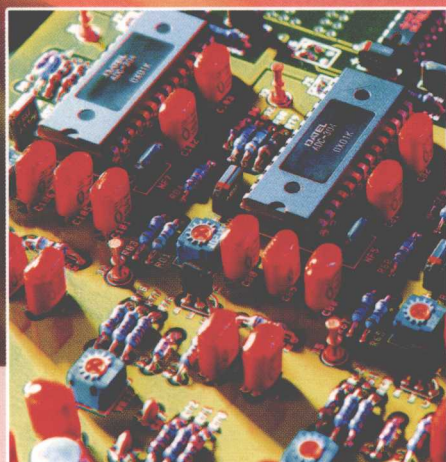


● 高等学校教材

电工电子技术实验

主 编 周鲁英

副主编 齐晶晶



高等教育出版社

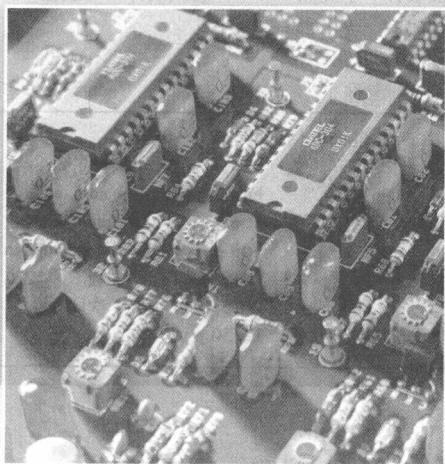
● 高等学校教材

电工电子技术实验

Diangong Dianzi Jishu Shiyān

主 编 周鲁英

副主编 齐晶晶



高等教育出版社·北京

内容提要

本教材为适应普通高校教学改革和电工电子技术发展的新形势而编写,内容符合新世纪电工电子技术实验课程教学改革要求。

本教材内容主要包括电工电子实验常用电子元器件和测量仪器的使用、电工电子常用的实验测量方法和常见故障的检测与排除方法、电工技术实验、电子技术实验等。

本教材内容围绕电工电子技术相关理论,选材合理、适当,符合一般院校的实验教学实际;操作步骤清晰,叙述简练易懂;注重学生实验技能的培养;引入了电工电子技术领域的创新技术,以扩大学生的知识面,提高学生的实践能力,有利于学生素质的全面提高。

本教材可作为高等学校工科非电类专业的电工电子技术实验教材,也可供工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验/周鲁英主编.--北京:高等教育出版社,2015.11

ISBN 978-7-04-044124-6

I. ①电… II. ①周… III. ①电工技术-实验-高等学校-教材②电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 253416 号

策划编辑	金春英	责任编辑	许海平	封面设计	于文燕	版式设计	马敬茹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	高一歌	责任印制	尤 静		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京京科印刷有限公司	网上订购	http://www.landrac.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landrac.com.cn
印 张	7	版 次	2015 年 11 月第 1 版
字 数	160 千字	印 次	2015 年 11 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	12.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 44124-00

前 言

为了与面向 21 世纪电工电子技术课程体系的改革同步,本着培养具有综合素质人才的教育思想,我们重新编写了《电工电子技术实验》。本书全面改革了电工电子技术实验的实验方法、实验手段和部分实验内容。本书是在多年实验教学经验的基础上,考虑非电类学生的学习特点,根据 21 世纪国家对电工电子技术课程教学基本要求所规定的实验项目编写而成的。

电工电子技术实验是重要的教学环节。随着时代的发展,对实验教学提出了更高要求,即从注重实验结果向重视实验过程发展。实验的目的不仅仅是验证基本理论知识,更重要的是通过实验使学生掌握实验手段、提高实践技能,培养学生分析问题、解决问题和应用知识的能力。通过完成设计性、综合性实验,充分放手让学生自行设计,独立完成,切实培养学生的实际动手能力,进而使其养成严谨的科学作风和实事求是的科学态度。同时本书还把在实际中得到广泛应用的先进的 EDA、Multisim 仿真软件引入非电类专业的电类实践教学中,使学生拓宽了知识面,接触到现代化电子技术设计手段,跟上现代电工电子技术的发展。

本书可供高等学校工科非电类专业的本专科学生使用,也可供工程技术人员学习和参考。

本书由河南科技大学电工电子实验教学中心组织编写,共分三章。第一、三章由曹磊编写,第二章及附录 I 由齐晶晶编写,附录 II 及 III 由周鲁英编写,全书由周鲁英负责统稿,宋璐和荆娟娟负责校对。

