

西安电子科技大学

电子线路实验（I） 课程实验报告

实验名称 单级共射、共集放大电路性能与研究实验

电子工程 学院 2302061 班

姓名 李达航 学号 23009101011

实验日期 2025 年 4 月 27 日

成绩

指导教师评语：

指导教师：

年 月 日

实验报告内容基本要求及参考格式

- 一、实验目的
- 二、实验所用仪器（或实验环境）
- 三、实验基本原理及步骤（或方案设计及理论计算）
- 四、实验数据记录（或仿真及软件设计）
- 五、实验结果分析及回答问题（或测试环境及测试结果）

# 单级共射、共集放大电路性能与研究实验

## 一、实验目的

1. 掌握放大器组成基本原理及其放大条件。
2. 明确交流通路与直流通路的区别。
3. 学会放大器静态工作点的调整。
4. 学会共射放大器放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量方法。
5. 掌握共集放大器的特点和应用场合。掌握场效应管放大器的特点及应用。

## 二、实验所用仪器设备

1. 测量仪器：双踪示波器、万用表、信号源、毫伏表、直流稳压电源等。
2. 模拟电路通用实验板(内含三极管、电阻、电位器、电容)。
3. 电子线路器件工具箱。

## 三、实验内容及要求

### 1. 基本命题

- (1) 首先用万用表判断所用器件的好坏。(比如连接导线,所用三极管的极性与好坏)。
- (2) 参考图 1, 在给定的通用板上搭建电路, 用万用表检查电路连线是否正确, 特别要判断电源与地之间是否有短路现象, 如果有短路现象则重新检查电路。

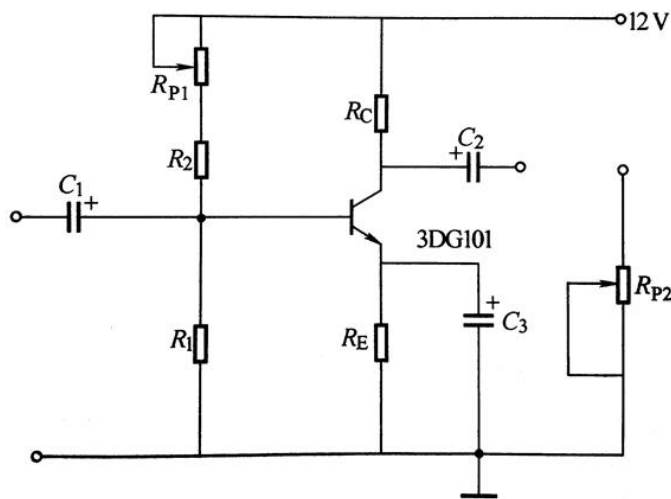


图 1 共射放大器电路

(3) 加电源+12V, 调节  $R_{P1}$ , 用万用表观察  $U_{CE}$  直流电压在较大范围变化即可 (一般在 2V 到 10V 之间)。

(4) 将  $R_{P1}$  分别调到最大和最小的情况下, 输入 1 kHz 正弦信号, 用示波器观察其输出波形, 并判断失真类型。

(5) 将静态工作点调至 ( $U_{CE} = 5V$ ), 输入 1 kHz 正弦信号, 大小以不失真为原则, 测量放大器的直流工作点、放大倍数 ( $R_{P2} = 10k\Omega$ , 接入放大器)、输入电阻、输出电阻, 并将测试数据列入表 1 中。

表 1 单级共射放大器测试数据

| 直流工作点     |          |          |          |          | 增益    | 输入电阻  | 输出电阻  |
|-----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-------|
| $U_{CEQ}$ | $U_{CQ}$ | $U_{EQ}$ | $U_{BQ}$ | $I_{CQ}$ | $A_u$ | $R_i$ | $R_o$ |
|           |          |          |          |          |       |       |       |

