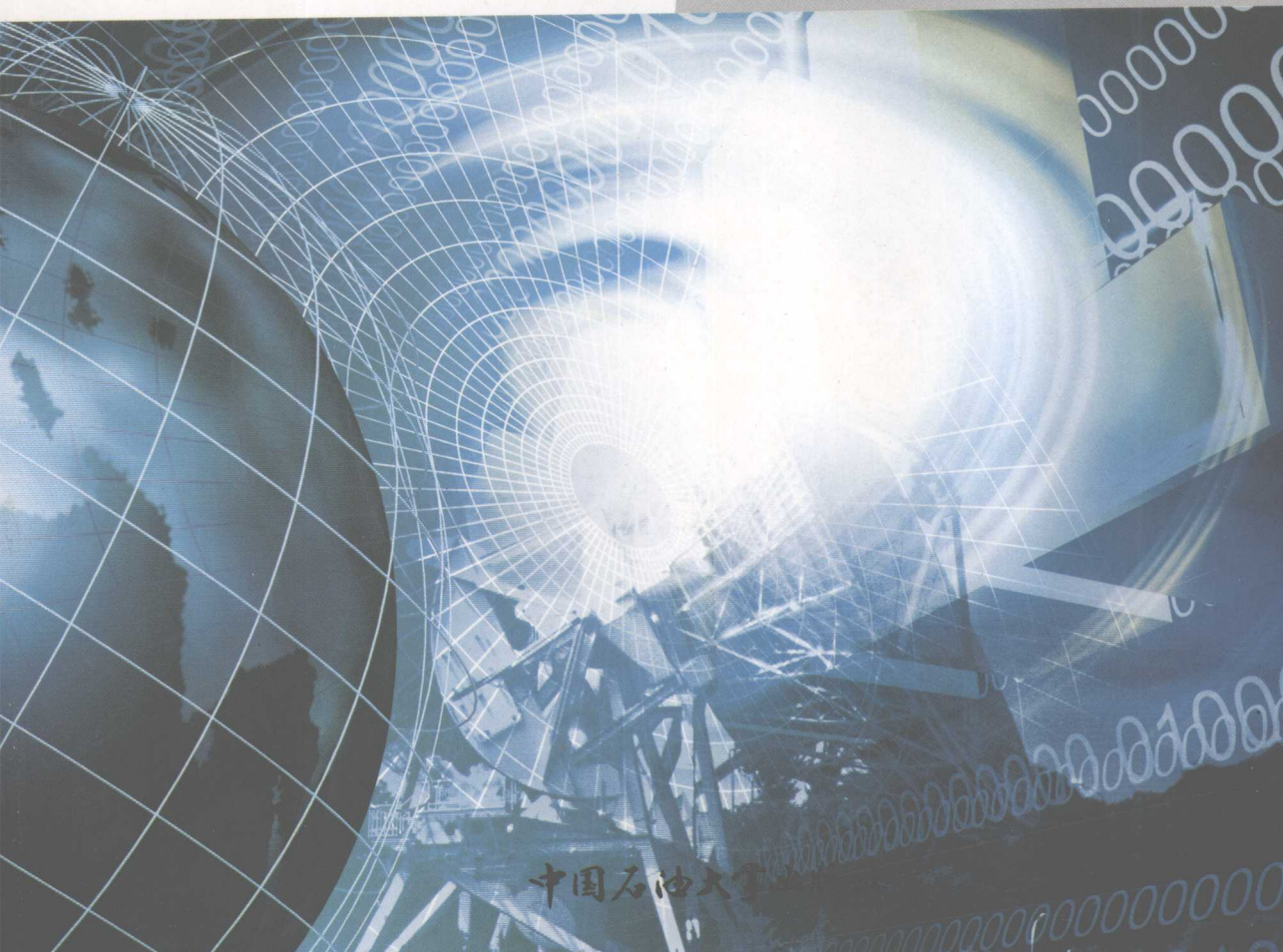


电子技术 实验与实践

李素梅 郭荣生 编著



中国石油大学

电子技术

实验与实践

李素梅 郭荣生

赵延 张玉欣 王友谊 张涛

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验与实践/李素梅,郭荣生等主编. —东营:
中国石油大学出版社,2007.10
ISBN 978-7-5636-2301-3

