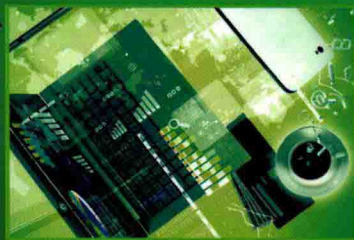


❖ 普通高等教育电子信息类规划教材 ❖

电子技术 综合实验教程

COMPREHENSIVE EXPERIMENT
TUTORIAL OF ELECTRONIC TECHNOLOGY



赵文来 主编 / 杨俊秀 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育电子信息类规划教材

电子技术综合实验教程

赵文来 主编

杨俊秀 副主编

李 进 鲍 佳 严国红 参编

机械工业出版社

本书是为适应电子技术实验课程改革的需要,在总结多年实验教学经验的基础上编写的电子技术实验教材。全书分为5章,内容包括常用电子元器件与电子仪器、电子技术基础性实验、电子技术提高性实验、电路仿真实验技术、电路的设计与调试的基本方法。

本书将实践技能的训练与理论知识相融合,同时配合计算机仿真实验,对学生的实践技能进行渐进式的培养,多方位地提高学生的实践能力。

本书可作为高等院校电子类与自动控制类专业学生电子技术实验教材及课程设计指导书,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术综合实验教程 / 赵文来主编. —北京:机械工业出版社, 2017. 2
普通高等教育电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-56192-7

I. ①电… II. ①赵… III. ①电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 039349 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:李馨馨 责任编辑:李馨馨

责任校对:张艳霞 责任印制:李飞

北京天时彩色印刷有限公司印刷

2017 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·9.75 印张·229 千字

0001-2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-56192-7

定价:29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010)88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010)88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

电子技术实验作为电子技术基础课程的重要组成部分,在人才培养过程中起着不可替代的重要作用。它的主要任务是培养学生的基本实验技能、电路的设计与综合应用能力以及使用计算机等工具的能力,以全面提高学生的素质和创新能力。为了适应这种要求,推动电子技术实验的改革,特编写此教材。

书中介绍了电子技术实验基础知识、基本实验操作和测试方法、计算机仿真软件与仿真实验的开发,拓展了综合与设计性实验内容。本书通过将实践技能的训练与理论知识相融合,同时配合计算机仿真实验,力图对学生的实践技能进行多层次的培养,充分提高学生系统开发的综合实践能力。

本书由浙江理工大学电工电子实验中心的赵文来编写了第1章的1.1节、第2章的2.1~2.8节、第3章的3.1节和第4章;杨俊秀编写了第3章的3.3节和第5章;李进编写了第1章1.2节;鲍佳编写了第3章的3.2节;严国红编写了第2章的2.9~2.11节。赵文来负责全书的统稿工作。

本书在编写过程中也得到了浙江理工大学电工电子实验中心全体教师的指导和热心帮助。在编写过程中编者参考了许多资料,在此向给予帮助的老师 and 同行以及这些资料的作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者提出批评和改进意见。

编 者

目 录

前言

第1章 常用电子元器件与电子仪器	1
1.1 常用电子元器件	1
1.1.1 电阻器	1
1.1.2 电容器	4
1.1.3 电感器	6
1.1.4 常用半导体器件	7
1.1.5 常用集成器件	13
1.2 常用电子测量仪器	16
1.2.1 函数信号发生器	16
1.2.2 示波器	19
1.2.3 交流毫伏表	23
1.2.4 数字万用表	25
第2章 电子技术基础性实验	28
2.1 常用电子仪器的使用	28
2.1.1 实验目的	28
2.1.2 实验内容	28
2.1.3 实验预习与总结	31
2.2 晶体管的参数测试及基本应用	32
2.2.1 实验目的	32
2.2.2 实验内容	32
2.2.3 实验预习与总结	43
2.3 晶体管放大器	43
2.3.1 实验目的	43
2.3.2 实验内容	43
2.3.3 实验预习与总结	50
2.4 场效应晶体管放大器	51
2.4.1 实验目的	51
2.4.2 实验内容	51
2.4.3 实验预习与总结	55
2.5 负反馈放大器	56
2.5.1 实验目的	56
2.5.2 实验内容	56

