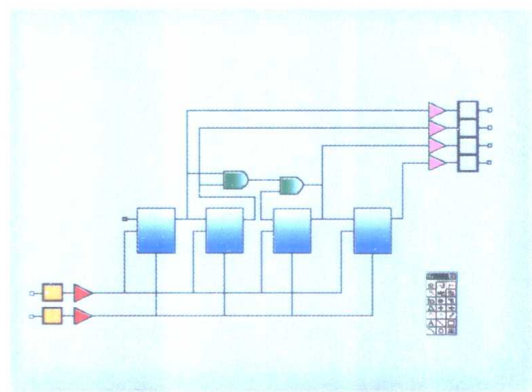


# 电子技术实验 及电子电路 计算机仿真

张玉平

主编



北京理工大学出版社

# 电子技术实验 及电子电路计算机仿真

主编 张玉平

参编 刘惠贞 张 岩

凌红珠 王美玲

北京理工大学出版社

## 内 容 简 介

电子技术领域的快速发展,促使课程教材要不断补充更新。本书为《电子技术基础》课程的实验指导教材,内容包括电子技术实验基础、数字电子技术实验、模拟电子技术实验及电子电路的计算机仿真。考虑到素质教育与创新能力培养,在实验内容的安排上既体现保证了基础,又培养了学生的理论联系实际及综合能力,并适当引入了电子技术中的新器件、新技术、新方法。

本书适用于高等院校非电类工科专业,也可供其他相关专业选用。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术实验及电子电路计算机仿真/张玉平主编. —北京:北京理工大学出版社,2001.10  
ISBN 7-81045-865-5

I. 电… II. 张… III. 电子技术—实验—高等学校—教材 IV. TV-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 065881 号

责任印制:王 军 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行  
(北京市海淀区中关村南大街 5 号)  
邮政编码 100081 电话(010)68912824  
各地新华书店经售  
北京房山先锋印刷厂印刷

\*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 8 印张 182 千字  
2001 年 10 月第 1 版 2001 年 10 月第 1 次印刷  
印数:1-5000 册 定价:12.00 元

---

※图书印装有误,可随时与我社退换※

# 前 言

《电子技术基础》是一门实践性很强的技术基础课,课程中除搞好课堂教学,讲授必要的基本理论、基本知识外,还必须加强实践环节,它对学生掌握基本理论,运用基本知识,培养基本技能,增强实验能力、综合应用能力和创新意识有着至关重要的作用。

随着我国社会主义现代化进程的快速发展,电子技术领域发生了迅猛而巨大的变化,新技术、新器件、新成果不断涌现,促使教材要不断补充更新,以适应教学改革的要求及培养高质量人才的需要。

本书适用于高等院校非电类工科专业。全书内容共分四章。第一章为电子技术实验基础,介绍了电子电路的设计与调试方法、实验注意事项及常用元器件、通用仪器仪表的使用。第二章和第三章分别为数字电子技术实验及模拟电子技术实验。本着保证基础、锻炼技能、扩大知识面、提高综合实验动手能力及培养创新意识原则,这两章中编排了若干基本实验、设计性实验及较大型的综合实验,并设有若干选项项目。鉴于许多院校非电类工科专业电子技术课程学时较少,使用本教材时可根据具体情况对实验内容加以取舍。第四章为电子电路的计算机仿真,介绍了 ISP-PLD 在系统可编程逻辑器件的开发与应用以及当今国内外流行的电子电路仿真软件 PSPICE、Workbench EDA 的应用。

