

东南大学电工电子实验中心

实 验 报 告

课程名称: 模拟电子电路实验

第 2 次实验

实验名称: 增益自动切换电压放大电路的设计
院 (系): 电子科学与工程学院
专 业: 电子科学与技术
姓 名: 孙寒石 学 号: 06219109
实 验 室: 104 实验组别: _____
同组人员: _____ 实验时间: 2021 年 4 月 19 日
评定成绩: _____ 审阅教师: _____

一、实验目的

1. 进一步熟悉 Multisim 软件仿真功能；
2. 掌握利用运算放大器构成单门限比较器、迟滞比较器和窗口比较器电路各元件参数的计算方法；
3. 掌握峰值检波的电路，二极管检波电路和精密整流电路的工作原理和基本电路结构；
4. 掌握数字信号与模拟信号的级联、切换的方法。

二、实验内容

用运算放大器设计一个电压放大电路，其输入阻抗不小于 $100\text{k}\Omega$ ，输出阻抗不大于 $1\text{k}\Omega$ ，并能够根据输入信号幅值切换调整增益。电路应实现的功能与技术指标如下：

1. 基本要求

(1) 放大器能够具有 0.1、1、10 三档不同的增益，可以用连线改变增益，或者以拨动开关切换增益，或者用模拟电子开关切换增益。

(2) 输入一个幅度为 $0.1\sim 10\text{V}$ 的可调直流信号，要求放大器输出信号电压在 $0.5\sim 5\text{V}$ 范围内，设计电路根据输入信号的幅值自动切换调整增益值。

2. 提高要求

(1) 输入一个交流信号，频率 10kHz ，幅值范围为 $0.1\sim 10\text{V}$ （峰峰值 U_{pp} ），要求输出信号电压控制在 $0.5\sim 5\text{V}$ （峰峰值 U_{pp} ）的范围内。

注意：电子报告必须上传提交到 M00C 实验第 6 单元的作业中。

三、电路设计（预习要求）

(1) 根据实验内容、技术指标及实验室现有条件，自选方案设计出原理图，分析工作原理，计算元件参数：

分析项目的功能与性能指标：

功能：

- 1) 实现电压的比较，判断电压是否处于 $0.1\sim 0.5$ 、 $0.5\sim 5$ 、 $5\sim 10\text{V}$ 。
- 2) 根据判断结果将输入信号进行相应的增益放大， $0.1\sim 0.5\text{V}$ 放大至 $1\sim 5\text{V}$ ， $0.5\sim 5\text{V}$ 保持不变， $5\sim 10\text{V}$ 缩小到 $0.5\sim 1\text{V}$ ，从而实现输出范围为 $0\sim 5\text{V}$ 。
- 3) 实现交流信号的整流滤波以判断峰值处于哪个范围。
- 4) 将交流信号根据峰值电压范围进行相应倍数的增益。

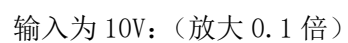
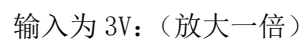
性能指标：

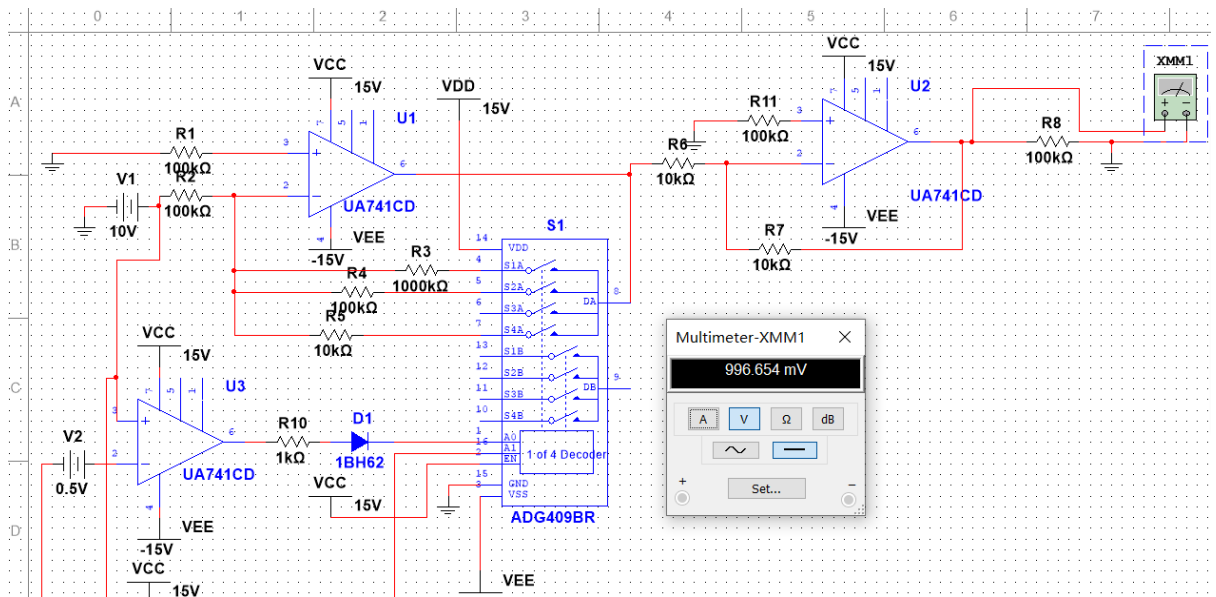
- 1) 跳变点为 0.5V 和 5V ，这两个电压阈值在电路中不能误差过大。
- 2) 增益分别为 10、1、0.1，误差不能过大。
- 3) 交流信号的频率为 10kHz ，且需在电路通频带中