I. 电… II. ①李…②郭… III. 电子技术—实验 IV.
TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 156729 号

主 编 李 素 梅 郭 荣 生

参 审 王 文 宝 王 玉 荣 赵 煜

书 名: 电子技术实验与实践
作 者: 李素梅 郭荣生 等

责任编辑: 李明华(电话 0546—8392787)

封面设计: 李 东

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: ycl-369@sohu.com

排 版 者: 中国石油大学出版社排版中心

印 刷 者: 东营市新华印刷厂

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392787)

开 本: 180×235 印张: 17.5 字数: 352 千字

版 次: 2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 26.80 元

前言

Preface

本书是根据高等学校“电子技术”课程要求和实验教学改革要求,结合多年的工程实践经验和教学经验编著的“电子技术实验”课程教材。

电子技术是当今发展最迅速的高新技术之一,“电子技术”课程是高等学校电气类、电子类、自控类、机电类专业的一门非常重要的专业基础课,是理论性和实践性都很强的课程,同时“电子技术实验”也是培养学生实践创新能力的重要环节。我们编著本书的指导思想是满足电子技术基础实验教学的要求和新世纪实验教学改革的需要,着重培养学生的实验研究能力和实践创新能力,反映现代电子技术的发展水平。

本书在内容的安排上既注重了原有基础内容,又引入了现代电子技术的新内容 EDA 技术和电子工程实践的内容。本书分为电子技术实验基础、电子技术基础实验、EDA 技术实验、综合设计实验、电子工程实践等几大部分。全书对基础实验,从实验原理、仪器使用、实验方法和步骤等方面进行了较为详细的描述,有利于学生掌握科学的实验研究方法;对 EDA 技术及软件,则从实例出发介绍最核心、最基本的内容,使学生能迅速掌握 EDA 技术的要点;对电子技术工程实践的内容采取概述的方式,使学生在电子设计中树立工程意识。

本书具有以下几方面的特色:

1. 重视基础实验

通过电子技术基础实验的训练,可以使学生加深对理论知识的理解和掌握,同时更重要的是要学习和掌握电子技术实验的研究方法,理解实验能做什么,学习实验理论、方法和技术。本书充分发挥基础实验的作用,培养学生的基础实验技能,使经过基础实验培训的学生能将理论和实际有机地结合,学会用实验的方法分析和实际问题。

2. 内容先进

在传统的电子实验技术内容基础上,引入了反映现代电子设计新技术和新方向的电子设计自动化技术:(1) 基于 Multisim 软件的电子电路计算机仿真设计与分析。(2) 采用硬件描述语言,利用 EDA 软件工具 QuartusII,以大规模 PLD 为载体的数字电子系统的设计。(3) Protel 印刷电路板自动设计软件。使学生能掌握当前先进的电子技术新工具和新方法。

3. 适应教学

本书内容的组织适应高校电类专业的教学要求,尽力做到与电子技术理论课教

材的有机衔接。内容包括电子实验技术、模拟电路、数字电路、EDA 技术和综合电子技术几部分,实验层次由浅到深、由单一到综合,符合由简单到复杂、循序渐进的教学规律。全书每一部分、每一层次实验都有精讲实例,便于学生学习;每一个实验都有实验原理或设计思路,都有思考题,启发学生自主思考发挥,能引起学生的兴趣,培养他们解决问题的能力。

4. 注重能力的培养

本书增加 PCB(印刷电路板)的设计制作、电子产品制作等电子工程实践内容。引入综合设计型和研究型实验题目,以自主设计为主,激发学生的创造性思维,给学生以开拓创新的空间。强调系统观念和工程观念,全面培养学生综合应用知识的能力、动手实践能力和创新开发能力。

本书由李素梅、郭荣生主编,第 1 章、第 3 章由郭荣生编写,第 2 章由郭荣生和赵延编写,第 4 章、第 5 章、第 7 章由李素梅编写,第 6 章由李素梅和张玉欣编写,第 8 章由李素梅和王友谊编写,张涛编写了附录。

本书 4、5、6 章电路图中的符号与相应软件的符号一致。

本书在编写过程中得到了我校教务处、信息工程学院和实验中心的支持与帮助,蒋保臣、郑恒秋、王贻俊、杜清府等教授为本书提出了宝贵的意见和建议,本书的出版得到了山东大学威海分校教材建设基金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中可能出现不足之处或错误,恳请读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

