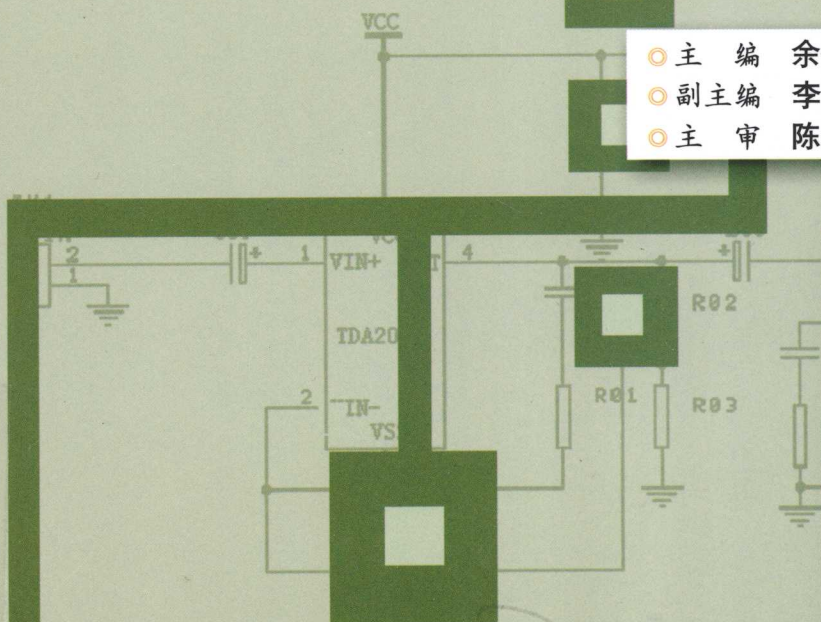


- 21世纪电气信息学科立体化系列教材
- 电工电子实验教学规划示范教材



电工电子 实习教程

○主 编 余仕求
 ○副主编 李 锐 颜国琼 李克举
 ○主 审 陈永军



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

电工电子实验教学规划示

电工电子实习教程

主 编 余仕求

副主编 李 锐 颜国琼 李克举

主 审 陈永军



华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书较全面地、由浅入深地阐述大学生电工电子实践能力培养实习课程的基本内容,不仅介绍了常用电子元器件识别与测试方法、常用电子仪器的使用及操作方法、低压电器与安全用电基本知识、电路板手工锡焊工艺等电工电子基本知识,而且还介绍了电子线路板 PCB 设计、电子线路设计仿真、可编程控制器 PLC 应用、变频器基本操作方法、三相异步电动机及其继电器接触控制等中高级实用技术。每章节后附有一定的思考练习题,便于自习。

本书可作为高等学校工科本、专科生的电工电子实习教材,其特色是注重实用性和操作性,适用于多层次的教学和培训,也可供电气电子专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子实习教程/余仕求 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2012.9
ISBN 978-7-5609-8241-0

I. 电… II. 余… III. ①电工技术-实习-高等学校-教材 ②电子技术-实习-高等学校-教材 IV. ①TM-45 ②TN-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 168748 号

电工电子实习教程

余仕求 主编

策划编辑:刘万飞

责任编辑:刘万飞

封面设计:刘 卉

责任校对:何 欢

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:荆州市今印集团有限责任公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:12.5

字 数:249 千字

版 次:2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:23.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

近年来,企业对大学生实践能力的培养提出了更高的期望,要求他们在掌握牢固的基本理论知识的同时,还具有一定的工程实践经验。为此,高等教育越来越重视大学生的工程实践能力的培养,教育部明确提出要树立以学生为本,综合知识能力、素质全面协调发展的教育理念。要求各高校建立有利于培养学生实践能力和创新能力的实践教学体系,使学生在在校期间通过实践实习来弥补其实践经验的不足,以满足企业对大学生的要求。

