

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	刘祖炎
学号	2019010485
院系	自动化系
教师	叶朝辉
时间	2021 年 3 月 19 日

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 β 值	1
2.2	理论计算单管共射放大电路的相关参数	1
2.2.1	静态参数	2
2.2.2	动态参数 \dot{A}_u 、 R_I 、 R_O	2
2.2.3	动态参数 (改变发射极电阻)	3
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	4
2.3.3	测量电压放大倍数 \dot{A}_u	5
2.3.4	测量输入电阻	7
2.3.5	测量输出电阻	8
3	实验数据整理	9
3.1	实验一：放大电路的主要性能指标 ($I_{CQ} = 3mA$)	9
3.1.1	静态参数	9
3.1.2	动态特性	9
3.1.3	幅频特性	12
3.2	实验二：静态工作点对放大电路动态性能的影响 ($I_{CQ} = 3.5mA$)	14
3.2.1	静态参数	14
3.2.2	动态特性	14
3.2.3	幅频特性	17
3.3	实验三：发射极电阻对动态性能的影响 ($I_{CQ} = 3mA$)	19
3.4	数据汇总	22
4	实验中遇到的问题及解决方法	23
5	总结与分析	24
5.1	发射极电阻对放大电路动态参数的影响	24
5.2	放大电路主要性能指标的测量方法	24
6	思考题	24
6.1	思考题一	24
6.2	思考题二	24
6.3	思考题三	25
6.4	思考题四	25

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。

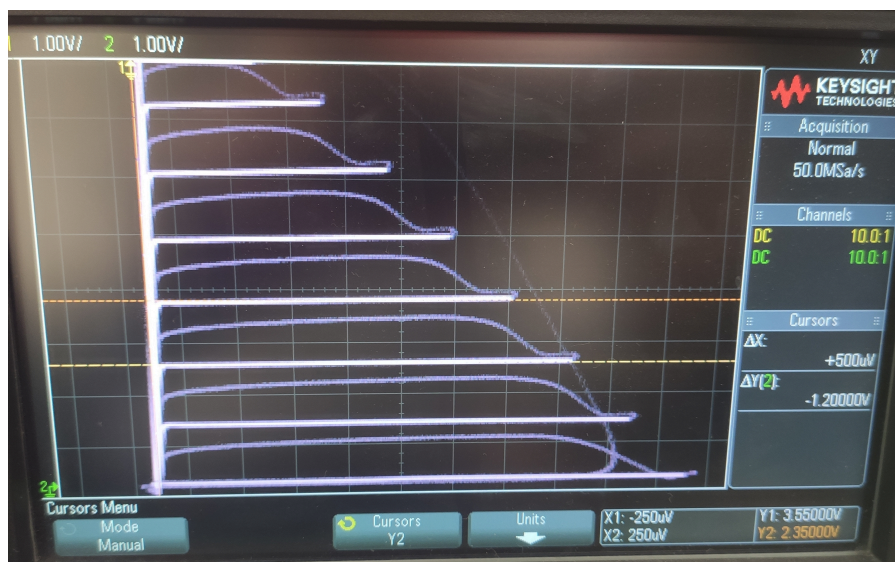
2. 预习报告

2.1 测量 2N2222A 的输出特性曲线以及 β 值

测量结果如图1所示，根据测得数据，计算得：

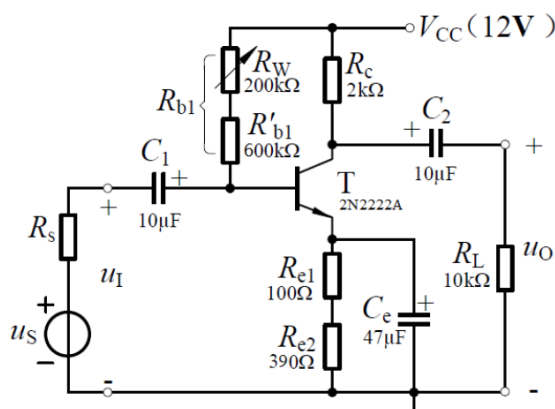
$$\beta = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} = \frac{1.200mA}{5 \times 10^{-6}} = 240.0$$

图 1: 2N2222A 输出特性曲线



2.2 理论计算单管共射放大电路的相关参数

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：

$I_{CQ} = 3mA$ 时：

$$r_{be} = r_{bb'} + \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 800 + 240 \times \frac{26}{3} = 2880.0\Omega$$

$I_{CQ} = 3.5mA$ 时：

$$r_{be} = r_{bb'} + \beta \frac{U_T}{I_{CQ}} = 800 + 240 \times \frac{26}{3.5} = 2582.9\Omega$$

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：

$I_{CQ} = 3mA$ 时：

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

$I_{CQ} = 3.5mA$ 时：

$$I_{BQ} = \frac{1}{\beta} I_{CQ} = 14.58\mu A, U_{CEQ} = 3.28V, U_{CQ} = 5V, U_{EQ} = 1.72V, R_{b1} = 656.9k\Omega$$

将计算结果填入表1、2的理论值栏中。

2.2.2 动态参数 A_u 、 R_I 、 R_O

分析电路，根据公式：

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

代入数据计算得：

$I_{CQ} = 3mA$ 时：

$$\begin{cases} A = -138.89 \\ R_i = 2.87k\Omega \\ R_O = 2k\Omega \end{cases} \quad (3)$$

$I_{CQ} = 3.5mA$ 时：

$$\begin{cases} A = -155.51 \\ R_i = 2.57k\Omega \\ R_O = 2k\Omega \end{cases} \quad (4)$$

将上述计算数据填入表1、2的理论值栏中。

2.2.3 动态参数 (改变发射极电阻)

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:

$$\begin{cases} A = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}} \\ R_i = R_{b1} // (r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}) \\ R_O = R_C \end{cases} \quad (5)$$

计算得: ($I_{CQ} = 3mA$)

$$\begin{cases} A = -14.83 \\ R_i = 26.08k\Omega \\ R_O = 2k\Omega \end{cases} \quad (6)$$

将理论计算结果填入表3的理论值栏中。

2.3 Multisim 电路仿真

2.3.1 测量静态工作点

如图3、4所示, 搭建电路并进行仿真, 放置万用表 XMM1、XMM2、XMM3 于正确的位置。

调节 R_W 的阻值, 使电流 i_C 分别等于 $3mA$ 、 $3.5mA$ (通过在电路中加入电流探针, 并读取图中万用表 XMM4 的示数可得 i_C 支路的电流), 仿真结果如图3、4所示, 记录此时 R_{b1} 的阻值。

将仿真结果填入表1、2的仿真结果栏中。

图 3: 测量静态工作点, $i_C = 3mA$

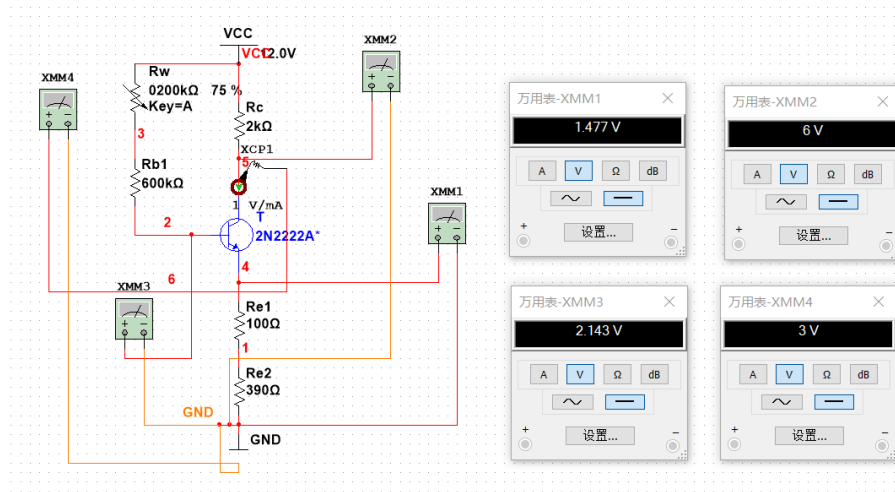
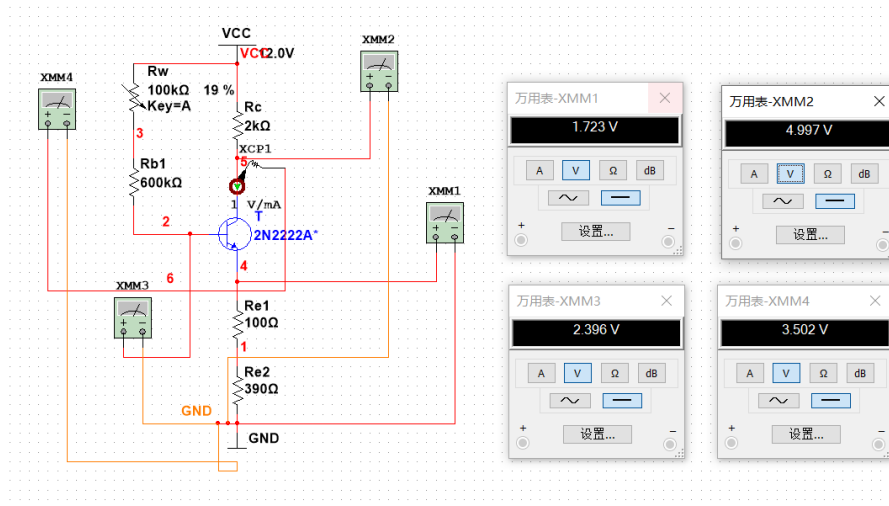


图 4: 测量静态工作点, $i_C = 3.5mA$



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, 记录放大倍数 $A = \frac{\sqrt{2}}{2}|A_m|$ (此时, $\Delta I = -3.010dB$) 时的信号上限、下限频率, 结果如图6、7、8、9所示。

