

高等师范院校试用教材

电子线路基础

实验指导

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

陕西科学技术出版社

高等师范院校试用教材

电子线路基础

实验指导

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

陕西科学技术出版社

顾 问： 顾德仁

主 编： 张铭声 张启堃 萧 青

编 委： 黄慎和 陈加达 王绍忠 邹远权 张学贤 李树青

纪海元 王庭林 覃继用 李心广 张 馨 倪树凡

刘蓬勃 李正雄 刘德华

主 审： 王继仁 石帮恒

高等师范院校试用教材

电子线路基础

实 验 指 导

师范院校教育学院电子技术教学研究会 编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西安军航印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 7.5印张 16.9万字

1987年10月第1版 1987年10月第1次印刷

印数：1—4,500

ISBN 7—5369—0115—1/G·28

统一书号：7202·157 定价：1.85元

前 言

我会根据高等师范院校《电子线路基础》教学大纲精神，为适应科学技术的发展和教学改革的迫切需要，编写了这套适用于师范院校、教育学院的电子线路新教材，包括《模拟电路与数字电路》、《无线电广播与电视》和与之配套的《实验指导》、《学习指导》共四册。

本书是这套教材的实验指导书，它是编著者多年来教学实践的总结。其着眼点在于使学生掌握基本实验方法，加强基本实验技术技能的训练和培养学生理论联系实际，提高分析问题和解决问题的能力，同时加深学生对课程内容的理解。

本书共编入20个实验和六个附录，分别属于常用电子仪器的使用，单元电路性能指标的测试或验证，以及综合使用等部分，在数字集成电路的应用方面增加了一定的比例，每个实验还付设了适当的思考题。各院校可根据自己的实际情况灵活选用。

本书的编写是在黄庆元副教授鬲淑芳老师的具体组织和指导下进行的：在出版过程中，李宗领同志也作了大量工作；江孟蜀、包万胜、李水金等同志参加了审稿，并提出宝贵意见，在此表示感谢。

电子技术日新月异，本课程的教学尚须不断改革。由于编者水平有限，加之时间仓促，书中错误和欠妥之处在所难免，恳请各兄弟院校师生和广大读者批评指正。

师范院校、教育学院电子技术教研会

一九八七年九月于西安

目 录

实验一	常用电子仪器的使用·····	1
实验二	晶体管特性曲线的测试·····	4
实验三	单级低频放大器的安装和调试·····	8
实验四	负反馈放大器·····	12
实验五	差分放大器·····	15
实验六	集成运算放大器的应用·····	20
实验七	集成OTL音频功率放大器·····	24
实验八	LC正弦振荡器·····	28
实验九	RC正弦振荡器·····	32
实验十	晶体管串联型直流稳压电源·····	34
实验十一	晶体管超外差收音机的安装和调试·····	38
实验十二	调幅与检波·····	47
实验十三	计数、译码和显示·····	53
实验十四	组合逻辑电路实验·····	56
实验十五	集成单元触发器的测试及应用·····	60
实验十六	多谐振荡器·····	63
实验十七	电视机中频放大器的调试·····	66
实验十八	电视机扫描电路的测试·····	70
实验十九	Kp-12高频头的调试·····	75
实验二十	扩音机与扬声器的配接·····	81
附录一	数字万用表·····	85
附录二	XD-2型低频信号发生器·····	88
附录三	SR-8型二踪示波器·····	91
附录四	E312型数字频率计·····	99
附录五	BT-3型频率特性测试仪·····	107
附录六	SV14型彩色电视信号发生器·····	110
参考书目	·····	114

实验一 常用电子仪器的使用

一、实验目的

学会正确使用示波器、低频信号发生器、晶体管毫伏表等常用电子仪器。

二、实验原理

示波器、信号发生器、晶体管毫伏表等是测试、调整或研究电子线路的基本常用电子仪器，几乎每个实验都离不开它们。

示波器是一种用来观察各种电信号（电压或电流）波形的电子仪器，可用来测定各种电信号的参数，如周期信号的幅度、频率、相位、调幅度等，脉冲信号的宽度、周期、前沿、后沿、幅度等。具有输入阻抗高，频率响应好，灵敏度高等优点。其示波原理请参阅有关技术参考书。

示波器有普通示波器与脉冲示波器之分，本实验主要介绍 SBT—5 型同步示波器的使用。

信号发生器是一个能产生正弦电压的信号源。其输出信号频率和电压在一定范围内（机型不同其范围也不同）连续可调。按输出信号频率范围的不同，分为高频信号发生器和低频信号发生器，以供各种不同测量使用。