书中第一章由刘惠贞编写,第二章由张岩编写,第三章由凌红珠编写,第四章第一节由王美玲编写、第二节和第三节由张玉平编写,全书由张玉平任主编。

张玉璞教授担任本书的主审,对书稿进行了认真、负责、全面的审阅,提出了许多宝贵意见。编者根据这些意见修改了书稿,在此向他表示诚挚的谢意。

受作者能力和水平的限制,书中若有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

作 者

2001 年 8 月于北京理工大学

# 目 录

|                      |        |
|----------------------|--------|
| 第一章 电子技术实验基础         | ( 1 )  |
| 第一节 实验要求与须知          | ( 1 )  |
| 一、实验规则               | ( 1 )  |
| 二、预习要求               | ( 1 )  |
| 三、实验报告要求             | ( 1 )  |
| 四、实验电路的安装与调试         | ( 2 )  |
| 第二节 电路元器件的基本特性及使用规范  | ( 3 )  |
| 一、电阻器                | ( 3 )  |
| 二、电容器                | ( 7 )  |
| 三、半导体二极管和晶体三极管       | ( 10 ) |
| 第三节 常用电子仪器的使用        | ( 16 ) |
| 一、双踪示波器              | ( 16 ) |
| 二、XD-2 型正弦波形信号发生器    | ( 25 ) |
| 三、DF2170B 型双通道交流毫伏表  | ( 27 ) |
| 四、JWY-30G 型双路直流稳压电源  | ( 27 ) |
| 五、数字万用表              | ( 28 ) |
| 第二章 数字电子技术实验         | ( 32 ) |
| 实验一 门电路功能测试及组合逻辑电路设计 | ( 32 ) |
| 一、实验目的               | ( 32 ) |
| 二、实验设备和器材            | ( 32 ) |
| 三、实验内容及步骤            | ( 32 ) |
| 四、选作题目               | ( 34 ) |
| 五、实验报告要求             | ( 34 ) |
| 六、实验预习要求             | ( 34 ) |
| 实验二 触发器功能测试和时序电路设计   | ( 35 ) |
| 一、实验目的               | ( 35 ) |
| 二、实验设备和器材            | ( 35 ) |
| 三、实验内容及步骤            | ( 35 ) |
| 四、选作题目               | ( 37 ) |
| 五、实验报告要求             | ( 38 ) |
| 六、实验预习要求             | ( 38 ) |
| 实验三 555 定时器的应用       | ( 39 ) |
| 一、实验目的               | ( 39 ) |
| 二、实验设备和器材            | ( 39 ) |
| 三、实验内容及步骤            | ( 39 ) |

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 四、选作题目 .....                   | ( 40 ) |
| 五、实验报告要求 .....                 | ( 40 ) |
| 六、实验预习要求 .....                 | ( 40 ) |
| 实验四 A/D、D/A 转换及其应用 .....       | ( 41 ) |
| 一、实验目的 .....                   | ( 41 ) |
| 二、实验设备和器材 .....                | ( 41 ) |
| 三、实验内容及步骤 .....                | ( 41 ) |
| 四、选作题目 .....                   | ( 43 ) |
| 五、实验报告要求 .....                 | ( 44 ) |
| 六、实验预习要求 .....                 | ( 44 ) |
| 实验五 综合应用实验(一) 数字式秒表电路设计 .....  | ( 45 ) |
| 一、实验目的 .....                   | ( 45 ) |
| 二、实验课题 .....                   | ( 45 ) |
| 三、设计内容简介 .....                 | ( 45 ) |
| 四、方案分析 .....                   | ( 45 ) |
| 五、安装和调试 .....                  | ( 46 ) |
| 六、实验报告要求 .....                 | ( 47 ) |
| 七、实验预习要求 .....                 | ( 48 ) |
| 实验六 综合应用实验(二) 转速测量逻辑电路设计 ..... | ( 49 ) |
| 一、实验目的 .....                   | ( 49 ) |
| 二、实验设备和器材 .....                | ( 49 ) |
| 三、实验简述 .....                   | ( 49 ) |
| 四、设计内容和要求 .....                | ( 49 ) |
| 五、实验报告要求 .....                 | ( 49 ) |
| 六、实验预习要求 .....                 | ( 49 ) |
| <b>第三章 模拟电子技术实验</b> .....      | ( 51 ) |
| 实验一 单管放大电路的研究 .....            | ( 51 ) |
| 一、实验目的 .....                   | ( 51 ) |
| 二、实验电路 .....                   | ( 51 ) |
| 三、实验仪器和器材 .....                | ( 51 ) |
| 四、实验内容与步骤 .....                | ( 52 ) |
| 五、实验报告要求 .....                 | ( 53 ) |
| 实验二 多级放大电路和负反馈放大电路 .....       | ( 55 ) |
| 一、实验目的 .....                   | ( 55 ) |
| 二、实验电路 .....                   | ( 55 ) |
| 三、实验仪器和器材 .....                | ( 55 ) |
| 四、实验内容与步骤 .....                | ( 55 ) |
| 五、实验报告要求 .....                 | ( 57 ) |
| 实验三 集成运算放大器的基本运用 .....         | ( 58 ) |