The diagram illustrates a 4-bit parallel adder circuit. It consists of four 741CD op-amp comparators (U1, U2, U3, U4) and a 4-to-1 decoder (S1). The circuit is powered by a 15V VDD supply and an 8V VCC supply. The inputs are provided by voltage sources V1 (0.25V), V2 (0.25V), and V3 (2.5V). The outputs are monitored by a scope (V/SC1) and a logic analyzer (V/FG1). The circuit includes various resistors (R1-R13) and capacitors (C1) for signal conditioning and timing.

(2) 利用 EDA 软件进行仿真，并优化设计（对仿真结果进行分析）。

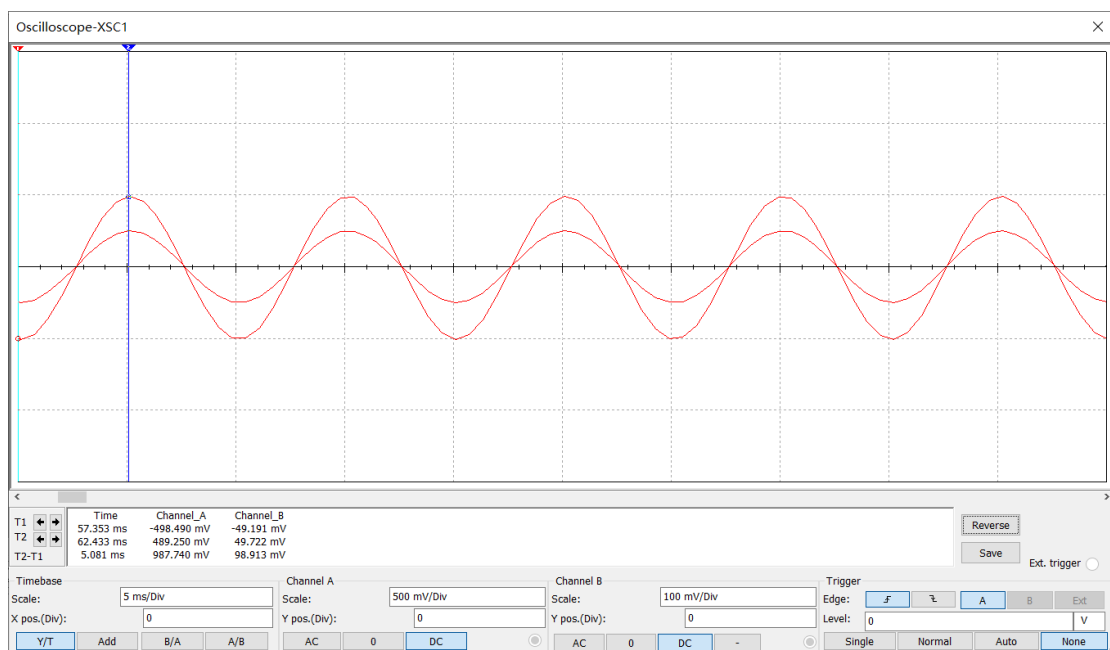
输入为 0.15V: (放大 10 倍)



