

电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材

大学实验指导系列丛书

# 电子技术 基础实验

DIANZI JISHU JICHU SHIYAN

主 编 崔红玲  
副主编 李朝海 陈骏莲 付 炜 郭 迅



电子科技大学出版社

电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材

大学实验指导系列丛书

# 电子技术基础实验

DIANZI JISHU JICHU SHIYAN

主 编 崔红玲  
副主编 李朝海 陈骏莲 付 炜 郭 迅

电子科技大学出版社

ISBN 978-7-81114-921-7  
 2008年9月第1次  
 2008年9月第1次印刷  
 182mm×260mm  
 14.52 张  
 25.00 元



电子科技大学出版社

- ◆ 本社发行部电话：028-83202463；本社邮编：028-83208003
- ◆ 本社如有缺页、错页、漏页、装订错误，请寄回印刷厂调换。
- ◆ 本社地址：成都高新区世纪大道南段111号

## 图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验 / 崔红玲主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2008.9

(电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材)

ISBN 978-7-81114-951-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 122468 号

## 内 容 简 介

《电子技术基础实验》是普通高等学校实验教材,是根据高等学校“电路分析”和“模拟电路”两门课程的实验教学要求编写的,全书共分六章。

第一章介绍常用电子元器件的识别;第二章介绍常用电子测量仪器的使用;第三章为电子技术基础实验部分,每个实验教学计划是 4 学时;第四章是以 2 学时为单元的基础实验;第五章是针对模拟部分的设计型实验;第六章是计算机辅助分析。

本书可作为高等学校电子类专业电子技术基础实验教材,也可供从事电子技术的工程技术人员参考。

## 电子技术基础实验

主 编 崔红玲

副主编 李朝海 陈骏莲 付 炜 郭 迅

出 版: 电子科技大学出版社(成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 罗 雅

责任编辑: 罗 雅

主 页: [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川党建印务有限公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 14.25 字数 366 千字

版 次: 2008 年 9 月第一版

印 次: 2008 年 9 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-81114-951-7

定 价: 25.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83208003。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。
- ◆ 课件下载在我社主页“下载专区”。

# 前 言

电子技术实验基础课程作为电子科技大学“国家级实验教学示范中心”和国家级精品课程“现代电子技术实验”中最核心的基础层实验教学，其教学目的是：增强学生工程实践认识，提高动手能力，培养学生创新意识，促使学生的知识、能力、素质综合协调发展。

电子技术实验基础教材是电子科技大学国家级实验教学示范中心系列教材之一，是在多年实验课程改革的基础上编写而成的。该教材内容丰富，涵盖了电路分析和模拟电路的典型实验，在服务理论教学的基础上，注重学生实践技能的培养。

本教材的特点是：（1）采用验证与设计相结合，即验证型的实验电路由学生自主设计、搭建，教师审核的方式完成。（2）加强实验预习环节，在预习中预先设计问题，引导学生完成对实验原理的理解、实验方案的掌握以及实验电路的设计与搭建，教师在课前对预习情况进行检查，不允许未完成预习的学生进入实验室。

教材分六章，第一章是常用电子元器件的识别，主要介绍了常用的电阻、电容、电感、二极管、三极管、集成运放等的识别；第二章是常用电子测量仪器，介绍了模拟示波器、函数发生器、晶体管毫伏表、直流稳压电源、晶体管图示仪以及万用表的基本原理、面板功能及使用方法；第三章是以4学时为单元的基础实验，包含了13个涵盖电路分析和模拟电路的典型实验；第四章是以2学时为单元的基础实验，总共20个基础实验；第五章是针对模拟部分的设计型、综合型实验，为学有余力的学生提供参考；第六章是计算机辅助分析，介绍了NI Multisim 10.0电路仿真软件在电子技术实验中的应用。

本教材由崔红玲、李朝海、陈骏莲、付炜、郭迅编写，郭迅编写了第一章，陈骏莲编写了第二章的2.1~2.5节，付炜编写了第六章，李朝海编写了第二章的2.6节、第三章的3.8~3.11节、第四章的4.12~4.18节、第五章的5.2节，其余部分由崔红玲编写，全书由崔红玲统稿。本教材由钟洪声、习友宝、陈先荣审稿，并得到了杨德骏、张晓霞等老师的帮助，提出了许多宝贵意见，在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，殷切希望使用本教材的教师和同学批评、指正，提出改进意见。