本书既可作为电工电子实习用教材,也可作为电工操作培训用资料。本书是在我院有关教师多年来电工电子实习教学经验积累的基础上编写的。全书共分九章。第1章常用电子元器件与万用表,第2章常用电子仪器的使用,第3章照明电路安装与安全用电,第4章 Protel 基本操作方法,第5章实用电子电路的制作,第6章西门子可编程序控制器 S7-200 应用,第7章西门子 MM440 变频器基本操作方法,第8章 Proteus 仿真软件的基本操作,第9章低压电器与三相异步电动机及其继电接触器控制。其中第1、2、3、5、9章由长江大学电子信息学院电工电子实验中心余仕求老师编写;第4、8章由实验中心颜国琼老师编写;第6、7章由实验中心李锐老师编写;第1章1.6节(数字万用表)和第2章2.2节(EE1641D 函数发生器)由实验中心李克举老师编写。第2章配有视频教学片,可登录长江大学电工电子示范中心网站中的教学资源栏目(网址:<http://sfzx.yangtzeu.edu.cn/lab/showsta.php?sid=4>)浏览。全书由余仕求主编。

本书由长江大学电子信息学院电工电子实验中心陈永军教授主审,电工电子实验中心刘尚承、熊帮新、龙从玉、程南、付润江、高秀娥、江西、史晓兰、熊亚梅等老师对本书提供了许多帮助并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编者于长江大学

2012年6月20日

目 录

第 1 章 常用电子元器件与万用表	(1)
1.1 电阻器	(1)
1.2 电容器	(4)
1.3 电感器	(7)
1.4 二极管	(8)
1.5 三极管	(11)
1.6 数字万用表	(13)
1.7 实习 用万用表测试电子元器件	(17)
第 2 章 常用电子仪器的使用	(21)
2.1 直流稳压电源	(21)
2.2 函数信号发生器	(25)
2.3 模拟示波器	(28)
2.4 数字存储示波器	(34)
2.5 实习 示波器的测量使用	(43)
第 3 章 照明电路安装与安全用电	(49)
3.1 三相交流电	(49)
3.2 安全用电常识	(50)
3.3 功率的测量	(55)
3.4 照明电路接线方法	(56)
3.5 实习 照明线路安装	(60)
第 4 章 Protel 基本操作方法	(65)
4.1 Protel 简介	(65)
4.2 电路设计步骤	(66)
4.3 印制电路板制作过程	(66)
4.4 实习 功率放大器 PCB 的制作	(82)
第 5 章 实用电子电路的制作	(87)
5.1 手工锡焊技术	(87)
5.2 实习 印制电路板的手工锡焊制作	(91)
第 6 章 西门子可编程控制器 S7-200 应用	(99)
6.1 PLC 的组成与接口	(99)

6.2	PLC 编程软件的应用	(103)
6.3	编程指令的操作	(106)
6.4	实习 PLC 应用	(109)
第 7 章	西门子 MM440 变频器基本操作方法	(115)
7.1	基本操作面板的使用	(115)
7.2	MM440 变频器的数字输入端口及功能	(117)
7.3	MM440 变频器的模拟信号控制	(119)
7.4	MM440 变频器应用实例	(120)
7.5	实习 PLC 与变频器联合应用	(123)
第 8 章	Proteus 仿真软件的基本操作	(129)
8.1	Proteus 工作界面	(129)
8.2	电路原理图设计操作	(131)
8.3	Proteus ISIS 电路仿真	(133)
8.4	实习 Proteus 电路仿真	(156)
第 9 章	低压电器与三相异步电动机及其继电接触控制	(161)
9.1	低压电器基本知识	(161)
9.2	刀开关	(162)
9.3	按钮	(163)
9.4	组合开关(转换开关)	(164)
9.5	熔断器	(165)
9.6	自动开关	(166)
9.7	交流接触器	(168)
9.8	继电器	(171)
9.9	三相异步电动机	(177)
9.10	三相异步电动机继电-接触器控制	(183)
9.11	实习	(190)
参考文献		(193)

第 1 章 常用电子元器件与万用表

电子电路是由电子元器件组成的。常用的电子元器件有电阻器、电容器、电感器和各种半导体器件(如二极管、三极管、场效应管、集成电路等)。要正确地选择和使用这些电子元器件,就必须对它们的性能、结构与规格有一定的了解。

