



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电子实训技术

王 锦 主 编
王和平 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
职业教育电力技术类专业教学用书

电子实训技术

主 编 王 锦
副主编 王和平
编 写 钟西炎 马 娟
主 审 朱 琮 刘立平



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

全书分为三篇。第一篇为电子电路基础知识,包括常用电子元器件、放大电路基础、集成运算放大器及负反馈技术、波形产生电路、直流稳压电源、数字电路基础、集成门电路和组合逻辑电路、集成触发器和时序逻辑电路、D/A 和 A/D 转换器等。第二篇为基本技能训练,包括模拟电子实验和数字电子实验共 19 个。第三篇为工程实践实训,介绍电子电路的工艺流程(实例 4 个)、电子电路的设计(模拟和数字实训课题各 8 个)、EDA 仿真(实例 9 个)。

本书主要作为高职高专实训教材,也可作为从事电工电子技术方面工作的工程技术人员及自学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子实训技术/王锦主编. —北京:中国电力出版社, 2006

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

ISBN 7-5083-3671-2

I. 电... II. 王... III. 电子技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 124490 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 486 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.90 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

本书为教育部职业教育与成人教育司推荐教材,是根据教育部审定的电力技术类专业主干课程的教学大纲编写而成的,并列入教育部《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》。本书经中国电力教育协会和中国电力出版社组织专家评审,同意列为全国电力高等职业教育规划教材,作为高等职业教育电力技术类专业教学用书。

本书体现了职业教育的性质、任务和培养目标;符合职业教育的课程教学基本要求和有关岗位资格和技术等级要求;具有思想性、科学性、适合国情的先进性和教学适应性;符合职业教育的特点和规律,具有明显的职业教育特色;符合国家有关部门颁发的技术质量标准。本书既可以作为学历教育教学用书,也可作为职业资格和岗位技能培训教材。

本书是按照最新的高职高专教学要求来编写的,旨在培养具有一定理论水平、有较强实际技能的职业性人才。在理论知识够用的基础上,注重学生工程能力、实践能力的培养,训练学生的多项思维能力、创新能力、实际动手能力和计算机辅助设计能力等。

本书是一本很实用的电子技术教材,它采用模块化教学方式,分为基础知识、基本技能训练和工程实践实训三个教学模块。各模块的内容和特点为:

基础知识部分主要介绍电子技术的基本理论知识,阐述了基本概念、基本分析方法和各种电路工作原理和电子器件、电路的实际应用。在内容编排上,以电路的实际应用为主线,将理论内容有机地整合,增加了电阻器、电容器等常用电子器件的使用,体现了够用为度,但还在一定程度上保持了知识的连贯性,力求深入浅出、重点突出。在介绍半导体器件和集成器件时,删除了复杂繁琐的定量分析,采用定性分析来获得基础知识,将重点放在集成器件的功能理解和使用方法上,并给出相应的应用实例。同时也简要介绍了一些电子技术的发展动向。为了便于学生学习和理解所学知识,基础知识部分的每章均附一定的思考题。

基本技能训练部分,以分立元件和小规模 IC 实验训练为引导,注重中大规模 IC 功能的验证和使用方法。通过验证性基础实验训练,让学生基本熟悉和掌握电子电路的安装、调试和测量方法,熟练掌握常用测量仪表的使用。

工程实践实训部分将面向工程实际,较为详细地介绍电子产品开发的工艺流程、电子电路的设计、最新 EDA 软件 Multisim 7,并附有实训课题和实例,由易到难,以便实训教学的选用。

各教学模块既相对独立,又相互联系,可根据实际教学情况选择内容,以课程教学的方式实施教学,也可以实习方式进行。

全书共分 14 章,第 1、2、12 章及附录 1、2 由西安电力高等专科学校马娟编写,第 4、5、6、10 章由西安电力高等专科学校钟西炎编写,第 7、8、9、11 章由山西电力职业技术学院王和平编写,其余各章节由王锦编写。全书由王锦主编并统稿,由朱琼、刘立平审稿。