本书在编写过程中得到了我校教务处、信息工程学院和实验中心的支持与帮助,蒋保臣、郑恒秋、王贻俊、杜清府等教授为本书提出了宝贵的意见和建议,本书的出版得到了山东大学威海分校教材建设基金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

本书内容

本书在编写过程中得到了我校教务处、信息工程学院和实验中心的支持与帮助,蒋保臣、郑恒秋、王贻俊、杜清府等教授为本书提出了宝贵的意见和建议,本书的出版得到了山东大学威海分校教材建设基金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

本书内容

本书在编写过程中得到了我校教务处、信息工程学院和实验中心的支持与帮助,蒋保臣、郑恒秋、王贻俊、杜清府等教授为本书提出了宝贵的意见和建议,本书的出版得到了山东大学威海分校教材建设基金的资助,在此一并表示衷心的感谢。

目 录

Contents

第1章 电子技术实验基础	1
1.1 电子技术实验的基本过程	1
1.1.1 实验前的准备过程	1
1.1.2 实验过程	1
1.1.3 实验后的总结	2
1.2 电子技术实验中的常用元器件	3
1.2.1 电阻器	3
1.2.2 电容器	5
1.2.3 电感器	7
1.2.4 半导体器件	7
1.2.5 半导体集成电路	8
1.3 常用电子技术实验仪器设备	10
1.3.1 示波器的原理和使用	10
1.3.2 函数信号发生器的基本原理和使用说明	21
1.4 电子测量的基础知识	22
1.4.1 电子元器件性能指标测量	22
1.4.2 电信号的测量	25
1.4.3 电路性能参数的测量	27
第2章 模拟电子技术基础实验	31
2.1 实验1 万用表的使用和晶体管极性的判别	31
2.2 实验2 分压式共射极单管放大电路	35
2.3 实验3 射极跟随电路	41
2.4 实验4 阻容耦合负反馈放大电路	43
2.5 实验5 具有恒流源的差动放大电路	47
2.6 实验6 集成模拟运算电路	50
2.7 实验7 波形产生电路	54
2.8 实验8 有源滤波电路	57
第3章 数字电子技术基础实验	61
3.1 实验1 TTL集成电路的逻辑功能及参数测试	61
3.2 实验2 小规模集成门电路构成的组合逻辑电路	66

3.3	实验3 中规模集成译码器及其应用	70
3.4	实验4 触发器及其应用	74
3.5	实验5 计数器及其应用	78
3.6	实验6 码循环电路的设计	82
3.7	实验7 555 时基电路的应用	84
3.8	实验8 D/A、A/D 转换器	87
第4章	电子电路的计算机仿真和设计	93
4.1	Multisim 7 操作界面	93
4.1.1	主窗口	93
4.1.2	菜单和命令	93
4.1.3	工具栏	96
4.1.4	定制页面	99
4.2	建立电路	99
4.2.1	在电路窗口中放置元件	99
4.2.2	给元件连线	100
4.2.3	添加文本	101
4.2.4	创建子电路	103
4.2.5	放置总线	104
4.3	使用虚拟仪器	105
4.3.1	添加和连接仪器	106
4.3.2	设置仪器	106
4.3.3	仿真电路	108
4.3.4	虚拟仪器应用实例	109
4.4	电路分析方法	114
4.4.1	基本分析功能	114
4.4.2	分析方法	116
4.4.3	分析结果显示	123
4.5	后续处理	126
4.5.1	后续处理器	126
4.5.2	文件转换	127
4.5.3	产生报告	128
4.6	虚拟试验	128
4.6.1	单管放大器	128
4.6.2	负反馈放大电路	129
4.6.3	有源滤波器	130