2.5.3 实验预习与总结	61
2.6 RC 正弦波振荡器	62
2.6.1 实验目的	62
2.6.2 实验内容	62
2.6.3 实验预习与总结	69
2.7 模拟运算电路	69
2.7.1 实验目的	69
2.7.2 实验内容	69
2.7.3 实验预习与总结	76
2.8 有源滤波器	77
2.8.1 实验目的	77
2.8.2 实验内容	77
2.8.3 实验预习与总结	84
2.9 电压比较器	84
2.9.1 实验目的	84
2.9.2 实验内容	84
2.9.3 实验预习与总结	90
2.10 直流稳压电源	90
2.10.1 实验目的	90
2.10.2 实验内容	90
2.10.3 实验预习与总结	97
2.11 集成门电路及组合电路	98
2.11.1 实验目的	98
2.11.2 实验内容	98
2.11.3 实验预习与总结	101
第3章 电子技术提高性实验	102
3.1 晶体管放大器的设计	102
3.1.1 晶体管放大器电路	102
3.1.2 晶体管放大器电路设计步骤	102
3.1.3 晶体管放大器电路设计举例	104
3.1.4 设计任务	105
3.1.5 电路的安装与性能指标测试	106
3.1.6 实验要求	107
3.1.7 总结与思考	107
3.2 函数发生器的设计	107
3.2.1 函数发生器电路	107
3.2.2 函数发生器电路设计过程	111
3.2.3 函数发生器电路设计举例	111
3.2.4 设计任务	113

3.2.5	电路的安装与性能指标测试	113
3.2.6	实验要求	114
3.2.7	总结与思考	114
3.3	功率放大器的设计	115
3.3.1	功率放大器电路	115
3.3.2	功率放大器电路设计过程	117
3.3.3	功率放大器电路设计举例	118
3.3.4	设计任务	119
3.3.5	电路的安装与性能指标测试	120
3.3.6	实验要求	120
3.3.7	总结与思考	120
第4章	电路仿真实验技术	121
4.1	Multisim 电路仿真软件	121
4.1.1	简介	121
4.1.2	元件库	121
4.1.3	仪器库	122
4.2	Multisim 软件应用入门	126
4.2.1	电路建立	126
4.2.2	电路仿真	129
第5章	电路的设计与调试	131
5.1	电路的设计	131
5.1.1	电路设计的原则与步骤	131
5.1.2	电路图的计算机绘制	133
5.2	电路建立	138
5.2.1	在面包板上搭接实验电路	138
5.2.2	印制板电路制作	140
5.2.3	Protel 99se PCB 设计	141
5.3	电路调试	144
5.3.1	电路的调试方法	144
5.3.2	检查电路故障的常用方法	145
5.3.3	调试中的注意事项	146
参考文献		147

第1章 常用电子元器件与电子仪器

1.1 常用电子元器件

1.1.1 电阻器

电阻器通常简称为电阻，是一种最基本、最常用的电子元件。由于制造材料和结构不同，电阻器有许多种，常见的有碳膜电阻器、金属膜电阻器、有机实心电阻器、线绕电阻器、固定抽头电阻器、可变电阻器、滑线式可变电阻器和片状电阻器，其外形如图 1-1 所示。按其阻值是否可调又分为固定电阻器和可变电阻器两种。在电子制作中一般常用碳膜电阻或金属膜电阻。

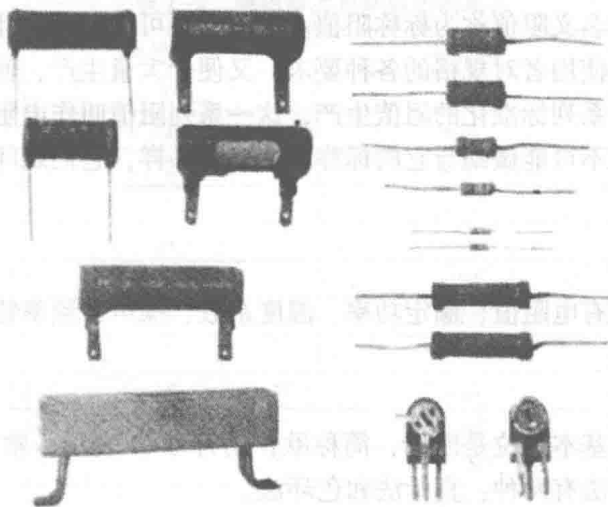


图 1-1 常见电阻器

1. 电阻器的命名

电阻器的文字符号为“R”，图形符号如图 1-2 所示。国产电阻器的型号命名由四部分组成，如图 1-3 所示。第一部分用字母“R”表示电阻器的主称，第二部分用字母表示构成电阻的材料，第三部分用数字或字母表示电阻器的分类，第四部分用数字表示序号。电阻器型号的意义见表 1-1。