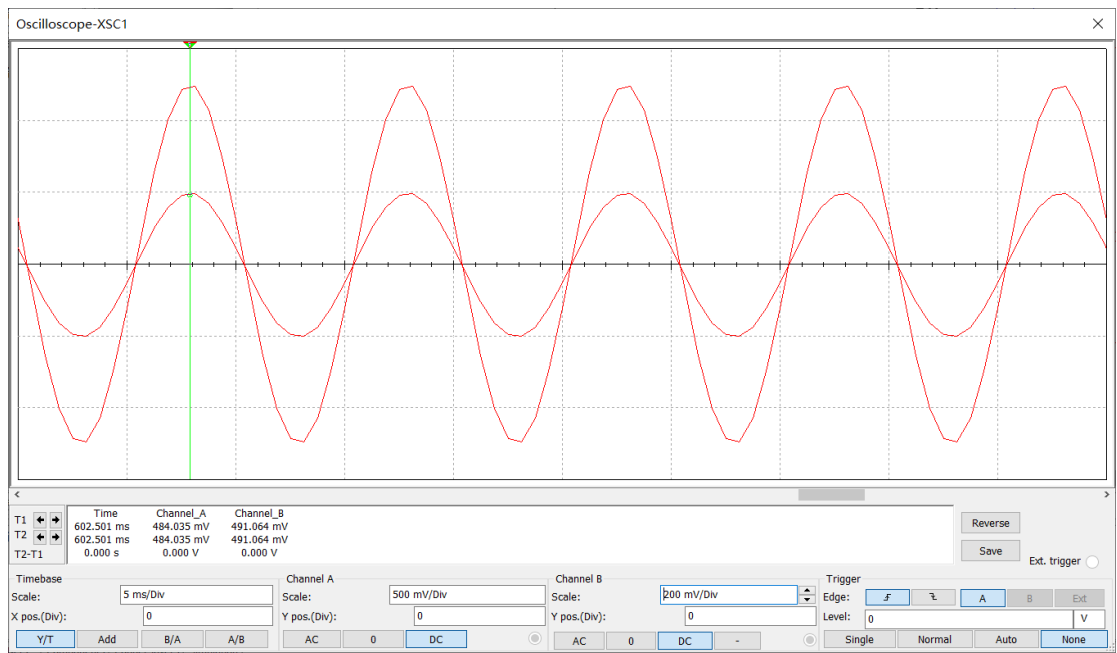


交流输入：

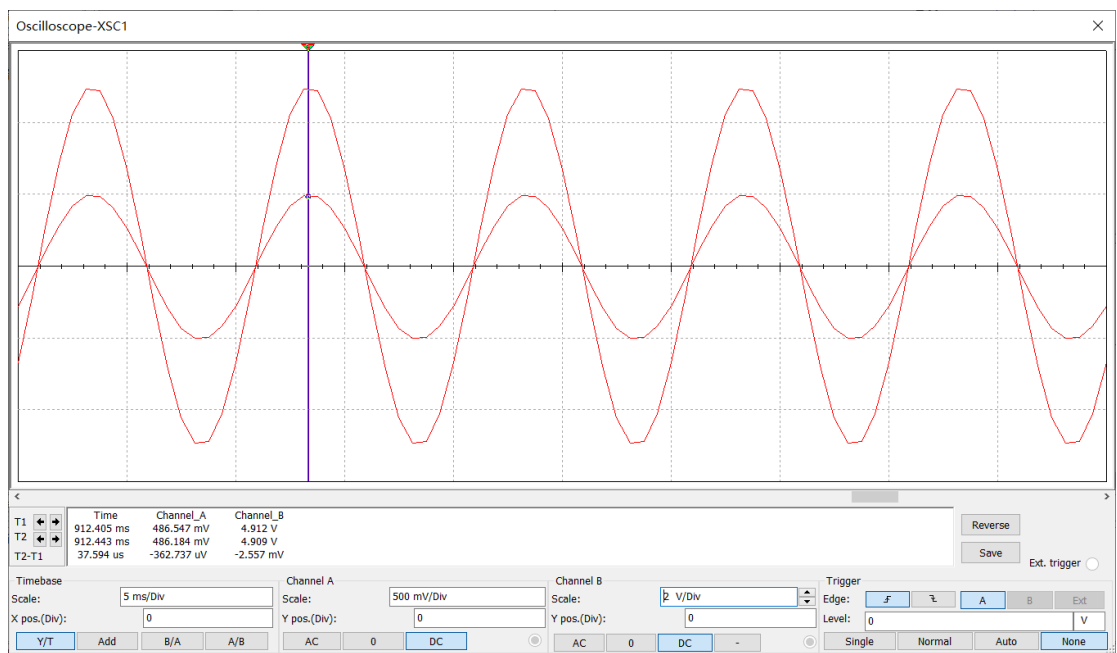
输入峰峰值为 0.1V：（放大 10 倍）



输入峰峰值为 1V：（放大 1 倍）



输入峰峰值为 10V：（放大 0.1 倍）



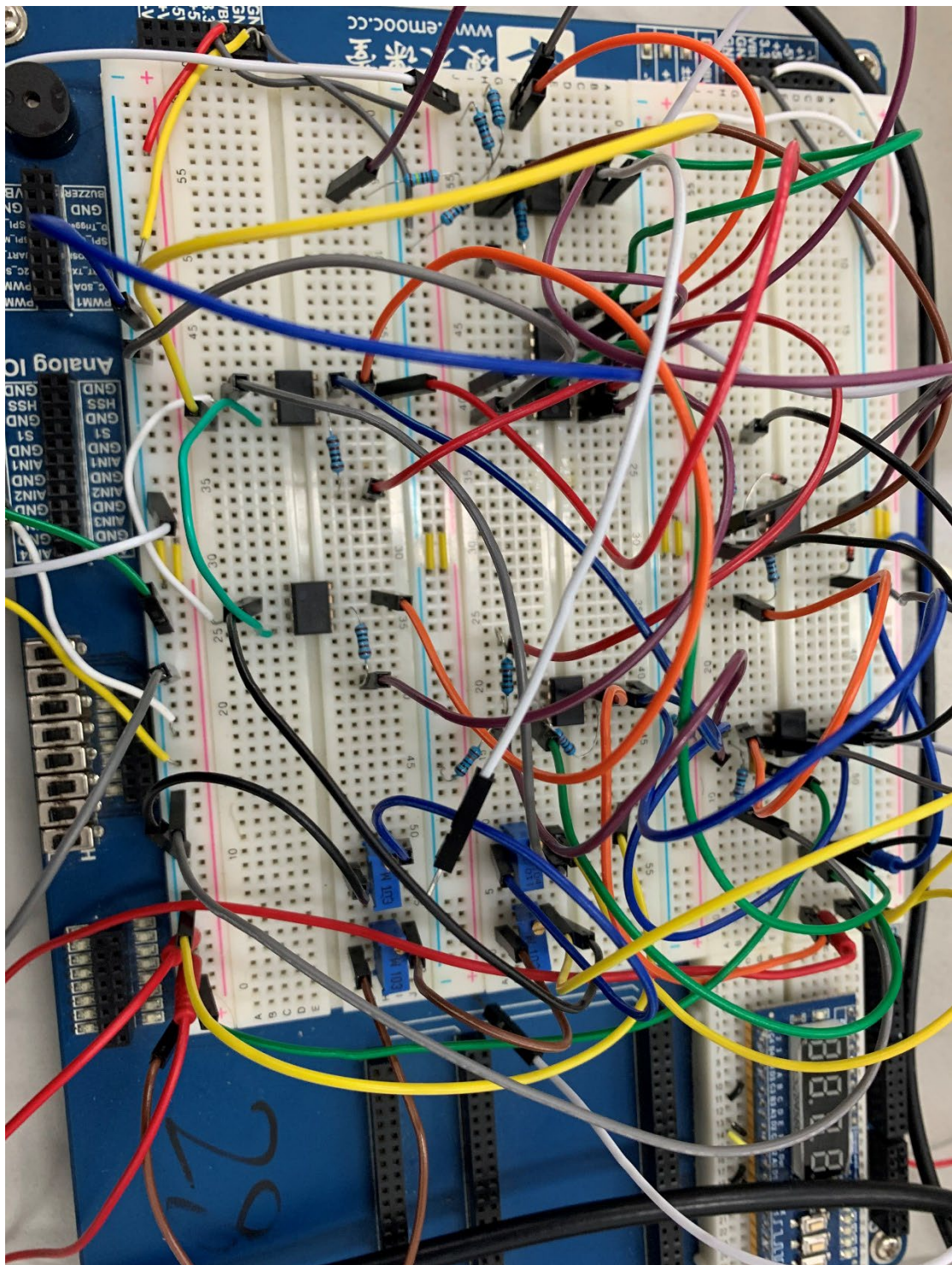
结果分析：可以自动调控放大倍数，实验成功。

(3) 列出系统需要的元器件清单（请设计表格列出）：

元件	个数
UA741	4
CD4052	1
KM311	2
100k 电阻	3
10k 电阻	5
1k 电阻	4
1uF 电容	1

四、 硬件电路功能与指标，测试数据与误差分析（实验要求）

(1) 硬件实物图（照片形式）：



(2) 制定实验测量方案（例如测量条件，使用仪器仪表等等）：

测量方案：

- 1) 将输入信号、输出信号分别接入示波器 CH1、CH2 通道。
- 2) 直流信号由函数发生器直流档输出 0.1V~10V 信号；交流信号由函数发生器正弦档输出频率 1KHz, 峰峰值范围 0.1V~10V。
