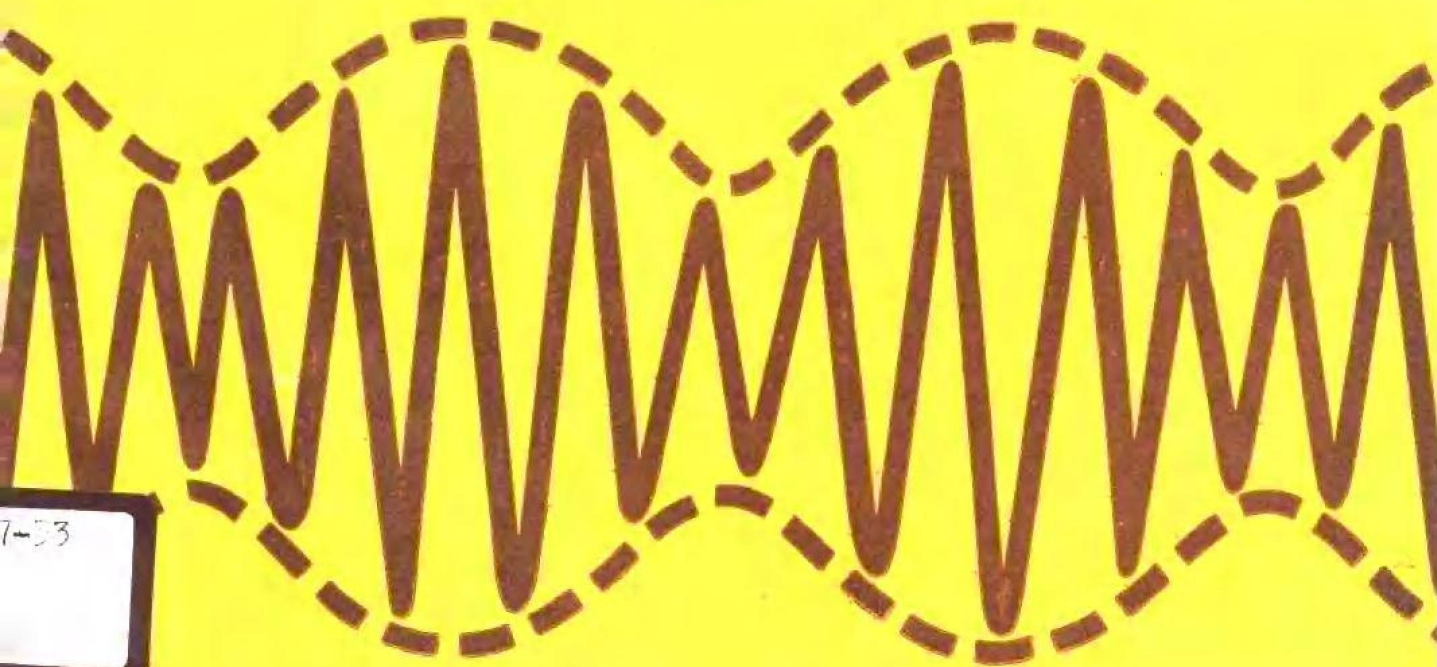




高等学校电子类技术基础课实验系列教材（三）

电子线路实验

汪忠仁 毛世锁 李耀东等 编



科学技术文献出版社重庆分社

内 容 提 要

本书简明扼要地阐述了实验电路工作原理及调整、测试方法。着重基本实验技能和仪器使用能力培养的同时,也重视综合分析问题和解决实际问题能力的训练和培养,以提高理论联系实际和独立实践能力。

本书共有22个实验(附题内容除外)。有分立元件的,也有集成电路的。按内容分为三种基本类型:单元电路实验、综合性实验及设计性实验。

本书为高等院校电子类专业实验教材,可供电类和非电类本、专科,以及电大、职大等有关专业选用,亦可供大专院校师生及工程技术人员参考。

高等学校电子类技术基础课实验系列教材(三)

电子线路实验

汪忠仁 毛世焱 李耀东等 编

责任编辑 王一富

科学技术文献出版社重庆分社 出版
发 行

重庆市市中区胜利路132号

全 国 各 地 新 华 书 店 经 销
中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂 印 刷

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 11 字数: 27万

1990年11月第1版

1990年11月第1次印刷

科技新书目: 225—332

印数: 1—9500

ISBN7-5023-1183-1/TN·14

定价: 4.15元

前 言

电子线路是一门理论性和技术性较强的技术基础课。电子线路实验目的是进一步巩固和加深理论知识,培养基本实验技能,提高运用理论解决实际问题的能力。具体包括:1.基本实验能力的训练和培养,主要是初步掌握器件参数和基本电路主要性能指标的测试(包括调整)方法。这方面实验有晶体管参数测试、单级放大器、场效应管放大器、差动放大器、运算放大器(包括参数测试)、RC及LC振荡器、小信号调谐放大器、晶体管高频功率放大器、变频器等;2.基本实验仪器使用能力的训练和培养,对一些主要的基本仪器如晶体管图示仪、示波器、电压表、信号发生器、数字频率计、扫频仪、调制度测量仪等应能较熟练地使用,这方面除设有几种低频及高频电子仪器使用两个实验内容外,仪器使用能力的培养还贯串在各个实验内容之中;3.综合实验(由几个基本单元电路实现的功能电路及能实现多种功能电路)能力的训练和培养,这方面内容有OTL功率放大器、调幅与检波、调频与鉴频、电视接收机高频头性能测试、接收机的统调及主要性能测试、模拟相乘器应用、锁相电路等;4.连同实验六共有六个设计性实验课题,它们对培养独立实践能力,熟悉电路元件的布置、非标准元件的制作,以及提高分析和解决问题能力是必要的。

