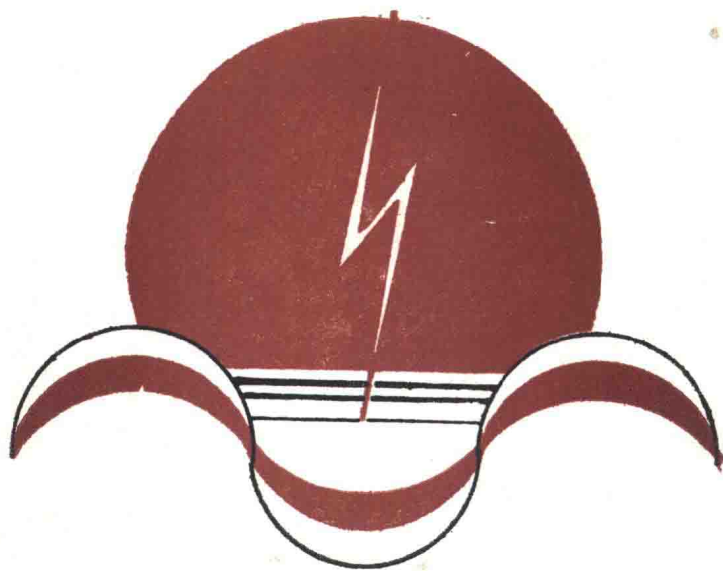


模拟电子技术 实验指导书

郭淑珍 杨柏光 编



中央广播电视大学出版社

模拟电子技术实验指导书

郭淑珍 杨柏光 编

中央广播电视大学出版社

模拟电子技术实验指导书

郭淑珍 杨柏光 编

中央广播电视大学出版社出版

新华书店 北京发行所 发行

一 二 〇 二 工 厂 印 装

开本 787×1092 1/16 印张 5 千字 122

1988年1月第1版 1989年2月第2次印刷

印数 35,001~65,500

定价 1.15 元

ISBN 7-304-00166-6/TN·3

前 言

本书是根据中央广播电视大学八六级模拟电子技术基础课程教学大纲的要求,为电气类各专业编写的实验教材。

全书共编写了十个实验,其中包括以下四种类型:

1. 常用电子仪器的使用方法,如示波器、信号发生器、晶体管万用表、晶体管特性图示仪、直流电源、失真度测试仪等。
2. 基本的测试方法和必要的理论验证,如放大电路的静态工作点、电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、上限频率和下限频率的测试方法。
3. 电子元、器件的使用知识,主要是二、三极管和集成运算放大器的参数测试,以及常用电阻器、电容器的基本知识。
4. 综合性和设计性实验,如集成运算放大器的应用和直流稳压电源的设计与安装调试等。

在本书的附录中,给出了几种常用电子仪器的指标、面板图和操作方法,以及二、三极管和集成运算放大器的主要指标、参数等。可供学生实验时参考。

我们希望,将本书中的实验一(电子仪器的使用练习、用万用表测试二、三极管);实验二(单管放大器);实验三(负反馈放大器)及实验七(集成运算放大器的应用)列为必做的基本实验,每个基本实验安排在三小时之内完成。另外,各地方电大可根据具体条件至少再选做书中的其它一个实验,最好选择一个学生自己组装线路选择实验仪器的较大型实验,或设计性实验。

本书是在前几届电视大学实验教学的基础上,参考了国内某些高等院校的实验指导书,由郭淑珍、杨柏光编写的。郭淑珍编写实验一、二、三、四、五,杨柏光编写实验六、七、八、九、十,并逐个做了实验。该课主讲教师杨素行副教授在编写过程中给予多方指导,提出宝贵意见,在此致以诚挚的谢意。由于我们的水平有限,书中一定存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

一九八七年十月

目 录

实验一	常用电子仪器使用练习及用万用表测试二、三极管	(1)
实验二	晶体管单管放大器	(6)
实验三	多级放大电路及放大电路中的负反馈	(11)
实验四	差动放大器	(13)
实验五	OTL功率放大器	(16)
实验六	集成运放参数测试	(20)
实验七	集成运放的应用(大实验)	(24)
实验八	直流电源	(31)
实验九	晶体管串联型稳压电源的设计与安装调试(综合实验)	(34)
实验十	设计性实验(选做实验)	(40)
附录一	几种常用仪器的使用方法	(45)
附录二	常用半导体二极管、三极管电参数	(55)
附录三	美国四大线性集成电路生产厂家的全称及产品型号	(68)
附录四	3CT3~7可控硅元件电参数	(69)
附录五	单结晶体管型号和参数	(70)
附录六	结型场效应管型号和参数	(71)
附录七	实验须知	(72)
附录八	TVU-854型实验箱简介	(73)

