

“十二五”高职高专精品规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果



MONI DIANZI JISHU SHIYAN YU KECHENG SHEJI

模拟电子技术实验 与课程设计

主 编 陈宗梅

副主编 张海燕 余战波

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

“十二五”高职高专精品规划教材
高等职业教育课程改革项目研究成果

模拟电子技术实验 与课程设计

主 编 陈宗梅

副主编 张海燕 余战波

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是为高职学校电子类、电气类、通信类和其他相近专业而编著的模拟电子技术实验和课程设计教材。本书分为4章,第1章模拟电子技术基础知识,主要介绍常用元器件的识别和正确使用,常用仪器仪表的原理及使用;第2章模拟电子技术的基本测量方法,介绍了模拟电子技术测量方法的分类和测量方法的选择,电压、电流、电阻和幅频特性的测量方法,以及在测量过程中存在的误差及其处理;第3章模拟电子技术实验,详细介绍了12个实验,主要是按照XSX-3A模拟电路实验箱而介绍的,同时也可以按照元器件在实验台或实验板上搭接而完成;第4章模拟电子技术课程设计,讲解了7个课题,详细分析了课程设计的设计思路和设计方法,同时给出了参考电路。本书既是理工科学生的基本技能和制作工艺的入门引导,又是启迪学生科技创新思维的开端。

本书可作为高职生模拟电子技术的单科实验指导教材和电子线路的综合实验的教材,同时也为他们参加各类电子制作、毕业设计提供了极其有用的参考资料,也可以作为有关工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术实验与课程设计/陈宗梅主编. —北京:北京理工大学出版社,2011.12

ISBN 978-7-5640-5371-0

I. ①模… II. ①陈… III. ①模拟电路-电子技术-高等职业教育-教学参考资料 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 259100 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市通州富达印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 9.75

字 数 / 181 千字

版 次 / 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4 000 册

定 价 / 20.00 元

责任编辑 胡 静

王玲玲

责任校对 陈玉梅

责任印制 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

《模拟电子技术实验与课程设计》这本教材根据高职学校电子类、电气类、通信类和其他相近专业的本课程教学大纲的要求,结合教学实际而编写的模拟电子技术基础实验与课程设计教材。在编写的过程中,注重经典基础实验,精选课程设计项目,旨在加强学生对实验及课程设计基本技能的综合训练,加强了学生对模拟电子技术这门相对来说比较难入门的专业基础课程的理论学习,同时也培养和提高了学生的实际动手能力与工程设计能力。在现有此类教材中,模拟电子技术实验课程设计内容多数庞杂笼统,缺乏针对性,不便于教师教学及学生自学。我们编写此书作为学生模拟电子技术实验与课程设计的参考教材,目的是使学生在实验、课程设计中有所可依,有据可查,减少模拟电子技术课内实验与课程设计实践中的盲目性。本书既是学生学习基本技能和制作工艺的入门引导,又是启迪学生科技创新思维的开端。

本书可作为高职生模拟电子技术的单科实验指导教材和电子线路的综合实验的教材,同时也为他们参加各类电子制作、毕业设计提供了极其有用的参考资料,也可以作为有关工程技术人员的参考书。

本书的编写特点:

(1) 实用性强。书中不但有元器件的识别及选用,常用仪器仪表的使用,还在附录中列出了常用半导体器件的型号及参数,常用中小规模集成电路的参数,焊接技术及技能。

(2) 书中编写了经典的基础实验简单、实用的课程设计项目,将枯燥、抽象的理论知识的学习在实践环节中变得具有趣味性、现实性。

(3) 方便教师教学及学生自学。书中详细讲述了基础实验,课程设计中电子电路的具体设计步骤、电路的组装及调试。使得本书体系结构新颖,注重实践能力的培养,能启发思考,易于自学,理论与实践紧密相联系。

本书由重庆电子工程职业学院陈宗梅担任主编,并负责全书的统稿工作,重庆电子工程职业学院张海燕和重庆三峡职业学院余战波担任副主编。具体章节分配为:第一章由张海燕编写,第二章由余战波编写,第三章和附录由陈宗梅编写,第四章由陈宗梅和张海燕共同编写。