本书由西安交通大学刘晔教授担任主审。主审对书稿进行了详细的审阅,并提出了很多宝贵意见和修改建议。在本书编写过程中,河南科技大学电工基础教学部的同行给予了大力支持。在此谨向他们表示感谢。

在编写本书的过程中,编者参考了部分优秀教材和手册,谨对这些参考文献的作者表示感谢。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大读者指正。

编者 于洛阳河南科技大学

2015 年 7 月 24 日

目 录

第一章 电工电子实验基础	1
1.1 常用电子元器件	1
1.2 电工电子测量方法	16
1.3 电工电子测量仪器	18
1.4 常见故障的检测和排除方法	27
第二章 电工技术实验	31
2.1 电工测量认识	31
2.2 叠加定理及戴维宁定理的验证	35
2.3 RC 一阶电路的响应测试	39
2.4 日光灯电路及功率因数的改善	41
2.5 三相交流电路	44
2.6 三相异步电动机控制	48
2.7 可编程控制器的认识	50
第三章 电子技术实验	57
3.1 常用电子仪器的使用练习	57
3.2 单管放大电路	60
3.3 集成运算放大电路的仿真设计	63
3.4 直流稳压电源	64
3.5 门电路的测试及组合逻辑电路	67
3.6 时序逻辑电路	69
3.7 计数、译码、显示电路	71
附录 I Multisim7 电子电路仿真应用	75
附录 II 三菱可编程控制器(PLC)的编程指令和 FX-10P-E 编程器的功能与操作	92
附录 III 集成电路芯片引脚图	96
参考文献	102

第一章 电工电子实验基础

1.1 常用电子元器件

在电工电子实验中,常用的电子元器件主要有:电阻、可变电阻、电容、电感、二极管、晶体管等。

1.1.1 电阻

电阻是电路中应用最广泛的一种元件,在电子设备中占元件总数的 30%以上,其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大影响。它的主要用途是稳定和调节电路中的电流和电压,其次还作为分流器、分压器和负载使用。

1. 电阻的种类

在电子设备的实际应用中,一般按照制作电阻的材料进行分类。常见的电阻种类及特性如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 电阻的种类及特性

种类	优点	缺点	外观
碳膜电阻	较好的稳定性和适应性,价格便宜	精度低	漆皮为绿、蓝灰、米黄色
金属膜电阻	各方面性能比碳膜电阻更好,常用于精密设备	价格高	漆皮为深红色
线绕电阻	阻值精确,承受功率大	不适合高频工作	漆皮为黑色

常见电阻的外观参见图 1.1.1。

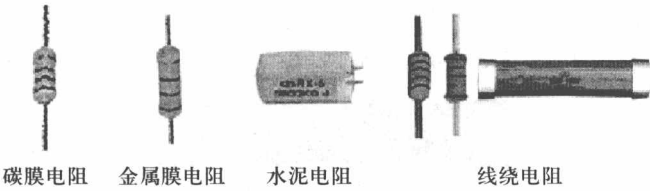


图 1.1.1 常见电阻的外观

也可按照电阻的阻值进行分类。阻值不能调节的,称为固定电阻,阻值可以调节的,称为可变电阻,也称为电位器。电位器主要应用于电压分配,如收音机的音量调节等。电位器的外观如图 1.1.2 所示。

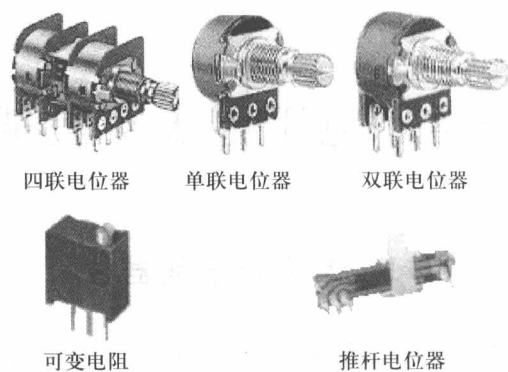


图 1.1.2 电位器的外观

除了以上介绍的电阻之外,也还会用到一些特殊的电阻。这些电阻的特点是它的阻值会根据一些外界因素的变化而变化。例如:受光影响的称为光电电阻、受外界压力影响的称为压敏电阻,还有热敏、气敏、电敏电阻等。图 1.1.3 是一些特殊电阻的外观。



