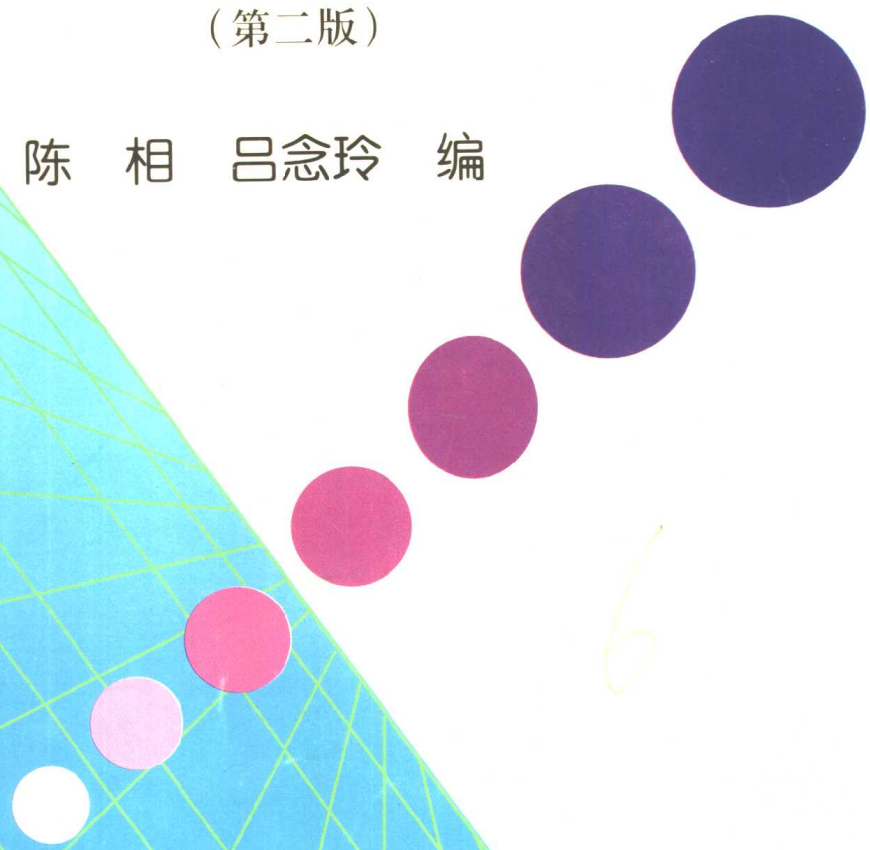




# 模拟电子技术实验

(第二版)

陈 相 吕念玲 编



华南理工大学出版社

# 模拟电子技术实验

(第二版)

陈 相 吕念玲 编

华南理工大学出版社  
·广州·

## 内 容 简 介

本书是根据原国家教育委员会批准的新修订的《电子线路（I）、（II）课程教学基本要求》和《电子技术基础课程教学基本要求》编写的。内容共分四部分：第一、二部分选编了17个实验项目；第三部分介绍了几种常用电子仪器的工作原理和使用方法；最后为附录，介绍一些常用元、器件的特性参数。

本书可作高等工科院校电类专业本科生有关课程的实验教材。适当挑选内容，也可供电大、成人教育和大专班、函授等电类专业教学使用，还可供工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

模拟电子技术实验/陈相, 吕念玲编. —2版. —广州: 华南理工大学出版社, 2000.8  
ISBN 7-5623-0402-5

I. 模…

II. ①陈… ②吕…

III. 模拟电路—实验

IV. TN710 ⑦

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510640)

责任编辑 傅穗文

各地新华书店经销

广州市新明光印刷有限公司印装

\*

开本: 787×1092 1/16 印张: 7 字数: 160千

2000年8月第2版 2000年8月第4次印刷

印数: 11801—16800册

定价: 12.00元

# 前 言

本书是根据原国家教育委员会批准的新修订的《电子技术基础课程教学基本要求》和《电子线路(I)、(II)课程教学基本要求》，在华南理工大学电子与通信工程系模拟电子电路教研组多年实验教学实践的基础上，参考了兄弟院校的实验教材编写而成的。

第一部分为基本实验，共编写了11个实验(每个实验需3个学时)，包括仪器使用，半导体器件参数测试，单元电路验证性实验等(设计性实验见第二部分，关于综合性大型实验，建议各专业根据教学情况，另行安排课程设计，以加强设计计算、仪器选择以及安装调试实验电路等基本技能的综合训练)。根据循序渐进的原则，在开始的几个实验中，实验步骤和方法均写得较为详细，以后逐渐简略以至于某些实验只提供实验板，由学生自拟实验内容和步骤。第二部分为设计性实验，共编写了6个实验，要求学生根据给出的设计要求及指定的器件类型范围内进行电路设计、合理选择器件，并进行组装与调试，测出数据，最后写出设计报告。这样，设计性实验在整门课程实践环节中占有相当的比例，结合基本实验，学生从中加深对所学理论知识的理解，有利于调动学生的学习积极性，培养和提高解决问题和分析问题的能力。