实验一 常用电子仪器使用练习及用万用表测试二、三极管

一、实验目的

1. 熟悉示波器、低频信号发生器、晶体管万用表及直流稳压电源面板上各旋钮和接线柱的作用。

2. 学习上述仪器的使用方法。

3. 用万用表判别晶体二、三极管的管脚，以及判断它们的好坏。

4. 学习识别各种常用的电子元件。

二、实验仪器及设备

1. SB-10型示波器

2. SD-2型低频信号发生器

3. MF-20型晶体管万用表（也可用普通万用表或晶体管电压表）

4. 直流稳压电源

三、实验电路及原理

1. 电子示波器的工作原理

电子示波器主要用以观察各种周期性的电压或电流波形，它是使用得十分广泛的一种电子仪器。

通用示波器的结构包括垂直放大，水平放大，扫描、触发、示波管及电源等六个主要部分，方框图如图1-1所示。

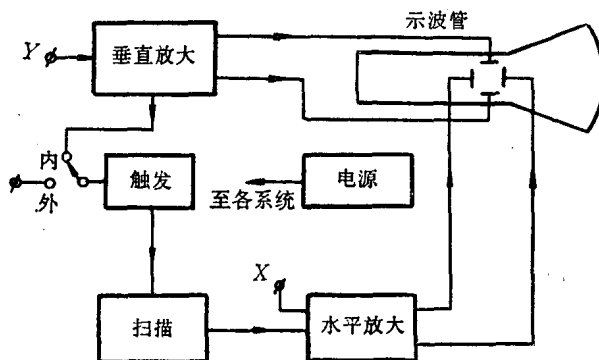


图 1-1

示波管是电子示波器的重要元件之一，它的作用是把所观察的电压变成发光图形。

示波管的构造如图1-2所示，它主要由电子枪、偏转系统和荧光屏三部分组成。电子枪包括灯丝、阳极、栅极和阴极。偏转系统包括Y轴偏转板和X轴偏转板两个部分，它们能将电子枪发射出来的电子束，按照加于偏转板上的电压信号作出相应的偏转。荧光屏是位于示波管顶端涂有荧光物质的透明玻璃屏，当电子枪发射出来的电子束轰击到屏上时，荧光屏被击中的点上会发光。当电子束按外加变化电压偏转时就能在荧光屏上绘出一定的波形。

电子示波管的灵敏度比较低，假如偏转板上的控制电压不够大，就不能明显地观察到光点的移位。为了保证有足够的偏移电压，必须设置放大器将被观察的电信号加以放大，此放大器称为垂直(Y)放大器。水平(X)放大器是将机内扫描发生器产生的扫描信号或由X外接

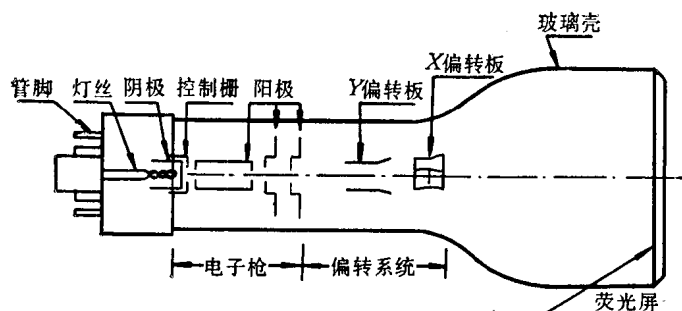


图 1-2

输入端送入的信号放大后控制示波管的X轴偏转板，使示波器进行X轴的扫描。

扫描发生器的作用是产生一个线性锯齿波电压，模拟时间轴，以展示被观察的电信号随时间而变化的情况。在正常情况下，荧光屏光点的相对移位是和输入到示波管X轴或Y轴上的电压成正比的。例如，若将一正弦信号电压 $v_y = V_m \sin \omega t$ 送至示波管的Y轴偏转板上，则在荧光屏上看到的将是一根竖着的直线，参看图1-3。当 $t = t_0$ 时，Y轴偏转板上的电压 v_y 为零，光点无偏移地停在荧光屏的0点处。当 $t = t_1$ 时， v_y 正向增大，光点偏移至A点。 $t = t_2$ 时， v_y 达到正向最大值，光点偏移至B点。 $t = t_3$ 时， v_y 下降，但仍然是正电压，光点回到A点。 $t = t_4$ 时，电压为零，光点回到原点。可见，光点移动距离与所加电压成正比，故可用来测量电压的幅值。

同理，在负半周，当时间 t 分别等于 t_5 、 t_6 、 t_7 、 t_8 时，光点相继经过C、D、C、0各点。如果正弦电压持续加在垂直偏转板上，光点不断地上、下来回移动，只要移动速度足够快，利用人们视觉暂留效应，在荧光屏上看到的将是一根竖着的直线，正弦波没有被展开。

为了显示正弦波形，在示波器的水平偏转板上需要加线性变化的锯齿波电压。如果Y轴偏转板上无信号，单独在X轴偏转板上加锯齿波电压，则荧光屏上也观察到一条直线，只是成水平直线，其形成过程如图1-4所示。在 $t = t_0$ 时 v_x 是负电压，光点在荧光屏的A点，此后，电压直线上升。当 $t = t_1$ 时，光点移到B点。在 $t = t_2$ 时，电压上升到零值，光点在中心处C点，电压继续增大为正值。 $t = t_3$ 时，光点移到D点。 $t = t_4$ 时，电压上升到最大值，光点移到E点。然后电压迅速退回到负值，光点也就由E点迅速回到A点，如此不断反复，于是在荧光屏上观察到一条水平直线。如果将被观察的正弦波电压 v_y 加在Y轴偏转板上，同时又将扫描电压 v_x 加在X轴偏转板上，使正弦波的频率 f_y 与扫描电压锯齿波频率 f_x 相等，那么在荧光屏上就能观察到一个展开了的正弦波，如图1-5所示。

在 $t = t_0$ 时， $v_y = 0$ ，Y轴方向无偏移，而 v_x 为负值，光点沿X轴向左偏移，位于荧光屏上的A点。在 $t = t_1$ 时， v_y 上升，光点向上移，同时， v_x 也上升，光点向右移，合成结果使光点移至荧光屏上的B点。以后，在时间 t 分别等于 t_2 、 t_3 、 t_4 时，光点相继沿C、D、E各点移动。 $t = t_4$ 以后，由于 v_x 迅速返回原始状态，光点将从E点迅速返回A点。接着正弦波重新开始第二个周期，扫描电压开始第二次扫描，荧光屏上显现与第一次相重叠的正弦波形。如此不断重复，荧光屏上即可观察到一个稳定的正弦波。如果正弦波频率 f_y 是扫描波重复频率的二倍时，即 $f_y = 2f_x$ ，则在荧光屏上将两个周期的正弦波，当 $f_y = nf_x$ 时，

