

# 东南大学电工电子实验中心

## 实 验 报 告

课程名称： 电工电子实践基础

### 第 1 次实验

实验名称： 单级低频电压放大器

院（系）： 机械工程学院 专 业： 机械工程专业

姓 名： 杨新雄 学 号： 02021202

实 验 室： 105 实验组别： 02

同组人员： \_\_\_\_\_ 实验时间： 2023 年 3 月 28 日

评定成绩： \_\_\_\_\_ 审阅教师： \_\_\_\_\_

# 单级低频电压放大器

## 一、实验目的

- 1、掌握单级晶体管电压放大器静态工作点的设置与调整方法
- 2、熟悉放大器的主要性能指标及其测试方法

## 二、实验原理（主要写用到的的理论知识点，不要长篇大论）

### 1. 三极管的三种工作区

- 正常工作区：  $I_B > 0, V_{CE} > 0.2V$
- 截止区：  $V_{BE} < 0.5V, V_{BC} < 0.5V$
- 饱和区：  $I_B > 0, \beta I_B > I_C > 0$

三极管处于正常工作区的等效电路：

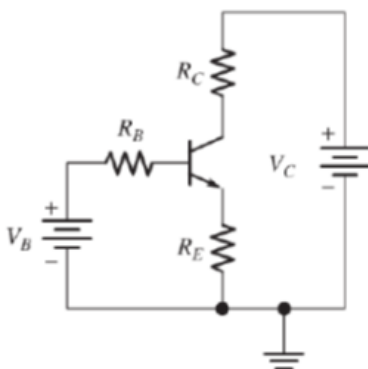


图 1.1 直流信号等效电路

### 2. 静态工作点满足的条件

$$V_B = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC}$$

$$V_B = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E$$

$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

### 3. 共射极电压放大器的小信号模型

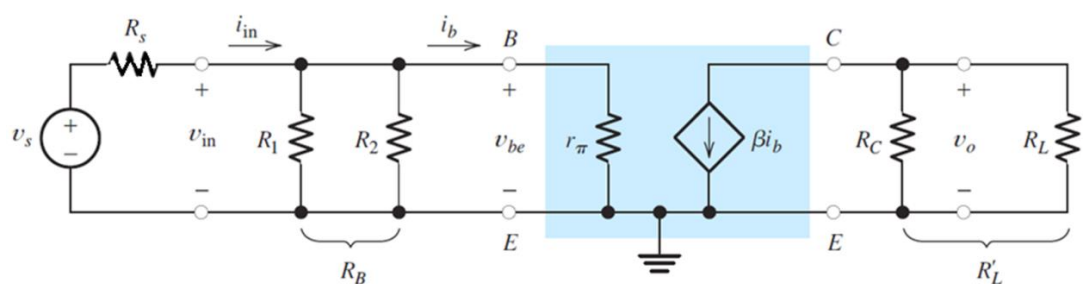


图 1.2 小信号模型电路

电压增益:  $A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_L \beta}{r_{\pi}}$

输入阻抗:  $R_i = \frac{v_{in}}{i_{in}} R_s = \frac{v_{in}}{i_{in}} = \frac{1}{1/R_B + 1/r_{\pi}}$