基本实验只着重叙述与测试有关的原理，凡教科书中已有的，本书只写出结论。设计性实验大多只给出指标和主要元器件。读者可参阅高等教育出版社出版的《电子技术基础》模拟部分(康华光主编，第三版)和华南理工大学出版社出版的《模拟电子线路基础》(吴运昌主编)、《线性电子电路》(吴运昌编)或其他院校有关教材。

第三部分简要介绍SB-10和SR-071B型示波器，JT-1型晶体管特性图仪，XFD-6型低频信号发生器，DA-16型晶体管毫伏表，BS1型失真度测量仪等几种常用仪器的工作原理和使用方法。

第四部分为附录，介绍一些常用元、器件的特性参数，供读者使用时参考。

为了达到预定的教学效果，提高实验教学质量，实验前学生应做好预习，实验后应做好实验报告，详细内容见“实验注意事项”。

本书由陈相、吕念玲编写，吴运昌副教授审定。多年来从事教学工作的秦见阁、周仲浩、张元炳、陈文基、韦克省、王淑兰等老师，对实验板的制作和改进做了大量工作，电子与通信工程系领导和模拟电路教研室全体老师对本书的编写给予了积极的支持，在此一并致以衷心感谢。书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者  
2000年4月

# 实 验 注 意 事 项

为了提高本课程的实验教学质量,较好地贯彻因材施教原则,本书编写了17个实验项目,但不要求每个学生都做完所有的实验。各班可根据不同要求选做5~9个实验,对于学习上尚有潜力及对基本实验完成较好者,可适当增加若干个实验。为取得较好的实验教学效果,请注意做好下列环节:

## 一、实验的预习

1. 阅读实验指导书,了解实验目的、内容、原理和要求。

2. 做好与实验有关的预习,查好所用器件的规格和有关的计算公式,绘出接线图,并标明所用仪器。了解(或拟定)各实验内容和步骤,画好记录数据的表格及预计实验结果。以上各项,每个学生都必须书写在预习报告上,在进行实验的前二天交教师审定同意后方可进行实验。

3. 实验前,如有必要,可有组织地先到实验室熟悉仪器设备及实验板等。

## 二、实验的进行

1. 实验时,应合理布置仪器设备的位置,以利于操作并注意选择合适的导线进行接线,以减少干扰来源。

2. 接线完毕后,每个同学必须对全部接线进行检查,并请指导教师复查认可后方可接通电源。

3. 实验过程中,必须注意人身及仪器的安全,禁止人体接触带电部分,严格按照操作规程使用仪器设备。

4. 实验告一段落,应先按所得数据粗略地画出曲线或估算,以便发现是否有明显的错误。若有错漏应及时补做。

5. 实验记录应送教师查阅,教师认为实验确已完成并签名后,才能关闭仪器的电源,整理好仪器、设备和实验台面,方可离开实验室。

## 三、实验报告

1. 实验报告可在预习报告的基础上加以整理而成,每人应单独完成一份(但实验数据、现象等同组可共同采用)。

2. 报告必须填写好实验日期,组别,同组者姓名。报告内容必须包括:(1)实验名称;(2)目的要求;(3)实验线路及原理;(4)简单步骤及过程;(5)现象及数据记录;(6)数据计算;(7)绘制曲线图表;(8)实验结果分析,简要结论;(9)收获、体会及建议等。特别对实验结果分析与理论对比等要认真做好。

3. 绘图要清晰端正,合乎工程要求。

4. 写明所用仪器设备的型号、规格和编号等。

5. 报告必须在实验后一星期内交指导教师,教师根据各人的预习报告、实验过程中操作情况及实验报告等评定实验成绩。

# 目 录

<b>第一部分 基本实验</b> .....	(1)
实验 1 常用电子仪器的使用 .....	(1)
实验 2 晶体管的检验及测试 .....	(5)
实验 3 晶体管单级放大器的研究 .....	(10)
实验 4 场效应管放大器及场效应管源极输出器的研究 .....	(16)
实验 5 负反馈放大器的研究 .....	(20)
实验 6 OTL 功率放大器的研究 .....	(25)
实验 7 差分放大器的研究 .....	(29)
实验 8 集成运算放大器的参数测试 .....	(32)
实验 9 集成运算放大器线性应用的研究 .....	(36)
实验 10 RC 有源滤波器的研究 .....	(42)
实验 11 直流稳压电源的研究 .....	(48)
<b>第二部分 设计性实验</b> .....	(53)
实验 1 两级放大器的设计 .....	(53)
实验 2 集成功率放大电路的设计 .....	(55)
实验 3 集成运算放大器应用电路的设计 .....	(57)
实验 4 集成运放 RC 振荡电路的设计 .....	(59)
实验 5 方波、三角波发生器的设计 .....	(61)
实验 6 锯齿波发生器的设计 .....	(62)
<b>第三部分 常用电子仪器简介</b> .....	(64)
仪器 1 电子示波器 .....	(64)
仪器 2 JT-1 型晶体管特性图示仪 .....	(77)
仪器 3 XFD-6 型低频信号发生器 .....	(81)
仪器 4 DA-16 型晶体管毫伏表 .....	(83)
仪器 5 BS1 型失真度测量仪 .....	(85)
<b>附录 A 半导体器件型号命名法</b> .....	(88)
<b>附录 B 模拟集成电路器件</b> .....	(91)
<b>附录 C 常用元件型号及性能简介</b> .....	(97)

