

浙江大学实验报告

课程名称： 电路与模拟电子技术实验 指导老师： 周晶 成绩： _____

实验名称： 三极管共射极放大电路 实验类型： 模拟电子技术实验 同组学生姓名： _____

一、实验目的和要求

1. 学习共射放大电路的设计方式与调试技术；
2. 掌握放大器静态工作点的测量与调整方法，了解在不同偏置条件下静态工作点对放大器性能的影响；
3. 学习放大电路的电压放大倍数、输入电阻、输出电阻及频率特性等性能指标的测试方法；
4. 了解静态工作点与输出波形失真的关系，掌握最大不失真输出电压的测量方法；
5. 进一步熟悉示波器、函数信号发生器的使用。

二、实验内容和原理

A. 实验原理：

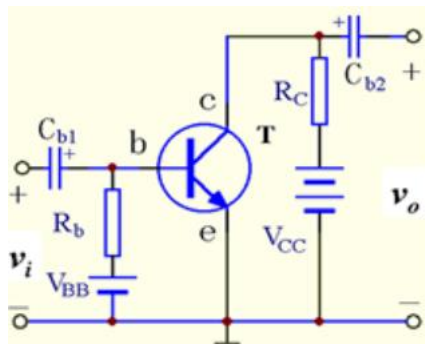
1. 共射极放大电路分析：

1.1 放大电路概念：基本放大电路一般是指由一个三极管与相应元件组成的三种基本组态放大电路。

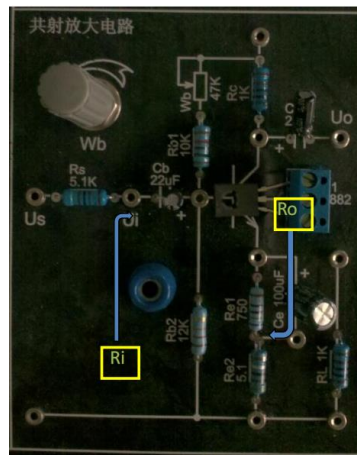
- a. 放大电路主要用于放大微弱信号，输出电压或电流在幅度上得到了放大，输出信号的能量得到了加强。
- b. 输出信号的能量实际上是由直流电源提供的，经过三极管的控制，使之转换成信号能量，提供给负载。

1.2 电路组成：

- a. 三极管 T；
- b. V_{CC} ：为 JC 提供反偏电压，一般几到几十伏；
- c. R_C ：将 I_c 的变化转换为 V_o 的变化，一般几 K 到几十 K。 $V_{CE} = V_{CC} - I_c R_C$ R_C , V_{CC} 同属集电极路。
- d. V_{BB} ：为发射结提供正偏。
- e. 一般几十 K 到几千 K。 R_b , V_{BB} 属基极回路。
- f. C_{b1} , C_{b2} ：耦合电容或隔直电容，其作用是通交流隔直流。
- g. V_i ：输入信号。
- h. V_o ：输出信号。
- i. 公共地或共同端。



2. 共射电路实验板：

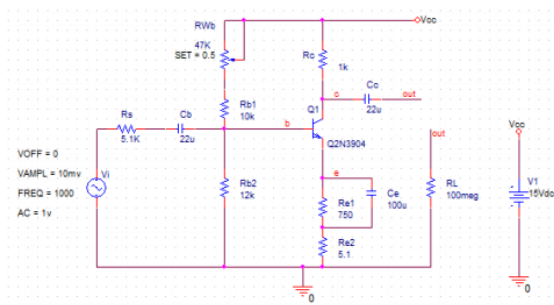


共射电路实验板

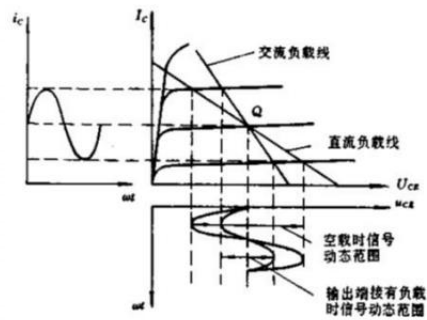
3. 最佳静态工作点

要使放大电路不失真地放大，静态工作点必须选择合适。

$$\Delta v_{CE} = -\Delta i_C \cdot R_L' = -\Delta i_C \cdot (R_C \parallel R_L) \quad , \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_{e1} + R_{e2})$$



