

977241

TN01
7446

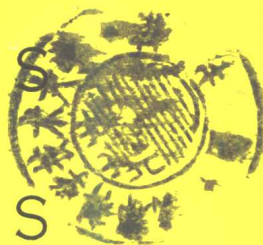
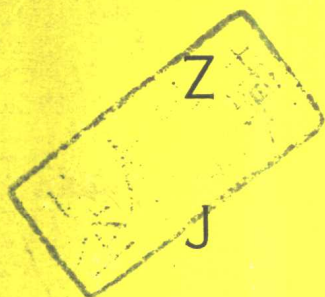
模拟电子技术实验指导书

陈相 秦允阁 编

M

N

D



Y

Z

D

S

m

华南理工大学出版社

模拟电子技术 实验指导书

陈 相 秦允阁 编

华南理工大学出版社

内 容 简 介

本书是根据1987年高等工业学校电工课程教学指导委员会制定的《模拟电子技术基础》和《电子线路(I)》课程教学基本要求编写的。内容共分三部分：第一部分选编了15个实验项目；第二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。如适当删选内容，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。

【粤】新登字12号

模拟电子技术

实 验 指 导 书

陈 相 秦允阁 编

责任编辑 谢艳桂

华南理工大学出版社出版发行

(广州 五山 邮码 510641)

各地新华书店经销

华南理工大学印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 7 字数 160

1992年12月第1版 1992年12月第1次印刷

印数1—6 500

ISBN 7-5623-0402-5/TN·14

定价：4.00元

前 言

本书是根据高等工业学校电工课程教学指导委员会制定的《模拟电子技术基础》和《电子线路(I)》课程教学基本要求,在华南理工大学无线电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。

第一部分为实验内容,共编写了15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以及少量设计性实验等(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,甚至个别实验内容仅提供主要元器件,由学生自行进行简单的电路设计、安装、调整和测试等。这样做,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。

每个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。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《模拟电子电路》(秦允阁、胡秀美、曾庆虹编)或其他院校有关教材。

第二部分简要介绍SB-10和SR-071B型示波器, JT-1型晶体管特性图示仪, 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。

第三部分为附录,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、秦允阁编写,最后由黄贯光教授审定。多年来从事实验教学工作的周仲浩、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不少工作,无线电系领导和模拟电路教研组全体老师对本书的编写给予积极的支持,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

1992年4月

EAD14/10

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,本书编写了15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5~9个作为基本实验,对于学习上尚有潜力及对基本实验完成得较好者,可适当再加若干个实验。为取得较好实验教学效果,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始得进行实验。
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. 接线时,同组同学可分工进行,但接线完毕后每个同学必须对全部接线进行检查,再请指导教师复查认可后方得接通电源。
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,以便及时发现有无明显的错误。
5. 实验记录应送教师查阅认为实验确已完成并签名后,才关闭仪器的电源,整理好实验台面,方得离开实验室。

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. 绘画要清晰端正,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,教师根据各人预习报告,实验中操作情况及实验报告等给予评定实验成绩。

目 录

实验注意事项

第一部分 实验

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	(4)
实验3 晶体管单级放大器的研究	(9)
实验4 两级放大器的安装与测试	(15)
实验5 场效应管放大器及场效应管源极输出器的研究	(18)
实验6 负反馈放大器的研究	(22)
实验7 晶体管变压器耦合推挽功率放大器的研究	(27)
实验8 OTL功率放大器的研究	(31)
实验9 集成电路功率放大器的研究	(36)
实验10 差分放大器的研究	(41)
实验11 集成运算放大器的参数测试	(44)
实验12 集成运算放大器的线性运用	(47)
实验13 集成运算放大器组成的方波、三角波与锯齿波发生器	(53)
实验14 RC 有源滤波器	(56)
实验15 直流稳压电源的研究	(62)

第二部分 常用电子仪器简介

仪器1 电子示波器	(67)
仪器2 JT-1 型晶体管特性图示仪	(80)
仪器3 XFD-6型低频信号发生器	(84)
仪器4 DA-16型晶体管毫伏表	(86)
仪器5 BS1型失真度测量仪	(88)

附录A 半导体器件型号命名法	(91)
----------------	--------

附录B 模拟集成电路器件	(94)
--------------	--------

附录C 常用元件型号及性能简介	(100)
-----------------	---------

第一部分 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SB-10型、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SB-10型、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. 阅读本书第二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 | SB-10或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SB-10型、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使用方法。