编者在本书的编写过程中,除了依据多年来的教学实践经验外,还借鉴了国内部分高等院校的最新的有关教材。

由于编者水平有限,书中难免会有欠妥和疏漏之处恳请广大读者和同行给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 模拟电子技术基础知识	1
1.1 常用元器件的识别与使用	1
1.1.1 电阻元件	1
1.1.2 电容元件	3
1.1.3 电感元件	7
1.1.4 半导体二极管、三极管	9
1.1.5 半导体集成电路应用常识	13
1.2 常用电子仪器的使用	16
1.2.1 万用表	16
1.2.2 双踪示波器	19
1.2.3 信号发生器	25
1.2.4 数字交流毫伏表	31
第2章 模拟电子技术的基本测量方法	34
2.1 概述	34
2.1.1 测量方法的分类	34
2.1.2 测量方法的选择	35
2.2 电压、电流测量	36
2.2.1 电压的测量	36
2.2.2 电流的测量	39
2.3 阻抗的测量	40
2.3.1 输入电阻的测量	40
2.3.2 输出电阻 R_o 的测量	41
2.4 增益及幅频特性的测量	42
2.5 测量误差分析与处理	43
第3章 模拟电子技术实验	45
3.1 实验的目的、意义和要求	45
3.2 实验项目	46
3.2.1 晶体管共射单级放大器	46
3.2.2 射极输出器(共集电极电路)	52
3.2.3 两级放大电路	55
3.2.4 负反馈放大电路	58

3.2.5	差动放大电路	61
3.2.6	集成运算放大器的线性应用	64
3.2.7	集成运算放大器的非线性应用——电压比较器	70
3.2.8	互补对称 OTL 功率放大电路	73
3.2.9	集成的功率放大电路	76
3.2.10	RC 正弦波振荡器	79
3.2.11	整流滤波稳压电路	81
3.2.12	集成稳压电路	85
第4章	模拟电子技术课程设计	88
4.1	课程设计的目的、意义和要求	88
4.2	课程设计的步骤	89
4.3	课程设计项目	93
4.3.1	单级低频放大电路设计	93
4.3.2	集成直流稳压电源设计	99
4.3.3	集成功率放大器设计	104
4.3.4	OTL 功率放大器设计	110
4.3.5	楼道路灯开关电路设计	118
4.3.6	函数信号发生器设计	122
4.3.7	音响放大器设计	125
附录		136
参考文献		149

1.1 常用元器件的识别与使用

电阻元件、电容元件、电感元件、半导体器件(二极管、三极管)、集成电路等都是电子电路常用的元器件。学习和掌握常用元器件的识别与使用方法,对于学习电子技术、掌握实践技能,提高电子设备的装配质量及可靠性将起到很重要的作用。

1.1.1 电阻元件

电阻元件是组成电路的基本元件之一,其质量的好坏对电路工作的稳定性有极大的影响。电阻元件在电路中起限流、分流、降压、分压、负载、与电容元件配合组成滤波器等作用,其广泛应用于各种电子产品和电子设备中。电阻器的单位有:欧姆(Ω)、千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)等。一般电阻元件用 R 来表示,其电路符号如图 1-1 所示。

电阻元件除了一般电阻外,用得比较多的是可变电阻,可变电阻的特点是可以连续改变电阻阻值,它在电路中用来调节各种电压、电流或信号大小。可变电阻常用 R_p 来表示,其电路符号如图 1-2 所示。

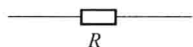


图 1-1 电阻电路符号

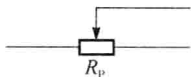


图 1-2 可变电阻电路符号

一、电阻元件的主要参数

1. 标称值及允许误差

电阻器表面所标的电阻值就是标称值。电阻器的标称值往往和实际阻值不相同,有一定的误差,电阻器的实际值与标称值之差的百分率称为电阻器的允许误差。一般电阻器的允许误差分为 3 个等级:Ⅰ为 $\pm 5\%$,Ⅱ为 $\pm 10\%$,Ⅲ为 $\pm 20\%$ 。精密电阻器的允许误差为 $\pm 2\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 0.5\%$ 等。