加强理论联系实际,既重视理论对实践的指导作用,也重视实践对理论的检验,是电子线路实验中一个重要特点。

本书共有(正题)22个实验内容。编写时参考了1986年5月国家教委工科电工课程指导委员会电子线路课程指导小组厦门会议上提出的《电子线路实验基本要求》讨论稿,结合三院校近几年的实验教材和实验教学改革实践而编写的,在一定程度上反映了作者在实验(实践)教学中的体会、经验和收获。

做完22个实验内容约需80小时。

参加本教材编写的有:重庆邮电学院毛世铨、黎尚茂同志,中国人民解放军重庆通信学院李耀东、徐少华、邢霞、张永强同志,重庆大学汪忠仁、黄冬明、包树真同志,汪忠仁同志任主编。

实验6、7、8由毛世铨编写;实验9由黎尚茂编写;实验21由李耀东编写;实验1、2、4及附录由徐少华编写;实验14、16由邢霞编写;实验22由李耀东、张永强合编;实验3、5、10、11由黄冬明编写;实验12由包树真编写;实验13、15、17、18、19、20由汪忠仁编写。

本书聘请重庆通信学院李棠之副教授任主审,提出了许多宝贵的修改意见或建议。

参加本教材审稿的还有重庆邮电学院洪森副教授,重庆大学吕公瓚副教授,重庆建筑工程学院钱天华高级工程师,渝州大学别其璋讲师,重庆大学高仲英工程师。他们对本教材亦提出了宝贵的意见或建议,或做了许多有益的工作。

本书在编写过程中自始至终得到有关院校(系)负责同志的指导、关心和支持。

编者对上述同志表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，一定会有不妥或错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

1990年4月20日

目 录

实验一 几种常用低频电子仪器的调整使用	(1)
实验二 单级放大器	(10)
实验三 两级阻容耦合放大器及负反馈放大器	(14)
实验四 场效应管放大器	(20)
实验五 差动式放大器	(24)
实验六 OTL功率放大器的设计与调测实验	(26)
附 集成功率放大器的应用电路设计举例	(28)
实验七 运算放大器主要参数的测试	(30)
实验八 运算放大器的几种基本线性应用电路	(36)
附 反相放大器调测步骤举例	(41)
实验九 运算放大器的基本非线性应用——电压比较器	(42)
实验十 RC正弦波振荡器	(45)
附 文氏电桥振荡器的设计与调测实验	(49)
实验十一 直流稳压电源	(50)
附 集成稳压器介绍	(52)
实验十二 三种高频电子仪器的使用	(55)
附 仪器使用操作说明	(56)
实验十三 小信号谐振放大器	(63)
附一 集成化小信号谐振放大器测试	(69)
附二 小信号谐振放大器设计、安装与调测实验	(70)
附三 陶瓷滤波器	(71)
附四 小信号谐振放大器的稳定性及电路底板元件布置特点	(73)
实验十四 高频谐振功率放大器	(77)
实验十五 LC正弦波振荡器	(83)
实验十六 晶体三极管混频器	(87)
实验十七 KP12高频头性能测试	(91)
附 KP12-2高频头实测曲线	(94)

实验十八 调幅与检波	(95)
附 振幅检波器的设计、安装与调测实验	(102)
实验十九 调频与鉴频	(103)
附一 集成化电路鉴频器特性测试	(111)
附二 比例鉴频器设计、安装与调测实验	(112)
实验二十 超外差接收机的统调及主要性能指标测试	(114)
实验二十一 模拟相乘器及其应用	(124)
附 线性化双平衡可变互导型模拟相乘器工作原理	(133)
实验二十二 锁相环路	(138)
附 CMOS单片锁相环的特点	(141)
附录一 电阻器、电容器型号及命名方法	(144)
附录二 半导体器件型号命名方法	(148)
附录三 常用半导体二极管、三极管及几种集成电路主要性能参数	(151)
附录四 几种集成电路原理图及逻辑图	(166)

实验一 几种常用低频电子仪器的调整使用

一、实验目的及要求

(一) 实验目的

1. 了解几种低频电子仪器的操作原理和性能。
2. 学会几种低频电子仪器的调整使用方法。
3. 初步掌握用双踪示波器测量正弦波信号的方法和双踪示波器的调整使用方法。
4. 学习用晶体管图示仪测量晶体三极管的基本参数。

(二) 预习要求

1. 预习晶体管图示仪、双踪示波器的基本工作原理，操作步骤和调整使用方法。
2. 复习低频信号发生器与毫伏表的调整使用方法。
3. 用双踪示波器测量正弦波时，如波形左右移动应如何处置？如荧光屏上出现多条横线这是什么原因引起的？
4. 用毫伏表测量交流电压时，当置于灵敏度较高档位时，只要在输入接线柱上接入一条测试线，并没有加入被测电压，毫伏表的表针就摆动，这是为什么？
5. 带有直流成分的交流电压信号应该如何测试？

(三) 实验报告要求

1. 列出实验中使用的仪器名称和型号。
2. 写出双踪示波器、低频信号发生器、毫伏表连用时的规范化操作步骤。
3. 用双踪示波器测量频率为100kHz、电压为30V的正弦波信号时，要在示波器上显示幅度适当、有两个完整周期的正弦波信号，示波器面板上的各控制旋钮应如何预置？
4. 用晶体管图示仪测量3A×31B的 BV_{CEO} 时，仪器面板上的各控制旋钮应如何预置？

二、实验仪器及底板(元件)

双踪示波器	(BS-601或SR-8)	1台
晶体管图示仪	(JT-1)	1台
低频信号发生器	(XFD-7或XD-22)	1台
毫伏表	(GB-9B)	1台
万用表	(MF-9或108)	1块
3DG6B		1只
3A×31B		1只

三、实验内容及步骤

(一) 双踪示波器的调整使用

双踪示波器是一种多用途的示波器，它可以用来观察正弦波信号和各种脉冲信号，也可以测量各种交流信号的周期、幅度及交流电压中的直流成分等。由于功能多，结构比较复杂，面板上的各控制旋钮比较轻巧，机械强度低，在转换或调面板上各控制旋钮时不要用力过猛，更不要任意乱扳动，一定要按下面的方法正确调整和使用示波器，掌握双踪示波器的规范化操作步骤和正确的测量方法。

