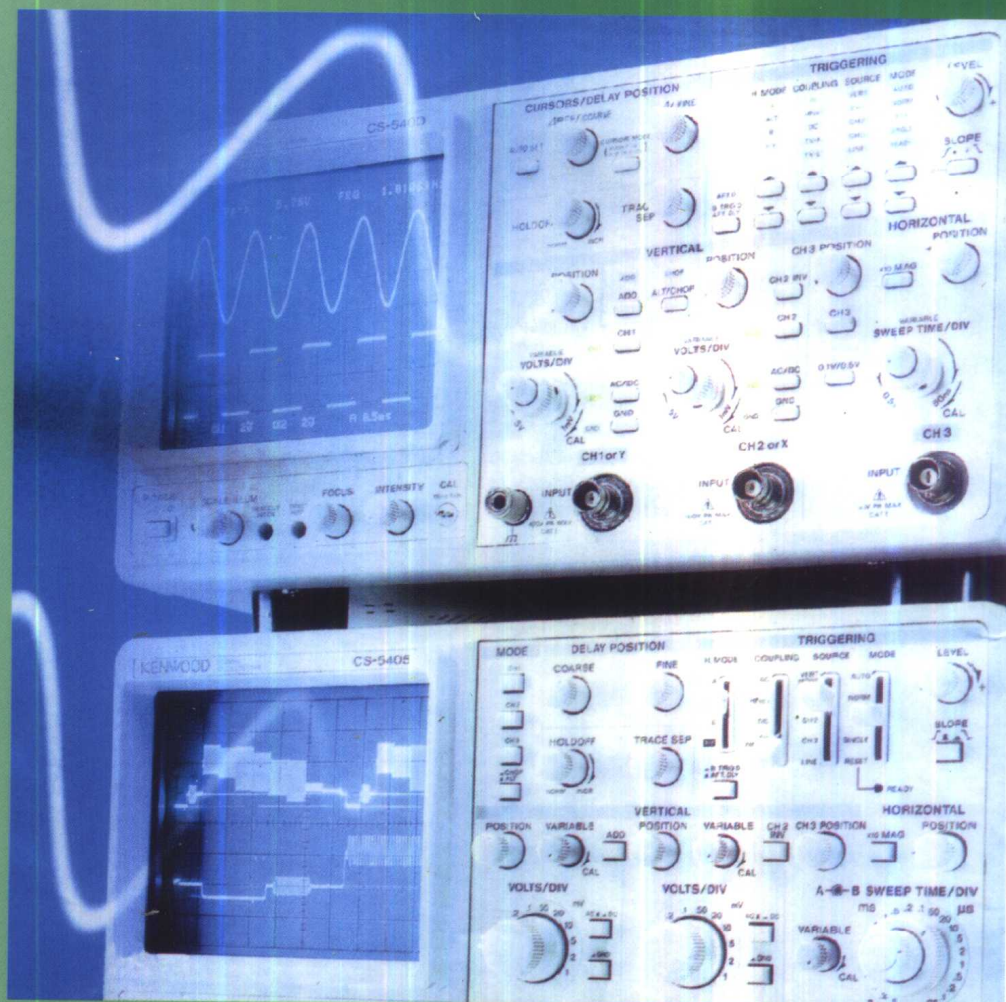


模拟电子技术基础 实验与课程设计

主编 李万臣 副主编 谢 红



哈尔滨工程大学出版社



MONI DIANZI JISHU JICHU
SHIYAN YU KECHENG SHEJI

模拟电子技术基础 实验与课程设计

主 编 李万臣

副主编 谢 红

参 编 于 蕾

主 审 阳昌汉

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术基础实验与课程设计/李万臣主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2001.3
ISBN 7-81073-088-6

I. 模... II. 李... III. ①模拟电路—设计—高等学校—教材
②模拟电路—实验—高等学校—教材
IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 06638 号

内 容 简 介

本书是一本模拟电子技术基础设计性实验课教材,共分四编,即模拟电子技术基础实验基本知识、单元设计性实验、综合设计性实验及模拟电路的实验仿真。该书重点介绍模拟电子技术的工程设计与测试方法,着力培养学生的工程设计与动手能力。它可作为高等院校电子类与自动控制类专业的本、专科的实验课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书。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街 145 号 哈工程大学 11 号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新 华 书 店 经 销
地矿部黑龙江测绘印制中心印刷厂

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 19.75 字数 496 千字
2001 年 3 月第 1 版 2001 年 3 月第 1 次印刷
印数:1~5000 册 定价:25.00 元

前 言

本书是根据高等院校工科无线电、电子类专业的本课程教学大纲,并结合教学实际编写而成的一本设计性实验课教材。在编写过程中,摒弃了传统的单纯验证性实验模式,代之以设计性实验新模式,并结合计算机仿真技术的运用,旨在加强学生实验基本技能的综合训练,新实验手段的掌握,培养和提高学生的工程设计能力与实际动手能力。

本书以模拟电子技术基础的工程设计方法、测试方法及仿真技术为主线,突出工科特色,强调与工程实际接轨;以电路的功能为出发点设计选题,选题努力反映新技术,采用新器件,并均有设计举例和设计任务。本书具有体系结构新颖、注重工程应用、实验手段先进、能启发思考、易于自学、理论紧密联系实际等特点。