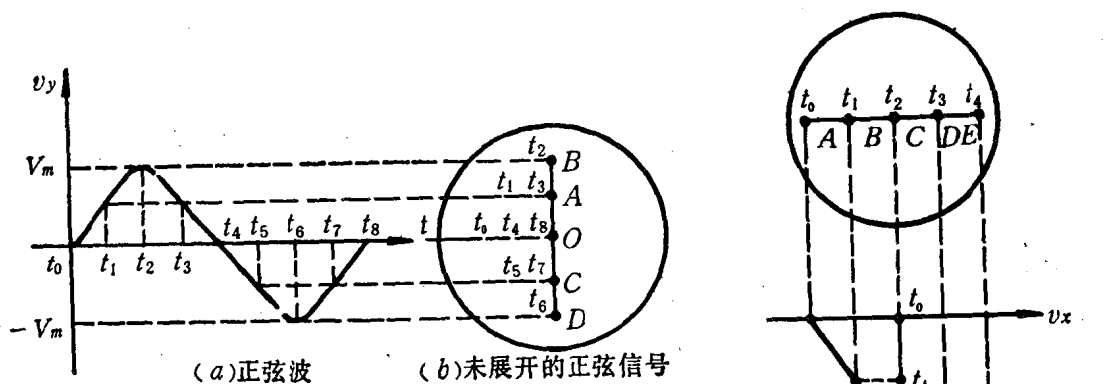


图 1-3

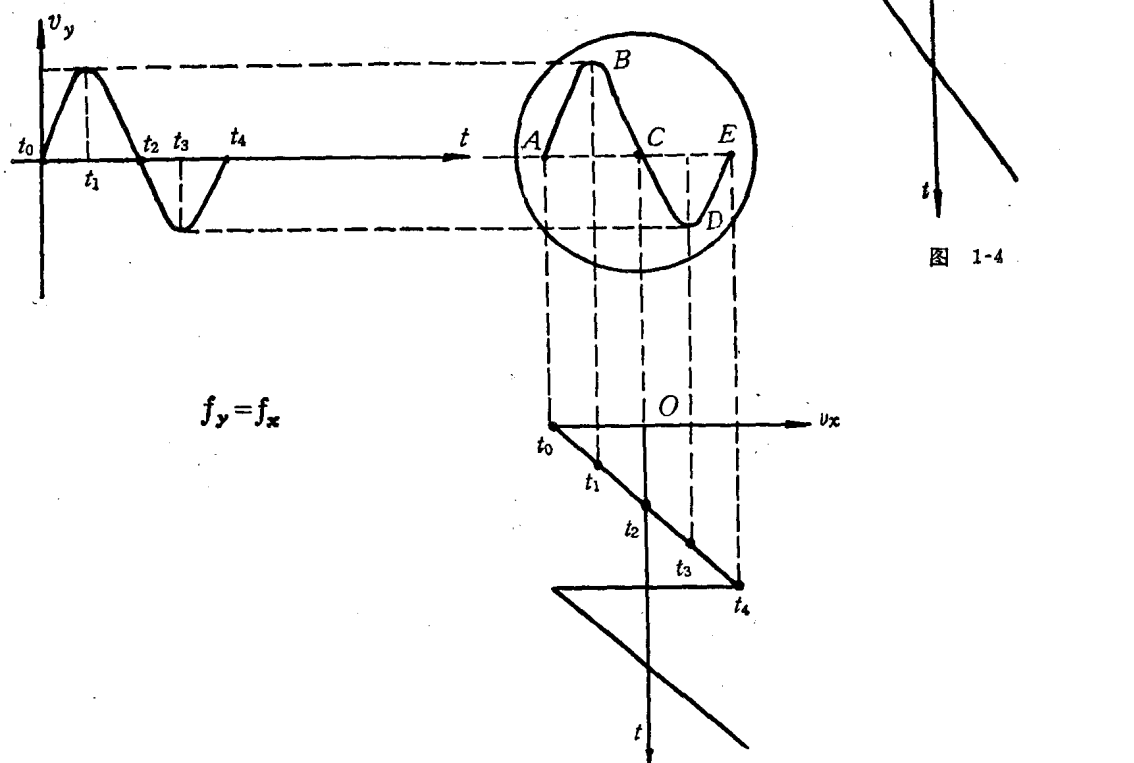


图 1-4

图 1-5

在荧光屏上将呈现出 n 个周期的正弦波。假如 f_y 与 f_x 不是整数倍关系，则第一个周期在荧光屏上扫出的波形与第二个扫描周期扫出的波形不能重合，屏上看到的波形就会不停的移动。如图1-6所示，为了使 f_y 和 f_x 保持整数倍的关系，通常把输入到Y 轴的信号电压作用在扫描发生器上，使扫描频率 f_x 跟随信号频率 f_y 作微小的改变，以保持 f_y 和 f_x 成整数倍关系，这个作用称之为“同步”。现代示波器中经常采用的是“触发同步”，所谓“触发同步”是当

