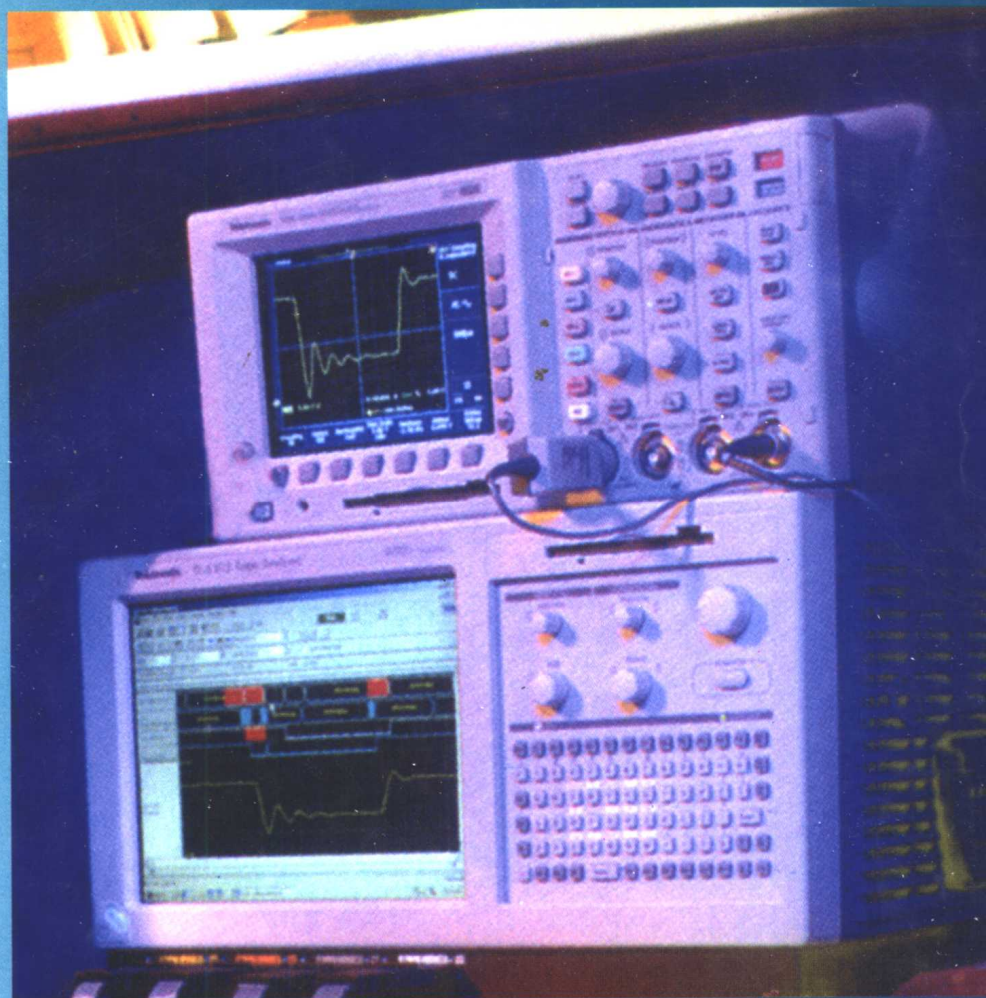


电工与电子技术实验教程

芦守平 路艳洁 陈 凯 主编 席志红 主审

DIANGONG YU DIANZI JISHU SHIYAN JIAOCHENG



哈尔滨工程大学出版社



哈尔滨工程大学
国家工科基础课程教学基地
电工电子类系列教材

电工与电子技术实验教程

芦守平 路艳洁 陈凯 主编
席志红 主审

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验教程/芦守平等主编.
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2002.9
ISBN 7-81073-355-9

I.电... II.①芦...②路...③陈... III.①电工技术-实验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV.①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 056753 号

内 容 简 介

本书是根据国家教委高等工科院校电工学课程教学指导小组最新修订的《电工技术》、《电子技术》和《电工与电子技术》课程教学基本要求,在我校 1998 年出版的《电工与电子技术实验教程》基础上修订编写的。全书共分六章,内容包括:电工技术、电子技术、电路仿真技术和电工及电子测量等方面的实验理论,以及 28 个实验单元。实验单元在保证满足基本理论的基础上,适当增加了综合性实验内容。

