1。

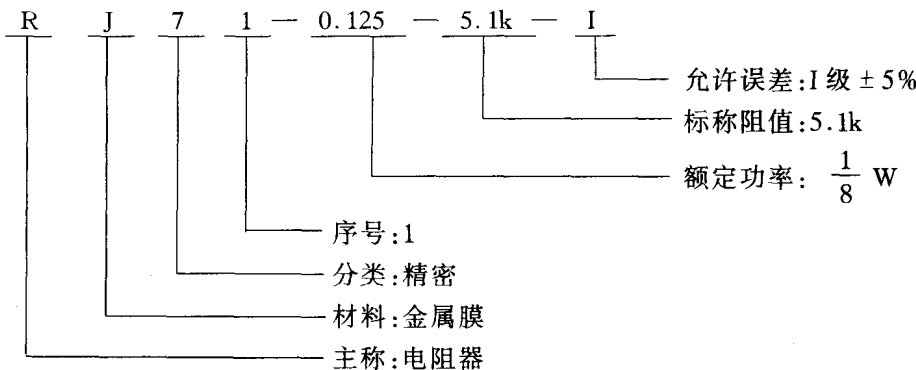
表 1.1 电阻器和电位器的型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表为主称		用字母表示材料		用数字或字母表示特征		用数字表示符号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	包括: 额定功率 阻值 允许误差 精度等级
R	电阻器	T	碳膜	1,2	普通	
W	电位器	P	硼碳膜	3	起高频	
		U	硅碳膜	4	高阻	
		C	沉积膜	5	高温	
		H	合成膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	电阻器—高压 电位器—特殊函数	
		J	金属膜(箔)			
		Y	氧化膜	9	特殊	
		S	有机实芯	G	高功率	
		N	无机实芯	T	可调	
		X	线绕	X	小型	
		R	热敏	L	测量用	
		G	光敏	W	微调	
		M	压敏	D	多圈	

阻值标记:一般 1 欧以下的电阻,在阻值数字后面要加“ Ω ”的符号,如 0.5Ω ;1000 欧以下的电阻,可以只写数字不写单位,如 6.8Ω 可写成 6.8, 200Ω 可写成 200;1000 欧~1 兆欧,以千为

单位,符号是“k”,如 6800Ω 可写成 $6.8k$;1 兆欧姆以上,以兆欧为单位,符号是“M”,如 $1M\Omega$ 可写成 $1M$ 。

标记举例:RJ71—0.125—5.1k—I 型电阻器



由此可见,这是精密金属膜电阻器,其额定功率为 $\frac{1}{8}$ W,标称电阻值为 $5.1k\Omega$,允许误差为 $\pm 5\%$ 。

4. 线性电阻器和电位器的主要性能指标

(1) 额定功率:电阻器的额定功率是在规定的环境温度和湿度下,假定周围空气不流通,在长期连续负载而不损坏或基本不改变性能的情况下,电阻器上允许消耗的最大功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值将发生变化,甚至发热烧毁,为保证安全使用,一般选其额定功率比它在电路中消耗的功率高 1~2 倍。

额定功率分 19 个等级,常用的有 $\frac{1}{20}$ W、 $\frac{1}{8}$ W、 $\frac{1}{4}$ W、 $\frac{1}{2}$ W、1W、2W、3W、5W…。在电路图中,非线绕电阻器额定功率的符号表示法如图 1.3 所示。

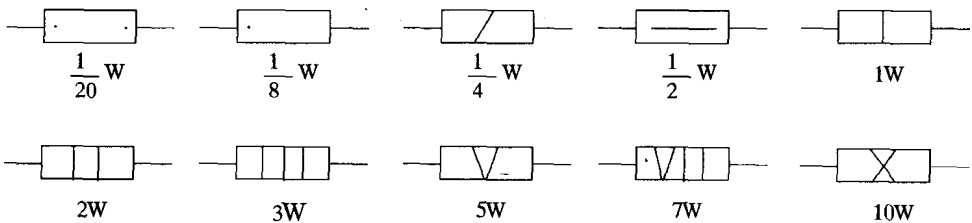


图 1.3 额定功率的符号表示法

实际中应用较多的有 $\frac{1}{4}$ W、 $\frac{1}{2}$ W、1W、2W。线绕电位器应用较多的有 2W、3W、5W、10W 等。

(2) 标称阻值:标准化了的电阻值称为标称阻值。标称阻值组成的系列称为标准系列。标称阻值是产品标志的“名义”阻值,其单位为欧(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。标称阻值系列如表 1.2 所示。

