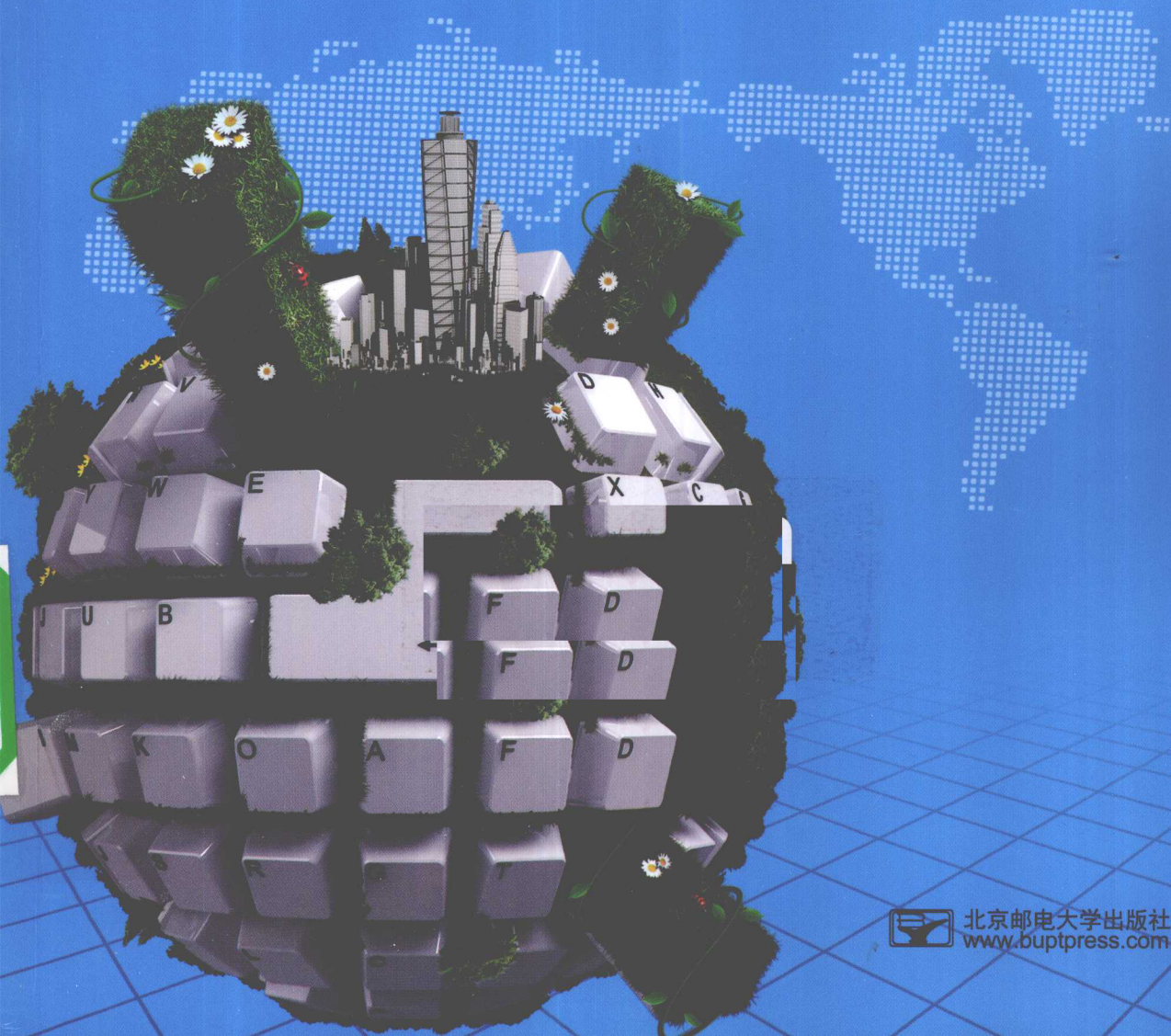


DIANZI JISHU JICHU
SHIYAN ZHIDAO

电子技术基础 实验指导

主 编 张博霞
副主编 韩建设



电子技术基础实验指导

主 编 张博霞
副主编 韩建设

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书为高等学校电气类、电子类、自动化类和其他相近专业本科生、专科生模拟与数字电路课程的实验教材和实习指导书。同时也可为本科生参赛各类电子制作、毕业设计提供电子类的参考资料。书中实验内容丰富,包含原理性实验、验证性实验、设计性实验以及综合设计性实验。本书分为4部分:第1部分为模拟电路单元实验;第2部分为数字电路单元实验;第3部分为模拟电路实验课程设计;第4部分为数字电路实验课程设计。附录简单介绍了部分电子元器件的基本知识。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实验指导/张博霞主编.--北京:北京邮电大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-5635-2588-1