由于编者水平和实践经验有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编者

目 录

前 言

第一篇 基 础 知 识

第 1 章 常用电子元器件	1
1.1 电阻器和电位器	1
1.2 电容器	6
1.3 半导体二极管	10
1.4 半导体三极管	15
1.5 场效应管	19
1.6 晶闸管	21
思考题	23
第 2 章 放大电路基础	25
2.1 放大电路的主要性能指标及分析方法	25
2.2 三种基本组态放大电路性能分析	29
2.3 差分放大电路	33
2.4 功率放大电路	34
2.5 多级放大电路	39
思考题	40
第 3 章 集成运算放大器及负反馈技术	42
3.1 集成运算放大器	42
3.2 放大电路中的负反馈	59
思考题	64
第 4 章 波形产生电路	66
4.1 正弦波振荡电路	66
4.2 非正弦波产生电路	71
思考题	77
第 5 章 直流稳压电源	78
5.1 整流滤波电路	78
5.2 单相可控整流电路	81
5.3 稳压电路	84
5.4 集成稳压器	85
思考题	91

第 6 章 数字逻辑基础	93
6.1 概 述	93
6.2 数制与编码	94
6.3 基本逻辑门	96
6.4 逻辑代数	100
思考题	103
第 7 章 集成逻辑门电路与组合逻辑电路	105
7.1 TTL 集成逻辑门电路	105
7.2 CMOS 集成电路	110
7.3 组合逻辑电路	112
思考题	122
第 8 章 集成触发器和时序逻辑电路	124
8.1 集成触发器	124
8.2 集成计数器及其应用	127
8.3 集成移位寄存器及其应用	131
8.4 555 定时器及其应用	133
思考题	137
第 9 章 D/A 和 A/D 转换器	138
9.1 D/A 转换器 (DAC)	138
9.2 A/D 转换器 (ADC)	140
思考题	143

第二篇 基本技能训练

第 10 章 模拟电子技能训练	144
训练一 示波器的使用	144
训练二 二极管、三极管的性能测试	146
训练三 单管共发射极放大电路的测试	149
训练四 射极输出器	151
训练五 差动放大器的测试	152
训练六 集成功率放大器的应用	154
训练七 集成运算放大器及其基本运算电路的安装、测试	155
训练八 集成运放多级负反馈放大电路的调整与测试	159
训练九 集成运放的非线性应用及波形产生电路的安装与测试	160
训练十 RC 桥式振荡器的安装、调试	163
训练十一 集成直流稳压电源的调整与测试	164
第 11 章 数字电子技能训练	166
训练一 集成门电路参数与逻辑功能的测试	166
训练二 用集成逻辑门电路设计组合逻辑电路	168
训练三 用 MSI 实现多种逻辑功能	170

训练四 集成触发器及其应用	174
训练五 计数、译码和显示电路	175
训练六 移位寄存器的应用	176
训练七 555 定时器的应用	179
训练八 D/A 和 A/D 转换器	180

第三篇 工程实践实训

第 12 章 电子产品制作工艺	183
12.1 焊接工艺	183
12.2 印制电路板的设计及制作	191
12.3 电子产品的安装、调试和电路故障检查常用方法	193
12.4 电子产品制作实例	200
第 13 章 电子电路的设计	207
13.1 模拟电子电路的设计	207
13.2 小型数字系统的设计	212
13.3 电子电路的设计实训课题	218
13.4 电子电路的抗干扰问题	243
第 14 章 Multisim 7.0 在电子电路设计中的应用	248
14.1 概 述	248
14.2 Multisim 7 的基本操作	249
14.3 Multisim 7 的元器件库	261
14.4 虚拟仪表的使用	267
14.5 Multisim 分析方法	276
14.6 Multisim 7 仿真实例	280
附录 1 通用示波器和函数发生器	299
附录 2 常用集成器件管脚图	307
参考文献	310

常用电子元器件

1.1 电阻器和电位器

电阻器是电子电路中应用最广泛的电子元件之一，其种类繁多，根据电阻器的工作特性及其在电路中的作用可分为固定电阻器、可变电阻器和敏感电阻器三大类。电阻器的符号及外形如图 1-1 所示。