1. 调整显示部分

(1) 开机前示波器面板上有关控制旋钮作如下预置：

辉度	适当
Y轴位移	居中
X轴位移	居中
显示方式	“Y _A ”
触发方式	“自动或高频”
触发源选择	“内”
DC- $\perp$ -AC	“ $\perp$ ”

(2) 开启电源，指示灯亮，待半分钟后，在示波器荧光屏上应出现一条X轴扫描线（或光点）；调节辉度使扫描线亮度适中；调节聚焦和辅助聚焦使扫描线清晰可见；调节标尺亮度使荧光屏座标片上的亮度适当。如开始未发现扫描线（或光点），可按下寻迹开关寻找光点所在位置，根据情况适当调节X轴位移和Y轴位移，使扫描线处于荧光屏中心位置。

2. 观察试验信号

通过此测试以达到熟悉X轴和Y轴系统某些控制旋钮的作用和使用方法。

(1) 有关控制旋钮的预置

X轴部分：

“扩展拉 $\times 10$ ”	处于常态“按”
触发源选择“内外”	置“内”
触发耦合方式	“AC, AC(H), DC, TV”置于“AC”
触发方式	“常态, 自动, 高频”置于“自动”
触发极性	“+，-”置于“+”

Y轴部分：（具有两个输入端即Y_A和Y_B）

显示方式选择	“交替, Y _A , Y _B , Y _A +Y _B , 断续”置“交替”
Y轴输入选择	“AC- $\perp$ DC”置“AC”
Y轴灵敏度选择	“V/div”置“20V/div”
极性拉-Y _A	处于常态不拉出
内触发拉Y _B	处于常态不拉出

(2) 观察试验信号

试验信号是仪器本身产生的频率为1kHz、幅度为1V左右的矩形波信号。

用一根两头均为BNC插头的同轴线，将试验信号输出插座与Y轴输入插座Y_A(Y_B)相连。此时应将X轴扫描速度开关“t/div”置于“1ms/div”档（或0.5ms/div），Y轴灵敏度开关“V/div”

置于 0.5V/div 档(或 0.2V/div)。如此时示波器荧光屏上无波形显示,可调Y轴位移(左为 Y_A ,右为 Y_B)和X轴位移找出波形。调 Y_A 使波形显示在荧光屏的上半部适当位置,调 Y_B 使 Y_B 的时间基线(因此时 Y_B 无信号输入,故只有一条水平扫描线)显示在荧光屏下半部适当位置。如示波器荧光屏上显示的波形不是所需要的周期个数和显示高度,可以调节X轴扫描速度开关上的微调旋钮,以得到所需的矩形波周期个数;调节Y轴灵敏度开关上的微调旋钮以便得到所需的显示高度。

将触发方式开关由“自动”扳至常态,若无波形显示,可调节触发“电平”旋钮,使示波器重现波形。

去掉试验信号,从 Y_A 或 Y_B 输入插座接入待测信号,粗略地估计待测信号的频率、幅度,根据测试要求,使面板上的控制旋钮预选置于适当的位置,便可进行单踪或双踪显示和进行其他测试。

上述的Y轴灵敏度选择开关“ V/div ”和X轴扫描速度开关“ t/div ”中的“div”是代表示波器荧光屏座标片上每格刻度的长度,一般 $1\text{div}=0.8\text{cm}$,” V/div ”表示每格刻度代表的电压值;“ t/div ”表示每格刻度代表的时间值。

3. 测量频率为 200kHz ,电压为 10V 的正弦电压峰-峰值。

用示波器测量电压时,应把Y轴灵敏度选择开关“ V/div ”上的“微调”旋钮顺时针旋到底即“校准”位置,否则读数不正确。如被测信号的频率很低时(或测直流电压,交流信号中的直流成分时),Y轴输入选择开关“ $\text{AC}-\perp\text{DC}$ ”应置于“ DC ”位置。

现在只需单踪显示,应把显示方式开关置于“ Y_A ”,根据被测信号的频率和电压大小,需将X轴扫描速度开关“ t/div ”置于“ $2\mu\text{s/div}$ ”; Y_A 轴灵敏度开关“ V/div ”置于“ 5V/div ”,此开关上的“微调”旋钮应旋至校准位置。

将被测信号加至 Y_A 输入插座上,调 Y_A 位移和X轴位移使波形移至便于观测的位置。如被测正弦波两峰之间的高度在荧光屏座标片上占的格数为3格,而此时座标片上每格(div)代表的电压值是 5V ,所以正弦波的幅值为

$$U_m = 5\text{V/div} \times 3 = 15\text{V} \text{ (峰-峰值)}$$

4. 测量电压为 1.5V 的正弦波信号的频率

用示波器不能直接测出正弦波信号的频率,但可以用示波器直接测量出正弦波信号的周期,利用周期和频率的关系式可以求出正弦波信号的频率。

测量正弦波信号周期时,其面板上的控制件的预置与“3项”测试大致相同,只需将 Y_A 灵敏度选择开关“ V/div ”置于“ 1V/div ”档,X轴扫描速度开关“ t/div ”上的“微调”旋钮旋到“校准”位置,然后把被测正弦波信号加至 Y_A 输入插座上,转动X轴扫描速度开关“ t/div ”,使荧光屏上显示一至二个完整周期(因为一个正弦波周期在X轴方向 10div 的范围内,占的格数多些,读数误差就小些),如这时X轴扫描速度开关“ t/div ”位于“ $50\mu\text{s/div}$ ”档,一个正弦波周期在X轴上占4格,则正弦波信号的周期为

$$T = 50\mu\text{s/div} \times 4 = 200\mu\text{s}$$

利用关系式 $f = 1/T$,则

$$f = 5\text{kHz}.$$

为了减小读数误差,也可以在荧光屏上多显示几个周期波形,先读出几个周期在X轴上占的总格数,然后再求出每个周占的格数,便可计算出信号周期。

(二) 双踪示波器,低频信号发生器,毫伏表连用。

用低频信号发生器输出频率为50kHz的正弦波，用毫伏表测量出电压值（100mV），调整示波器使其在荧光屏（X轴上）显示出3个完整周期，在Y轴方向占有3格高度的稳定正弦波。