I. ①电… II. ①张… III. ①电子技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 027057 号

书 名: 电子技术基础实验指导
作 者: 张博霞 韩建设
责任编辑: 刘 颖
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京源海印刷有限责任公司
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 12.5
字 数: 314 千字
印 数: 1—3 000 册
版 次: 2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2588-1

定 价: 22.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

电子技术基础实验是高等学校理工科专业实践教学课程中重要的一门。这门课程将电子技术基础理论与实际操作有机地联系起来,加深学生对所学理论的理解,培养和提高学生的实验能力、实际操作能力、独立分析问题和解决问题的能力,以及创新思维和理论联系实际的能力。

电子技术基础是实践性很强的专业基础课程,因此实验教学是不可缺少的重要环节。本书作为相关专业实验和课程设计教材,是根据模拟电子技术、数字电子技术课程的教学内容,针对高等工程技术教育特点,结合编者近几年在实验教学、课程设计、大学生电子设计竞赛等教学实践中的经验,编写而完成的。

本书具有以下特点:

(1) 模拟电子技术实验和数字电子技术实验中,都有验证性实验和简单的设计性实验。这样有利于实验、分析设计能力的培养。

(2) 为了满足课程设计的要求,每一个设计性实验中,均给出了单元电路的设计方法及参考电路图,供读者设计电路时参考。

全书共分4个部分。第1部分为模拟电路单元实验。精选了15个实验项目。主要介绍了模拟电子电路的基本实验和基本测量方法,通过用电子实验设备为工作平台,来实现电路的连接及测试。第2部分为数字电路单元实验,精选了13个实验项目。主要介绍了数字电子电路的基本实验和基本测量方法,配以常用数字测量仪器进行练习,让读者逐步对数字器件及其测试方法有一定的了解。第3、第4部分为综合设计性实验。在模拟电路和数字电路单元实验的基础上,各选编了4~5个综合实验,目的在于培养学生对本门课程多个知识点的综合运用能力,以及对电子电路的设计和调试能力。所选课题,既可供电子技术课程设计阶段使用,也可作为读者课外电子兴趣小组活动的选题。除了以上内容,还适当介绍了电子元器件的性能、选用及检测技术,印刷电路板的制作和焊接知识,电子制作的基本知识、基本方法和基本操作。附录A为常用电子元器件的基础知识和使用方法。为学生的实验与实习提供元器件识别方法、测量知识和验证手段。附录B为常用集成电路引脚排列图。

本书模拟电路单元实验、附录A、附录B由韩建设老师编写,其余部分由张博霞老师编写。罗晓莹、郭世宁老师整理了相关的资料,参与了电路图绘制及部分书稿的打印,特此表示感谢。

由于我们的水平有限,书中缺点错误在所难免,真诚希望各位兄弟院校的老师 and 读者在使用过程中提出宝贵意见。

编 者

目 录

第 1 部分 模拟电路单元实验	1
实验 1 常用电子仪器的使用	1
实验 2 晶体二极管、晶体三极管的测试	5
实验 3 基本放大电路	10
实验 4 组合放大电路	15
实验 5 放大器的频率特性	18
实验 6 负反馈放大电路	21
实验 7 场效应管放大电路	25
实验 8 集成功率放大电路	29
实验 9 互补对称功率放大电路	32
实验 10 差动放大电路	35
实验 11 RC 桥式正弦波振荡器	39
实验 12 集成运算放大器的线性应用	42
实验 13 集成运算放大器的非线性应用	48
实验 14 晶体管直流稳压电源	51
实验 15 集成稳压电源	54
第 2 部分 数字电路单元实验	57
实验 1 基本门电路逻辑功能验证	57
实验 2 TTL 与非门参数测试及三态门	60
实验 3 CMOS 或非门参数测试	63
实验 4 组合逻辑电路的设计	66
实验 5 组合逻辑电路及应用	69
实验 6 触发器	74
实验 7 移位寄存器	77
实验 8 二进制计数器	82
实验 9 集成计数器应用及设计	85
实验 10 计数译码和显示	90
实验 11 555 定时器及其应用	93
实验 12 随机存储器(RAM)	96