1.1 电 阻 器

电阻器是一个限流元器件。电阻器的电阻值决定其限流能力,电阻值越大,其限流能力越强。电阻器分为固定电阻器和可变电阻器两类,外形如图 1.1 所示。

1.1.1 固定电阻器

固定电阻器常简称为电阻,电路符号如图 1.2 所示。



图 1.1 电阻器外形图

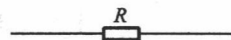


图 1.2 电阻的电路符号

1. 几种常用电阻

(1) 碳膜电阻:是用有机粘合剂将碳墨、石墨和填充料配成悬浮液涂覆于绝缘基体上,经加热聚合而成的,用 RT 表示。其特点是性能一般,价格便宜,一般为绿色、蓝色。

(2) 金属膜电阻:是用镍铬或类似的合金真空电镀技术,着膜于白瓷棒表面,经过切割调试阻值而形成的,用 RJ 表示。其特点是稳定,性能好,价格高,一般为红色。

(3) 线绕电阻:由康铜或镍铬合金电阻丝在陶瓷骨架上绕制成,用 RX 表示。其特点是稳定,低频,一般用在大功率场合。

(4) 片式电阻:又称贴片电阻,是将金属粉和玻璃釉粉混合,采用丝网印刷

法印在基板上制成的。其特点是耐潮湿,耐高温,温度系数小,体积小,用于表面贴装,发展很快。

(5) 电阻排:是一种按一定规律排列的分立电阻器集成在一起的组合型电阻器,也称集成电阻器或电阻器网络。其特点是体积小,用于数字电路。

2. 主要参数

1) 标称阻值

大多数电阻上都标有电阻的数值,这就是电阻的标称阻值,一般按 E6、E12、E24 系列标记。表 1.1 所示的是常用电阻的标称阻值系列。标称阻值可以乘以 10、100、1000、10 k、100 k,比如 1.0 这个标称阻值,就有 1.0 Ω 、10.0 Ω 、100.0 Ω 、1.0 k Ω 、10.0 k Ω 、100.0 k Ω ,以及 1.0 M Ω 、10.0 M Ω 等。

表 1.1 常用电阻的标称阻值系列

标称系列	标称阻值(可乘以 $10^n/\Omega$)											
E6	1.0	1.5	2.2	3.3	4.7	6.8						
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
E6 E12	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
E24	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

2) 允许误差

电阻的标称阻值往往与它的实际阻值不完全相符。有的标称阻值大一些,有的标称阻值小一些。电阻的实际阻值和标称阻值的偏差,除以标称阻值所得的百分数,叫做电阻的误差。误差越小的电阻,标称阻值越准确。表 1.2 所示的是常用电阻允许误差与等级。

表 1.2 常用电阻的允许误差与等级

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

3) 额定功率

额定功率用来表示电阻所能承受的最大功率,用瓦特(W)表示,有 1/16 W、1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W 等多种。使用功率超过这一最大值,电阻就会烧坏。

3. 电阻的色标法

体积较大的电阻的主要参数一般用文字标注,体积较小的电阻一般用色标法标注,即用不同颜色的色环标注其标称阻值和误差。各色环表示的方法如表 1.3 所示。

表 1.3 电阻的色环表示方法

颜色	银	金	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	无
有效数字			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
乘数	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	
允许误差 / %	±10	±5		±1	±2			±0.5	±0.2	±0.1		+50 -20	±20

色环电阻有三环电阻、四环电阻、五环电阻、六环电阻等。

五环电阻的前三色环是有效数字，然后是乘数，最后是允许误差。四环电阻的前两色环是有效数字，后两色环与五环电阻一样。三环电阻实际是四环电阻的特例，最后一色环为无色，表示允许误差是±20%。六环电阻的前五色环与五环电阻的相对应，最后一色环表示温度系数。