1. 在三种仪器连用前，应根据测试要求，将三种仪器的面板控制旋钮作相应的预置和调整。

（1）低频信号发生器

因为要求输出正弦波信号的频率为50kHz，电压为100mV，其面板控制旋钮应作如下调整。

波形种类开关 置于“正弦”

频率倍乘开关 置于“X1000”

调节频率旋钮使频率度盘上的指针（或频率表上的指针）指在50的位置。则输出正弦波的频率 $f=1000 \times 50=50\text{kHz}$ 。

输出电压调整有跳步调节和连续调节，调节这两个旋钮使输电压指示电表的读数大约指示在100mV位置。

（2）毫伏表

加电前应检查电源电压变换插头（有的在保险丝座上）是否与电源电压一致，观察电表指针是否指到零位，如不指到零位，可调节表上的螺丝进行机械校零，使表针准确地指到零位。将毫伏表上的两个接线柱短线，接通电源，几分钟后，如电表指针回不到零位，调节面板上的“零位校准”使电表指针指到零位。

电压量程开关测量前一般放在最大量程挡位上，当被测信号加到输入接线柱上后，再扳动量开关到合适的档位上。

（3）示波器

因为示波器在前面已经使用过了，根据待测信号的频率和电压值，只需将X轴扫描速度开关“t/div”置于“5 $\mu\text{s}/\text{div}$ ”，Y轴灵敏度选择开关“V/div”置于0.02V/div档。

2. 双踪示波器，低频信号发生器，毫伏表连用。

先用测试线将三种仪表的接地端牢固的连在一起，将毫伏表的电压量程开关置于最高量压档位，把低频信号发生器输出的频率调为50kHz，电压调为约100mV左右的正弦电压加到毫伏表的信号输入端，然后把毫伏表的电压量程开关扳到100mV（或300mV）档位，调节低频信号发生器输出调节旋钮，使毫伏表指针指到100mV位置；再用测试线把低频信号发生器输出的信号加到Y_A的输入插座上，调Y_A位移和X轴位移使正弦波处在荧光屏的适当位置，调X轴扫描速度开关“t/div”上的“微调”旋钮使荧光屏出现3个完整周期的正弦波；调Y_A灵敏度选择开关“V/div”上的“微调”旋钮，使正弦波在Y轴方向上占有3格高度。

（三）晶体管图示仪的调整使用及晶体三极管的主要参数测试

1. 晶体管图示仪的检查与调整（以JT-1型为例）

晶体管图示仪是一种测试晶体管特性曲线和参数的专用仪器，为了减小测试误差，在测试前必须对仪器进行检查与校正。

（1）检查放大器的对称性

检查方法：X轴作用开关和Y轴作用开关均置于“基极电压”0.01V/度，将基极阶梯信号部分的“阶梯选择”开关也相应的置于0.01V/级，极性为“-”，阶梯作用置于“重复”档，“级/秒”置于“200”，“级/族” >10 。这时X轴放大器和Y轴放大器加有相同的阶梯波电压，如果X轴和Y轴放大器具有相同的增益时，则在荧光屏上应显示一系列沿对角线排列的亮点，如图1

-1所示。

(2) 放大器调零

Y轴放大器调零：在上述检查放大器对称性的基础上，将Y轴“放大器校正”开关扳向“零点”位置（即Y轴放大器的输入端短路）。这时荧光屏上应显示出沿水平方向排成一行亮点，如图1-2所示。

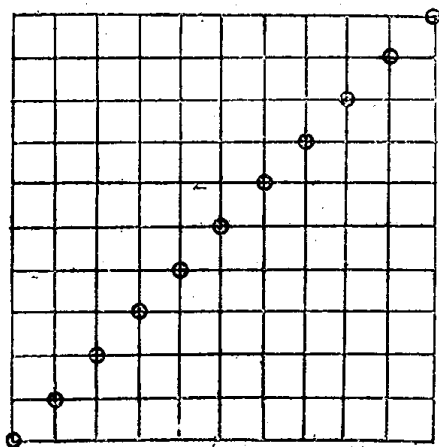


图1-1 检查放大器对称性时显示的图形

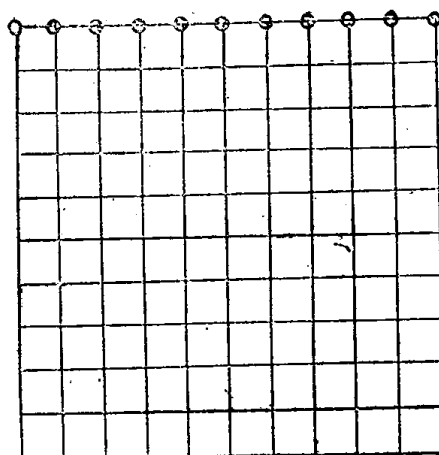


图1-2 检查Y放大器“零点”时显示的图形

调Y轴作用至“基极电压”其他档位，观察这行亮点是否在原来的位置，如果上下移动则要调节“直流平衡”电位器，直到Y轴作用开关扳到“基极电压”的(0.1~0.5)V/级各档位上亮点都不产生上下移动为止。