# 目 录

第一章 常用电子元器件识别.....	1
1.1 电阻篇.....	1
1.2 电容篇.....	4
1.3 电感器.....	7
1.4 半导体分立器件.....	8
1.5 集成电路.....	15
1.6 面包板.....	18
第二章 常用电子测量仪器的使用.....	20
2.1 万用表.....	20
2.2 直流稳压电源.....	25
2.3 示波器.....	28
2.4 函数发生器.....	37
2.5 晶体管毫伏表.....	39
2.6 半导体管特性图示仪.....	42
第三章 电子技术基础实验（一）.....	55
3.1 叠加定理、戴维宁——诺顿等效定理的验证.....	55
3.2 常用电子测量仪器的使用.....	58
3.3 一阶电路时域响应的测量.....	62
3.4 二阶 $RLC$ 串联电路暂态响应的观测.....	65
3.5 $RLC$ 串联谐振电路.....	68
3.6 $RC$ 电路频率特性的测试.....	72
3.7 互感的测试.....	76
3.8 半导体器件的图测方法.....	80
3.9 单级共射放大器的设计.....	85
3.10 负反馈放大器的研究.....	95
3.11 差动放大器的研究.....	101
3.12 运放的基本放大应用.....	106
3.13 集成运放的运算应用.....	110



<b>第四章 电子技术基础实验 (二)</b> .....	116
4.1 示波器的使用 .....	116
4.2 函数发生器、晶体管毫伏表的使用 .....	119
4.3 直流稳压电源、万用表的使用 .....	120
4.4 叠加定理的验证 .....	122
4.5 一阶电路时域响应的测量 .....	124
4.6 串联 $RLC$ 电路时域响应的测试 .....	127
4.7 正弦稳态时 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 电压电流相位关系的测试 .....	129
4.8 $RC$ 低通滤波器的设计与测试 .....	132
4.9 二阶 $RC$ 高通滤波器的设计与测试 .....	135
4.10 $RLC$ 串联谐振电路 .....	137
4.11 $RC$ 带通滤波器的设计与测试 .....	140
4.12 晶体管图示仪的原理与使用 .....	142
4.13 三极管输入、输出特性曲线的测试 .....	144
4.14 单管放大电路的设计、静态工作点、增益的测试 .....	147
4.15 单管放大电路的设计、输入输出阻抗、幅频特性曲线的测试 .....	153
4.16 两级放大电路的设计、测试与调试 .....	156
4.17 负反馈放大电路的设计、测试与调试 .....	159
4.18 运放的基本放大应用 .....	163
4.19 集成运放的运算应用 .....	166
4.20 文氏桥振荡电路的设计与测试 .....	170
<b>第五章 设计型实验</b> .....	172
5.1 有源滤波器的设计 .....	172
5.2 有线扩音系统的设计与实现 .....	176
5.3 波形产生电路的设计与测试 .....	183
<b>第六章 计算机辅助分析</b> .....	187
6.1 计算机辅助分析概述 .....	187
6.2 Multisim 介绍 .....	188
6.3 Multisim 10 常用虚拟仪器使用 .....	196
6.4 仿真分析方法 .....	211
6.5 Multisim 仿真实例 .....	216
<b>参考文献</b> .....	222

# 第一章 常用电子元器件识别

## 1.1 电阻篇

### 一、电阻器

电阻器是电路中应用最广泛的一种元件，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的影响。电阻的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压，还可以作为分流器、分压器和负载使用。

#### 1. 电阻器分类

电阻器属于无源器件，种类繁多。按结构可分为：固定数值电阻和可变数值电阻（又称电位器）。按材料种类可分为：碳膜电阻、金属膜电阻、金属氧化膜电阻和线绕电阻等。

除了以上电阻外，还有电阻阵列，它是将许多电阻封装在一个管壳内，在外形方面，有单列直插 SIP 和双列直插 DIP 两种封装，其特点是相对误差较小，温度系数也几乎相同。

#### 2. 电阻器的技术指标

电阻器的主要技术指标有：额定功率、标称阻值、精度等。

##### （1）额定功率

额定功率是指电阻长时间工作而不明显影响其性能条件下所允许消耗的最大功率。一般常用的有 1/16W、1/8W、1/4W、1W、2W、5W 等多种规格。电路设计应用时，采取降额使用，一般设计值为额定功率值的 0.3~0.5 倍。

##### （2）标称阻值

标称阻值是指在进行电阻生产过程中，按一定规格生产电阻系列，该系列随着误差的不同有所区别。根据 IEC3 标准“电阻器和电容器的优选值及其公差”的规定，电阻值允许偏差为 $\pm 10\%$ ，称为 E12 系列；电阻值允许偏差为 $\pm 5\%$ ，称为 E24 系列；电阻值允许偏差为 $\pm 1\%$ ，称为 E96 系列。现在常见的有 E24 系列、E12 系列等。在实际电路设计应用时，设计值不等于标称值时，可以先在数值相近的电阻中进行选择。

