



南京邮电大学
Nanjing University of Posts and Telecommunications

电工电子实验报告

课程名称： 电工电子基础实验

实验项目： 单极放大电路

学 院： 自动化学院、人工智能学院

班 级： B210426

学 号： B21080526

姓 名： 单家俊

指导教师： 陈建飞

学 期： 2022-2023 学年第 一 学期

模拟电路设计、测试

一、 实验目的

- 1、 掌握单极放大电路的设计方法。
- 2、 掌握交、直流参数的调试方法
- 3、 研究静态工作点的调整方法及静态工作点对输出电压的影响。
- 4、 通过理论计算值与实测值的对比,初步了解模拟电路实验的工程性。

二、 主要仪器设备及软件

硬件：实验箱、万用表、示波器、信号发生器、波特测试仪
软件：

三、 实验原理（或设计过程）

实验原理：

一、确定静态工作点

1 确定 U_{CEQ} : $U_{CEQ} > 1/2 U_{opp} + U_{CES}$

2 确定 I_{CQ} : $I_{CQ} = (U_{CEQ} - U_{CES}) / R_L$ ’

二、电阻值选取

1 确定 R_{b1} 、 R_{b2} : $R_{b2} = \beta U_{bQ} / (5-10) I_{CQ}$

$$R_{b1} = (U_{CC} - U_{bQ}) * R_{b2} / U_{bQ}$$

2 确定 R_e

$$R_e = (U_{bE} - U_{bE(on)}) / I_{CQ}$$

3 确定 R_c

a. 当设计指标中有 R_0 要求时, $R_c = R_0$.

b. 当没有 R_0 要求时, 可根据 A_u 的要求确定 R_c 的值。

$$|A_u| = \frac{\beta R_L'}{r_{be}} = \frac{\beta}{r_{be}} (R_L \parallel R_3)$$

3 电容值选取

$$C_1 = (3 \sim 10) / 2\pi f L (R_s + r_{be})$$

$$C_2 = (3 \sim 10) / 2\pi f L (R_c + R_L)$$

$$C_3 = (3 \sim 10) / 2\pi f L R_s'$$

4 核算指标

静态工作点的调试

静态工作点是指无输入信号时，晶体管的 I_{bQ} 、 I_{cQ} 、 U_{ceQ} (或 U_{cQ})、 U_{beQ} (硅管一般近似为 0.6~0.7V，锗管一般近似为 0.2~0.3V)，其中以 I_{cQ} 为主，一般是指 I_{cQ} 、 U_{ceQ} 。

调整工作点时必须明确被测电路的作用。对于放大小信号的前置放大器，工作点调至要求值即可，而对于放大大信号的推动级或功放级放大器，调整工作点时应结合考虑输出交流信号的动态范围。

调整工作点时应分析直流偏置电路中各元件的作用，合理地调整相关元件。

设计过程：

(1) 集电极电阻 R_c 的确定：

由输出电阻 $R_o=3k$ 欧可得 $R_c=3k$ 欧

(2) 发射极电阻 R_e 的确定：

若取 $U_{opp}=5V$ ，则 $1/2U_{opp}=I_{cQ} \cdot R_L$ ，得出 I_{cQ} 约等于 1.7mA，所以 $R_e = (U_{cc} - U_{ceQ} - I_{cQ} \cdot R_c) / ((1 + \beta) / \beta \cdot I_{cQ})$ 求出 $R_e=815$ 欧，取 $R_e=820$ 欧。

(3) 基极偏置电阻 R_{b1} 和 R_{b2} 的确定：

工程上常取 $I_1 = (5 \sim 10) I_{bQ}$ 和 $U_{bQ} = (1/5 \sim 1/3) U_{cc}$ ，本题取 $I_1=10I_{bQ}$ ， $U_{bQ} = 1/4 U_{cc}$ ，则 $R_{b2}=17.6k$ 欧， $R_{b1}=52.9k$ 欧，取 $R_{b2}=20k$ 欧， $R_{b1}=51k$ 欧。