2. 额定功率

额定功率是电阻元件所承受的最高电压和最大电流的乘积,也就是电阻正常工作时允许的最大功率。每个电阻都有其额定功率,超过这个值,电阻元件将过热而烧坏。为保证安全使用,一般选其额定功率比在电路中消耗的功率高1~2倍。常见电阻的额定功率有1/16 W、1/8 W、1/4 W、1/2 W、1 W、2 W、3 W、4 W、5 W、10 W等,其中1/8 W和1/4 W较为常见。

3. 温度系数

电阻的温度系数指的是温度每变化1℃,电阻阻值的变化量与原来的阻值之比。一般情况下,电流流过电阻时,电阻就会发热使温度升高,其阻值也会随之发生变化,这样会影响电路工作的稳定性,因此希望这种变化尽可能小,通常用温度系数表示其优劣。当温度升高、阻值增大时,温度系数为正;当温度升高、阻值减少时,温度系数为负。温度系数越小,表明阻值越稳定,电阻元件的性能也就越好。

二、电阻元件的标志与识别

1. 直标法

直标法是用具体数字和文字符号直接把电阻标称值表明在电阻体上,允许误差用百分数(%)表示。例如在一个电阻器上印有“3.6 kΩ5%”字样,这种方法主要用于体积比较大的电阻元件上。

2. 色标法

色标法是用不同的颜色表示电阻数值和允许误差,在电阻元件上4或5道色环,色环颜色的意义如图1-3和图1-4所示。其中对于4环电阻,第1、2环表示两位有效数字,第3环则表示前面两位有效数字再乘以10的 n 次幂,第4道色环表示阻值的允许误差。例如4环电阻的颜色排列为红、黑、黄、金,则这只电阻的阻值为 $20 \times 10^4 = 200 \text{ k}\Omega$,允许偏差为 $\pm 5\%$ 。对于5环电阻,第1、2、3环表示3位有效数字,第4环表示前面3位有效数字再乘以10的 n 次幂,第5道色环表示阻值的允许误差。例如5环电阻的颜色排列为黄、橙、红、红、棕,则表示这只电阻的阻值为 $432 \times 10^2 \Omega = 43.2 \text{ k}\Omega$,允许误差为 $\pm 1\%$ 。国际统一的色标符号规定如表1-1所示。

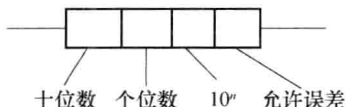


图1-3 四色环代表意义

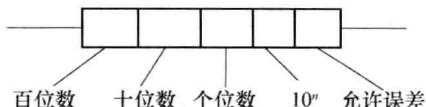


图1-4 五色环代表意义

表 1-1 色标符号规定

色别	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白
数值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
倍乘数	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9
误差	金色 $\pm 5\%$ 银色 $\pm 10\%$ 无色 $\pm 20\%$									

三、电阻元件的检测

固定电阻器的质量好坏比较容易鉴别,对新买的电阻器先进行外观检查,看外观是否端正,标志是否清晰,保护漆层是否完好。然后用万用表测量电阻值,看测量阻值与标称值是否一致,相差值是否在允许误差的范围内;对于可变电阻,可将万用表的一只表笔与可变电阻的滑动臂相接,用另一只表笔与某一固定臂相接,来回旋转可变电阻的滑动臂,万用表的指针能随之平稳地来回移动,则为好变阻器。如指针不动或移动不平稳,则该可变电阻滑动臂接触不良,不能使用。

四、电阻元件的选用及使用常识

- ① 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。
- ② 为提高设备的可靠性,延长使用寿命,应选用额定功率大于实际消耗功率 1.5~2 倍的电阻。

③ 电阻装接前应进行测量、核对,尤其是在精密电子仪器设备装配时,还需经人工老化处理,以提高稳定性。

④ 在装配电子仪器时,若所用非色环电阻,应将电阻标称值标志朝上,且标志顺序一致,以便于观察。

⑤ 焊接电阻时,电烙铁停留时间不宜过长。

⑥ 选用电阻时应根据电路中信号频率的高低来选择。一个电阻可等效为一个 R 、 L 、 C 二端线性网络,如图 1-5 所示。不同类型的电阻, R 、 L 、 C 三个参数的大小有很大差异。线绕电阻本身是电感线圈,所以不能用于高频电路中。薄膜电阻,若阻体上刻有螺旋槽的,工作频率在 10 MHz 左右,未刻螺旋槽的(如 RY 型)工作频率则更高。