图 1.1.3 特殊电阻的外观

2. 电阻的参数

对于固定电阻,主要的参数指标有两个:阻值和额定功率。

(1) 阻值

阻值描述电阻对电流的阻碍能力,单位:欧姆,用希腊字母 Ω 表示。常用单位还有 $k\Omega$ (千欧)、 $M\Omega$ (兆欧),其换算公式如下

$$1\ M\Omega = 1\ 000\ k\Omega = 1\ 000\ 000\ \Omega$$

在实际应用中,电阻阻值一般有两种标注方式:一种是数字与单位直接标注的方式(见图 1.1.4);另一种是利用色环来标注的方式(见图 1.1.5),称为色标法,色标方式也分两种:分别为 4 环电阻与 5 环电阻,数值的读取方法、颜色与数值的对应关系如下:

棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	黑
1	2	3	4	5	6	7	8	9	0



线绕电阻



水泥电阻

图 1.1.4 电阻的直接表注方式



图 1.1.5 电阻的色环标注方式

(2) 额定功率

是指电阻在一定条件下(压力、温度等)长期连续工作能够允许承受的最大功率。所以,在一些电路中必须注意电阻功率的选择,否则会由于电阻承受能力问题导致电阻烧坏,甚至可能导致设备中其他元器件的损坏。在实际应用中,可以用功率大的同阻值电阻替代小功率电阻,但反之则需要慎重考虑。

电阻的额定功率分为 19 个等级,常用的有 0.05 W、0.125 W、0.25 W、0.5 W、1 W、2 W、3 W、5 W、7 W、10 W 等。

(3) 其他参数

温度系数:描述电阻的工作温度对其阻值产生的影响。

误差等级:描述电阻的实际阻值与标称电阻的差别。

3. 选用常识

根据电子设备的技术指标和电路的具体要求选用电阻的型号和误差等级,额定功率应大于实际消耗功率的 1.5~2 倍。电阻装接前要测量核对,尤其是要求较高时,还需要人工老化处理,提高稳定性。电路的工作频率对电阻的选择也有不同要求。

1.1.2 电容

电容是在两个金属电极之间夹了一层电介质构成,具有存储电荷的能力。在理论上,它对直

流电流具有隔断的作用,而交流电流则可以通过,随着交流频率越高,它通过电流的能力也越强。一些常用电容的外观如图 1.1.6 所示。



图 1.1.6 常用电容的外观

电容在电路中也是广泛应用的元件之一。多采用它在电路中实现滤波、隔直、交流耦合、交流旁路等,也用它和电感一起组成振荡电路。

1. 电容的分类

按照电介质的不同,电容有很多种,一般用字母表示产品的材料:A——钽电解、B——聚苯乙烯等非极性薄膜、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——钽电解、O——玻璃膜、Q——漆膜、T——低频陶瓷、V——云母纸、Y——云母、Z——纸介。

常见、常用的电容主要有:瓷片电容、涤纶电容、电解电容、云母电容和纸介电容等。电容的种类与特性如表 1.1.2 所示。

表 1.1.2 电容的种类与特性

名称	优点	缺点	主要应用
瓷片电容	体积特别小,高频损耗少,耐高温,价格低廉	容量小	普遍应用
涤纶电容	体积小,容量大	容量体积比大	直流或中低频脉动电路
电解电容	容量特别大	漏电大,容量不准确;性能好,价格高	耦合、滤波
云母电容	性能稳定,耐高温、高压,高频性能好	价格高	发光二极管
纸介电容	体积较小,容量较大,价格低	高频性能差,稳定性差	

电解电容一般容量比较大,从 $1\ \mu\text{F}$ 到 $10\ 000\ \mu\text{F}$ 都比较常见,它是有正、负极之分的电容元件,在使用中正极接高电位端,负极接低电位端,不能够反接。

电解电容的电路符号如图 1.1.7 所示。

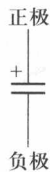


图 1.1.7 电解电容的电路符号

2. 电容的主要性能参数

(1) 电容标称容量

描述电容容量大小的参数,单位:F(法)。在实际应用中,以 F 出现的电容很少见到,常见单位有 μF (微法)和 pF (皮法)。其单位换算公式为

$$1\ \text{F} = 1\ 000\ 000\ \mu\text{F} (10^6\ \mu\text{F}) = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ \text{pF} (10^{12}\ \text{pF})$$