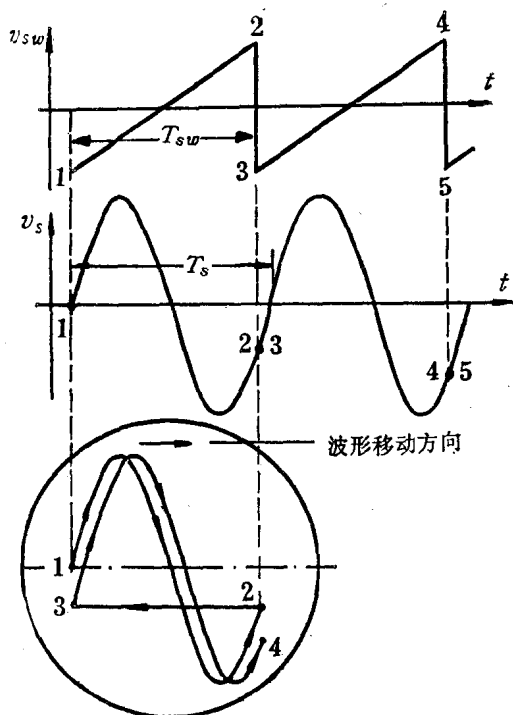


图 1-6

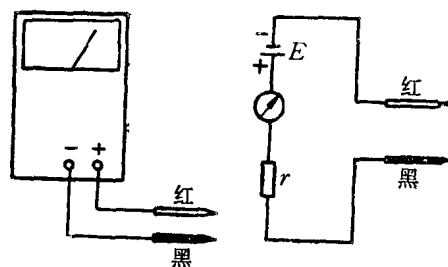


图 1-7

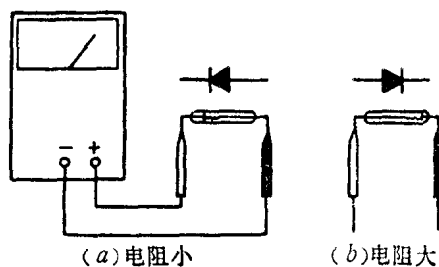


图 1-8

输入Y轴的信号电压瞬时值达到一定幅值时，触发扫描发生器，产生一个锯齿波电压。这个锯齿波扫描结束后，扫描发生器处于等待下一次触发信号的状态。可见，扫描电压的起始点与输入信号电压的某一瞬时保持同步，保证了荧光屏上波形的稳定。

2. 晶体二、三极管测试原理

(1) 利用万用表测试晶体二极管

① 鉴别正负极性

万用表及其欧姆档的内部等效电路如图1-7。图中 E 为表内电源， r 为等效内阻， I 为被测回路中的实际电流。由图可见，黑表笔接表内电源的正端，红表笔接表内电源的负端。将万用表欧姆档的量程拨到 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 档，并将两表笔分别接到二极管的两端如图1-8，即红表笔接二极管的负极，而黑表笔接二极管的正极，则二极管处于正向偏置状态，因而呈现出低电阻，此时万用表指示的电阻通常小于几千欧。反之，若将红表笔接二极管的正极，而黑表笔接二极管的负极，则二极管被反向偏置，此时万用表指示的电阻值将达几百千欧。

② 测试性能

将万用表的黑表笔接二极管正极，红表笔接二极管负极，可测得二极管的正向电阻，此电阻值一般在几千欧以下为好。通常要求二极管的正向电阻愈小愈好。将红表笔接二极管正极，黑表笔接二极管负极，可测出反向电阻。一般要求二极管的反向电阻应大于二百千欧以上。

若反向电阻太小，则二极管失去单向导电作用。如果正、反向电阻都为无穷大，表明管子已断路；反之，二者都为零，表明管子短路。

(2) 利用万用表测试小功率晶体三极管

① 判定基极和管子类型

由于基极与发射极、基极与集电极之间，分别是两个PN结，而PN结的反向电阻值很大，正向电阻值很小，因此，可用万用表的 $R \times 100$ 或 $R \times 1k\Omega$ 档进行测试。先将黑表笔接晶体管的某一极，然后将红表笔先后接其余两个极，若两次测得的电阻都很小，则黑表笔接的为NPN型管子基极，如图1-9所示；若测得电阻都很大，则黑表笔所接的是PNP型管子的基极。若两次测得的阻值为一大一小，则黑表笔所接的电极不是三极管的基极，应另接一个电极重新测量，以便确定管子的基极。

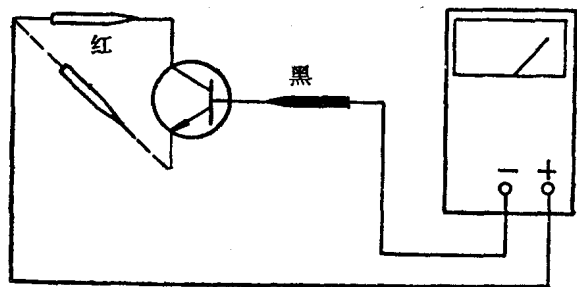


图 1-9

② 判断集电极和发射极

判断集电极和发射极的基本原理是把三极管接成基本单管放大电路，利用测量管子的电流放大系数 β 值的大小来判定集电极和发射极。以NPN型为例，如图1-10所示。基极确定以后，用万用表两表笔分别接另外两个电极，用 $100k\Omega$ 的电阻一端接基极一端接黑表笔，若电表指针偏转较大，则黑表笔所接的一端为集电极，红表笔接的是发射极。也可用手捏住基极与黑表笔（不能使两者相碰），以人体电阻代替 $100k\Omega$ 电阻的作用。

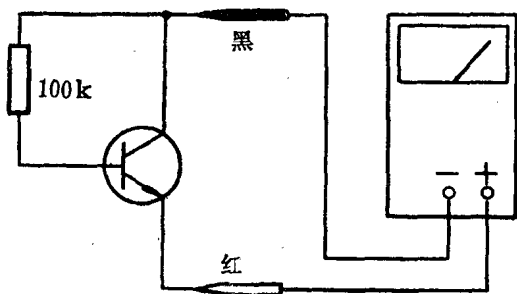


图 1-10

四、预习要求

1. 阅读本书附录中有关示波器、音频信号发生器的使用说明及注意事项等有关部分。
2. 预习实验原理全部内容。

五、实验内容及步骤

1. 电子仪器使用练习

(1) 用万用表测量直流稳压电源的输出电压

接通稳压电源，并调节其输出电压值为 $1.25V$ 、 $2.95V$ 、 $4.55V$ 、 $14.8V$ ，可用万用表的直流电压档进行测量。测量时注意万用表的量程应选择适当。表笔的正负极性于稳压电源输出端极性要配合。