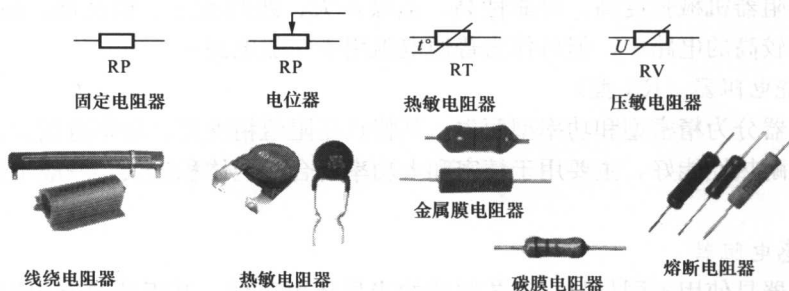


图 1-1 电阻器的符号及实物图

1.1.1 电阻器的命名和种类

一、电阻器的型号命名方法

根据国家标准 GB2480—1981《电子设备用电阻器、电容器型号命名方法》的规定，电阻器和电位器的型号由四部分组成，如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻器的主称、材料和分类符号意义

第一部分 主 称		第二部分 材 料		第三部分 分 类			第四部分 序 号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	备注	
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	普通	一般用数字表示产品的序号，以区分外形尺寸和性能指标
W	电位器	J	金属膜	2	普通	普通	
		Y	氧化膜	3	超高频		
		H	合成膜	4	高阻		
		C	沉积膜	5	高阻		
		S	有机实心	6			
		N	无机实心	7	精密	精密	
		X	线绕	8	高压	特种函数	
		I	玻璃釉膜	9	特殊	特殊	
				G	高功率		
				T	可调		
				W		微调	
				D		多圈	
				X		小型	

电阻器的实际阻值与标称阻值往往不相符，把电阻器的实际阻值与标称阻值之间的相对误差定义为电阻值的允许偏差，即

电阻值的偏差 = $\frac{\text{实际阻值} - \text{标称阻值}}{\text{标称阻值}} \times 100\%$

普通电阻器按误差大小分为三个等级：允许偏差为±5%为Ⅰ级，允许偏差为±10%为Ⅱ级，允许偏差为20%为Ⅲ级。

标志电阻器的阻值和允许偏差的常用方法有以下几种：

(一) 直标法

直标法是将电阻器的标称阻值和误差用数字或字母直接标注在电阻体上，用百分数直接标出允许偏差，如图1-2所示。

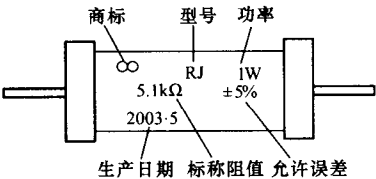


图 1-2 电阻器的直标法

(二) 文字符号法

文字符号法是将元件的标称阻值和允许误差用文字、数字符号组合起来标注在电阻器上。一般用文字符号表示阻值单位，即用 R 表示欧姆，用 k 表示千欧，用 M 表示兆欧；用阻值单位符号作为小数点的位置标志，如图 1-3 所示。允许偏差一般用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ表示。

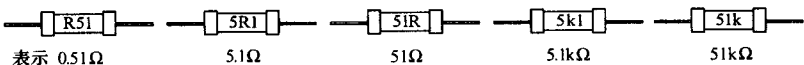


图 1-3 电阻器的文字符号法

(三) 色标法

色标法又称色环表示法，即用不同颜色的色环来表示电阻器的阻值及误差等级。各色环颜色所代表的含义见表 1-3。常见色标法有四色环法和五色环法两种。

表 1-3 色环颜色所代表的含义

颜色	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑	金	银	无色
数值位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	—	—	—
乘数	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ⁰	10 ⁻²	10 ⁻¹	—
允许偏差 (%)	±1	±2	—	—	±0.5	±0.2	±0.1	—	±50~±20	—	±5	±10	±20

四色环电阻器色环标注意义如下：从左至右第一、二位色环表示其有效值，第三位色环表示乘数，第四位表示允许误差，如图 1-4（a）所示。四色环法一般用于普通电阻器标注。