将测量结果填入表1、2的仿真结果栏中。

图 5: 测量幅频特性仿真电路图

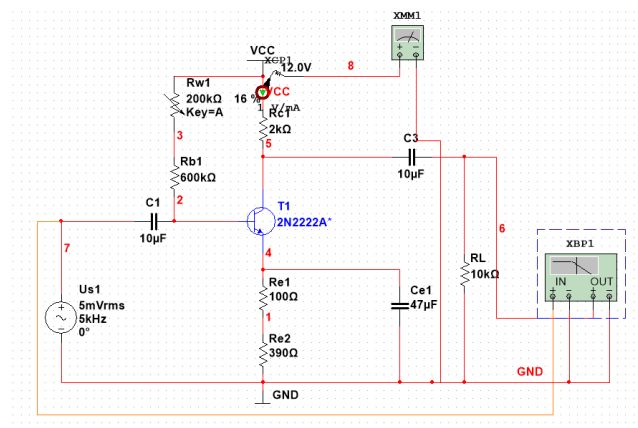


图 6: 下限截止频率 $f_L, i_C = 3mA$

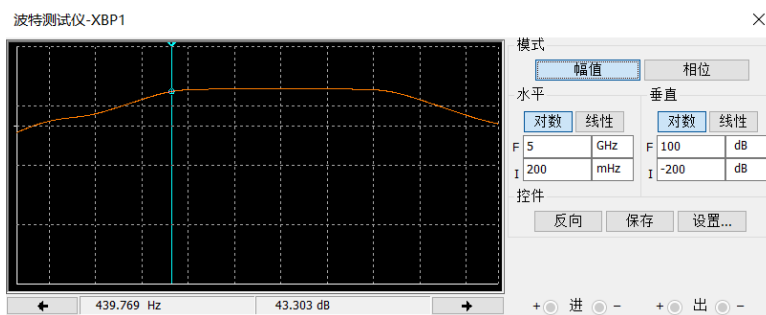


图 7: 上限截止频率 $f_H, i_C = 3mA$

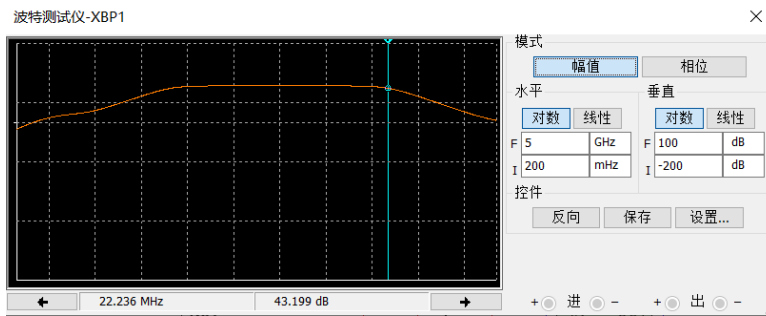


图 8: 下限截止频率 $f_L, i_C = 3.5mA$

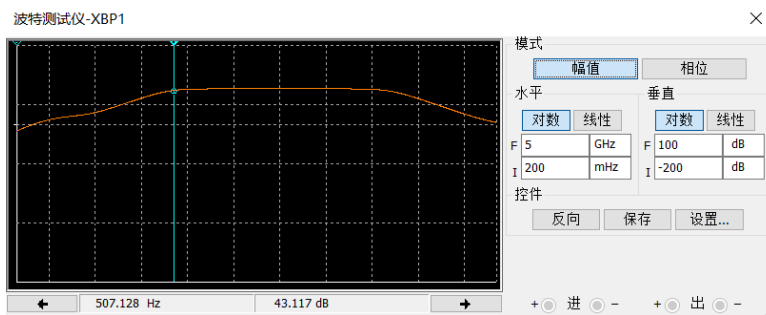
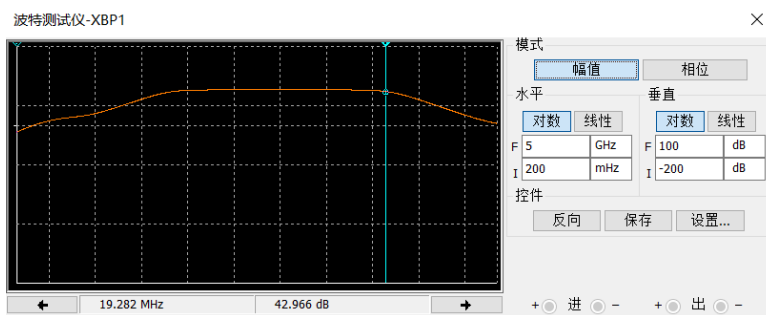


图 9: 上限截止频率 $f_H, i_C = 3.5mA$



2.3.3 测量电压放大倍数 \dot{A}_u

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

图 10: 测量放大倍数仿真电路图

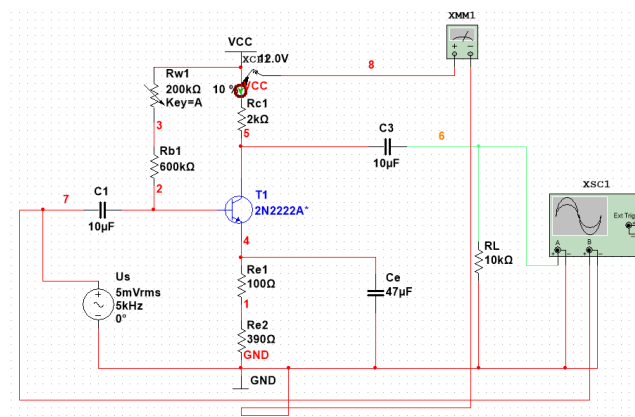


图 11: 测量电压放大倍数, $i_C = 3mA$

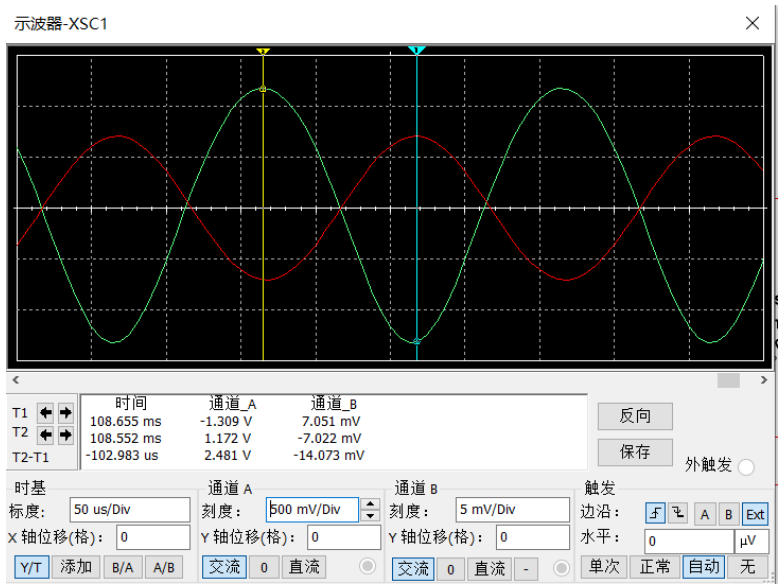


图 12: 测量电压放大倍数, $i_C = 3.5mA$

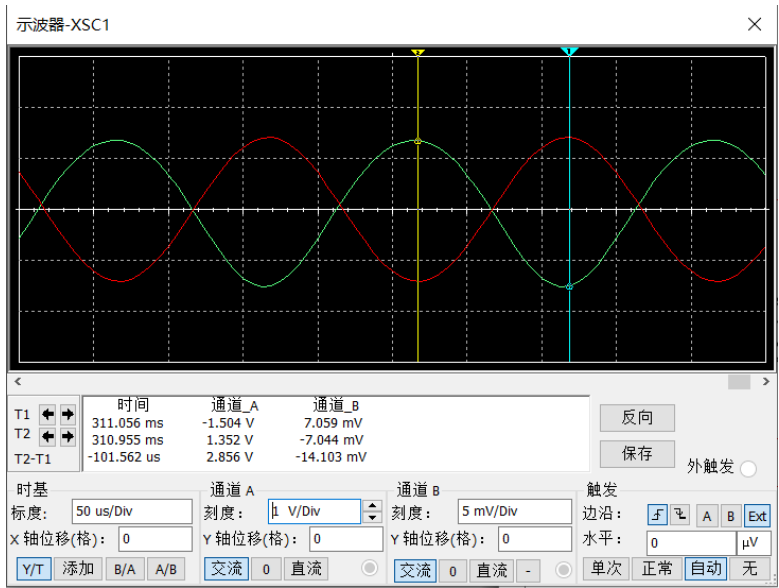
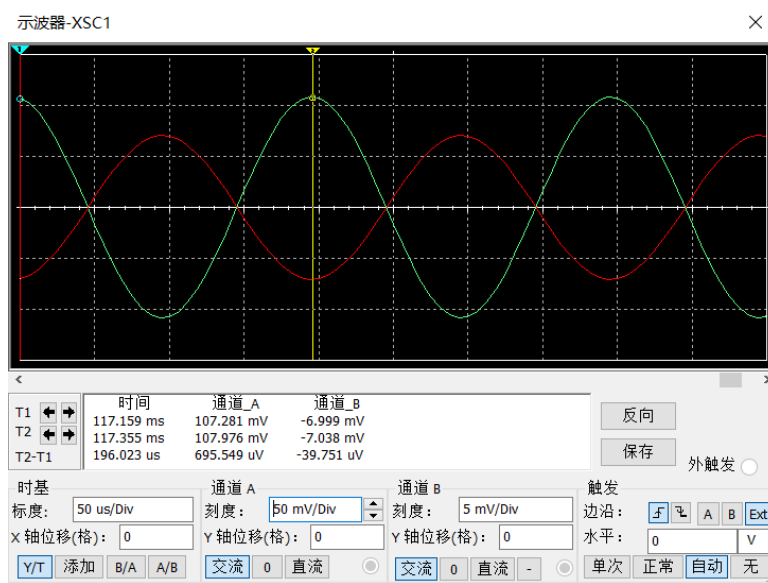