(2) 用晶体管电压表测量低频信号发生器的输出电压

接通音频信号发生器，将音频信号发生器输出衰减开关置于 $0dB$ 、 $20dB$ 、 $40dB$ 、 $60dB$ 的位置，用晶体管电压表分别测量其输出电压。此时晶体管电压表的量程要选择适当，不要过量程。

(3) 用示波器观察低频信号发生器的输出电压波形

① 将示波器电源接通1至2分钟后,调节“辉度”、“聚焦”、“X轴移位”、“Y轴移位”及“X轴增幅”等旋钮,使荧光屏上出现扫描线。

② 调节低频信号发生器,使其输出电压为1-5V,频率为1kHz,用示波器观察信号电压波形,调节“Y轴衰减”、“Y轴增幅”旋钮,使波形大小适中。

③ 调节“扫描范围”、“扫描微调”旋钮,使荧光屏上显示出一、三、五个完整、稳定的正弦波形。

④ 将信号频率改为100Hz、1.5kHz、15kHz,调节有关旋钮使波形清晰、稳定。

2. 用万用表辨别二极管的正极、负极及其好坏;辨别三极管集电极、基极、发射极,管子的类型(PNP或NPN)及其好坏。

3. 选择一些不同类型的电阻、电位器、电容、电感等常用元件加以辨认。

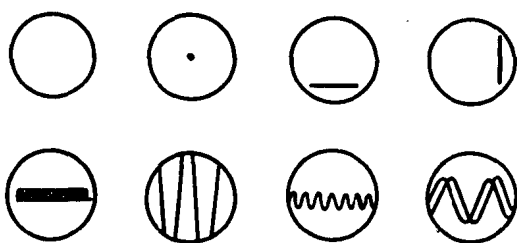


图 1-11

钮位置不对,应如何调节。

4. 总结用万用表测试二极管和三极管的方法。

六、实验报告要求

1. 记下用示波器观察低频信号发生器输出波形时调节示波器哪些旋钮并说明各旋钮的作用。

2. 总结用晶体管万用表测量交直流电压和电阻时旋钮和接线柱的位置。

3. 说明用示波器观察正弦波电压时,若荧光屏上分别出现图1-11所示波形,是哪些旋

实验二 晶体管单管放大器

一、实验目的

1. 测量单管放大器的静态工作点及电压放大倍数。
2. 观察并测定电路参数的变化对放大器静态工作点、电压放大倍数及输出波形的影响。
3. 使用晶体管特性图示仪测试晶体三极管的电流放大系数 β 。

二、实验仪器及设备

1. 示波器、低频信号源、晶体管万用表、稳压电源。
2. JT-1型晶体管特性图示仪。
3. 晶体管单管放大器实验板(或模拟电子实验箱及相应元器件)。

三、实验电路及原理

1. JT-1型晶体管特性图示仪工作原理

(1) 估算电流放大系数 β

晶体三极管的 β 值可以由输出特性曲线上求出,如图2-1所示。先通过Q点作横轴的垂直线,确定对应Q点的 V_{CE} 值,再从图中求出一定 V_{CE} 条件下的 ΔI_B 和相应的 ΔI_C ,则Q点附近的交流电流放大系数为:

$$\beta = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{V_{CE} = \text{常数}}$$

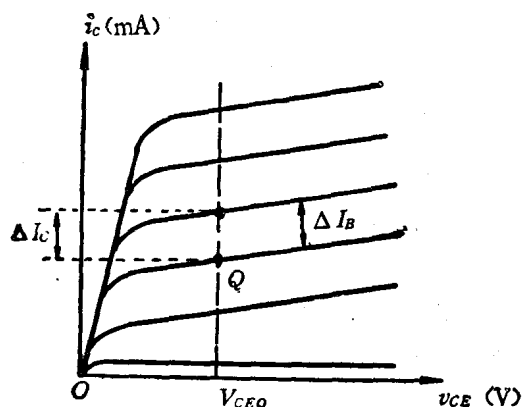


图 2-1

因此，只要测试出输出特性曲线，即可估算出 β 值。

为了测出输出特性曲线族，应使管子处于正常工作状态。首先，被测晶体管集电极必须加上电压，在晶体管特性图示仪中，这个电压称作“集电极扫描信号”，它是以一定频率变化的电压。其次，输出特性上的每一条曲线对应 I_B 的某个定值，为了显示出一族曲线，需要加上几个不同的 I_B 值，且这些 I_B 的值是等量增加的，所以在基极加上一个“基极阶梯信号”电流，如图2-2所示。将三极管的 C 、 E 间所加电压接到 X 轴放大器，集电极回路加个小电阻 R ，从其上取出电压接到 Y 轴放大器，此电压反映集电极电流变化，这样就可以在图示仪的示波管荧光屏上显示出一族输出特性曲线。需要说明的是，为了得到正确的曲线族，必须保证“集电极扫描信号”与“基极阶梯信号”同步作用于被测晶体管，信号波形如图2-3。这时，JT-1的“集电极扫描信号”是100Hz半波正弦电压，阶梯信号的每级频率也为100Hz。