(2) 耐压

耐压也叫额定工作电压,是指在规定的温度范围内,电容能够长期可靠地工作时承受的加在它两端的最高电压。耐压值又分为直流工作电压和交流工作电压,这个指标当然是越高越好。如果在交流电路中,要注意所加的交流电压最大值不能超过电容的直流工作电压值。在其他性能参数一样的情况下,高耐压的可以直接替代低耐压的,反之则不能。

常用的固定电容工作电压有 $6.3\ \text{V}$ 、 $10\ \text{V}$ 、 $16\ \text{V}$ 、 $25\ \text{V}$ 、 $50\ \text{V}$ 、 $63\ \text{V}$ 、 $100\ \text{V}$ 、 $250\ \text{V}$ 、 $400\ \text{V}$ 、 $500\ \text{V}$ 、 $630\ \text{V}$ 、 $1\ 000\ \text{V}$ 等。

3. 电容的规格和标注方法

在实际应用过程中,常常需要对电容的容量和其他参数进行选择。电容的容量标注方法主要有:

(1) 直接标注法

用数字和单位符号直接标出,如 $1\ \mu\text{F}$ 。有些电容用 R 表示小数点,如 R56 表示 $0.56\ \mu\text{F}$ 。

电解电容一般采用直接标注法,它的容量不需要换算,在容量旁边一般还标注有耐压值和工作温度。电解电容有正、负极的区分,一般都有标注。还有一种简单的识别方法:对未剪腿的电解电容,腿长的一边为正极,见图 1.1.8。

(2) 文字符号法

用数字和文字符号有规律的组合来表示容量。如 p10 表示 $0.1\ \text{pF}$ 、1p0 表示 $1\ \text{pF}$ 、6P8 表示 $6.8\ \text{pF}$ 、2 μ 2 表示 $2.2\ \mu\text{F}$ 。

(3) 色标法

用色环或色点表示电容的主要参数。电容的色标法与电阻相同。

(4) 数字计数法

在瓷介电容上经常看到如图 1.1.9 那样有 103,224 的标注。这种标注表示的容量为:前两位读数后加上第 3 位数字表示的“0”的个数。例如:标值 103,表示的容量是 $10 \times 10^3\ \text{pF} = 10\ 000\ \text{pF} = 0.01\ \mu\text{F}$,标值 224,表示的容量是 $22 \times 10^4\ \text{pF} = 0.22\ \mu\text{F}$ 。

4. 选用常识

电容在电路中实际要承受的电压不能超过它的耐压值。在滤波电路中,电容的耐压值不要小于交流有效值的 1.42 倍。使用电解电容的时候,还要注意正、负极不要接反。

不同电路应该选用不同种类的电容。谐振回路可以选用云母或高频陶瓷电容,隔直流可以选用纸介、涤纶、云母、电解、陶瓷等电容,滤波可以选用电解电容,旁路可以选用涤纶、纸介、陶瓷、电解等电容。

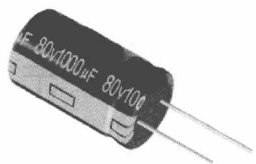


图 1.1.8 电容直接标注方式

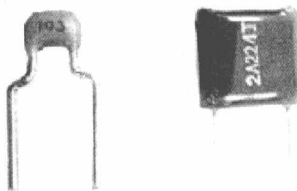


图 1.1.9 电容数字计数标注方式

1.1.3 电感

能产生电感作用的元件统称为电感元件,常简称为电感或线圈。电感和电容一样,也是一种储能元件,它能把电能转变为磁场能,并在磁场中储存能量。

电感在电路中最常见的作用就是与电容一起,组成 LC 滤波电路。电容具有“阻直流,通交流”的作用,而电感则有“通直流,阻交流”的功能。如果把伴有许多干扰信号的直流电通过 LC 滤波电路,那么,交流干扰信号将被电容变成热能消耗掉;变得比较纯净的直流电通过电感时,其中的交流干扰信号也被变成磁感和热能。频率较高的干扰信号最容易被电感阻抗,这就可以抑制较高频率的干扰信号。电感的电路符号如图 1.1.10 所示。