测量静态工作点实验电路图



放大器的最佳静态工作点

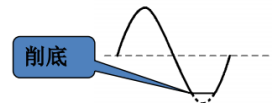
4. 最佳静态工作点确定

要使放大器不失真地放大，工作点必须选择合适。初选静态工作点时，可以选取直流负载线的中点，即 $V_{CE} = 1/2 \times V_{CC}$ 或 $I_C = 1/2 \times V_{CC}/R_C$ 。

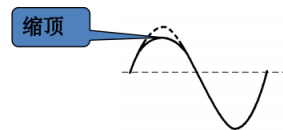
这样便可获得较大输出动态范围。当放大器输出端接有负载 R_L 时，因交流负载线比直流负载线要陡，所以放大器动态范围要变小，如上图所示。当发射极接有电阻时，也会使信号动态范围变小。要得到最佳静态工作点，还要通过调试来确定，一般用调节偏置电阻 R_{Wb} 的方法来调整静态工作点。

5. 静态工作点对输出电压波形的影响

(1) I_{CQ} 变大， V_o 出现饱和失真，形状为“削底”失真。



(2) I_{CQ} 减小， V_o 出现截止失真，形状为“缩顶”失真。

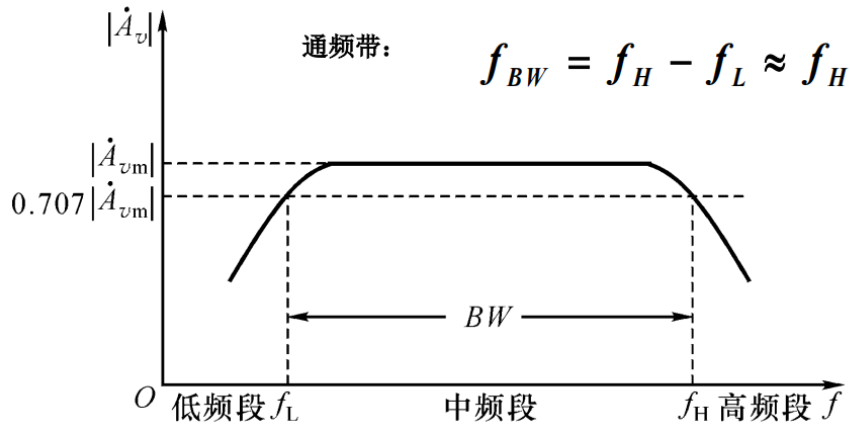


(3) I_{CQ} 正常，当加大输入信号时， V_o 同时出现饱和与截止失真。



6. 频率特性（上下限频率）

放大电路的放大倍数下降到中频段的 0.707 倍（即-3dB）所对应的频率，分别称为上限频率 f_H 和下限频率 f_L 。

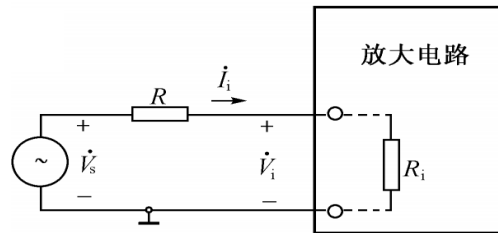


7. 测量输入电阻的测量原理:

放大电路的输入电阻可用电阻分压法来测量，图中 R 为已知阻值的外接电阻，分别测出 V_s 和 V_i ，则

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{V_i}{(V_s - V_i)/R}$$

$$= \frac{V_i}{V_s - V_i} R$$

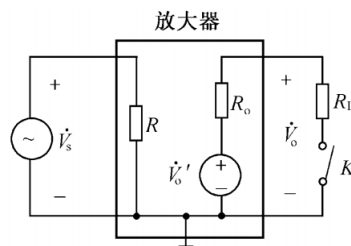


8. 测量输出电阻的测量原理:

放大电路的输出电阻可用增益改变法来测量，保持信号源幅度不变，分别测出负载开路时的输出电压 V_o' 和带上负载 R_L 后的输出电压 V_o ，则

$$V_o = \frac{R_L}{R_o + R_L} V_o'$$

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

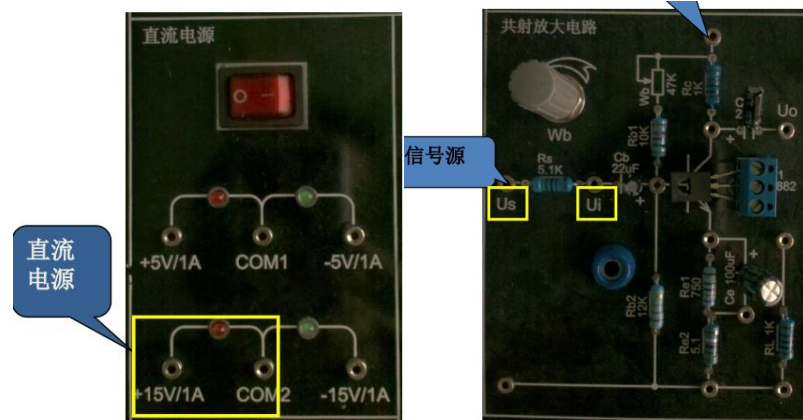


B. 实验内容

1. 静态工作点的测量与调整;
2. 测量电压放大倍数;
3. 测量最大不失真输出电压;
4. 测量输入电阻;
5. 测量输出电阻。

三、主要仪器设备

示波器、信号发生器、万用表、共射电路实验板



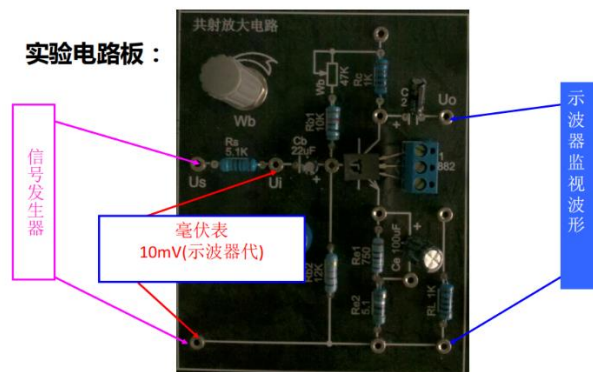
四、操作方法和实验步骤

1. 静态工作点的测量和调试：

- (1) 按所设计的放大器的元件连接电路，根据电路原理图仔细检查电路的完整性。
- (2) 开启直流稳压电源，用万用表检测 15V 工作电压，确认后，关闭电源。
- (3) 将放大器电路板的工作电源端与 15V 直流稳压电源接通。然后，开启电源。此时，放大器处于工作状态。
- (4) 调节偏置电位器，使放大电路的静态工作点满足设计要求 $I_{CQ} = 6\text{mA}$ 。为方便起见，测量 I_{CQ} 时，一般采用测量电阻 R_C 两端的压降 V_{RC} ，然后根据 $I_{CQ} = V_{RC}/R_C$ 计算出 I_{CQ} 。
- (5) 测量晶体管共射极放大电路的静态工作点，并将测量值、仿真值、理论估算值记录在表中进行比较。

2. 测量电压放大倍数 ($R_L = \infty$ 、 $R_L = 1\text{k}\Omega$)：

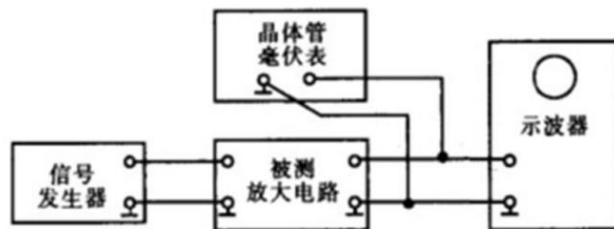
- (1) 从函数信号发生器输出 1kHz 的正弦波，加到电路板上的 U_s 端。
- (2) 用示波器检查放大电路输出端是否有放大的正弦波且无失真。
- (3) 用示波器测量输入电压 U_i ，调节函数信号发生器幅度，使电路输入 $U_i = 10\text{mV}$ （有效值）。
- (4) 负载开路，用示波器测出输出电压 U_o 有效值，求出开路放大倍数。
- (5) 负载接上 $1\text{k}\Omega$ ，再次测量输出电压 U_o ，求出带载放大倍数。