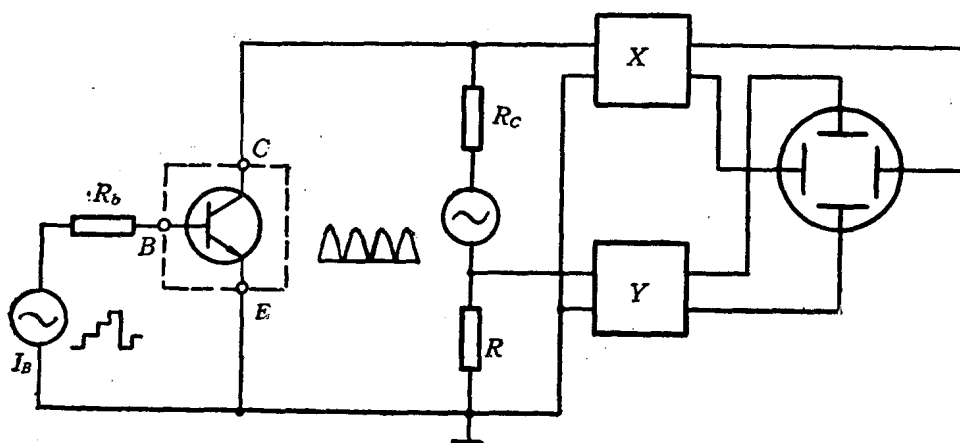


图 2-2

(2) JT-1用途及整机框图

JT-1型晶体管特性图示仪是一种能在示波管荧光屏上直接观察晶体管特性曲线的专用仪器。通过仪器的标尺刻度，可直接读测晶体管的各项参数。例如可以测定三极管（包括NPN

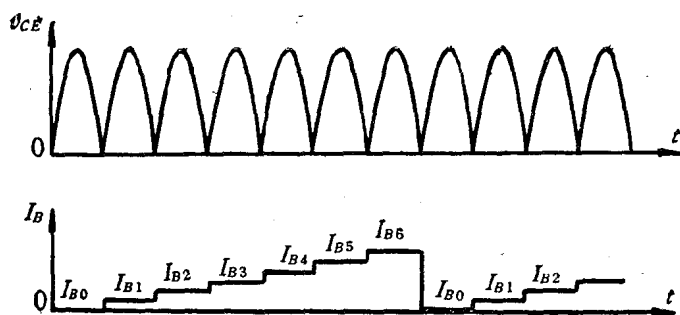


图 2-3

型和PNP型)的共射、共基和共集接法时的输入特性、输出特性, 电流放大系数 β 、 α , 反向饱和电流 I_{CBO} 、 I_{CEO} 、 I_{EBO} , 以及击穿电压、 BV_{CBO} 、 BV_{CEO} 、 BV_{EBO} 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。

JT-1图示仪由阶梯电压发生器、集电极扫描信号发生器、X轴放大器、Y轴放大器、示波管系统等几部分组成。如图2-4所示。

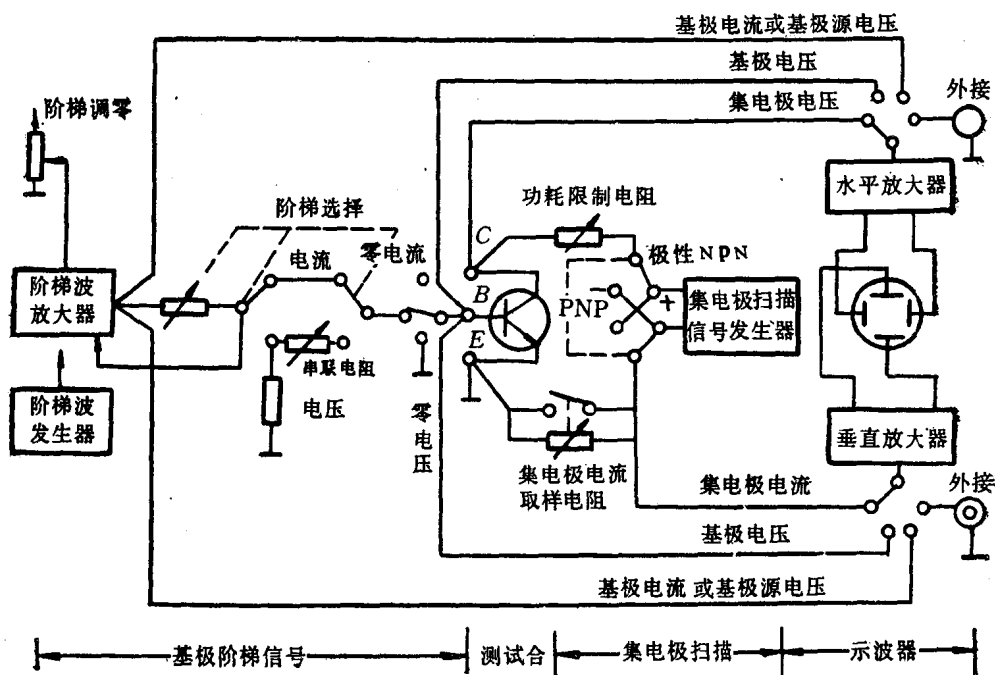


图 2-4

2. 实验电路

实验电路如图2-5所示。电路参数: $E_C = 12V$, $R_p = 1M\Omega$, $R_{b1} = 100k\Omega$, $R_b = R_{b1} + R_p$, $R_{C1} = 2k\Omega$, $R_{C2} = 4k\Omega$, $R_L = 2.7k\Omega$, $R_1 = 1k\Omega$; $C_1 = C_2 = 10\mu F/1.5V$; 晶体管 T 为3DG6型, β 约为50~80。