电感单位: H (亨)、 mH (毫亨)、 μH (微亨), $1 H = 10^3 mH = 10^6 \mu H$ 。



图 1.1.10 电感的电路符号

电感量的标注方法:直标式、色环式、无标式。

电感方向性:无方向。

检查电感好坏方法:用电感测量仪测量其电感量;用万用表测量其通断,理想的电感电阻很小,近乎为零。

1. 电感的分类

按电感形式分类可分为:固定电感、可变电感。

按导磁体性质分类可分为:空心线圈、铁氧体线圈、铁心线圈、铜心线圈。

按工作性质可分为:天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈、偏转线圈。

按绕线结构可分为:单层线圈、多层线圈、蜂房式线圈、密绕式线圈、间绕式线圈、脱胎式线圈、蜂房式线圈、乱绕式线圈。电感的外观如图 1.1.11 所示。

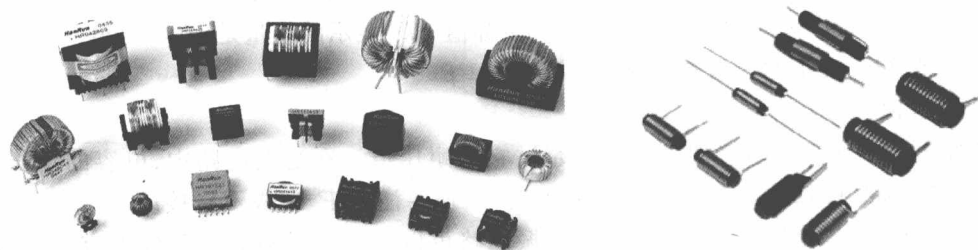


图 1.1.11 电感的外观

2. 常用电感

(1) 单层线圈

单层线圈是用绝缘导线一圈挨一圈地绕在纸筒或胶木骨架上。单层线圈的电感量较小,一般在几个微亨至几十个微亨之间。单层线圈一般使用在高频电路中,为了提高线圈的 Q 值,单层线圈的骨架常使用介质损耗小的陶瓷或聚苯乙烯材料制作。

单层线圈可以采用密绕和间绕。间绕的线圈每匝间都相距一定的距离,所以分布电容小。对于电感量大于 $15\ \mu\text{H}$ 的线圈,应采用密绕的制作方法。密绕法单层线圈就是将导线一圈挨一圈地绕在骨架上,密绕法制作的单层线圈虽可在较小的尺寸下获得较大的电感量,但其线圈间有较大的分布电容。

没有骨架的单层线圈需采用脱胎法绕制。首先将导线密绕在螺旋骨架上,然后取出骨架芯即成,导线间的间距可根据需要拉开。这种绕法的线圈分布电容小,但只要改变线匝间的距离,电感就会发生变化。

在高频大电流的电路中,为了减少趋肤效应的影响,线圈常用铜管绕制。

(2) 多层线圈

当电感量大于 $300\ \mu\text{H}$ 时,就应采用多层线圈。除了匝与匝之间的分布电容外,层与层之间也有分布电容,因此多层线圈存在着分布电容大的缺点。同时层与层之间的电压相差较大,当线圈两端有高电压时,容易造成匝间绝缘击穿。为了防止这种现象的发生,常将线圈分段绕制。这样既可解决分布电容大的问题,也提高了线圈的抗电压能力。

(3) 蜂房式线圈

如果所绕制的线圈,其平面不与旋转面平行,而是相交成一定的角度,这种线圈称为蜂房式线圈。而其旋转一周,导线来回弯折的次数,常称为折点数。蜂房式绕法的优点是体积小,分布电容小,而且电感量大。蜂房式线圈都是利用蜂房绕线机来绕制。折点越多,分布电容越小。

(4) 铁氧体磁心和铁粉心线圈

线圈的电感量大小与有无磁心有关。在空心线圈中插入铁氧体磁心,可增加电感量和提高线圈的品质因数。

(5) 铜心线圈

铜心线圈在超短波范围应用较多,利用旋动铜心在线圈中的位置来改变电感量,这种调整比较方便、耐用。

(6) 色码电感

是一种高频电感,它是在磁心上绕上一些漆包线后再用环氧树脂或塑料封装而成。它的工作频率为 $10\ \text{kHz}\sim 200\ \text{MHz}$,电感量一般在 $0.1\sim 3\ 300\ \mu\text{H}$ 之间。色码电感是具有固定电感量的电感,其电感量标识方法同色环电阻一样。色码电感的外观如图 1.1.12 所示。