图 13: 测量电压放大倍数, $i_C = 3mA$, 改变发射极电阻



根据测得数据，计算得：

$$A_{u_1} = -\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{1.309V}{7.051mV} = -185.65$$

$$A_{u_2} = -\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{1.504V}{7.059mV} = -213.06$$

$$A_{u_3} = -\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} = -\frac{107.281mV}{7.038mV} = -15.33$$

将测量结果填入表1、2的仿真结果栏中。

2.3.4 测量输入电阻

测量输入电阻电路图如图14所示。

图 14: 测量输入电阻的电路图

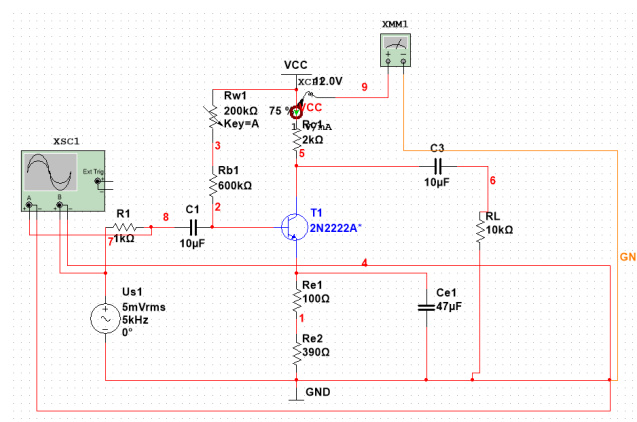
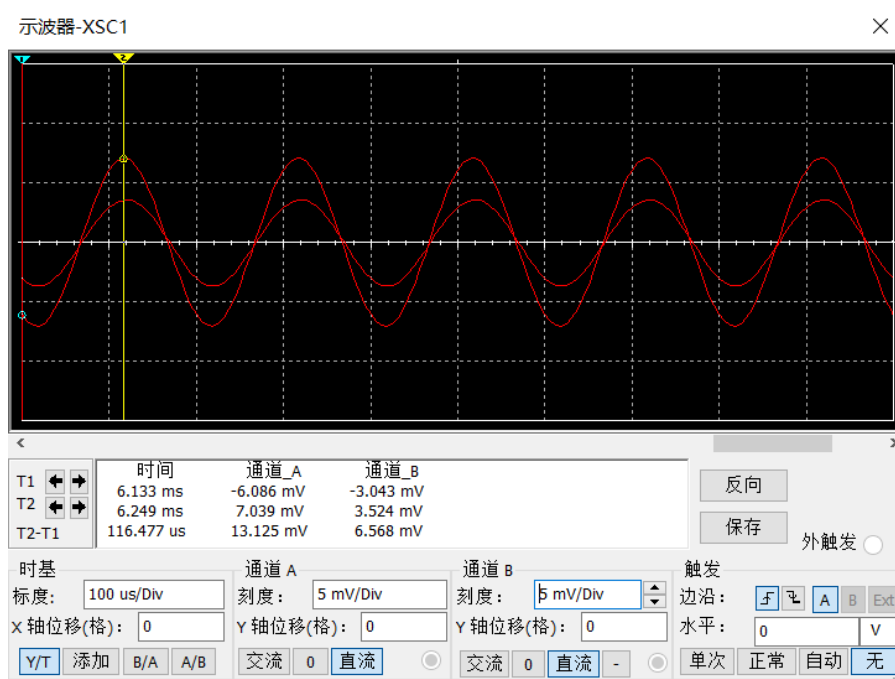


图 15: $i_C = 3mA$ 时示波器所示波形



以 $i_C = 3mA$ 为例，接入 $R_1 = 2k\Omega$ ，利用示波器的两个通道测量接入电阻 R_1 两端电压大小 U_i 、 U'_i ，示波器显示波形如图15所示。则：

$$R_i = \frac{U_i}{U'_i - U_i} R_1$$

类似地，测量其他两种情况下的输入电阻（注意改变发射极电阻后，应将接入电路的 R_1 值改变为 $20k\Omega$ ），根据仿真结果，计算 R_i ：

$$R_{i_1} = 2k \times \left(\frac{3.524}{7.039 - 3.524} \right) = 2.01k\Omega$$

$$R_{i_2} = 2k \times \left(\frac{3.243}{7.041 - 3.243} \right) = 1.71k\Omega$$

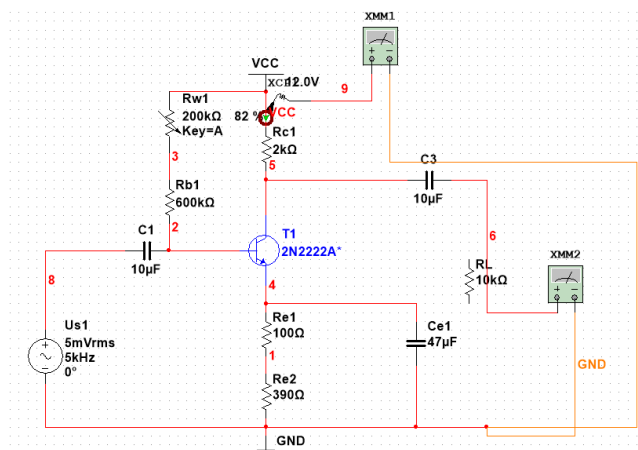
$$R_{i_3} = 20k \times \left(\frac{7.036}{7.036 - 3.744} \right) = 22.75k\Omega$$

将计算结果填入表1、2、3的仿真结果栏中。

2.3.5 测量输出电阻

测量输出电阻电路图如图16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：

$$R_O = R_L \left(\frac{U_{O'}}{U_O} - 1 \right)$$

类似地，测量其他两种情况下的输出电阻，根据仿真结果，计算 R_o ：

$$R_{o1} = 10k \times \left(\frac{1.054}{0.886} - 1 \right) = 1.90k\Omega$$

$$R_{o2} = 10k \times \left(\frac{1.212}{1.019} - 1 \right) = 1.89k\Omega$$

$$R_{o3} = 10k \times \left(\frac{92.03}{76.75} - 1 \right) = 1.99k\Omega$$

将计算结果填入表1、2、3的仿真结果栏中。

3. 实验数据整理

3.1 实验一：放大电路的主要性能指标 ($I_{CQ} = 3mA$)

3.1.1 静态参数

将输入端短路，用万用表的直流电压档测量相应电位。由于 $R_C = 2k\Omega$ ，故当 $U_{CQ} = 6V$ 时，满足 $I_{CQ} = 3mA$ 。

相应静态参数的测量结果为：

$$R_{b1} = 786k\Omega, U_{CQ} = 6.00V, U_{EQ} = 1.472V$$

将结果填入表1实测值栏中。

3.1.2 动态特性

• 电压放大倍数

输入有效值为 $5mV$ ，频率为 $5kHz$ 的交流小信号，正确设置、连接示波器，同时观察输入、输出信号波形如图17、18所示，利用示波器 Cursor 功能测量输入、输出信号的幅值。

图 17: 电压放大倍数 (测量输出信号幅值)

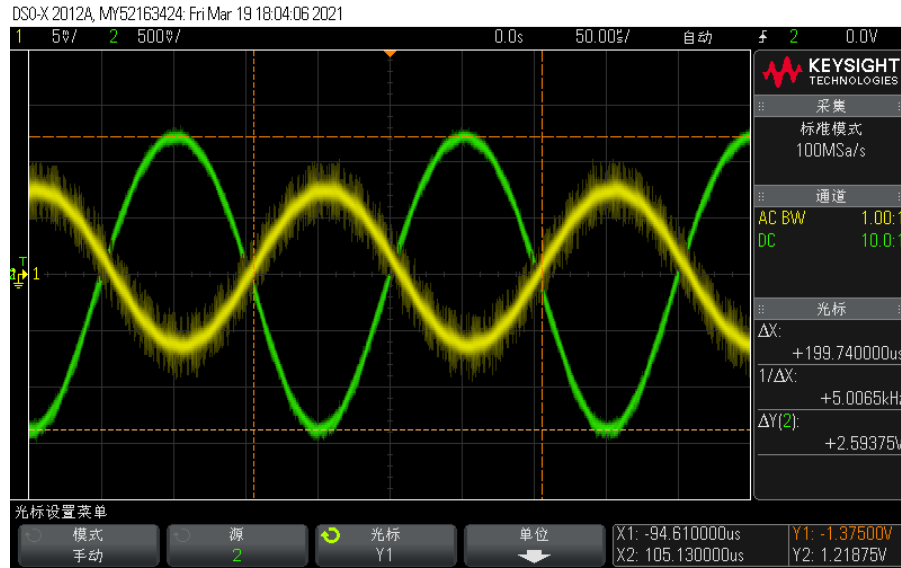
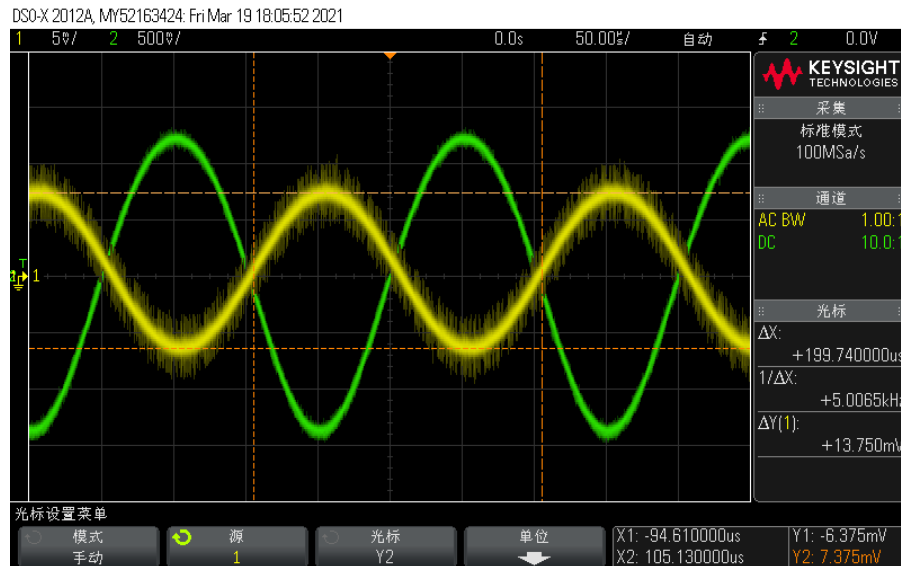