|                                            |                |
|--------------------------------------------|----------------|
| 一、实验目的 .....                               | ( 58 )         |
| 二、实验仪器和器材 .....                            | ( 58 )         |
| 三、实验内容和步骤 .....                            | ( 58 )         |
| 四、实验报告要求 .....                             | ( 60 )         |
| 实验四 整流、滤波和稳压管稳压电路 .....                    | ( 61 )         |
| 一、实验目的 .....                               | ( 61 )         |
| 二、实验设备和器材 .....                            | ( 61 )         |
| 三、实验内容和步骤 .....                            | ( 61 )         |
| 四、实验报告要求 .....                             | ( 64 )         |
| 实验五 集成稳压电路的应用 .....                        | ( 65 )         |
| 一、实验目的 .....                               | ( 65 )         |
| 二、实验仪器设备和器材 .....                          | ( 65 )         |
| 三、实验内容和步骤 .....                            | ( 65 )         |
| 四、实验报告要求 .....                             | ( 66 )         |
| 实验六 综合应用实验 压控函数发生器的设计 .....                | ( 68 )         |
| 一、电路组成框图 .....                             | ( 68 )         |
| 二、压控方波-三角波发生电路及工作原理 .....                  | ( 68 )         |
| 三、波形变换电路的原理和电路分析 .....                     | ( 69 )         |
| 四、设计举例 .....                               | ( 71 )         |
| 五、安装与调试 .....                              | ( 73 )         |
| 六、选作课题和要求 .....                            | ( 74 )         |
| <b>第四章 电子电路的计算机仿真 .....</b>                | <b>( 74 )</b>  |
| 第一节 在系统可编程逻辑器件( ISPLD)的应用 .....            | ( 75 )         |
| 一、概述 .....                                 | ( 75 )         |
| 二、ISP 设计操作过程 .....                         | ( 76 )         |
| 三、应用举例 .....                               | ( 76 )         |
| 四、ABEL 语言说明 .....                          | ( 92 )         |
| 第二节 PSPICE 仿真软件应用 .....                    | ( 93 )         |
| 一、PSPICE 的常用分析功能 .....                     | ( 93 )         |
| 二、PSPICE 的常用程序项 .....                      | ( 94 )         |
| 三、PSPICE 应用举例 .....                        | ( 95 )         |
| 第三节 Electronics Workbench EDA 仿真软件应用 ..... | ( 98 )         |
| 一、主窗口简介 .....                              | ( 98 )         |
| (一) 窗口命令 .....                             | ( 99 )         |
| (二) 工具栏 .....                              | ( 103 )        |
| (三) 元器件栏 .....                             | ( 103 )        |
| (四) 虚拟仪器 .....                             | ( 106 )        |
| 二、应用举例 .....                               | ( 110 )        |
| <b>附录 集成电路管脚图 .....</b>                    | <b>( 114 )</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                          | <b>( 118 )</b> |

# 第一章 电子技术实验基础

## 第一节 实验要求与须知

### 一、实验规则

为了顺利完成实验教学任务,确保人身、设备安全,培养严谨、踏实、实事求是的科学作风和爱护国家财产的优秀品质,特制定以下实验规则。

- (1) 实验前必须充分预习,完成指定的预习任务,未完成预习任务者不得进入实验室。
  - (2) 使用仪器、设备前必须了解其性能、操作方法及注意事项,使用时严格遵守。
  - (3) 实验接线要认真,相互仔细检查,确信无误后,才能接通电源。初学或没有把握时应经指导教师审查同意后,才能接通电源。实验过程需要改接线时,应关断电源后才能拆、接线。
  - (4) 实验时应注意观察,若发现有破坏性异常现象(例如有元件冒烟、组件发烫、逻辑箱电源部分发热或有异味),应立即关闭电源,保持现场,报告指导教师。找出原因、排除故障并经得指导教师同意后才能继续实验。如果发生事故(例如组件或设备损坏)应主动写出实验事故报告,服从实验室指导教师对事故的处理决定(包括经济赔偿),并自觉总结经验,吸取教训。
  - (5) 实验过程中应仔细观察实验现象,认真记录实验结果(数据、波形及其他现象),所记录的实验结果必须经指导教师审阅后方能拆除实验线路。
  - (6) 实验结束后,必须先关断所用仪器的电源,并将仪器、设备、工具、导线等按规定整理好,请指导教师检查后方能离开实验室。
  - (7) 在实验室内不得做与实验无关的事。进行任课老师指定内容以外的实验,必须经指导教师同意。
  - (8) 遵守纪律,不迟到、不乱拿他组的仪器、设备、工具、导线等。保持实验室内安静、整洁,爱护一切公物。不许在仪器设备或桌子上乱写乱画。
  - (9) 实验后每个同学都必须按要求写一份实验报告。
- 以上实验规则,请全体同学自觉遵守。

### 二、预习要求

- (1) 认真阅读实验指导书,明确实验目的与实验步骤。
- (2) 掌握实验电路的工作原理,对实验结果进行预分析及必要的设计与计算,并列好记录实验数据的表格,做出预习报告。
- (3) 预习实验中每个仪器的使用方法及注意事项,以便实验时能正确使用。