## 四、实验说明及思路提示

### 1. 基本命题

#### (1) 直流工作点的调整及测试

放大器的直流工作点  $Q$  通常是指管压降  $U_{CEQ}$  和集电极电流  $I_{CQ}$ ，记作  $Q(U_{CEQ}, I_{CQ})$ 。放大器的负载电阻  $R_C$ 、射极电阻  $R_E$ 、电源电压  $V_{CC}$ 、偏置电阻  $R_B(R_{PQ}, R_2, R_1)$  和三极管特性等，都会影响其直流工作点。当放大电路及三极管确定以后，可以通过调整上偏置电阻  $R_{P1}$ ，以达到所需要的直流工作点。

#### (2) 放大器参数 $A_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 测试

参数  $A_u$ 、 $R_i$ 、 $R_o$  测量时测量仪器与实验板的连接如图 2 所示。

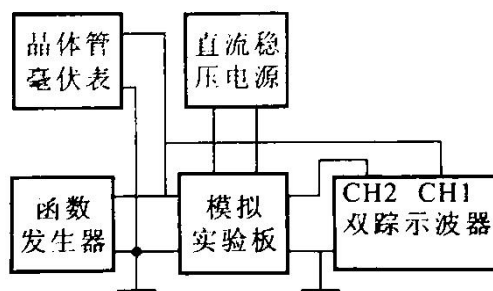


图 2 测试仪器与实验板的连接

#### i. 最大输出动态范围 $U_{opp}$ 的测试

按图 2 所示接线，给放大器输入 1 kHz 的正弦信号，慢慢增大输入信号，使之出现明显失真，根据失真波形调工作点 ( $R_{P1}$ )，使失真消失。继续增大输入信号，再调工作点，直到增大信号时同时出现截止和饱和失真，再减小输入信号，使之刚好不失真，用示波器测量这时输出电压的峰-峰值  $U_{opp}$ ，即放大器输出最大线性动态范围。

#### ii. 电压放大倍数 $A_u$ 的测试

放大器的电压放大倍数  $A_u$  是指在输出电压不失真时，输出电压  $u_o$  与输入电压  $u_i$  振幅或有效值之比，即

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} \quad (1a)$$

在实验中，需要用示波器监视输出。用交流毫伏表测量放大器输入和输出电压的有效值，然后按公式 (1a) 进行计算。

也可用双踪示波器分别测量放大器输入和输出电压的峰-峰值，然后按公式 (1b) 进行计算

$$A_u = \frac{U_{opp}}{U_{iPP}} \quad (1b)$$

#### iii. 输入电阻 $R_i$ 的测试

输入电阻  $R_i$ ，是指从放大器输入端看进去的等效电阻。实际测试输入电阻  $R_i$  的接线如图 3

所示。在被测放大器前加一个电阻  $R$ ，输入正弦信号，用毫伏表或示波器分别测量  $R$  两端对地的电压  $u_A$  与  $u_B$ 。则

$$R_i = \frac{u_B}{u_A - u_B} R \quad (2)$$

从减小测量误差出发，当  $R = R_i$  时测量误差最小。因此，为了减小测量误差，一般取  $R$  接近  $R_i$  或将  $R$  换成一个可变电阻  $R_P$ ，调节  $R_P$  使  $u_B = \frac{1}{2} u_A$ ，这时  $R_i = R_P$ 。

#### iv. 输出电阻 $R_o$ 的调试

输出电阻  $R_o$  是指从放大器输出端看进去的等效电阻。实际测试输出电阻  $R_o$  解线如图 4 所示。在被测放大器后加一个负载电阻  $R_L$ ，输入端加入正弦信号，用毫伏表分别测量空载和加负载电阻  $R_L$  时的输出电压  $u_o$  与  $u_L$ 。则

$$R_o = \frac{u_o - u_L}{u_L} R_L \quad (3)$$

从减小误差出发，当  $R_L = R_o$  时测量误差最小。因此，为了减小测量误差，一般取  $R_L$  接近  $R_o$  或将  $R_L$  转换成一个可变电阻  $R_P$ ，调节  $R_P$  使  $u_L = \frac{1}{2} u_o$ ，这时  $R_o = R_P$ 。