# 第一部分 基本实验

## 实验 1 常用电子仪器的使用

### 一、实验目的

电子仪器是测量电子线路的基本设备，正确选择和使用各种常用电子仪器是做好电子线路实验的基本保证，本实验主要达到如下目的：

1. 了解 SR-071B 型示波器，XFD-6 型低频信号发生器及 DA-16 型晶体管毫伏表的原理方框图、主要技术指标以及面板上各旋钮的功能；
2. 掌握 SR-071B 型示波器，XFD-6 型低频信号发生器及 DA-16 型晶体管毫伏表的使用方法。

### 二、预习要求

1. 阅读本书第三部分有关仪器使用的内容。
2. 明确实验内容及要求，拟定必要的记录表格。

### 三、实验仪器及设备

- |            |               |     |
|------------|---------------|-----|
| 1. 示波器     | SR-071B       | 1 台 |
| 2. 低频信号发生器 | XFD-6         | 1 台 |
| 3. 晶体管毫伏表  | DA-16         | 1 台 |
| 4. 万用表     | 500 型或 MF-9 型 | 1 个 |

### 四、实验内容

1. 熟悉常用仪器使用方法  
熟悉 SR-071B 型示波器，XFD-6 型低频信号发生器及 DA-16 型晶体管毫伏表的面板控制旋钮的名称、用途，了解这些仪器的指标及熟悉仪器的使用方法。
2. 用李沙育图形法比较频率及测量波形周期数与频率的关系。

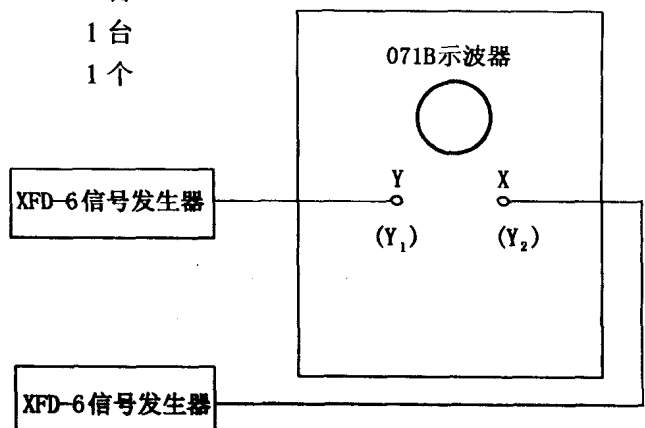


图 1-1-1

(1) 李沙育图形法比较频率

将 SR-071B 型示波器按图 1-1-1 所示的电路接好, 两台 XFD-6 信号发生器输出电压分别接示波器的 Y (Y<sub>1</sub>) 轴通道和 X (Y<sub>2</sub>) 轴通道 (Y<sub>2</sub> 轴通道如何变成 X 轴通道见本书第三部分图 3-1-6, 示波器面板上的功能开关“拉 Y<sub>2</sub> (x)”), 调整 XFD-6 型信号发生器的频率 (两台信号发生器的输出频率通常在 50Hz 至 100Hz 为宜), 使示波器荧光屏上出现如图 1-1-2 所示的波形, 记下此时两台 XFD-6 型低频信号发生器刻度盘上所对应的频率值。

(2) 测量波形周期数与频率的关系

利用示波器扫描频率固定时, 从示波器荧光屏上观察到的波形周期数与被测信号的频率成正比的关系来测量信号频率。



图 1-1-2 输入正弦波李沙育图形

将 XFD-6 型低频信号发生器的频率调到 200Hz, 加到示波器的 Y<sub>1</sub> 轴通道或 Y<sub>2</sub> 轴通道, 扫描速率转换开关“T/cm”置 0.5ms 处, 如图 1-1-3 所示。调整示波器面板上的“电平旋钮”和“T/cm”开关的微调旋钮使荧光屏上显示出 1~2 个周期波形。然后将 XFD-6 型低频信号发生器的信号频率调至 400Hz、1 000Hz, 观察示波器荧光屏上显示波形的周期数 (注意: 观察 400Hz 和 1 000Hz 波形时, 不要再动示波器的旋钮), 分析三种信号频率的关系。

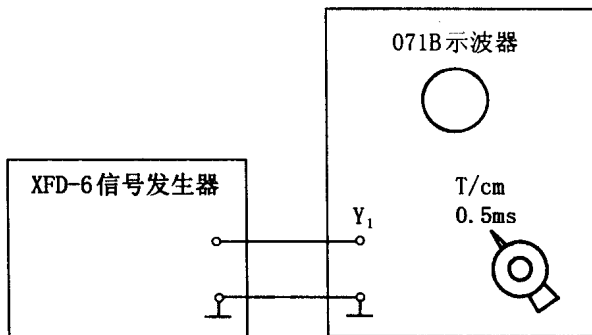


图 1-1-3

3. 用示波器测量信号电压幅度、周期、频率及相位

(1) 正弦信号电压幅度的测量

用示波器测量正弦信号电压的峰值, 再换算成有效值, 测量步骤如下:

- ① SR-071B 型示波器输入选择开关置“AC”位置, 正弦信号通过探头输入 Y<sub>1</sub> 或 Y<sub>2</sub> 的输入端, 调节“电平旋钮”使波形稳定, 根据 Y 轴坐标 (单位 cm) 读出波形从正峰到负峰的距离。
- ② 根据“V/cm”开关所放的位置, 每 cm 的电压值乘以峰至峰之间的距离。
- ③ 乘所用探头的衰减因数 (一般是 10:1, 开路线为 1:1), 即得所测实际的峰-峰值电压。

例 设所用测试探头衰减因数为 10:1, “V/cm”开关放在“0.05V/cm”位置, 所测得峰到峰之距离为 2.5cm, 则实际峰-峰值电压为



$$10 \times 0.05 \text{V/cm} \times 2.5 \text{cm} = 1.25 \text{V}_{\text{pp}}$$

### (2) 周期的测量

在示波管有效面读出被测信号波形一个周期的水平距离，再乘以“T/cm”开关的指示值，即为该信号的周期，此时“T/cm”开关的微调旋钮应置于最大位置，即顺时针旋到底。

### (3) 频率的测量

利用测量周期的方法测出信号周期，根据周期与频率的倒数关系，即可算出频率。

例如：已测得某一周期信号周期  $T = 0.1 \mu\text{s}$ ，则其频率  $f = 1/T = 1/0.1 \times 10^{-6} = 10 \text{MHz}$ 。

### (4) 相位的测量

Y轴工作方式选择开关置于“交替”位置，调节“T/cm”开关，使显示的波形每个周期在坐标刻度上占9cm，则每个cm为 $40^\circ$ ，输入示波器两信号的相位差 $\theta$ 可按下式计算：

$$\theta = \text{两信号波形的水平距离 } d(\text{cm}) \times 40^\circ$$

相位测量示意图如图1-1-4

所示。

#### 4. 测量信号发生器的输出电平

利用DA-16型晶体管毫伏表检查XFD-6型低频信号发生器的输出电平。

XFD-6型低频信号发生器输出电平的调节有两种方法：  
①连续调节：用“输出调节”旋钮；  
②步进调节：用“输出衰减”旋钮。输出衰减的额定范围分四挡： $\times 1$ ， $\times 0.1$ ， $\times 0.01$ ， $\times 0.001$ 。

输出电压的额定范围：高阻抗 $0 \sim 20 \text{V}$ （有效值），低阻抗 $0 \sim 1 \text{V}$ （有效值）。

具体测试内容：

(1) 将XFD-6型低频信号发生器的“输出衰减”旋钮置 $\times 1$ 挡，用“输出调节”旋钮调电压至 $10 \text{V}$ ，用DA-16型晶体管毫伏表测试输出电压值，同时用示波器观察波形。

(2) 改变XFD-6型低频信号发生器的“输出衰减”旋钮为 $\times 0.1$ ， $\times 0.01$ ， $\times 0.001$ 时，用DA-16型晶体管毫伏表测其输出电压值（注意：DA-16型晶体管毫伏表的档次应随输出电压的大小而改变，通常指针以指示在表面的中央为好）。

(3) 拨动XFD-6型低频信号发生器的“频率范围”旋钮及转旋“频率调节”度盘，改变XFD-6型低频信号发生器输出电压的频率，观察DA-6型晶体管毫伏表指针的变化。

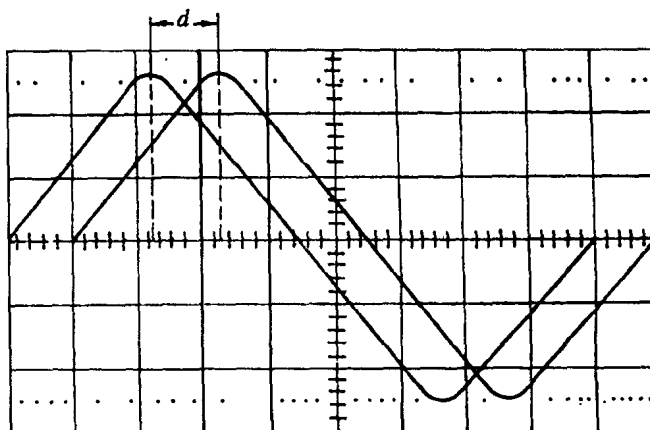


图 1-1-4 相位测量示意图

### 五、实验报告要求

1. 总结 SR-071B 型示波器, XFD-6 型低频信号发生器, DA-16 型晶体管毫伏表的正确使用使用方法。

2. 整理实验数据, 并进行分析和讨论。

3. 回答问题:

(1) 什么是交流电压的有效值? 什么是峰值? 用 DA-16 型晶体管毫伏表测出的电压值是什么值? 如果波形不是正弦波, 毫伏表测得的数值是否正确?