全书共分四篇。第一编为模拟电子技术基础实验基本知识。介绍顺利进行模拟电子技术基础设计性实验必备的基本知识及技能。第二编为基本设计性实验。从功能电路的作用出发,编入6种功能电路、32个设计选题。每个功能电路中均详细介绍了电路原理、设计步骤、计算方法、典型电路及调试过程等内容。针对每种功能电路均给出A、B、C三个具有难度梯度的选题,学生可根据自身情况,选择难度适合的选题,达到因材施教的目的。第三编为课程设计(综合设计性实验)。在基本设计性实验的基础上进行,共有23个选题。既有中小型应用系统电路的设计,又有新器件的应用实例。第四编为模拟电路的实验仿真。介绍适合于教学,并兼有计算机辅助分析与设计功能的Electronic Workbench软件的使用方法和多个仿真实验范例。附录部分编入了常用电子测量仪器的原理、使用方法及常用元器件功能、参数等基本知识。

在组织本教材的教学进度时,选题要由浅入深,由易到难,循序渐进,仿真手段的运用要适度,才能取得最佳的教学效果。

本书由李万臣、谢红编写,李万臣任主编,谢红任副主编,于蕾参加了部分实验范例的试做及部分附录的资料收集工作。阳昌汉教授担任本书的主审,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示诚挚的谢意。

本书在编写过程中,除了依据几年来摸索的教学实践经验外,还参阅借鉴了国内相关高等院校有关的教材,在此表示感谢。本书除了适合于大专院校的电类专业、自控专业以及仪器仪表专业外,还可作为夜大、电大等同类专业的教材。

由于编者水平所限,书中难免会有错误和不妥之处,恳切希望广大读者和同行给予批评指正。

编 者

2001年1月

目 录

第一编 模拟电子技术基础实验基本知识

第一章 概 述	1
第二章 实验程序	3
第三章 模拟电子技术基础实验常用仪器使用练习	5
第四章 半导体分立元件特性及主要参数的测试	8
第五章 集成运算放大器主要性能参数的测试	16
第六章 实验电路的安装调试技术	22
第一节 实验电路的安装	22
第二节 实验电路的调试技术	27
第七章 电路故障分析、排除及抗干扰技术	30
第一节 电路故障分析检查与排除	30
第二节 电路的抗干扰技术	31

第二编 基本设计性实验

第一章 放大功能电路设计实验	35
第一节 晶体管放大电路设计实验	35
第二节 场效应管放大电路设计实验	47
第三节 差动放大电路设计实验	53
第二章 基本模拟运算电路设计实验	62
第一节 集成运放的组成、分类及主要参数	62
第二节 加减运算电路设计实验	65
第三节 积分与微分电路设计实验	76
第四节 对数、乘除运算电路设计实验	82
第三章 RC 有源滤波功能电路设计实验	90
第四章 信号处理、产生及变换功能电路设计实验	99
第一节 信号处理功能电路设计实验	99
第二节 信号产生功能电路设计实验	103
第三节 信号转换电路功能设计实验	113
第五章 功率放大功能电路设计实验	117
第六章 直流稳压电源功能电路设计实验	131

第三编 课程设计(综合设计性实验)

第一章 课程设计的一般设计方法	147
第二章 扩音机的设计	151
第一节 多级放大器的设计	151
第二节 扩音机的设计	155
第三章 音响放大器的设计	194
第四章 集成稳压器的扩展应用设计	203
第五章 信号发生器的设计	211
第一节 函数发生器的设计	211
第二节 多用信号源	217
第六章 电表电路的设计	224
第七章 其他应用电路的设计	230

第四编 模拟电路的实验仿真

第一章 电子工作台概述	237
第二章 模拟电路的仿真实验范例	247
附录一 模拟电子技术基础实验常用仪器简介及使用说明	261
附录二 电阻器使用知识	278
附录三 电容器使用知识	285
附录四 二极管	291
附录五 三极管	294
附录六 集成电路	299
附录七 半导体发光器件	308
参考文献	310

第一编 模拟电子技术基础实验基本知识

第一章 概 述

模拟电子技术基础实验,实质上就是根据教学或工程实际的具体要求,进行实际电路设计、安装和调试的实验过程。通过模拟电路实验,我们既要验证模拟电路理论的正确性和实用性,又要从中发现理论的近似性和局限性。同时,我们还可以发现新问题,形成新思路,产生新设想,从而进一步促进模拟电路理论和应用技术的发展。在这一过程中,不仅要巩固深化基础理论和基础概念并付诸于实践,更要培养理论联系实际的学风,严谨求实的科学态度和基本工程素质(其中应特别注意动手能力的培养),以适应将来实际工作的需要。

随着电子技术的迅速发展,新器件、新电路不断涌现,要认识和应用门类繁多的新器件和新电路,最有效的方法就是实验。可见,掌握模拟电路实验,对从事电子技术的人员是至关重要的。

一、模拟电子技术基础实验的分类

按实验目的与要求模拟电子技术基础实验可分为两大类:

1. 基本设计性实验

能够根据技术指标的要求,设计构成具有各种功能的单元电路,并用实验方法进行分析、修正,使之达到所规定的技术指标。通过基本设计性实验,既要验证电路基本原理,又要检测器件或电路的性能(即功能)指标,学会基本电量的测量方法。

2. 综合设计性实验(课程设计)

在完成模拟电子技术基础理论知识和基本设计性实验的基础上,综合运用有关知识,设计、安装与调试自成系统的,与工程实际接轨的,具有一定实用价值的电子线路装置。

二、模拟电子技术基础实验的方法

1. 直接电路实验法

设计者根据课题技术指标要求设计出各种功能的电路后,在实验中用元器件装接设计电路,并对装接电路进行观察、测试、分析,反复更换元器件进行测试,最终达到课题技术指标的要求。直接电路实验法优点是:直观、简捷,技术方法简单,实验结果可靠;在工程实践中是一种普遍采用的实验研究方法。它存在的缺点是:元器件和材料消耗大;实验周期长;难以模拟电路中的某些故障;难以胜任大规模和超大规模集成电路的设计性实验任务。

2. 计算机软件仿真法

计算机软件仿真法是利用计算机速度快、存储容量大的特点,在计算机这一现代化“实验装置”上采用数学模拟的方法,运用各种软件直接模拟电子线路的功能,完成各种电路性能分析和技术指标的测量。目前,在模拟电子技术基础这一范畴里,常采用 Electronic Workbench 软件和 Pspice 软件完成电路的仿真。由于 Electronic Workbench 具有界面直观、形象,操作方法与真实实验环境较为接近,所以在模拟电子技术基础实验中主要用它来进行电路仿真分析与测试。

我们建议先利用计算机软件仿真法对所设计的电路进行仿真,然后采用直接电路实验法装接调试电路,完成电子产品的制作。

三、通过模拟电子技术基础实验,应在以下几个方面达到要求

1. 能读懂基本电路图,具备分析电路功能或作用的能力。
2. 具备设计、安装和调试具有一定功能电路的能力。
3. 会查阅和利用技术资料,并具备根据实际情况合理选用元器件构成系统电路的能力。
4. 具备分析和排除故障的能力,独立分析和解决问题的能力。
5. 能够独立组织实验,掌握常用电子测量仪器的选择与使用方法和基本电量的测试方法。
6. 能够独立拟定实验步骤,写出严谨的、实事求是的、有理论分析或独特见解、文字通顺及字迹端正的实验报告。

第二章 实验程序

实验一般可分为三个阶段,即实验准备、实验操作和实验总结。

一、实验准备

实验能否顺利地进行并达到预期目的,在很大程度上取决于实验前的准备工作。

1. 根据教师对实验范围提出的要求,结合自己学习的实际情况,认真选择不同难度的设计选题。

2. 根据选题要求,自行设计电路。设计电路时,计算要正确,步骤要清楚,画出的电路要完整,元器件符号要标准化,参数要符合系列化标准值,并列出元器件清单,完成一份设计报告。

3. 再列出本次设计实验所用元器件的清单,在实验前一周交实验室。

4. 拟定详细的实验步骤,包括实验电路的调试步骤、测试电路及测试方法,并设计好实验数据记录表格,写在预习报告栏目中。

5. 实验开始,应认真检查所领到的元器件型号、规格和数量,并进行质量检查;检查所用仪器状态,若发现故障应及时提出。

二、实验操作

正确的操作方法和操作程序是提高实验效果的可靠保障。在进行每一项操作前,都应明白测什么?为什么测?做到目的明确,心中有数。

1. 仿真实验操作

(1) 利用 Electronic Workbench 仿真软件对所设计电路进行性能分析,检查能否达到技术指标要求。

(2) 改变元器件参数,讨论其对电路性能的改变和影响。

(3) 设置若干个不同的故障,总结其对电路的影响。

(4) 将结果打印整理,写出分析总结报告。

2. 直接电路实验操作

(1) 在无焊接实验电路板(俗称面包板)上插接电路或在通用实验板上焊接电路。

(2) 任何电路均应首先调试静态,然后进行动态测试。

(3) 在通电的情况下,不得拔、插或焊接半导体器件,应在关闭电源情况下进行。

(4) 实验中要先观察电路有无异常现象,然后再进行具体测试。

三、实验总结

实验总结就是按一定的格式和要求,写出一份实验报告。

写报告的过程,就是对电路的设计方法和实验方法加以总结,对实验数据进行处理,对所观察的现象加以分析,并从中找出客观规律和内在联系的过程,它是一个提高的过程。应引起大家的重视。

因各学科的实验性质和内容有别,报告要求也不一样,就模拟电子技术基础实验而言,实验报告一般应由以下几部分组成。

1. 实验名称

反映该报告的性质和内容。

2. 实验目的

简明扼要地交代本次实验要掌握什么？熟悉什么？了解什么？

3. 实验仪器

列出实验仪器的名称和型号,其目的是让人了解实验仪器的精度等级和先进程度,以便对实验结果可信度做出恰当的评价。

4. 实验电路原理图

按标准画出最后完成设计任务所要求的实验电路原理图,并标出元器件的名称及参数,特别是对实验过程中修改过的元器件及参数,应着重加以注明。若采用印刷电路板装配,则画出装配示意图。