本实验主要介绍 XD—2 型低频信号发生器的使用。

晶体管毫伏表是用来测量正弦交流电压有效值的电子仪器，其优点是输入阻抗、灵敏度、可使用的频率高。按使用频率的高低有高频毫伏表与低频毫伏表之分，本实验主要介绍 DA—16 型低频毫伏表的使用。

三、实验仪器

- 1、同步示波器（SBT—5 型）
- 2、低频信号发生器（XD—2 型）
- 3、晶体管毫伏表（DA—16 型）

四、实验内容及步骤

1、SBT—5 型同步示波器的使用

SBT—5 型同步（脉冲）示波器是一种观察与测定各种脉冲信号瞬变过程的电子测量仪器。它与普通示波器的区别在于具有触发扫描，时标和比较信号等部分，不仅具有普通示波器的用途，而且能方便地对各种脉冲信号尤其是窄脉冲和非周期性脉冲进行定性定量的观察、分析和测定其参数。其主要技术指标如下：

偏转灵敏度

Y 轴放大器输入：小于 25mv/cm（P—P 值）

X 轴放大器输入：小于 120mv/cm（P—P 值）

频率响应

Y轴放大器: 10Hz~10MHz

X轴放大器: 10Hz~0.5MHz

输入抗阻

Y轴放大器输入: 电阻1M Ω 或75 Ω ; 电容<40PF

X轴放大器输入: 电阻2M Ω ; 电容<30PF

Y轴探头输入: 电阻10M Ω ; 电容<10PF

扫描时间范围: 0.1~1000 μ s/cm, 分五档; 扫描扩展倍数为5倍。

比较信号: 0.05V~50V (P-P值), 分七档。

时标间隔时间: 0.04, 0.1, 1, 10, 100 μ s五档。

(1) 观察输入信号波形:

一般用示波器观察和测量被测电路信号波形及参数时仪器连接关系如图1—1所示。

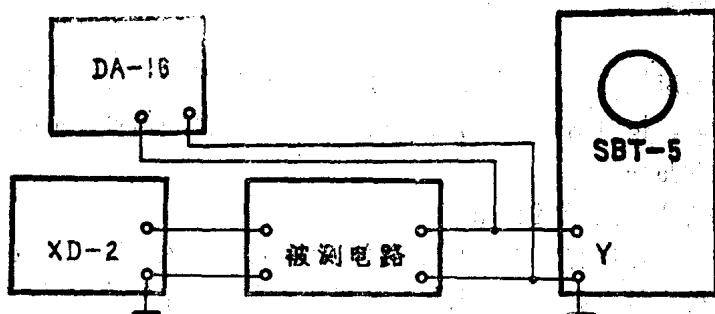


图 1—1 常用仪器测放大电路性能连线图

接通电源前:

将“辉度”旋钮反时针旋至最小; 将“x轴移位”和“y轴移位”旋到中间位置。

将“x轴选择”置于“扫描”位置; “扫描扩展”置于“校正”位置; “触发选择”置于“内十”或“内一”; “扫描时间”、“扫描微调”置适当位置。

“触发增幅”、“稳定调节”反时针旋至最小。

“y轴选择”置于“1M Ω ”, “y轴衰减”置于“1”, “y轴增幅”放适中位置。

接通电源, 预热十分钟左右。

顺时针调节“辉度”旋钮, 使荧光屏上出现适当的一条水平亮线; 调节“x轴移位”和“y轴移位”, 使亮线处于屏中; 调节“聚焦”和“辅助聚焦”, 使亮线最细、最清晰。

用低频信号发生器给“y轴输入”探头送入 $f=1\text{KHz}$, $U_i=1\text{V}$ 的正弦电压信号, 适当选择“y轴衰减”、调“y轴增幅”使荧光屏上显示波形幅度便于观察; 顺时针旋转“稳定调节”, 使扫描波形刚好消失为止, 然后顺时针调“触发增幅”直至出现稳定而清晰的波形。

如要观察几个完整的正弦波, 则依所加信号频率, 适当选择“扫描时间”($f=1\text{KHz}$ 时, 选“100 μ s”)调“扫描微调”即可得到。

(2) 测量输入信号幅值:

利用机内“比较信号”装置测量输入信号幅度, 其方法是: 先将输入信号 U_i , 自y轴

输入端加入，调“y轴衰减”与“y轴增幅”，使波形达到便于观察的幅度，记下其幅值 D_1 ，然后在保持同样“y轴衰减”和“y轴增幅”的前提下，将“y轴选择”置于比较信号，打开“比较讯号”，选择适于观察的档级。若该档级之标称电压为 U_0 ，此时屏幕上的幅度为 D_0 ，则输入被测信号的峰—峰值为：

$$U_i = \frac{D_1}{D_0} U_0$$

如果被测信号由探头送入，则其峰—峰值为：

$$U_i = 10 \frac{D_1}{D_0} U_0 \quad (\text{探头衰减10倍})$$

(3) 测量输入信号频率或周期：

调节好输入信号波形，打开“时标”信号装置，使波形上出现清晰可数的亮点（亮点数多时可打开“扫描扩展”），如一周波形的亮点数为 N ，时标档的标志时间为 $t(\mu s)$ ，则输入信号的周期为： $T = Nt(\mu s)$ ，频率为：

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{Nt}$$

2、XD—2型低频信号发生器的使用

XD—2型低频信号发生器是一种多用途的RC信号发生器，它能产生1Hz~1MHz的正弦波电压，最大输出电压大于5V，最大衰减量达90dB，本机附有满量程为5V的电压表指示。其工作原理见附录二。

(1) 确定输出信号频率：

接通电源，指示灯亮，预热十分钟左右。

根据所使用信号的频率范围，先将“频率范围”置于相应波段，然后调三个“频率调节”旋钮，则输出信号频率可从这四个旋钮的位置指示直接读出。如要使用1KHz信号，则将“频率范围”置于“1~10”KHz档，“频率调节”中“×1”置于“1”，“×0.1”置于“0”，“×0.01”亦置于“0”，则输出信号频率为1KHz。

(2) 确定输出信号幅度：

适当调节“输出衰减”和“输出细调”旋钮，则可得到所需电压。如输出小于5V，可用本机电压表直接读出。如需小信号，可用粗衰减进行适当衰减，这时实际输出为电压表指示乘以衰减分贝数换算成的电压衰减倍数。如电压表指示为5V，“输出衰减”置“10dB”，则实际输出为 $5 \times 0.316 = 1.58(V)$ 。分贝数与电压之间的换算关系见附录二中表2—1。

3、DA—16型晶体管毫伏表的使用

DA—16型晶体管毫伏表的特点是：频带宽，从20Hz~1MHz；测量电压范围广，从300μV~300V；输入阻抗高，在1KHz时输入电阻大于1MΩ。其电表指示为正弦波电压的有效值。

(1) 通电前先进行表头机械零点校准。

(2) 接通电源，待指针摆动数次至稳后（输入线短接），校正调零旋钮，使指针指

在零位，即可进行测量。

(3) 测量前，将电压表量程先置于大量程档位，以免过载。接入被测信号电压后，再逐次减小量程，使读数精确，一般要求指针指在满刻度的三分之一以上。

4、综合使用

用XD—2低频信号发生器分别送频率为250Hz, 500Hz, 1KHz, 5KHz, 50KHz的正弦信号于SBT—5的y轴输入端，观察不同频率时的波形；改变信号发生器的“输出衰减”档，用电压表测频率为1KHz时不同衰减档的输出电压值，并与信号发生器所指示电压值（经换算后）进行比较；（也可用SBT—5比较法测得的电压值比较）。

五、实验报告要求

- 1、简要写出XD—2信号发生器和DA—16晶体管毫伏表的使用方法。
- 2、简述用SBT—5示波器观察信号波形时，怎样操作才能最快？哪些是关键步骤？
- 3、将“综合使用”测试数据列表填入。

六、思考题

- 1、用一台完好的同步示波器观察波形时，出现下列现象应如何操作？
 - (1) 荧光屏上看不到亮点。
 - (2) 荧光屏上波形总在移动。
 - (3) 荧光屏上出现的波形太密。
- 2、若XD—2的输出阻抗改变时，其输出信号的频率、波形及电压幅度变化吗？
- 3、DA—16晶体管毫伏表为什么要求其输入阻抗高？

实验二 晶体管特性曲线的测试

一、实验目的

- 1、通过测绘晶体管特性曲线，加深对晶体管特性的理解。
- 2、掌握用晶体管特性图示仪测量晶体管特性及其参数的方法。

二、实验原理

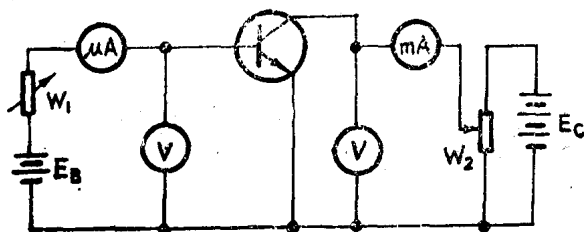


图 2—1 晶体管共射极特性测试电路

晶体管共发射极特性测试电路如图 2—1 所示。

图中 E_B 为晶体管发射结提供正向电压， E_C 用来为集电结提供反向电压， W_1 用来调节基极电流 I_B 和发射结电压 U_{BE} ， W_2 用来调节集电极电流 I_C 和电压 U_{CE} 。