- 3) 先输入 0.2V, 2V 和 6V 观察增益；逐步提高电压至 0.5V 和 5V 左右观察跳变点，记录输入输出电压（直流）或峰峰值（交流）。

仪器仪表：

- 1) 示波器
- 2) 函数信号发生器
- 3) 数字万用表
- 4) 稳压电源

(3) 调试电路的方法和技巧：

1) 需要更换元件时应当先把电源断开，否则很有可能短接将电路烧毁。接通电源前可以先测量 VCC、VEE、GND 电压值，确认电压输出是否正确。

2) 分模块调试。整块电路，首先先验证比较器的部分，确保分压正确，对于输入能够有符合设计的对应输出；然后是模拟开关电路，对于比较器的正确输出，能够确保有正确的接通；最后两个比较器可以分开来检验，先检验方向放大部分，看放大倍数是否正确，然后再检验反向器输出是否正确。对于交流部分，主要要检验整流电路的输出是否符合预期，是否能够反应正弦波的峰峰值，只要保证这一部分正确，皆如原先调试好的直流电路，就可以直接得到正确的输出波形。

3) 善于使用电位器。在分压部分得到比较电压、增益放大部分，使用固定阻值的电阻，得到的输出会有偏差，整个电路最终的误差会应为多层迭代很大。所以我们可以用电位器代替一些电阻，通过调节电位器，得到更加精确的比较电压或者放大倍数。