任何固定电阻器的阻值都应符合表 1.2 所列数值乘以 $10^n \Omega$,其中 n 为正整数或负整数。

表 1.2 标称阻值

单位: $\times 10^3 \Omega$

允许误差	系列代号	标称阻值系列											
$\pm 5\%$	E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	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
$\pm 10\%$	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
$\pm 20\%$	E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						

(3) 允许误差: 允许误差是指电阻器和电位器实际阻值对于标称阻值的最大允许偏差范围, 它表示产品的精度。允许误差等级如表 1.3 所示。线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 10\%$, 非线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 20\%$ 。

表 1.3 电阻器允许误差等级

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

电阻器的阻值和误差, 一般都用数字标印在电阻器上, 但对于实芯碳膜电阻器和微型电阻器, 则用画在其首部的色环来表示。如图 1.4 所示。对于靠近一端有四道色环的电阻器, 色环的意义分别是: 第一、二色环表示阻值的第一、二位有效数字; 第三色环表示二位数后零的个数; 第四色环表示阻值的允许误差。而对于靠近一端有五环的电阻器, 色环的意义分别是: 第一、二、三色环表示阻值的第一、二、三位有效数字; 第四色环表示三位数后零的个数; 第五色环表示阻值的允许误差, 各种颜色代表的意义如表 1.4 所示。

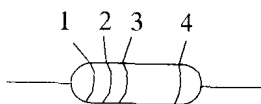


图 1.4 阻值和误差的色环标记

表 1.4 电阻器色环颜色表

数 值	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	底色
代表数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
误差											$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

例如: 一个电阻其色环第一、二、三、四色环分别为绿、黑、橙、金色, 则该电阻的阻值和误差分别为:

$$R = 50 \times 1000 = 50\text{k}\Omega, \text{误差为 } \pm 5\%。$$

即表示该电阻的阻值和误差是: $50\text{k}\Omega \pm 5\%$ 。

(4) 最高工作电压: 最高工作电压是由电阻器、电位器最大电流密度、电阻体击穿及其结构等因素所规定的工作电压限度。对阻值较大的电阻器, 当工作电压过高时, 虽功率不超过规定值, 但内部会发生电弧火花放电, 导致电阻变质损坏。一般 $\frac{1}{8}\text{W}$ 碳膜电阻器或金属膜电阻器, 最高工作电压分别不能超过 150V 或 200V。

5. 电阻器的简单测试

测量电阻的方法很多, 可用欧姆表、电阻电桥和数字欧姆表直接测量, 也可根据欧姆定律

$R = U/I$, 通过测量流过电阻的电流 I 及电阻上的压降 U 来间接测量电阻值。

当测量精度要求较高时,我们采用电阻电桥来测量电阻。电阻电桥有单臂电桥(惠斯登电桥)和双臂电桥(凯尔文电桥)两种。这里不作详细介绍。

当测量精度要求不高时,可直接用欧姆表测量电阻。现以 MF—10 型万用表为例,介绍测量电阻的方法。首先将万用表的功能选择波段开关置 Ω 挡,量程波段开关置合适挡。将两根测试笔短接,表头指针应在 Ω 刻度线零点,若不在零点,则要调节“ Ω ”旋钮(零欧姆调整电位器)回零。调回零后即可把被测电阻串接于两根测试笔之间,此时表头指针偏转,待稳定后可从 Ω 刻度线上直接读出所示数值,再乘上事先所选择的量程,即可得到被测电阻的阻值。当另换一量程时,必须再次短接两测试笔,重新调零。每换一量程挡,都必须调零一次。