2. 用SB-10型示波器测量频率及波形。

(1) 李沙育图形法比较频率。

将SB-10型示波器输出“试验电压”的频率作为参考频率(50Hz)，送到示波器的“X轴输入”，将XFD-6型低频信号发生器的输出信号加到示波器的“Y轴输入”，见图1-1-1，调整XFD-6型信号发生器的频率，

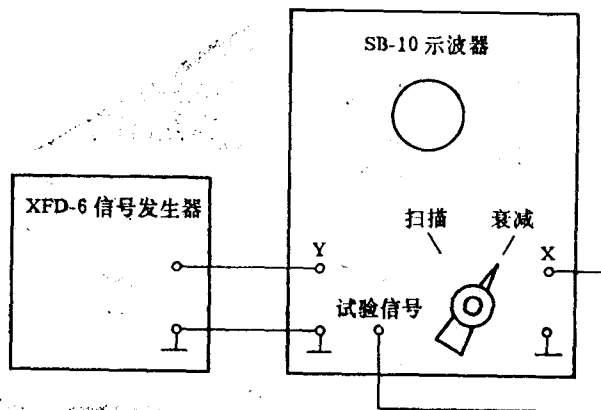


图1-1-1

使示波器荧光屏上出现如图 1-1-2 的波形，记下此时 XFD-6 型低频信号发生器刻度盘上所对应的频率值。



图1-1-2 输入正弦波李沙育图形

(2) 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。

将XFD-6型低频信号发生器的频率调到200Hz，加到示波器的“Y轴输入”端，“X轴衰减”旋钮置“扫描”位置，如图1-1-3所示。调整示波器使荧光屏上显示出1~2个周期。然后将XFD-6型低频信号发生器的信号频率调至400Hz、1000Hz，观察示波器荧光屏上显示波形的周期数（注意：观察400Hz和1000Hz波形时，不要再动示波器的旋钮），分析三种信号频率的关系。

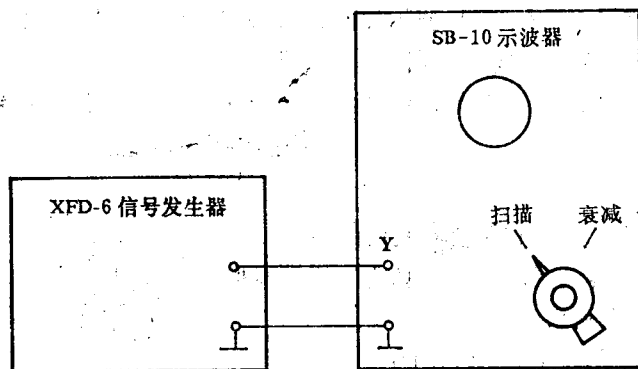


图1-1-3

3. 用SR-071B型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

用示波器测量信号电压的峰值，再换算成有效值，测量步骤如下：

①示波器输入选择开关置“AC”位置，正弦信号通过探头输入 Y_1 或 Y_2 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）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

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

(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。

(3) 频率的测量

根据测量周期的方法测出信号周期，按周期与频率的倒数关系，即可算出频率。

例如：某一重复信号已测得周期 $T = 0.1 \mu s$ ，则 $f = 1/T = 1/0.1 \times 10^{-6} = 10 \text{ MHz}$ 。

(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9 cm，则每个 cm 为 40° ，输入示波器两信号的相位差 θ 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. 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。

调节XFD-6型低频信号发生器的输出电平有两种方法：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段： $\times 1$ ， $\times 0.1$ ， $\times 0.01$ ， $\times 0.001$ 。输出电压的额定

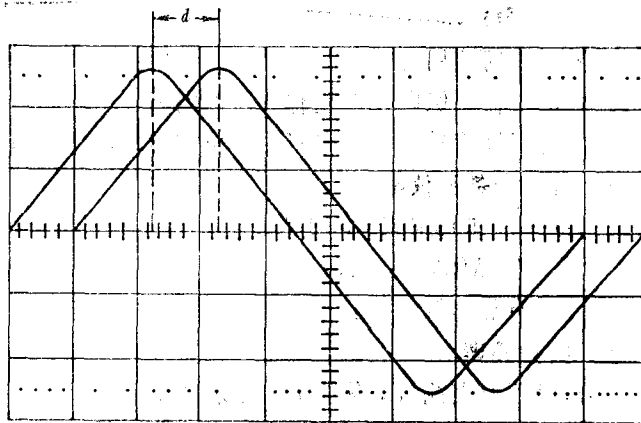


图1-1-4 相位测量示意图

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 $\times 1$ 档，“输出调节”旋钮调电压至 10 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”旋钮及旋转“频率调节”度盘，从而改变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。

