

# 电子技术实验

## 实验报告

(2020 - 2021 学年度      春季学期)

实验名称      实验一：单管放大电路

姓名	<u>刘祖炎</u>
学号	<u>2019010485</u>
院系	<u>自动化系</u>
教师	<u>叶朝辉</u>
时间	<u>2021 年 3 月 19 日</u>

# 目录

1	实验目的	1
2	预习报告	1
2.1	测量 2N2222A 的输出特性曲线以及 $\beta$ 值	1
2.2	估算单管共射放大电路的 $\dot{A}_u$ 、 $R_I$ 、 $R_O$	1
2.2.1	静态参数	2
2.2.2	动态参数	2
2.2.3	动态参数 (选做)	2
2.3	Multisim 电路仿真	3
2.3.1	测量静态工作点	3
2.3.2	测量幅频特性	3
2.3.3	测量电压放大倍数	5
2.3.4	测量输入、输出电阻	6
2.4	实验数据表格	8

## 1. 实验目的

- 掌握放大电路静态工作点的调整与测量方法；掌握放大电路主要性能指标的测量方法。
- 理解静态工作点对放大电路动态性能的影响，测量与分析各电阻参数对放大电路静态工作点和动态特性的影响。
- 掌握晶体管输出特性、放大电路静态工作点和动态参数的仿真测量方法。

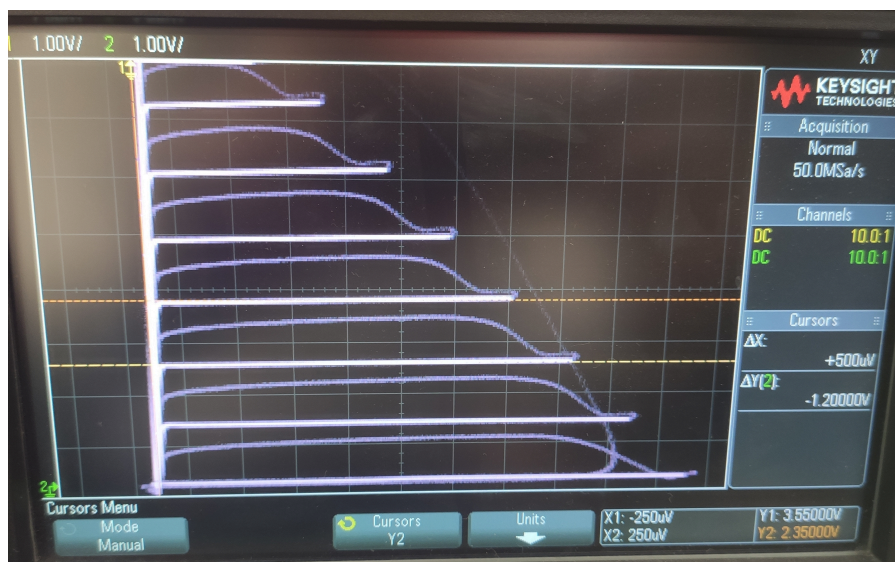
## 2. 预习报告

### 2.1 测量 2N2222A 的输出特性曲线以及 $\beta$ 值

测量结果如图1所示，根据测得数据，计算得：

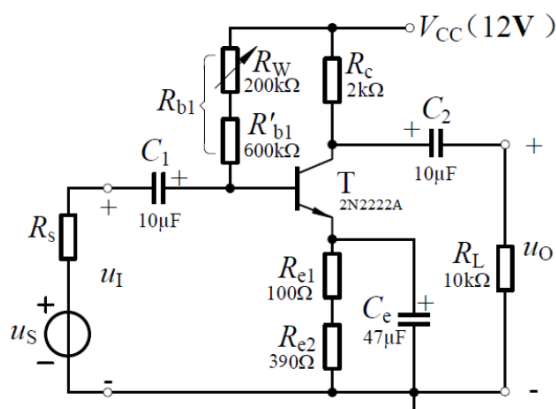
$$\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{1.200mA}{5 \times 10^{-6}} = 240.0$$