图 18: 电压放大倍数 (测量输入信号幅值)



根据测量结果，计算得：

$$\dot{A}_u = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{2.594V}{13.750mV} = -164.72$$

- 输入电阻

测量输入电阻时，在被测电路的输入回路中串入 $R_1 = 2k\Omega$ ，分别用示波器测量 R_1 两端电压波形如图19、20所示。

图 19: 输入电阻 (接 R_1 靠近 u_i 端)

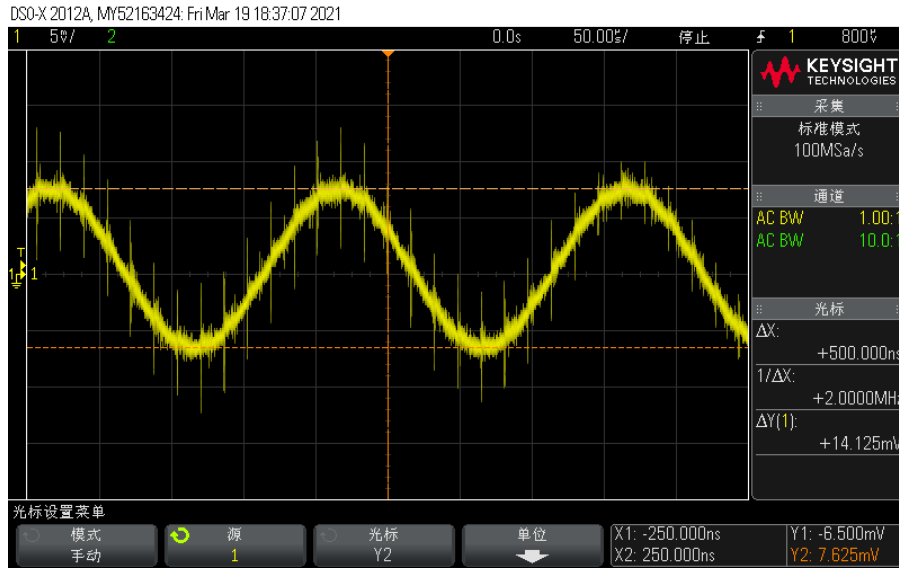
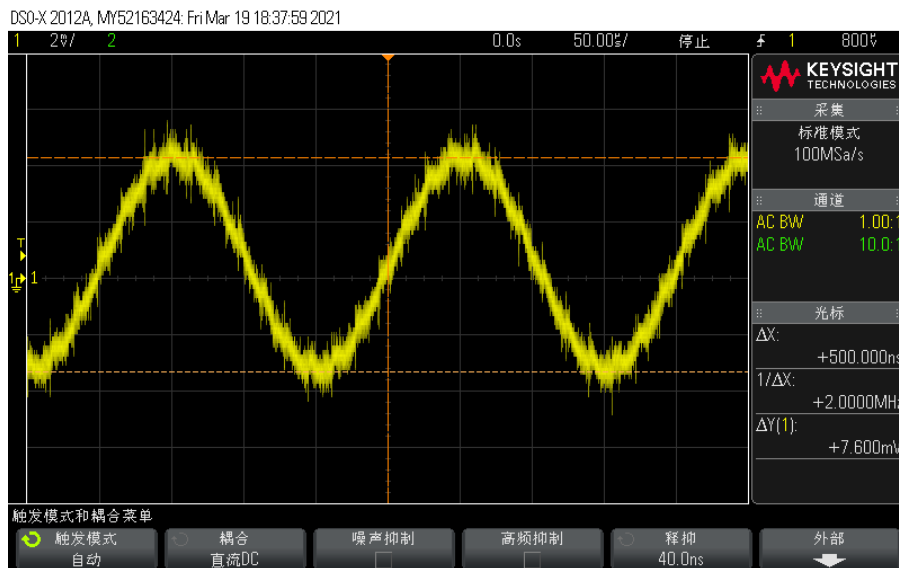


图 20: 输入电阻 (接 R_1 远离 u_i 端)



根据测量结果与计算公式，可得：

$$R_i = 2k \times \left(\frac{7.600}{14.125 - 7.600} \right) = 2.32k\Omega$$

- 输出电阻

测量输出电阻时，先将负载电阻 R_L 开路，测量开路输出电压 u'_o ；再接入负载电阻 $R_L = 10k\Omega$ ，测量带载输出电压 u_{oL} ，示波器测量结果如图21、22所示。

图 21: 输出电阻 (R_L 开路)

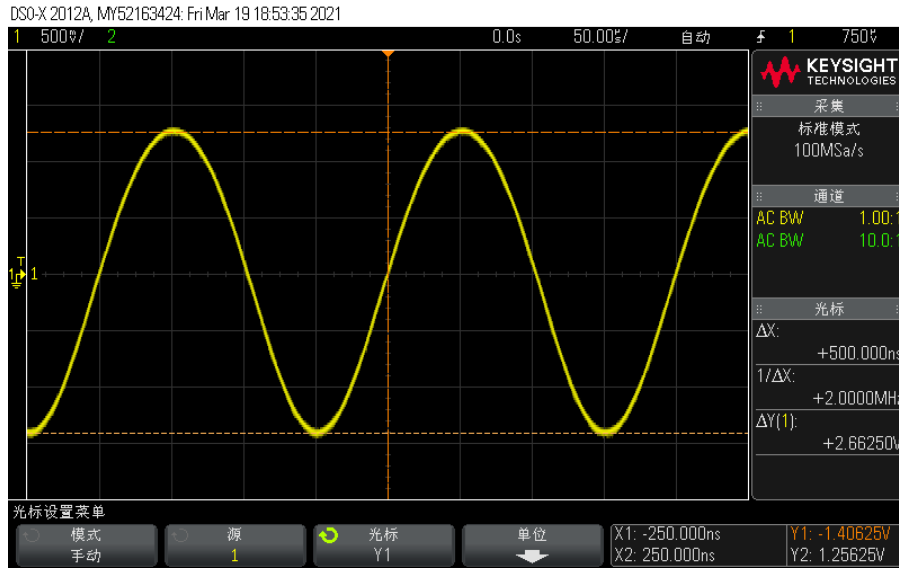
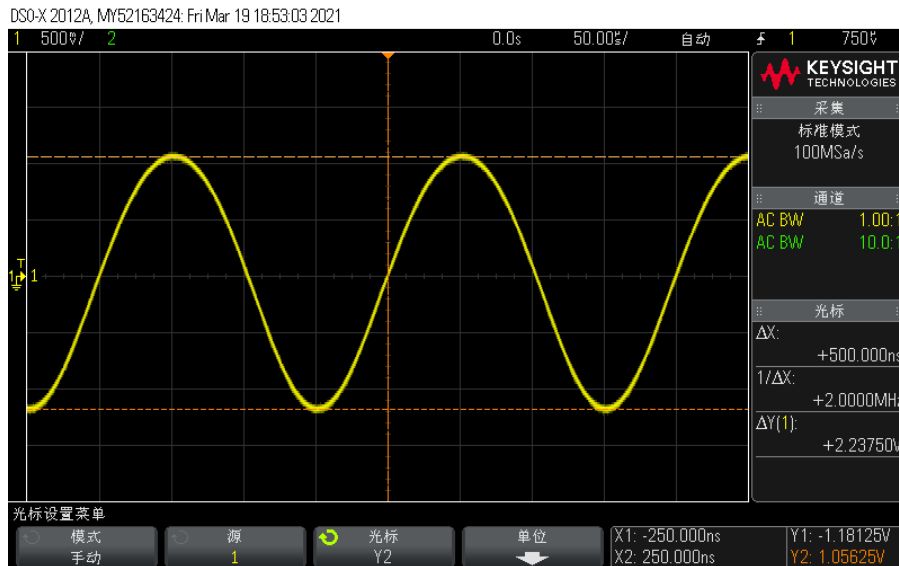


图 22: 输出电阻 ($R_L = 10k\Omega$)



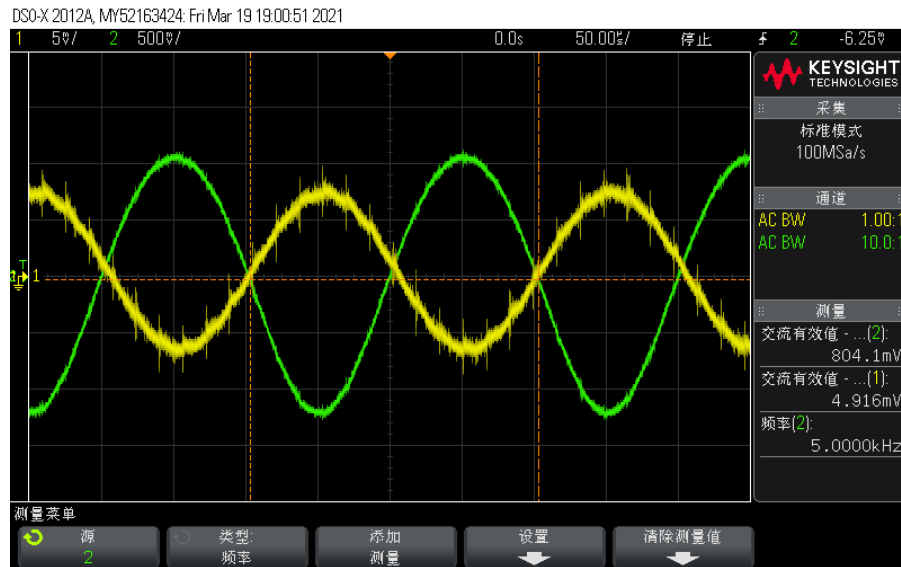
根据测量结果与计算公式，可得：

$$R_o = 10k \times \left(\frac{2.6625}{2.2375} - 1 \right) = 1.90k\Omega$$

3.1.3 幅频特性

利用逐点法的原理，将信号源加至被测电路的输入端，改变信号频率，保持输入电压幅值不变，用示波器同时测量电路的输入、输出电压。当输出电压为 $0.707u_o$ 时，对应的输入信号频率即为下限截止频率 f_L 和上限截止频率 f_H 。