特别要指出的是,在测量电阻时,不能用双手同时捏住电阻或测试笔,因为那样的话,人体电阻将会与被测电阻并联在一起,表头上指示的数值就不单纯是被测电阻的阻值了。

(二) 电容器

1. 电容器的分类

电容器是一种储能元件。在电路中用于调谐、滤波、耦合、旁路和能量转换等。电容器的符号表示如图 1.5 所示。

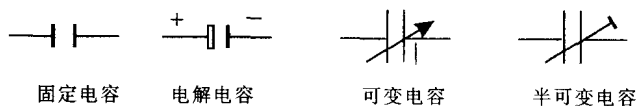


图 1.5 几种电容器的符号

电容器的种类如下:

(1) 按其结构,可分为以下三种:

① 固定电容器: 电容量是固定不可调的,称之为固定电容器。

② 半可变电容器(微调电容器): 电容器容量可在小范围内变化,其可变容量为十几至几十皮法,最高达 100pF(以陶瓷为介质时),适用于整机调整后电容量不需经常改变的场合,常以空气、云母或陶瓷作为介质。

③ 可变电容器: 电容器容量可在一定范围内连续变化。常有“单联”、“双联”之分,它们由若干片形状相同的金属片并接成一组定片和一级动片,动片可以通过转轴转动,以改变动片插入定片的面积,从而改变电容量。一般以空气作介质,也有用有机薄膜作介质的。

(2) 按电容器介质材料,可分为以下几种:

① 电解电容器: 以铝、钽、铌、钛等金属氧化膜作介质的电容器。应用最广的是铝电解电容器。它容量大、体积小、耐压高(但耐压越高,体积也就越大)一般在 500V 以下。常用于交流旁路滤波。缺点是容量误差大,且随频率而变动,绝缘电阻低。电解电容有正、负极之分(外壳为负端,另一接头为正端)。一般电容器外壳上都标有“+”、“-”记号,如无标记则引线长的为“+”端,引线短的为“-”端,使用时必须注意不要接反,若接反,电解作用会反向进行,氧化膜很快变薄,漏电流急剧增加,如果所加的直流电压过大,则电容器很快发热,甚至会引起爆炸。

由于铝电解电容具有不少缺点,在要求较高的地方常用钽、铌或钛电容。它们比铝电解电容的漏电流小、体积小,但成本高。

② 云母电容器: 以云母片作介质的电容器。其特点是高频性能稳定、损耗小、漏电流小、耐

压高(几百伏至几千伏),但容量小(几十皮法至几万皮法)。

③瓷介电容器:以高介电常数、低损耗的陶瓷材料为介质,故体积小、损耗小、温度系数小,可工作在超高频范围,但耐压较低(一般为 60~70V),容量较小(一般为 1~1000pF)。为克服容量小的缺点,现在采用了铁电陶瓷和独石电容。它们的容量分别可达 680pF~0.047 μ F 和 0.01 μ F 至几微法,但其温度系数大、损耗大、容量误差大。

④玻璃釉电容:以玻璃釉作介质,它具有瓷介电容的优点,且体积比同容量的瓷介电容小。其容量范围为 4.7pF~4 μ F。另外,其介电常数在很宽的频率范围内保持不变,还可到 125℃ 高温下。

⑤纸介电容器:纸介电容器的电极用铝箔或锡箔做成,绝缘介质是浸蜡的纸,相叠后卷成圆柱体,外包防潮物质,有时外壳采用密封的铁壳以提高防潮性。大容量的电容器常在铁壳里灌满电容器油或变压器油,以提高耐压强度,被称为油浸纸介电容器。

纸介电容器的优点是在一定体积内可以得到较大的电容量,且结构简单,价格低廉。但介质损耗大,稳定性不高。主要用于低频电路的旁路和隔直电容。其容量一般为 100pF~10 μ F。