(4) 耦合电容 C_1 、 C_2 和旁路电容 C_3 的确定：

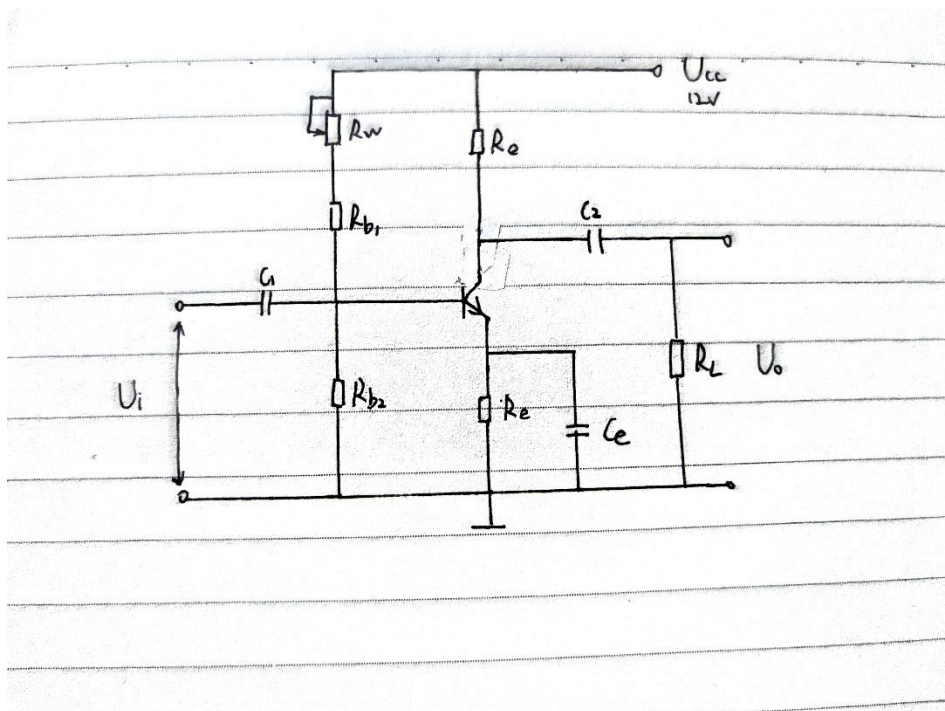
$$C_1 = (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi f_L (R_S + r_{be})}$$

$$C_2 = (3 \sim 10) \frac{1}{2\pi f_L (R_c + R_L)}$$

$$C_E = (1 \sim 3) \frac{1}{2\pi f_L R'_S}$$

所以 C_1 、 C_2 取 10uF， C_3 取 47uF。

四、 实验电路图



五、 实验数据分析和实验结果

选择正确的元器件搭建电路，检查无误后调整电源电压通电。参考第三节和第四节进行下列参数测量。

静态工作点测量，调整 R_W ，使集电极电流 $I_{CQ} = 1.8\text{mA}$ ，测量放大器的静态工作点，将数据填入下表。

工作点	U_{eQ}/V	U_{bQ}/V	U_{ceQ}/V	U_{cQ}/mA
理论值	2.7	3.41	5.7	1.88
测量值	2.7	3.4	5.7	1.8

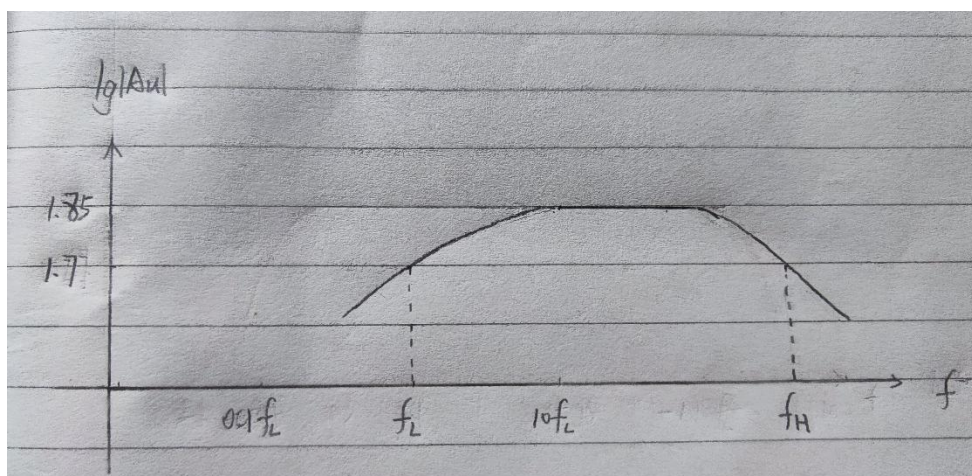
设 10kHz 为中频段内频率，输入 $f=10\text{kHz}$ ， $U_i = 5\text{mV}$ （有效值）的正弦信号，测量 A_u ，将结果填入表，并观测和记录输入、输出波形。