五、实验报告要求

1. 总结SB-10、SR-071B型示波器，XFD-6型低频信号发生器，DA-16型晶体管毫伏表的主要技术指标及正确使用方法。

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 2.8 V ，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. 使用万用表测量晶体管时,主要利用电阻档,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 为万用表的内电源电压。当万用表处于 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 档时,一般 $E_0 = 1.5V$ 。

测量晶体二极管和晶体三极管时,正是利用万用表电阻档的等效电路原理来进行的,应用档次以 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 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 $R \times 10k$ 档,因为该档万用表内电源电压较高,一般 $E_0 = 9 \sim 15V$,容易损坏管子;也不宜采用 $R \times 1$ 档,因为在该档可能会造成电流过大而损坏管子。

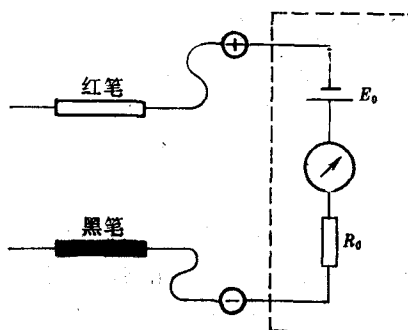


图1-2-1

2. 利用JT-1型晶体管特性图示仪测量晶体管的各种特性。

(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 U_{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。

在放大区很容易求得电流放大系数 β ,即

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

(2) 输入特性曲线

输入特性曲线是指当集电极与发射极之间的电压 U_{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 U_{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 h_{ie} ，即

$$h_{ie} = \left. \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} \right|_{U_{CE} = \text{常数}} \quad (1-2-2)$$

(3) JT-1 型图示仪简单工作原理如下：集电极扫描电源可以提供单极性的全波正弦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不同数值的参变量 I_B ，而集电极扫描电压则作为自变量 U_{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族，这里不再介绍，图示仪的使用方法见本书第二部分。

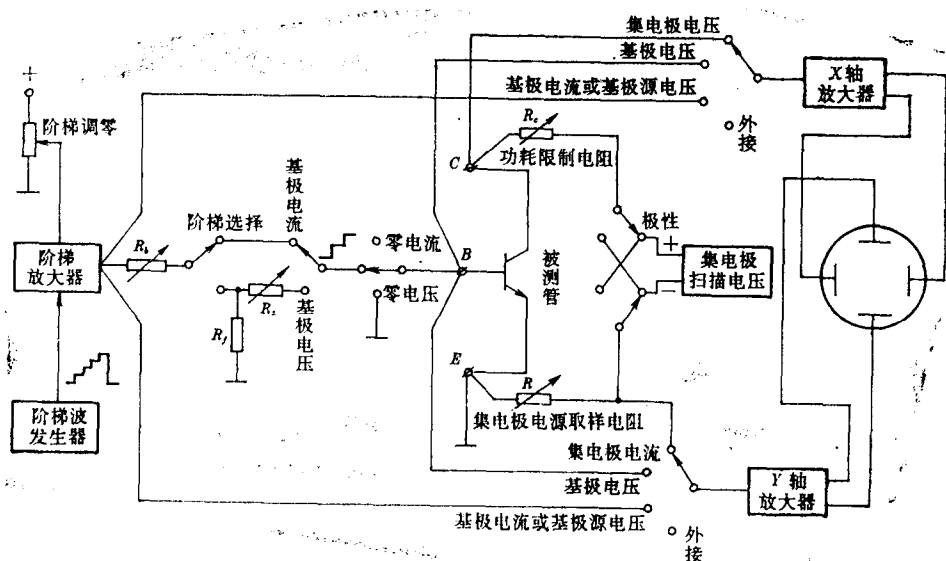


图1-2-2 JT-1图示仪工作原理图

五、实验内容

1. 二极管好坏的鉴别

将万用表拨至电阻档，量程为 $R \times 100$ 或 $R \times 1 k$ 档，并将表笔 $\ominus$ 端（表内电源为正极）接晶体二极管的“+”极，用万用表的 $\oplus$ 端（表内电源为负极）接二极管的“ $\ominus$ ”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。