5. 实验内容及主要步骤

交待装配时的注意事项,调试时的方法、步骤及内容等。特别是当技术指标不满足或不符合设计要求时,分析、修正设计方案。

6. 实验数据处理

认真整理和处理实验数据,注意确定实验数据的有效数字位数,并列出表格或画出曲线(在坐标上)。

7. 实验结果及分析

反映所做实验的深度,是检验理论和实践结合情况的一个重要标准。

(1)对实验结果进行理论分析,找出产生误差的原因,提出减少实验误差的措施。

(2)详细记录组装、调试和测试过程中发生的故障和问题,进行故障分析和说明故障排除的过程及方法。

(3)认真写出对本次实验的心得体会和意见,以及改进实验的建议。

第三章 模拟电子技术基础实验常用仪器使用练习

一、实验目的

了解晶体管直流稳压电源、低频信号发生器、交流数字毫伏表和示波器的基本工作原理,并初步掌握其使用方法。

二、实验原理

在模拟电子技术实验里,测试和定量分析电路的静态和动态的工作状况时,最常用的电子仪器有示波器、低频信号发生器、直流稳压电源、晶体管毫伏表、数字式或指针式万用表等,如图 1-1 所示。

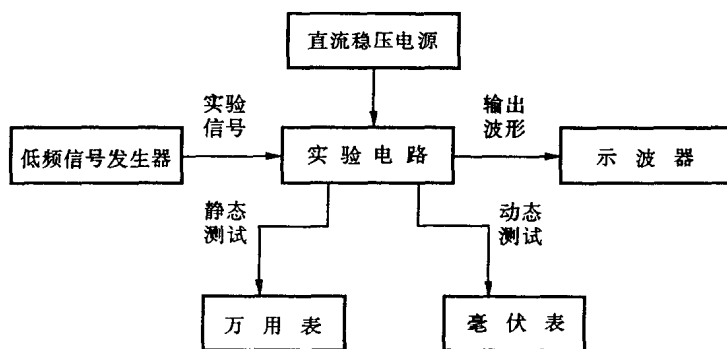


图 1-1 模拟电子技术实验中测量仪器连接图

直流稳压电源 为电路提供能源。

低频信号发生器 为电路提供各种频率和幅度的输入信号。

示波器 用来观察电路中各点的波形,以监视电路是否正常工作,同时还用于测量波形的周期、幅度、相位差及观察电路的特性曲线等。

晶体管毫伏表 用于测量电路的输入、输出信号的有效值。

数字式或指针式万用表 用于测量电路的静态工作点和直流信号的值。

上述测量仪器简介及使用说明见附录一。

使用仪器测量时应注意:

1. 正确选用电子测量仪器

各种电子仪器都具有不同的技术特性,只有在其技术性能允许的范围内使用,才能得到正确的结果,因此使用时必须选择恰当,如仪器所提供的信号频率范围或适用的频带宽度,最大输出电压或功率,允许的输入信号最大幅度以及其输入、输出阻抗等。

2. 正确选择仪器的功能和量程

当使用仪器对电路进行测量前,必须将仪器面板上各种控制旋钮选择到合适的功能和量程档位,一般选择量程时应先置于高档位,然后根据指针偏转的角度逐步将档位降至合适位置,并尽量使指针的偏转在满刻度的 $2/3$ 以上为好。对于采用数码显示的仪器,其测量数据应在测试仪器接入后 5 秒以上,数码不再闪烁时再读取数值。测试时应避免在测试表笔与电路

接通时改换功能选择开关,因为这样做的后果与错用功能档位是一样的。

3. 严格遵守操作规程

使用仪器时,一定要了解仪器各控制旋钮的改动对被测电路的影响,然后正确使用仪器才能测到准确的数据和避免损坏仪器或器件。使用晶体管直流稳压电源时,一般应先调好所需的输出电压,而后关闭电源,待检查全部电路的元件及线路正确无误后再将直流电源接上并启动。在使用晶体管特性图示仪或信号发生器时,要注意在将“峰值电压范围”增大或将“输出衰减”减小前,均应将与其配合使用的幅度微调旋钮先归零位,以免因仪器的电压剧增,损坏电路或器件。

4. 所有测量仪器及实验电路均应“共地”