图 1.1.12 色码电感的外观

(7) 阻流圈(扼流圈)

限制交流电通过的线圈称阻流圈,分高频阻流圈和低频阻流圈。

(8) 偏转线圈

偏转线圈是电视机扫描电路输出级的负载,偏转线圈要求偏转灵敏度高、磁场均匀、 Q 值高、

体积小、价格低。

3. 电感的主要特性参数

(1) 电感量 L

电感量 L 表示线圈本身固有特性,与电流大小无关。除专门的电感线圈(色码电感)外,电感量一般不专门标注在线圈上,而以特定的名称标注。

(2) 感抗 X_L

电感线圈对交流电流阻碍作用的大小称感抗 X_L ,单位是 Ω 。它与电感量 L 和交流电频率 f 的关系为 $X_L = 2\pi fL$ 。

(3) 品质因数 Q

品质因数 Q 是表示线圈质量的一个物理量, Q 等于感抗 X_L 与其等效电阻的比值,即: $Q = X_L / R$ 。线圈的 Q 值愈高,回路的损耗愈小。线圈的 Q 值与导线的直流电阻、骨架的介质损耗、屏蔽罩或铁心引起的损耗、高频趋肤效应的影响等因素有关。线圈的 Q 值通常为几十到几百。采用磁心线圈,多股粗线圈均可提高线圈的 Q 值。

(4) 分布电容

任何线圈,其匝与匝之间、层与层之间、线圈与参考地之间、线圈与磁屏蔽罩间等都存在一定的电容,这些电容称为线圈的分布电容。若将这些分布电容综合在一起,就成为一个与线圈并联的等效电容 C 。分布电容的存在使线圈的 Q 值减小,稳定性变差,因而线圈的分布电容越小越好。

(5) 额定电流

额定电流是指电感在正常工作时允许通过的最大电流值。若工作电流超过额定电流,则电感就会因发热而使性能参数发生改变,甚至还会因过流而烧毁。通常用字母 A、B、C、D、E 分别表示标称电流值为 50 mA、150 mA、300 mA、700 mA、1 600 mA。

(6) 允许偏差

允许偏差是指电感上标称的电感量与实际电感量的允许误差值。

一般用于振荡或滤波等电路中的电感要求精度较高,允许偏差为 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.5\%$;而用于耦合、高频阻流等电感的精度要求不高,允许偏差为 $\pm 10\% \sim 15\%$ 。

4. 电感的型号、规格及命名

国内外有众多的电感生产厂家,其中名牌厂家有 SAMUNG、PHI、TDK、AVX、VISHAY、NEC、KEMET、ROHM 等。

(1) 片状电感

电感量:10 nH ~ 1 mH。

材料:铁氧体、绕线型、陶瓷叠层。

精度: $J = \pm 5\%$ $K = \pm 10\%$ $M = \pm 20\%$ 。

规格尺寸:0402、0603、0805、1008、1206、1210、1812、1008 = 2.5 mm × 2.0 mm。

(2) 功率电感

电感量:1 nH ~ 20 mH。

带屏蔽、不带屏蔽。

规格:SMD43、SMD54、SMD73、SMD75、SMD104、SMD105; RH73、RH74、RH104R、RH105R、RH124; CD43/54/73/75/104/105。

(3) 片状磁珠

种类:CBG(普通型)阻抗: $5\ \Omega\sim 3\ \text{k}\Omega$ 。

CBH(大电流)阻抗: $30\ \Omega\sim 120\ \Omega$ 。

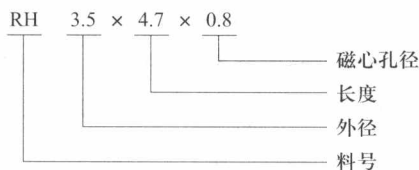
CBY(尖峰型)阻抗: $5\ \Omega\sim 2\ \text{k}\Omega$ 。