图 23: $f = 5kHz$



根据电路初始情况,可得此时输出信号有效值为 $804.1mV$,故需调整至输出信号约为 $0.707 \times 804.1mV = 568.5mV$,示波器示数如图24、25所示。

图 24: 下限截止频率 f_L

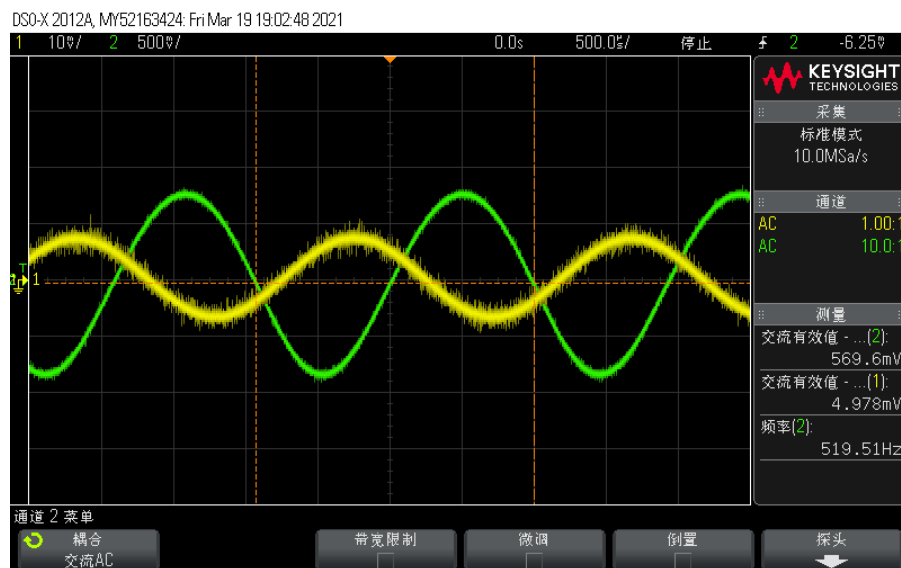
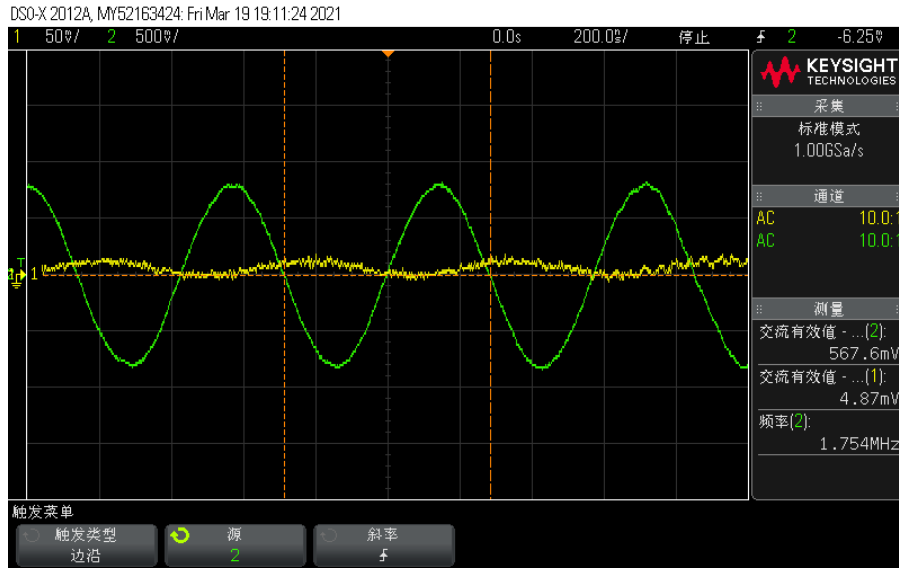


图 25: 上限截止频率 f_H



根据示波器示数，可得下限截止频率 $f_L = 519.51Hz$ ，上限截止频率 $f_H = 1.754MHz$

3.2 实验二：静态工作点对放大电路动态性能的影响 ($I_{CQ} = 3.5mA$)

3.2.1 静态参数

由于 $R_C = 2k\Omega$ ，故当 $U_{CQ} = 5V$ 时，满足 $I_{CQ} = 3.5mA$ 。

相应静态参数的测量结果为：

$$R_{b1} = 660k\Omega, U_{CQ} = 5.00V, U_{EQ} = 1.718V$$

将结果填入表2实测值栏中。

3.2.2 动态特性

• 电压放大倍数

与实验一类似，同时观察输入、输出信号波形如图26、27所示，利用示波器 Cursor 功能测量输入、输出信号的幅值。

图 26: 电压放大倍数 (测量输出信号幅值)

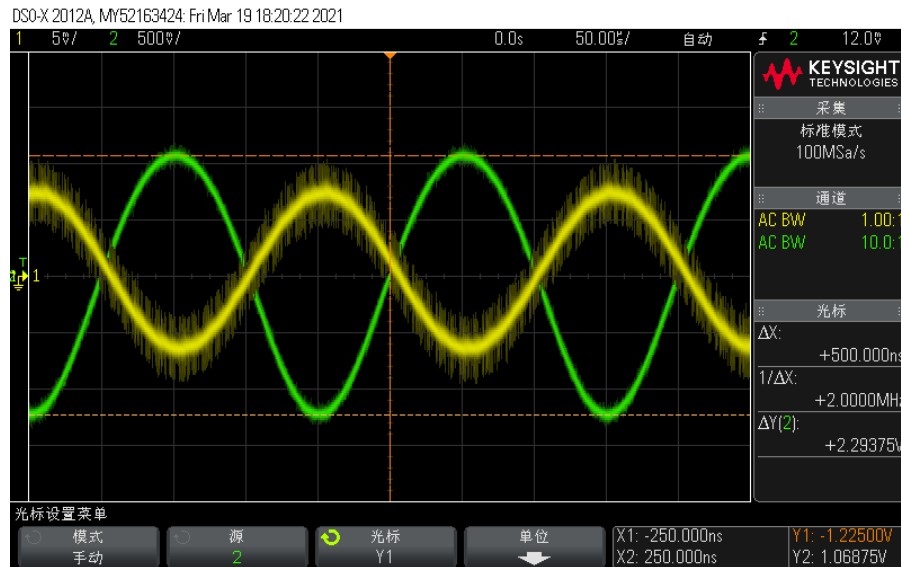
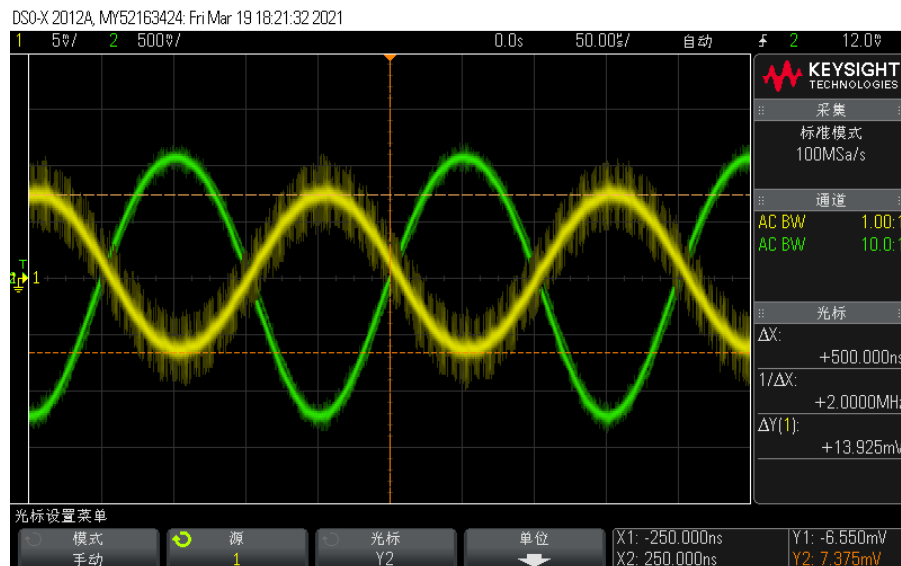


图 27: 电压放大倍数 (测量输入信号幅值)



根据测量结果，计算得：

$$\dot{A}_u = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{2.294V}{13.925mV} = -188.64$$

- 输入电阻

与实验一类似，在被测电路的输入回路中串入 $R_1 = 2k\Omega$ ，分别用示波器测量 R_1 两端电压波形如图28、29所示。

图 28: 实验二输入电阻 (接 R_1 靠近 u_i 一端)