新发展的纸介电容器用蒸发的方法使金属附着于纸上作为电极,因此体积大大缩小,称为金属化纸介电容器,其性能与纸介电容器相仿。但它有一个最大特点是,被高电压击穿后,有自愈作用,即电压恢复正常后仍能工作。

⑥有机薄膜电容器:用聚苯乙烯、聚四氟乙烯或涤纶等有机薄膜代替纸介质,做成的各种电容器。与纸介电容器相比,它的优点是体积小、耐压高、损耗小、绝缘电阻大、稳定性好,但温度系数大。

2. 电容器型号命名法

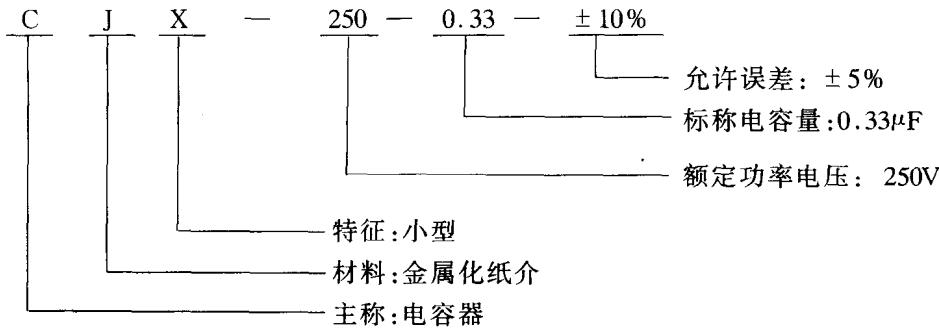
电容器的型号命名法见表 1.5。

表 1.5 电容器型号命名法

第一部分		第二部分		第三部分		第四部分
用字母表为主称		用字母表示材料		用字母表示特征		用字母或数字表示符号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	
C	电容器	C	瓷介	T	铁电	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
		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			
		Q	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			

通常在容量小于1万 pF 的时候用 pF 做单位,大于1万 pF 的时候,用 μF 做单位。为了方便起见,大于100pF 而小于 $1\mu\text{F}$ 的电容器常常不注单位。没有小数点的,它的单位是 pF,有小数点的,其单位是 μF 。例如:3300 就是 3300pF,0.1 就是 $0.1\mu\text{F}$ 等。

标记举例:CJX—250—0.33— $\pm 10\%$ 电容器



由此可见,这是金属化纸介电容器,其额定工作电压为 250V,标称电容量 $0.33\mu\text{F}$,允许误差为 $\pm 10\%$ 。

3. 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、2.2、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。电容器的准确度的允许偏差直接以允许偏差的百分数表示。常用固定电容的允许误差分 8 级,如表 1.6 所示。

表 1.6 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) 电容器的耐压: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大直流电压,也叫电容的直流工作电压。如果在交流电路中,要注意所加的交流电压最大值不能超过电容的直流工作电压。常用固定式电容器的直流工作电压系列为 6.3V、10V、16V、25V、40V、63V、100V、160V、250V 和 400V。

(5) 电容的绝缘电阻:由于电容两极板之间的介质不是绝对的绝缘体,它的电阻不是无穷

大,而是一个有限大的数值,绝缘电阻即是加大电容两极板上的直流电压与通过它的漏电流的比值,也叫漏电阻。绝缘电阻越小,漏电越严重。电容漏电会引起能量损耗,这不仅影响电容的寿命,而且会影响电路的正常工作,因此绝缘电阻越大越好。绝缘电阻一般应在 $5000\text{M}\Omega$ 以上,优质电容器可达 $\text{T}\Omega(10^{12}\Omega, \text{称为太欧})$ 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。