再把两表笔位置倒置，用万用表的 $\oplus$ 端接二极管的“+”极，用万用表的 $\ominus$ 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，一般为几十至几百千欧以上，这表明管子的反向特性是好的。

经过以上检验，如果管子的正向、反向特性都是比较好的，那末这只管子是好的。

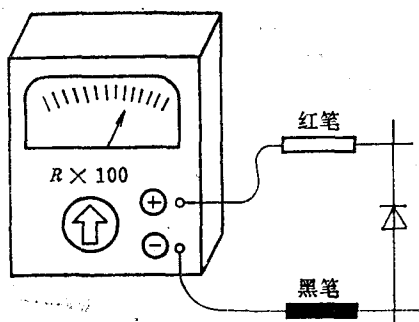


图1-2-3

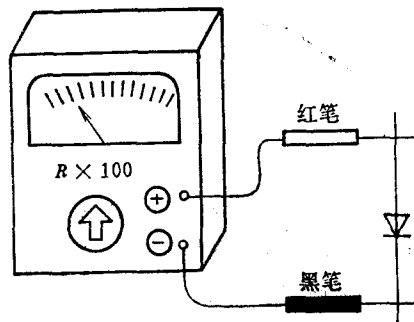


图1-2-4

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 ∞ ，则表示这只管子内部已断路。这两种情况都说明管子已坏了。

硅管的正向与反向电阻值一般都较锗管为大。

2. 三极管性能好坏的检查（用万用表）

（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型管仅需调换两根表笔）。用 $R \times 100$ （或 $R \times 1000$ ）档，测得集电极与发射极的电阻应为 R 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），万用表用 $R \times 100$ （或 $R \times 1000$ ）档。

①如图1-2-6所连接，测出其阻值为 R_1 。

②在 b 极和 c 极之间接入91k电阻（测试板开关往下拨），如图1-2-6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 。

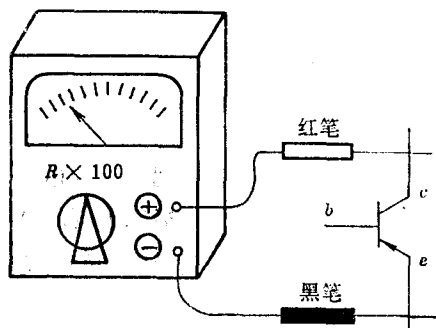


图1-2-5

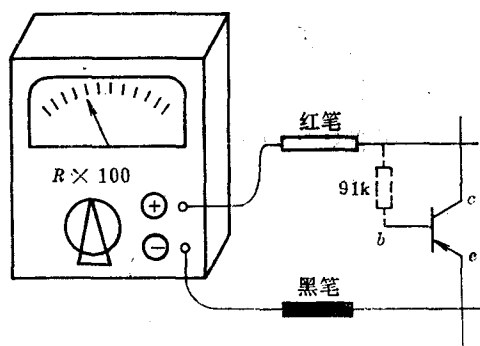


图1-2-6

比较 R_1 、 R_2 的数值，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）。

万用表旋钮选电流档0~1mA量程。

接法如图1-2-7所示, Q 开、测得 I_{CEO} (很小), Q 闭、测得 I_C 。

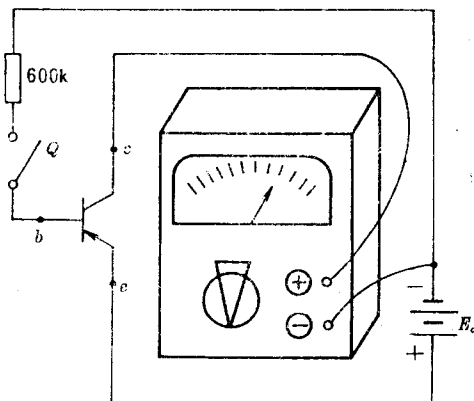


图1-2-7

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

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

即可算出 $\bar{\beta}$ 。

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 $R \times 100$ (或 $R \times 1000$) 档, 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, 对应着这组测量时红表笔所接的那个管脚是 b 极。如这组阻值小, 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, 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 (对PNP管而言, 若为NPN管则应是 e 极), 与黑笔相接的为 e 极。