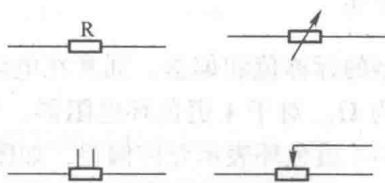


图 1-2 电阻器图形符号



图 1-3 电阻器型号的命名



表 1-1 电阻器型号的意义

第 1 部分	第 2 部分（材料）	第 3 部分（分类）	第 4 部分
R	H: 合成碳膜	1: 普通	序号
	I: 玻璃釉膜	2: 普通	
	J: 金属膜	3: 超高频	
	N: 无机实心	4: 高阻	
	G: 沉积膜	5: 高温	
	S: 有机实心	7: 精密	
	T: 碳膜	8: 高压	
	X: 线绕	9: 特殊	
	Y: 氧化膜	G: 高功率	
	F: 复合膜	T: 可调	

2. 电阻器的标称阻值与允许偏差

电阻器上所标示的名义阻值称为标称阻值。电阻器不可能做到要什么阻值就有什么样的阻值，为了达到既满足使用者对规格的各种要求，又便于大量生产，使规格品种简化到最低程度，国家规定只按一系列标准化的阻值生产，这一系列阻值叫作电阻器的标称阻值系列。

电阻器的实际阻值不可能做到与它的标称阻值完全一样，它们之间允许有一定差别，称为允许偏差。

3. 电阻器的参数

电阻器的主要参数有电阻值、额定功率、温度系数、噪声、频率特性等，其中前两项是最基本的。

(1) 电阻值

电阻值简称阻值，基本单位是欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。常用的单位还有千欧和兆欧。电阻值的表示方法有两种：直标法和色环法。

直标法是在原件表面直接标出数值与偏差，如图 1-4 所示。直标法中可以用单位符号代替小数点，例如 6.8 k 可标为 6k8。直标法一目了然，但只适用于体积较大的元件。

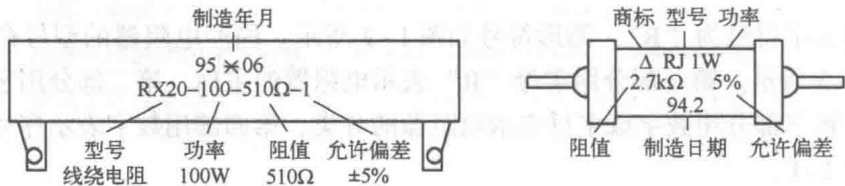


图 1-4 直标法

色环法是用不同颜色代表数字，来表示电阻器的标称值和偏差。通常在电阻器上印有 4 道或 5 道色环表示阻值等相关信息，阻值的单位为 Ω 。对于 4 道色环电阻器，第 1、2 道色环表示两位有效数字，第 3 道色环表示倍乘数，第 4 道色环表示允许偏差，如图 1-5a 所示。对于 5 道色环电阻器，第 1、2、3 道色环表示三位有效数字，第 4 道色环表示倍乘数，第 5

道色环表示允许偏差，如图 1-5b 所示。

色环一般采用黑、棕、红、橙、黄、绿、蓝、紫、灰、白、金、银 12 种颜色，它们的意义如表 1-2 所示。例如，某电阻器的 4 道色环依次为黄、紫、橙、银，则其阻值为 47 kΩ，误差为 ±10%；某电阻器的 5 道色环依次为红、黄、黑、橙、金，则其阻值为 240 kΩ，误差为 ±5%。

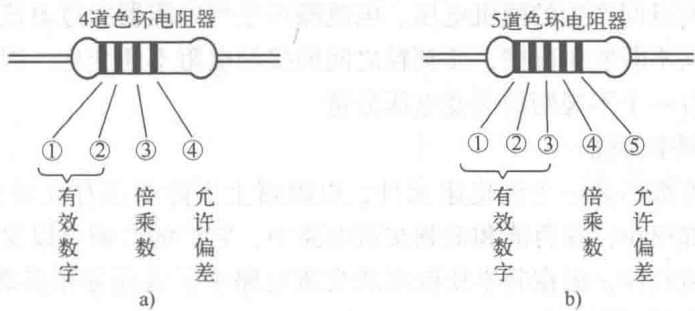


图 1-5 色环法

表 1-2 电阻器上色环颜色的意义

颜色	有效数字	被乘数	允许偏差
黑色	0	$\times 10^0$	
棕色	1	$\times 10^1$	±1%
红色	2	$\times 10^2$	±2%
橙色	3	$\times 10^3$	
黄色	4	$\times 10^4$	
绿色	5	$\times 10^5$	±0.5%
蓝色	6	$\times 10^6$	±0.25%
紫色	7	$\times 10^7$	±0.1%
灰色	8	$\times 10^8$	
白色	9	$\times 10^9$	
金色	—	$\times 10^{-1}$	±5%
银色	—	$\times 10^{-2}$	±10%