测量电压放大倍数实验电路

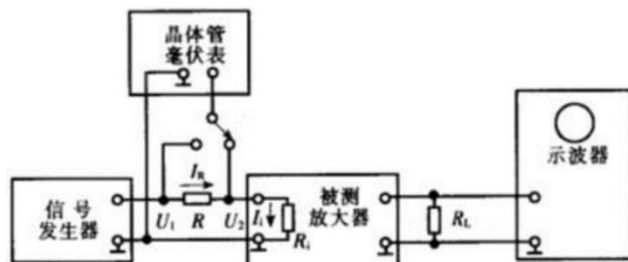
3. 测量最大不失真输出电压 ($R_L = \infty$ 、 $R_L = 1\text{k}\Omega$)：

- (1) 负载开路，逐渐增大输入信号幅度，直至输出刚出现失真。
- (2) 用示波器测出此时的输出电压有效值，即为最大不失真输出电压 V_{omax} 。
- (3) 负载接上 $1\text{k}\Omega$ ，再次测量最大不失真电压 V_{omax} 。



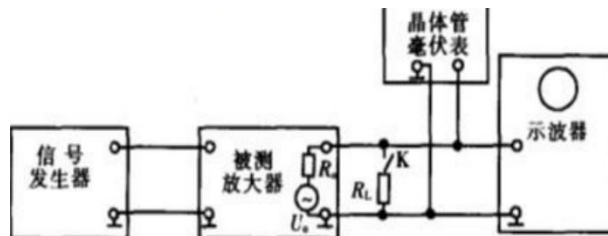
4. 测量输入电阻 R_i ($R_L = 1k\Omega$) :

- (1) 从函数信号发生器输出正弦波，加到电路板上的 U_s 端。
- (2) 用示波器测出 U_s 和 U_i 电压。
- (3) 求出输入电阻。



5. 测量输出电阻 R_o :

- (1) 从函数信号发生器输出正弦波。加到共射放大电路的输入端。
- (2) 断开负载，用示波器测出输出电压 V_o' 。
- (3) 接上负载，用示波器测出输出电压 V_o 。
- (4) 计算输出电阻 R_o 。



五、实验数据记录和处理

1. 静态工作点的测量和调试:

	V_B (V)	V_E (V)	V_C (V)	I_{CQ} (mA)
理论值	5.26	4.56	9.00	6
实测值	5.22	4.60	9.15	6

2. 测量电压放大倍数:

测试条件	实测值 (有效值)				理论值 A_v
	V_s (mV)	V_i (mV)	V_o (V)	$A_v/(V)$	
$R_L = \infty$	49.4	10.01	0.91	91.0	112.8
$R_L = 1k$	49.5	10.33	0.45	43.6	56.4

3. 测量最大不失真输出电压：

测试条件	实测值		理论值
	V_{omax} (有效值) /V	V_{omax} (峰值) /V	V_{omax} (峰值)
$R_L = \infty$	2.91	4.12	3.74(饱和)
$R_L = 1k$	2.06	2.91	3.00(截止)

4. 测量输入电阻 R_i ($R_L = 1k\Omega$)

输入电阻 (实测值)			理论值
V_s (mV)	V_i (mV)	$R_i/k\Omega$	$R_i/k\Omega$
49.4	10.01	1.30	1.33

5. 测量输出电阻 R_o

输出电阻 (实测值)			理论值
$V_{o'}$ (V)	V_o (V)	$R_o/k\Omega$	$R_o/k\Omega$
87.1	43.2	1.015	1

六、实验数据记录和处理

1. 理论值计算

1.1 电路原理图 (配合计算使用)