4. 用晶体管特性图示仪显示三极管的特性曲线

用 JT-1 型晶体管特性图示仪能比较直观地显示被测晶体管的各种特性。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 BV_{CEO} 、反向饱和电流 I_{CEO} ，读出测量的参数并填入表1-2-1。

表1-2-1

待 测 参 数	测 试 条 件	3DG6	3AX31
I_{CEO}	$U_{CE} = 10V$		
BV_{CEO}	$I_C = 10\mu A$		
$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$	$I_C = 5mA$ $U_{CE} = 10V$		
$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$	$I_C = 5mA$ $U_{CE} = 10V$		
h_{ie}	$I_B = 50\mu A$ $U_{CE} = 6V$		

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 β 值及 BV_{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'_F 的作用暂不考虑）。

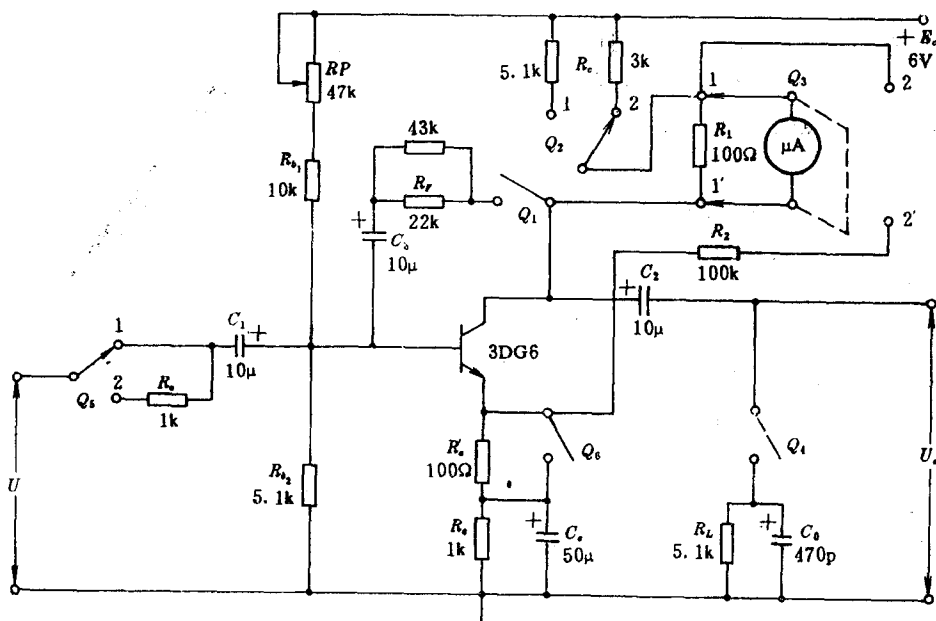


图1-3-1 共发射极放大器实验电路

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_u ？
4. 影响放大器频率特性的主要参数是什么？如何测量放大器的 A_u-f 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. 晶体管稳压电源 | 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所示的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 Q_3 置于 “1 1'” 时, 为测量集电极静态电流 I_{CQ} , 此时电表满量程为 2.5mA ; 当开关 Q_3 置于 “2 2'” 时, 为测量集电极到发射极静态时的电压 U_{CEQ} , 此时电表满量程为 10V 。电路静态时的基极电压和集电极电压由式 (1-3-1) 和式 (1-3-2) 决定:

$$U_B = \frac{E_C}{(R_{b1} + RP) + R_{b2}} \cdot R_{b2} \quad (1-3-1)$$

$$U_{CEQ} = E_C - I_{CQ}(R_C + R_e + R'_e) \quad (1-3-2)$$

如 Q_3 闭合, 则 $R'_e = 0$ 。说明在 R_e 、 R_{b1} 、 R_{b2} 固定的情况下, 改变 RP 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 U_{CEQ} 下降。

静态工作点的设置, 应考虑到在整个信号变化的范围内, 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。