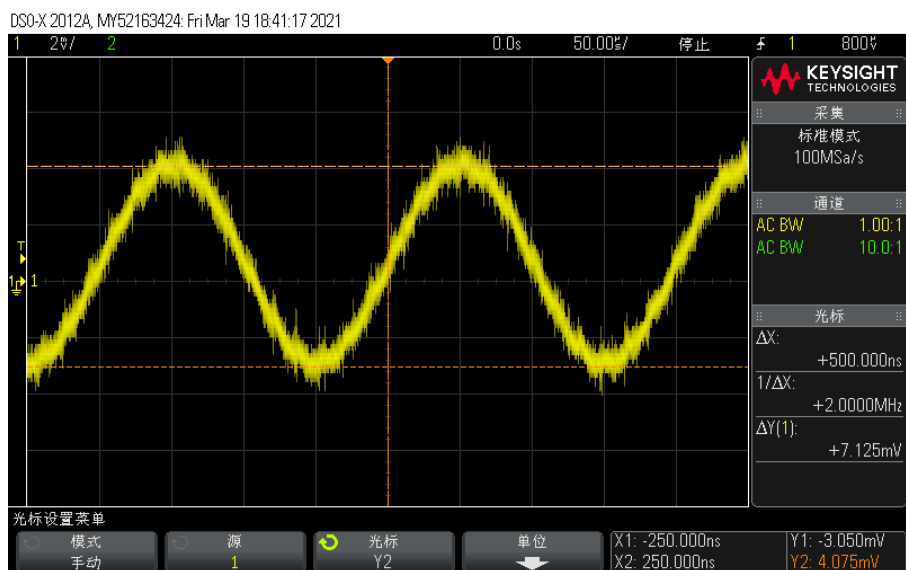
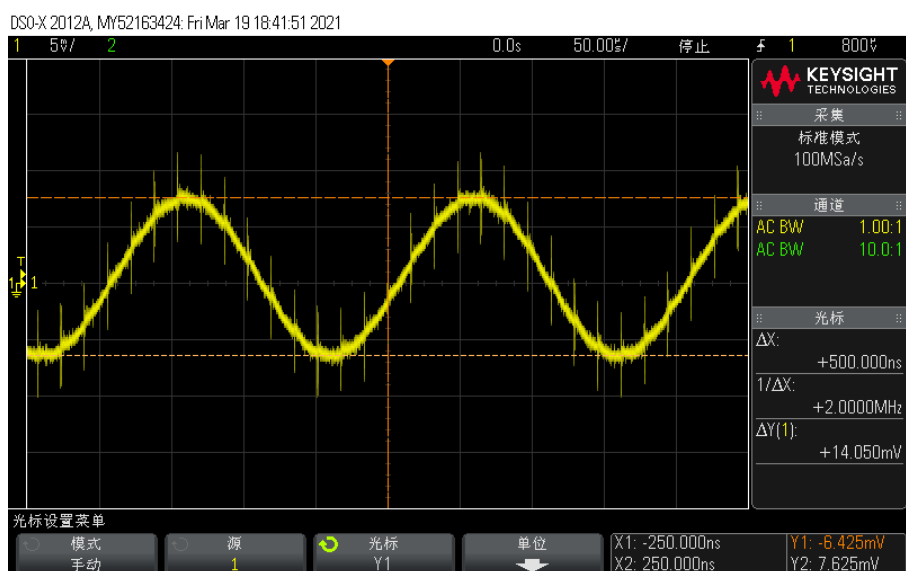


图 29: 实验二输入电阻 (接 R_1 远离 u_i 一端)



根据测量结果与计算公式，可得：

$$R_i = 2k \times \left(\frac{7.125}{14.050 - 7.125} \right) = 2.05k\Omega$$

- 输出电阻

与实验一类似，示波器测量结果如图30、31所示。

图 30: 输出电阻 (R_L 开路)

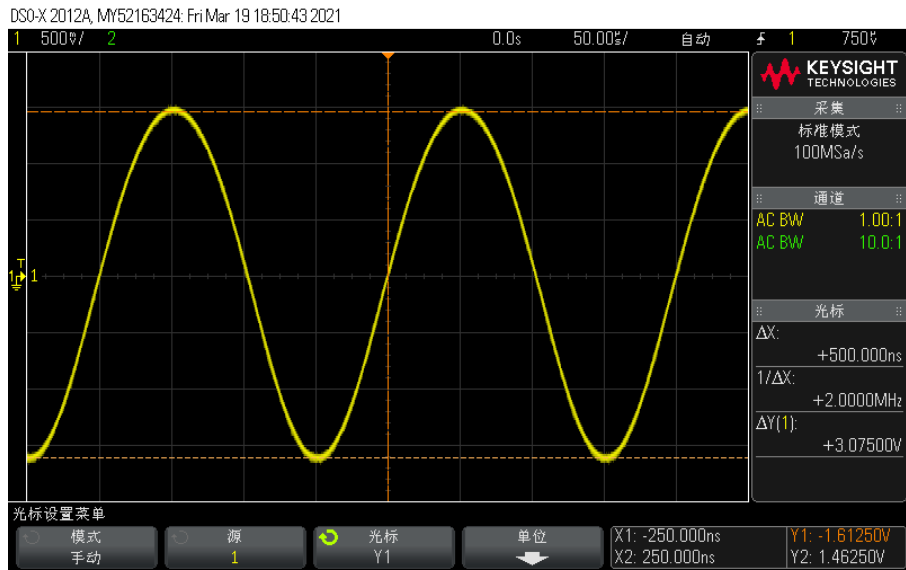
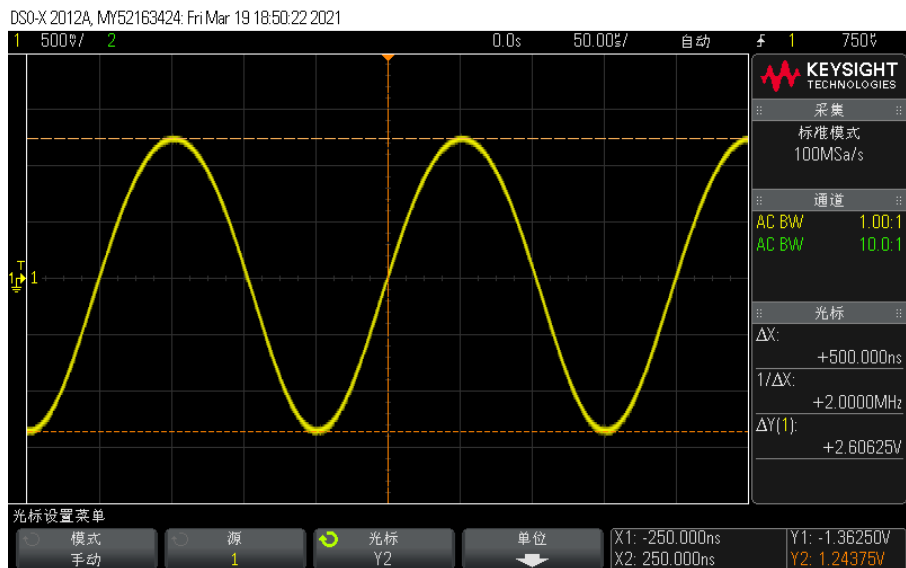


图 31: 输出电阻 ($R_L = 10k\Omega$)