4) 注重调整跳变点的电压。将输入正弦信号的峰峰值维持在跳变点，然后调节参考电压，直到波形不稳定为止。

5) 搭建电路时自下向上，先调试每一部分电路的正确性，再相互拼接，做总调试。

6) 排查错误时自上向下，分模块排查，发现某个模块与预计结果不符时，再在模块内部继续排查。

(4) 测试的数据和波形并与仿真设计结果比较分析：

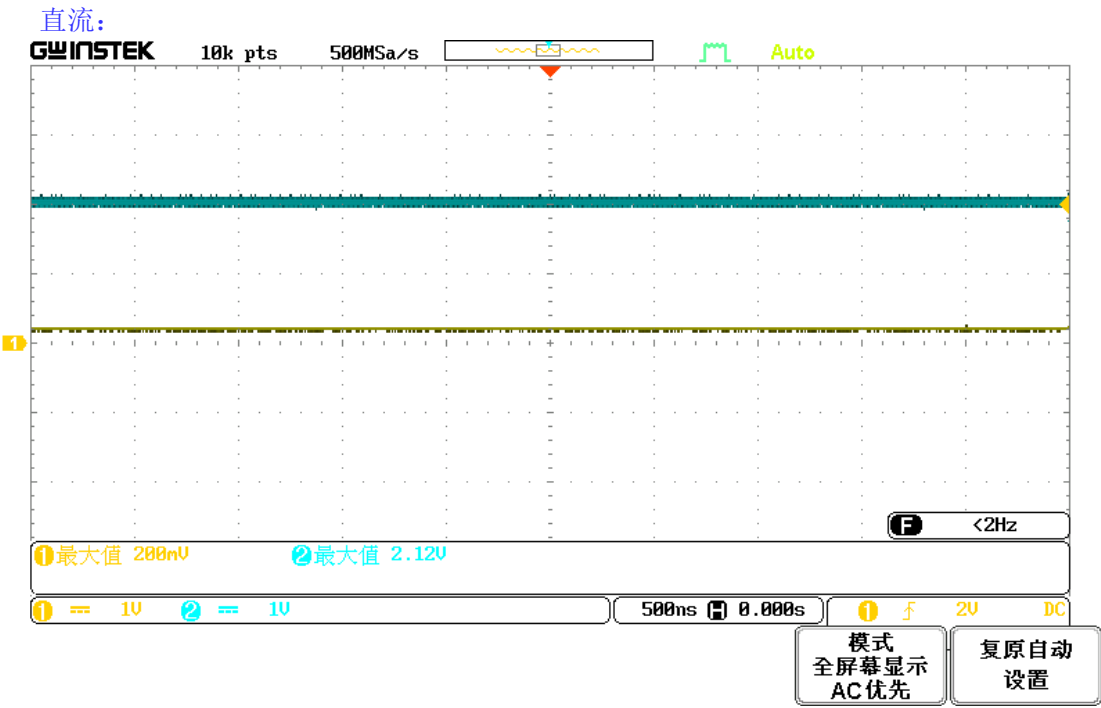