在电子电路实验中,应特别注意各电子仪器及实验电路的“共地”,即它们的地端应按输入、输出的顺序可靠地连在一起,如图 1-2 所示。

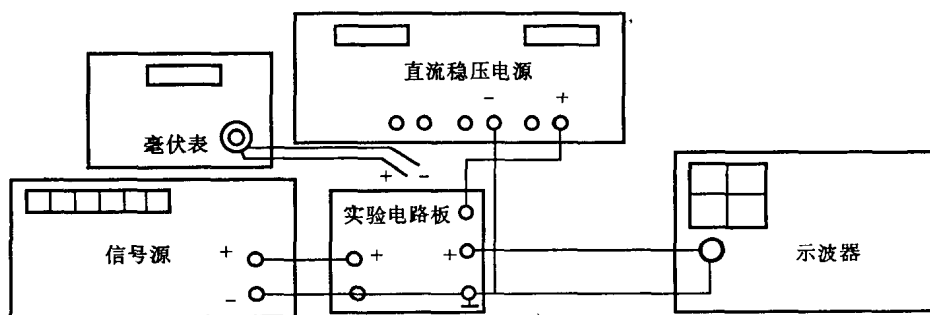


图 1-2

在一般电工测量中,当测量交流电压时,可以任意互换电极而不影响测量读数。但在电子电路中,由于工作频率和电路阻抗较高,故功率较低。为避免干扰信号,大多数仪器是采用单端输入、单端输出的形式。仪器的两个测量端总有一个与仪器外壳相连,并与电缆的外屏蔽线连接在一起,通常这个端点用符号“⊥”表示。将所有的“⊥”连接在一起,能防止可能引入的干扰,避免产生较大的测量误差。(注:根据部颁符号标准规定:“⊥”与“ $\perp$ ”同义)

三、实验内容

1. WYK302B2 直流稳压电源的使用

(1) 打开电源开关,调整主从路电源处于独立状态,调整各路输出均为 6V,用万用表测量此时输出的直流电压,并注意用何种刻度读数才是正确的,比较与电源上的数码显示读数是否相同。

(2) 调整主从路电源处于串联或并联状态,调整主路输出为 6V,观察此时的从路输出,并用三用表测量此时的串联或并联电压值。

(3) 调节稳流调节旋钮处于不同的位置,了解它与输出电压的关系,并明确正确的使用方法。

2. SG1641 函数信号发生器与 SX1911 交流数字毫伏表的使用

(1) 信号发生器输出波形和输出频率的调节方法 启动信号发生器电源,将正弦波“波形”按钮按下,此时输出端输出正弦波形。揿动“频率范围”按键,选择所需频率范围,具体的输出频率值由“频粗”、“频细”旋钮控制,LED 显示输出频率值。

(2) 信号发生器输出幅度的调节方法 调节“衰减”按键(有 0dB、20dB、40dB、60dB)和“反

相/拉出幅度调节”旋钮,便可在输出端得到所需的电压。衰减“0dB”,输出电压范围最大,衰减“20dB”,输出电压范围缩小 10 倍……

(3)信号发生器与交流数字毫伏表的使用 启动交流数字毫伏表电源,将信号发生器的电缆与交流数字毫伏表的输入电缆相连,调节信号发生器幅度调节旋钮,交流数字毫伏表显示屏将显示此时信号电压的有效值。将衰减开关分别置于 0dB、20dB、40dB、60dB,用交流数字毫伏表分别测出相应的电压值。

3. YB4320 示波器的使用

(1)认清示波器面板上各控制旋钮的位置,按使用说明将各控制旋钮放置合适的档位,然后加电,并调节各旋钮,直至荧光屏上呈现两根清晰的扫描线。

(2)按图 1-3 接线,选用频率为 1kHz,幅度为 100mV 的输入信号,然后调节不同的扫描频率,观察波形的稳定情况。

(3)适当调节 V/cm 旋钮,读取此时信号波形的 U_{p-p} 值,并计算出有效值。

(4)适当调节 t/cm 旋钮,读取此时信号波形的周期 T ,计算其 f 值(当使用扩展旋钮时又应如何计算 f)。

四、预习要求

参阅附录一,了解模拟电子技术基础实验常用仪器的性能指标、使用方法及注意事项。

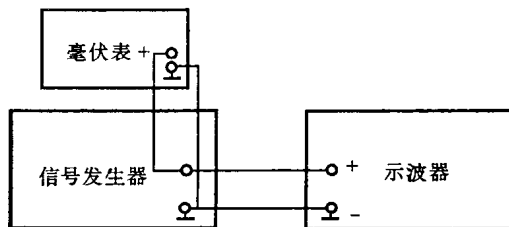


图 1-3

实验研究与思考题

1. 交流信号本无正、负之分,为何在测量时强调仪器的正、负极?
2. 使用信号发生器时,在改动“衰减”档位时,正确的操作方法是什么?
3. 总结数码显示的读取方法?
4. 交流数字毫伏表为什么一接通电源显示屏上就有数码显示?
5. 总结所使用的信号发生器、直流稳压电源、交流数字毫伏表及示波器的特点。
6. 说明当有一路正弦信号输入示波器后,若示波器屏幕上出现了图 1-4 所示波形,试判断应调节哪些旋钮才能使其正常显示?