输出阻抗:  $R_o = \frac{v_{oc} - v_o}{v_o} R_L = R_C$

### 三、实验内容

根据图 3 所示电路接线,  $U_{CC}=12V$ , 连接电路时应注意: 电解电容为有极性电容, 其正极应接在高电位, 不能接反。

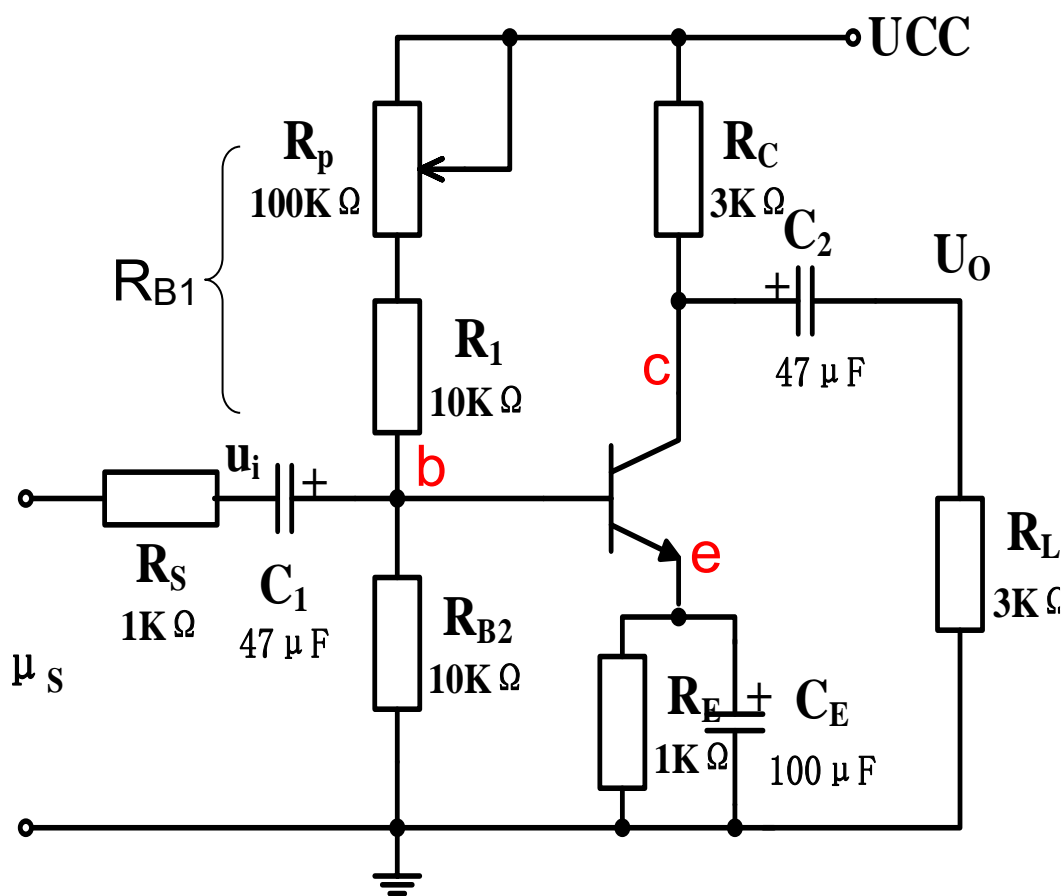


图 1.3 单级共射放大器

(1) 放大器静态工作点的调整及测量;

输入端接地，调整  $R_P$ ，使三极管发射极对地电位  $U_E=2V$ ，即调整该放大器静态工作电流为  $I_{CQ}=2\text{mA}$ ，测量此时  $U_B$  和  $U_E$ ，记录数据，填入表 1 中。

表格 1 测量静态工作点

$U_E/V$	$U_B/V$	$U_C/V$	$U_{BE}=U_B-U_E/V$	$U_{CE}=U_C-U_E/V$
2.011	2.6449	6.0677	0.5339	4.6339

实验结果分析：当输入的直流信号为  $12V$  时，通过调节  $R_P$  使  $U_E=2V$ 。在此状态下  $U_{BE}>0.5V$  且  $U_{CE}>0.2V$ ，静态工作点处于正常工作区。