1、晶体管输入特性的测试

晶体管共发射极输入特性是指：当集电极与发射极的极间电压 U_{CE} 固定不变时，在晶体管输入回路中，基极电流与基极、发射极间的电压 U_{BE} 的关系，写成函数形式： $I_B = f(U_{BE}) | U_{CE} = C$ (C 为常数)。这样，我们先选取 U_{CE} 为某一固定值，逐次改变 U_{BE} 的数值，就可以得一组与 U_{BE} 对应的基极电流 I_B 值。以 U_{BE} 作横轴， I_B 作纵轴，用描点法便可绘出晶体管共发射极的输入特性曲线。若选取 U_{CE} 为另一固定值，在改变 U_{BE} 的同时，又可得一组与 U_{BE} 对应的 I_B 值，用描点法可绘出另一条特性曲线。实验证明，随着 U_{CE} 增加，所得到的输入特性曲线相似且比较靠近。因之，一般只测绘 $U_{CE} = 0$ 伏和 $U_{CE} = 3$ 伏时的两条输入特性曲线，如图2—2所示。

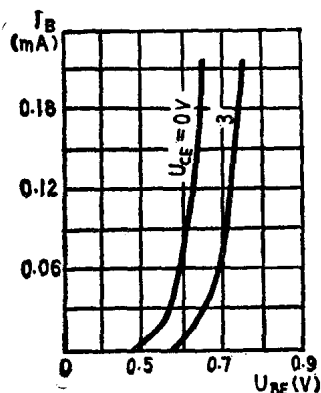


图2—2 输入特性曲线

2、晶体管输出特性的测试

晶体管共发射极输出特性是指：当基极电流 I_B 一定时，在晶体管输出回路中集电极电流 I_C 与集电极、发射极的极间电压 U_{CE} 的关系，写成函数形式为： $I_C = f(U_{CE}) | I_B = C$ (C 为常数)。

在测绘输出特性曲线时，先选取基极电流 I_B 为某一固定值，将 U_{CE} 由小逐渐增加，可测得一组与 U_{CE} 对应的 I_C 值，以 U_{CE} 为横轴， I_C 为纵轴，用描点法便可绘出一条输出特性曲线。每改变一次 I_B 值，均可测得一组 U_{CE} 与 I_C 值，在同一座标中绘出一条曲线。这样取不同的 I_B 值，便可绘出一组输出特性曲线，如图2—3所示。

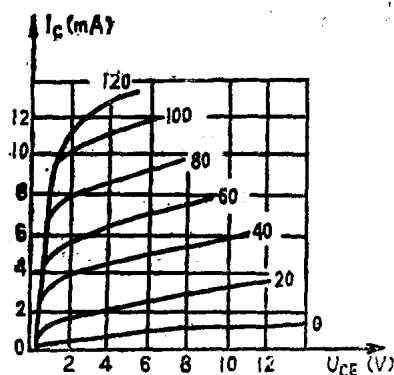


图2—3 输出特性曲线

3、图示仪显示曲线的原理

晶体管特性图示仪是一种直接观测各种晶体管特性曲线和参数的专用仪器。它显示特性曲线的原理，概括的说是将加到晶体管集电极与发射极之间的电压 U_{CE} ，或将加到晶体管基极与发射极之间的电压 U_{BE} 送到示波管的X偏转板上。而将集电极电流 I_C ，或基极电流 I_B ，通过取样电阻 R 将电流转换成与电流成比例的电压，送到示波管Y偏转板上。由于电子束在互相垂直的两个电场中运动，便在示波管屏幕上显示出反映晶体管特性的各种曲线。

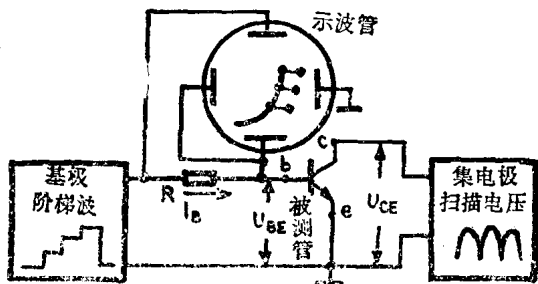


图2—4 输入特性测试原理图

(1) 晶体管输入特性的测试原理，如图2—4所示。

当 $U_{CE} = 0$ 时，基极的阶梯波电压，一方面加到发射结两端，即 U_{BE} ，同时将该电压送至示波管的x偏转板极。Y偏转板极上得到来自取样电阻 R 两端正比于 I_B 的电压，这样便在图示仪上显示出反映 $I_B - U_{BE}$ 关系的输入特性曲线。