(2) 额定功率

额定功率是指电阻器在直流或交流电路中，在正常大气压力（86 ~ 106 kPa）及额定温度条件下，能长期连续负荷而不损坏或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率。常用电阻器的功率有 1/8 W、1/4 W、1/2 W、2 W、5 W、10 W 等，其在电路图中表示的图形符号如图 1-6 所示。

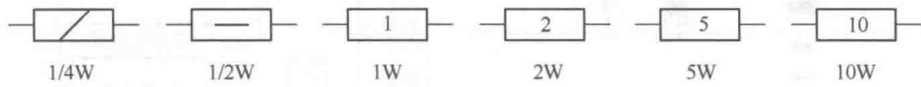


图 1-6 电阻器额定功率的图形符号

(3) 电阻器的温度系数

电阻器的电阻值随温度的变化略有改变。温度每变化 1℃ 所引起电阻值的相对变化称为电阻的温度系数。温度系数越小，电阻的稳定性越好。

(4) 电阻器的噪声

当电阻器通以直流电流时，电阻器两端的电压往往不是一个恒定不变的电压，而是有着不规则的电压起伏，犹如在直流电压上叠加了一个交变分量，这个交变分量称为噪声电动势。噪声是电阻器本身的特性，与外加电压没有直接关系。

电阻器的噪声包括热噪声和电流噪声。热噪声是由于电阻器中自由电子的不规则热运动而使电阻器内任意两点间产生的随机电压。电流噪声是当电阻器通过电流时，导电颗粒之间以及非导电颗粒之间不断发生碰撞，使颗粒之间的接触电阻不断变化，因而电阻器两端除直流电压降之外还有一个不规则的交变电压分量。

(5) 电阻器的频率特性

任何一种电阻器都不是一个纯电阻元件，电阻器上实际都还存在着分布电感和分布电容。这些分布参数都很小，在直流和低频交流电路中，它们的影响可以忽略不计，可将电阻器看作是一个纯电阻元件，但在频率比较高的交流电路中，这些分布参数的影响不能忽视，其交流等效电阻将随频率而变化。

4. 电阻器的作用

电阻器是组成电路的基本元件之一。在电路中，电阻器用来稳定和调节电流、电压，组成分流器和分压器，在电路中起到限电流、降电压、去耦、偏置、负载、匹配、取样等作用。还可以用来调节时间常数、抑制寄生振荡等。

1.1.2 电容器

电容器通常简称为电容，是一种最基本、最常用的电子元件，外形如图 1-7 所示。电容器按电容量是否可调分为固定电容器和可变电容器两大类。固定电容器按介质材料不同又有许多种类，其中无极性固定电容器有纸介电容器、涤纶电容器、云母电容器、聚苯乙烯电容器、聚酯电容器、玻璃釉电容器及瓷介电容器等；有极性固定电容器有铝电解电容器、钽电解电容器、铌电解电容器等，如图 1-8 所示。使用有极性电容器时应注意其引线有正、负极之分，在电路中，其正极引线应接在电位高的一端，负极引线应接在电位低的一端。如果极性接反了，会使漏电流增大并易损坏电容器。