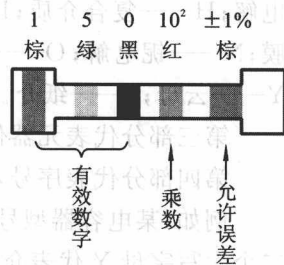
判断色环的方向一般有三种方法。

方法一：若电阻一端端部有色环，而另一端端部没有色环，有色环的端部为电阻的前端，无色环的端部为电阻的后端，前端端部色环即为阻值有效数字的第一个色环。

方法二：若电阻的两端端部都有色环，但这两个色环与临近的色环间距不同，间距小的那一端为电阻的前端，另一端为电阻的后端。

方法三：若有银色、金色及无色这三种色环（即电阻本色）在电阻的某一端，则这个端就是电阻的后端，另一端就是电阻的前端。

以五环电阻为例，图 1.3 所示的为五环电阻的色环表示法，电阻左端部有色环，右端部无色环，由方法一可知，图示电阻左端为前端。前三色环棕、绿、黑色分别表示有效数字为 1、5、0，第四色环红表示乘数为 10^2 ，第五色环棕色表示允许误差为±1%，故该电阻的阻值为 $150 \times 10^2 \Omega = 15 \text{ k}\Omega$ ，允许误差为±1%。注意一般表示允许误差的色环稍宽。



色环电阻的额定功率一般不标注，但可从其体积判断，用得最多的是 1/8 W 和 1/20 W。

1.1.2 可变电阻器

可变电阻器是阻值可以改变的电阻器。电位器是一种带滑动端的可变电阻器，因常用来改变电位，故称电位器。电位器的种类很多，但都有三个引出端：一个滑动端和两个固定端。其电路符号如图 1.4 所示。

敏感型电阻器是一种特殊的可变电阻器，其电阻值对某物理量敏感，一般由

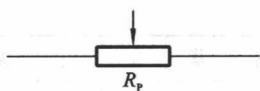


图 1.4 电位器的电路符号

特殊半导体材料制成。常见的敏感型电阻器有光敏电阻器、热敏电阻器和压敏电阻器等。光敏电阻器是电阻值随入射光的强弱而变化的电阻器,在实际中可用于光电控制。热敏电阻器是电阻值随环境温度变化而变化的电阻器,在电路中可用做温度控制。压敏电阻器是电阻值随电压变化作非线性变化的电阻器,在电路中主要起瞬态过电压保护作用。

1.2 电 容 器

电容器是存储和释放电荷的电子元件,具有隔直流、通交流的作用。电容器的两个基本指标是电容量和额定电压。电容器按有无极性,可分为有极性电容器和无极性电容器两种,有极性电容器的正、负极不能接反。

1.2.1 电容器的型号命名方法

国产电容器的型号一般由四个部分组成(不适用于压敏电容器、可变电容器、真空电容器),依次分别代表名称、材料、分类和序号。

第一部分代表名称,用大写字母 C 表示。

第二部分代表介质材料,用如下大写字母表示: A——钽电解; B——聚丙烯等非极性薄膜; C——高频陶瓷; D——铝电解; E——其他材料电解; G——合金电解; H——复合介质; I——玻璃釉; J——金属化纸; L——涤纶等极性有机薄膜; N——铌电解; O——玻璃膜; Q——漆膜; T——低频陶瓷; V——云母纸; Y——云母; Z——纸介。

第三部分代表元件分类,一般用数字表示,个别用字母表示。

第四部分代表序号,用数字表示。

例如,某电容器型号为 CY11-1,第一个大写字母 C 代表名称为电容器,第二个大写字母 Y 代表介质材料为云母,接着数字 11 代表元件分类,最后数字 1 代表序号。因此,可判断该电容器为云母电容器。