当 $U_{CE} = 3\text{V}$ 时，同样的原理便得到另一条输入特性曲线。从曲线上可计算出晶体管的输入电阻。

(2) 晶体管输出特性的测试原理如图 2—5 所示。集电极的扫描电压（由市电经全波整流而成）一方面加到晶体管的集电极与发射极之间，即 U_{CE} ，同时又加到示波管的 x 偏转板极上。

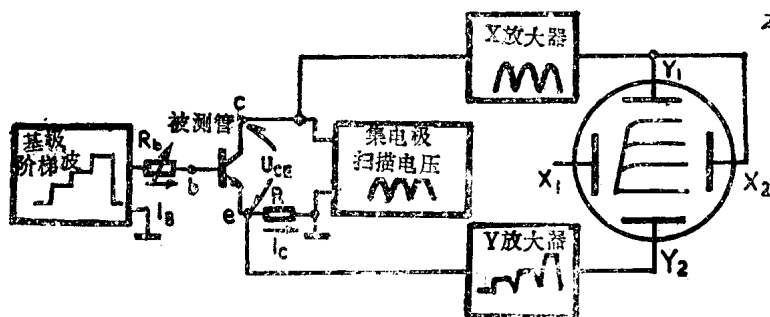


图 2—5 输出特性测试原理图

该电压是随时间正弦变化的；Y 偏转板上得到来自取样电阻 R 两端与 I_C 成比例的电压。这样，当 I_B 为某一定值时，便得到一条反映 I_C-U_{CE} 关系的输出特性曲线。在基极送入阶梯波电压时，由于每一阶梯表示一定的 I_B 值，结果就可得到一簇输出特性曲线，利用输出特性曲线便可计算晶体管的电流放大倍数。

三、实验仪器

- 1、直流稳压器（WYJ—30型）
- 2、数字万用表（DT—830型）
- 3、直流微安表（0—200 μA ）
- 4、直流毫安表（0—30mA）
- 5、晶体管特性图示仪（JT—1型）

四、实验内容及步骤

1、测绘晶体管 3DG12 的输入特性曲线

(1) 按图 2—1 接好测试电路。

(2) 测绘 $U_{CE} = 0$ 伏时的 I_B-U_{BE} 曲线：

断开 E_C ，并将集电极与发射极短路，用数字万用表测量 U_{BE} 值，调节 W_1 ，分别使 $U_{BE} = 0, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 1\text{V}$ ，测出与 U_{BE} 对应的 I_B 值，填入表 2—1 中。

(3) 测绘 $U_{CE} = 3$ 伏时的输入特性曲线：

调节 W_2 使 $U_{CE} = 3$ 伏，重复上述步骤，并将测量结果填入表 2—1 中，

表 2—1

条 件	$U_{BE}(\text{V})$	0	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	1
$U_{CE} = 0\text{V}$	$I_B (\mu\text{A})$									
$U_{CE} = 3\text{V}$	$I_B (\mu\text{A})$									

根据表 2—1 中的数据，绘出晶体管输入特性曲线。

2、测绘晶体管 3DG12 输出特性曲线

(1) 按图 2—1 接好测试电路。

(2) 调节 W_1 使 $I_B = 0 \mu A$ (将基极开路或断开 E_B)，分别使 $U_{CE} = 0, 0.3, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 1, 10V$ ，测量与之对应的 I_C 值，填入表 2—2 中。

表 2—2

I_C (mA) \ U_{CE} (V)	0	0.3	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	1	10
I_B (μA)													
0													
40													
80													

(3) 调节 W_1 使 I_B 分别等于 $40 \mu A$ 和 $80 \mu A$ ，重复上述步骤，把测试结果填入表 2—2 中。

根据表 2—2 中数据，绘出晶体管输出特性曲线。

3、用 JT—1 型晶体管特性图示仪测试晶体管特性

将前面使用过的 (3DG12 型) 晶体管，插入 JT—1 型晶体管图示仪测试台的管座中，测试其输出特性曲线，各旋钮的位置如下：

峰值电压范围：0—20V

峰值电压：10V

极性 (集电极扫描)：正 (+)

功耗电阻：1K

Y 轴作用： I_C 1mA/度

X 轴作用： U_C 1V/度

Y 轴倍率： $\times 1$

极性 (阶梯)：正 (+)

阶梯作用：重复

阶梯选择： I_B 0.01mA/级

级/族：10

被测参数：

$$h_{22} = \frac{\partial I_C}{\partial U_C} \quad (I_B \text{ 一定})$$

$$\beta = \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \quad (U_{CE} \text{ 一定})$$