##### （3）精度

精度也称误差，是指电阻的实际阻值与标称值的相对误差。实际应用时要根据不同的要求来选择不同精度的电阻。

#### 3. 电阻器的标志方法

电阻器的标志方法常采用色环法和文字符号直标法。对于功率为 1/8W~1/4W 间的电阻，一般采用色环法，标出阻值和精度，材料可由整体颜色识别，功率可由体积识别；对于功率较大的电阻采用直标法。

##### （1）色环标志法

为方便记忆，我们将色环标志编成口诀直接记忆，“黑棕红橙黄，绿兰紫灰白，金银误差”。从数量级来看，可把它们划分为三个大的等级，即：金、黑、棕色是欧姆级的；红橙

黄色是千欧级的；绿、蓝色则是兆欧级的。

色环电阻的色彩标识有两种方式：一种是采用4色环的标注方式；另一种采用5色环的标注方式。两者的区别在于：4色环用前两位表示电阻的有效数字，而5色环用前三位表示该电阻的有效数字，两者的倒数第2位表示了电阻的有效数字的乘数，最后一位表示了该电阻的误差。对于4色环电阻，其阻值计算方法为：

阻值=（第1色环数值\*10+第2色环数值）\*第3位色环代表之所乘数

例如，色环为棕绿橙金表示  $15 \times 10^3 = 15\text{k}\Omega \pm 5\%$  的电阻器。

对于5色环电阻，其阻值计算方法为：

阻值=（第1色环数值\*100+第2色环数值\*10+第3位色环数值）\*第4位色环代表之所乘数

例如，色环为红紫绿黄棕表示  $275 \times 10^4 = 2.75\text{M}\Omega \pm 1\%$  的电阻器。

例1 当四个色环依次是黄、橙、红、金色时，按照黄、橙两色分别代表的数“4”和“3”代入，则其读数为  $43 \times 10^2 = 4300\Omega$ 。第四环是金色，误差为5%。

例2 当四个色环依次是棕、黑、橙、金色时，因第三环为橙色，第二环又是黑色，按棕色代表的数“1”代入，读数为  $10\text{k}\Omega$ 。第四环是金色，其误差为5%。

在某些不好区分的情况下，也可以对比两个起始端的色彩，因为计算的起始部分即第1色彩不会是金、银、黑3种颜色。如果靠近边缘的是这3种色彩，则需要倒过来计算，如表1-1-1所示。

表 1-1-1 色环的基本色码及意义

色别	第一环	第二环	第三环	第四环	第五环
	第一位数	第二位数	第三位数	应乘倍率	精度
棕	1	1	1	$10^1$	F $\pm 1\%$
红	2	2	2	$10^2$	G $\pm 2\%$
橙	3	3	3	$10^3$	-
黄	4	4	4	$10^4$	-
绿	5	5	5	$10^5$	D $\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	$10^6$	C $\pm 0.2\%$
紫	7	7	7	$10^7$	B $\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	$10^8$	-
白	9	9	9	$10^9$	-
黑	0	0	0	$10^0$	K $\pm 10\%$
金	-	-	-	$10^{-1}$	J $\pm 5\%$
银	-	-	-	$10^{-2}$	K $\pm 10\%$

## （2）文字符号直标法

用阿拉伯数字和文字符号两者有规律地组合来表示标称阻值、额定功率、允许误差等级等。符号前面的数字表示整数阻值，后面的数字依次表示第一位小数阻值和第二位小数阻值，其文字符号所表示的单位如表1-1-2所示。



表 1-1-2 文字符号表示的单位

文字符号	R	K	M	G	T
表示单位	欧姆 ( $\Omega$ )	千欧姆 ( $10^3\Omega$ )	兆欧姆 ( $10^6\Omega$ )	千兆欧姆 ( $10^9\Omega$ )	兆兆欧姆 ( $10^{12}\Omega$ )

例如: RJ71-0.125-5k1-II

由标号可知,它是精密金属膜电阻器,额定功率为 1/8W,标称阻值为 5.1k $\Omega$ ,允许误差为 $\pm 10\%$ 。

## 二、电 位 器

电位器是一种可调电阻,如图 1-1-1 所示。它有两个固定端和一个滑动端,一般电路中常采用多圈可调玻璃釉电位器,安装形式有立式、卧式。电路中进行一般调节时,采用价格低廉的碳膜电位器;在进行精确调节时,宜采用多圈电位器或精密电位器。