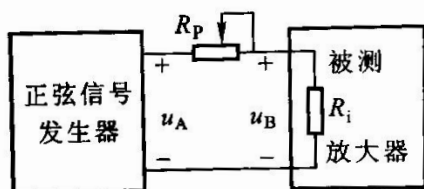


图 3 输入电阻测量原理图

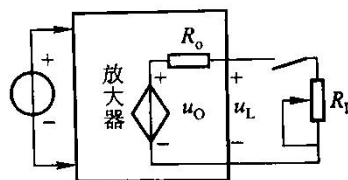


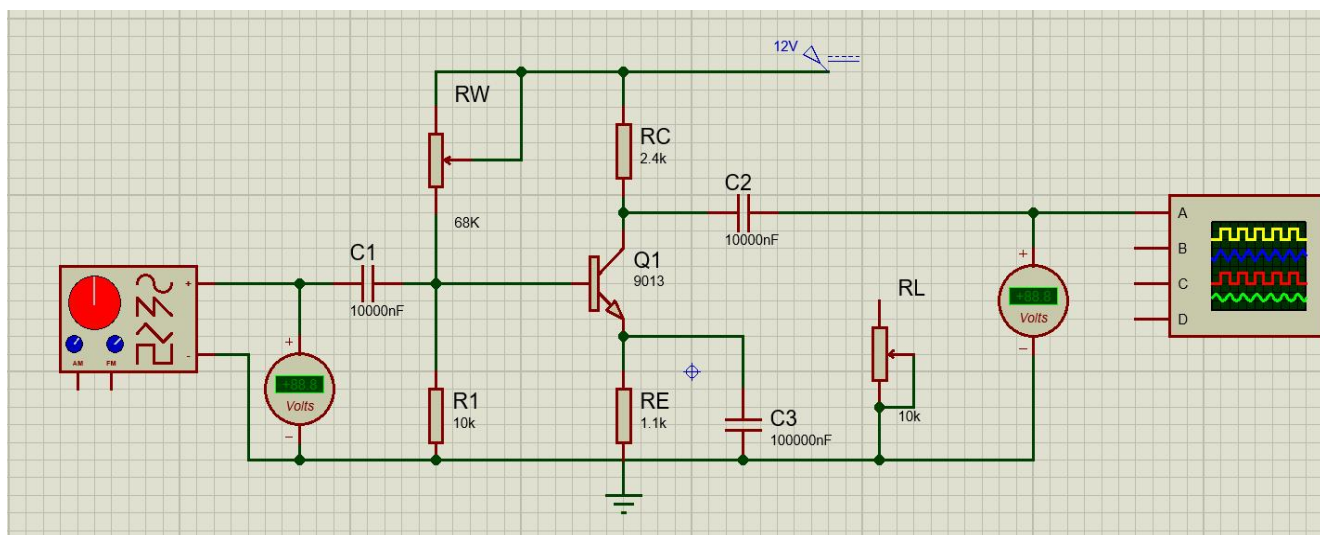
图 4 输出电阻测量原理图

## 五、实验电路设计和实验方法描述

（实验设计过程应包含从题目分析到电路设计的全过程，包括但不限于参数计算、画出电路图等，实验方法描述是指用什么测量工具测试数据）

### 1. 实验电路设计

如下图所示：



## 2. 实验方法描述

(1) 将  $R_{p1}$  分别调到最大和最小的情况下，接入函数信号发生器，输入设置为 1kHz 正弦信号，用示波器观察其输出波形，并判断失真类型。

(2) 各直流工作点电压用数字式万用表直接测量即可，另外， $I_{cQ}$  采用间接测量的方式，先用万用表测出  $R_c$  两端电压  $U_c$  再除以阻值  $R_c$  得出电流  $I_{cQ}$  的具体值。