显示图形如图 2—6 所示。若求 β 值，

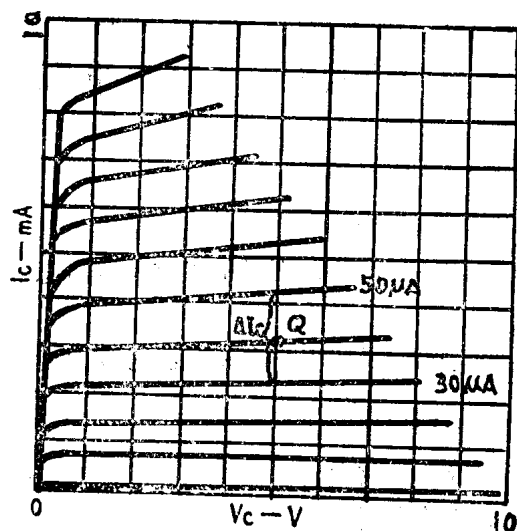


图 2—6 3DG12 输出特性曲线

假设工作点Q选在 $U_{CE}=5V$, $I_C=3.1mA$ 处(一般 β 值选在Q点附近的上下两条曲线之间的数据求之较合适), 则:

$$\begin{aligned}\beta &= \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \right|_{U_{CE}=5V} \\ &= \frac{I_C \times Y \text{轴倍乘} \times \text{两条曲线间的格数(度)}}{\text{两条曲线之间的 } I_B \text{ 之差}} \bigg|_{U_{CE}=5V} \\ &= \frac{1mA/\text{度} \times 1 \times 1.9 \text{格(度)}}{(0.05 - 0.03)mA} \\ &= \frac{1.9mA}{20\mu A} \\ &= 95\end{aligned}$$

五、实验报告要求

- 1、根据表 2—1, 表 2—2 中数据, 在坐标纸上绘出 $I_B \sim U_{BE}$, $I_C \sim U_{CE}$ 曲线, 并进行分析。
- 2、将所测晶体管插入 JT—1 型特性图示仪测试台中, 测出该晶体管的输出特性、 β 值; 并与描点法所测结果进行比较。(此要求可根据设备情况和时间安排选作)

六、思考题

- 1、为什么在测量 U_{BE} 、 U_{CE} 时要用数字万用表, 有何优点?
- 2、在输出特性曲线上如何求出电流放大倍数 β ?

实验三 单级低频放大器的安装与调试

一、实验目的

- 1、熟悉安装、焊接电路的基本方法。
- 2、掌握调整、测量单级放大器静态工作点, 放大倍数、动态范围和频响曲线的方法。
- 3、定性了解工作点和负载对放大器输出波形的影响。

二、实验原理

单级低频放大器是最基本的放大器, 其功能是将频率从几赫到几百千赫的微弱电信号, 不失真的放大到所需要的适当数值。典型的单级低频放大器电路如图 3—1 所示。

图中晶体管具有电流放大作用, 是放大电路中的核心元件, C_1 、 C_2 为隔直耦合电容。 C_e 为射极交流旁路电容, 以消除 R_e 对交流信号增益的影响。偏置电阻 R_{b1} 、 R_{b2} 组成分压

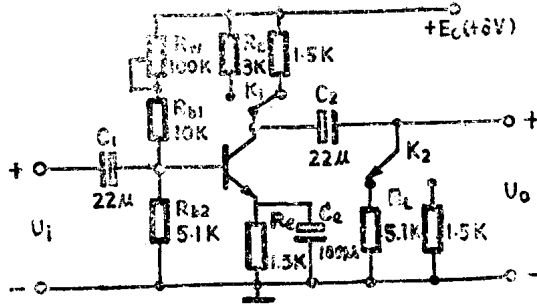


图 3—1 单级放大电路

点是指放大器在没有信号输入时，晶体管各极电流与电压关系在晶体管输出特性曲线上所确定的点，以 $Q(I_B, I_C, U_{CE})$ 表示。

如图 3—2 所示。

静态工作点一般设置在线性区的中部，因为，在有信号输入时，晶体管各极电流和电压都是直流分量和交流分量的叠加，如果工作点设置的不当，将直接涉及到输出波形的失真以及动态范围的减小等。如工作点设置在 Q_1 点处，放大的信号一部分将进入饱和区，输出波形产生饱和失真；如工作点设置在 Q_2 点处，放大的信号一部分将进入截止区，输出波形产生截止失真，通常可根据下面经验公式估算静态工作点和偏置电路的元件参数。