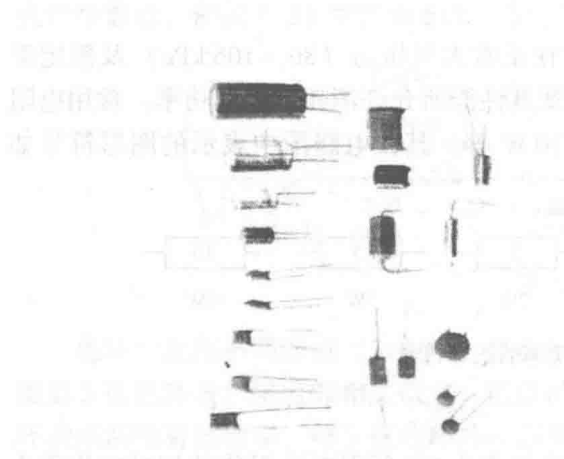


图 1-7 常见电容器

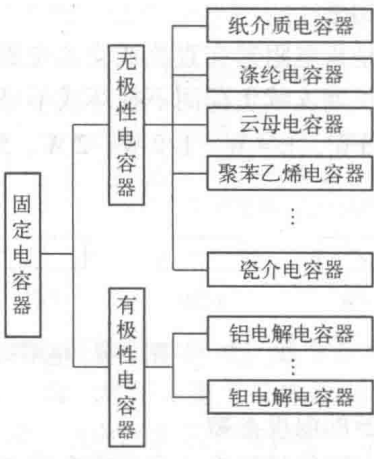


图 1-8 常见电容器的分类

1. 电容器的命名方法

电容器的文字符号为“C”，图形符号如图 1-9 所示。国产电容器的型号命名由四部分组成，如图 1-10 所示。第一部分用字母“C”表示电容器的主称，第二部分用字母表示电容器介质材料，第三部分用数字或字母表示电容器的类别，第四部分用数字表示序号。电容器型号中，第二部分介质材料代号的意义见表 1-3。第三部分类别代号的意义见表 1-4。

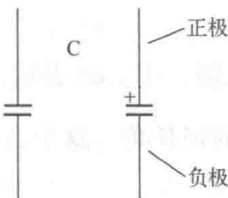


图 1-9 电容器图形符号

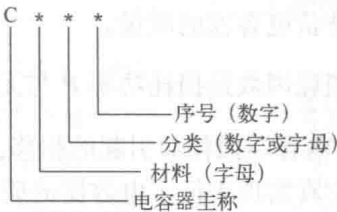


图 1-10 电容器型号的命名

表 1-3 电容器型号中介质材料代号的意义

字母 代号	A	B	C	D	E	G	H	I	J	L	N	O	Q	T	V	Y	Z
介质 材料	钽电 解	聚苯 乙烯	高频 陶瓷	铝电 解	其他 材料 电解	合金 电解	纸膜 复合	玻璃 釉	金属 化纸 介	聚酯	钽电 解	玻璃 膜	漆膜	低频 陶瓷	云母 纸	云母	纸介

表 1-4 电容器型号中类别代号的意义

代 号	瓷 片 电 容	云 母 电 容	有 机 电 容	电 解 电 容
1	圆形	非密封	非密封	箔式
2	管形	非密封	非密封	箔式
3	叠片	密封	密封	非固体
4	独石	密封	密封	固体
5	穿心			
6	支柱等			
7				无极性
8	高压	高压	高压	
9			特殊	特殊
G	高功率型			
J	金属化型			
Y	高压型			
W	微调型			

2. 电容器的参数

电容器的主要参数有标称容量、额定电压、损耗因数等，其中前两项是最基本的。

(1) 标称容量

容量是电容器的基本参数，不同类别的电容有不同系列的标称值。常用的标称系列同电阻。

(2) 额定电压

额定电压是电容器的重要参数, 电容器两端加电压后, 能保证长期工作而不被击穿电压称为电容的额定电压。

(3) 损耗因数

电容器的损耗功率不仅与电容器本身性质有关, 而且与加在电容器上的电压及电流的大小和频率有关。因此, 如果只看损耗功率 P 的大小, 而不考虑其存储无功功率 Q 的能力, 就不能正确地评价电容器的质量。

电容器的损耗因数是损耗功率 P 与无功功率 Q 的比值, 用 $\tan\delta$ 表示, $\tan\delta = \frac{P}{Q}$,

式中, δ 是由于电容器损耗而引起的相移, 称为电容器的损耗角。这个比值又称为电容器的损耗角正切, 它真实地表征了电容器的质量优劣。

3. 电容器的作用

电容器在电子线路中起耦合、旁路、谐振、调谐、微分、积分、储能、滤波、隔直流以及控制电路中的时间常数等作用。

1.1.3 电感器

电感器习惯上简称为电感, 是常用的基本电子元件之一。电感器种类繁多, 形状各异, 外形如图 1-11 所示。通常可分固定电感器、可变电感器、微调电感器三大类。按其采用材料的不同, 电感器还可分为空心电感器、磁心电感器、铁心电感、铜心电感器等。线圈装有磁心或铁心, 可以增加电感量, 一般磁心用于高频场合, 铁心用于低频场合。线圈装有铜心, 则可以减小电感量。按用途分类则可分为固定电感器 (包括立式、卧式、片状固定电感器等)、阻流圈 (包括高频阻流圈、低频流圈、电源滤波器等)、偏转线圈 (包括行偏转、场偏转等)、振荡线圈 (包括中波、短波、调频本振线圈, 以及行、场振荡线圈) 等。