4.6.4	门电路功能测试及应用、测试竞争-冒险	131
4.6.5	译码器的应用	132
4.6.6	555 定时器	134
4.6.7	阶梯波	135
4.6.8	数字时钟	135
第 5 章 采用可编程逻辑器件(PLD)的数字电子系统设计		137
5.1	概述	137
5.1.1	PLD 数字系统设计方法	138
5.1.2	CPLD/FPGA 的设计流程	138
5.2	CPLD/FPGA 结构与应用	140
5.2.1	CPLD 结构	141
5.2.2	FPGA 结构	142
5.2.3	CPLD 和 FPGA 的编程与配置	143
5.2.4	FPGA 和 CPLD 的开发应用选择	145
5.3	VHDL 简介	145
5.3.1	VHDL 程序的基本结构	146
5.3.2	数据类型与数据对象	147
5.3.3	VHDL 语句与描述风格	148
5.3.4	有限状态机的设计	150
5.4	Quartus II 的使用	150
5.4.1	创建工程和编辑设计文件	151
5.4.2	编译	154
5.4.3	仿真	156
5.4.4	引脚锁定和编程下载	158
5.4.5	参数可设置宏模块 LPM 的使用	160
5.4.6	其他工具	162
5.5	实验项目	162
5.5.1	实验 1 数据选择器和加法器的设计	162
5.5.2	实验 2 4 位二进制计数器设计	164
5.5.3	实验 3 自动售邮票电路设计	164
5.5.4	实验 4 A/D 采样控制器	165
5.5.5	实验 5 正弦信号发生器	166
5.5.6	实验 6 等精度频率计	168
5.5.7	实验 7 智力竞赛抢答器	169
5.5.8	实验 8 电梯控制器的设计	170

第 6 章 印刷电路板的设计与制造	172
6.1 概述	172
6.2 印制板的设计	173
6.2.1 设计准备	173
6.2.2 排版设计	176
6.2.3 制版底图绘制及制版工艺文件输出	183
6.3 CAD 软件 PROTEL	184
6.3.1 Protel DXP 设计流程	184
6.3.2 Protel 原理图设计	191
6.3.3 Protel PCB 设计	192
6.3.4 Protel 自定义元件库	195
6.3.5 Protel 设计注意事项	197
6.4 印制板制作工艺	199
6.4.1 PCB 制造基本工艺技术	199
6.4.2 PCB 生产流程	201
6.4.3 印制板的手工制作	202
6.4.4 印制板的检验	204
6.4.5 印制电路的新发展	205
第 7 章 电子产品制造工艺	207
7.1 焊接	207
7.1.1 焊接的基本知识	207
7.1.2 手工焊接	212
7.1.3 工业自动焊接技术	219
7.2 装配	220
7.2.1 概述	220
7.2.2 装配准备	223
7.2.3 整机总装	226
7.2.4 装配质量检查	227
7.3 调试	228
7.3.1 调试工艺过程	228
7.3.2 调试工艺文件及调试方案	229
7.3.3 静态的测试与调整	230
7.3.4 动态的测试与调整	231
7.3.5 整机调试	234
第 8 章 综合电子系统设计实验	236

8.1 电子系统设计方法	236
8.1.1 电子系统设计的一般方法	236
8.1.2 电子系统设计的一般步骤	237
8.1.3 模拟电路系统的设计	239
8.1.4 数字电路系统的设计	239
8.2 温度测量与控制电路	240
8.3 万用表的设计与调试	243
8.4 晶体管超外差式收音机	247
8.5 可编程时钟控制器	251
8.6 多路数据采集系统	254
8.7 电子密码锁	257
8.8 函数信号发生器的设计	259
8.9 步进电机控制电路设计	265
附录 常用 74 系列 TTL 集成电路	267
参考文献	270

第1章 电子技术实验基础

电子技术是一门实践性很强并具有工程特点的技术,因此电子技术实验和实践是电子技术中非常重要的内容。要顺利地进行电子技术实验,不仅要了解相关的理论知识,还要掌握许多实际的实验方法和实验技能。本章将介绍电子技术实验的基本过程、常用电子元器件、常用实验仪器设备、电子测量方法等内容,为大家顺利完成电子技术实验提供必要的基础知识。

1.1 电子技术实验的基本过程

一般的电子技术实验,不论是基础型实验,还是难度较大的设计型和研究型实验,都具有相同或相似的实验过程——实验前的准备、实验过程、实验后的总结。

1.1.1 实验前的准备

为了能在实验中有效地完成实验任务并取得理想的实验结果,实验前应做好充分的预习准备工作,并写出预习报告。

实验准备一般应包括以下内容:

- 确定实验名称,明确实验目的。
- 学习实验原理。
- 确定实验内容、实验步骤。
- 画出实验电路,确定实验方法和测试方法。
- 列出实验中所需的元器件和实验仪器设备。
- 进行理论分析,估算实验结果;设计实验表格,以便记录实验数据,注意与理论计算结果进行对比分析。
- 找出实验中应注意的问题,回答相关的思考题。

1.1.2 实验过程

做好实验准备后,方可进入实验室进行实验。每位参加实验者都应自觉遵守实验室规则,保持良好的实验秩序,注意人身安全和实验室安全。

1. 实验安排

(1) 根据实验内容合理分置实验现场、准备好实验所需的仪器设备、元器件及连接线,按实验方案合理安排实验器件,正确连接实验电路和测试电路。

(2) 使用仪器前,必须了解其性能、使用方法及注意事项,并要严格遵守。

2. 通电检查

(1) 实验时认真接线,经检查确认无误后,方可接通电源。

(2) 接通电源后,应首先观察有无破坏性异常现象(如仪器、元器件冒烟、发烫或有异味等),如果发现应立即关闭电源,保护现场,报告指导教师。只有在查清原因,排除故障后,才能继续做实验。

(3) 实验中接线、拆线时,应先关闭电源。

3. 实验记录

(1) 记录实验条件、实验仪器设备的型号。

(2) 认真记录实验测得的数据和波形,并及时与理论分析结果加以比较。如发现有较大差异,应做着重分析,得出误差原因后,决定是否重新实验。

4. 故障排除

(1) 实验过程中出现故障时,不要着急慌乱,应注意观察故障现象和故障位置,然后切断电源,分析出现故障的可能原因,仔细检查线路连接和电路设计是否有错,改正后再进行实验。如不能自行解决,可以请指导教师帮助提供排除故障的思路。

(2) 实验中出现故障是正常现象,并不是件无益的事情,相反在排除故障的过程中可以提高分析问题、解决问题的能力,找到改进实验的途径,提高实验的兴趣。

5. 结束实验

(1) 实验结束后,可将实验记录整理好后送给指导教师审阅,经教师同意后方可拆除线路,清理现场。

(2) 拆除线路时,应先关断电源,然后再拆线。整理仪器设备,将其恢复原状。整理好实验桌及周围环境卫生,并将实验元器件交给指导教师后,方可离开实验室。

1.1.3 实验后的总结

实验完成后,实验者须认真总结并撰写实验报告。

1. 实验报告的要求

(1) 实验名称、实验时间、同组同学、实验目的、实验仪器设备及其型号、实验采用的元器件。

(2) 简述实验内容和步骤,画出实验电路图。

(3) 认真整理和处理测试数据,列出数据表格或用坐标纸画出曲线。

(4) 将实验测试数据与预习报告中的理论值进行比较,计算误差,分析产生误差的原因,提出减少实验误差的措施。

(5) 对测试结果进行处理分析,做出简明扼要的结论。

(6) 记录出现的故障情况,分析故障原因,并说明故障排除的过程和方法。

(7) 回答有关的实验思考题(有的思考题可通过实验来验证)。

2. 误差分析与测量结果的处理

实验过程中的测量值与待测量的真值总是有一定的差别,即误差。对误差的分析也是实验后的一项重要工作。误差的来源有仪器误差、使用误差、人身误差、环境误差和方法误差(理论误差)。误差的种类包括系统误差、随机误差(偶然误差)、疏失误差(粗差)。实验中应分析误差产生的原因,在测量过程中采取适当的措施减少误差。常用的措施有:

- (1) 正确选择测试仪表,并对测试仪表进行定期校准。
- (2) 注意测试仪表和元器件的误差范围对测量结果的影响。
- (3) 选择合适的测量方法。
- (4) 每个参数应多测几次,取平均值代表测量值,尽可能提高测量的准确度。
- (5) 正确估计理论误差的影响。
- (6) 实验时应严格执行操作规程,认真测量,仔细读数,以避免疏失误差。

实验后还须对测量的数据进行恰当的处理以得到满意的测量结果。测量数据的处理方法有两种:数字处理和曲线处理,数据处理在处理数据时注重有效数字,曲线处理则利用分组平均法来修匀曲线。

1.2 电子技术实验中的常用元器件

电子技术实验中需用到多种元器件,正确识别元器件、熟悉元器件的性能、合理选用元器件,对完成实验极为重要。本节将简要介绍电子技术实验中常用的电子元器件的识别、性能、参数等。