规格:0402、0603、0805、1206、1210、1806(贴片磁珠)。

规格:SMB302520、SMB403025、SMB853025(贴片大电流磁珠)。

(4) 插件磁珠

规格:RH3.5。



(5) 色环电感

电感量: $0.1\ \mu\text{H}\sim 22\ \text{mH}$ 。

规格:0204、0307、0410、0512。

豆形电感规格:0405、0606、0607、0909、0910。

精度: $J=\pm 5\%$, $K=\pm 10\%$, $M=\pm 20\%$ 。

色环电感读法:同色环电阻的标示一样。

(6) 立式电感

电感量: $0.1\ \mu\text{H}\sim 3\ \text{mH}$ 。

规格:PK0455、PK0608、PK0810、PK0912。

(7) 轴向滤波电感

规格:LGC0410、LGC0513、LGC0616、LGC1019。

电感量: $0.1\ \mu\text{H}\sim 10\ \text{mH}$ 。

额定电流: $65\ \text{mA}\sim 10\ \text{A}$ 。

Q 值高,价位一般较低,自谐振频率高。

(8) 磁环电感

规格:TC3026、TC3726、TC4426、TC5026

尺寸(单位 mm): $3.25\sim 15.88$ 。

5. 电感的选用用微调

电感工作场所的潮湿与干燥、环境温度的高低、高频或低频环境、让电感表现的是电感特性还是阻抗特性等,都需要注意。

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,它的阻抗特性表现的很明显,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。

选用电感时,首先要检查电感量是否符合要求。可以用电感测试仪来测量,它不但可以测量电感量,也可以测量其 Q 值。

电感在使用中,若没有专门的测量仪器,可用万用表进行简易的质量判断。可先用万用表电

阻挡测量电感的直流电阻,再与原确定的阻值或标称阻值相比较。如果测得的阻值为无穷大,则可断定电感有断线;若测得的阻值小了很多,则可判定电感有短路匝。这两种情况的出现,都可以判定电感有质量问题。不能再使用。若检测的电阻与原确定或标称电阻相差不大,则可认为电感的质量基本是好的。

有些电感在使用时需要调整电感量,常用的方法有:

- ① 单层线圈微调方法。微调时改变线圈之间的间距,就可以改变电感量的大小。对于应用于短波或超短波回路中的线圈,常在线圈的端部留出半圈作为微调,移开或折转这半圈即可改变电感量。
- ② 多层线圈的微调方法。对于想做微调的多层线圈,一般可将总匝数的 20%~30% 作为分段绕制,移动彼此之间的相对距离,即可微调电感量的 10%~15%。
- ③ 带磁心线圈的微调方法。可通过调节磁心在线圈的位置来改变电感量。

1.1.4 二极管

二极管常用符号 D 表示。常用二极管的电路符号如图 1.1.13 所示。常用二极管的封装如图 1.1.14 所示。



图 1.1.13 常用二极管的电路符号

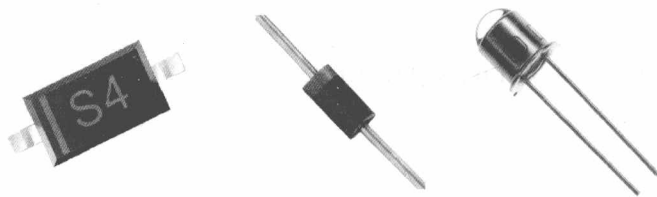


图 1.1.14 常用二极管的封装

1. 二极管的主要参数

(1) 正向电流 I_F

在额定功率下,允许通过二极管的电流值。

(2) 正向电压降 U_F

二极管通过额定正向电流时,在两极间所产生的电压降。

(3) 最大整流电流(平均值) I_{OM}

在半波整流连续工作的情况下,允许的最大半波电流的平均值。

(4) 反向击穿电压 U_B

二极管反向电流急剧增大到出现击穿现象时的反向电压值。

(5) 反向峰值电压 U_{RM}

二极管正常工作时所允许的反向电压峰值,通常 U_{RM} 为 U_P 的三分之二或略小一些。

(6) 反向电流 I_R

在规定的反向电压条件下流过二极管的反向电流值。

(7) 结电容 C

电容包括势垒电容和扩散电容,在高频场合下使用时,要求结电容小于某一规定数值。

(8) 最高工作频率 f_M

二极管具有单向导电性的最高交流信号的频率。

2. 常用二极管的种类

(1) 整流二极管

把交流电能变成直流电能的二极管称为整流二极管,它是面结合型的功率器件,因结电容大,故工作频率低。

(2) 检波二极管

检波二极管是用于把叠加在高频载波上的低频信号检出来的器件,它具有较高的检波效率和良好的频率特性。

(3) 开关二极管

在脉冲数字电路中,用于接通和关断电路的二极管称为开关二极管,它的特点是反向恢复时间短,能满足高频和超高频应用的需要。

(4) 稳压二极管

稳压二极管是由硅材料制成的面结合型晶体二极管,它是利用 PN 结反向击穿时的电压基本上不随电流的变化而变化的特点,来达到稳压的目的。

(5) 变容二极管

变容二极管是利用 PN 结的电容随外加偏压而变化这一特性制成的非线性电容元件,被广泛地用于参量放大器、电子调谐和倍频器等微波电路中。

(6) TVS(Transient Voltage Suppressor 瞬态电压抑制器)二极管和 MLV(Multi-Layer Varistor, 多层变阻器)等 ESD 保护器