### 三、实验报告要求

编写实验报告是将实验结果进行归纳总结、分析和提高的阶段。学生在每次实验后都应独立完成这一工作。报告内容应包括:



- (1) 实验名称、实验日期、班级和姓名、同组者姓名。
- (2) 实验目的、实验线路和简要的实验内容。
- (3) 根据实验原始记录整理而成的数据表格、曲线、波形和计算数据等。
- (4) 对实验结果进行讨论分析。若实验结果超出合理误差的范围,分析原因,必要时重新进行实验。
- (5) 回答讲义中提出的问题以及实验的改进意见等。
- (6) 实验中如有故障发生,应在实验报告中写明故障现象,分析故障原因,阐明排除方法。吸取教训,提高实验技能。

## 四、实验电路的安装与调试

### 1. 实验电路的安装

#### (1) 合理布局

在面包板上合理布局元器件是十分重要的。一般应考虑以下几点:按信号流向,自输入级到输出级;接线尽可能短,彼此连线多的器件尽量相邻安置;尽量避免输出级对输入级的反馈;振荡电路应布置于电路的一角,以避免与其他信号相互干扰。

#### (2) 插置元器件

在面包板上插入双列直插式集成电路时,要认清方向,切勿倒插。要使集成电路的每个管脚对准插孔,用力要轻而均匀,要防止个别引脚弯曲而造成的故障隐患。常用集成电路的引脚排列顺序见附录,以左边缺口和以型号正方向为标志,从左下脚开始,逆时针数引脚的序号。大多数片子左上脚接电源,右下脚接地。实际使用时,查看手册规定。

拔下集成电路时,应用专用 U 形夹或用小螺丝刀对起片子的两头,不要用手去拔,以避免损坏管脚。

插入标有极性或方向的元件时,应注意不要插反,如电解电容、晶体二极管、晶体三极管、发光二极管等。

#### (3) 布线技巧

① 导线准备 布线用的导线一般用  $\phi 0.5\text{ mm}$  或  $0.6\text{ mm}$  的单股硬线,过细的导线将造成接触不良,而过粗的导线将损坏多孔插板。最好用色线区别不同用途,一般电源用红色,地线用黑色,导线截取长度要适当,剥离绝缘皮的引线长度以  $5\text{ mm}$  左右为宜,不应有刀痕或弯曲。

② 布线顺序 布线时应先设置电源线和地线,再处理固定不变的输入端(如空头、异步置 0、置 1 端、预置端等),最后按信号流向依次连接控制线和输出线。

③ 布线要求 布线要求整齐、清晰、可靠,以便于查找故障和更换器件。布线时,导线应贴近底板的表面,在片子周围走线,尽量不要覆盖不用的插孔,切忌将导线跨越片子上空或交错连接。最好用小镊子将导线插入底板,深度要适当,保证接触可靠。

④ 布线检查 布线最好在布线过程中分阶段进行,如布好电源线和地线后即行检查,以便及时发现和排除故障。查线时应用万用表直接测量引脚之间通与不通,而不要简单的用目测的方法,以便准确而迅速地发现漏接、错接,尤其是接触不良的故障。

### 2. 一般调试步骤

#### (1) 通电前检查

电路安装完毕,对照接线图或原理图,首先直观检查电路各部分接线是否正确,检查电源、

地线、信号线、元器件引脚之间有无短路,器件有无接错。

### (2) 通电检查

接入电路所要求的电源电压,观察电路中各部分器件有无异常现象。如果出现异常现象,则应立即关断电源,待排除故障后方可重新通电。

### (3) 单元电路调试

在调试单元电路时应明确本部分的功能和调试要求,从输入到输出测试性能指标和观察波形。电路调试包括静态和动态调试,一般先静态后动态,通过调试掌握必要的数据、波形、现象,然后对电路进行分析、判断、排除故障,完成调试要求。

### (4) 整机联调

各单元调试完毕后,就为整机联调打下了基础。整机联调时应按信息流向观察各单元电路之间的信号关系是否正确,主要观察动态结果,检查电路的性能和参数,分析测量的数据和波形是否符合设计要求,对发现的故障和问题及时采取措施。

## 第二节 电路元器件的基本特性及使用规范

电路元器件是组成电路的最基本单元,它们不同的组合可以构成不同功能的电子线路。因此要想设计出完成特定任务的优良电路,就必须清楚地了解电路元器件的特性及使用规范。

电路元件可分为有源元件和无源元件两大类。无源元件包括电阻、电容和电感元件,它们都不能提供能量,只能消耗或储存能量;有源元件包括晶体管和集成电路等,它们能将独立源的能量转换成我们所需要的能量,所以称为有源元件。