图 1: 2N2222A 输出特性曲线



### 2.2 估算单管共射放大电路的 $A_u$ 、 $R_I$ 、 $R_O$

图 2: 单管放大电路图



### 2.2.1 静态参数

电路图如图2所示。取  $\beta = 240$ ，通过理论计算相关参数：

根据讲义，取  $r_{bb'} = 800\Omega$ ，计算  $r_{be} = r_{bb'} + \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 800 + 240 \times \frac{26}{3} = 2880.0\Omega$ 。

根据公式：

$$\begin{cases} I_{BQ} = \frac{V_{CC} - U_{BEQ}}{R_{b1} + (1 + \beta)(R_{e1} + R_{e2})} \\ I_C = \beta I_B \\ U_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_C - \frac{\beta + 1}{\beta} I_{CQ}(R_{e1} + R_{e2}) \end{cases} \quad (1)$$

求得： $I_{CQ} = 3mA$ ,  $I_{BQ} = \frac{1}{\beta} I_{CQ} = 12.50\mu A$ ,  $U_{CEQ} = 4.52V$ ,  $U_{CQ} = 6V$ ,  $U_{EQ} = 1.48V$ ,  $R_{b1} = 785.9k\Omega$ 。

### 2.2.2 动态参数

$$\begin{cases} A = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be}} \\ R_i = R_{b1} // r_{be} \\ R_O = R_C \end{cases} \quad (2)$$

代入数据计算得：

$$\begin{cases} A = -138.89 \\ R_i = 2869\Omega \\ R_O = 2k\Omega \end{cases} \quad (3)$$

将上述计算数据填入表1中

同理，计算  $I_{CQ} = 3.5mA$  的相关数据，填入表2中。

### 2.2.3 动态参数 (选做)

改接电容  $C_e$  后，直流通路与静态工作点不变，而交流信号下发射极电阻变为  $R_e = R_{e1} = 100\Omega$ ，根据公式：

$$\begin{cases} A = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}} \\ R_i = R_{b1} // (r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}) \\ R_O = R_C \end{cases} \quad (4)$$

计算得：

$$\begin{cases} A = -14.83 \\ R_i = 26.08k\Omega \\ R_O = 2k\Omega \end{cases} \quad (5)$$

将理论计算结果填入表3中。

## 2.3 Multisim 电路仿真

### 2.3.1 测量静态工作点

如图所示，搭建电路并进行仿真，调节  $R_W$  的阻值，使电流  $i_C$  分别等于  $3mA$ 、 $3.5mA$ (通过读取图中万用表 XMM4 的示数)，仿真结果如图3、4所示，记录此时  $R_{b1}$  的阻值，将结果填入表1、2中。