五色环电阻器色环标注意义如下：从左至右的第一、二、三位色环表示有效值，第四位色环表示乘数，第五位色环表示允许偏差，该精度色环宽度大于其他色环，如图 1-4（b）所示。五色环法一般用于精密电阻器标注。

二、电阻器的额定功率

在规定温度和湿度范围内，电阻器在电路中长期连续工作所允许消耗的最大功率称为额定功率。电路中电阻器消耗的实际功率必须小于其额定功率，否则电阻器的阻值及其他性能将会发生改变，甚至发热烧坏。

电阻器额定功率系列有 0.125、0.25、0.5、1、2、5、10W 等。2W 以上的电阻器直接

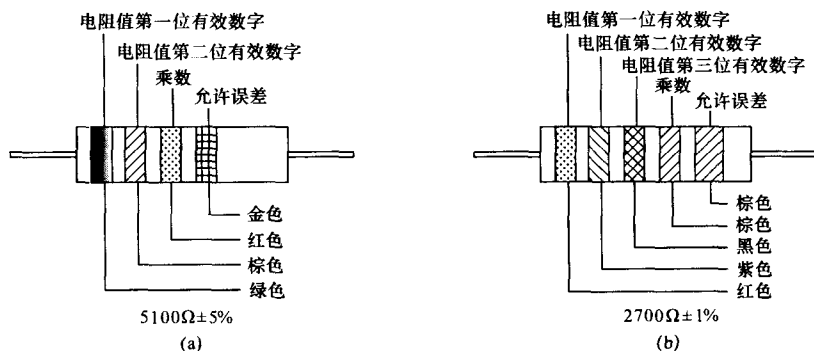


图 1-4 电阻器色标示例

(a) 四色环电阻器色环标注；(b) 五色环电阻器色环标注

用数字标注在电阻体上；2W 以下的电阻，以自身体积大小来表示额定功率，体积越大，额定功率就越大。

1.1.3 电阻器的选用及注意事项

因电阻器的结构、材料不同，其性能有一定差异。在选择和使用电阻器时，必须掌握各种电阻器的特性。

一、选用

(一) 类型选择

对于一般的电子电路，若没有特殊的要求，可选用碳膜电阻器，以降低成本；对于稳定性、耐热性、可靠性及噪声要求较高的电路，宜选用金属膜电阻器；对于工作频率低、功率大，且耐热性要求较高的电路，宜选用线绕电阻器；在高频电子电路中，应选用薄膜电阻器或无感电阻器，不能用实心电阻器或线绕电阻器。

(二) 阻值及误差的选择

阻值应按标称阻值系列选择。有时需要的阻值不在标称阻值系列，可选择最接近这个阻值的标称值电阻。

误差选择应根据该电阻在电路中所起的作用，除一些对精度有特别要求的电路（如仪器仪表、测量电路）外，一般电子电路中的电阻器误差可选用 I、II、III 级误差。

(三) 额定功率的选择

电阻器在电路中实际消耗的功率不能超过其额定功率，为了保证电阻器长期使用不会损坏，通常要求选用的电阻器的额定功率要高于消耗功率的 2 倍以上。

二、使用注意事项

(1) 在高压电路中，应注意电阻器的极限工作电压，以防电阻器内产生电弧，击穿或烧毁电阻器。

(2) 电阻器在使用前必须进行检测。首先进行外观检查，观察有无引线折断、松动等现象，然后用万用表的电阻档测量电阻值，检查与标称阻值之间的误差是否在允许的误差范围之内。

(3) 电阻器的引线不要从根部弯曲，否则容易引起引线折断。电阻器在焊接时，加热时

间要适当,时间过长易使电阻器变质或损坏。对额定功率大于 10W 的电阻器,应保证有足够的散热空间。

1.1.4 电位器

电位器是一种可以人为地将阻值连续调整的电阻器。电位器有三个引出端,一个为滑动端,另两个为固定端,滑动端运动时使其阻值在标称阻值范围内变化。

一、电位器的分类

电位器种类很多,有碳膜电位器、有机实芯电位器、线绕电位器等。碳膜电位器应用较广泛,如用在收录机、电视机等电子产品中,用作音量、音调、电压、亮度、对比度、聚焦等的调节。电位器从外形结构分为带开关电位器、不带开关电位器(带开关电位器有推拉式和旋柄式两种)、双联电位器和单联电位器等。常见电位器如图 1-5 所示。