1.2.1 电阻器

1. 电阻器的种类

电阻器是电子技术实验中应用较广的一种元件,其主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压。电阻器在电路中起限流、分流、降压、分压、消耗电能的负载、与电容配合用作滤波器以及阻抗匹配等作用。

电阻器根据电阻值可分为固定式电阻器和可调(可变)式电阻器两大类:

- (1) 固定式电阻器一般称为“电阻”,电阻可根据制作材料和工艺的不同分为膜式电阻、实芯式电阻、金属线绕电阻(RX)和特殊电阻四类。
- (2) 可调电阻器可通过不同方式来改变其电阻值,使其在电路中的端电位发生改变,故也称为电位器,分为线绕电位器和碳膜电位器两类。

2. 电阻器的主要性能指标

- (1) 额定功率。电阻器的额定功率是指电阻器在规定的环境温度和湿度下长期连续工作且其基本性能不变的情况下允许消耗的最大功率。若电阻器工作在超过额定功率的情况下允许消耗的最大功率。若电阻器在超过额定功率的情况下工作,就

会受到损坏,因而一般要选用额定功率大于实际电路消耗功率的1~2倍。实际应用中较多采用的是1/4、1/2、1、2 W。线绕电位器应用较多的有2、3、5、10 W等。

(2) 标称阻值。标志在电阻器上的电阻值称为标称阻值,是产品标志的“名义”值,其单位为欧姆(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。

(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值的最大允许偏差范围,它表示电阻的精度。允许误差等级如表1-2-2所示。线绕电位器允许误差一般小于 $\pm 10\%$,非线绕电位器的允许误差一般小于 $\pm 20\%$ 。

表 1-2-1 标称阻值

允许误差	系统代号	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	2.4
		2.7	3.0	3.3	143.6	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				

表 1-2-2 允许误差等级

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

电阻器的阻值和误差,一般都用数字印在电阻器上,但体积很小和一些合成电阻器,其阻值和误差常用色环来表示,如图1-2-1所示。由于电阻精度差异,电阻器表面的色环数量有三道、四道或五道色环,色环分为数字环、级数环和误差环。各数字环与级数环之间距离均匀,而误差环与级数环之间的距离较大。数字环的第一道色环距离电阻的引极端近。第一道数字环、第二道数字环以及五道色环的第三道色环都表示其相应位数的数字。数字环后的一道色环是级数环。最后一道色环是误差环,表示阻值的允许误差。三环电阻没有误差环,用电阻体的有色表示误差值为 $\pm 20\%$ 。各种颜色所代表的意义如表1-2-3所示。

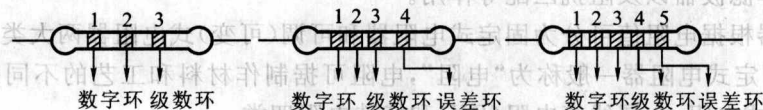


图 1-2-1 阻值和误差的色环标记

表 1-2-3 色环颜色所代表的意义

颜色	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	本色
数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
代表数值													
允许误差		$\pm 1\%$	$\pm 2\%$			$\pm 0.5\%$	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.1\%$			$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

例如：四色环电阻器的第一、二、三、四道色环分别为黄、紫、红、金色，则该电阻的阻值为：

$$R = (4 \times 10 + 7) \times 10^2 \, \Omega = 4\,700 \, \Omega = 4.7 \, \text{k}\Omega$$