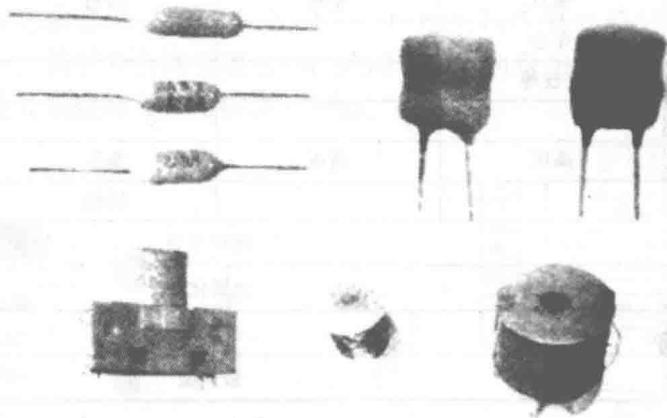


图 1-11 常见电感器

1. 电感器的命名方法

电感器的文字符号为 “L”, 图形符号如图 1-12 所示。国产电感器的型号命名一般由四部分组成, 如图 1-13 所示。第一部分用字母表示电感器的主称, “L” 为电感线圈, “ZL”

为阻流圈；第二部分用字母表示电感器的特征，例如“G”为高频；第三部分用字母表示电感器的类型，例如“X”为小型；第四部分用字母表示区别代号。固定电感器是一种通用性强的系列化产品，其结构如图 1-14 所示，线圈（往往含有磁心）被密封在外壳内，具有体积小、重量轻、结构牢固、电感量稳定和使用安装方便的特点。

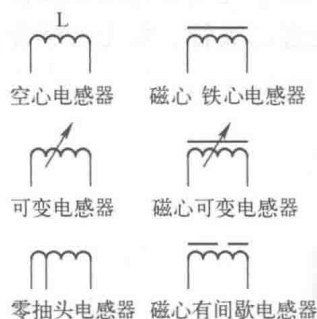


图 1-12 电感器图形符号

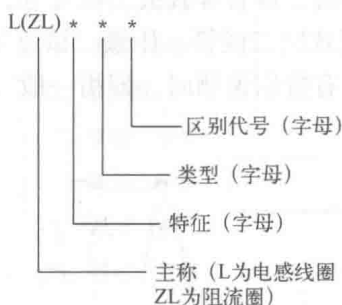


图 1-13 电感器型号的命名

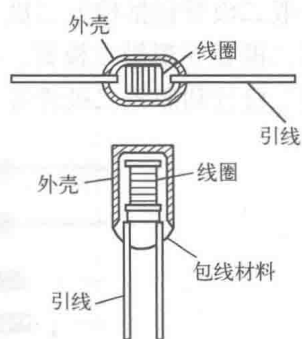


图 1-14 固定电感器

2. 电感器的参数

电感器的主要参数有电感量、额定电流、固有电容、品质因数等，其中前两项是最基本的。

(1) 电感量

在没有非线性导磁物质存在的条件下，一个载流线圈的磁通 ψ 与线圈中的电流 I 成正比。其比例常数称自感系数，用 L 表示，简称电感。即： $L = \psi / I$

(2) 额定电流

线圈中允许通过的最大电流。

(3) 固有电容

线圈匝与匝之间的导线，通过空气、绝缘层和骨架而存在着分布电容。此外，屏蔽罩之间，多层绕组的层与层之间，绕组与底板间也都存在着分布电容。电容的存在会使线圈的等效总损耗电阻增大，品质因数降低。

(4) 品质因数 (Q 值)