(3) 增益  $A_u$  的测量：

接入函数信号发生器，输入 1kHz 的正弦信号，大小以不失真为原则（本实验中为 5mV），再用毫伏表同时测出输入电压  $U_i$  和输出电压  $U_o$ ，利用公式：

$$A_u = \frac{U_o}{U_i}$$

即可计算出增益的具体值。

(4) 输入电阻  $R_i$  的测量：

在被测放大器前加一个电阻  $R$ ，输入正弦信号（1kHz 20mV），用毫伏表或示波器分别测量  $R$  两端对地的电压  $u_A$  与  $u_B$ 。则

$$R_i = \frac{u_B}{u_A - u_B} R$$

从减小测量误差出发，当  $R=R_i$  时测量误差最小。因此，为了减小测量误差，一般取  $R$  接近  $R_i$  或将  $R$  换成一个可变电阻  $R_p$ ，调节  $R_p$  使  $u_B = \frac{1}{2}u_A$ ，这时  $R_i=R_p$ 。（本实验中  $R=1k\Omega$ ）

(5) 输出电阻  $R_o$  的测量：

在被测放大器后加一个负载电阻  $R_L$ ，输入端加入正弦信号（1kHz 5mV），用毫伏表分别测量空载和加负载电阻  $R_L$  时的输出电压  $u_o$  与  $u_L$ 。则

$$R_o = \frac{u_o - u_L}{u_L} R_L$$

从减小误差出发，当  $R_L=R_o$  时测量误差最小。因此，为了减小测量误差，一般取  $R_L$  接近  $R_o$  或将  $R_L$  转换成一个可变电阻  $R_p$ ，调节  $R_p$  使  $u_L = \frac{1}{2}u_o$ ，这时  $R_o=R_p$ 。（本实验中  $R_L = 10k\Omega$ ）

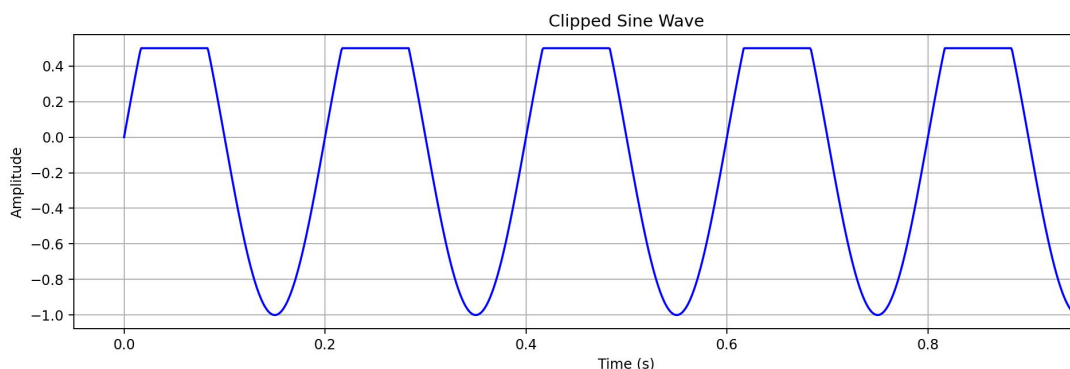
## 六、数据记录与处理

① 实验内容 1：

- a. 使用万用表测得三极管（9013）工作正常
- b. 加电源 12V， $U_{CE}$  直流电压变化范围：0 ~ 9.04V

1) 将  $R_{p1}$  调到最大的情况下，输入 1 kHz、 $u_{i(有效)}=50\text{ mV}$  (左右) 正弦信号，用示波器观察输出波形：