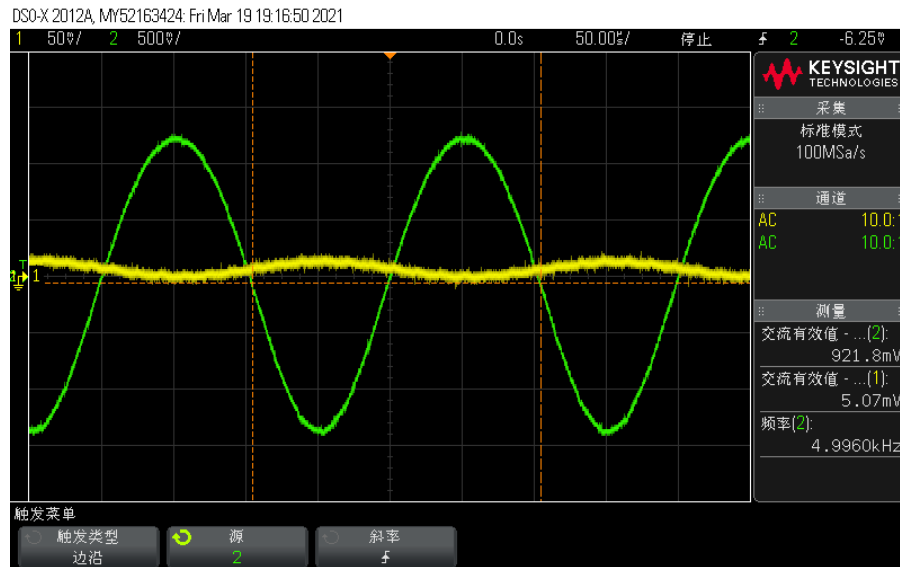
根据测量结果与计算公式，可得：

$$R_o = 10k \times \left(\frac{3.0750}{2.6063} - 1 \right) = 1.80k\Omega$$

3.2.3 幅频特性

与实验一类似，示波器测量结果如图32、33、34所示。

图 32: $f = 5kHz$



根据电路初始情况,可得此时输出信号有效值为 $921.8mV$,故需调整至输出信号约为 $0.707 \times 921.8mV = 951.7mV$ 。

图 33: 下限截止频率 f_L

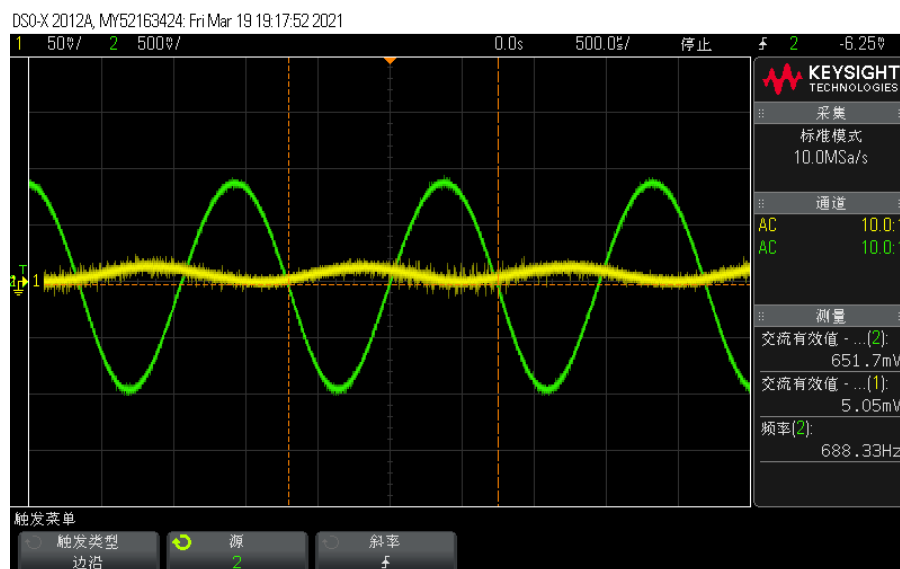
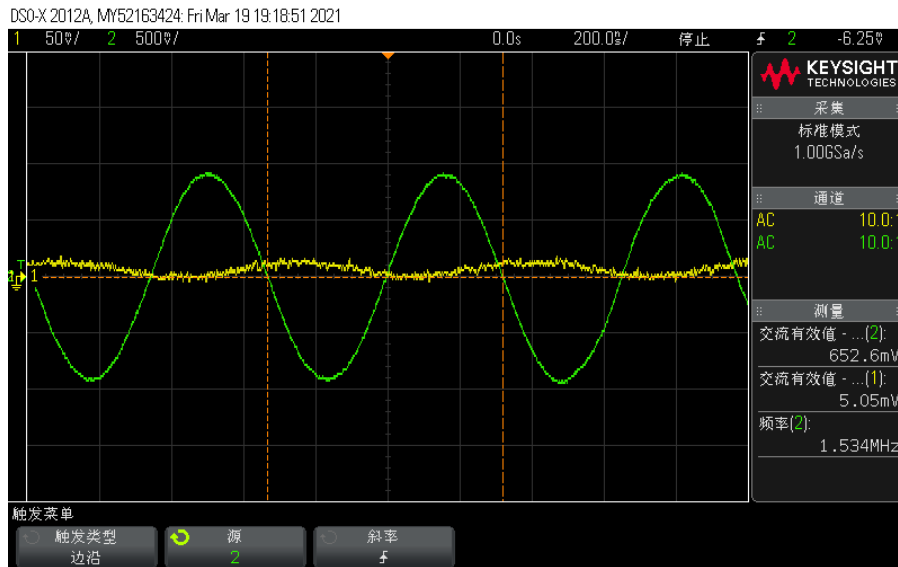


图 34: 上限截止频率 f_H



根据示波器示数，可得下限截止频率 $f_L = 688.33Hz$ ，上限截止频率 $f_H = 1.534MHz$

3.3 实验三：发射极电阻对动态性能的影响 ($I_{CQ} = 3mA$)

- 电压放大倍数

与实验一类似，同时观察输入、输出信号波形如图35、36所示，利用示波器 Cursor 功能测量输入、输出信号的幅值。

图 35: 电压放大倍数 (测量输出信号幅值)

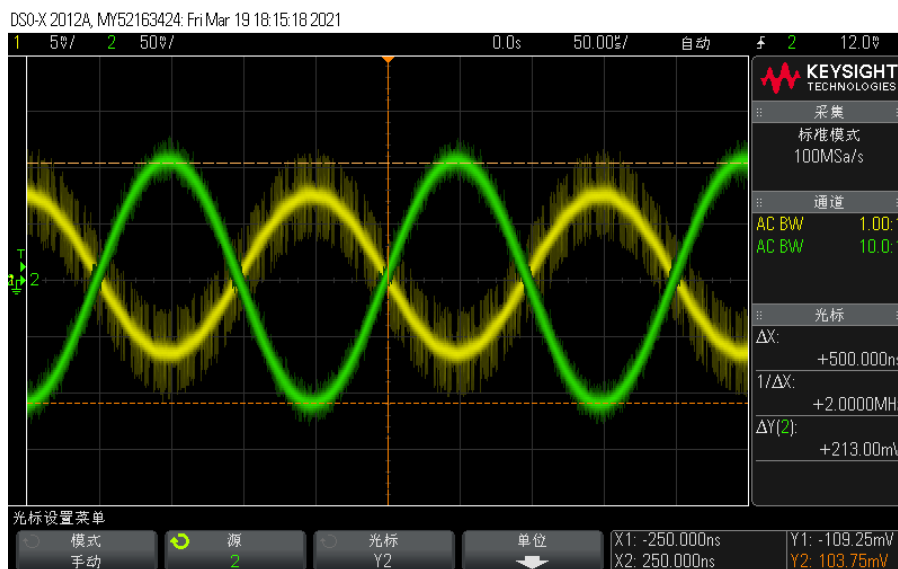
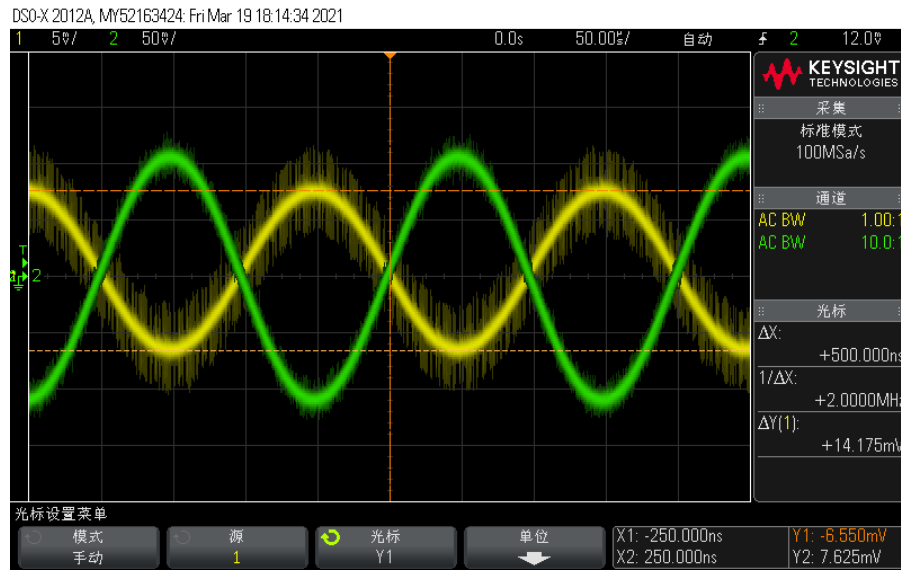


图 36: 电压放大倍数 (测量输入信号幅值)



根据测量结果，计算得：

$$\dot{A}_u = \frac{U_o}{U_i} = -\frac{213.00mV}{14.175mV} = -15.03$$

- 输入电阻

与实验一类似，在被测电路的输入回路中串入 $R_1 = 20k\Omega$ ，分别用示波器测量 R_1 两端电压波形如图37、38所示。

图 37: 实验二输入电阻 (接 R_1 靠近 u_i 一端)

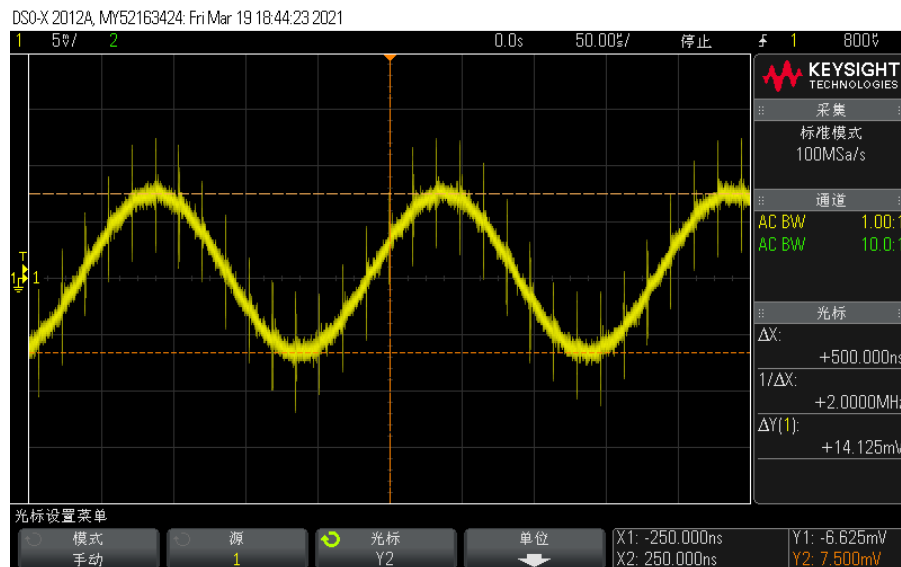
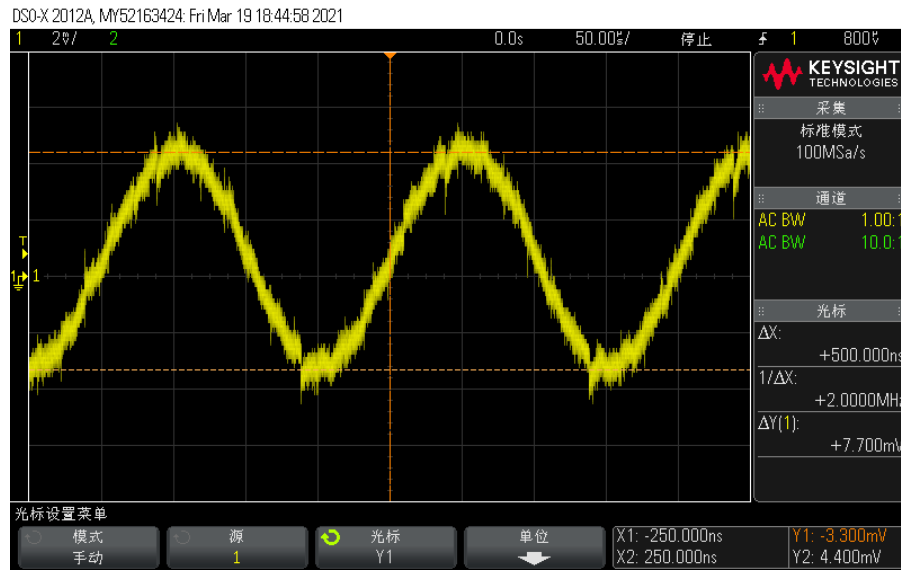