本书可作为全日制非电类专业本科学生的实验教材,也可供电工与电子工程技术人员参考阅读。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
哈尔滨工程大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 10.75 字数 265 千字

2002 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 2 次印刷

印数:2 001—4 000 册

定价:14.00 元

前 言

本书根据国家教委电工学课程教学指导小组拟定的基本要求编写,是与我校电工与电子技术教学基地出版的《电工技术》和《电子技术》相配套的实验教材。

本书总结了过去五年来对 1998 年出版的《电工与电子技术实验教程》的使用情况与经验,并根据当前《电工技术》和《电子技术》实验教学改革、发展的经验和我校在实验方面的具体特点,对实验课内容和体系做了较大地改动和增加。书中对电工技术、电子技术实验的基本理论和实验方法进行了系统阐述,详细介绍了常用仪表、电子仪器的原理与使用,以及各种电参量的测量方法,并增加了现代电子实验室形象电子教学 EWB(Electronics Work Bench)仿真的内容。

全书共分上、下两篇及附录三个部分。上篇为实验理论,下篇为“电工与电子技术”实验内容,共 28 个实验单元,附录介绍了可编程控制器实验箱和常用电工设备等内容。在电工技术、电子技术实验单元中均增加了部分计算机仿真内容,在电子技术实验单元中减少了分立元件的内容,而增加了集成芯片和综合性实验内容。内容上的这些增减,原则是在有限篇幅中力求达到尽量缩小教材与先进技术和实用性之间的差距。

全书由哈尔滨工程大学芦守平、路艳洁、陈凯编写。其中第二、五章、附录一、二由路艳洁编写,第四章及第五、六章中的计算机仿真内容由陈凯编写,第一、三、六章及附录三由芦守平编写,全书由芦守平统稿、定稿。

本书由哈尔滨工程大学席志红副教授主审,王淑钧教授、潘洪泉副教授在本书的编写过程中提出了许多好的建议,在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 8 月

目 录

上篇 实验理论

第一章 实验基本知识	3
第一节 实验规则	3
第二节 实验常识	3
第三节 电工仪表使用知识	5
第四节 常用元器件的识别	6
第二章 常用电工仪表与测量	14
第一节 电工仪表的基本知识	14
第二节 常用电工仪表测量机构及工作原理	17
第三节 常用电量的测量	22
第四节 测量误差与测量数据处理	27
第三章 常用电子测量仪器	30
第一节 示波器	30
第二节 功率函数发生器	38
第三节 晶体管毫伏表	40
第四节 晶体管直流稳压电源	42
第四章 实验在计算机软件环境下的仿真	44
第一节 绪论	44
第二节 电子工作台(EWB)简介	44
第三节 EWB 的基本界面	45
第四节 EWB 软件的基本操作方法	52
第五节 EWB 中主要仪器、仪表的使用	60

下篇 电工与电子技术实验

第五章 电工技术实验	71
实验一 万用表的使用	71
实验二 戴维南定理与叠加原理的验证	75
实验三 RC、RL 电路的暂态分析及其应用	77
实验四 日光灯电路及功率因数的提高	80
实验五 串联谐振电路	83
实验六 三相交流电路	86
实验七 三相异步电动机连动控制及其正反转控制	89

实验八 可编程控制器基本操作练习	90
实验九 交通信号灯自动控制	94
实验十 全自动洗衣机控制	97
实验十一 仿真环境下叠加原理和戴维南定理的验证	102
实验十二 仿真环境下 RC 电路的暂态分析	104
实验十三 仿真环境下日光灯电路的分析	106
第六章 电子技术实验	108
实验十四 常用电子仪器的使用	108
实验十五 单管交流放大电路	110
实验十六 两级阻容耦合放大电路	113
实验十七 集成运算放大器的基本运算	115
实验十八 波形产生电路的研究	118
实验十九 直流稳压电源	120
实验二十 可控硅整流电路的研究	124
实验二十一 门电路与组合逻辑电路	125
实验二十二 时序逻辑电路	128
实验二十三 555 定时器的应用	131
实验二十四 定时报警电路	135
实验二十五 模—数、数—模转换器	138
实验二十六 数字频率计	142
实验二十七 仿真环境下单管交流放大电路的分析	145
实验二十八 仿真环境下集成运算放大器的分析和应用	146
附录一 常用电工实验设备	151
附录二 可编程序控制器实验箱	155
附录三 数字电路实验箱	160
参考文献	163