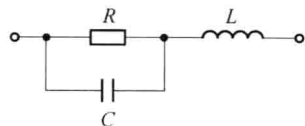


图 1-5 电阻元件的等效电路

⑦ 电路中如需用串联或并联电阻来获得所需阻值时,应考虑其额定功率。阻值相同的电阻串联或并联,额定功率等于各个电阻额定功率之和;阻值不相同的电阻串联时,额定功率取决于高阻值电阻。并联时取决于低阻值电阻,且需计算方可应用。

1.1.2 电容元件

电容元件也是组成电路的基本电子元件之一,在各种电子产品和电子设备中

被广泛应用。电容元件是一种储存电能的元件,当两个电极之间加上电压时,电极上能储存电荷。电容元件具有隔直流通交流的特性,因此常用于滤波电路、振荡电

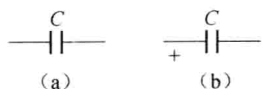


图 1-6 电容元件的电路符号

(a) 电容元件一般符号;(b) 电解电容符号

路、调谐电路、旁路电路和耦合电路中。

表征电容元件储存电荷能力的量是电容的容量,电容量用字母 C 表示,电容量的基本单位是法拉 (F),常用单位有微法 (μF) 和皮法 (pF)。电容元件的电路符号如图 1-6 所示。

一、电容元件的主要参数

1. 电容元件的额定工作电压

电容元件的额定工作电压是指电容元件在规定的工作温度范围内,长期可靠的工作所能承受的最高直流电压,又称耐压值,其值通常为击穿电压的一半。常用固定式电容的直流工作电压系列为:6.3 V、10 V、16 V、25 V、40 V、63 V、100 V、160 V、250 V、400 V。

2. 电容元件的允许误差等级

电容元件的允许误差等级是实际电容量与标称电容量的最大允许偏差范围。常见的有 7 个等级,如表 1-2 所示。

表 1-2 电容元件常见的误差等级

级 别	0	I	II	III	IV	V	VI
允许误差/%	± 2	± 5	± 10	± 20	+20 -10	+50 -20	+50 -30

3. 标称电容量

标称电容量是标志在电容元件的外壳表面上的“名义”电容量,其数值也有标称系列,如表 1-3 所示。

表 1-3 固定式电容元件标称容量和允许误差

系列代号	E24	E12	E6
允许误差	$\pm 5\%$ (I)	$\pm 10\%$ (II)	$\pm 20\%$ (III)
标称容量 对应值	10、11、12、13、15、16、18、20、22、24、27、30、 33、36、39、43、47、51、56、62、68、75、82、90	10、12、15、18、22、27、33、 39、47、56、68、82	10、15、22、23、 47、68
注:标称电容量为表中数值或表中数值再乘以 10^n , 其中 n 为正整数或负整数,单位为 pF。			

4. 电容元件的绝缘电阻

电容元件的绝缘电阻表示电容元件的漏电性能,在数值上等于加在电容元件

两端的电压与通过电容元件漏电流的比值。绝缘电阻越大,漏电流越小,电容元件的质量越好。电容元件的绝缘电阻的大小和变化会影响电子设备的工作性能,对于一般的电子设备,选绝缘电阻越大越好。

二、电容元件的标注方法

电容元件的容量、允许误差和工作电压都标注在电容元件的外壳上,其标注方法有直接法、文字符号法、数码法和色码法。

1. 直接法

直接法是将电容元件的标称容量、允许误差和耐压等参数直接标注在电容元件的外壳表面上,常用于电解电容参数的标注。

2. 文字符号法

文字符号法是将电容量的整数部分写在容量单位符号的前面,容量的小数部分写在容量单位符号的后面。其中,容量单位符号有以下5种。

皮法(10^{-12}F),用 pF 表示;

纳法(10^{-9}F),用 nF 表示;

微法(10^{-6}F),用 μF 表示;

毫法(10^{-3}F),用 mF 表示;