4. 电容器质量优劣的简单测试

一般,我们利用万用表的欧姆挡就可以简单地测量出电解电容器的优劣情况,粗略地辨别其漏电、容量衰减和失效的情况。具体方法是:选用“ $R \times 1\text{k}$ ”或“ $R \times 100$ ”挡,将黑表笔接电容器的正极,红表笔接电容器的负极,若表针摆动大,且返回慢,返回位置接近 ∞ ,说明该电容器正常,且电容量大;若表针摆动虽大,但返回时,表针显示的 Ω 值较小,说明该电容漏电流较小;若表针摆动很大,接近于 0Ω ,且不返回,说明该电容器已击穿;若表针不摆动,则说明该电容器已开路,失效。

该方法也适用于辨别其他类型的电容器。但如果电容器容量较小时,应选择万用表的“ $R \times 10\text{k}$ ”挡测量。另外,如果需要对电容器再一次测量时,必须将其放电后方能进行。如果要求更精确的测量,还可以用交流电桥和 Q 表(谐振法)来测量,这里不作介绍。

(三) 电感器

1. 电感器

(1) 电感器的分类。

电感器一般由线圈构成。为了增加电感量 L ,提高品质因素 Q 和减小体积,通常在线圈中加入软磁性材料的磁芯。

根据电感器的电感量是否可调,电感器分为固定、可变和微调电感器。

可变电感器的电感量可利用磁芯在线圈内移动而在较大的范围内调节。它与固定电容器配合使用于谐振电路中起调谐作用。

微调电感器可以满足整机调试的需要和补偿电感器生产中的分散性,一次调好后,一般不再变动。

根据电感器的结构可分为带磁芯、铁芯和磁芯有间隙的电感器等,它们的符号如图 1.6 所示。

除此之外,还有一些小型电感器,如色码电感器、平面电感器和集成电感器,可满足电子设备小型化的需要。

(2) 电感器的主要性能指标。

① 电感量 L :电感量是指电感器通过变化电流时产生感应电动势的能力。其大小与磁导率 μ 、线圈单位长度中的匝数 N 以及体积有关。当线圈的长度远大于直径时,电感量:

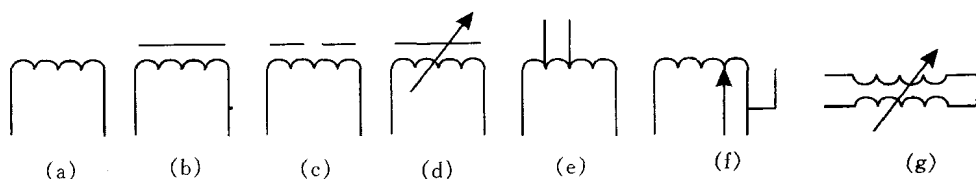


图 1.6 电感器的符号

(a)电感器线圈；(b)带磁芯、铁芯的电感器；(c)磁芯有间隙电感器；(d)带磁芯连续可调电感器
(e)有抽头电感器；(f)步进移动触点的可变电感器；(g)可变电感器

$$L = \mu N^2 V$$

电感量的常用单位为 H(亨利)、mH(毫亨)、 μ H(微亨)。

②品质因数 Q : 品质因数 Q 反映电感器传输能量的本领。 Q 值越大, 传输能量的本领越大, 即损耗越小。一般要求 $Q = 50 \sim 300$ 。

$$Q = \frac{\omega L}{R}$$

式中: ω ——工作角频率;

L ——线圈电感量;

R ——线圈电阻。

③额定电流: 额定电流主要对高频电感器和大功率调谐电感器而言。通过电感器的电流超过额定值时, 电感器将发热, 严重时烧坏。

2. 电感器的简单测试

测量电感的方法与测量电容的方法相似, 也可以用电桥法、谐振回路法来测量。常用测量电感的电桥有海氏电桥和麦克斯韦电桥。这里不作详细介绍。

二、半导体二极管、三极管的识别与简单测试

半导体二极管和三极管是组成分立元件电子电路的核心器件。二极管具有单向导电性, 可用于整流、检波、稳压、混频电路中。三极管对信号具有放大作用和开关作用。它们的管壳上都印有规格和型号。其型号命名法见表 1.7。

例如:

NPN 型高频小功率硅管