3. 工作原理

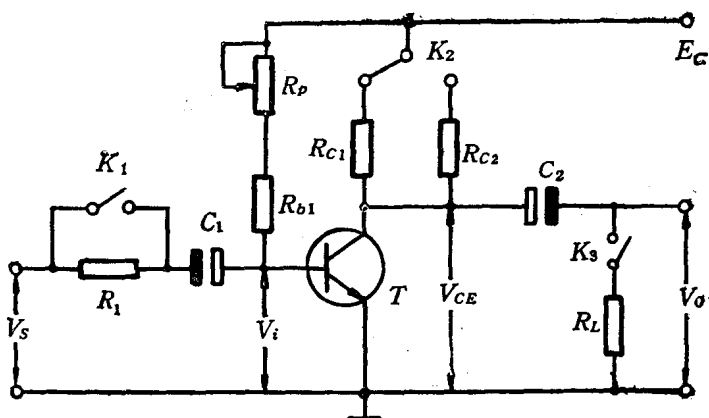


图 2-5

静态工作点:

$$V_{CEQ} = E_C - I_{CQ} \cdot R_C$$

$$I_{BQ} = \frac{E_C - V_{BEQ}}{R_b} = \frac{I_{CQ}}{\beta}$$

动态参数: 电压放大倍数

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{-\beta R'_L}{r_{be}}$$

其中 $r_{be} = 300 + (1 + \beta) \frac{26(\text{mV})}{I_{EQ}(\text{mA})}$ $R'_L = R_C \parallel R_L$

输入电阻 $r_i = R_b \parallel r_{be}$

输出电阻 $r_o \approx R_C$

放大器输入电阻测试方法如下:

当开关 K_1 断开 (R_1 接入) 时, 测得 V_s 和 V_i , 即可计算出输入电阻

$$r_i = \frac{V_i}{V_s - V_i} \cdot R_1$$

输出电阻可用下式计算

$$r_o = \left(\frac{V'_o}{V_o} - 1 \right) \cdot R_L$$

其中 V'_o 为 R_L 未接入时 (即 $R_L = \infty$ 时) 的输出电压, V_o 为接入负载电阻后的输出电压。

四、预习要求

1. 复习共射基本放大电路工作原理及各元件的作用。
2. 根据测定的晶体管 β 值及给出的电路参数, 估算静态工作点及电压放大倍数。
3. 如何测量 R_b ? 不断开与基极的连线行吗?
4. 分析下列波形是什么类型的失真? 是什么原因造成的? 如何消除?



图 2-6

5. 阅读附录中JT-1图示仪使用说明。

五、实验内容及步骤

1. 用图示仪实测所用晶体管的 β 值。

测量 $V_{CE}=6V$, $I_C=1mA$ 和 $3mA$ 时的 β 值。

2. 工作点测试

调节 R_P 为某一合适值 (使 $V_{CE}=6V$)，测量静态工作点，即分别测出 V_{BEQ} 、 V_{CEQ} 值 (I_{CQ} 、 I_{BQ} 可通过计算求得)。

3. 放大倍数测试

闭合开关 K_1 ，并使 $R_C = R_{C1} = 2k\Omega$ ，放大器输入 $V_i = V_i = 5mV$, $f = 1kHz$ 信号电压，用示波器观察 V_o 的波形，在 V_o 不失真条件下，分别测量当 $R_L = \infty$ 和 $R_L = 2.7k\Omega$ 时的输出电压 V_o' 和 V_o ，并计算电压放大倍数 A_v 。

4. 观察 R_b 、 R_c 、 R_L 对放大电路静态工作点、电压放大倍数及输出波形的影响。

按表2-1要求，输入信号 $V_i = 5mV$, $f = 1kHz$ 、记录测量数据和 V_o 波形。

表2-1

给 定 条 件			测 量 结 果				由测量值计算		
			V_{CEQ}	V_{BEQ}	V_o	输出波形图	I_{CQ}	I_{BQ}	A_v
R_b	合 适 值	$R_C = 2k\Omega$							
	最 小								
	最 大	$R_L = \infty$							
R_C	4k Ω	R_b 为合适值 $R_L = \infty$							
R_L	2.7k Ω	R_b 为合适值 $R_C = 2k\Omega$							

5. 观察波形失真，测量静态工作点电压 V_{CEQ} 、 V_{BEQ} 。

增大输入信号 ($V_i = 10mV$, $f = 1kHz$)，调节 R_P ，分别使 R_b 增大或减小，观察波形失真，测量 V_{CEQ} 、 V_{BEQ} 。

6* 测量放大器的输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 。

维持实验步骤 3 的静态工作点，按本实验原理中叙述的方法，测量放大器的输入电阻 r_i 和输出电阻 r_o 。

六、报告要求

1. 记录数据及波形。

2. 总结 R_b 、 R_c 和 R_L 变化对静态工作点、放大倍数及输出波形的影响。

3. 为了提高放大器的放大倍数 A_v 应采取哪些措施？

4. 分析输出波形失真的原因及性质，并提出消除失真的措施。

5. 根据测出的晶体管 β 值和给定的电路参数，估算静态工作点和电压放大倍数，并与实验值比较，分析误差原因。

实验三 多级放大电路及放大电路中的负反馈

一、实验目的

1. 学习两级阻容耦合放大电路静态工作点的调试方法。
2. 学习两级阻容耦合放大电路性能的测量方法。
3. 加深理解反馈放大电路的工作原理及负反馈对放大电路性能的影响。
4. 学习反馈放大电路性能的测量与调试方法。

二、实验仪器及设备

1. SB-10型示波器；XD-2型低频信号发生器；MF-20型晶体管万用表；直流稳压电源。
2. 反馈放大电路实验装置。

三、实验电路及原理

1. 实验电路

实验电路如图3-1，其电路参数如下：

$R_{P1} = 1\text{M}\Omega$ 、 $R_{b1} = 100\text{k}\Omega$ 、 $R_{c1} = R_{c2} = 2\text{k}\Omega$ 、 $R'_{e1} = R'_{e2} = 100\Omega$ 、 $R''_{e1} = R''_{e2} = 2\text{k}\Omega$ 、 $R_{b21} = 82\text{k}\Omega$ 、 $R_{b22} = 3\text{k}\Omega$ 、 $R_{P2} = 4.7\text{k}\Omega$ 、 $R_i = 4.7\text{k}\Omega$ 、 $R_f = 10\text{k}\Omega$ 、 $R_j = 2\text{k}\Omega$ 、 $R_L = 4.7\text{k}\Omega$ 、 $C_1 = 100\mu\text{F}/10\text{V}$ 、 $C_2 = C_3 = 0.47\mu\text{F}/63\text{V}$ 、 $C_{e1} = C_{e2} = 47\mu\text{F}/16\text{V}$ 、 $E_c = 12\text{V}$ ，三极管 T_1 和 T_2 均为3DG6型， β 约为60~80。