实验 13 D/A、A/D 转换器	99
第 3 部分 模拟电路实验课程设计	104
电子电路设计、安装与调试的基本知识	104
课题 1 OTL 功率放大器的设计	117
课题 2 RC 桥式正弦波振荡器的设计	121
课题 3 集成直流稳压电源的设计	127
课题 4 语音放大电路的设计	134
第 4 部分 数字电路实验课程设计	141
设计举例	141
课题 1 数字电子钟的设计与调试	147
课题 2 数字式电容测量仪	151
课题 3 多路竞赛抢答器设计	156
课题 4 电子脉搏计	161
课题 5 数字逻辑笔	167
附录 A 常用电子元器件知识	168
附录 B 集成电路引脚排列图	180
参考文献	191

第 1 部分

模拟电路单元实验

实验 1 常用电子仪器的使用

一、实验目的

1. 了解双踪示波器、函数信号发生器、晶体管毫伏表的原理和主要技术指标。
2. 掌握用示波器观察、测量波形的幅值、频率及相位的基本方法。
3. 学习函数信号发生器输出范围、幅值范围、面板各旋钮作用及使用方法。
4. 掌握交流毫伏表的使用方法。

二、实验仪器设备

双踪示波器 1 台；函数信号发生器 1 台；晶体管毫伏表 1 台；数字万用表 1 台。

三、实验原理

1. 示波器

示波器是一种用途广泛的电子测量仪器，它可直观地显示随时间变化的电信号图形，如电压（或转换成电压的电流）波形，并可测量电压的幅度、频率、相位等。示波器的特点是直观，灵敏度高，对被测电路的工作状态影响小。因此被广泛地应用于无线电测量领域中。

示波器主要有两种工作方式： $y-t$ 工作方式（又称连续工作方式）和 $x-y$ 工作方式（又称水平工作方式）。

(1) $y-t$ 工作方式下，示波器屏幕构成一个 $y-t$ 坐标平面，能够显示时间函数 $y=f(t)$ 的波形，例如电压 $v(t)$ 和电流 $i(t)$ 的波形。

(2) $x-y$ 工作方式下，示波器屏幕构成一个 $x-y$ 坐标平面，屏幕上显示的图形具有函数关系 $y=f(x)$ ，该工作方式可测定元件特性曲线，同频率正弦量的相位差以及二维状态向量的状态轨迹等。

2. 函数信号发生器

函数信号发生器是用来产生各种波形（正弦波、方波、锯齿波、三角波等）的设备，是实验室

中常用的交流信号源。

3. 交流毫伏表

交流毫伏表又称为交流电压表,是一种常用的电子测量仪器,主要用来测量正弦交流电压的有效值。该设备内阻大,误差小,量程选择范围很大。在实验中测量正弦信号的幅值时应该尽量选择使用该设备。正弦电压有效值和峰值的关系是: $V_{\text{峰值}} = \sqrt{2}V_{\text{有效值}}$ 。

当测量非正弦交流电压时,读数没有直接的意义。交流毫伏表不能用来测量直流电压。

四、实验内容及步骤

1. 函数信号发生器和交流毫伏表的使用

(1) 图 1-1-1 是用交流毫伏表直接测量函数信号发生器输出电压的连接图。在测量前,交流毫伏表量程应选择最大量程,以避免表头过载而打弯指针。测量时,根据所测信号大小选择合适的量程。在读取数值时应该根据选择的量程确定应该如何读取。为了减小误差,要求交流毫伏表指针位于满刻度的 1/3 以上。当交流毫伏表接入被测信号电压时,一般应先接地线,再接信号线。

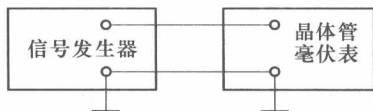


图 1-1-1

(2) 函数信号发生器“波形输出选择”选择正弦信号,“频率范围选择”选择 1 kHz,其他旋钮处于常规状态,调节“频率调整旋钮”,使“计频器”显示频率为 1 kHz。调节“幅度输出旋钮”,使交流毫伏表测量的输出电压有效值为 1 V。

(3) 记下这时函数信号发生器输出电压的频率和有效值的大小。

2. 示波器的使用

(1) 测量信号电压

调节信号发生器使其输出频率为 1 kHz,电压峰值分别为 2 V、0.1 V 的正弦信号。分别用示波器和毫伏表测量其输出电压峰值和有效值。将测量结果记录于表 1-1-1 中。

表 1-1-1

电压有效值 V	电压峰值 V_m	示波器 V/div 所在挡位	峰-峰波形高度(格数)	峰-峰电压 V_{P-P}

(2) 测量信号周期

信号发生器输出峰值为 5 V 的正弦信号,改变信号频率,测量信号的周期,将测量结果记入表 1-1-2 中。

表 1-1-2

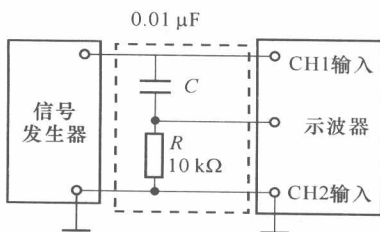
信号频率	50 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	5 kHz	25 kHz	100 kHz
T/div 所置刻度值							
一周期所占水平格数							
信号周期 T							