图 38: 实验二输入电阻 (接 R_1 远离 u_i 一端)



根据测量结果与计算公式, 可得:

$$R_i = 20k \times \left(\frac{7.700}{14.125 - 7.700} \right) = 23.97k\Omega$$

- 输出电阻

与实验一类似, 示波器测量结果如图39、40所示。

图 39: 输出电阻 (R_L 开路)

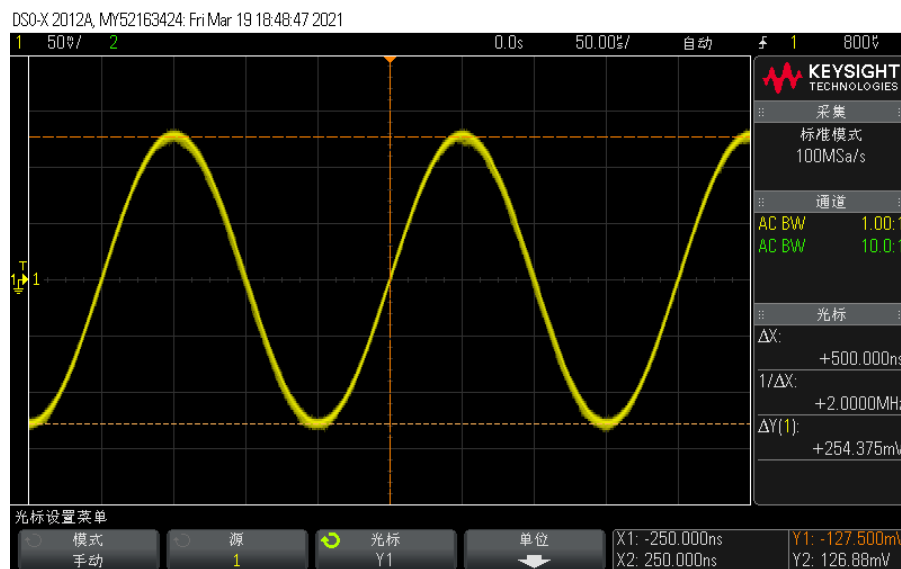
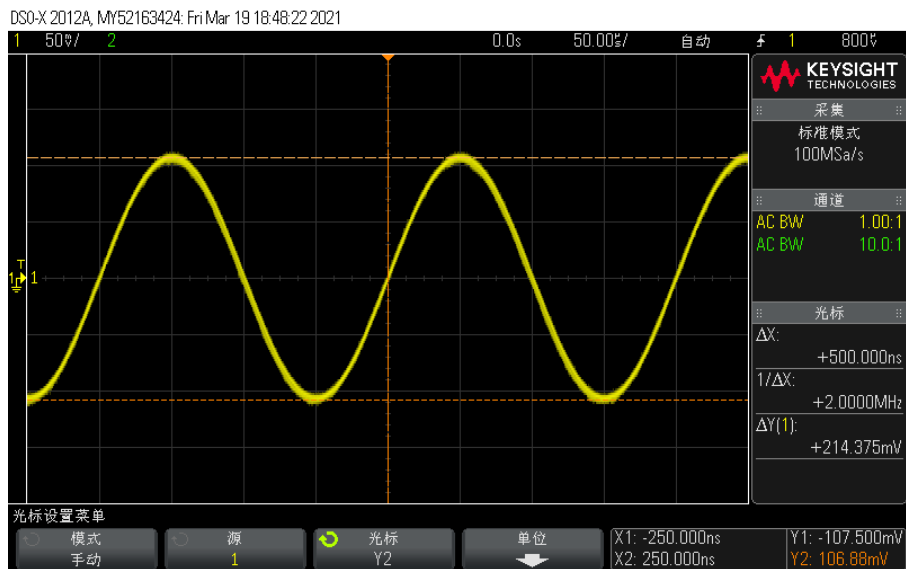


图 40: 输出电阻 ($R_L = 10k\Omega$)



根据测量结果与计算公式，可得：

$$R_o = 10k \times \left(\frac{254.375}{214.375} - 1 \right) = 1.87k\Omega$$

3.4 数据汇总

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: $\beta = 240.0, I_{CQ} = 3mA$

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

4. 实验中遇到的问题及解决方法

由结果数据表格可知，实测值、理论值、仿真值较为接近，误差在合理范围内。实验中，主要遇到了以下一些问题：

- 幅频特性的上限截止频率与仿真值相差较大。这可能是在 Multisim 中进行仿真时，三极管经等效处理后，在高频区域与实际特性出现了差异。
- 在测量输出电阻时，统一接入了 $R_L = 10k\Omega$ ，这使得测量的开路输出电压与带载输出电压差异较小。尽管由于示波器精度较高，不会造成较大的误差，但仍应当注意将 R_L 的阻值设置为与理论值相似 ($2k\Omega$)
- 在测量小信号时，需时刻注意示波器探头电容带来的影响。在实验中，应当使用 $\times 1$ 探头，打开带宽限制，尽量减少电路中噪声的产生。实验过程中，由于认真阅读了实验测量方法并积极向助教询问，相关波形较为稳定，实验进行得较为顺利。
- 实验中相关动态参数以及幅频特性的测量方法与平时题目中计算方法不同，需要在实验前认真阅读讲义，理解测量原理，才能使得实验更为顺利。

5. 总结与分析

5.1 发射极电阻对放大电路动态参数的影响

根据实验数据, 显然可以看出, 当接入发射极电阻后, 电路的放大倍数减小, 输入电阻明显增大, 输出电阻变化不大。

$$\begin{cases} A_u = -\frac{\beta(R_C // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}} \\ R_i = R_{b1} // (r_{be} + (1 + \beta)R_{e1}) \\ R_O = R_C \end{cases} \quad (7)$$

由理论分析, 可知 R_e 增大时, 放大倍数 A_u 绝对值减小, 等效输入电阻增大。然而, 由于发射极电阻的直流负反馈作用, 增大发射极电阻可使得放大电路更稳定, 并在一定程度上消除温漂对静态工作点的影响。

5.2 放大电路主要性能指标的测量方法

- 放大倍数

测量电压放大倍数的方法较为简单, 利用示波器同时观测输入、输出信号波形, 读取波形的有效值或峰峰值, 利用公式 $A_u = \frac{u_o}{u_i}$ 即可得 A_u 的值。

- 输入电阻

测量输入电阻时, 在被测电路的输入回路中串入已知阻值的电阻 R_1 , 用示波器分别观测 R_1 两端的波形 (此处注意由于 R_1 两端电压大小均较小, 故都需采用 $\times 1$ 探头进行测量), 利用公式 $R_i = \frac{U_i}{U'_i - U_i} R_1$ 即可求出输入电阻。

- 输出电阻

测量输出电阻时, 将负载电阻 R_L 开路, 测量开路输出电压 u'_o , 再接入与输出电阻阻值接近的负载电阻 R_L , 测量带载输出电压 u_{oL} , 利用公式 $R_O = R_L (\frac{U'_o}{U_o} - 1)$ 即可求出输出电阻。

6. 思考题

6.1 思考题一

R_{b1} 为什么要由一个电位器和一个固定电阻器串联组成?

由于需要精确调节 I_{CQ} 的值, 故需要时刻调节基极电阻 R_1 的阻值以改变基极电流 I_{BQ} , 进而改变 i_{CQ} 。故利用电位器可使实验得以正常进行。

固定电阻器可以起到保护作用, 以避免因操作失误将电位器的阻值调得过小, 损坏三极管。此外, 固定电阻可减小电位器的阻值调节范围, 提高调节精度。

6.2 思考题二

测量放大电路 R_i 时, 若串联电阻的阻值比其 R_i 的大得多或小得多, 对测量结果会有什么影响? 请对测量误差进行分析

根据公式:

$$R_i = \frac{U_i}{U'_i - U_i} R_1$$

若串入的 R_1 与 R_i 相当, $\frac{U_i}{U_i' - U_i} \approx 1$, 此时测量误差较小。若 R_1 的阻值比 R_i 大得多或小得多, 可能会导致系数的分子很小或分母很小, 使得测量误差增大。

6.3 思考题三

能否用数字万用表测量图2所示放大电路的 \dot{A}_i 、 R_i 、 R_o , 为什么?

不能。一方面, 数字万用表适用于低频电压, 工作频率远低于输入信号频率 $5kHz$, 直接测量会产生较大误差。

另一方面, 放大电路中的输入、输出电阻均为动态参数, 需要在输入信号的作用同时测量。而利用万用表直接测量电阻的前提是电路中无其他独立源, 否则容易烧坏万用表内部器件。故不能利用万用表测量该阻值。

此外, 在测量放大电路的相关参数时, 往往需要在测量的同时对波形进行观测, 以判断输出信号是否正常, 因此利用示波器测量更好。

6.4 思考题四

设示波器探头 $\times 1$ 档的输入电阻为 $1M\Omega$, 输入电容 (包括电缆线的分布电容) 为 $200pF$, 用它来测量图2所示放大电路的高频截止频率 f_H 。若设 f_H 大约为 $4MHz$, 试分析 $\times 1$ 档探头对测量结果所产生的影响。采取什么办法可消除或减少这种影响?

接入示波器探头相当于在负载两端并联 $R_x = 1M\Omega$ 、 $C_x = 200pF$ 。当放大电路处于高频工作状态时, 探头的输入电容的容抗为 $X_c = -\frac{1}{j\omega C} = -198.9j\Omega$ 。与探头的输入电阻与原负载并联后的阻值约为 200Ω 。因此, 示波器大大减小了负载电阻的等效阻值, 影响了负载电阻的分压能力, 使测量输出信号的误差较大。

消除影响的方法: 可考虑改用示波器 $\times 10$ 档, 该档输入电容较小, 高频时容抗较大, 对并联的电阻阻值影响较小。