电感线圈的品质因数定义为

$$Q = \omega L / R$$

式中 ω ——工作角频率

L ——线圈的电感量

R ——线圈的等效总损耗电阻（包括直流电阻、高频电阻及介质损耗电阻）。

3. 电感器的作用

电感器（也称电感线圈）的应用范围很广泛，它在调谐、振荡、耦合、匹配、滤波、陷波、延迟、补偿及偏转聚焦等电路中，都是必不可少的。

1.1.4 常用半导体器件

1. 二极管

二极管是一种常用的具有一个 PN 结的半导体器件。二极管品种很多，大小各异，仅从

外观上看，较常见的有玻璃壳二极管、塑封二极管、金属壳二极管、大功率螺栓状金属壳二极管、微型二极管和片状二极管等，其外形如图 1-15 所示。二极管按其制造材料的不同，可分为锗管和硅管两大类，每一类又分为 N 型和 P 型；按其制造工艺不同，可分为点接触型二极管和面接触型二极管；按功能与用途不同，可分为一般二极管和特殊二极管两大类，一般二极管包括检波二极、整流二极管和开关二极管等，特殊二极管主要有稳压二极管、敏感二极管（磁敏二极管、温度效应二极管、压敏二极管等）、变容二极管、发光二极管、光敏二极管和激光二极管等。没有特别说明时，即指一般二极管。

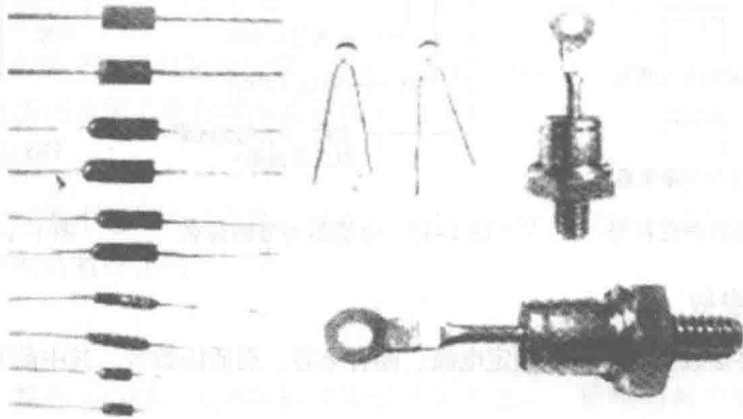


图 1-15 常见二极管

(1) 二极管的命名方法

二极管的文字符号为“VD”，图形符号如图 1-16 所示。国产二极管的型号命名由五部分组成，如图 1-17 所示。第一部分用数字“2”表示二极管，第二部分用字母表示材料和极性，第三部分用字母表示类型，第四部分用数字表示序号，第五部分用字母表示规格。

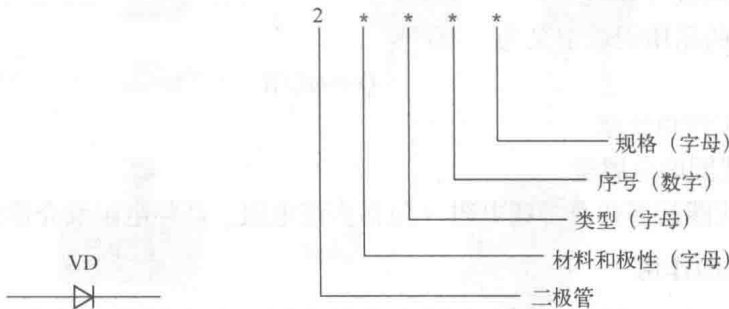


图 1-16 二极管图形符号

图 1-17 二极管型号的命名

二极管型号的意义见表 1-5。例如，2AP9 为 N 型锗材料普通检波二极管；2CZ55A 为 N 型硅材料整流二极管；2CK71B 为 N 型硅材料开关二极管。

表 1-5 二极管型号的意义

第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
2	A: N 型锗材料 B: P 型锗材料 C: N 型硅材料 D: P 型硅材料 E: 化合物	P: 普通二极管 Z: 整流二极管 K: 开关二极管 W: 稳压二极管 L: 整流堆二极管 C: 变容二极管 S: 隧道二极管 V: 微波二极管 N: 阻尼二极管 U: 光敏二极管	序号	规格 (可缺)

二极管的两引脚有正、负极之分，如图 1-18 所示。二极管图形符号中，三角一端为正极，竖短杠一端为负极。二极管实物中，有的将图形符号印在二极管上表示出极性，有的在二极管负极一端印上一道色环作为负极标记，有的二极管两端形状不同，平头为正极，圆头为负极，使用中应注意识别。