图 1-1-1 电位器

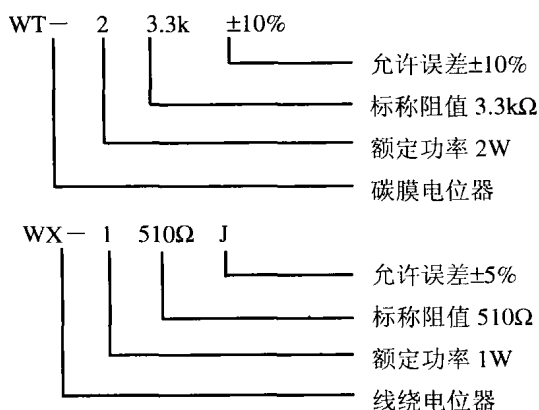
### 1. 电位器的主要技术指标

电位器的主要技术指标:

- (1) 标称值: 电位器的阻值,标称值与电阻器相同。
- (2) 额定功率: 电位器两个固定端上允许耗散的最大功率。
- (3) 滑动噪声: 当电位器的滑动端在电阻体上滑动时,滑动端与固定端之间的电压出现无规则的波动现象。滑动噪声要求越小越好。
- (4) 分辨率: 电位器对输出量可实现的最精细的调节能力,线绕电位器的分辨率较差。
- (5) 阻值变化规律: 电位器的阻值变化规律有按线性变化、指数变化或者对数变化等形式。

### 2. 电位器的一般标志方法

电位器标注分为 4 部分,第一部分表示电位器类型,第二部分指明功率,第三部分标称电阻值,第四部分标明误差。



## 1.2 电容篇

电容是一种储能元件，储存电荷的能力用电容量来标注，基本单位是法拉，常用单位是  $\mu\text{F}$  微法和  $\text{pF}$  皮法。电容器多用于电路的滤波、耦合、调谐、隔直、延时、交流旁路和能量转换。

### 1. 电容器的主要技术参数

#### (1) 容量及精度

容量是电容器的基本参数，数值标在电容体上，不同类别的电容有不同系列的标称值。常用的标称值系列与电阻标称值相同。电容器的容量精度等级较低，一般误差在  $\pm 5\%$  以上。

#### (2) 额定电压

额定电压是电容器两端加电压后，能保证长期工作而不被击穿的电压。该数值一般在电容器上标出。常用固定式电容的直流工作电压系列为：6.3V，10V，16V，25V，40V，63V，100V，160V，250V，400V。

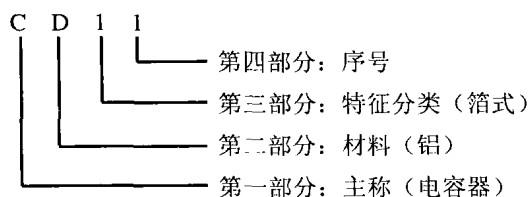
#### (3) 损耗角

电容器介质的绝缘性能取决于材料及厚度，绝缘电阻越大漏电流越小。漏电流的存在将使电容器消耗一定电能，由于电容损耗而引起的相移角称为电容器的损耗角。

### 2. 电容器型号命名方法

根据国家标准，电容器命名由四部分组成（不适用于压敏、可变、真空电容器）：第一部分为主称字母，用 C 表示；第二部分为介质材料；第三部分为特征，一般用数字表示，个别用字母表示；第四部分为序号，如表 1-2-1 所示。

示例：(1) 铝电解电容器



## (2) 圆片形瓷介电容器

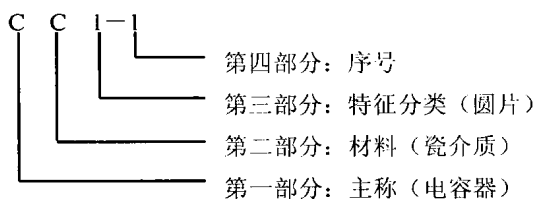


表 1-2-1 电容器型号命名法

第一部分： 主称		第二部分： 材料		第三部分： 特征、分类					第四部分： 序号	
符号	意义	符号	意义	符号	意义					
					瓷介	云母	玻璃	电解	其他	
电 容 器		C	瓷介	1	圆片	非密封	—	箔式	非密封	对主称、材料相同，仅尺寸、性能指标略有不同，但基本不影响互使用的产品，给予同一序号；若尺寸性能指标的差别明显；影响互换使用时，则在序号后面用大写字母作为区别代号
		Y	云母	2	管形	非密封	—	箔式	非密封	
		I	玻璃釉	3	迭片	密封	—	烧结粉固体	密封	
		O	玻璃膜	4	独石	密封	—	烧结粉固体	密封	
		Z	纸介	5	穿心	—	—	—	穿心	
		J	金属化纸	6	支柱	—	—	—	—	
		B	聚苯乙烯	7	—	—	—	无极性	—	
		L	涤纶	8	高压	高压	—	—	高压	
		Q	漆膜	9	—	—	—	特殊	特殊	
		S	聚碳酸脂	J	金属膜					
		H	复合介质	W	微调					
		D	铝							
		A	钽							
		N	铌							
	G	合金								
	T	钛								
	E	其他								