上 篇

实 验 理 论

第一章 实验基本知识

第一节 实验规则

实验室是进行教学和科学研究的重要基地,因此做实验时必须明确实验的基本规则。要做到文明实验,不仅要保证实验的顺利进行,而且要确保人身和设备的安全,以获得较好的实验结果。因此,学生在做实验时,必须做到:

- (1) 课前预习实验,写出预习报告。
- (2) 认真听指导教师对实验的讲解,明确实验的具体要求。
- (3) 按实验步骤进行实验。实验过程中,要认真观测,仔细记录。
- (4) 实验结束后,整理好实验设备、仪器和工具,经指导教师验收后方可离开实验室。
- (5) 整个实验过程不得喧哗,注意课堂纪律。
- (6) 严格遵守实验室各项规程,切实注意安全,不准随意触摸、乱动仪器设备,特别是电源和带电设备,防止发生人身事故。
- (7) 对因违犯操作规程而损坏仪器者要酌情进行赔偿,并给予批评和严肃处理。

第二节 实验常识

实验是学生把所学的理论知识付诸于实践的开始。学生应具备一些基本实验技能,只有这样才能灵活地运用理论,解决实际工作中的问题。通过实验课,可以培养一个未来科技工作者的良好作风。如果要使实验课能够顺利进行,就必须有理论联系实际、严肃认真、实事求是的科学态度。因此,对于一个科技工作者来讲,实验技能的培养是一个不可忽视的重要环节。

一、实验前的准备

实验能否顺利进行、能否达到预期的效果,在很大程度上取决于预习是否充分。因此,实验之前应把实验目的、内容、原理、步骤,以及实验所需设备的型号和使用方法等做到详尽了解,以避免盲目实验。若对实验的原理等没有充分地掌握;实验时就会出现不明确要研究什么,要测量哪些量,也不能预测将会出现什么现象等情况,只能机械地照教材进行操作。用这种呆板的方式做实验,即使能得到实验数据也不会了解其物理意义,更不能根据所测数据去推测和分析实验结果的正确性。因此,为了在规定时间内,高质量地完成实验课任务,必须做好实验前的预习,通过预习实验内容写出预习报告。

二、实验数据分析

1. 数据分析的方法

正确地分析测试数据,既是顺利进行实验的保证,也是培养实验能力的重要手段。实验内容不同,分析数据的方法也不相同,且差异很大。在这里我们只介绍一些原则性的方法。

(1)预见被测数据的大小。在实验前或测量数据前,按照有关理论估算被测数据的大小或它们的变化趋势,作为实验时分析数据的依据。

(2)实验中测得数据后,立即与理论值(估算值)相比较,看其是否基本一致。若实验数据和理论数据差别较大,应分析和寻找原因。

2. 数据误差的原因

造成数据误差的原因主要有:①实验方法正确与否;②电源电压的改变;③电路器件的参数不准;④测试仪表选择不当等。

三、实验曲线测定

(1)首先粗略预测一遍,不必做记录,观察数据变化的趋势,大体了解曲线的形状,弯曲部分在哪里,平滑部分在哪里。

(2)实际测定时,弯曲部分要多测几个点,平滑部分可以少测几点。

(3)曲线要画在坐标纸上,比例尺要适当,坐标轴上要注明物理量的单位和分度,曲线要写明名称,用“×”或“·”等符号在曲线上标出实验数据所对应的点。曲线要光滑,不要强求通过所有的测定点,如图 1-1 所示。