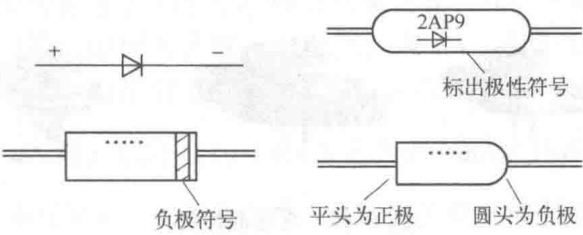


图 1-18 二极管极性的表示方法

- (2) 二极管的参数
- 二极管的主要参数有最大整流电流、最大反向工作电压、最高工作频率、反向电流等，其中前三项是最基本的。
- 1) 最大整流电流 I_F ：是指二极管长期连续工作时允许通过的最大正向平均电流。 I_F 的数值由二极管允许的温升所限定。
- 2) 最大反向工作电压 U_{RM} ：是指工作时允许加在二极管两端的最大反向电压，若超过此值，二极管可能被击穿，击穿电压 U_{BR} 的一半定为 U_{RM} 。
- 3) 最高工作频率 f_M ：主要取决于 PN 结结电容的大小。结电容越大，则二极管允许的最高工作频率越低。
- 4) 反向电流 I_R 。指在室温条件下，在二极管两端加上规定的反向电压时，流过管子的反向电流。通常希望 I_R 值越小越好。反向电流越小，说明二极管的单向导电性越好。
- (3) 二极管的工作原理与作用
- 二极管具有单向导电特性，只允许电流从正极流向负极，而不允许电流从负极流向正极。锗二极管和硅二极管在正向导通时具有不同的正向管电压降，二极管导通情况下，锗二

极管的正向管电压降约为0.3 V，硅二极管的正向管电压降约为0.7 V。总之，由于二极管的电压与电流呈非线性关系，因此二极管的主要作用是检波和整流。二极管是非线性半导体器件。

2. 晶体管

晶体管是一种具有两个 PN 结的半导体器件。晶体管是电子电路中的核心器件之一，在各种电子电路中的应用十分广泛。晶体管的种类繁多，外形如图 1-19 所示。按所用半导体材料的不同可分为锗管、硅管和化合物管。按导电极性不同可分为 NPN 型和 PNP 型两大类。NPN 型管工作时，集电极 c 和基极 b 接正电，电流由集电极 c 和基极 b 流向发射极。PNP 型管工作时，集电极 c 和基极 b 接负电，电流由发射极 e 流向集电极 c 和基极 b。使用中应按照电路图的要求选用相同导电极性的管子，否则将无法正常工作。晶体管按截止频率可分为超高频管、高频管 ($\geq 3\text{ MHz}$) 和低频管 ($< 3\text{ MHz}$)。接耗散功率可分为小功率管 ($< 1\text{ W}$) 和大功率管 ($\geq 1\text{ W}$)。按用途可分为低频放大管、高频放大管、开关管、低噪声管、高反压管和复合管等。

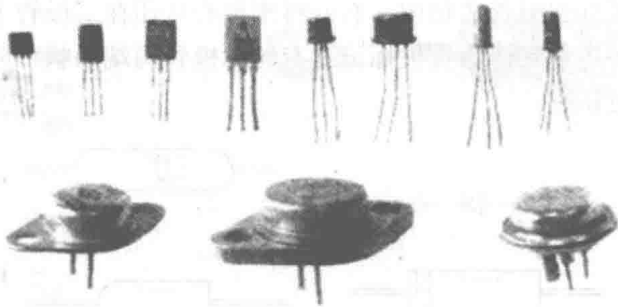


图 1-19 常见晶体管

(1) 晶体管的符号和命名方法

晶体管的文字符号为“VT”，图形符号如图 1-20 所示。晶体管的型号命名由五部分组成，如图 1-21 所示。第一部分用数字“3”表示晶体管，第二部分用字母表示材料和极性，第三部分用字母表示类型，第四部分用数字表示序号，第五部分用字母表示规格。

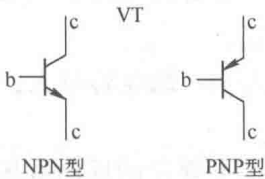


图 1-20 晶体管图形符号

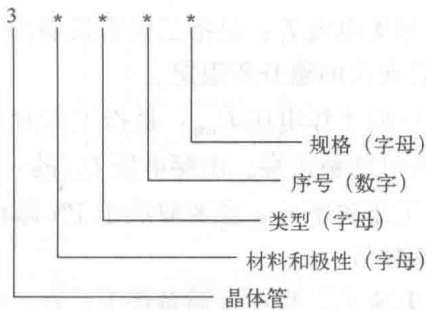


图 1-21 晶体管型号的命名

晶体管型号的意义如表 1-6 所示。例如，3AX31 为 PNP 型锗材料低频小功率晶体管；3DG6B 为 NPN 型硅材料高频小功率晶体管。