### 3. 电容器的标志方法

#### (1) 直标法

即采用数字和单位符号直接标出。对于不同容量的电容，常用大于 1 的两位以上的数字表示单位为 pF 的电容，例如 51 表示 51pF；用小于 1 的数字表示单位为  $\mu\text{F}$  的电容，例如 0.1 表示 0.1 $\mu\text{F}$ 。

#### (2) 数码表示法

一般用三位数字来表示容量的大小，单位为 pF。前两位为有效数字，后一位表示位率。即乘以  $10^i$ ，i 为第三位数字，若第三位数字 9，则乘  $10^{-1}$ 。如 223J 代表  $22 \times 10^3 \text{pF} = 22000 \text{pF} = 0.22 \mu\text{F}$ ，允许误差为  $\pm 5\%$ 。这种表示方法最为常见。

#### (3) 色码表示法

用色环或色点来表示电容量的方法。这种表示法与电阻器的色环表示法相同，颜色涂于

电容器的一端或从顶端向引线排列。色码一般只有三种颜色，前两环为有效数字，第三环为位率，单位为 pF。有时色环较宽，如红红橙，两个红色环涂成一个宽的，表示 22000pF。

#### 4. 电容器的选用

对电路中电容器元件的选用应该考虑以下几个因素：

##### (1) 耐压选择

在选用电容器时，元件的耐压一定要高于实际电路中的工作电压，尤其值得注意的是电子电路中要考虑到可能产生的高压。

##### (2) 电容量选择

对于一定的电子电路，电容量是根据某些性能指标确定的，在确定容量时要根据标称系列选择。如果通过标称系列找不到该电容器的容量数值，可以通过串并联的方法解决或通过修改设计方案中其他参数加以解决。在更换电路中的电容器时最好选用原参数的电容器或性能指标优于原电路电容器的元件。

##### (3) 介质选择

电容器介质不同，其特性差异较大，用途也不完全相同。在选用电容的介质时，要首先了解各介质的特性，然后确定适用何种场合。下面分别介绍几种常用的固定电容器的使用。

① 电解电容器是以铝等金属为正极，在其表面形成一层氧化膜为介质，介质与电极成为不可分的整体；负极是固体或非固体电解质。由于构成电解电容器的两电极的材料不同，因此它的正负电极分别标出，使用时一定要正极端接电路的高电位，负极端接电路的低电位，否则会引起电容器的损坏。按照电极材料的不同有铝电解电容、钽电解电容和铌电解电容等几种。

② 云母电容器是以云母片为介质的电容器。它绝缘性能好、损耗小、温度稳定性好、电容量精确度高，常用在高频振荡电路中。

③ 瓷介电容器的介质是陶瓷，根据陶瓷成分不同可分为高频瓷介电容器和低频瓷介电容器两种（高频的用 CC 表示，低频的用 CT 表示）。高频瓷介电容器容量在零点几皮法至几百皮法之间。常使用于要求损耗小、电容量稳定的场合和在高频电路中作调谐、振荡回路电容和温度补偿电容。电容器耐压有 160V、250V 和 500V 等几种。容量误差分为  $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$  和  $\pm 20\%$  几种。低频瓷介电容器容量从 300pF 到 22000pF 之间，适用于低频电路中。

④ 纸介电容器生产工艺简单，成本低，电压范围较宽；缺点是电容量不易控制，损耗较大，稳定性较差，电感最大，通常不适宜在高频下使用。

⑤ 涤纶电容器又叫聚脂电容器。它是用涤纶薄膜做介质的电容器。它可用于各种电子仪器仪表，电视机、收录机的耦合、退耦、旁路、隔直流等电路中。

⑥ 聚苯乙烯电容器是以聚苯乙烯薄膜为介质制成的电容器。聚苯乙烯电容器的最大特点是绝缘电阻高。这种电容器的高频损耗小，电容量稳定，是目前应用广泛的一种电容器，由于其精度高，在滤波器及对容量要求精确的电路中（如电子琴电路）多采用。它的缺点是工作温度范围不宽，上限为  $+75^{\circ}\text{C}$ 。因此焊接时烙铁的接触时间不宜过长，以免因过热损坏薄膜。