X轴放大器的调零方法与Y轴放大器的调零相似，所不同的是当X轴“放大器校正”开关扳向“零点”时，亮点沿垂直方向排成一行。

(3) 检查与校正放大器增益

在检查Y轴放大器零点的基础上，调节X轴和Y轴位移旋钮使水平排列的亮点对准荧光屏上坐标格子的上边线，再把Y轴“放大器校正”开关扳向“-10度”，这时亮点立即向下偏移10度沿坐标格子下边线排列。这时如果亮点正好对准坐标格子下边线，则放大器的放大倍数是校正好了的，否则要对放大器的放大倍数进行校正，直到Y轴作用开关扳到“基极电压”各档位时都满足要求为止。

X轴放大器增益的校正与Y轴放大器类似，只是当X轴作用的“放大器校正”开关从“零点”扳向“-10度”时，垂直排列的亮点从对准坐标格子的右边线立即移到对准坐标格子左边线。

(4) 检查与校正阶梯波

在正常情况下，阶梯波的各级扫描应与荧光屏上坐标格子的刻度线重合，在定量测试时，为了测试准确，应对阶梯波进行检查和校正。检查时，有关旋钮置于如下位置：

集电极扫描信号：“峰值电压范围”开关置0—20V，并将“峰值电压”调节到10V，“极性”置于“—”。

基极阶梯信号：“级/秒”置“200”，“极性”置“—”，“级/族”置“9”，“阶梯作用”置“重复”，“阶梯选择”置于0.01V/级。

Y轴作用：置基极电压0.01V/度。

X轴作用：置于集电极电压1V/度。

正常情况下，在荧光屏上应显示如图1-3所示的图形。

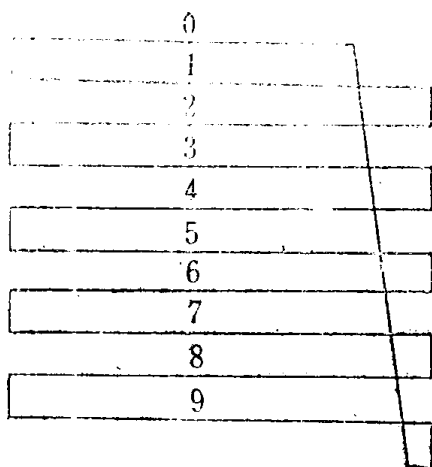


图1-3 检查阶梯波时显示的图形

调节Y轴位移，使图形的零线（上边线）与座标格子的上边线重合，阶梯波的各级扫描线应与座标格子的各条刻度线重合，图形两边的转角线应成直角。如不符合上述要求，则要调节“伏/级校正”电位器使阶梯波的各级扫描线与座标刻度线重合；调节“相位校正”电位器使图形两边的转角线成直角。调节“级/族”旋钮，阶梯波的级数应从4—12级之间连续变化。

(5) 阶梯波调零

在上面检查阶梯波的基础上，将“零电流”、“零电压”按键扳向“零电压”一边，这时图1-3所示图形的零线停留的位置就是阶梯波信号的真正零位，记住零线的位置，然后让按键回到中间位置，调节“阶梯调零”旋钮，使阶梯波的零线与上面记住的位置重合，阶梯调零完毕。

2. 晶体三极管测试举例

(1) 测试注意事项

①测试前应对被测晶体管的参数有充分的了解，为了不损坏晶体管，应将“阶梯选择”，“峰值电压范围”，“功耗限制电阻”置于相应的档位上。一般为了安全起见，功耗限制电阻取得大些；阶梯波电流取得小些；“峰值电压范围”放到电压最低档位，在测试时根据显示图形情况，再作相应的调节，但不得超过管子的极限参数。

②每次测试前要先将“测试选择”开关置于“关”，“峰值电压”旋钮旋至零，“阶梯作用”置于“关”，根据晶体管的类型(PNP或NPN)将集电极扫描“极性”和阶梯“极性”置于相应位置，然后插上被测晶体管进行测试。

③在测试过程中，调节“峰值电压”旋钮，应由零慢慢增大，每次测试完后要将“峰值电压”旋至零位，“测试选择”开关扳到“关”的位置。在测量高反压，大功率管时，如果没有散热装置时，时间不宜太长，以免损坏仪器和管子。

(2) 晶体管参数测试举例

下面以PNP型和NPN型晶体三极管为例，说明晶体三极管各项参数的测试方法和仪器的操作过程，通过下面的测试举例以达到熟悉晶体管图示仪面板上各开关旋钮的作用，掌握其正确的调整使用方法。

①NPN型晶体三极管3DG6B共发射极输出特性曲线的测量

测量前各开关旋钮位置如下：

Y轴作用：

集电极电流 $1\text{mA}/\text{度}$

倍率 $\times 1$

X轴作用：

集电极电压 $1\text{V}/\text{度}$

集电极扫描信号：

峰值电压范围 $0\sim 20\text{V}$

极性 $+$

功耗限制电阻 $1\text{k}\Omega$

峰值电压	调至10V
基极阶梯信号:	
阶梯选择	0.01mA/级
阶梯作用	重复
极性	+
级/秒	200

由于测试的是NPN型晶体管,应调Y轴位移使X轴扫描线与荧光上座标格子下边线重合。调X轴位移使扫描线的起始点与座标格子左下角的座标零点重合。插上晶体管,将测试选择开关扳向被测管一边,调节级/族旋钮即可得到如图1-4所示的图形。

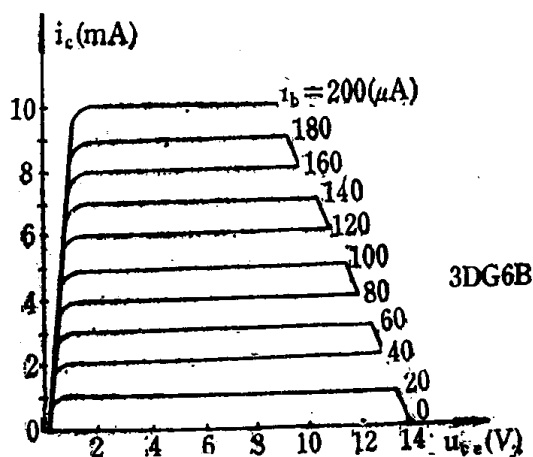


图1-4 共发射极输出特性曲线

②PNP型晶体三极管3A×31B的 BV_{CEO} 测量

测试前各开关旋钮位置如下:

Y轴作用:

集电极电流 0.5mA/度

X轴作用:

集电极电压 5V/度

阶梯作用 关

集电极扫描信号:

峰值电压范围 0~200

极性 -

峰值电压 调至零

插上被测管并将基极开路,将“零电流”、“零电压”按键扳向“零电流”一边,由于这时测试的是PNP型管,所以应调Y轴位移和X轴位移使光点与荧光屏座标格子右上角的座标零点对齐,调节“峰值电压”旋钮使电压逐渐增大,当峰值电压增大到某一数值时,便出现曲线急剧拐弯形态,如图1-5所示。

根据晶体管手册上规定的测试条件,便可在图1-5上求出 BV_{CEO} 的值。

③测量3A×31B的穿透电流 I_{CEO}

在上述测量 BV_{CEO} 的基础上,只需将集电极电流置于0.01mA/度,集电极电压置于1V/度。插上被测管将基极开路,把“零电流”、“零电压”按键扳向“零电流”一边,然后将峰值电

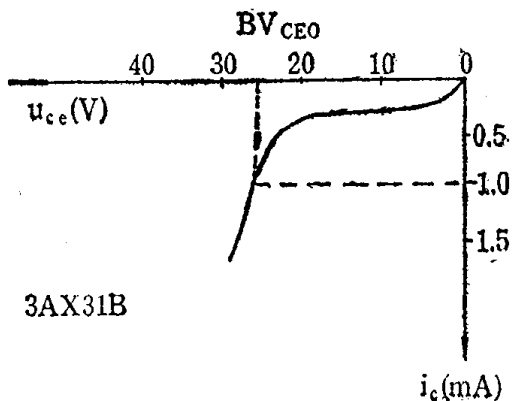


图1-5 击穿电压 BV_{CEO} 的测量

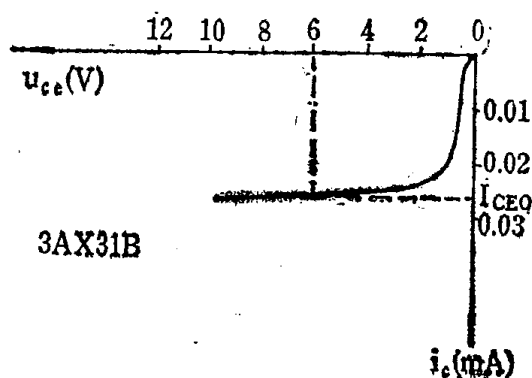


图1-6 穿透电压 I_{CEO} 的测量

压由零逐渐增大，便可在荧光屏上显示出如图1-6所示的曲线。

根据3A×31B的测试条件，便可在图1-6上求出 I_{COB} 的值。

3. 用万用表检查晶体三极管

(1) 管型和基极的判别

在实际工作中，常常要粗略地检查一下晶体的性能并判断它的电极，比较简便的方法是利用万用表的欧姆档来检查晶体管，要注意万用表作欧姆表使用时，其红表笔(万用表正端)带负电，黑表笔(万用表负端)带正电。

我们知道晶体三极管是由两个PN结组成的，PN结的正向电阻很小，而反向电阻大，根据这一特点就可以判断出基极。具体方法是：把万用表置于欧姆档 $R \times 1K$ (或 $R \times 100$)，因为晶体三极管有PNP型和NPN型之分，要分两种情况来判断。首先按图1-7(a)的方法来判断，即把万用表的红表笔固定在三极管的一个电极上，用黑表笔去接触另外两个电极，便可测得一组电阻值(两个电阻值)，再把红表笔依次固定在另外两个电极上，重复上述过程的测量，又可测得另外两组电阻值，在这三组电阻值中，如仅有一组两个电阻值都很小，则对应于此组测量值时红表笔所接的那个电极就是基极，并且这个管子就是PNP型晶体管(对于一般小功率管来说，若测得的两个小电阻值在 $1 \sim 2k\Omega$ 左右，则该管就是PNP型锗材料管；若测得的两个小电阻值在 $10k\Omega$ 左右，则该管就PNP型硅材料管)。如果上述测量中三组电阻值中没有两组两个电阻值都很小的情况则要按图1-7(b)的方法来判断。