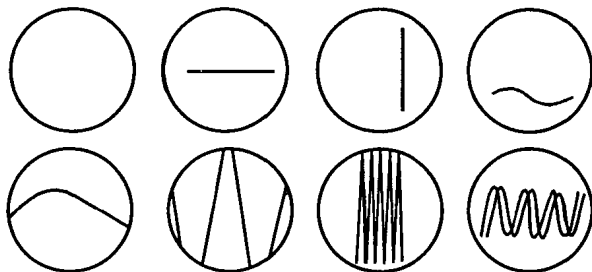


图 1-4

第四章 半导体分立元件特性及主要参数的测试

一、实验目的

1. 掌握用万用表判断二极管、三极管极性和性能的方法。
2. 了解晶体管图示仪的基本工作原理,掌握用图示仪测量晶体二极管、稳压管、晶体三极管及场效应管的特性和主要参数的方法。

二、实验内容

半导体分立器件型号命名方法见附录四。

1. 用万用表检查晶体管

(1) 用万用表判断二极管的质量与极性

根据二极管单向导电特性,通过万用表电阻档量程 $\times 100$ 或 $\times 1k$,分别用红表笔与黑表笔碰触二极管的两个电极,表笔经过两次对二极管的交换测量,若测量的结果电阻有明显的差异,则可认定被测二极管是好的;测量结果呈低电阻时黑表笔所接电极为二极管的正极,另一端为负极。万用表的内部等效电路如图 1-5(a)所示,万用表面板图和等效电路如图 1-5(b)所示。

因万用表内部电池正极接黑表笔,而电池负极接红表笔,所以黑表笔带正电压,红表笔带负电压,测量结果可对照表 1-1 来进一步对二极管的质量做出判断。

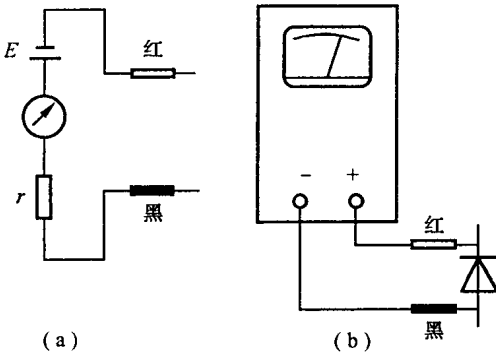


图 1-5 万用表的面板图和等效电路

(a)等效电路;(b)面板图

表 1-1 二极管质量检查表

正向电阻	反向电阻	管子好坏
一百欧到几千欧	几千欧到几百千欧	好
0	0	短路损坏
∞	∞	开路损坏
正、反向电阻比较接近		管子失效

表 1-1 中规定的只是大致范围。实际上,正、反向电阻不仅与被测管有关,还与万用表型号有关。若 $R \times 1k$ 档的欧姆中心值不同,虽然电池电压均为 1.5V,向二极管提供的电流却不相等,反映的电阻值就有一定的差异。若选择 $R \times 100$ 档或 $R \times 1$ 档,则电阻档愈低,向被测管提供的电流愈大,测出的电阻值愈小。

(2) 用万用表判断三极管的电极与质量

分立器件中双极型三极管比场效应管应用广泛,三极管的封装有金属壳和塑料封装等,常见三极管封装外形及管脚排列如图 1-6 所示。需指出,图 1-6 中的管脚排列方法是一般规律,对于外壳上有管脚指示标志的,应按标志识别,对管壳上无管脚标志的,应以测量为准。

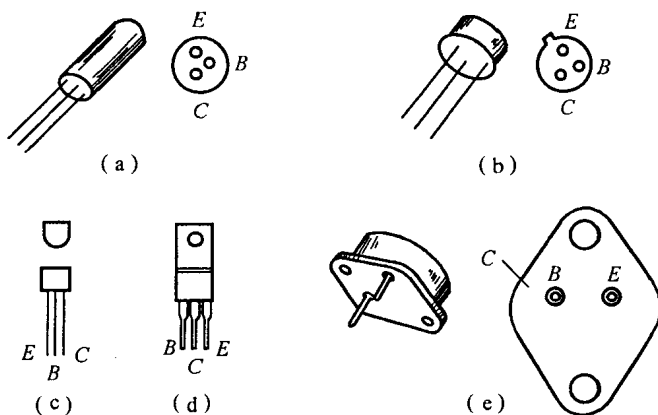


图 1-6 常见三极管的外形及管脚排列

①判断基极 b 基极与集电极、基极与发射极分别是两个 PN 结, 它们的反向电阻都很大, 而正向电阻都很小, 所以用三用表 ($\Omega \times 100, \Omega \times 1k$ 档) 测量时, 先将任一表笔接到某一认定的管脚上, 另一表笔分别接到其余两管脚上, 如果测得阻值都很大或都较小则可断定所认定的管脚是基极; 若不符合上述结果, 应另换一个管脚重新测量, 直到符合上述结果为止。与此同时, 应注意表笔及其所接管脚的极性, 当黑表笔接在基极, 红表笔分别接在其他两极测得的电阻值小时, 可确定该三极管为 NPN 型, 反之为 PNP 型, 如图 1-7。