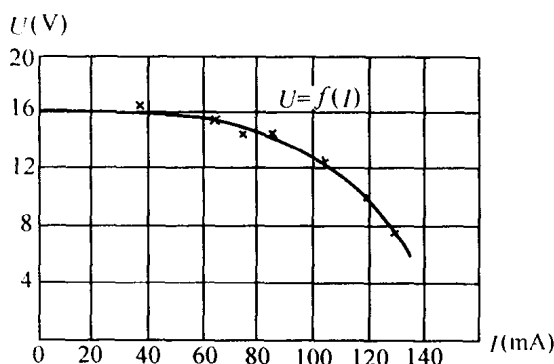


图 1-1 实验曲线

四、实验报告的写法

实验报告包括两部分,一是预习报告,二是实验总结报告或称作实验报告。前者要在实验前写好,是对实验准备工作的总结;后者是做完实验后得出的结论、收获和总结。它们的具体要求和内容分述如下:

1. 预习报告

预习报告是指导学生进行实验的书面计划、说明和安排,是在充分准备、深思熟虑后写出的。学生只有写出预习报告才能使实验顺利进行,并取得良好的实验结果。因此,要求学生写好包括以下内容的预习报告:

- (1)实验名称;
- (2)实验目的;
- (3)实验设备;
- (4)画出完整的实验电路图;
- (5)主要实验步骤;
- (6)列出测量数据表格和要观测的现象;

(7)注意事项:在使用设备、仪表和进行操作的过程中,为保证人身、设备安全,预习报告中必须写出注意事项。

2. 实验报告

实验报告是学生对实验工作的全面总结。它有利于学生对所学知识巩固和提高,因此学生应给予足够的重视。总结的内容比较广泛,概括起来有以下几个方面:

- (1)实验线路;
- (2)由实验原始数据整理的记录表格、曲线和波形;
- (3)分析实验结果,讨论或解释实验中出现的問題;
- (4)写出实验结论,回答实验思考题。

第三节 电工仪表使用知识

电工仪表的种类比较多,正确地使用它们可以确保设备的安全以及实验数据的准确性和实验结果的正确性。我们常用的电工仪表有电流表、电压表、瓦特表等。每种仪表都有各自的使用方法,但它们也有许多共同的地方。我们既要掌握不同的地方,也要掌握相同的地方。

一、仪表的表面标记

电工仪表种类很多,性能各异。为了正确选择和使用仪表,国家标准规定把仪表的结构特点、测量对象、使用条件、工作位置、准确度等级等,用不同的符号标明在仪表的刻度盘上,这些符号称为仪表的表面标记。选用仪表时必须注意表面的标记,不能选错。

二、仪表的选择和使用

1. 仪表的选择

(1)选类型。根据被测物理参数的特点来选择仪表。例如必须弄清测量的是电压、电流还是功率,以及它们是直流量还是交流量,是交流量其被测量的频率是多少,波形是否是正弦量。如不能正确地选择将会影响测量的精度。

(2)选量限。合理地选择仪表量限,应使仪表的指针偏转大于满量限的 $1/2$ 。若对被测量参数的大小不清楚时,就应当先选仪表的最大量限,然后根据测量情况,将量限调整到合适的档位。

2. 仪表的使用

(1)仪表的正常工作条件。测量时要满足仪表的正常工作条件,否则将会引入一定的误差。如使用仪表时,应按仪表的规定位置放置;仪表要远离外磁场或外电场;使用前仪表指针应指到零位,指针不在零位时,可调节调零器使指针指到零位。对交流仪表而言,被测量的波形和频率要满足仪表的允许条件。

(2)仪表的正确接线。仪表的接线必须正确,否则有可能损坏仪表。电流表要串联在被测支路中;电压表要并联在被测支路两端;直流表要注意正负极性,电流从标有“+”端流入;瓦特表要注意电流线圈千万不要误作电压线圈来接线,瓦特表电压档位要略大于被测功率的实际工作电压,否则瓦特表易损坏。

(3)读数。当刻度盘有多条刻度时,应先根据被测量的种类、量限,选好所需要的刻度。读数时,视线要与刻度尺的平面垂直。

第四节 常用元器件的识别

一、电阻器

(一)电阻器、电位器型号命名

电阻器、电位器的命名由四部分组成:

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分
主称	材料	分类	序号

各部分符号意义见表 1-1。

表 1-1

第一部分:主称		第二部分:材料		第三部分:类别		第四部分:序号
字母	含 义	字母	含 义	符号	含 义	用数字表示
R	电阻器	T	碳膜	1	普通	以区分产品 的外型尺寸 和性能指标
W	电位器	H	合成膜	2	普通	
		S	有机实芯	3	超高频	
		N	无机实芯	4	高阻	
		J	金属膜	5	高阻	
				6		
		Y	金属氧化膜	7	精密	
		C	化学沉积膜	8	高压	
		I	玻璃釉膜	9	特殊	
		X	线绕	D	多圈	
				G	高功率	
				T	可调	
				W	微调	

例 1 RTX-0.125W-51k- $\pm 10\%$ 表示小型碳膜电阻器,额定功率 0.125W,阻值 51k Ω ,允许偏差 $\pm 10\%$ 。

(二)电阻器主要特性指标

1. 允许误差等级,见表 1-2。

表 1-2

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

2. 标称阻值系列,见表 1-3。

表 1-3

允许误差	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						

电阻器标称阻值应符合上表所列数值之一或表中数值乘以 10^n , n 为整数。

3. 阻值表示方法

电阻器阻值表示方法基本有二种,一是直标法;二是色环表示法。

(1)直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电阻器表面直接标出标称值,允许误差有的直接用百分数表示,如 $5.1\text{k}\Omega \pm 5\%$ 。

(2)色环表示法是用不同颜色的环在电阻器表面标出其阻值和允许误差。色环法中各种颜色的含义见表 1-4。

表 1-4

颜 色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色(底)
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍 乘	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	10^{-1}	10^{-2}	
允许误差(%)		± 1	± 2			± 0.5	± 0.2	± 0.1			± 5	± 10	± 20

①四色环表示法

误差 $\geq 5\%$ 的电阻器一般采用四色环表示标称阻值和允许误差。其中三个色环表示阻值,一个色环表示误差,其中表示阻值色环与误差色环间有一明显间距。在阻值色环中第一个色环表示标称阻值的第一位有效数字,第二个色环表示第二位有效数字,第三个色环表示倍乘(即有效数字后 10 的 n 次方),第四个色环表示允许误差。见图 1-2。

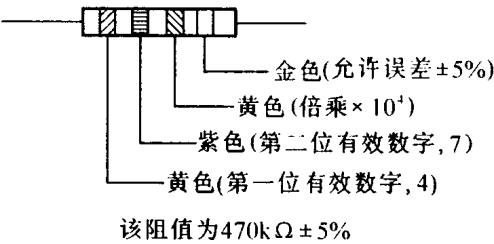


图 1-2 二位有效数字阻值色标法

②五色环表示法

误差 $\leq \pm 2\%$ 的精密电阻器大多采用五色环表示标称阻值和允许误差。其中四个色环表示阻值,一个色环表示误差,阻值色环与误差色环仍有一定间距。在阻值色环中第一至第三色环表示三位有效数字,第四色环表示倍乘,第五色环表示阻值误差。见图 1-3。

4. 额定功率

在标准大气压和一定环境温度下,电阻器能长期连续负荷而不改变其性能时,允许的功

率称为额定功率。当超过额定功率时,电阻器的阻值会发生变化,严重的还会烧毁。额定功率分为 $\frac{1}{20}$ 、 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、1、2、…、500 等共 19 个等级(单位为瓦)。

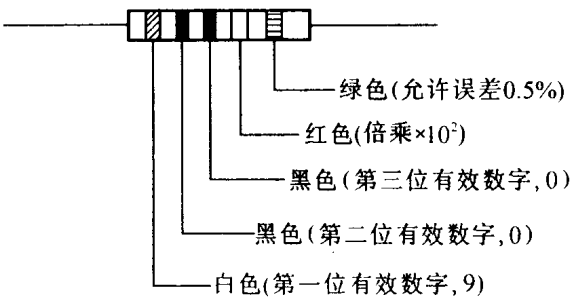
二、电容器

(一)电容器的型号命名

电容器的型号命名由四部分组成:

第一部分 第二部分 第三部分 第四部分
主称 材料 分类 序号

各部分符号意义见表 1-5。

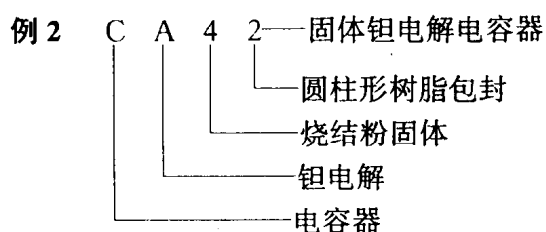


该电阻值为 $90k\Omega \pm 0.5\%$

图 1-3 三位有效数字阻值色标法

表 1-5

第一部分 主称		第二部分 材料		第三部分 类别					第四部分 序号
字母	含 义	字母	含 义	符号	(瓷介电 容器) 含义	(云母电 容器) 含义	(有机电 容器) 含义	(电解电 容器) 含义	用数字 表示
C	电 容 器	A	钽电解	1	圆形	非密封	非密封	箔式	以区分 产品的 外形尺 寸和性 能指标
		B	聚苯乙烯等	2	管形	非密封	非密封	箔式	
		C	高频陶瓷						
		D	铝电解						
		E	其他材料电解	3	叠片	密封	密封	烧结粉,非固体	
		G	合金电解	4	独石	密封	密封	烧结粉,固体	
		H	纸膜复合	5	穿心		穿心		无极性
		I	玻璃釉						
		J	金属化纸介	6	支柱等				
		L	聚脂等极性	7					
		N	有机膜						
		O	钽电解	8	高压	高压	高压		
		Q	玻璃膜	9		特殊	特殊		低压
		S	漆膜						
		T	低频陶瓷	D	低压	低压	低压		
		V							
		X	云母纸	G	大功率	大功率	大功率	大功率	
		Y	云母	M	密封	密封	密封	密封	
		Z	纸	W	微调	微调	微调	微调	



(二)常用电容器标称容量和主要参数

常用电容器可分为固定式和可变式两种。按电容器采用的介质不同可分为纸介电容器、云母电容器、瓷介电容器、薄膜电容器和电解电容器等。常用电容器标称值和主要参数分别见表 1-6 和表 1-7。

表 1-6

名 称	允许偏差	容量范围	标称容量系列(或系列代号)
纸介电容	$\pm 5\%$	100pF~1 μ F	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8
金属化纸介电容	$\pm 10\%$		
纸膜复合介质电容	$\pm 20\%$	1 μ F~100 μ F	1 2 4 6 8 10 15 20 30
低频(有极性)有机薄膜介质电容			50 60 80 100
高频(无极性)有机薄膜介质电容	$\pm 5\%$		E24
瓷介电容	$\pm 10\%$		E12
玻璃釉电容	$\pm 20\%$		E6
云母电容	$\pm 20\%$		E6
钽、铝、铌、钛电解电容	$\pm 10\%$ $\pm 20\%$ $+50\%$ -20% $+100\%$ -10%		1 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8 (容量单位 μ F)

标称电容量为表中数值或表中数值乘以 10^n , 其中 n 为正整数或负整数。

表 1-7

名 称	电容量范围	额定工作电压(V)	使用频率(MHz)	漏阻(M Ω)
(中、小)纸介电容器	470pF~0.22 μ F	63~630	0~3	>5000
金属密封纸介电容器	0.01 μ F~10 μ F	250~1600	直流、脉动直流	>1000~5000
(中、小)金属化纸介电容器	0.01 μ F~0.22 μ F	160, 250, 400	0~8	>2000
薄膜电容器	3pF~0.1 μ F	63~500	高频、低频	>10000
云母电容器	10pF~0.051 μ F	100~7000	75~250 以下	>10000
铝电解电容器	1 μ F~10000 μ F	4~500	直流、脉动直流	
钽、铌电解电容器	0.47 μ F~1000 μ F	6.3~160	直流、脉动直流	

(三)电容器的表示内容和表示方法

电容器的表示内容有型号、标称电容量及允许误差、额定工作电压。

电容器的表示方法有两种：一是直标法；二是文字符号法。

直标法是用阿拉伯数字和单位符号在电容器表面直接标出额定工作电压、标称容量及允许误差，如 100V200p $\pm$ 5%。

文字符号法是用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合，在电容器表面表示出产品主要参数的方法。标称电容量的表示应符合表 1-8 的规定。标称电容量允许误差的文字符号见表 1-9。如 3p32F 表示为 3.32pF $\pm$ 1%。