1.2.2 电容器的分类

电容器按结构分为三大类:固定电容器、可变电容器和微调电容器。不同电容器的电路符号如图 1.5 所示。

常用电容器有聚丙烯膜电容器、涤纶电容器、云母电容器、玻璃釉电容器、陶瓷电容器、空气介质可变电容器和电解电容器等。几种常用电容器的特性对比如表 1.4 所示。

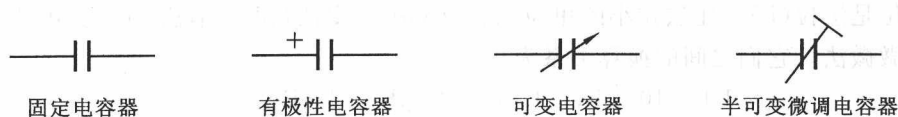


图 1.5 不同电容器的电路符号

表 1.4 几种常用电容器的特性对比

名 称	容 量	稳定性	损耗	频率	耐压
聚丙烯膜电容器	1000 pF~10 μ F	中	低	中	中
涤纶电容器	40 pF~4 μ F	差	高	低	中
云母电容器	40 pF~0.1 μ F	高	低	高	高
玻璃铀电容器	10 pF~0.1 μ F	高	低	高	中
陶瓷电容器	1~6800 pF	高	低	高	中
电解电容器	0.1~10000 μ F	中	高	低	中

电容器在电路中常用做高(低)频旁路电容器、滤波电容器、调谐电容器、高(低)频耦合电容器等。几种常见电容器实物如图 1.6 所示。

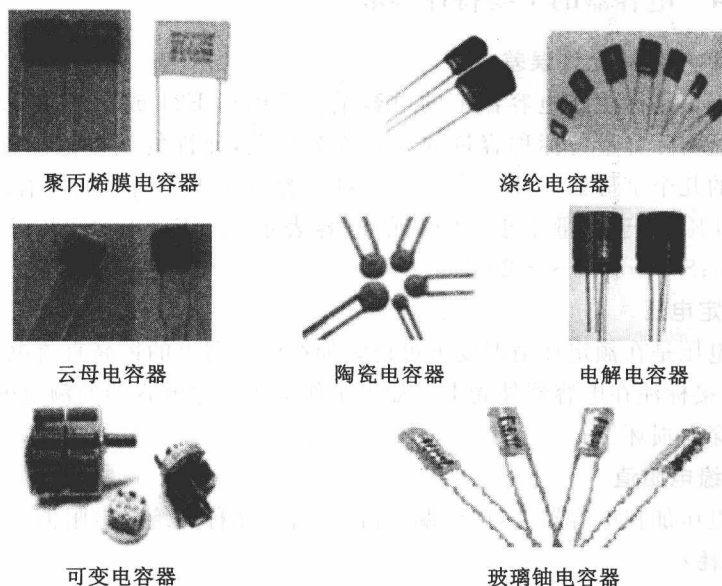


图 1.6 几种电容器的实物图

1.2.3 电容器容量的标注方法

电容器容量的标注方法主要有直标法、数码法和色标法三种。电容器容量

单位是法拉(F)。比法拉小的单位有微法(μF)、皮法(pF)、纳法(nF)。皮法又称微微法。它们之间的换算关系为

$$1\text{ F}=10^6\ \mu\text{F};\quad 1\ \mu\text{F}=10^6\ \text{pF};\quad 1\ \text{pF}=10^3\ \text{nF}$$

1. 直标法

直标法将电容器的标称容量、额定电压及允许误差直接标注在电容器的外壳上,其中允许误差一般用字母来表示。常见的表示允许误差的字母有J— $\pm 5\%$ 和K— $\pm 10\%$ 等。例如,47 nJ100表示标称容量为0.047 pF,允许误差为 $\pm 5\%$,额定电压为100 V。

2. 数码法

用三位数字来表示标称容量的大小,单位为pF。前两位为有效数字,第三位为倍率,即乘以 10^n , n 的范围是1~9。例如,333表示 $33\times 10^3\ \text{pF}=33000\ \text{pF}=0.033\ \mu\text{F}$ 。