### 一、电阻器

电阻器是消耗电能的实体元件,通常用于调节电路中的电流和电压,组成分流器和分压器,调节时间常数,作匹配元件或负载等。

#### 1. 电阻的分类及特点

电阻从结构上可分为两大类:薄膜电阻和绕线电阻。从使用功能上,可分为固定、可调、半可调电阻。可调和半可调电阻有时归入电位器。根据用途的不同又可分为精密电阻、热敏电阻、大功率电阻、熔断电阻、高压电阻、高频电阻等。

##### (1) 薄膜电阻

薄膜电阻是在一根陶瓷管或棒上镀一层碳膜或金属膜而成。为了保护镀膜和防止潮湿的影响,往往在镀层上涂一层薄漆。镀膜厚度不同,就可形成不同阻值的电阻。

碳膜电阻(RT)是使用最广泛的电阻,在一般电子线路中都能满足要求。价格便宜,系列值齐全,这是它的优点。但允许功率损耗小,误差级别不高,温度系数是负值,这是它的不足,选择和使用时要加以注意。

金属膜电阻(RJ)允许的功率损耗较大,误差级别高,温度系数有正有负,但价格较高,一般在要求较高的电子线路或仪器仪表中使用。

##### (2) 线绕电阻

线绕电阻(RX)是在瓷管、瓷棒或绝缘板上用电阻丝绕制而成的。为了保护电阻丝,往往在上面涂一层耐高温的绝缘层。线绕电阻的特点允许功率损耗大,阻值可以做得很精确,有时

可以根据特殊阻值需要个别绕制。

(3) 可调电阻器

可调电阻器又叫电位器,它是一种具有三个接线头的可变电阻器,经常采用的有:

WTX 型小型碳膜电位器、WHX 小型合成膜电位器、WHJ 精密合成膜电位器、WS 型有机实芯电位器、WX 型线绕电位器、WHD 型多圈合成膜电位器。

根据不同用途,薄膜电位器按轴旋转角与实际阻值间的变化关系,可分成直线式、指数式和对数式三种。电位器可带开关,也可不带开关。

常用电阻器的外形结构如图 1-1 所示。

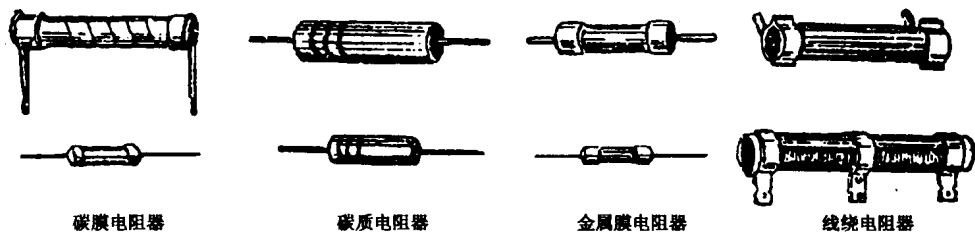


图 1-1 常用电阻器外形

2. 电阻器型号的命名方法

电阻器的型号是由一组字母和数字排列而成的,因此,要想正确应用电阻器和电位器就必须对它的型号有所了解。电阻器的型号命名方法见表 1-1。

表 1-1 电阻器的型号命名法

| 第一部分    |     | 第二部分    |        | 第三部分       |                    | 第四部分                              |
|---------|-----|---------|--------|------------|--------------------|-----------------------------------|
| 用字母表示主称 |     | 用字母表示材料 |        | 用数字和字母表示特征 |                    | 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     | 1,2        | 普通                 | 包括:<br>额定功率<br>阻值<br>允许误差<br>精度等级 |
| W       | 电位器 | P       | 硼碳膜    | 3          | 超高频                |                                   |
|         |     | 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<br>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                 |                                   |

### 3. 电阻器的主要技术指标

电阻器的主要技术指标有标称阻值、误差、额定功率、最高工作温度、最高工作电压、噪声以及高频特性等。在选用时一般只考虑前三项,只有特殊需要时才考虑其它指标。

#### (1) 标称阻值

电阻表面所标注的电阻值就是电阻的标称阻值,标称阻值系列称为标称系列。表 1-2 列出了国家规定的电阻器的标称系列。在选用电阻时必须按标称值选用,将表中的数值乘以  $10^n$  ( $n$  为整数)即构成这一阻值系列。例如 E6 中的 1.5 就有  $1.5\ \Omega$ 、 $15\ \Omega$ 、 $150\ \Omega$ 、 $1.5\ \text{k}\Omega$ 、 $150\ \text{k}\Omega$ 等阻值。