$$I_R \geq (5 \sim 10) I_B$$

$$U_B = \begin{cases} 3 \sim 5 \text{ V (硅管)} \\ 1 \sim 3 \text{ V (锗管)} \end{cases} \quad (3-1)$$

$$\text{因为 } U_B \gg U_{BE} \therefore U_B \approx U_E$$

则

$$I_C = \beta I_B$$

$$U_{CE} = E_C - I_C R_C - U_B$$

由图 3—1 所示电路，可得偏置电路元件参数计算公式

$$R_{b2} = \frac{U_B}{I_R}$$

$$R_{b1} = \frac{E_C - U_B}{I_R} \quad (3-3)$$

$$R_e = \frac{U_B - U_{BE}}{I_C}$$

电路，为基极提供一定的电压。射极电阻 R_e 的设置在于引入电流负反馈，起到稳定工作点的作用。集电极电阻 R_c 作为直流负载，为集电极提供合适的偏置，作为交流负载与负载 R_L 一起将集电极电流 i_c 的变化转换为电压输出。直流电源 E_C 为放大器正常工作提供所需的能源。

为了实现将微弱信号不失真的放大，放大器必须设置合适的静态工作点。静态工作

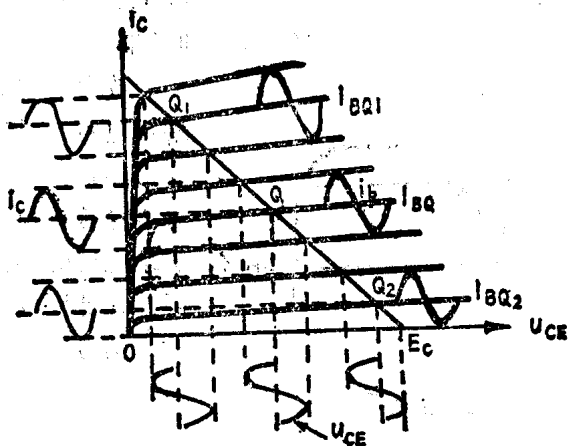


图 3—2 工作点位置对输出波形的影响

放大倍数的计算

放大倍数是反映放大器对信号放大能力的一个重要参数。低频放大器的电压放大倍数是指输出、输入电压的有效值（或峰值）之比：

$$\dot{A}_U = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}$$

即

$$A_U = -\frac{\beta R_L'}{r_{be}} \quad (3-4)$$

式中 $R_L' = R_C \parallel R_L$ 。

放大器的动态范围是指放大器最大不失真输出信号的峰峰值，即 $2U_{om} = 2\sqrt{2}U_o$ 。

放大器的频率特性是指放大倍数随信号频率而变化的规律，其频响曲线如图 3-3 所示。图中的中间区域放大倍数 A_{um} 最大，且基本不变，而频率高于或低于这个区域，放大倍数都要下降。当 A_u 下降到 $0.707A_{um}$ 时，所对应的频率 f_L 和 f_H 分别称为下限频率和上限频率， $f_H - f_L = \Delta f = B$ 称放大器的通频带。

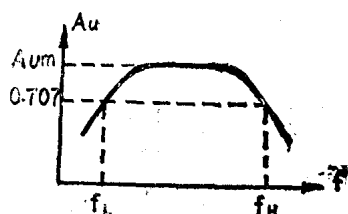


图 3-3 频响曲线

放大倍数随频率的变化而变化，其原因主要是电路中耦合电容、射极旁路电容，晶体管的结电容及电路分布电容的存在。如在高频段，放大倍数的下降一方面是受晶体管本身截止频率限制；但另一方面是由于分布电容及晶体管结电容的容抗随频率升高而下降，致使其放大倍数下降。在低频段主要是耦合电容及旁路电容的阻抗增大，对输入信号的衰减作用所致。

三、实验仪器

- 1、示波器（SBT—5 型）
- 2、晶体管毫伏表（DA—16 型）
- 3、信号发生器（XD—2 型）
- 4、直流稳压电源（WYJ—30 型）
- 5、数字万用电表（DT—330 型）

四、实验内容及步骤

1、安装、检查电路

按照图 3-1 单级放大电路焊接各元件及线路，焊接完毕后应注意检查是否有错焊、漏焊及虚焊现象。如发现应即时修改。

2、直流工作状态的调试

接通电源，调节 R_W 使 $I_C = 1\text{mA}$ ，测量 U_{BE} 、 U_E 、 U_{CE} 和 I_C ，将所测值填入表 3-1 中。

表 3-1

R_C	$U_{BE}(V)$	$U_E(V)$	$U_{CE}(V)$	I_C
$3K\Omega$				

3、测量电压放大倍数

测试仪器连接如图 3—4 所示。

在 $R_c = 3K\Omega$, $U_i = 5mV/1KHz$, 测量 R_L 分别为 $5.1K\Omega$, $1.5K\Omega$ 时的输出电压 U_o , 将结果填入表 3—2 中, 计算电压放大倍数 A_u 。