(2) 如果用示波器测出正弦波形上下幅度 (峰对峰) 的电压值为 2.8V, 试求其有效值。

## 实验2 晶体管的检验及测试

### 一、实验目的

1. 用万用表判别晶体二极管、晶体三极管的管脚及其好坏。
2. 学会使用晶体管特性图示仪测试二极管、三极管。

### 二、预习要求

1. 熟悉如何使用万用表。
2. 复习二极管伏安特性及有关讲课内容。
3. 复习三极管输入、输出特性、反向击穿电压及有关讲课内容。

### 三、实验设备及仪器

- |                  |            |    |
|------------------|------------|----|
| 1. 万用表           | 500型或MF-9型 | 1个 |
| 2. JT-1型晶体管特性图示仪 |            | 1台 |
| 3. 安装有晶体管的实验板    |            | 1块 |

### 四、实验原理

#### 1. 用万用表测量晶体管

使用万用表测量晶体管时，主要利用电阻挡，此时表内的等效电路如图1-2-1所示。其中 $R_0$ 为万用表的等效内阻， $E_0$ 为万用表内的电源电压。当万用表处于 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 挡时，一般 $E_0 = 1.5V$ 。测量晶体二极管和晶体三极管时，是利用万用表电阻挡的等效电路来进行分析的，以用 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 电阻挡为好，这时 $R_0$ 较大，流过的电流较小，可以避免损坏晶体管。不宜采用 $R \times 10k$ 挡，因为该挡万用表内的电源电压较高，一般 $E_0 = 9 \sim 15V$ ，容易损坏管子；也不宜采用 $R \times 1$ 挡，因为在该挡可能电流过大而损坏管子。

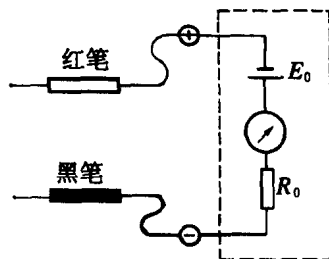


图1-2-1

#### 2. 利用JT-1型晶体管特性图示仪测量晶体管的特性

##### (1) 输出特性曲线

输出特性曲线是在基极电流 $I_B$ 一定的情况下，三极管的输出回路中集电极与发射极之间的电压 $V_{CE}$ 与集电极电流 $I_C$ 之间的关系曲线。从曲线上很容易看出晶体管的三个工作区域：饱和区、放大区、截止区。

在放大区可求得电流放大系数 $\beta$ ，即

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = \text{常数}} \quad (1-2-1)$$

(2) 输入特性曲线

输入特性曲线是在集电极与发射极之间的电压  $V_{CE}$  为某一常数时，输入回路中加在三极管基极与发射极之间的电压  $V_{BE}$  与基极电流  $I_B$  之间的关系曲线。

根据输入特性曲线可以求得输入电阻  $r_{ie}$ ，即

$$r_{ie} = \left. \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = \text{常数}} \tag{1-2-2}$$

(3) JT-1 型图示仪工作原理

JT-1 型图示仪的简单工作原理如下：集电极扫描电源可以提供单极性的正弦半波脉冲作为集电极的变化电源电压，称之为集电极扫描电压。此电压通过功耗限制电阻加到被测三极管的集电极与发射极之间，使集电极电压自动地在零与最大值之间周期性地变化。被测管的输入端由一个阶梯波发生器供给阶梯电压，它可以自动地把基极电流保持为某一常数。集电极扫描电压与阶梯电压波形是同步的，如图 1-2-2 所示。可见，基极阶梯信号的作用是提供一系列数值不同的参变量  $I_B$ ，而集电极扫描电压则作为自变量  $V_{CE}$ ，这样一种供电方式就可自动地显示三极管的输出特性曲线。