表 1-2 标称阻值

| 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 2.4 2.7<br>3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.8 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                                                                            |

#### (2) 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 允许误差等级

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

#### (3) 额定功率

电阻器长期工作而不改变其性能的允许功率称为额定功率。选择电阻器的额定功率时,必须使之大于电阻实际消耗的功率,否则长期工作时就会改变电阻的性能或者烧毁。一般情况下所选用电阻器的额定功率大于实际消耗功率的两倍左右,以保证电阻器工作的可靠性。

电阻器的额定功率分为  $1/20$ 、 $1/8$ 、 $1/4$ 、 $1/2$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $4$ 、 $5$ 、 $\dots$ 、 $500$  等 19 个等级(单位为 W),常用的是  $5\ \text{W}$  以下的电阻。薄膜电阻一般额定功率都在  $2\ \text{W}$  以下, $2\ \text{W}$  以上的电阻大多为线绕电阻。额定功率往往以数字形式标注在电阻上, $1/8\ \text{W}$  以下的电阻,由于体积小,往往不标出。

在工程实际中,最常用的是额定功率为  $1/8 \sim 2\ \text{W}$  的电阻器,它们在原理图上的标注方法如图 1-2 所示。

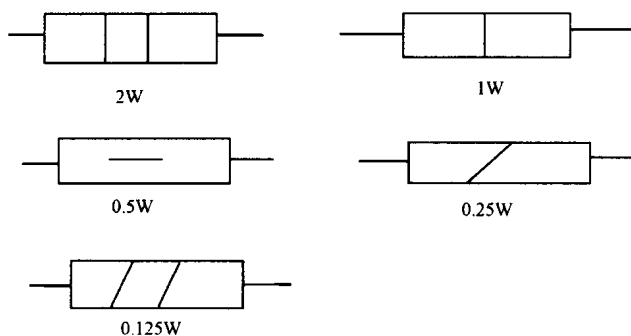
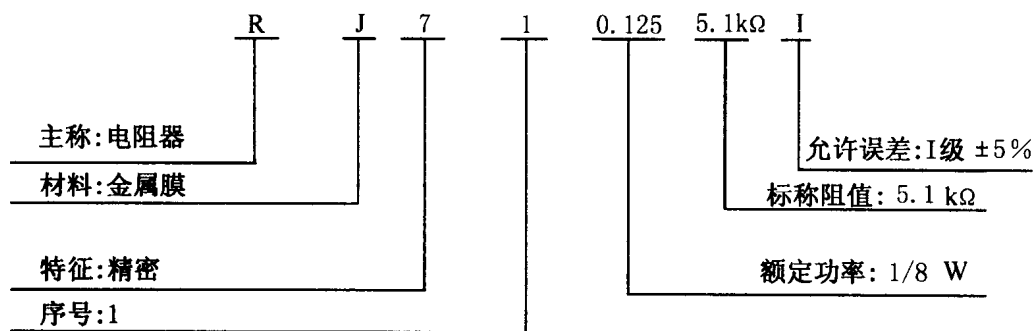


图 1-2 电阻器额定功率标注法

示例:RJ71-0.125-5.1kI 型电阻器



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

#### 4. 电阻器标称值和允许误差的标注方法

电阻器的标称值和允许误差的表示方法有直标法、文字符号法和色标法。采用色环标注电阻器的标称值已成为国际上通用的一种方法,我国也广泛采用。色环电阻如图 1-3 所示。

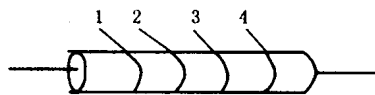


图 1-3 色环电阻

靠近电阻的一端有四道色环,第 1、2 两道色环表示电阻值的前两位有效数字,第三道色环表示乘以 10 的幂次数,第四道色环表示允许误差。

表 1-4 为色环数字对应表,表中列出了各色环所代表的数字大小。

表 1-5 为色环误差对应表,表中列出了用色环表示的允许误差。

表 1-4 色环数字对应表

| 色环颜色 | 黑 | 棕 | 红 | 橙 | 黄 | 绿 | 蓝 | 紫 | 灰 | 白 | 金  | 银  |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 对应数值 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | -1 | -2 |

表 1-5 色环允许误差对应表

| 偏差色别                  | 紫     | 蓝     | 绿     | 棕   | 红   | 金   | 银    | 本色*  |
|-----------------------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|------|------|
| 误差                    | ±0.1% | ±0.2% | ±0.5% | ±1% | ±2% | ±5% | ±10% | ±20% |
| 注: * 本色为电阻的保护漆颜色,即无色。 |       |       |       |     |     |     |      |      |