图 3:  $i_C = 3mA$

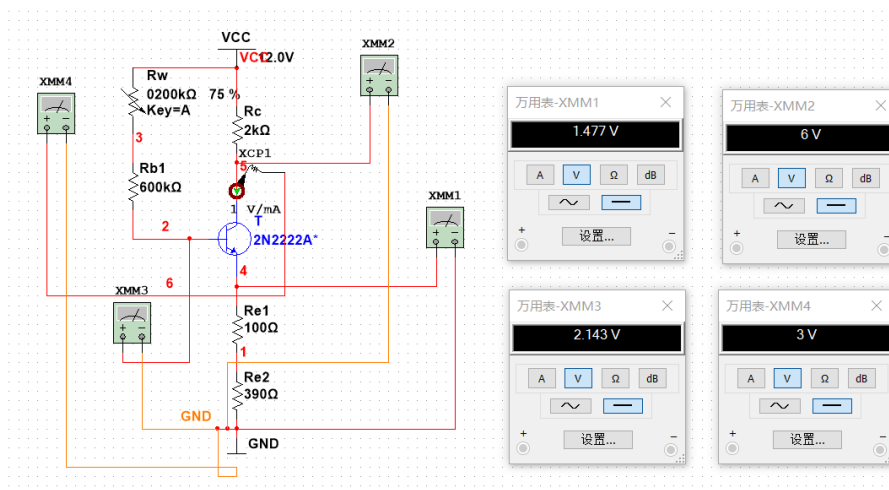
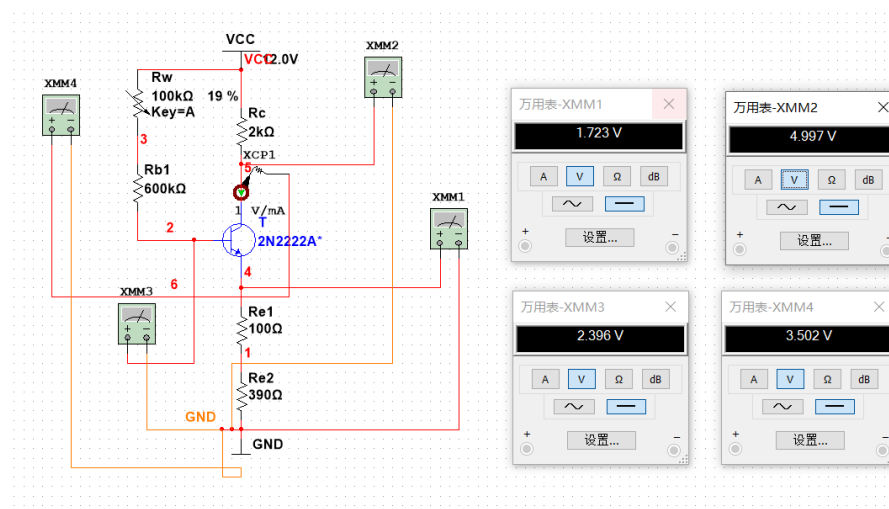


图 4:  $i_C = 3.5mA$



### 2.3.2 测量幅频特性

如图5所示，正确连接波特仪，运行仿真，读取波特仪的波形，读取放大倍数  $A = \frac{\sqrt{2}}{2}|A_m|$  (此时， $\Delta I = -3.010dB$ ) 时的信号频率，结果如图6、7、8、9所示，将测量结果填入表1、2中。