图示仪尚可显示其他曲线簇，这里不再介绍，图示仪的使用方法见本书第三部分。

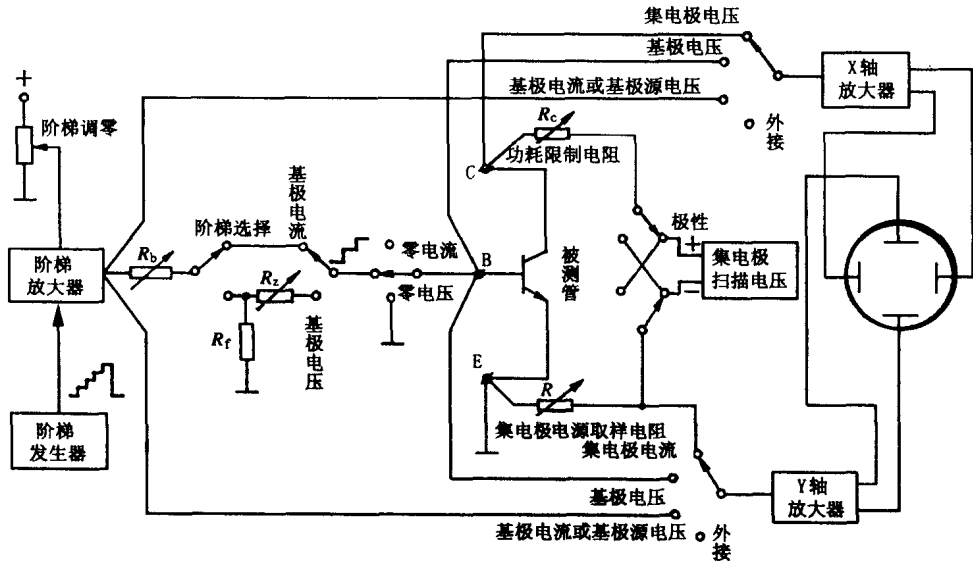


图 1-2-2 JT-1 图示仪工作原理图

五、实验内容

1. 二极管好坏的鉴别

将万用表拨至电阻挡，量程为  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡，并将表笔  $\ominus$  端（表内电源为正极）接晶体二极管的“+”极，表笔的  $\oplus$  端（表内电源为负极）接二极管的“-”极，如图 1-2-3 所示。测出其正向电阻，该阻值较低，一般为几十欧至几百欧，表明管子的正向特性是好的。

再把万用表的两表笔位置倒置，即表笔的  $\oplus$  端接二极管的“+”极，表笔的  $\ominus$  端接二

极管的“-”极，如图1-2-4所示。此时测出其反向电阻，该阻值较高，一般为几十千欧至几百千欧以上，表明管子的反向特性是好的。

经过上述检验，如果管子的正向、反向特性都比较好，那么这只管子是好的。

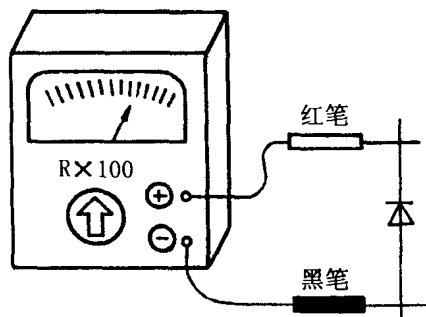


图 1-2-3

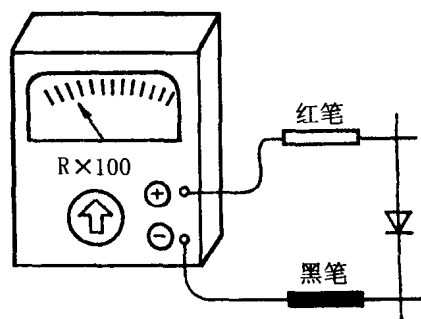


图 1-2-4

当然两阻值之间的差别越大说明管子的性能越好。如果测出其阻值为0，则表示管子内部已短路；如果测出其阻值极大，甚至为 $\infty$ ，则表示这只管子内部已断路。这两种情况都说明管子已损坏。

硅管的正向与反向电阻值一般都比锗管大。

## 2. 三极管性能好坏的检查

### (1) 测反向饱和电流 $I_{CEO}$

测试方法如图1-2-5所示，以PNP型锗管为例（如NPN型管则需调换两根表笔）。用R×100（或R×1k）挡，测得集电极与发射极间的电阻R应大于几十千欧，若R太小则说明管子 $I_{CEO}$ 大，若R值指示不稳，表针慢慢向小阻值方向偏移，则说明管子性能不稳定。

### (2) 直流放大系数 $\bar{\beta}$ 的估计（以PNP管为例）

①测试电路如图1-2-6所示，用万用表R×100（或R×1k挡），测出其阻值为 $R_1$ 。

②在b极和c极之间接入91k $\Omega$ 电阻（测试板开关往下拨），如图1-2-6中虚线所示，或用手捏住b极和c极（但两极不能碰在一起，相当于b、c极间接入几十千欧的偏置电阻）测出其阻值为 $R_2$ 。

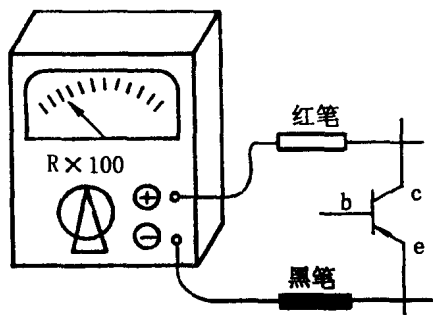


图 1-2-5

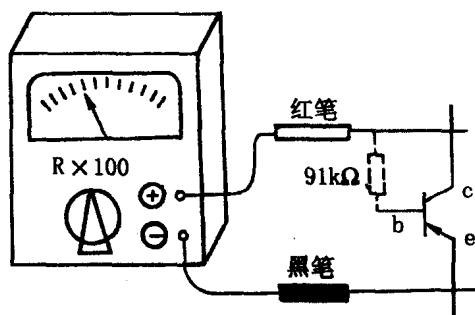


图 1-2-6

比较 $R_1$ 、 $R_2$ 的数值，两者差别愈大则说明管子 $\bar{\beta}$ 愈大。

③直流放大系数  $\bar{\beta}$  的简易测量 (此步骤可以不做)