例如: 色环为      绿      棕      黄      本色  
 对应数字      5      1      10<sup>4</sup>      误差 ± 20%  
 该电阻的阻值为 51 × 10<sup>4</sup> Ω, 即 510 kΩ。

目前市场上还有高精度五色环电阻,其识别方法与四环电阻相似,只是前三道色环表示电阻值的前三位有效数字,第四道色环表示乘以 10 的幂次数,第五道色环表示允许误差。

## 二、电容器

电容器是储存电场能量的实体元件,在电子线路中主要用作隔直、旁路、滤波、调谐、微分和积分等。

### 1. 电容器的分类

电容器的种类很多,按其容量是否可调分成固定电容器、可变电容器和半可变电容器。按介质材料的不同可分为无机固体介质电容器(云母、陶瓷电容器等)、气体介质电容器(如空气电容器)、液体介质电容器(如油液电容器)。以电解质的不同形态,电解电容器又分为液态式和固态式两种。根据阳极材料的不同,电解电容器又分为铝、钽、钛、铌等金属氧化膜作介质的电容器。

一般来说,电解电容器电容量较大,有极性,其它型式的电容器的电容量较小,无极性。几种固体电容器的外形及符号如图 1-4 所示。

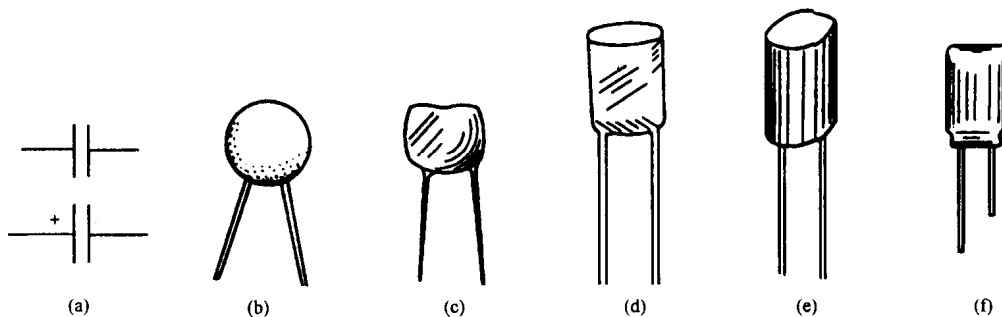


图 1-4 几种固定电容器外形及符号

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

## 2. 电容器的型号命名方法

电容器的型号命名方法见表 1-6。

表 1-6 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<br>表示序号                                      |
| 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<br>代号、温度特性、直<br>流工作电压、标称<br>值、允许误差、标准<br>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 |         |     |                                                     |

## 3. 电容器的主要性能指标

电容器的电容量  $C$  表示电容器加上电压后储存电荷的能力。其主要性能指标有：

### (1) 标称值和允许误差

电容器上标有的电容数值是电容器的标称容量,固定电容的标称电容系列如表 1-7 所示。其值为表中的数值或表中数值乘以  $10^n$  ( $n$  为整数)。

表 1-7 固定电容器的容量标称系列值

| 类型                             | 允许偏差                                                               | 容量标称值/ $\mu\text{F}$ |     |     |     |     |     |     |                                                                               |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------|
| 纸质、金属化纸介、<br>低频极性有机薄膜<br>介质电容器 | $\pm 5\%$                                                          | 100 pF ~ 1           | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 3.3 | 4.7 | 6.8 |                                                                               |
|                                | $\pm 10\%$<br>$\pm 20\%$                                           | 1 ~ 100(只取表中值)       | 1   | 2   | 4   | 6   | 8   | 10  | 15 20<br>30 50 60 80 100                                                      |
| 无极性高频有机薄<br>膜介质、瓷介、云母<br>介质电容器 | $\pm 5\%$                                                          |                      | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.8 2.0<br>2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3<br>4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1 |
|                                | $\pm 10\%$                                                         |                      | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.8 | 2.2 | 2.7 | 3.3 3.9<br>4.7 5.6 6.8 8.2                                                    |
|                                | $\pm 20\%$                                                         |                      | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 3.3 | 4.7 | 6.8 |                                                                               |
| 铝、钽等电解电容器                      | $\pm 10\%$ $\pm 20\%$<br>$-20\% \sim +50\%$<br>$-10\% \sim +100\%$ |                      | 1.0 | 1.5 | 2.2 | 3.3 | 4.7 | 6.8 |                                                                               |