3. 色标法

这种表示方法与电阻的色环表示方法类似,其颜色表示的数字与电阻色环完全一致,单位为pF。

1.2.4 电容器的主要特性参数

1. 标称容量和允许误差

标称容量是标注在电容器上的电容量。按国标E24或E12或E6系列标记。电容器实际容量与标称容量的偏差称为误差,允许的误差范围称为精度。表示误差的几个字母如下:D— $\pm 0.5\%$,对于容量小于10 pF的电容器表示 $\pm 0.5\ \text{pF}$;F— $\pm 1\%$,对于容量小于10 pF的电容器表示 $\pm 1\ \text{pF}$;G— $\pm 2\%$;J— $\pm 5\%$;K— $\pm 10\%$;S— $+50\%\sim -20\%$ 。

2. 额定电压

额定电压是在额定环境温度下可连续加在电容器上的最高直流电压的有效值,一般直接标注在电容器外壳上。如果工作电压超过电容器的额定电压,电容器将被击穿而损坏。

3. 绝缘电阻值

直流电压加在电容器上,产生漏电流,二者之比称为绝缘电阻值。

4. 损耗

电容器在电场作用下,在单位时间内因发热所消耗的能量称为损耗。各类电容器都规定了其在某频率范围内的损耗允许标值。电容器的损耗主要有介质损耗和电导损耗两种。介质损耗是指电容器内绝缘材料在交变电场作用下,介质电导和介质极化的滞后效应在其内部引起的能量损耗;电导损耗是指在直流电场的作用下,电容器介质内因泄漏电流而产生的损耗。

5. 频率特性

随着频率的上升,一般电容器的电容量会下降。

1.3 电 感 器

电感器是根据电磁感应原理制成的元器件。它的基本作用是通直流、隔交流。电感器的最基本指标是电感量,单位是亨利(H)。

1.3.1 电感器的分类

在电子设备中,电感器分为两大类:一类是应用自感作用电感线圈;另一类是应用互感作用的变压器或互感器。两种常见电感器实物如图 1.7 所示。

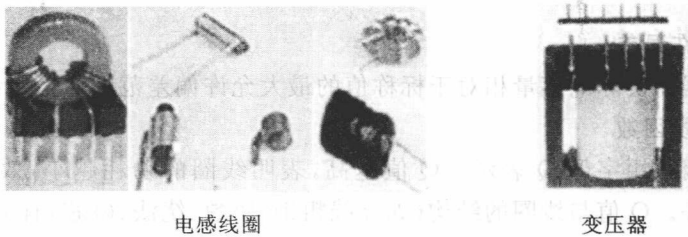


图 1.7 电感器实物图

1. 电感线圈

电感线圈的用途很广,在电路中常用于滤波器、调谐放大器、均衡电路、去耦电路等。若按线圈绕制方式分,电感线圈有单层电感线圈、多层电感线圈、蜂房式电感线圈;若按线圈圈芯来分,电感线圈有空芯电感线圈和磁芯电感线圈;若按电感量变化的情况来分,有固定电感线圈和可变电感线圈。几种电感线圈的电路符号如表 1.5 所示。

2. 变压器

变压器利用两个线圈的互感作用来传递交流信号和电能,同时能起到阻抗变换的作用。按变压器的铁芯和线圈结构来分,有芯式变压器和壳式变压器;按变压器使用频率来分,有高频变压器、中频变压器和低频变压器;按变压器的作用来分,有电源变压器、电力变压器和隔离变压器等。

表 1.5 几种电感线圈的电路符号

符 号				
名称	空芯线圈	可变电感线圈	铁芯电感线圈	磁芯电感线圈

1.3.2 电感器的标注方法

轴向引线电感器的外形与电阻器的外形是非常相似的。为了表明电感器的参数,常在小型固定电感器的外壳上涂上标注,其标注方法与电容器一样有直标法、色标法和数码法三种。

1.3.3 电感器的主要参数

1. 电感量

电感量是电感器的固有特性,它反映电感器存储磁场能的能力。它的大小与线圈的匝数、绕制方式、骨架尺寸及磁芯材料等因素有关。匝数越多,线圈越集中,电感量就越大;线圈内有磁芯的比无磁芯的电感量大;磁芯导磁率大的电感量大。