直流：

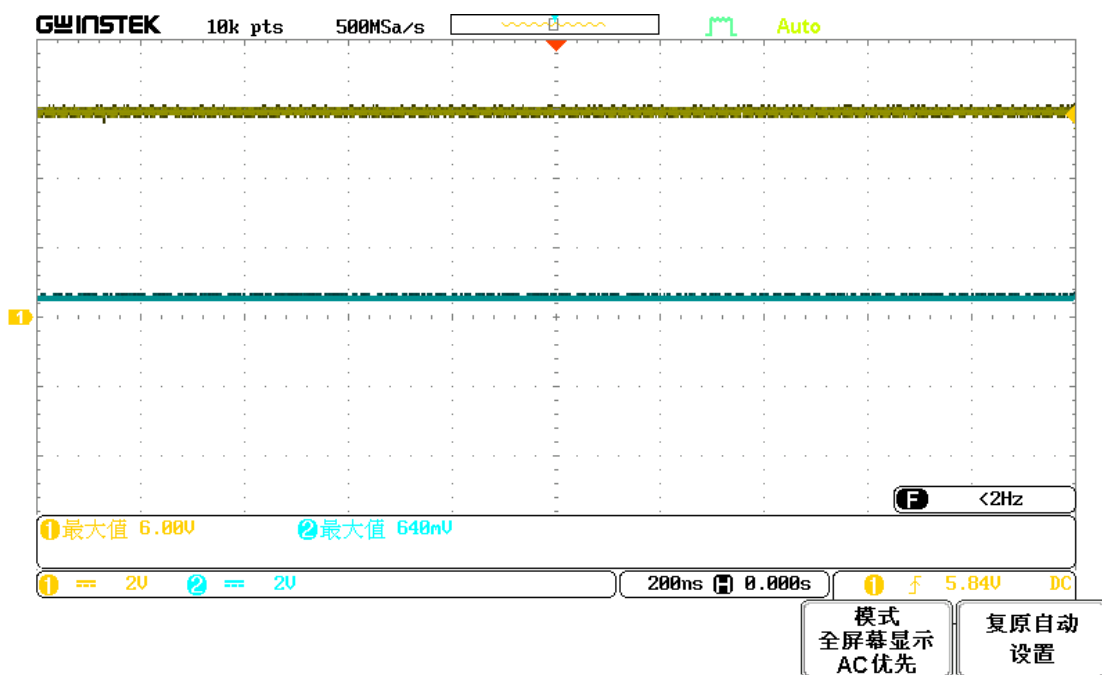
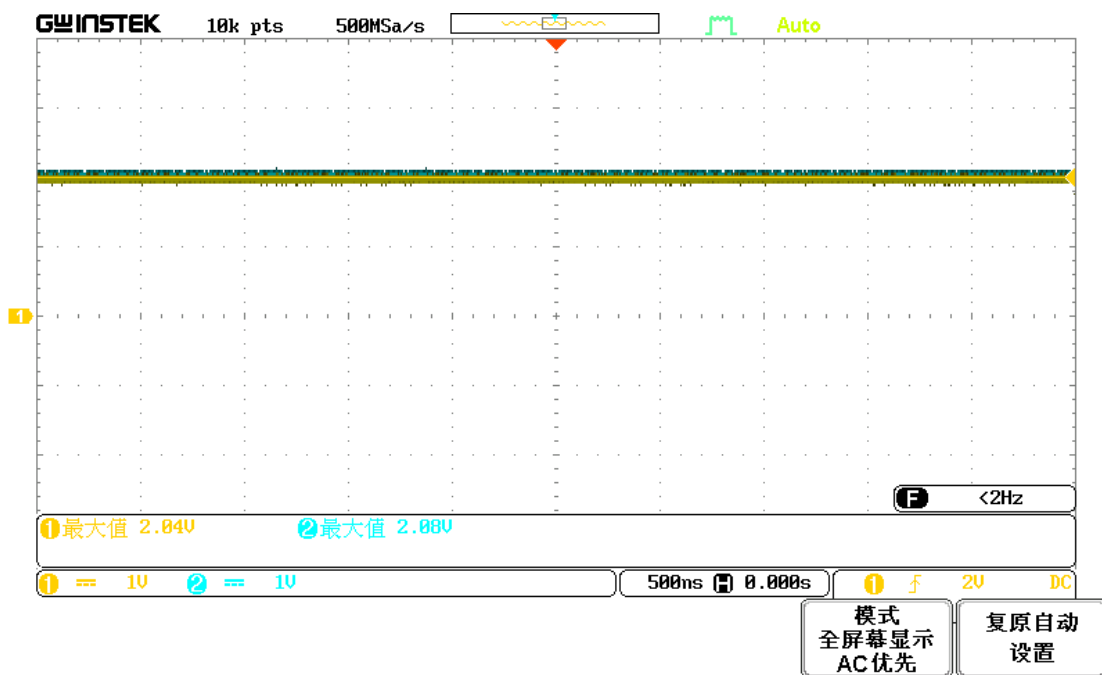
增益倍数	输入范围	输出范围
0.1	5.002， 10	0.505， 0.994
1	0.496， 4.993	0.493， 4.884
10	0.1， 0.493	0.990， 4.896