图 5: 测量幅频特性的电路图

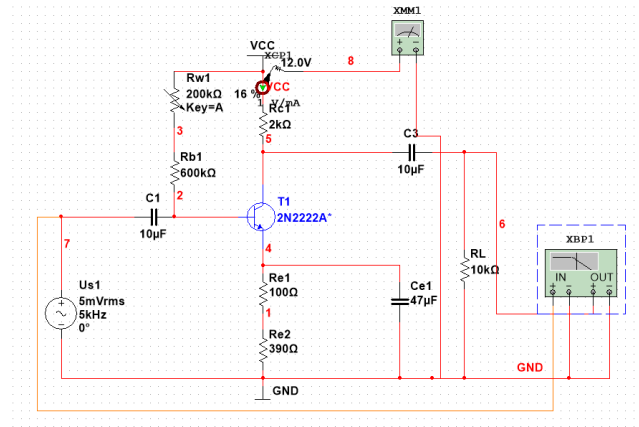


图 6:  $f_L, i_C = 3mA$

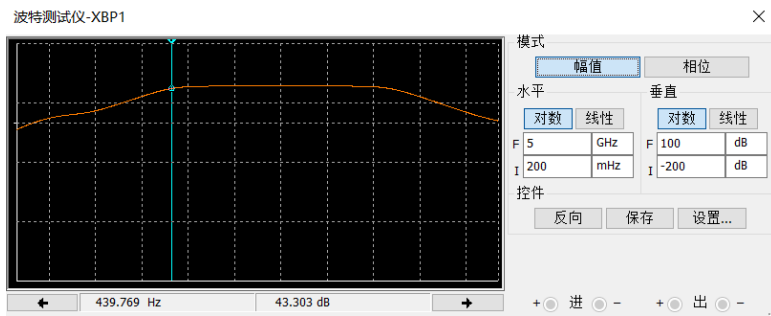


图 7:  $f_H, i_C = 3mA$

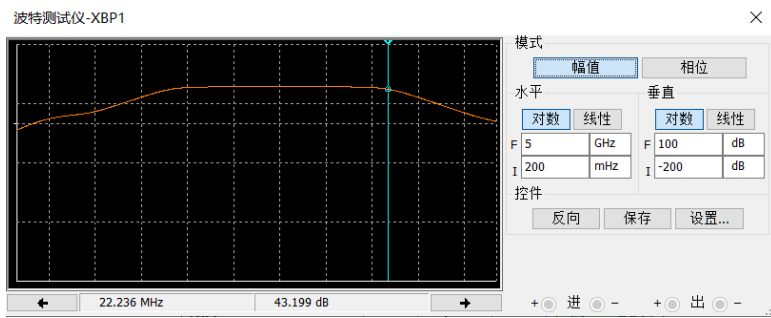


图 8:  $f_L, i_C = 3.5mA$

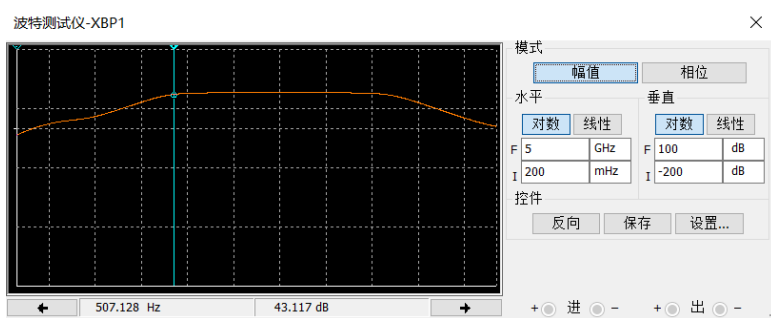
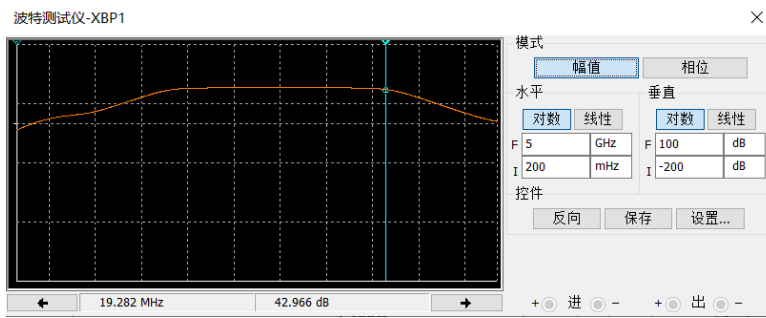