法拉(10^0F),用 F 表示。

例如:3n9 表示 3.9 nF , $2\mu 2$ 表示 $2.2\text{ }\mu\text{F}$ 。有时用大于1的两位以上的数字表示单位为 pF 的电容,例如 100 表示 100 pF ;用小于1的数字表示单位为 μF 的电容,例如 0.01 表示 0.01 F ,如图 1-7 所示。

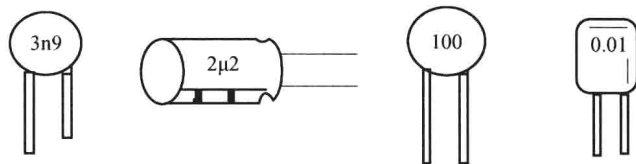


图 1-7 电容元件的文字符号表示法

3. 数码法

数码法一般用3位数字来表示容量的大小,单位为 pF。3位数字中,前两位表示标称值的有效数字,第3位表示倍率,即乘以 10^i , i 为第3位数字,若第3位数字是9,则乘以 10^{-1} 。例如 103 代表 $10 \times 10^3\text{ pF} = 10\,000\text{ pF} = 0.1\text{ }\mu\text{F}$;229 代表 $22 \times 10^{-1}\text{ pF}$,如图 1-8 所示,这种表示方法

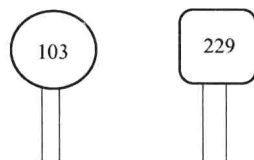


图 1-8 电容元件的数码表示法

最为常见。

4. 色码表示法

这种表示方法与电阻器的色环表示法类似。标志的颜色符号与电阻器采用的相同,其单位为 pF 。

三、电容元件的检测

1. 外观检测

观察电容元件外表应完好无损,表面无裂口、污垢和腐蚀,标志应清晰,引出电极无折伤;对可调电容元件应转动灵活,动定片间无碰撞、摩擦现象,各元件转动应同步等。

2. 测试绝缘电阻

用万用表欧姆挡,将表笔接触电容的两引线。刚搭上时,表头指针将发生摆动,然后再逐渐返回趋向某一电阻处,这就是电容的充放电现象(对 0.1 F 以下的电容观察不到此现象)。电容元件的容量越大指针的摆动就越大,指针稳定后所指示的电阻值就是电容的绝缘电阻值,一般为几百至几千兆欧,阻值越大,电容元件的绝缘性能越好。检测时,如果表头指针指到或靠近欧姆零点,说明该电容内部短路,若指针不动,始终指向电阻为无穷大处,则说明电容内部开路或失效。 $5\,000\text{ pF}$ 以上的电容可用万用表电阻最高挡判别, $5\,000\text{ pF}$ 以下的小容量电容应另采用专门测量仪器判别。

四、电容元件的选用

电容元件的种类繁多,性能各异,合理选用电容元件对于产品设计十分重要。在具体选用电容元件时,应注意以下问题。

1. 电容元件类型的选择

根据电路要求选择合适的电容元件类型。一般的耦合、旁路电路,可选用瓷介电容元件;在高频电路中,应选用云母和瓷介电容;在电源滤波和去耦电路中,应选用电解电容。在设计电子电路中选用电容时,应根据产品手册在电容标称值系列中选用。

2. 电容元件额定电压的选择

选用电容元件应符合标准系列,电容元件的额定电压应高于电容元件两端实际电压的 $1\sim 2$ 倍。对于电解电容,一般应使线路的实际电压相当于所选电容额定电压的 $50\%\sim 70\%$,这样才能充分发挥电解电容的作用。

3. 电容元件的容量和误差等级的选择

电容元件的误差等级有多种,在低频耦合、去耦、电源滤波等电路中,电容元件可以选 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 等误差等级,但在振荡回路、延时电路、音调控制电路中,电容元件的精度要高一些;在各种滤波器和各种网络中,要求选用高精度的电容元件。

1.1.3 电感元件

电感元件是一种常用的电子元件。当电流流过导线时,导线的周围就会产生一定的电磁场,并使处于这个电磁场中的导线产生感应电动势——自感电动势,人们将这个作用称为电磁感应。为了加强电磁感应,把绝缘的导线绕成一定圈数的线圈,这个线圈被称为电感线圈或电感器,简称电感。电感是依靠线圈本身的“自感应”作用而工作的,通常用漆包线或纱包线绕制。不带磁芯的称为空心电感线圈,带磁芯的称为磁芯或铁芯线圈。电感元件的主要作用是对交流信号进行隔离、滤波,或在电路中经常和电容元件、电阻元件一起工作,构成谐振电路。