## 1.3 电感器

理想的电感器是一种储能元件，主要用来调节电路的频率特性、振荡、耦合和滤波等。在高频电路中，电感元件应用较多。电感器一般由导线或漆包线绕成，为了增加电感量，提高品质因数和减小电感器体积，通常在线圈中加入铁芯或软磁材料的磁芯。

### 1. 电感器的分类

常用的电感器如图 1-3-1 所示，按电感量可分为：固定电感器、可变电感器和微调电感器；按照电感器的结构分为带磁芯、铁芯和磁芯有间隙的电感器。变压器、阻流圈、振荡线圈、偏转线圈、天线线圈、中周、继电器以及延迟线和磁头等，都属电感器种类。

### 2. 电感器的主要技术指标

#### (1) 电感量及精度

线圈电感量的大小，主要决定于线圈的直径、匝数及有无铁芯等。电感线圈的用途不同，所需的电感量也不同。例如，在高频电路中，线圈的电感量一般为  $0.1\mu\text{H}\sim 100\text{H}$ 。

电感量的精度，即实际电感量与要求电感量间的误差，对它的要求视用途而定。对振荡线圈要求较高，为  $0.2\%\sim 0.5\%$ 。对耦合线圈和低频扼流圈要求较低，允许  $10\%\sim 15\%$ 。对于某些要求电感量精度很高的场合，一般只能在绕制后用仪器测试，通过调节靠近边沿的线匝间距离或线圈中的磁芯位置来实现。

#### (2) 线圈的品质因数

品质因数  $Q$  用来表示线圈损耗的大小，高频线圈通常为  $50\sim 300$ 。对调谐回路线圈的  $Q$  值要求较高，用高  $Q$  值的线圈与电容组成的谐振电路有更好的谐振特性；用低  $Q$  值线圈与电容组成的谐振电路，其谐振特性不明显。对耦合线圈，要求可低一些，对高频扼流圈和低频扼流圈，则无要求。

#### (3) 额定电流

对于如直流调速系统中的平波电抗器，正常工作时通过的电流为几十安培至几百安培，这种大功率电感器和高速设备功率输出部分的大功率电感器，对电流值有一定的要求，电流超过额定值时，电感器将发热，严重时烧坏。

### 3. 电感量的标志方法

(1) 直标法。单位 H (亨利)、mH (毫亨)、 $\mu\text{H}$  (微亨)。

(2) 数码表示法。方法与电容器的表示方法相同。

(3) 色码表示法。这种表示法也与电阻器的色标法相似，色码一般有四种颜色，前两种颜色为有效数字，第三种颜色为倍率，单位为  $\mu\text{H}$ ，第四种颜色是误差位。

### 4. 电感器检测方法

将万用表置于  $R\times 1$  挡，红、黑表笔各接电感器的任一引出端，此时指针应正偏。根据测出的电阻值大小，可具体分下述两种情况进行鉴别：

① 被测色码电感器电阻值为零，其内部有短路性故障。

② 被测色码电感器直流电阻值的大小与绕制电感器线圈所用的漆包线径、绕制圈数有直接关系，只要能测出电阻值，则可认为被测色码电感器是正常的。

## 5. 电感选用的注意事项

### (1) 电感使用的场合

主要考虑环境湿度、环境温度的高低、高频或低频环境，要让电感表现的是感性，还是阻抗特性等，在选择电感时都要注意。

### (2) 电感的频率特性

在低频时，电感一般呈现电感特性，即只起蓄能、滤高频的特性。但在高频时，它的阻抗特性表现明显，有耗能发热、感性效应降低等现象。不同的电感的高频特性都不一样。

例如，铁氧体材料是铁镁合金或铁镍合金，这种材料具有很高的导磁率，在高频高阻的情况下产生的电容最小。铁氧体材料通常在高频情况下应用，因为在低频时它主要呈电感特性，使得线上的损耗很小。在高频情况下，它主要呈电抗特性，并且随频率改变。在实际应用中，铁氧体材料是作为射频电路的高频衰减器使用的。

(3) 电感设计要承受的最大电流及相应的发热情况。

(4) 使用磁环时，对照上面的磁环部分，找出对应的  $Q$  值，对应材料的使用范围。

(5) 注意导线（漆包线、纱包或裸导线），要找出最适合的线径。

## 1.4 半导体分立器件

### 一、半导体分立器件的命名方法

#### 1. 我国半导体分立器件的命名法

半导体器件型号由五部分组成。五个部分意义如下：

第一部分：用数字表示半导体器件有效电极数目。2-二极管、3-三极管。

第二部分：用汉语拼音字母表示半导体器件的材料和极性。表示二极管时：A-N 型锗材料、B-P 型锗材料、C-N 型硅材料、D-P 型硅材料。表示三极管时：A-PNP 型锗材料、B-NPN 型锗材料、C-PNP 型硅材料、D-NPN 型硅材料。