(3) 测量两信号的相位差

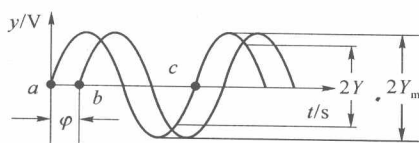
测量相位差可用双踪测量法,也可用 x - y 测量法。

① 双踪测量法

双踪测量法的仪器连线如图 1-1-2(a)所示。示波器的显示方式切换开关“MODE”选择“CHOP”。将 $f=1\text{ kHz}$ 、电压峰值 $V_m=2\text{ V}$ 的正弦信号经过 RC 移相网络获得同频率不同相位的两路信号分别加到示波器的 CH1 和 CH2 输入端,然后分别调节示波器的 CH1 和 CH2 的“位移”旋钮、“垂直灵敏度 V/div”旋钮及其“微调”旋钮,就可以在屏幕上显示出如图 1-1-2(b)所示的两个高度相等的正弦波。为了显示波形稳定,应将“内部触发信号源选择开关”选在 CH2 处,使内触发信号取自 CH2 的输入信号,这样便于比较两信号的相位。



(a) 连线图



(b) 显示波形

图 1-1-2

双踪测量法测量信号相位差的方法为:从图 1-1-2(b)显示图形读出 ac 和 ab 的长度(格数),根据 $ac:360^\circ=ab:\varphi$,可求得两信号的相位差为

$$\varphi = \frac{ab}{ac} \times 360^\circ$$

将测量结果记入表 1-1-3 中。

表 1-1-3

信号周期长度(ac 格数)	信号相位差长度(ab 格数)	相位差

由显示图形读出 Y 和 Y_m 的格数,则两信号的相位差为

$$\varphi = 2 \arctan \sqrt{\left(\frac{Y_m}{Y}\right)^2 - 1}$$

将测量结果记录于表 1-1-4 中,并画出波形图。分析测量值与理论值的误差产生的原因。

表 1-1-4

波形高度 $2Y_m$ (格数)	两交点间垂直距离 $2Y$ (格数)	相位差

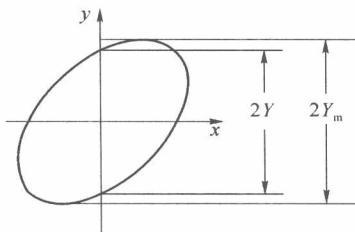
② $x-y$ 测量法(选做)

图 1-1-3

将示波器“扫描速度开关”调至“ $x-y$ ”位置,即可进行测量,这时示波器成为 $x-y$ 工作方式,CH1 为 x 信号通道,CH2 为 y 信号通道。 u_i 的 $x-y$ 测量法的连接如图 1-1-2(a)所示,输入信号仍为 $f=1\text{ kHz}$ 、 $U_m=2\text{ V}$ 的正弦信号。

经过 RC 移相网络获得同频不同相的两路信号,一路加入到示波器 CH1 的输入端,一路加入到示波器 CH2 的输入端。调节“位移”、“垂直灵敏度 V/div ”旋钮,使示波器荧光屏上显示出图 1-1-3 所示的椭圆图形。由图形直接读出 Y 和 Y_m 所占的格数,则两信号的相位差为

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{Y}{Y_m}\right)$$

将测量结果记录于表 1-1-5 中。

表 1-1-5

椭圆高度 Y_m (格数)	在 y 轴的截距 Y (格数)	相位差

注意:

- (1) 函数信号的输出端不能短接。
- (2) 注意仪器要“共地”连接。

五、实验报告及要求

1. 根据实验记录,列表整理实验数据及描绘移相器电路输入、输出波形。
2. 总结用示波器测量信号电压的幅值、频率和两个同频率信号相位差的步骤和方法。
3. 根据实验体会,总结示波器在调节波形、周期和波形稳定时,各自应调节哪些旋钮。

六、问题及思考题

1. 用示波器观察信号发生器的波形时,测试线上的红夹子和黑夹子应如何连接?
2. 交流毫伏表测量的电压是正弦波有效值还是峰值?