值得注意的是, 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 U_o 与输入电压的有效值 U_i 之比, 即

$$A_U = \frac{U_o}{U_i} = - \frac{\beta R'_L}{r_{be}} \quad (1-3-3)$$

$$r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_E(\text{mA})}$$

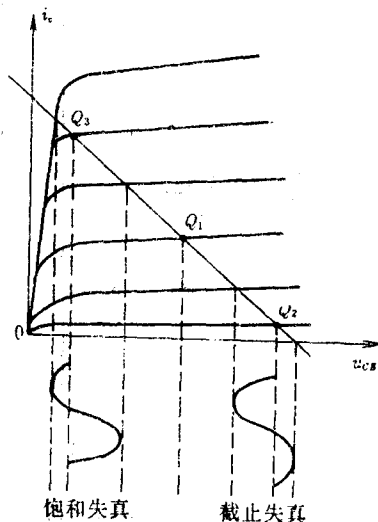


图1-3-2

$$R'_L = R_C \parallel R_L$$

放大倍数与工作点的选择和负载电阻的大小有密切的关系, 测量放大倍数必需在波形不失真的条件下进行, 在输出波形不失真的情况下, 适当增加 R_C , 可以提高放大倍数 A_U 。也就是说, 在一定范围内, 电压放大倍数 A_U 随 R_C 的增加而增加。

阻容耦合放大器, 由于耦合电容 C_1 、 C_2 及射极旁路电容 C_e 的存在, 以及杂散电容 C_0 和晶体管结电容等的影响, 导致电压放大倍数 A_U 随信号频率而变, 其变化曲线常称为频率响应曲线, 如图1-3-3所示。

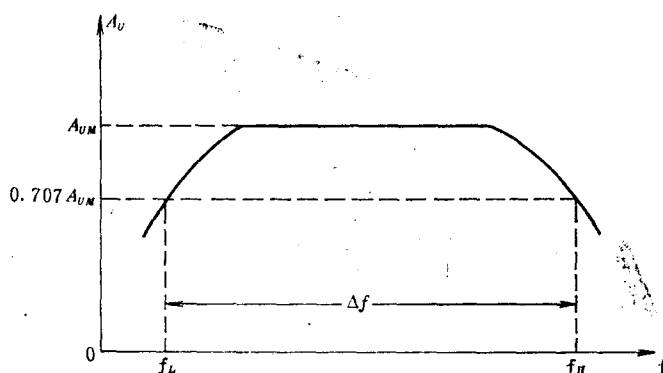


图1-3-3 放大器频率特性响应曲线

图中, 中间的区域比较平坦, 且电压放大倍数为最大, 称为中频电压放大倍数 A_{UM} , 频率高于或低于这个区域时, 电压放大倍数都要下降, 当 A_U 下降为 $0.707 A_{UM}$ 时, 所对应的频率 f_L 和 f_H 称为下限频率和上限频率, 它们之间的频率范围 Δf 称为放大器的通频带, 即

$$\Delta f = f_H - f_L \quad (1-3-4)$$

五、实验内容及步骤

实验板上开关的位置及作用:

Q_1 ——控制电压并联负反馈支路开关, Q_1 向上拨即断开负反馈电阻 R_F , Q_1 向下拨即接通负反馈电阻 R_F , 电路形成电压并联负反馈放大电路。本实验不作电压并联负反馈的内容, 故整个实验过程中, Q_1 应置于断开位置。

Q_2 ——改变集成极电阻 R_C , Q_2 拨向右 R_C 的阻值等于 $3\text{k}\Omega$, Q_2 拨向左 $R_C = 5.1\text{k}\Omega$ 。

Q_3 ——测量静态电流 I_{CQ} 和静态电压 U_{CEQ} 的转换开关, Q_3 拨向左测电流 I_{CQ} , 此时实验板上的微安表满刻度为 2.5mA ; Q_3 拨向右测电压 U_{CEQ} , 此时微安表满刻度为 10V 。为了减少测量的误差, 在测量输出电压 U_o 时, Q_3 应置于 I_{CQ} 位置。

Q_4 ——接通或断开负载电阻 R_L , Q_4 向上拨断开负载电阻 R_L , Q_4 向下拨接通负载电阻 R_L 。

Q_5 ——测量放大器输入电阻时, 需用此开关来转换, Q_5 向上拨(接“1”)时, 信号源电压直接通过耦合电容 C_1 加到晶体管的基极; 当 Q_5 向下拨(接“2”)时, 信号源电压通过 R_S 的分压加给晶体管的基极, 此时通过测出电阻 R_S 头端和尾端对地的电压, 则按计算式(见实验6式1-6-4)即可求出电路的输入电阻。本实验不测量输入电阻, 故 Q_5 在整个实验过程中应向上拨而置于“1”位置。