万用表选电流挡 0~1mA 量程, 电路接法如图 1-2-7 所示。开关 SW 断开, 测得  $I_{CEO}$  (很小); SW 闭合, 测得  $I_C$ 。因为

$$I_B \approx \frac{V_{CC}}{R_b} = \frac{6V}{600k\Omega} = 10\mu A \quad (1-2-3)$$

所以

$$\bar{\beta} = \frac{I_C - I_{CEO}}{I_B} \approx \frac{I_C}{I_B} \quad (1-2-4)$$

即可算出  $\bar{\beta}$ 。

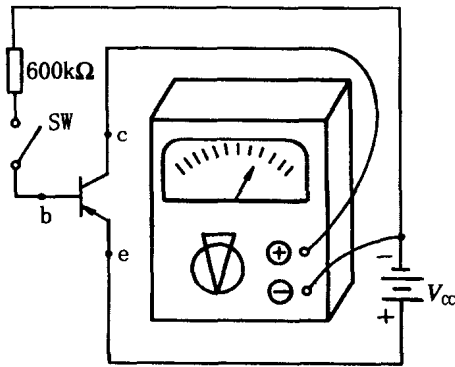


图 1-2-7

### 3. 三极管管脚的判断

#### (1) 先判断 b 极及判断 PNP、NPN 型管

在测试板上选一管子, 用万用表 R×100 (或 R×1k) 挡, 将红表笔任意接某一管脚, 黑表笔分别接另外两个管脚, 可测出两个阻值; 然后再把红表笔换接另一个管脚, 重复上述测量。共测三次, 得三组电阻值 (每组有两个阻值), 其中必有一组两个阻值在同一数量级上, 对这组测量时, 红表笔所接的那个管脚是 b 极。如这组阻值都较小, 则此管为 PNP 管, 如这组阻值都较大, 则为 NPN 管, 为慎重起见, 若该组电阻都大, 可调换表笔再测, 如测得此时该组电阻都小, 则证实为 NPN 管。

#### (2) 判别 c 极

判别 c、e 极, 按实验内容 2 (2) 估计  $\bar{\beta}$  的方法检测, 对调表笔, 比较两次检测的“ $\bar{\beta}$ ”值, 当  $\bar{\beta}$  较大时, 对应的接法是正确的, 此时与红笔相接的为 c 极 (这是对 PNP 管而言, 若为 NPN 管则应是 e 极), 与黑笔相接的为 e 极。

### 4. 测试三极管的特性曲线

利用 JT-1 型晶体管特性图示仪能直观地显示晶体管的各种特性。通过仪器的标尺刻度, 可直接读测晶体管的各项参数, 如输入特性、输出特性、电流放大倍数、反向饱和电流以及击穿电压等等。此外, 还可以测定二极管、稳压管、场效应管等电子器件的特性。现以 3DG6 和 3AX31 为例, 分别测量其共发射极输出特性曲线和输入特性曲线以及基极开路时集电极与发射极之间的反向击穿电压  $V_{(BR)CEO}$ 、穿透电流  $I_{CEO}$ , 读出测量参数的数值并填入表 1-2-1。

表 1-2-1

待测参数	测试条件	3DG6	3AX31
$I_{CEO}$	$V_{CE} = 10V$		
$V_{(BR)CEO}$	$I_C = 10\mu A$		
$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$	$I_C = 5mA$ $V_{CE} = 10V$		
$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$	$I_C = 5mA$ $V_{CE} = 10V$		
$r_{be}$	$I_B = 50\mu A$ $V_{CE} = 6V$		

### 六、实验报告要求

1. 按实验板上各晶体管排列位置拟出草图，记录各晶体管的好坏及管子的类型（PNP 或 NPN）。
2. 记录在图示仪上所测晶体管的  $\beta$  值及  $V_{(BR)CEO}$  值并填入表 1-2-1。