4、放大器动态范围的测量

(1) 调放大器的工作点位于交流负载线的中点。方法是: 增大信号发生器 (XD—2 型) 的输出信号电压 (即放大器的输入电压 U_i), 使示波器上所显示

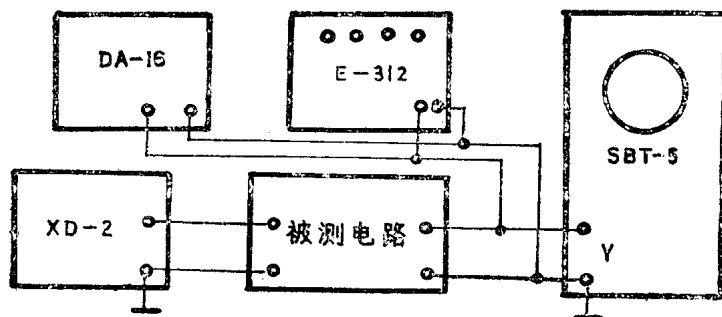


图 3—4 测试仪器连接图

表 3—2

R_c	R_L	U_i	$A_u = U_o / U_i$
3K Ω	5.1K Ω	5mV/1KHz	
3K Ω	1.5K Ω	5mV/1KHz	

的波形出现较明显的失真, 一般为单边失真, 说明工作点不在负载线的中点。这时调节 R_w , 使波形不失真。再加大输入信号, 使波形的两边同时出现将失真而未失真的最大不失真状态。这一步骤应反复进行几次才能调好, 此时可认为工作点已调至负载线的中点。

(2) 测量此状态下的输出电压 U_o , 并计算出动态范围 $2\sqrt{2}U_o$ 的值, 填入表 3—3 中。

表 3—3

R_c	R_L	U_o	$2\sqrt{2}U_o$
3K Ω	5.1K Ω		
3K Ω	1.5K Ω		

5、观察 R_c , I_c 对输出波形的影响

负载电阻为 $5.1K\Omega$, 固定 I_c , 改变 R_c , 观察 R_c 对输出波的影响。再固定 R_c , 改变 I_c 对输出波形的影响, 将结果填入表 3—4 中。

表 3—4

	R_L	R_c		Q 点位置	
	5.1K Ω	3K Ω	1.5K Ω	截止区	饱和区
U_o 波形					

6、测量放大器的频响曲线 (幅频特性)

调试电路使工作点位于交流负载线的中点, 以保证输出波形不失真。逐次改变输入信

号的频率，在输入信号电压不变的条件下，测量各次的输出电压，填入表3—5中。计算下列频率时的放大倍数，绘出放大器的频响曲线。

表3—5

f	50Hz	100Hz	200Hz	1000Hz	1500Hz	2000Hz	2500Hz	3000Hz	3500Hz	4000Hz
U_o										
$A_v = \frac{U_o}{U_i}$										

五、实验报告要求

- 1、整理实验数据，总结工作点位置变化对放大倍数和输出波形的影响。
- 2、从表3—5的记录中，指出 A_v 下降0.707倍时的上限频率和下限频率，绘出频响曲线。

六、思考题

- 1、在单级放大电路中，将NPN型晶体管换为PNP型晶体管， E_c 及电解电容的极性应如何改变？绘图表示。
- 2、判断波形失真的类型，并分析其原因。

实验四 负反馈放大器

一、实验目的

- 1、了解负反馈对放大器放大倍数的影响。
- 2、了解负反馈对放大器通频带的影响。
- 3、了解负反馈对放大器输入、输出阻抗的影响。

二、实验原理

负反馈放大电路如图4—1所示。该电路是一电压串联负反馈放大器，通过开关K位置的变化，可测有、无负反馈情况下的各项技术指标。

1、负反馈对放大倍数的影响

由负反馈放大器的放大倍数的一般关系式 $A_F = \frac{A}{1+FA}$ 说明，引入负反馈后，放大器的放大倍数下降了 $(1+FA)$ 倍，但使其稳定性提高。

2、负反馈对放大器通频带的影响

放大器引入负反馈后，使上限频率为： $f_{HF} = (1+FA)f_H$ ；使下限频率为：

$$f_{LF} = \frac{f_L}{1+FA}，从而整个通频带变宽。$$