表 1-8

标称电容量	文字符号	标称电容量	文字符号	标称电容量	文字符号
0.1pF	p10	10nF	10n	1mF	1m0
1pF	1p0	332nF	332n	3.32mF	3m32
3.32pF	3p32	1 μ F	1 μ 0	10mF	10m
10pF	10p	3.32 μ F	3 μ 32	33.2mF	33m2
33.2pF	33p2	10 μ F	10 μ	100mF	100m
332pF	332p				
1nF	1n0	33.2 μ F	33 μ 2	1F	1F0
3.32nF	3n32	332 μ F	332 μ	3.32F	3F32

表 1-9

允许误差 %	文字符号	允许误差 %	文字符号	允许误差 %	文字符号
± 0.01	L	± 1	F	+100, -0	H
± 0.02	P	± 2	G	+100, -10	R
± 0.05	W	± 5	J	+50, -10	T
± 0.1	B	± 10	K	+30, -10	Q
± 0.25	C	± 20	M	+30, -20	S
± 0.5	D	± 30	N	+80, -20	Z

(四)电容器的特点及用途

电容器的种类很多，为了使用方便，我们把常用的不同类型电容器，按特点和用途列于表 1-10 中。

表 1-10

类 别	名 称	特 点 及 用 途
纸介电容器	纸介及密封纸介电容器(筒形或管形)	体积小,容量大,电感量及损耗大,介质易老化,用于低频电路
	小型及密封型金属化纸介电容器	体积小,容量大,受高压冲击后当电压恢复正常时,电容器仍能工作
	油浸密封金属化纸介电容器(立式矩形)	容量大,耐高压,漏电量小,用于要求高的场合
云母电容器	云母电容器(包括密封型)	体积小,稳定性好,耐压高,漏电及损耗均小,但容量不大,宜用于高频电路
瓷介电容器	低压及小型瓷介电容器	体积小,绝缘电阻高,损耗小,稳定性高,容量小,可用于高频电路;温度系数有正有负,可用作温度补偿
	微调瓷介电容器	电容量可以调节,可用于高频电路作微调用
	圆片铁电瓷介电容器	体积小,容量大,温度系数大,不稳定,可作旁路用
薄膜电容器	聚苯乙烯及涤纶电容器等	电气性能好,在很宽的频率范围内性能稳定,介质损耗小,但温度系数大
电解电容器	电解电容器(包括密封型、小型及纸壳电解电容器等)	容量大、正负极不能接错,绝缘电阻小,漏电及损耗大,宜用于电源滤波及音频旁路
玻璃釉电容器	玻璃釉电容器(包括小型)	体积小,能在(200~250)℃高温下工作,抗潮性好

三、常用半导体器件一般性能的判别

半导体器件性能检测基本有两种方法:其一是用晶体管特性图示仪,其二是用万用表来检测。前一种方法测试准确、参数显示直观,但测试仪器较贵。因此,这种方法只是在对器件要求比较高的情况下,在实验室条件下进行。后一种方法是用万用表检测的方法,检测方法简单,对测量仪器要求不高,可粗略测出半导体器件的性能好坏,这种方法在实际工作中会经常用到。因此,这里主要介绍一下用万用表检测半导体器件性能的基本方法。

(一)二极管的判别

用万用表判别半导体器件的性能是使用万用表的“ Ω ”档。万用表的正表笔是其内部电池的负极,负表笔是其内部电池的正极。我们是利用 PN 结正向电阻小,反向电阻大这一特点来判别二极管和三极管的类型、极性和性能的。

将万用表置“ Ω ”档 $R \times 1k$,两支表笔任意测量二极管的两端,可测得一电阻值,然后将两支表笔反向再测量一次,测得另一电阻值。两次测量的阻值若是一大一小,则电阻小的为正向电阻,此时负表笔接的一端为二极管正极,正表笔接的一端为二极管负极,见图 1-4 所示。二极管正向电阻一般在千欧姆左右,反向电阻一般为几百千欧姆左右。正、反向电阻值