2. 允许误差

电感器的实际电感量相对于标称值的最大允许偏差范围称为允许误差。

3. 品质因数

品质因数用字母 Q 表示。 Q 值越高,表明线圈的功耗越小,效率越高,则“品质”越好。 Q 值与线圈的结构(如导线粗细、匝数、绕法、磁芯)有关。

4. 标称电流

标称电流是指线圈允许通过的最大电流,常用字母 a、b、c、d、e 来表示。标称电流分别为 50 mA、150 mA、300 mA、700 mA、1600 mA。

5. 分布电容

线圈的匝间、线圈与屏蔽罩间、线圈与底板间存在分布电容。分布电容的存在使线圈的 Q 值减小,稳定性变差。因此,减小线圈的分布电容可提高线圈的性能。

1.4 二极管

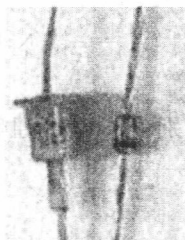
晶体二极管有一个由 P 型半导体和 N 型半导体形成的 PN 结。在 PN 结内形成由 N 指向 P 的内电场,这样就具有单向导电性。晶体二极管的电路符号如图 1.8 所示,几种常见实物如图 1.9 所示。

1.4.1 二极管的分类

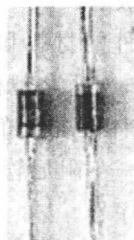
二极管按材料分,有硅二极管、锗二极管和砷化镓二极管等;按用途分,有整流二极管、检波二极管、发光二极管、光电二极管、稳压二极管和变容二极管等。各类型二极管的电路符号如图 1.10 所示。



图 1.8 二极管的
电路符号



稳压二极管



整流二极管



发光二极管

图 1.9 几种常见二极管实物图



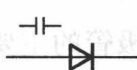
普通二极管



发光二极管



光电二极管



变容二极管



稳压二极管

图 1.10 各类二极管的电路符号

1.4.2 二极管的导电特性

二极管的重要特性就是单向导电性。在电路中,当二极管的正极(P)接高电位而负极(N)接低电位时,即正偏,二极管导通;反之,即反偏,二极管截止。

1. 正向特性

在理想情况下,当二极管加正向电压时,二极管导通,在电路上相当于开关闭合。实际上,二极管是非线性元件。正向工作时,外加电压必须略大于二极管的门槛电压(又称死区电压),这时二极管才开始导通。门槛电压与材料有关。锗二极管的门槛电压约为 0.2 V;硅二极管的约为 0.6 V。二极管正常工作时,其上必须存在导通电压,导通电压略大于门槛电压。锗二极管导通电压约为 0.3 V;硅二极管的导通电压约为 0.7 V;砷化镓(发光)二极管的导通电压大于 1.4 V。

2. 反向特性

在理想情况下,当二极管加反向电压时,二极管截止,在电路上相当于开关断开。实际上,二极管反偏时,有很小的反向电流通过。随着反向电压的增加,反向电流也有所增加,当反向电压超过了某一数值时,二极管反向电流会急剧增加,二极管将失去单向导电性,即被击穿。

1.4.3 二极管的命名

国产二极管型号的表示由五部分组成。

第一部分用数字 2 表示二极管。

第二部分用字母表示元器件的材料和极性:A——锗 N 型材料;B——锗 P 型材料;C——硅 N 型材料;D——硅 P 型材料。

第三部分用字母表示半导体元器件的类别:P——普通管;W——稳压管;Z——整流管;L——整流堆;N——阻尼管;U——光电管。

第四部分用数字表示产品序号。

第五部分用字母表示元器件的规格号(同一类产品的档次)。

例如,2CP10 为硅 N 型普通二极管;2CW18 为硅 N 型稳压二极管。

国外二极管命名方法各异,如 1N 是日本电子元器件命名法,1N4000 系列为整流硅二极管。

1.4.4 二极管的主要参数

二极管的参数用来表示二极管工作特性和技术指标。不同类型的二极管有不同的特性参数。其主要参数介绍如下。

1. 最大整流电流

最大整流电流是在规定的环境温度和散热条件下,二极管长期连续工作时允许通过的最大正向电流。若二极管实际电流超过最大整流电流,则管芯发热,温度升高。当温度超过其允许温度(硅二极管的约为 140°C ,锗二极管的约为 90°C)时,二极管会因过热而损坏。