电位器在调节时根据其阻值随触点变化的规律分为直线式电位器、指数式电位器、对数式电位器三种。



图 1-5 常见电位器的实物图

二、常用电位器

常用电位器有线绕电位器、有机实芯电位器、合成碳膜电位器、多圈电位器等。

(一) 线绕电位器

用合金电阻线在绝缘骨架上绕制成电阻体,滑动端簧片可在电阻丝上滑动的为绕线电阻器。其既有精度达 $\pm 0.1\%$ 的精密线绕电位器,又有额定功率达 100W 以上的大功率线绕电位器。线绕电位器有单圈、多圈、多联等几种。

特点:精度易于控制,稳定性好,电阻温度系数小,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。根据不同用途,可制成普通型、精密型、微调型线绕电位器。

(二) 合成碳膜电位器

该电位器系在绝缘基体上涂敷一层合成膜,经加温聚合后形成碳膜片,再与滑动端簧片等其他零件组合而成。合成碳膜电位器有单联和多联等几种。

特点:其阻值变化连续,阻值范围宽,对温度和湿度的适应性差,使用寿命较短,成本

低,广泛用于收音机、电视机等家用电器中,额定功率有 $1/8$ 、 $1/4$ 、 1 、 2W 等,一般阻值误差精度为 $\pm 20\%$ 。

(三) 有机实芯电位器

其特点是结构简单、耐高温、体积小、寿命长、可靠性高;但耐压偏低、噪声较大、转动力矩大,多用于对可靠性要求较高的电子仪器中。其阻值范围是几十欧到几兆欧,功率多在 $1/4 \sim 2\text{W}$ 之间,精度有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 几种。

三、电位器的检测

用万用表首先测量电位器的标称值,再测中心滑动端和任一固定端的电阻值。测量时旋转转轴观察万用表指针,应平稳移动,阻值连续变化,且无跳动现象。

若需精确测量电阻值,应采用电桥法。

1.2 电 容 器

电容器是组成电路的一种基本元件,是一种储能元件,在电路中作隔直流、旁路和耦合交流等用。

1.2.1 电容器的分类和命名

一、电容器的分类

电容器由介质材料间隔两个导电极片而构成。电容器的种类很多,按其结构可分为固定电容器、可变电容器和微调电容器等;按介质材料不同可分为瓷介、涤纶等不同种类的电容器。由于结构和材料的不同,电容器外形也有较大的区别,常见电容器的图形符号及实物如图 1-6 所示。