实验 2 晶体二极管、晶体三极管的测试

一、实验目的

1. 学习和掌握使用万用表测量晶体二极管和晶体三极管的方法。
2. 通过万用表测量二极管的正向电阻,对二极管 PN 结极性和晶体管材料作出判断。
3. 测量三极管,判断 b、c、e 极,判断三极管的材料,并测量穿透电流的大小。
4. 用图示仪观测普通二极管和三极管的特性曲线。

二、实验仪器设备

晶体管图示仪 1 台;万用表 1 台;二极管、三极管若干个。

三、实验原理

1. 万用表测量原理

用万用表测量二极管、三极管,方法简单,无须复杂的专用仪表,就能较为迅速地确定被测管的类型、管脚极性,并判断它的好坏。

用万用表测试二极管和三极管时使用万用表的欧姆挡。在测试时,必须注意万用表欧姆挡的以下几个特点:

(1) 万用表欧姆挡等效电路如图 1-2-1 所示。图 1-2-1 中 E 为表内电源(一般基本挡使用一节 1.5 V 的电池), r 为万用表等效内阻, I 为被测回路中的实际电流。由图 1-2-1 可知万用表正端的表笔(一般习惯用红色表笔)对应表内电源的负极,而负端的表笔(一般习惯用黑色表笔)对应于表内电源的正极。

(2) 万用表表面欧姆挡的刻度尺的中央刻度值称为万用表欧姆挡的“中值电阻”,它即为万用表欧姆挡的等效内阻。

(3) 一般万用表以 $R \times 1 \text{ k}$ 挡作为基本挡。这时表内电源(电池)为 1.5 V,为满足测量小电阻的需要,在基本挡的基础上增设电阻 r 。这样,使流经表头的电流值所表征的被测电阻值变小了,或者说仪表的等效内阻(中值电阻)变小了,能够输出的测量电流变大了。一般万用表 $R \times 100, R \times 10, R \times 1$ 挡级的中值电阻较之基本挡依次递减 10 倍;为满足测量大电阻的需要,一般是采用提高电源电压 E ,同时加大 r 值的方法,因为 E 提高后,更大的 E 能使万用表的表针有足够的偏转,一般万用表 $R \times 10 \text{ k}$ 挡的中 0 值电阻是基本挡的 10 倍,其 E 多采用 9 V 或 15 V。

2. 晶体二极管的测试

(1) 判别二极管的极性

把万用表调到欧姆挡,若将黑表笔接到二极管的阳极,红表笔接到二极管阴极,则二极管处于正向偏置,呈低阻,表头偏转大,反之,则二极管处于反向偏置,呈高阻,表头偏转小。根据两次测得的阻值大小,可以判别二极管极性。

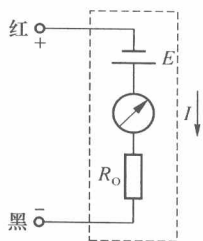


图 1-2-1

注意:万用表电阻挡不同,其等效内阻也不相同,测试时一般先用 $R \times 1k$ 挡,这时,万用表等效内阻大,可避免损坏二极管,而不宜用 $R \times 10k$ 挡,因为此挡电源电压较高,易损坏管子。

(2) 判别二极管的好坏

用万用表欧姆挡测二极管反向电阻时,若电阻在 $200 k\Omega$ 以上,可以认为这只二极管基本上是好的。

若正、反向测量时,二极管所呈现电阻都很小,则这只二极管被击穿通路(坏)。

若正、反向测量时,二极管所呈现的电阻都很大,则这只二极管是断路的(坏)。

(3) 判别二极管的晶体材料

若正向测量二极管时,电表指示在满刻度的 90% 左右(这时可参考 500 型万用表第二条标尺),则这只二极管是一只锗管。

若正向测量二极管时,电表指示在满刻度约 60% 左右,则这只二极管是一只硅管。

(4) 区分普通二极管和稳压管

一般二极管反向击穿电压在 $15 V$ 以上。所以一般情况下,用 $R \times 1k$ 挡测量二极管反向电阻时,其阻值在 $200 k\Omega$,甚至在数兆欧姆以上,然而用 $R \times 10k$ 挡测量时,其反向电阻仍然很大。稳压管就不同,用 $R \times 1k$ 挡测量时,阻值很大,而用 $R \times 10k$ 挡测量时,阻值变得很小。原因是当万用表指针打到 $R \times 10k$ 挡时,其内电源除了原来的一只 $1.5 V$ 电池以外,还串联了一只 $9 V$ 电池,其电压达到 $10.5 V$,反向测量二极管时,此电压不足以击穿普通二极管,却能击穿 $10 V$ 以下的稳压管,当稳压管被击穿时其阻值将变得很小。由此可以区分普通二极管和稳压管。