(2) 放大器电压放大倍数  $A_u$ 、输入电阻  $R_i$ 、输出电阻  $R_o$  的测量

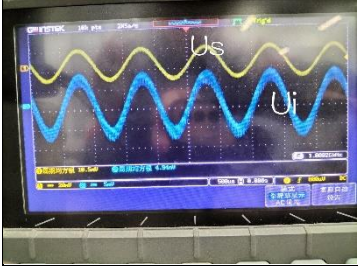

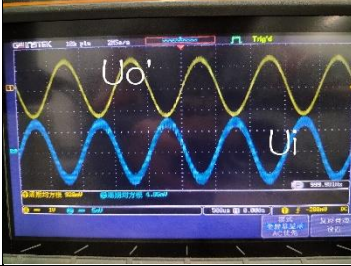
在放大器输入端输入频率为  $f=1kHz$  的正弦信号，调节信号源输出电压  $U_s$  使  $U_i=5mV$ ，测量  $U_s$ 、 $U_o$  ( $R_L$  接入) 和  $U_o'$  ( $R_L$  未接入)，记录数据填入表 2 中。注意：用双踪示波器监视  $U_o$  及  $U_i$  的波形时，必须确保在  $U_o$  基本不失真时读数。

表格 2 电压放大倍数及输入输出电阻的测量与计算

测量值				计算值		
$U_s/mV$	$U_i/mV$	$U_o'/V$	$U_o/V$	$A_u = \frac{U_o}{U_i}$	$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} R_s$	$R_o = \frac{U_o' - U_o}{U_o} R_L$
10.5	5	0.928	0.520	-104	0.909	2.354

注意：实验时注意用双踪示波器观察  $U_i$  和  $U_o$  的波形，应在输出波形不失真条件下进行测量，若有波形失真，应减少信号电压  $U_s$ 。

表格 3  $U_i=5mV$  时输入输出波形

$U_s$ & $U_i$	$U_o$ & $U_i$	$U_o'$ & $U_i$
		

实验结果分析：通过调节信号发生器使得输入电压为  $5mV$ ，在此情况下测得的输出电压为  $520mV$ ，开路电压为  $928mV$ 。经过计算可以得出  $A_v$ 、 $R_i$ 、 $R_o$ 。可以看出放大倍数接近于 100，输出阻抗约等于  $R_C$ ，这与理论值比较接近，有些许误差。

(3) 观察静态工作点不同对输出波形的影响；

适当加大输入信号，增大  $R_P$  的值，观察并记录截止失真的输出电压波形；减小  $R_P$  的值，观察并记录饱和失真的输出电压波形。

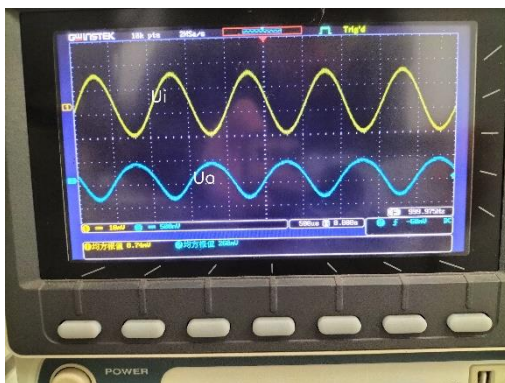


图 1.4 截止失真波形

此时  $U_S = 10.5\text{mV}$ ,  $U_{BQ} = 3.64\text{V}$ ,  $U_{CQ} = 3.20\text{V}$ ,  $U_{EQ} = 2.99\text{V}$

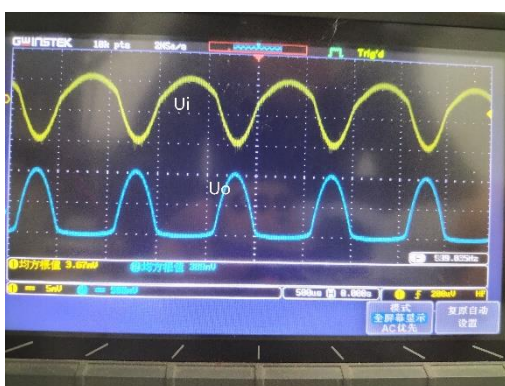


图 1.5 饱和失真波形

此时  $U_S = 10.5\text{mV}$ ,  $U_{BQ} = 2.96\text{V}$ ,  $U_{CQ} = 5.13\text{V}$ ,  $U_{EQ} = 2.32\text{V}$

实验结果分析：当逐渐增大  $R_p$  时，输出电压会出现截止失真，表现为上部被削平；当逐渐减小  $R_p$  时，输出电压会出现饱和失真，表现为下部被削平；