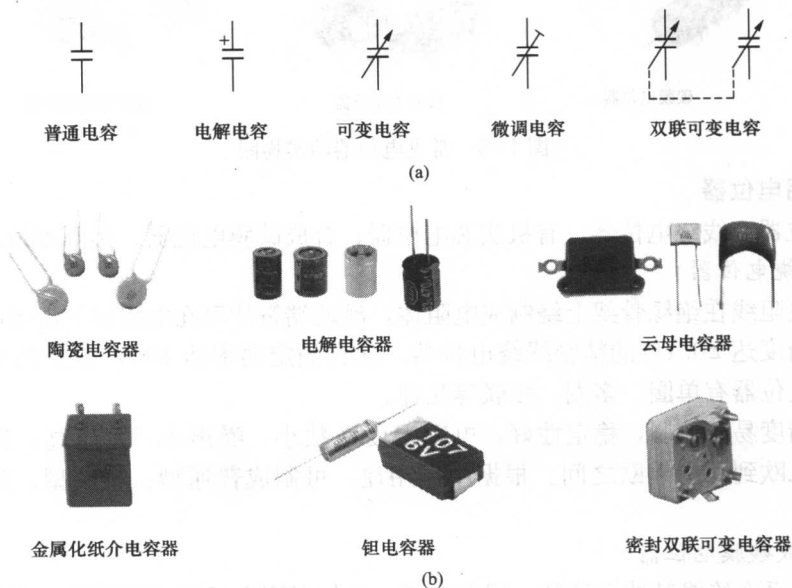


图 1-6 常见电容器图形符号及实物图

(a) 图形符号; (b) 实物

（一）固定电容器

固定电容器的容量不可变，按介质种类主要有瓷介质电容器、云母电容器、涤纶电容器、金属化纸介质电容器、电解电容器等。

（二）可变电容器

可变电容器的容量可在一定范围内调节。可变电容器的介质有空气、有机薄膜等。它的极片由两组相互平行的铜片或铝片组成，其中一组可旋转的平行金属片称为动片，另一组位置固定的平行金属片称为定片，随着动片旋入定片空隙内有效面积的改变，电容器的容量也随之变化。可变电容器常由一组或几组同轴单元组成，前者称单连，后者称多连，各组单元之间有金属板隔开，以防寄生耦合。

（三）微调电容器

它的特点是容量可以在较小的范围内变化，通常在几皮法至几十皮法之间变化。微调电容器常用于整机调试后、容量不需经常改变的场合。

二、电容器型号的命名方式

电容器的型号命名由四部分组成，如表 1-4 所示。

表 1-4 电容器命名方法

第一部分		第二部分		第三部分					第四部分
主 称		材 料		分 类					序 号
符号	含义	符号	含 义	符号	含 义				用数字表示产品的序号，以区分外形尺寸和性能指标
					瓷介电容	云母电容	电解电容	有机电容	
C	电容器	C	高频瓷介质	1	圆片	非密封	箔式	非密封	
		Y	云母	2	管形	非密封	箔式	非密封	
		Z	纸介质	3	叠片	密封	烧结粉固体	密封	
		J	金属化纸介质	4	独石	密封	烧结粉固体	密封	
		B	聚苯乙烯有机金属薄膜	5	穿心			穿心	
		L	聚酯涤纶有机金属薄膜	6	支柱				
		D	铝电解质	7			无极性		
		A	钽电解质	8	高压	高压		高压	
		N	铌电解质	9			特殊	特殊	
		I	玻璃釉	G	高功率				
		O	玻璃膜	W	微调				
		Q	漆膜						

1.2.2 常用电容器及主要参数

一、常用电容器

常用电容器的特点及用途如表 1-5 所示。

表 1-5 常用电容器的特点和用途

电容器类型	特 点	用 途
纸介电容器 (CZ 型)	电极用铅箔或锡箔，绝缘介质用蜡浸的纸，容量大、体积小，但漏电流和损耗较大	主要用于低频电路的旁路和隔直

续表

电容器类型	特 点	用 途
金属化纸介电容器 (CJ 型)	用蒸发的方法使金属附于纸上作为电极, 体积小, 有自愈作用	适用于对频率和稳定性要求不高的场合
有机金属薄膜电容器	用聚苯乙烯 (CB 型)、聚四氟乙烯 (CF 型) 或涤纶 (CL 型) 等有机薄膜作介质, 体积小, 耐压高, 损耗小, 绝缘电阻大, 稳定性好, 但温度系数大	CB 型适用性广泛, 如谐振回路、滤波电路、耦合回路等; CL 型适用于低频和稳定性不高的场合
云母电容器 (CY 型)	高频性能稳定、漏电流小、耐压高、介质损耗小、绝缘性能好, 容量小	适用于高频电路
瓷介电容器 (CC 型)	性能稳定、绝缘电阻大、体积小, 结构简单, 但机械强度低, 容量较小	可工作在超高频范围
玻璃釉电容器 (CI 型)	其介质是由釉粉加压制成的薄片, 介质介电系数大, 体积小、抗潮性能好	可在较高的工作温度下工作
电解电容器	有正负极之分, 以铝 (CD)、钽 (CA)、铌、钛等附着的有氧化膜的金属极片为阳极, 阴极为液体、半液体或胶状的电解液, 漏电流大、容量误差大	铝电解电容应用最广, 常用于交流滤波; 在要求较高的电路常用钽、铌、钛电解电容