电容器的允许误差一般分为七个等级,每个等级对应的容值误差如表 1-8 所示。

表 1-8 电容器的误差级别

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

## (2) 电容器的耐压值

电容器的耐压是指按技术条件所规定的温度下,长期工作电容器不被击穿时所能承受的最大直流电压。当电容器工作在交流状态时,其交流电压幅值不能超过额定直流工作电压。

常用固定式电容器的直流工作电压系列为:6.3, 10, 16, 25, 32\*, 40, 50\*, 63, 100, 160, 250, 400 V 等。

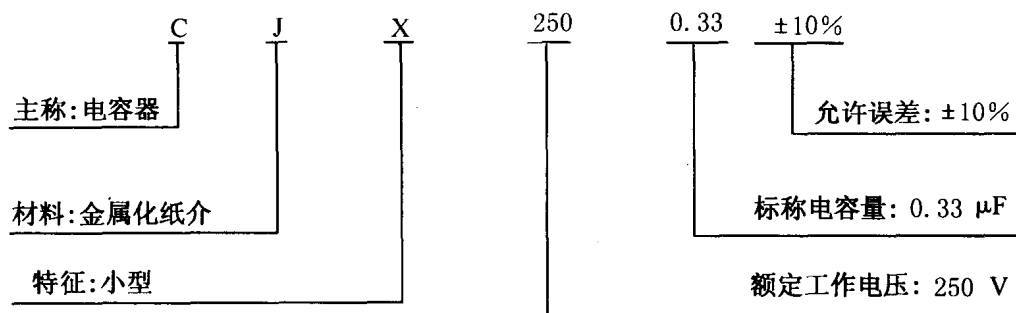
有“\*”者只限电解电容器。

## (3) 绝缘电阻

绝缘电阻是加在电容器上的直流电压与通过它的漏电流的比值。绝缘电阻一般应在 5 000 M $\Omega$ 以上,优质电容器可达 T $\Omega$ ( $10^{12}$   $\Omega$ ,称为太欧)级。

示例:CJX-250-0.33- $\pm 10\%$ 电容器





#### 4. 电容器的标注规则

电容器的容量单位常以 pF 或  $\mu\text{F}$  表示,在制图上有如下标注规则:

当  $C < 1\,000\text{ pF}$  以 pF 为单位标注。例 560 p。

当  $C > 1\,000\text{ pF}$  以  $\mu\text{F}$  为单位标注。例 0.002  $\mu$ 。

而电容器上电容量标称值的标注规则为:

(1)  $C < 1\text{ }\mu\text{F}$  不写单位

① 电容量标称值只有整数则为 pF。

如:82 为 82 pF,1 000 为 1 000 pF。

② 电容量标称值只有小数则为  $\mu\text{F}$ 。

如:0.01 为 0.01  $\mu\text{F}$ ,0.47 为 0.47  $\mu\text{F}$ 。

(2)  $C > 1\text{ }\mu\text{F}$  需写单位

如:10  $\mu$ ,100  $\mu$  等。

由于小电容器的电容体积较小,所以在电容器上也有的用三位数字表示电容器标称值,其规则为前两位数字为电容器的有效数字,第三位数字表示乘以 10 的幂次数,单位为 pF。例如,电容器上标写 103,表示电容器标称值为  $10 \times 10^3\text{ pF} = 0.01\text{ }\mu\text{F}$ ,同理 474 为 0.47  $\mu\text{F}$ 。

#### 5. 电容器使用注意事项

电解电容器和一些金属壳密封的纸介或金属化纸介电容器、油浸电容器、钽电容器等都有正负极性,这在电容器的壳体上面都有标志(“+”、“-”或箭头),或用电容器引出脚的长短来表示。这些电容器一般在直流或脉动直流下使用,并且电容器的正极接在电路中电位高的一端,负极接在电位低的一端。使用时要特别注意不能将极性接错。

### 三、半导体二极管和晶体三极管

半导体二极管和三极管的种类很多,基本特性和技术指标在手册中都有详细的介绍,这里只对它们的命名方法、分类、主要技术指标和各电极的判别方法作一简要介绍,供选择使用时参考。

#### 1. 国产半导体器件型号的命名方法

国产分立元件半导体器件是按其材料、性能、类别等来命名的,国家标准命名方法如表 1-9 所示。其中,第一部分:用阿拉伯数字表示器件的电极数目;第二部分:用汉语拼音字母表示器件的材料和极性;第三部分:用汉语拼音字母表示器件的用途和类别;第四部分:用数字表示器件序号;第五部分:用汉语拼音字母表示规格号。