U_i/mV	U_o/mV	A_u （测量值）	A_u （理论值）
4.92	0.37	75.2	83.1

利用上述输入信号，测量该放大电路的输入电阻 $= 1.94\text{k}\Omega$ ，和输出电阻 $= 3.23\text{k}\Omega$ 。

测量放大电路的 f_L 、 f_H ，在频带范围内测量不少于 5 个频率点，在频带范围外各测量 1 个频率点，测量结果记录于表中，并用对数坐标画出幅频特性曲线图。注意：测量时，每改变一次信号源频率，必须调节信号源的幅度，保证电路输入信号电压幅度不变。

$f_L =$							$f_H =$	
0.213	2	4	6	8	10		14.8	
0.707	0.998	1	1	1	1		0.707	
50.5	71.2	71.4	71.4	71.4	71.4		50.5	

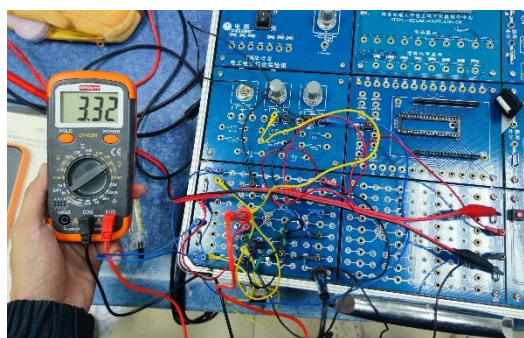


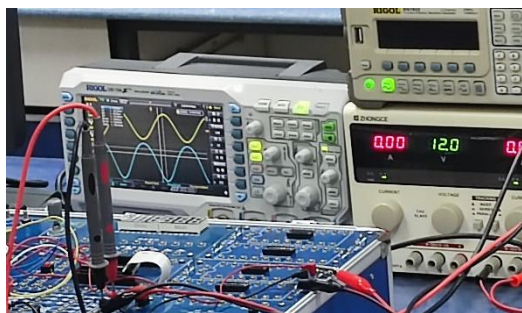
在中频段测量放大器的最大不失真输出电压 $U_{OPP} = 5.6\text{V}$

六、 实验小结

1. 直流电源必须准确（用万用表测量）；
2. 晶体管、电容的极性装配正确；
3. 测量静态工作点时注意万用表内阻的影响；
4. 测量交流参数时不能将直流电源去掉；
5. 测幅频特性时，注意保持输入信号的幅值不变、
输出信号不失真；
6. 交流毫伏表的幅频特性的影响。

七、 附录





思考题：

1 当电路出现饱和或截止失真时，应如何调整电路参数？

改变基极偏置电阻 R_B ，如果 R_B 太大， I_{BQ} 太小，Q 点位置就低，会截止失真；如 R_B 太小， I_{BQ} 太大，Q 点位置就偏高，会饱和失真。

2 改变静态工作点对输入电阻有无影响？为什么？

有，改变静态工作点需要改变 R_{b1} 与 R_{b2} ，而 R_{b1} 与 R_{b2} 与输入电阻有关。

3 测量放大电路各项交流参数时，能否选用数字万用表的交流电压挡？为什么？

一般的数字电压表的频率范围不够宽，通常不超过 100kHz。因此测量中频的电压增益时可以使用数字万用表，但要注意测得的是有效值，而测量幅频特性时不能使用，因为高频特性会受到万用表的制约。

4 交流电压表和示波器均可用来测量交流电压值，在测量放大电路输入和输出电压时这两种仪表哪一个测试精度高？为什么？

示波器精度高，从交流电压表所读出的数值是有效值，但是这个有效值是针对正弦波而言的，对于非正弦波则得不到正确的结果，所以。测量之前要确知被测电压是正弦波，如果正弦波存在较大的失真，则测量结果将不再准确。