二、电容器的主要性能参数

电容器的主要参数有标称容量、允许误差、额定电压和绝缘电阻等。

(一) 标称容量和允许偏差

电容器的容量单位是 F (法拉), 常用的单位有 μF (微法), nF (纳法) 和 pF (皮法)。电容量单位的换算关系是: $1\mu\text{F}=10^{-6}\text{F}$, $1\text{nF}=10^{-9}\text{F}$, $1\text{pF}=10^{-12}\text{F}$ 。

电容器误差一般分为三级, 即 I 级, $\pm 5\%$; II 级, $\pm 10\%$; III 级, $\pm 20\%$ 。而电解电容的误差允许达 $+100\%$ 、 -30% 。另外有部分电容器, 用 J 表示误差为 $\pm 5\%$; K 表示误差为 $\pm 10\%$; M 表示误差为 $\pm 20\%$; Z 表示误差为 $+80\%$ 、 -20% 。

标志在电容器上的容量数值称为标称值, 常用电容器容量的标称值系列如表 1-6 所示。

表 1-6 固定电容器容量标称值

类 别	允许误差	容 量 标 称 值 系 列														
纸介质、金属纸介 质、低频无极性有 机薄膜介质	±5%	100pF~1μF		1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.3												
	±10%	1μF~100μF		1 2 4 6 8 10 15 20												
	±20%	只取表中值		30 50 60 80 100												
高频无极性有机薄 膜介质、瓷介质、 云母介质	±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														
	±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														
	±20%	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8														
铝、钽电解电容		1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8														

电容器标称容量和允许误差都标注在电容体上。其标志方法有以下几种:

(1) 直标法。将标称容量及允许误差值直接标注在电容器上。图 1-7 所示为 620pF 电容器。有时电容器上没有标注单位, 则凡容量大于 1 的无极性电容器, 其容量单位为 pF,

如 4700 表示容量为 4700pF；容量小于 1 的电容器，其容量单位为 μF ，如 0.01 表示容量为 $0.01\mu\text{F}$ 。凡有极性电容器，容量单位是 μF ，如 10 表示容量为 $10\mu\text{F}$ 。

(2) 文字符号法。以容量单位符号作为容量小数点的位置，容量的整数部分标注在容量单位标志符号前面，小数部分标注在标志符号后面。如 4n7 就表示容量为 4.7nF (4700pF)，如图 1-8 所示。若在数字前标注有 R 字样，则容量为零点几微法。如 R47 就表示容量为 $0.47\mu\text{F}$ 。

(3) 数码表示法。数码表示法用三位数字表示电容器容量大小。其中前两位数字为标称容量的有效数字，第三位数字表示乘数，单位是 pF。如：102 表示容量为 $10 \times 10^2 \text{pF} = 1000\text{pF}$ ；223 表示容量为 $22 \times 10^3 \text{pF} = 0.022\mu\text{F}$ 。

若第三位数字是“9”时，有效数字应乘上 10^{-1} 。如 229 表示容量为 $22 \times 10^{-1} \text{pF} = 2.2\text{pF}$ 。

(4) 色标法。电容器色标法的原则与电阻器相同，颜色意义也与电阻器基本相同，其容量单位为 pF。当电容器引线同向时，色环电容器的识别顺序是从上到下。图 1-9 所示电容器容量为 4700pF。

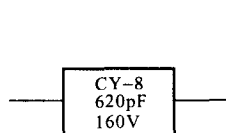


图 1-7 直标法

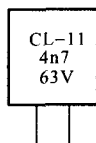


图 1-8 文字符号法

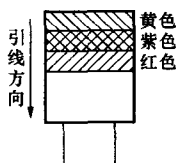


图 1-9 色标法

(二) 额定工作电压

额定工作电压是在规定温度下，电容器长期可靠工作时所能承受的最大直流电压，又称耐压值。常用固定电容器的耐压值有 1.6、4、6.3、10、16、25、32*、40、50*、63、100、125*、160、250、300*、400、450*、500、630、1000V 等多种等级（* 只限于电解电容器）。电容器的耐压值一般都直接标注在电容器表面，部分小型电解电容器额定电压也采用色标法，如用棕色表示额定工作电压为 6.3V，用灰色表示额定工作电压为 16V，用红色表示额定工作电压为 10V。其色标一般标于电容器正极引线的根部。