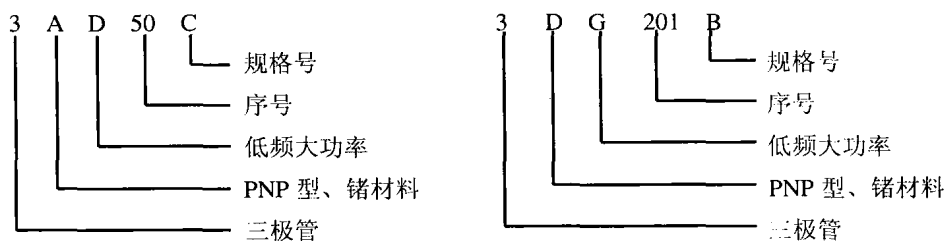
第三部分：用汉语拼音字母表示半导体器件的内型。P-普通管、V-微波管、W-稳压管、C-参量管、Z-整流管、L-整流堆、S-隧道管、N-阻尼管、U-光电器件、K-开关管、X-低频小功率管 ( $f < 3\text{MHz}, P_c < 1\text{W}$ )、G-高频小功率管 ( $f > 3\text{MHz}, P_c < 1\text{W}$ )、D-低频大功率管 ( $f < 3\text{MHz}, P_c > 1\text{W}$ )、A-高频大功率管 ( $f > 3\text{MHz}, P_c > 1\text{W}$ )、T-半导体晶闸管（可控整流器）、Y-体效应器件、B-雪崩管、J-阶跃恢复管、CS-场效应管、BT-半导体特殊器件、FH-复合管、PIN-PIN 型管、JG-激光器件。

第四部分：用数字表示序号。

第五部分：用汉语拼音字母表示规格号。

例：

(1) 锗材料 PNP 型低频大功率三极管；(2) 硅材料 NPN 型高频小功率三极管；



## 2. 日本半导体分立器件型号命名方法

日本生产的半导体分立器件，由五至七部分组成，通常只用到前五个部分，其各部分的符号意义如下：

第一部分：用数字表示器件有效电极数目或类型。0-光电（即光敏）二极管三极管及上述器件的组合管、1-二极管、2-三极管或具有两个 pn 结的其他器件、3-具有四个有效电极或具有三个 pn 结的其他器件……依此类推。

第二部分：日本电子工业协会 JEIA 注册标志。S-表示已在日本电子工业协会 JEIA 注册登记的半导体分立器件。

第三部分：用字母表示器件使用材料极性和类型。A-PNP 型高频管、B-PNP 型低频管、C-NPN 型高频管、D-NPN 型低频管、F-P 控制极可控硅、G-N 控制极可控硅、H-N 基极单结晶体管、J-P 沟道场效应管、K-N 沟道场效应管、M-双向可控硅。

第四部分：用数字表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号。两位以上的整数从“11”开始，表示在日本电子工业协会 JEIA 登记的顺序号；不同公司的性能相同的器件可以使用同一顺序号；数字越大，越是近期产品。

第五部分：用字母表示同一型号的改进型产品标志。A、B、C、D、E、F 表示这一器件是原型号产品的改进产品。

## 3. 美国半导体分立器件型号命名方法

美国晶体管或其他半导体器件的命名法较混乱。美国电子工业协会半导体分立器件命名方法如下：

第一部分：用符号表示器件用途的类型。JAN-军级、JANTX-特军级、JANTXV-超特军级、JANS-宇航级、(无)-非军用品。

第二部分：用数字表示 pn 结数目。1-二极管、2-三极管、3-三个 pn 结器件、n-n 个 pn 结器件。

第三部分：美国电子工业协会 (EIA) 注册标志。N-该器件已在美国电子工业协会 (EIA) 注册登记。

第四部分：美国电子工业协会登记顺序号。多位数字-该器件在美国电子工业协会登记的顺序号。

第五部分：用字母表示器件分挡。A、B、C、D、……-同一型号器件的不同挡别。

如：JAN2N3251A：表示 PNP 硅高频小功率开关三极管，JAN-军级、2-三极管、N-EIA 注册标志、3251-EIA 登记顺序号、A-表示 2N3251A 挡。