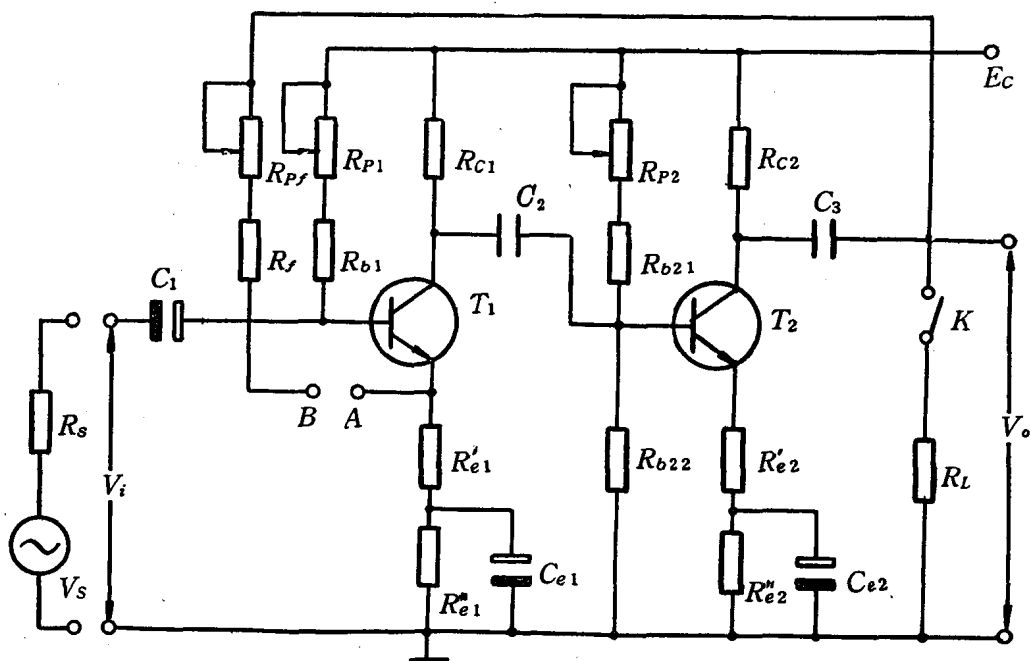


图 3-1

2. 工作原理

(1) 断开反馈支路的A、B端，并将B端接地，电路成为基本放大电路(但考虑了反馈网络的负载效应)。

(2) 若A接B，电路成为电压串联负反馈电路。

负反馈放大器放大倍数的一般表达式为

$$A_f = \frac{A}{1 + AF}$$

其中 A 为开环放大倍数, A_f 为闭环放大倍数, F 为反馈系数, $1 + AF$ 为反馈深度。若 A_m 代表中频开环放大倍数, 且放大电路在高频段和低频段都只有一个 RC 环节起作用, 则加负反馈后, 放大电路的上限截止频率和下限截止频率分别为

$$f_{hf} = f_h(1 + A_m F)$$

$$f_{Lf} = f_L(1 + A_m F)$$

其中 f_h 和 f_L 分别是不加负反馈时的上下限频率。此外, 加上负反馈后还可得到输入电阻 r_{if} 和输出电阻 r_{of} 为

$$r_{if} = r_i(1 + A_m F)$$

$$r_{of} = r_o / (1 + A_m F)$$

其中 r_i 和 r_o 分别是不加负反馈时的输入、输出电阻。

四、预习要求

1. 复习电压串联负反馈放大电路的工作原理及其对放大电路性能的影响。
2. 估算实验电路在有反馈和无反馈时的输入电阻、输出电阻及电压增益。

五、实验内容及步骤

1. 测量静态工作点

将输入端短路, 并将 B 端接地, 调节 R_{p1} 使 $V_{E1} = 2V$, 调节 R_{p2} , 使 $V_{E2} = 2V$, 测量并记录表3-1中有关数值。

表3-1

测量项目	V_{BE1}	V_{E1}	V_{C1}	V_{BE2}	V_{E2}	V_{C2}
测量数值 (v)		2			2	

2. 测无级间反馈时放大电路的性能

(1) 测量电压放大倍数 A_{vm}

加信号电压 $V_i = 5mV$, $f = 1kHz$, 测量 V_o , 算出 A_{vm} 。

(2) 测量输入电阻 r_i

接入 $R_s = 4.7k\Omega$, 加大信号源电压, 使放大电路的输出电压与未接入 R_s 时相同, 测量此时信号源电压 V_s , 则

$$r_i' = \frac{V_i}{V_s - V_i} \cdot R_s$$

式中 $r_i' = R_s \parallel r_i$, 由此求得输入电阻 r_i 。断开电源后测量 R_b ($R_b = R_{p1} + R_{b1}$)。

(3) 测量输出电阻 r_o

使 $V_i = 5mV$, $f = 1kHz$, 接入负载电阻 $R_L = 4.7k\Omega$, 测输出电压 V_o , 则

$$r_o = \left(\frac{V_o'}{V_o} - 1 \right) \cdot R_L$$

其中 V_o' 是负载电阻 R_L 开路时的输出电压, V_o 是接入负载电阻后的输出电压。