## 实验 3 晶体管单级放大器的研究

### 一、实验目的

1. 研究晶体管放大器的输出波形与静态工作点的关系。
2. 掌握测量放大器电压放大倍数的方法。
3. 掌握测量放大器频率特性的方法。

### 二、预习要求

1. 复习有关单级放大器的讲课内容，指出实验板上各电路元件的作用（图 1-3-1 中  $R_F$  和  $R'_e$  的作用暂不考虑）。

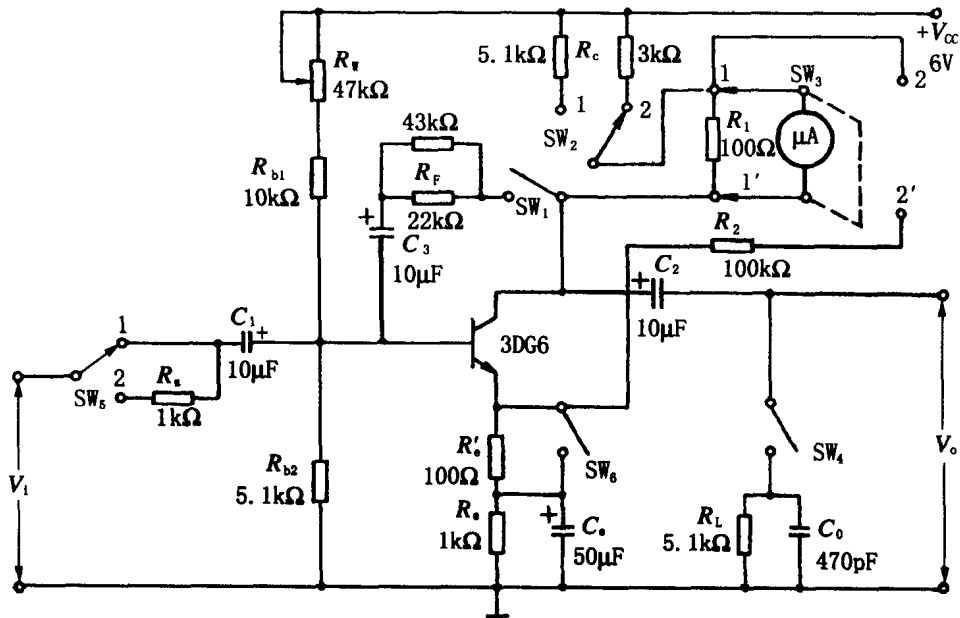


图 1-3-1 共发射极放大器实验电路

2. 放大器的静态工作点由哪些电路参数决定？要调整静态工作点应调哪些元件？测量静态工作点需要何种仪表，在电路中应如何接入？
3. 放大器的电压放大倍数与哪些电路参数有关？如何测量中频区的电压放大倍数  $A_{vm}$ ？
4. 影响放大器频率特性的主要参数是什么？如何测量放大器  $A_v$  的频率特性？

### 三、实验仪器及设备

- |            |     |
|------------|-----|
| 1. 示波器     | 1 台 |
| 2. 低频信号发生器 | 1 台 |



3. 直流稳压电源	1 台
4. 晶体管毫伏表	1 台
5. 万用表	1 个
6. 实验底板	1 块

#### 四、实验电路及原理

图 1-3-1 所示实验电路为共发射极基本放大电路,  $R_1$  和  $R_2$  用于扩大微安表头的量程, 对电路影响不大。当开关  $SW_3$  置于“1、1'”时, 测量集电极静态电流  $I_{CQ}$ , 此时电表满量程为 2.5mA; 当开关  $SW_3$  置于“2、2'”时, 测量集电极到发射极静态时的电压  $V_{CEQ}$ , 此时电表满量程为 10V。电路静态时的基极电压和集电极与发射极间的电压可依式 (1-3-1) 和式 (1-3-2) 计算:

$$V_B \approx \frac{V_{CC}}{(R_{b1} + R_W) + R_{b2}} \cdot R_{b2} \quad (1-3-1)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}(R_c + R_e + R'_e) \quad (1-3-2)$$

如  $SW_6$  闭合, 则  $R'_e = 0$ 。上两式说明在  $R_e$ 、 $R_{b1}$ 、 $R_{b2}$  固定的情况下, 改变  $R_W$  和  $R_c$  都可以改变放大电路的静态工作点, 在保持  $I_{CQ}$  一定的情况下,  $R_c$  增加则  $V_{CEQ}$  下降。

放大电路静态工作点的设置, 应考虑到在信号的变化范围内, 晶体管始终工作于线性放大区, 如果希望耗电小, 在输入信号不大的情况下, 工作点应取得低一些, 这时集电极电流小。但是, 若要取得最大不失真输出, 工作点应选在负载线的中点, 如图 1-3-2 中的  $Q_1$  点所示。

静态工作点选择不恰当, 过高或过低, 都会出现失真: ①截止失真是由于静态工作点的电流取得太小而引起的, 此时集电极电压很大, 如图 1-3-2 中  $Q_2$  点所示。②饱和失真是由于静态工作点的电流取得太大而引起的, 此时集电极电压很小, 如图 1-3-2 中的  $Q_3$  点所示。

应该注意的是, 用示波器显示截止失真和饱和失真的波形时, 对 NPN 管来说, 前者在示波器荧光屏 Y 轴的上方, 后者在荧光屏 Y 轴的下方, 而对 PNP 管来说, 则相反。

放大器的电压放大倍数定义为输出电压的有效值  $V_o$  与输入电压的有效值  $V_i$  之比, 即

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}} \quad (1-3-3)$$

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}$$

$$R'_L = R_c // R_L$$

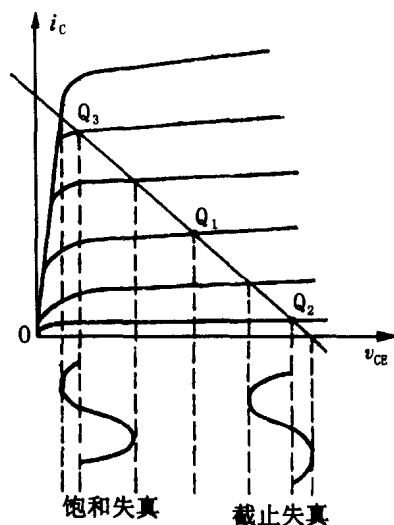


图 1-3-2