图 9:  $f_H, i_C = 3.5mA$



### 2.3.3 测量电压放大倍数

如图10所示连接电路，运行仿真，调节  $i_C$  的值，并相应改变电路，示波器波形如图11、12、13所示。

图 10: 测量放大倍数的电路图

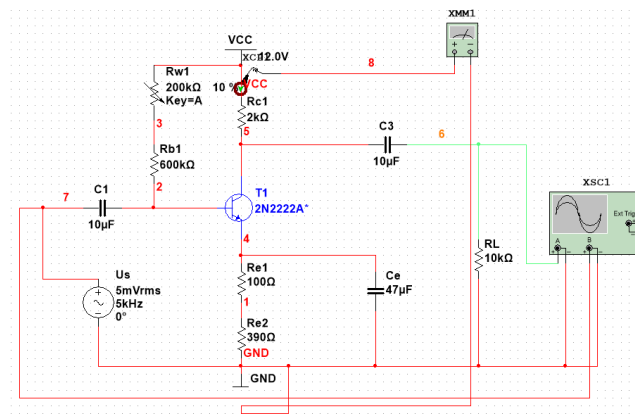


图 11:  $i_C = 3mA$

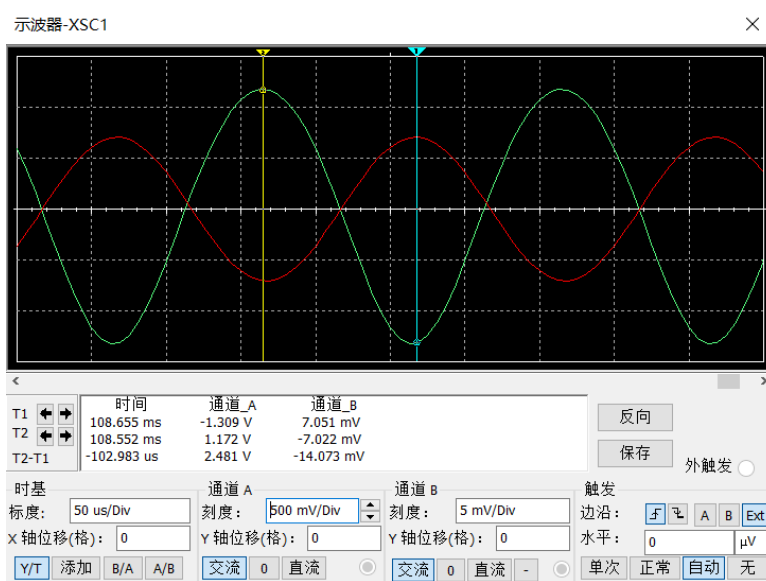


图 12:  $i_C = 3.5mA$

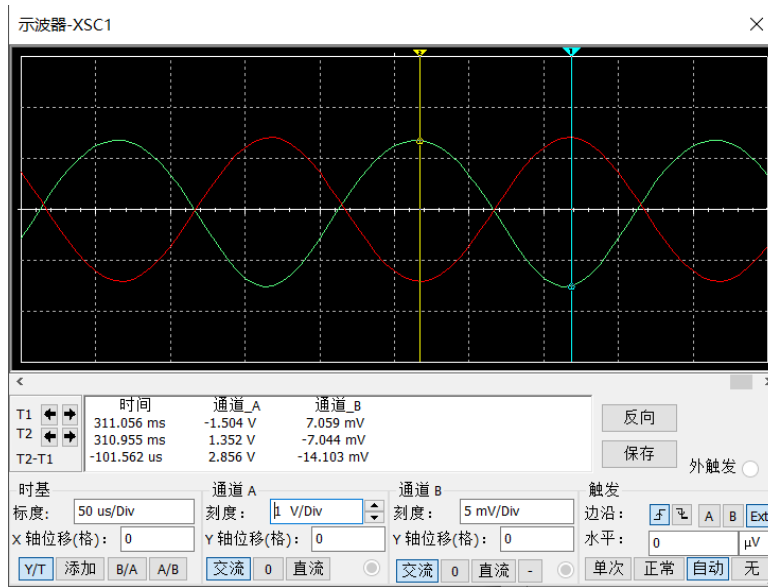
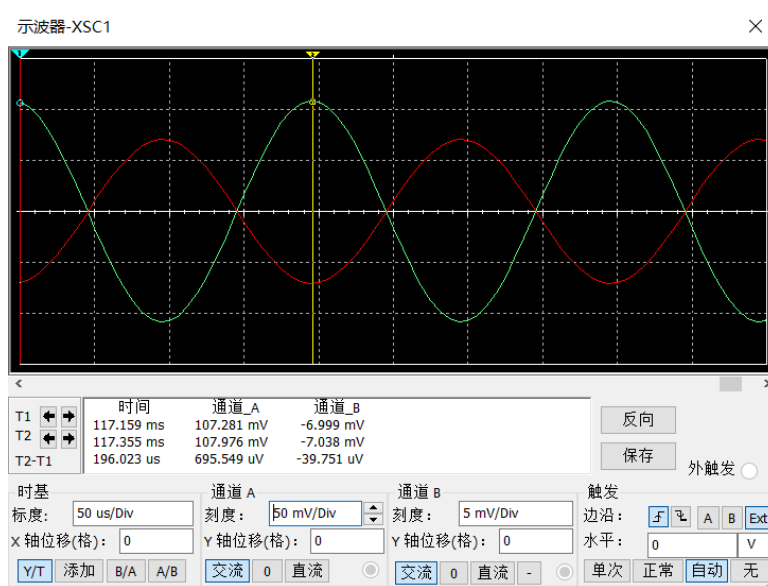