## 4. 国际电子联合会半导体器件型号命名方法

德国、法国、意大利、荷兰、比利时等欧洲国家以及匈牙利、罗马尼亚、南斯拉夫、波

兰等东欧国家,大都采用国际电子联合会半导体分立器件型号命名方法。这种命名方法由四个基本部分组成,参看表 1-4-1 所示,各部分的符号及意义如下:

第一部分:用字母表示器件使用的材料。

第二部分:用字母表示器件的类型及主要特征。

第三部分:用数字或字母加数字表示登记号。三位数字-代表通用半导体器件的登记序号、一个字母加二位数字-表示专用半导体器件的登记序号。

第四部分:用字母对同一型号器件进行分挡。A、B、C、D、E……-表示同一型号的器件按某一参数进行分挡的标志。

除四个基本部分外,有时还加后缀,以区别特性或进一步分类。常见后缀如下:

(1) 稳压二极管型号的后缀。其后缀的第一部分是一个字母,表示稳定电压值的容许误差范围,字母 A、B、C、D、E 分别表示容许误差为 $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 15\%$ ;其后缀第二部分是数字,表示标称稳定电压的整数数值;后缀的第三部分是字母 V,代表小数点,字母 V 之后的数字为稳压管标称稳定电压的小数值。

(2) 整流二极管后缀是数字,表示器件的最大反向峰值耐压值,单位是伏特。

(3) 晶闸管型号的后缀也是数字,通常标出最大反向峰值耐压值和最大反向关断电压中数值较小的那个电压值。

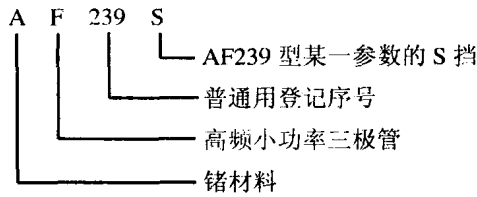
如:BDX51-表示 NPN 硅低频大功率三极管,AF239S-表示 PNP 锗高频小功率三极管。

表 1.4.1 国际电子联合会半导体器件型号命名法

第一部分		第二部分				第三部分		第四部分	
用字母表示使用的材料		用字母表示类型及主要特性				用数字或字母加数字表示登记号		用字母对同一型号者分挡	
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义
A	锗材料	A	检波、开关和混频二极管	M	封闭磁路中的霍尔元件	三位数字	通用半导体器件的登记序号(同一类型器件使用同一登记号)	A B C D E …	同一型号器件按某一参数进行分挡的标志
		B	变容二极管	P	光敏元件				
B	硅材料	C	低频小功率三极管	Q	发光器件				
		D	低频大功率三极管	R	小功率可控硅				
C	砷化镓	E	隧道二极管	S	小功率开关管	一个字母加两位数字	专用半导体器件的登记序号(同一类型器件使用同一登记号)		
		F	高频小功率三极管	T	大功率可控硅				
D	铋化钢	G	复合器件及其他器件	U	大功率开关管				
		H	磁敏二极管	X	倍增二极管				
R	复合材料	K	开放磁路中的霍尔元件	Y	整流二极管				
		L	高频大功率三极管	Z	稳压二极管即齐纳二极管				



示例（命名）：



## 二、二极管

二极管的主要特性是单向导电性，即在正向电压作用下，导通电阻很小；而在反向电压作用下，导通电阻极大。由于二极管这一特性，常用在整流、隔离、稳压、极性保护等电路中。

### 1. 二极管的类型

二极管种类有很多，如表 1-4-2 所示。按照所用的半导体材料，可分为锗二极管（Ge 管）和硅二极管（Si 管）。根据其不同用途，可分为检波二极管、整流二极管、稳压二极管、开关二极管等，常见产品如整流二极管 1N4004、隔离二极管 1N4148、肖特基二极管 BAT85、发光二极管、稳压二极管。按照管芯结构，又可分为点接触型二极管、面接触型二极管及平面型二极管。

晶体二极管在电路中常用“D”加数字表示，如：D5 表示编号为 5 的二极管。稳压二极管在电路中常用“ZD”加数字表示，如：ZD5 表示编号为 5 的稳压管。

变容二极管是根据普通二极管内部“PN 结”的结电容能随外加反向电压的变化而变化这一原理专门设计出来的一种特殊二极管。变容二极管在高频调制电路上，实现低频信号调制到高频信号上，并发射出去。变容二极管调制电压一般加到负极上，使变容二极管的内部结电容容量随调制电压的变化而变化。

表 1-4-2 半导体器件常见图形符号

图形符号	名称与说明
	二极管的符号
	发光二极管
	稳压二极管
	光电二极管
	变容二极管

### 2. 二极管的主要参数

(1) 额定正向工作电流：它是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流值。