交流：

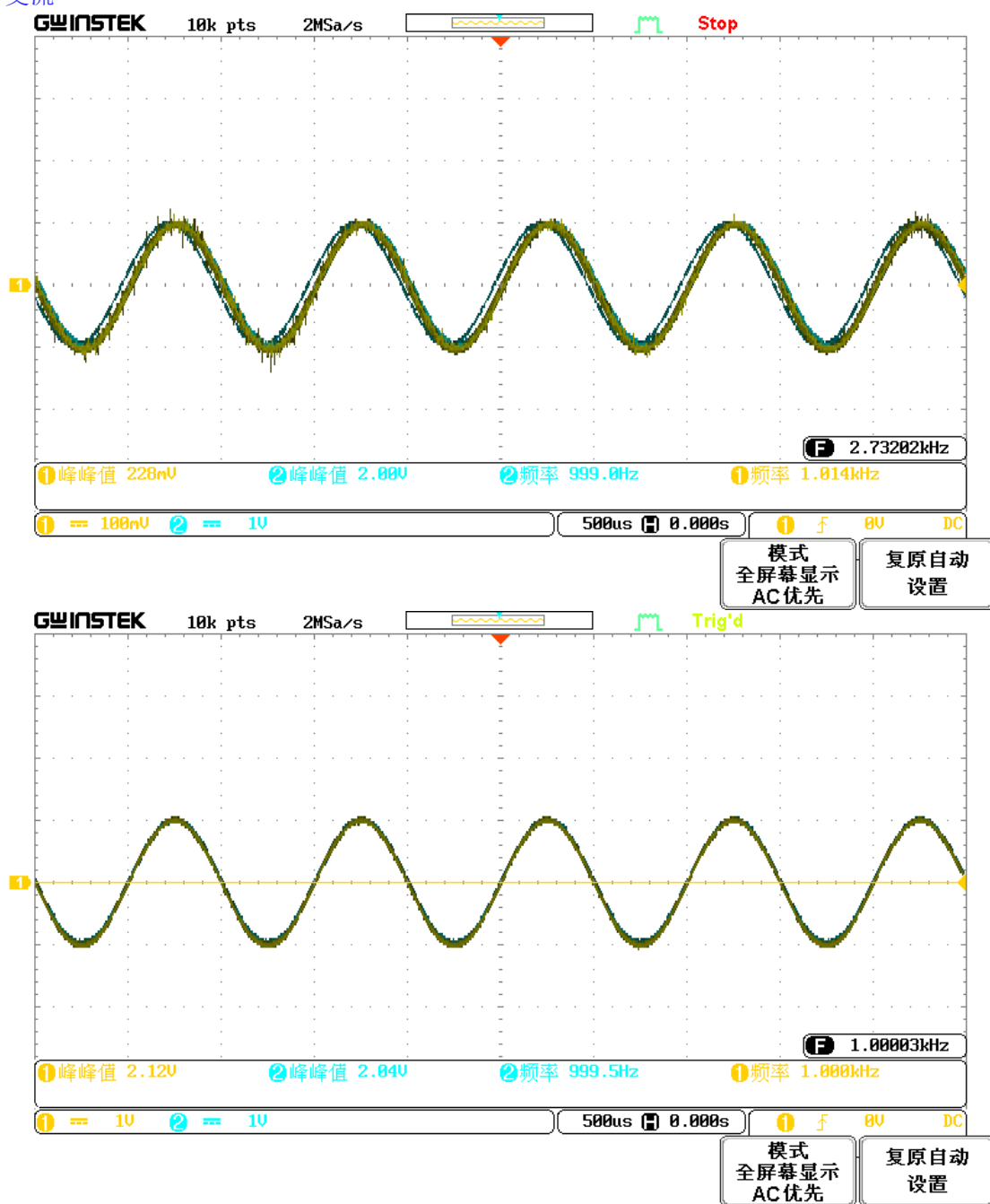
增益倍数	输入范围	输出范围
0.1	5.04， 10	0.524， 0.986
1	0.541， 4.98	0.533， 5.05
10	0.1， 0.536	0.973， 5.21