3. 晶体三极管的测试

(1) 判定基极和管子类型(用 $R \times 1k$ 挡)

由于三极管 b 到 c 和 b 到 e 分别是两个 PN 结,如图 1-2-2 所示。首先将任一表笔接在假定的基极上(可以任意假定),另一支表笔分别测试其他两支管脚。若测试得到两次测量的电阻都大(或者都小),这时可将红、黑表笔互换,再重复以上测量。若测得结果,电阻变得很小(或很大),则假定的基极就是正确的。如果假定的基极对其他两支管脚的电阻一大一小,则应选择另外的管脚作为假定基极,重复以上测量直至找出基极为止。

若三个管脚都不能确认为基极,则被测管不是一只晶体三极管,或是一只坏管。

当基极确定后,若黑表笔接 b 极,红表笔分别接 c 极和 e 极,所测电阻很小,则被测管为 NPN 管。

若红表笔接 b 极,黑表笔分别接 c 极和 e 极,所测电阻很小,则被测管为 PNP 管。

可把晶体三极管结构看做是两个背靠背的 PN 结,如图 1-2-2 所示。

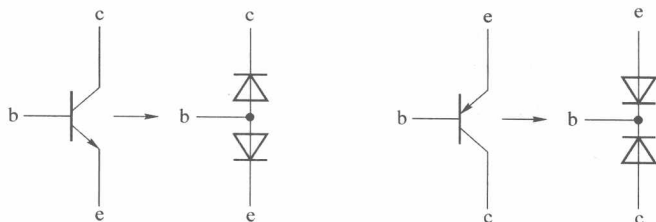


图 1-2-2

(2) 判断发射极 e 和集电极 c

如图 1-2-3 所示,若已确定三极管为 NPN 型,这时,把黑表笔接假定的集电极“c”,红表笔接假定的发射极“e”,并用手捏住 b、c 二极(但不能使 b、c 二极接触)。通过人体,相当于在 c、b 间接入偏置电阻,读出此时 c、e 间电阻值;然后,将两表笔对调重测,并与前一次读数相比较。若第一次测量阻值小,则原来的假设成立,即黑表笔接的是集电极“c”,红表笔对应为发射极“e”,因为 c、e 间电阻值较小,说明通过万用表的电流较大,偏置正常。

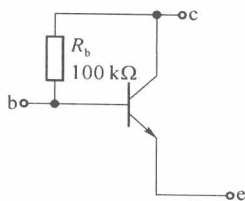


图 1-2-3

(3) 检查穿透电流 I_{CEO} 的大小

检查方法是,将基极开路,测量 c、e 间电阻,黑表笔接 c 极,红表笔接 e 极(PNP 管相反),如阻值较高(几十千欧以上),则说明穿透电流较小,管子能正常工作,反之,若 c、e 间电阻小,则穿透电流大,受温度影响大,工作不稳定。

4. 用数字万用表测量二极管、三极管

(1) 用数字万用表检测二极管

在用数字万用表测量二极管时,红表笔接二极管的正极,黑表笔接二极管的负极,此时测得的阻值才是二极管的正向导通阻值,这与指针式万用表的指法正好相反,但由于电阻挡的测试电流很小,所以不适宜检测晶体管。

若用数字万用表的二极管挡检测二极管则更方便。将数字万用表置在二极管挡,然后将二极管的负极与数字万用表的黑表笔相接,正极与红表笔相接,此时显示屏上即显示二极管正向压降值,不同材料的二极管,其正向压降值不同:硅二极管为 0.550~0.700 V,锗二极管为 0.150~0.300 V。若显示屏显示“0000”,说明管子已短路;若显示“1”,说明二极管内部开路或处于反向状态,此时可对调表笔再测。

(2) 用数字万用表检测三极管

利用数字万用表不仅能判定晶体管电极,测量管子的共发射极电流放大系数 h_{FE} ,还可鉴别硅管与锗管。数字万用表的电阻挡不适宜测量晶体管,应使用二极管挡或者 h_{FE} 挡进行测试。

将数字万用表拨至二极管挡,红表笔固定任接某个引脚,用黑表笔依次接另外两个引脚,如果两次显示值均小于 1 V,该管子为 NPN 管,则红表笔所接的引脚就是基极。如果在两次测试中,一次显示值小于 1 V,另一次显示溢出符号“1”,表明红表笔接的引脚不是基极,此时应改换其他引脚重新测量,直到找出基极为止。