(4) 测量放大器的最大不失真输出电压。

轮流调节  $R_p$  和  $U_S$ ，用示波器观察输出电压  $U_o$  波形，使输出波形为最大不失真正弦波。测量并记录此时静态集电极电流  $I_{CQ}$ （测量出  $U_E$ ， $I_C = U_E / R_E$ ）和输出电压的峰峰值  $U_{opp}$ 。

表格 4 测量放大器的最大不失真输出电压

$U_E$	$I_C = \frac{U_E}{R_E}$	$U_{orms}$	$U_{opp}$
2.4782V	2.4782mA	1.33V	3.76V

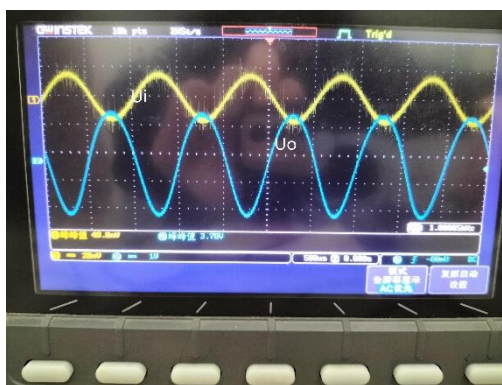


图 1.6 最大不失真输入输出波形

## 四、实验总结

### 1. 实验误差分析

#### 1) 放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻的测量

测量得到的放大倍数比理论放大倍数偏大,主要原因可能是调节的函数信号发生器输入的电压偏大,致使输出电压偏大,从而得到的测量放大倍数偏大。输出阻抗与理论值偏小,主要原因可能是测量得到的输出电压偏大。

#### 2) 静态工作点不同对输出波形的影响

在增加  $R_p$  时使电路处于截止区产生的截止失真波形不够明显,主要原因可能是调节的  $R_p$  阻抗大小偏小。

#### 3) 测量放大器的最大不失真输出电压

最大的不失真输出电压比理论值较小,可能原因是  $R_p$  调节的偏大。

### 2. 思考题

#### 1) 放大电路,上偏置电阻 $R_{B1}$ 中接有 $R_i$ 的目的是什么?

$R_i$  是保护电阻,如果没有这个保护电阻,当可变电阻  $R_p$  调节到为零时,电源的 12V 电压就会直接加到基极,损坏三极管

#### 2) 分压式偏置电阻 $R_{B1}, R_{B2}$ 的大小对稳定静态工作点以及对输入电阻 $R_i$ 会产生什么影响?

分压式偏置电阻会影响  $V_B$  的分压大小,  $R_{B2}$  相对于  $R_{B1}$  越大,  $V_B$  越大。分压式偏置电阻越大,  $R_i$  越大

#### 3) 假设三极管饱和管压降 $U_{CES} = 0$ , 穿透电流 $I_{CES} = 0$ , 你能估算出该电路最大不失真输出电压 $U_{om}$ 为多大? (静态工作点设置在交流负载线中间)

6V. 理想情况下,最大不失真输出电压幅值应该是电源电压的一半。12V 直流电源供电,最大输出电压幅值为 6V。

### 3. 实验出现的问题

a) 面包板发生故障,接路电路依然无法测量电压  $U_E$ : 原因是面包板接地极损坏

b) 在测量  $A_v, R_i, R_o$  时,无法调节示波器显示正确波形: 原因是示波器故障,对于小信号显示不好

c) 在测量最大不失真输入输出电压时示波器无法显示正确波形: 原因是电路接线出现问题。

### 4. 收获体会

通过此次实验让我加深了对单极共射放大电路的理解，明白了饱和失真和截止失真的波形图，知道了如何通过调节输入信号和偏置电阻来实现电路达到最大不失真输出电压。同时我也更加熟悉了示波器、函数发生器、直流电源、万用表的使用，知道如何调节示波器来显示出一个稳定波形，并实现双踪显示。

## 五、实验建议（欢迎大家提出宝贵意见）

无