2. 最大反向电压

当加在二极管上的反向电压超过一定值时,二极管被击穿,失去单向导电性,此时的电压即为最大反向电压。因此,二极管反向工作时,外加电压不要超过最大反向电压。

3. 反向电流

反向电流是指二极管在规定的温度和低于最大反向电压的电压作用下,流过二极管的反向电流。反向电流越小,二极管的单向导电性能越好。反向电流与温度有关,大约温度每升高 10°C ,反向电流增大 1 倍。

4. 最高工作频率

最高工作频率是指二极管工作的上限频率。当实际频率超过此值时,由于结电容的影响,二极管单向导电性能将下降。

5. 二极管的识别

小功率二极管的负极(N 极)常用一种色圈在其外表上标出来,也有一些二极管直接用“P”、“N”来表示极性。发光二极管通过管脚的长短来表示极性,长脚为正极,短脚为负极。用万用表可直接测出二极管的极性并能判断其好坏。

1.5 三极管

晶体三极管有两个 PN 结,具有电流放大作用。按两个 PN 结的组合方式不同分为 NPN 型三极管和 PNP 型三极管,对应的电路符号如图 1.11 所示。三极管的三个极分别是集电极 c、基极 b 和发射极 e。如图 1.11 所示,NPN 型三极管发射极电流是向外流出的,而集电极和基极电流都是向内流入的;PNP 型三极管三个极的电流流向恰好与 NPN 型三极管的相反。三极管的电流放大作用是指基极电流在集电极上得到放大,常用集电极电流与基极电流的比值来表示三极管的电流放大系数 β 。几种常见三极管的实物如图 1.12 所示。

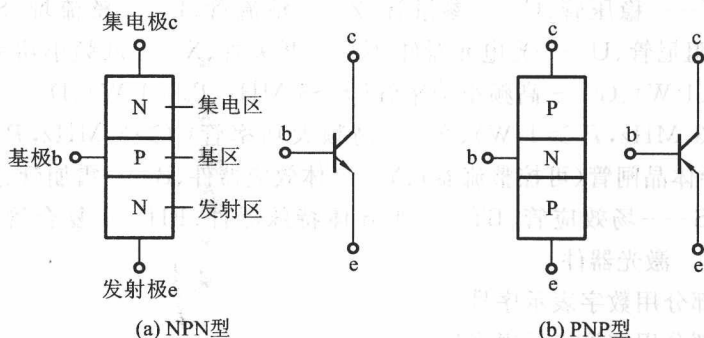


图 1.11 三极管电路符号

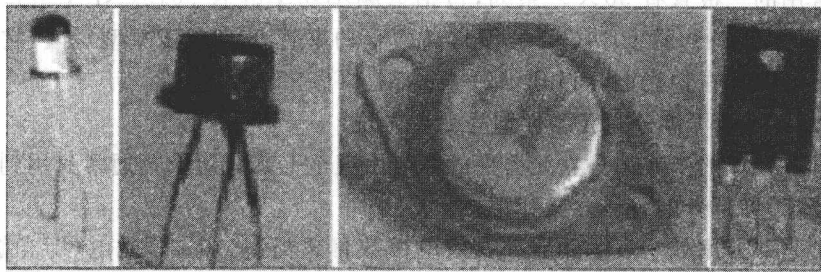


图 1.12 三极管实物图

1.5.1 三极管的分类

三极管按半导体材料分,有硅三极管、锗三极管;按工作频率分,有低频三极管、高频三极管、超高频三极管(微波管)等;按功率分,有小功率三极管、中功率三极管、大功率三极管等;按结构分,有 NPN 型三极管和 PNP 型三极管。