TVS 和 MLV 是近几年发展起来的一种固态二极管,专门用于 ESD 保护。TVS 二极管是和被保护电路并联的,当瞬态电压超过电路的正常工作电压时,二极管发生雪崩,为瞬态电流提供通路,使内部电路免遭超额电压的击穿或超额电流的过热烧毁。由于 TVS 二极管的结面积较大,使得它具有泄放瞬态大电流的优点,具有理想的保护作用。

3. 二极管的选用常识

选用二极管要注意以下几个方面。

(1) 正向特性

在二极管两端的正向电压(P 为正、N 为负)很小时(锗管小于 0.1 V,硅管小于 0.5 V),管子不导通处于“死区”状态。当正向电压超过一定数值后,管子才导通,电压再稍微增大,电流会急剧增加。不同材料的二极管,起始电压不同,硅管为 0.5~0.7 V,锗管为 0.1~0.3 V。

(2) 反向特性

二极管两端加上反向电压时,反向电流很小,当反向电压逐渐增加时,反向电流基本保持不变,这时的电流称为反向饱和电流。不同材料的二极管,反向电流大小不同,硅管为 1 微安

到几十微安,锗管则可高达数百微安。另外,反向电流受温度变化的影响很大,锗管的稳定性比硅管差。

(3) 击穿特性

当反向电压增加到某一数值时,反向电流急剧增大,这种现象称为反向击穿,这时的反向电压称为反向击穿电压。不同结构、工艺和材料制成的管子,其反向击穿电压的值差异很大,可由1伏到几百伏,甚至高达数千伏。

(4) 频率特性

由于结电容的存在,当频率高到某一程度时,容抗小到使PN结短路,导致二极管失去单向导电性,不能工作。PN结面积越大,结电容也越大,越不能在高频情况下工作。

4. 二极管的检测方法

二极管的极性通常在管壳上注有标记,如无标记,可用万用表电阻挡测量其正、反向电阻来判断(一般用 $R \times 100$ 或 $R \times 1\text{ k}$ 挡)。

硅管:表针指示位置在中间或中间偏右一点;锗管:表针指示在右端靠近满刻度的地方,表明管子正向特性是好的。如果表针在左端不动,则管子内部已经断路。

硅管:表针在左端基本不动,极靠近“ ∞ ”位置;锗管:表针从左端起动一点,但不应超过满刻度的 $1/4$,则表明反向特性是好的。如果表针指在0位,则管子内部已短路。

1.1.5 晶体管

晶体管(Transistor),也称为半导体三极管、双极型晶体管,常用符号T表示,是一种电流控制电流的半导体器件,其作用是把微弱的电信号放大成幅值较大的电信号,也可以用作无触点开关。

晶体管是半导体基本元器件之一,具有电流放大作用,是电路的核心元件。晶体管是在一块半导体基片上制作两个相距很近的PN结,两个PN结把整块半导体分成三部分,中间部分是基区,两侧部分是发射区和集电区,排列方式有PNP和NPN两种。晶体管的结构和电路符号如图1.1.15所示。

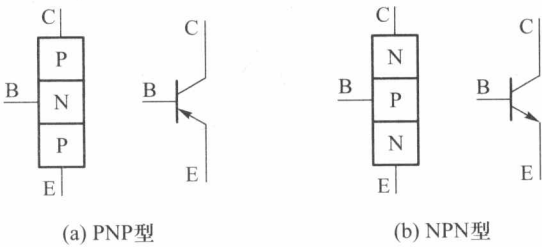


图 1.1.15 晶体管的结构和电路符号

晶体管作为一种可变电流开关,能够基于输入电压控制输出电流。与普通机械开关(如 Relay、Switch)不同,晶体管利用电信号来控制自身的开合,而且开关速度可以非常快,实验室中的切换速度可达100 GHz以上。

1. 晶体管的分类

(1) 材料