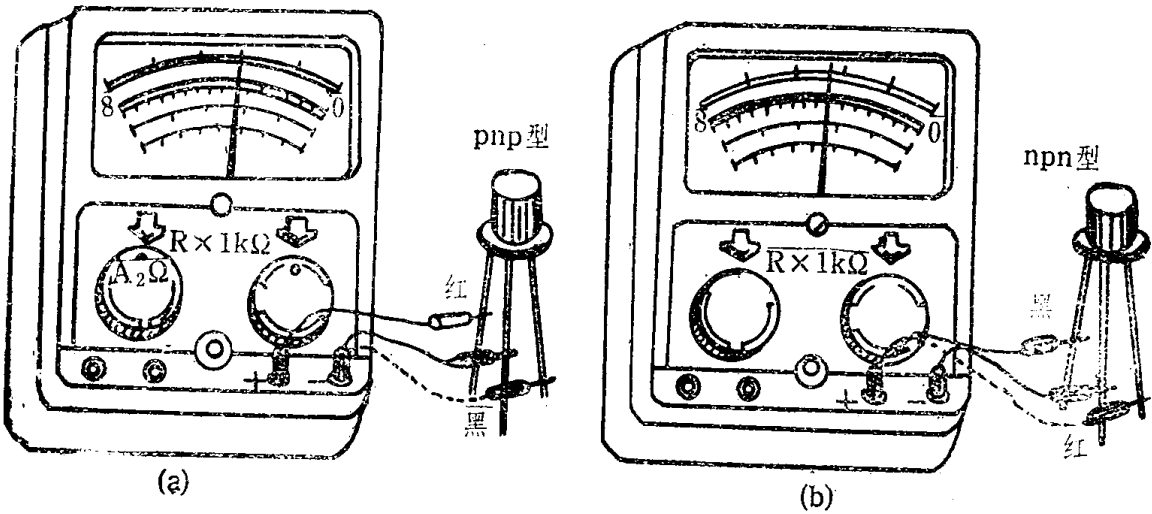


图1-7 晶体管基极和管型的判断

将黑表笔固定在晶体管的一个电极上，用红表笔分别接触另外两个电极，便可测得一组电阻值，调换黑表笔重复上述测量，又可以测得另外两组电阻值，在这三组电阻值中必有一组两个电阻值都很小，则对应于该组测量值时黑表笔所接的那个电极就是基极。若该组的两个电阻值为 $1 \sim 2k\Omega$ 左右，该管就是锗材料的NPN型管；若测得的两个电阻值在 $10k\Omega$ 左右，该管就是硅材料的NPN型管。

(2) 集电极和发射极的判别

当三极管的基极判断出来后，对于锗材料的PNP型管和NPN型管由于穿透电流大，可以

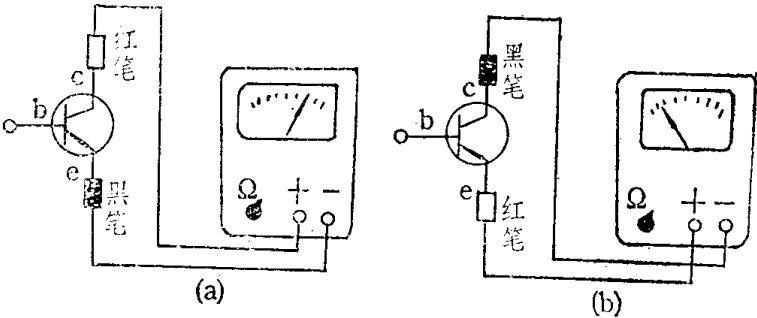


图1-8 测量晶体管穿透电流

用万用表检查三极管漏电流的方法来判断集电极和发射极。下面以PNP型管为例来说明集电极和发射极的判别方法。如图1-8所示。

当集电极接万用表内电源负端，发射极接万用表内电源正端时（如图1-8(a)所示），测量出的是 I_{CEO} ，反之（如图1-8(b)所示）测量出来的是 I_{ECO} 。一般 I_{CEO} 较大（电阻值较小）， I_{ECO} 较小（电阻值较大），利用这一特点就可以判断出锗材料PNP管的集电极和发射极。其方法是三极管基极悬空，用万用表测量出另外两个电极之间的两组电阻值，如测得的电阻值较小在几千欧姆左右，则红表笔接的那个电极就是集电极；交换两表笔测得的电阻值应为几十到几百千欧姆之间。

硅材料的PNP型管和NPN型管可按图1-9的方法来判断集电极和发射极。

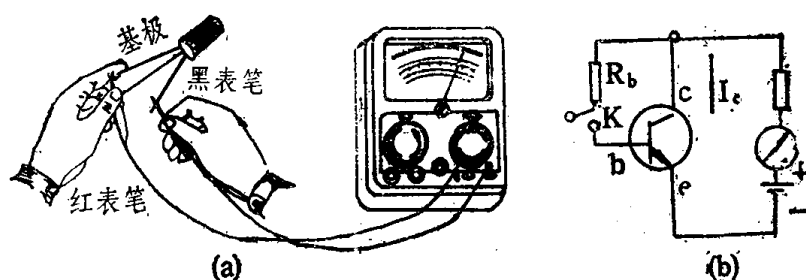


图1-9 用万用表估测晶体管的 β 值

(a)估测 β 值的方法

(b)估测 β 值的原理

我们知道，要使NPN型晶体三极管正常工作，集电极必须接电源正端，发射极接电源负端，此时晶体三极管有较大的 β 值，当电源极性接反时，晶体三极管的 β 值是很小的。因此，可以用估计 β 值的方法判断出集电极和发射极。按图1-9的方法，即先将晶体三极管的基极悬空，然后将万用表的红表笔和黑表笔分别接到晶体三极管的另外两个电极上，用手捏住基极和黑表笔相接的那个电极（注意两电极不能相碰），看万用表表针摆动情况；交换红表笔和黑表笔的位置，再用手捏住基极和黑表笔相接的那个电极，看表针摆动的情况，比较两次表针摆动的范围，摆动范围最大的那次与黑表笔相接的那个电极就是集电极。这是因为此时三极管集电极和发射极之间加有正常工作电压，用手捏住基极和集电极相当于在集电极和基极之间接入了一个电阻，电源通过此电阻给基极提供了一个电流，被晶体三极管放大后流过电表，所以表针摆动范围就大，摆动的范围越大，说明晶体三极管的 β 值越大。

应该指出，在用万用表检查晶体三极管时，应将万用表的开关拨到 $R \times 1K$ （或 $R \times 100$ ）的欧姆档上，若放在 $R \times 10K$ 档位上，则万用表内接有较高电压的电池，有可能将PN结击穿。若用 $R \times 1$ 档位，则因万用表的等效电阻较小，会有过大的电流流过PN结，有可能烧坏晶体管。

实验二 单级放大器

一、实验目的及要求

(一) 实验目的

1. 掌握单级放大器静态工作点的测试方法。
2. 学会电压放大倍数的测试方法，加深对单级放大器放大特性的理解。
3. 观察静态工作点的变化对输出波形的影响。
4. 学会单级放大器最大动态范围的调整测试方法。
5. 进一步熟悉几种常用低频电子仪表的调整使用方法。

(二) 预习要求

1. 复习几种常用低频电子仪表的规范化操作步骤和使用方法。
2. 熟悉小信号低频放大器静态工作点的选择原则和放大器电压放大倍数的测量方法。
3. 若已知 $R_L=3K\Omega$, $E_C=12V$ 、 $I_{CQ}=3mA$, 晶体三极管的 $\beta=50$, 试用经验公式预算图2-3所示电路各元件数值, 并求出放大器的 K_u 。
4. 影响放大器工作的因素有哪些? 放大器电压放大倍数又受到哪些因素影响?