使红表笔接基极,用黑表笔先后接触其他两个引脚。如果显示屏上的数值显示为 0.600~0.800 V,则被测管属于硅 NPN 型中小功率三极管,其中显示数值较大的一次,黑表笔所接的电极是发射极。如果显示屏的数值都显示 0.400~0.600 V,则被测管属于 NPN 型大功率三极管,其中显示数值较大的一次,黑表笔所接的电极是发射极。

使红表笔接基极,用黑表笔先后接触其他两个引脚,如果两次都显示溢出符号“1”,则表明被测管属于硅 PNP 型三极管。

在上述测量过程中,若显示屏上显示数值小于 0.4 V,则被测管属于锗三极管。

(3) 三极管 h_{FE} 的测量

h_{FE} 是三极管的直流电流放大系数,用数字万用表可以很方便地测出三极管的 h_{FE} 值。将数字万用表置于 h_{FE} 挡,若被测管是 NPN 型管,则将管子的各个引脚插入 NPN 插孔相应的插座中,此时屏幕上就会显示被测管的 h_{FE} 值。

5. 二极管、三极管的简易识别法

(1) 二极管的识别

在应用中,一般情况下,可以根据二极管的标识判定其正、负极:小功率的二极管通常在表面用一个色环标出;有些二极管采用了“P”、“N”符号来确定二极管的极性;金属封装二极管通常在表面印有与极性一致的二极管符号;发光二极管通常用引脚长短来识别正、负极,长脚为正,短脚为负。

贴片二极管由于外形多种多样,其极性也有多种标注方法:在有引线的贴片二极管中,管体有白色色环的一端为负极;在有引线而无色环的贴片二极管中,引线较长的一端为正极;在无引线的贴片二极管中,表面有色环或者有缺口的一端为负极。

(2) 三极管的识别

金属封装的小功率的三极管在管壳上有一个小凸片,在判别的时候,使管脚正对人体,从凸片开始,顺时针方向紧贴凸片的电极为发射极,另外两个电极依次为基极、集电极。

而对于塑料封装的小功率三极管,平面向上,管脚正对人体,从左往右,依次为发射极、基极、集电极。

大功率金属封装的三极管,其管壳通常为集电极,另外两个电极则为发射极和基极,在有些管子上,还标出了另外两个电极,以方便使用。

一般的贴片三极管,从顶端往下看两边,上边只有一脚的为集电极,下边的两脚分别为基极和发射极。

四、实验内容及步骤

1. 晶体二极管的测量

按照实验原理所介绍的方法,用万用表测量表 1-2-1 中二极管的正、反向电阻,然后对二极管的好坏情况、PN 结极性和二极管晶体材料类型作出判断,记入表 1-2-1 中。注意二极管的管脚均为一长一短,以便于标注 PN 结极性。

表 1-2-1

型号	二极管好坏情况 (好或坏)	二极管 PN 结极性	二极管晶体材料 (硅或锗)	二极管类型
2AP7				
2CP13				
2CW				
IN4148				
IN4007				

2. 晶体三极管的测量

按照前面实验原理介绍的方法,用万用表测量表 1-2-2 中的三极管,然后对三极管的好坏情况、三极管晶体材料和三极管类型作出判断,并且标注三极管的 b 极、c 极和 e 极。注意标注三极管的 b 极、c 极和 e 极时应将管脚朝向自己,同时应注意国产三极管的管脚布置方式。

表 1-2-2

型号	三极管好坏情况 (好或坏)	三极管类型 (PNP 或 NPN)	二极管晶体材料 (硅或锗)	三极管的 b 极、e 极
3DG6				
3GG14				
3AX				
9012				
9013				

3. 用图示仪观察二极管、三极管的特性曲线

- (1) 观测二极管的正向伏安特性和反向伏安特性。
- (2) 观测三极管的输出特性,了解电流放大倍数的求取方法。
- (3) 观测三极管的输入特性以及 V_{CE} 对输出特性的影响。

五、实验报告及要求

1. 整理测试结果,对被测器件作出判断。
2. 画出普通二极管稳压管和三极管的特性曲线。
3. 画出判断三极管引线极性及检查电流 I_{CEO} 的电路图。

六、问题及思考题

1. 如何用万用表测量直流电流放大系数 β 的大小?
2. 还可用什么方法来测量三极管的 c、e 两极?