(三) 绝缘电阻

电容器绝缘电阻是表示电容器绝缘性能好坏的一个重要参数，其值取决于介质绝缘质量的优劣以及电容器的结构、制造工艺。电容器的绝缘电阻越大越好，绝缘电阻越大，当电容器加上直流电压时，两极之间产生的漏电流越小；反之，绝缘电阻越小，漏电流越大。

1.2.3 电容器的选用及使用注意事项

一、电容器的选用

选用电容器一般从以下几方面考虑：

(1) 类型选择。根据各种电容器的特点，在选用电容器时，应根据不同的电路，不同的要求来进行。例如，在电源滤波、退耦电路选用铝电解电容器；在高频、高压电路选用瓷介质电容器、云母电容器；在谐振电路中，选用云母电容器、陶瓷电容器、有机薄膜电容器；作隔直流用时可选用涤纶电容器、云母电容器、铝电解电容器等。

(2) 容量及精度的选择。电容器容量的数值必须按规定的标称值来选择。但需要注意的是,不同类型的电容器其标称值系列的分布规律是不相同的。

(3) 耐压值的选择。为保证电容器的正常工作,被选用电容器的耐压值不仅要大于其实际工作电压,而且还要留有一定的裕量,一般选耐压值为实际工作电压的2倍以上。

二、电容器的检测

(一) 漏电电阻的测量

将万用表置 $R \times 10k$ 或 $R \times 1k$ 档,用两表笔分别接电容器两引脚,表针先朝顺时针方向摆动,然后又慢慢返回电阻无穷大位置附近,表针静止时所指的值距无穷大较远时,表明电容器漏电严重不能使用。

(二) 电容器的故障检测

对于 $5000pF$ 以上电容器的检测,可用万用表欧姆档的 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$,通过测量电容器的充放电过程来进行粗略判断。万用表指针摆动到一定值后,又返回起点或接近起点,则电容器基本正常;表针离起点的距离越大,则电容器的漏电流越大;表针不摆动或不返回,则电容器可能已损坏。但小容量电容器以及电容器的其他参数则需通过专用仪器进行检测。

(1) 电容器断路的测量:用万用表的两表笔分别接触电容器的两根引线,如表笔不动,将两表笔对调后,表针仍不动,说明电容器断路。

(2) 电容器短路的测量:用万用表的两表笔分别接触电容器的两根引线,若测得电阻很小甚至为0,说明电容器短路。测量电解电容器时,要根据电容器容量的大小,适当选择量程,电容量越小,量程也要越小,否则就会把电容器的充电误认为是击穿。

(三) 电解电容器的极性判断

用万用表测量电容器的漏电电阻,并记下这个阻值,然后将红黑表笔对调再测电容器的漏电电阻,将两次所测的结果对比,漏电阻小的一次,黑表笔所接的为负极。

三、电容器在使用时的注意事项

(1) 电容器在使用前必须进行检查。先进行外观检查,观察电容器有无引线折断,型号、规格是否符合要求;然后用万用表检查电容器是否击穿或漏电流是否过大。

(2) 电解电容器在使用时必须注意极性,正极接高电位端,负极接低电位端。电解电容器只能工作在直流或脉动直流电路中,安装时应注意远离发热元件。

(3) 可变电容器在安装时,一般应将动片接地,这样可以避免人手转动电容器转轴时引入的干扰。

(4) 一般不宜用多个电容器并联来增大等效容量,因为电容器并联后,损耗也增大。

(5) 电容器的引线不要从根部弯曲,否则容易引起引线折断。电容器在焊接时,加热时间要适当,时间过长易使电容器性能改变甚至损坏。

1.3 半导体二极管

1.3.1 半导体二极管的特性和参数

一、结构与符号

半导体二极管由一个PN结加上电极引线及管壳构成,由P区引出的电极称为阳极或正