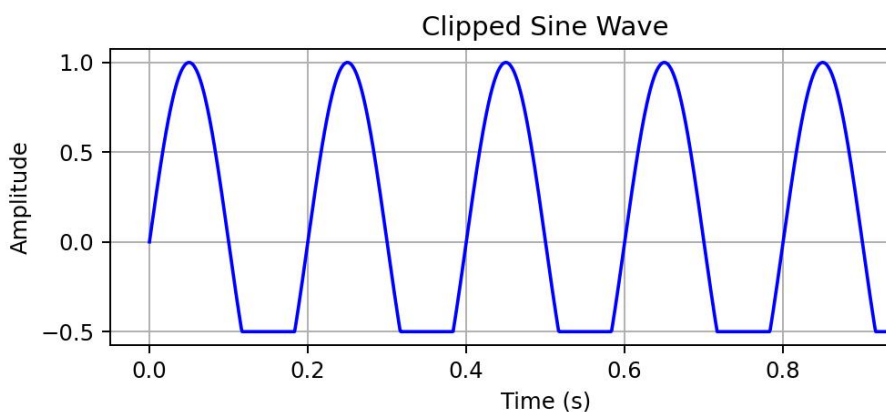
定性绘制：（使用 Python 定性绘图）



失真类型：顶部较平，为截止失真（共射电路输出反相）

2) 将  $R_{P1}$  调到最小的情况下，输入 1 kHz、 $u_{i(\text{有效})}=50 \text{ mV}$ (左右)正弦信号，用示波器观察其输出波形：

定性绘制：（使用 Python 定性绘图）：



失真类型：底部较平，为饱和失真（共射电路输出反相）

## ②实验内容 2:

1) 将静态工作点调至 ( $U_{CE} = 5V$ ) 直流工作点记录在表格 1 中。

2) 输入 1 kHz, 5mV 的正弦信号，原始数据的记录以及计算过程：

$$I_{CQ}: \quad U_{RC}=4.45 \text{ V} \quad R_C=2.4 \text{ k}\Omega \quad I_{CQ} = \frac{U_{RC}}{R_C} = \frac{4.84V}{2.4k\Omega} = 2.017mA$$

(注:以下电压数据皆为数字交流毫伏表测出)

$$A_u: \quad u_i=4.66 \text{ mV} \quad u_o=0.655V \quad A_u = \frac{u_o}{u_i} = \frac{0.655V}{4.66mV} = 140.5579$$

$$R_i: \quad R=1k\Omega \quad u_A=4.720mV \quad u_B=3.392mV$$

$$R_i = \frac{u_B}{u_A - u_B} * R = \frac{3.392mV}{4.72mV - 3.392mV} * 1k\Omega = 2.983k\Omega$$

$$R_o: \quad R_L=10k\Omega \quad u_L=0.531V \quad u_o=0.656V$$

$$R_o = \frac{u_o - u_L}{u_L} * R_L = \frac{0.656V - 0.531V}{0.531V} * 10k\Omega = 2.354k\Omega$$

结果填入表格 1 中：

表 1 单级共射放大器测试数据

| 直流工作点     |          |          |          |          | 增益       | 输入电阻             | 输出电阻             |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------|------------------|
| $U_{CEQ}$ | $U_{CQ}$ | $U_{EQ}$ | $U_{BQ}$ | $I_{CQ}$ | $A_u$    | $R_i$            | $R_o$            |
| 5V        | 7.25V    | 2.25V    | 2.89V    | 1.7mA    | 140.5579 | 2.983 k $\Omega$ | 2.354 k $\Omega$ |

3) 误差计算：

$R_i$ : 理论值 2.983 k $\Omega$

$$\text{误差} = \frac{|2.983k\Omega - 2k\Omega|}{2k\Omega} * 100\% = 49.15\%$$

$R_o$ : 理论值 2.354 k $\Omega$

$$\text{误差} = \frac{|2.354k\Omega - 2.4k\Omega|}{2.4k\Omega} * 100\% = 1.916666667\%$$

## 七、实验分析与总结

- 1、 本次实验所测得的  $R_i$  误差较大，初步推断是测量误差的问题（读数时数字交流毫伏表示数波动较大）
- 2、 通过本次实验本人了解了放大器的基本组成原理以及放大条件
- 3、 在本次实践中学会了放大器静态工作点的调整。
- 4、 在本次实践中学会了测量共射放大器的放大倍数、输入电阻、输出电阻。