误差为±5%

即该电阻的阻值和误差是：4.7 kΩ±5%。

1.2.2 电容器

电容器是一种储能元件。在电路中用于调谐、滤波、耦合、旁路、能量转换和延时等。

1. 电容器的种类

按电容器的结构分为：固定电容器、半可变电容器(微调电容器)、可变电容器。

按电容器介质材料分为：电解电容器、云母电容器、瓷介电容器、玻璃釉电容器、纸介电容器、有机薄膜电容器等。

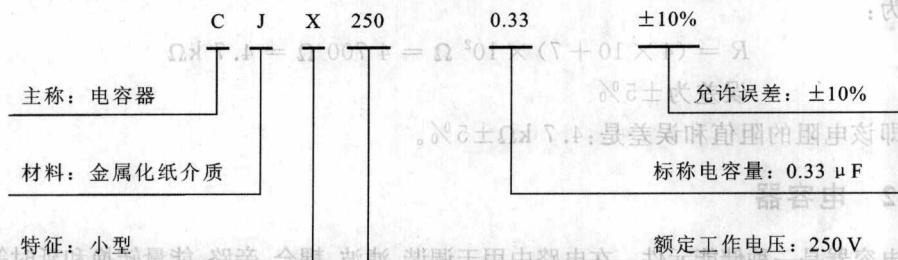
2. 电容器型号命名

电容器的型号命名法如表 1-2-4 所示。

表 1-2-4 电容器型号命名

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
符号	意义	符号	意义	符号	意义	字表示序号
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	钕电解			
		T	钛电解			
		M	压敏			
		E	其他材料电解			

示例:电容器 CJX-250-0.33- $\pm 10\%$ 的含义为:



3. 电容器的主要性能指标

(1) 电容量。电容量指电容器加上电压后储存电荷的能力。

一般的,电容器上都直接写出其容量,也有用数字来表示容量的。如有的电容器上只标出“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。“332”表示该电容器的容量为 3 300 pF。

(2) 标称电容量是标志电容器上的“名义”电容量。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。固定电容的允许误差分 8 级,如表 1-2-5 所示。

表 1-2-5 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%~ -30%	+20%~ -30%	+20%~ -30%

(4) 额定工作电压。指电容器在规定的工作温度范围内,长期、可靠地工作能承受的最高电压。常用固定电容器的直流工作电压系列为:6.3、10、16、25、40、63、100、250、400 V。

4. 电容器的简单测试

电容器的漏电、容量衰减或失效的情况可以利用指针式万用表的欧姆挡进行简单地测量加以分辨。具体方法是:选用万用表的“ $R \times 1 \text{ k}$ ”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;若表针摆动大,但返回时,表针显示的 Ω 值较小,说明该电容器漏电流较大;若表针摆动很大,接近 0Ω 且不返回,说明该电容器已击穿;若表针不摆动,则说明电容器已开路,失效。如果电容器的容量较小,应选用万用表的“ $R \times 10 \text{ k}$ ”挡测量。另外,如果需要对电容器再次测量,必须将其放电后方可进行。

5. 电容器的选择

(1) 电容器在装接前应进行测量,看其是否短路、断路或漏电严重,在接入电路

时应使电容器的标志易于观察,并且应使标志顺序一致。

(2) 电路中,电容器两端的电压不能超过电容器本身的工作电压。并注意其正负极性,不能接反。

(3) 当出现现有电容与要求的电容不合适时,可采用电容的串并联方法来解决。并联时耐压值取低的电容器;串联时,取容量大的电容器的耐压值。

(4) 技术要求不同的电路应选用不同类型的电容器。如,谐振回路中需要介质损耗小的电容器,宜采用高频陶瓷电容器(CC型);隔直、耦合电容可选用纸介、涤纶、电解等电容器;低频滤波电路一般应选用电解电容器,旁路电容可选用涤纶、纸介、陶瓷和电解电容器。

1.2.3 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 、提高品质因数 Q 、减小体积,通常在线圈中加入软磁性材料的磁芯。

电感器根据其是否可调,分为固定、可变和微调电感器。

2. 电感器的主要性能指标

(1) 电感量。指电感器通过变化的电流时产生感应电动势的能力。

(2) 品质因数 Q 。反映电感器传输能量的参数。 Q 越大,传输能量越多,损耗越小。

(3) 额定电流。对高频电感器和大功率调谐电感器的最大限定电流。若通过电感器的电流超过其额定电流,电感器会发热,严重时损坏。

1.2.4 半导体器件

半导体器件是组成分立元件电子电路的核心器件,主要包括二极管和三极管。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。

1. 半导体器件的命名方法

半导体器件管壳上印有规格和型号。国产半导体器件按中国国家标准GB 249—74规定的型号命名法来命名的,型号组成部分的符号及意义如表1-2-6所示。

型号的组成:(以3AX31B为例)

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
3	A	X	31	B

第一部分是用阿拉伯数字表示器件的电极数目;

第二部分是用汉语拼音字母表示器件的材料和极性;

第三部分是用汉语拼音字母表示器件的类型;

第四部分是用阿拉伯数字表示器件的序号;