图 13:  $i_C = 3.5mA$ , 改接电容



计算得:

$$A_{u_1} = -185.65$$

$$A_{u_2} = -213.06$$

$$A_{u_3} = -15.33$$

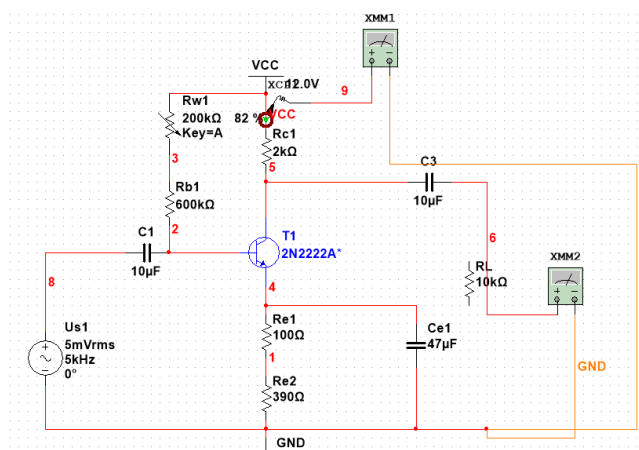
### 2.3.4 测量输入、输出电阻

测量输入电阻电路图如图14所示。





图 16: 测量输出电阻的电路图



以  $i_C = 3mA$  为例，分别测量  $R_L = 10k\Omega$ 、 $R_L$  开路时万用表 XMM2 显示的  $U_O$ 、 $U'_O$ ，则  $R_O = R_L(\frac{U'_O}{U_O} - 1)$ ，类似地，测量其他两种情况下的输出电阻，将结果填入表1、2、3中。。

计算得：

$$R_{O1} = 10k \times (\frac{1.054}{0.886} - 1) = 1.90k\Omega$$

$$R_{O2} = 10k \times (\frac{1.212}{1.019} - 1) = 1.89k\Omega$$

$$R_{O3} = 10k \times (\frac{92.03}{76.75} - 1) = 1.99k\Omega$$

## 2.4 实验数据表格

表 1:  $\beta = 240.0, I_{CQ} = 3mA$

参数	理论值	仿真结果	实测值
$U_{EQ}/V$	1.48	1.477	1.472
$U_{CQ}/V$	6.00	6.000	6.00
$R_{b1}/k\Omega$	785.9	750	786
$A_u$	-138.89	-185.65	-164.72
$R_I/k\Omega$	2.87	2.01	2.32
$R_O/k\Omega$	2	1.90	1.90
$f_H/Hz$		439.77	519.51
$f_L/MHz$		22.24	1.754

表 2:  $\beta = 240.0, I_{CQ} = 3.5mA$

参数	理论值	仿真结果	实测值
$U_{EQ}/V$	1.72	1.723	1.718
$U_{CQ}/V$	5.00	4.997	5.00
$R_{b1}/k\Omega$	656.9	619	660
$A_u$	-155.51	-213.06	-188.64
$R_I/k\Omega$	2.57	1.71	2.05
$R_O/k\Omega$	2	1.89	1.80
$f_H/Hz$		507.13	688.33
$f_L/MHz$		19.28	1.534

表 3:  $\beta = 240.0, I_{CQ} = 3.5mA$

参数	理论值	仿真结果	实测值
$A_u$	-14.83	-15.33	-15.03
$R_I/k\Omega$	26.08	22.75	23.97
$R_O/k\Omega$	2	1.99	1.87