(三) 实验报告要求

1. 列出所用仪器的名称和型号, 将实验数据和计算值进行比较, 如有差别分析其原因。
2. 通过实验数据说明工作点和负载对放大器性能的影响。
3. 画出工作点选择不当时引起放大器输出电压失真的波形, 并分析饱和失真和截止失真有什么不同。

二、实验仪器及底板(元件)

(一) 双踪示波器	(BS-601或SR-8)	1台
(二) 低频信号发生器	(XFD-7或XD-22)	1台
(三) 毫伏表	(GB-9B)	1台
(四) 晶体管双路稳压电源	(WYJ-30)	1台
(五) 万用表	(MF-9或108)	1个
(六) 实验板		1块

三、实验原理

(一) 静态工作点的选择

为了保证放大器能够正常工作, 并且不失真地将交流信号进行放大, 必须选择合适的静态工作点Q。

要获得最大不失真输出电压，静态工作点应该选择在晶体管输出特性曲线上交流负载线的中点，如图 2-1 所示，以保证在交流信号的整个周期内晶体三极管都处于导通放大状态。

若工作点选择得过高（如图 2-2 中的 Q_2 点），就会引起饱和失真；如静态工作点选择过低（如图 2-2 中的 Q_1 点），就会产生截止失真。

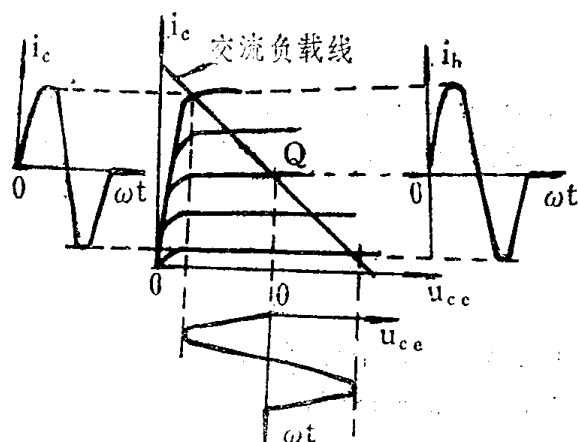


图2-1 具有最大动态范围的静态工作点

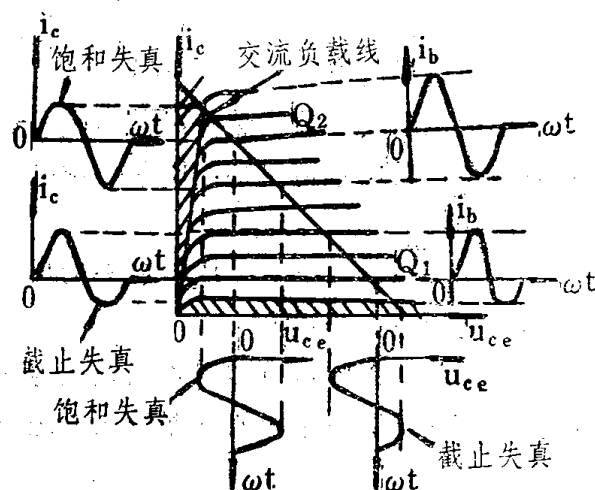


图2-2 静态工作点不合适引起放大器失真

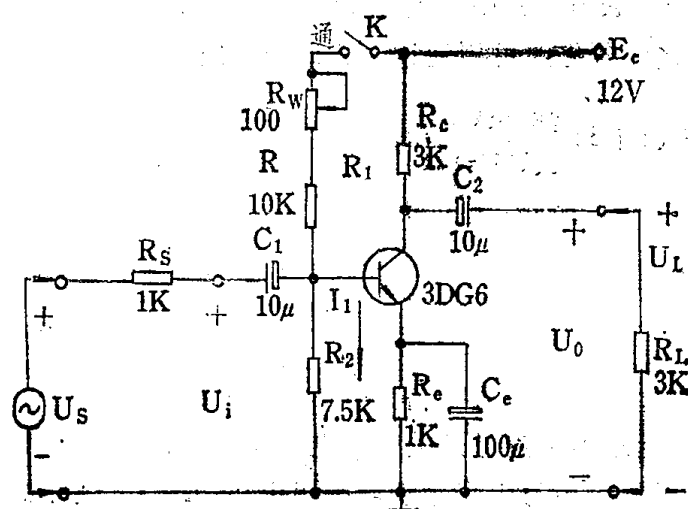


图2-3 共射极单级放大器

(二) 单级放大器的工程估算

图 2-3 是一个分压式偏置电路，它具有自动调节静态工作点的能力，当外界环境温度发生变化或更换晶体管时， Q 点能够基本保持不变。

对于图 2-3 所示的共射单级放大器，若已知负载电阻 R_L ，电源电压 E_c ，集电极电流 I_{cQ} ，晶体的电流放大系数 β ，则电路参数可以按下面的经验公式估算。

1. 基极电流 I_{bQ}

$$I_{bQ} \approx \frac{I_{cQ}}{\beta}$$

2. 分压器电流 I_1

$$I_1 \approx \frac{E_c}{R_1 + R_2} = (5-10)I_{bQ}$$

3. 发射极电压 U_{eQ}

一般取 $U_{eQ} = 0.2E_c$ 或取 $U_{eQ} = 1-3V$

4. 发射极电阻 R_e

$$R_e \approx \frac{U_{eQ}}{I_{eQ}}$$

5. 基极电压 U_{bQ}

$$U_{bQ} = U_{eQ} + U_{beQ}$$