电感元件的文字符号用 L 表示,电感元件的电路符号如图1-9、图1-10所示,其中图1-9为空心电感线圈,图1-10为磁芯或铁芯电感线圈。

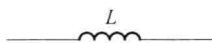


图1-9 空心电感线圈



图1-10 磁芯或铁芯电感线圈

一、电感元件的主要参数

1. 电感量

电感元件工作能力的大小用“电感量”来表示,其基本单位是亨利,简称亨,用字母 H 表示。在实际应用中,一般常用毫亨(mH)或微亨(μH)为单位。电感元件的电感量取决于电感线圈导线的粗细、绕制的形状与大小、线圈的匝数以及中间导磁材料的种类、大小及安装的位置等因素。

2. 品质因数 Q

品质因数 Q 是指线圈在某一频率下工作时,所表现的感抗与线圈的总损耗电阻的比值,其中损耗电阻包括直流电阻、高频电阻、介质损耗电阻。 Q 值越高,表示导线绕制的电感中导线电阻值越小、效率高,使电感越接近于理想电感,当然质量也就越好。电感的品质因数 Q 一般为几十至几百,不同电路对 Q 值的要求也不同。调谐电路所用的电感线圈的 Q 值一般要选高一些,这样可提高谐振电路谐振频率的稳定性,其他电路可选用 Q 值低一些的电感线圈。

3. 分布电容

线圈的匝与匝之间,线圈与铁芯之间都存在电容,这种电容均称为分布电容。频率越高,分布电容影响就越严重, Q 值就会迅速下降。可以通过改变电感线圈绕制的方法来减少分布电容,例如使用蜂房式绕制或间断绕制。

二、电感元件的标识方法

1. 直标法

直标法是将电感元件的标称电感量直接用数字或字母印制在电感外壁上。

2. 色标法

色标法即在电感元件表面涂上不同的色环来表示电感量(与电阻元件类似),通常用四色环表示,其单位为 H。

3. 数码表示法

数码表示法即用 3 位数字来表示电感元件的电感量的标称值,用一个英文字母表示其允许误差,该方法常见于贴片电感上。

三、电感元件的检测

1. 外观检查

检查电感线圈外观是否有破裂现象,线圈是否有松动、变位的现象,引脚是否有折断或生锈现象,查看电感线圈的外表上是否有电感量的标称值,还可以进一步检查磁芯旋转是否灵活,有无滑扣等。

2. 用万用表检查

将万用表置于 $R \times 1$ 欧姆挡,用两表笔分别碰触电感线圈的引脚,当被测电感线圈的电阻值比正常值小很多时,说明电感线圈内部有局部短路,不能使用;当被测电感线圈阻值无穷大时,说明电感线圈或线圈接点处发生了断路,此电感线圈也不能使用。

此外,对于具有屏蔽罩的电感线圈,还要检测一、二次绕组与屏蔽罩之间的电阻值。将万用表置于 $R \times 1\text{ K}$ 挡,用一支表笔接触屏蔽罩,另一支表笔分别接触一、二次绕组的引脚。若测得的阻值为无穷大时,则说明正常;如果阻值为 0 时,则有短路现象;若阻值小于无穷大但大于 0 时,说明有漏电现象。

四、电感元件的选用

用于音频段的电感一般要用铁芯或低氧体铁芯的,在几百千赫到几兆赫间的

电感最好用铁氧体芯,并以多股绝缘线绕制。几兆赫到几十兆赫间的电感宜选用单股镀银粗铜线绕制,磁芯要采用短波高频铁氧体,也常用空心线圈。在一百兆赫以上时一般不能选用铁氧体芯,只能用空心线圈。如果作微调,可用铜芯。

选用高频阻流线圈时除注意额定电流、电感量外,还应选分布电容小的蜂房式或多层分段绕组的电感线圈。对于在电源电路的低频阻流圈,尽量选用大电感量的,一般选大于回路电感量 10 倍以上为最好。