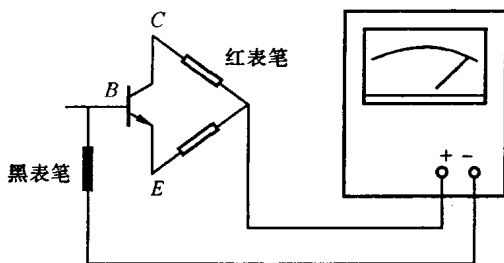


图 1-7

②判断集电极 c 及发射极 e 判断集电极和发射极的基本原理是把三极管接成单管放大电路(图 1-8), 以测量管脚在不同接法时的电流放大系数的大小来比较, 当管脚接法正确时的 β 较接法错误时的 β 大, 则可判断出 c 和 e 。测试时是在上述判断中已确定了管型和基极的前提下进行的, 然后假定余下的两个极中一个是 c , 另一个是 e 。若被测管是 NPN 型, 应以黑表笔接认定的 c , 红笔接认定的 e (若为 PNP 型则反之), 将 c, b 两极用手控住(注意: 勿使 c, b 短路, 此时人体电阻作为 $R_b, I_B > 0$) 和断开(相当 $R_b = \infty, I_B = 0$), 观察在上述两种情况下, 表针偏转的差值 $\Delta\varphi$ 。 $\Delta\varphi$ 较大时所假定的 c, e 是正确的, 若 $\Delta\varphi$ 很小, 说明所假定的 c, e 极不对, 则要将表笔调换位置, 如果晶体管正常, 总能找到正确的接法, 判断出 c 和 e 两极。另外,

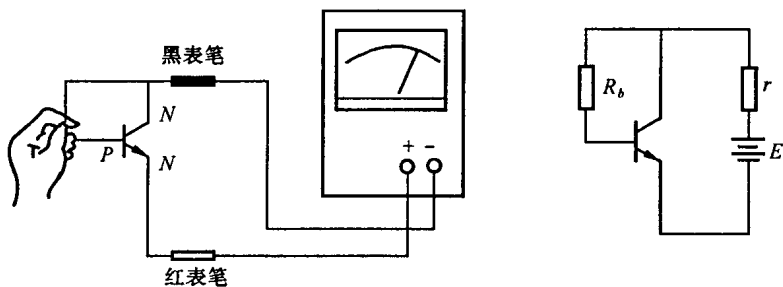


图 1-8

若 c 、 e 极判断错误,接入电路后,由于 $U_{(BR)CEO}$ 比 $U_{(BR)CBO}$ 要小得多,很容易将发射结击穿。

③粗测电流放大系数 h_{FE} 利用万用表,可粗略测量晶体管共发射极电流放大系数 h_{FE} 。方法是万用表选择开关放在“ $\Omega \times 1k$ ”档,短路表笔调零,然后分开表笔,选择开关旋至 h_{FE} 档,将被测管按其极性插入相应插孔中,则可由指针偏转的位置按 250 量程的刻度读得 h_{FE} 值。数字表可由数码直接显示。

④粗测穿透电流 I_{CEO} 将三用表选择开关放在“ $\Omega \times 1k$ ”档,短路表笔并调零,然后在三极管基极悬空的情况下将 c 、 e 极与笔相接。若被测管是 PNP 型则将红笔接 c 极,黑笔接 e 极(NPN 型则相反),测得的 c 、 e 间的阻值较大(例如几十千欧),则说明穿透电流 I_{CEO} 较小,管子能正常工作。在测试 I_{CEO} 的同时,用手捏住三极管的管帽,受人体温度的影响, c 、 e 间反向电阻会有所减小。若万用表指数变化不大,则该管的稳定性能较好;若指数迅速减小,则该管的热稳定性能较差。

2. 使用 BJ4811 晶体管特性图示仪测量晶体管特性和主要参数

(1) 实验前的准备工作

①开启电源,预热 15 分钟。

②调整面板上标尺亮度、辉度、聚焦等旋钮,使荧光屏上的亮点清晰,亮度适中。

③按说明书(见附录一)上的要求进行测量前的检查与校正。(注:此项工作已由教师于课前进行完毕,故不要求学生逐次检查、校正)

④测试开关应在“关”位置,峰值电压调节旋钮调至零,然后才能插上被测晶体管进行测试。

⑤根据被测晶体管的类型和接法(e 极接地或 b 极接地),选择开关位置。

(2) 测试晶体二极管

二极管的种类很多,按用途可分为整流管、开关管、检波管及稳压二极管等。不论哪种二极管,只要能在屏幕上显示出伏安特性曲线,就不难测出其各种参数。但是要显示图 1-9 所示的伏安特性曲线,必须使 X 轴的扫描电压由正扫到负。然而用图示仪测试时,只能分别测二极管的正向和反向的伏安特性曲线。

① 二极管正向伏安特性曲线的测试

将二极管接入图示仪测试台的 c 、 e 插孔,图 1-10(a)所示,然后将图示仪面板上各旋钮位置放置在如表 1-2 所要求的位置。

测试时,将测试选择开关置于被测管的一边,调节峰值电压旋钮,使加在二极管的峰值电压由零逐渐增大,就可在屏幕上显示二极管的正向特性,如图 1-10(b)所示。通过调节 Y 轴电流和集电极电压,配合特性曲线,就能测出二极管的正向特性曲线及各项具体参数。二极管的正向特性的主要参数有:

二极管的正向压降 U_{DQ} 指二极管给定工作电流 I_{DQ} 时的电压值。

二极管的开启电压 U_{on} 指二极管开始产生正向电流时所对应的电压值。

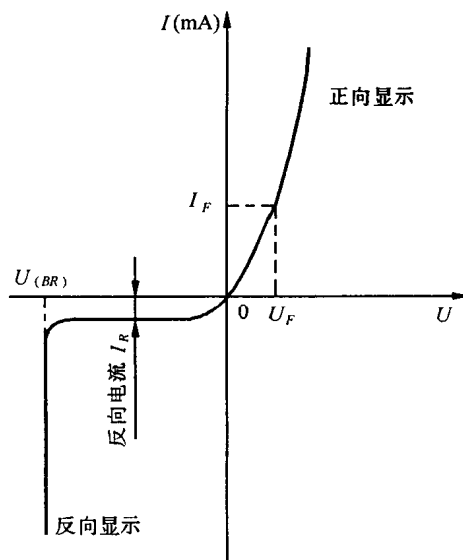


图 1-9 二极管的伏安特性

表 1-2

旋钮名称	旋钮位置
Y 轴	集电极电流 0.5mA/度, 倍率 1
X 轴	集电极电压 0.1V/度, 倍率 1
峰值电压范围	0~20V
峰值电压调节	0
峰值电压极性	+
功耗限制电阻	620 Ω

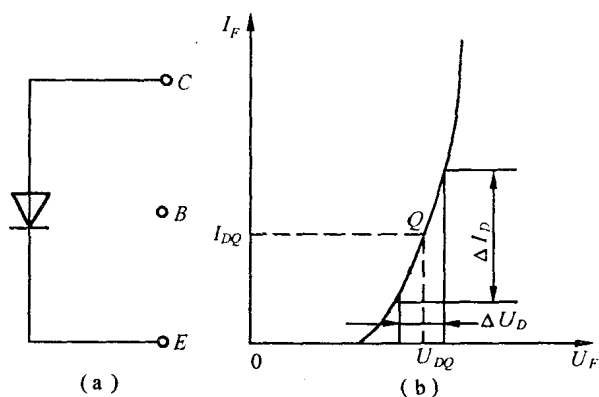


图 1-10 二极管的正向特性

(a)连接方式;(b)特性曲线

二极管的正向直流电阻 R_D 指给定工作电流处的电压与电流之比,如图 1-10(b)所示, Q 点处的直流电阻 $R_D = U_{DQ}/I_{DQ}$ 。

二极管的正向交流电阻 r_d 指在给定的电流处的 ΔU_D 与 ΔI_D 之比,如图 1-10(b)所示。过 Q 点作曲线的切线,以此切线为斜边作一直角三角形,其两直角边分别是 ΔU_D 和 ΔI_D ,从而求得 $r_d = \Delta U_D/\Delta I_D$ 。

②二极管反向特性的测试

测试前将 X 、 Y 轴坐标原点调至屏幕右上角,将“ X 轴”旋钮量程增大,“ Y 轴”旋钮量程缩小,并将“峰值电压极性”

改为“-”,按图 1-11(a),将二极管插入图示仪测试台,然后从零开始慢慢地加大峰值电压,便能在图示仪屏幕上观察到如图 1-11(b)所示的二极管反向伏安特性曲线。通过曲线,配合图示仪面板旋钮所指数值测出各项具体参数。二极管反向特性的主要参数有:

最高反向工作电压 U_{RM} 指二极管不被反向击穿时的最高反向电压。通常取反向击穿电压的 2/3 或 1/2 的值。

反向击穿电压 $U_{(BR)}$ 指反向击穿电压加大到某个值,反向电流迅速增大时,所对应的电压值,如图 1-12(b)所示。

最大反向电流 I_{RM} 指二极管加最高反向电压时的反向电流值。

但当被测管的反向击穿电压大于 20V 时,必须先将“峰值电压调节”旋钮调回零位,再将“峰值电压范围”旋钮拨至“0~200V”,“ X 轴”旋钮置于更大 V/度,然后再调节“峰值电压调节”旋钮,逐渐加大二极管的反向电压,才可测得相应的反向击穿电压。

(3)稳压管的测试

由于稳压管是利用反向齐纳击穿而稳压的,因此只要能在屏幕上显示出稳压管的反向特性曲线,通过反向伏安特性曲线,可直接测出稳压管的一些主要参数。测量的方法与一般二极管相同。有时,为了读取参数值的方便,常将坐标原点调放在左下角,“峰值电压极性”放在

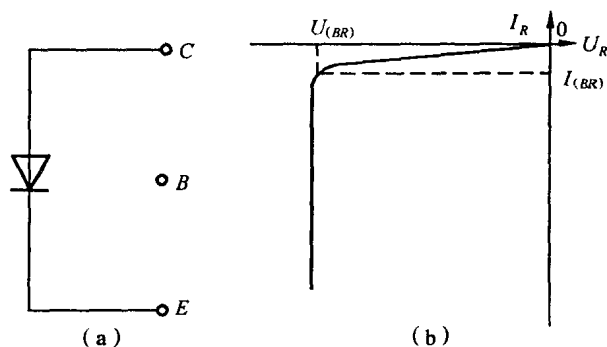


图 1-11 二极管的反向特性

(a)连接方式;(b)反向特性