实验3 基本放大电路

一、实验目的

1. 学会放大器静态工作点的测量和调试方法,分析静态工作点对放大器性能的影响。
2. 掌握放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及最大不失真输出电压的测试方法。
3. 熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

二、实验仪器设备

交流信号发生器一台;直流稳压电源一台;双踪示波器一台;交流毫伏表一台;数字万用表一块;实验电路板一套。

三、实验原理

实验电路如图 1-3-1 所示。

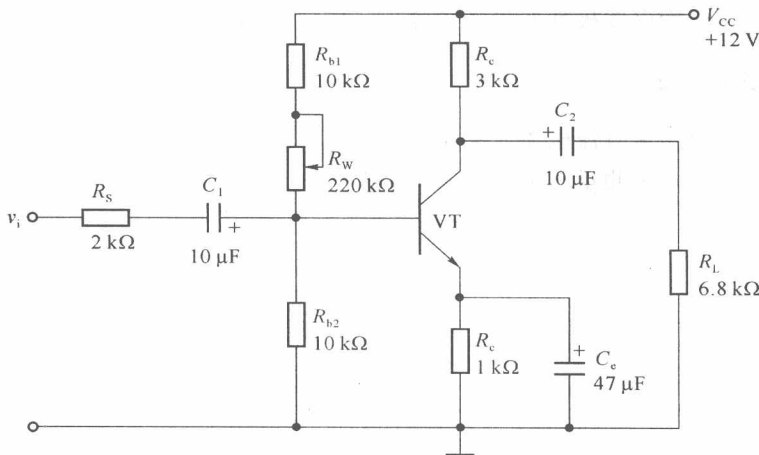


图 1-3-1

图 1-3-1 为电阻分压稳定工作点单管放大器实验电路图。它的偏置电路采用 R_{b1} 和 R_{b2} 组成的分压电路,并在发射极中接有电阻 R_e ,以稳定放大器的静态工作点。当在放大器的输入端加入输入信号 v_i 后,在放大器的输出端便可得到一个与 v_i 相位相反,幅值被放大的输出信号 v_o ,从而实现了电压放大。

1. 测量放大器的静态工作点

应在输入信号 $v_i=0$ 的情况下进行,即将放大器输入端与地端短接,然后选用量程合适的直流毫安表和直流电压表,分别测量晶体管的集电极电流 I_C 以及各电极对地的电位 V_B 、 V_C 和 V_E 。

$$I_C = \frac{\left(\frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}} \cdot V_{CC} - V_{BE}\right)}{R_e}$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_c + R_e)$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

放大器静态工作点的调试是指对三极管集电极电流 I_C (或 V_{CE}) 的调整与测试。静态工作点是否合适,对放大器的性能和输出波形都有很大影响。如工作点偏高,放大器在加入交流信号以后易产生饱和失真,如图 1-3-2(a)所示,此时 v_o 的负半周将被削底;如工作点偏低则易产生截止失真,如图 1-3-2(b)所示,即 v_o 的正半周被缩顶(一般截止失真不如饱和失真明显),这些情况都不符合不失真放大的要求。所以在选定工作点以后还必须进行动态调试,即在放大器的输入端加入一定的输入电压 v_i ,检查输出电压 v_o 的大小和波形是否满足要求。如不满足,则应调节静态工作点的位置。

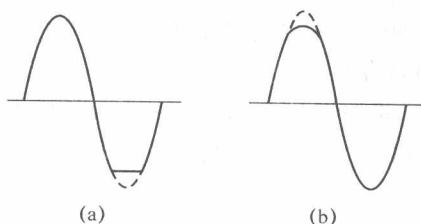


图 1-3-2

改变电路参数 V_{CC} 、 R_c 、 R_b (R_{b1} 、 R_{b2}) 都会引起静态工作点的变化,如图 1-3-3 所示。但通常多采用调节偏置电阻 R_{b2} 的方法来改变静态工作点,如减小 R_{b2} ,则可使静态工作点提高等。

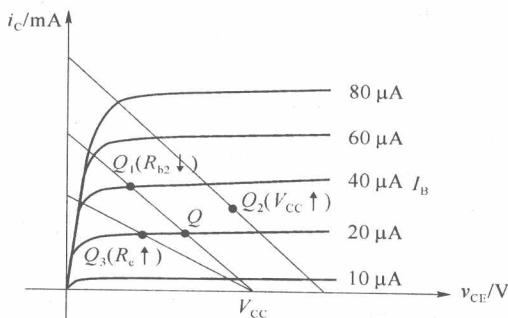


图 1-3-3

2. 电压放大倍数

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta R'_L}{r_{be}} \quad (\text{旁路电容 } C_e \text{ 未接入时})$$

其中, $R'_L = R_c // R_L$, $r_{be} = 300 \Omega + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}$ 。

$$A_v = \frac{-\beta R'_L}{r_{be} + (1 + \beta) R_e} \quad (\text{旁路电容 } C_e \text{ 接入时})$$

当负载电阻开路时 $R'_L = R_c$ 。