1.1.4 半导体二极管、三极管

半导体二极管、三极管分立元件是组成分立元件电子电路的核心器件,它包括半导体二极管、三极管和场效应管。

一、半导体二极管

半导体二极管具有单向导电性,可用来进行整流、检波、钳位、限幅、开关及各种保护电路等。

1. 二极管的分类

晶体二极管的种类很多,按材料分为硅二极管和锗二极管,按功能和用途不同可分为一般二极管和特殊二极管两大类。一般二极管包括整流二极管、开关二极管、检波二极管等。特殊二极管主要由稳压二极管、发光二极管、光电二极管及变容二极管等。

几种常用二极管对应的电路符号如图 1-11 所示。

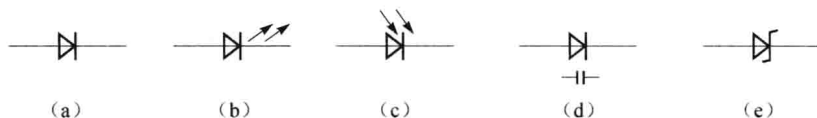


图 1-11 二极管的电路符号

(a) 整流二极管;(b) 发光二极管;(c) 光电二极管;(d) 变容二极管;(e) 稳压二极管

2. 二极管的识别

小功率二极管的负极通常在管体表面上用一个色环标出;有些二极管也采用“P”“N”符号来确定二极管极性,“P”表示正极,“N”表示负极;金属封装二极管通常在表面印有与极性一致的二极管电路符号。

发光二极管则通常用长短管脚来区别正负极,长的管脚为正极,短的管脚为负极。也可以根据发光二极管内部电极的形状辨认它的正负极,一般内心中面积较小的管脚为正极。

整流桥堆的表面通常标注内部电路结构或交流输入端及直流输出端的名称,交流输入端通常用“AC”或者“~”表示;直流输出端通常用“+”及“-”符号表示。

图 1-13 常见三极管的外形

2. 三极管的主要参数

表征三极管性能的参数很多,可大致分为3类,即直流参数、交流参数和极限参数。

(1) 直流参数

① 共发射极直流电流放大倍数 $\bar{\beta}$:指没有交流信号输入时,集电极电流 I_C 与基极电流 I_B 之比,即 $\bar{\beta} = I_C / I_B$ 。

② 集电极—发射极反向饱和电流 I_{CEO} :指基极开路时,集电极与发射极之间加上规定的反向电压时的集电极电流,又称穿透电流。它是衡量三极管热稳定性的一个重要参数,其值越小,则三极管的热稳定性越好。

③ 集电极—基极反向饱和电流 I_{CBO} :指发射极开路时,集电极与基极之间加上规定反向电压时的集电极电流。良好的三极管的 I_{CBO} 应很小。

(2) 交流参数

① 共发射极交流电流放大倍数:指在共发射极电路中,集电极电流变化量与基极电流变化量之比,即 $\beta = i_c / i_b$ 。

② 共发射极截止频率:指电流放大系数因频率增高而下降至低频放大系数的0.707倍时的频率,即增益值下降了3 dB时的频率。

(3) 极限参数

① 集电极最大允许电流:指三极管参数变化不超过规定值时,集电极允许通过的最大电流。当三极管的实际工作电流大于集电极最大允许电流时,管子的性能将显著变差。

② 集电极—发射极反向击穿电压:指基极开路时,集电极与发射极间的反向击穿电压。

③ 集电极最大允许功率损耗:指集电结允许功耗的最大值,其大小决定于集电结的最高结温。

3. 三极管的管脚识别

(1) 目测法

① 管型的判别:一般管型是NPN或PNP,应从管壳上标注的型号来判别。依照标准表示三极管型号的第二位(字母),A、B表示PNP管,B、D表示NPN管。此外有国际流行的9011~9018系列高频小功率管,除9012和9015为PNP管,其余均为NPN管。

② 管极的判别:绝大多数小功率晶体管的管脚均按e、b、c的标准顺序排列,如图1-14所示。但也有某些晶体管型号后有后缀“R”,其管脚排列顺序是e、c、b。

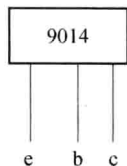


图1-14 晶体管管脚排列