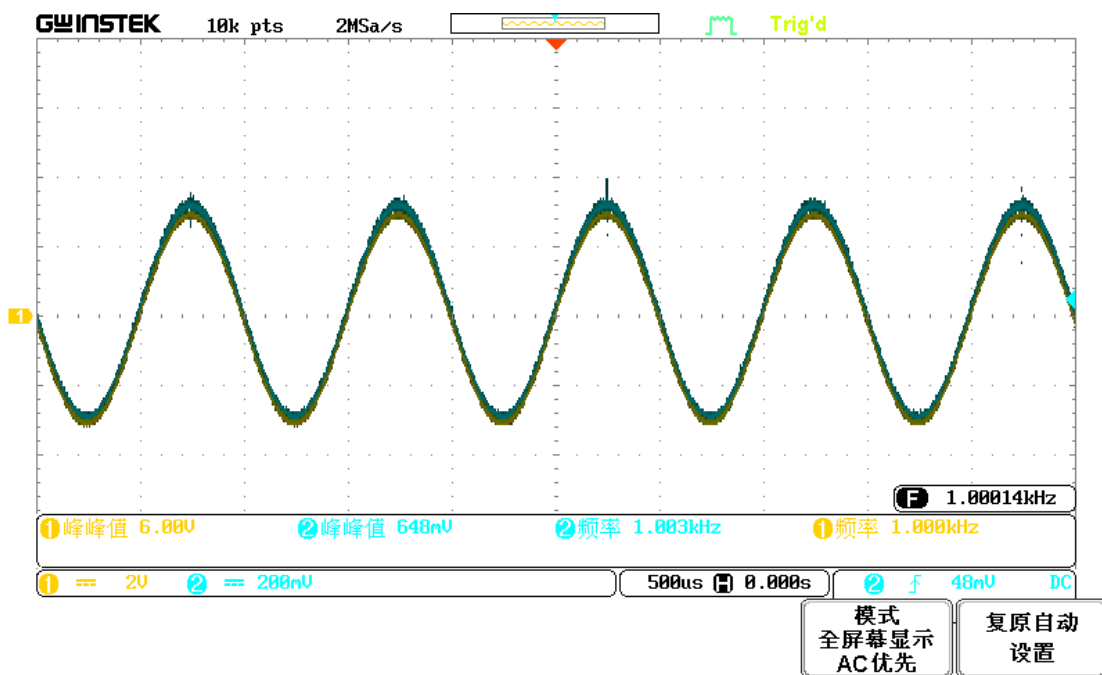
波形图：



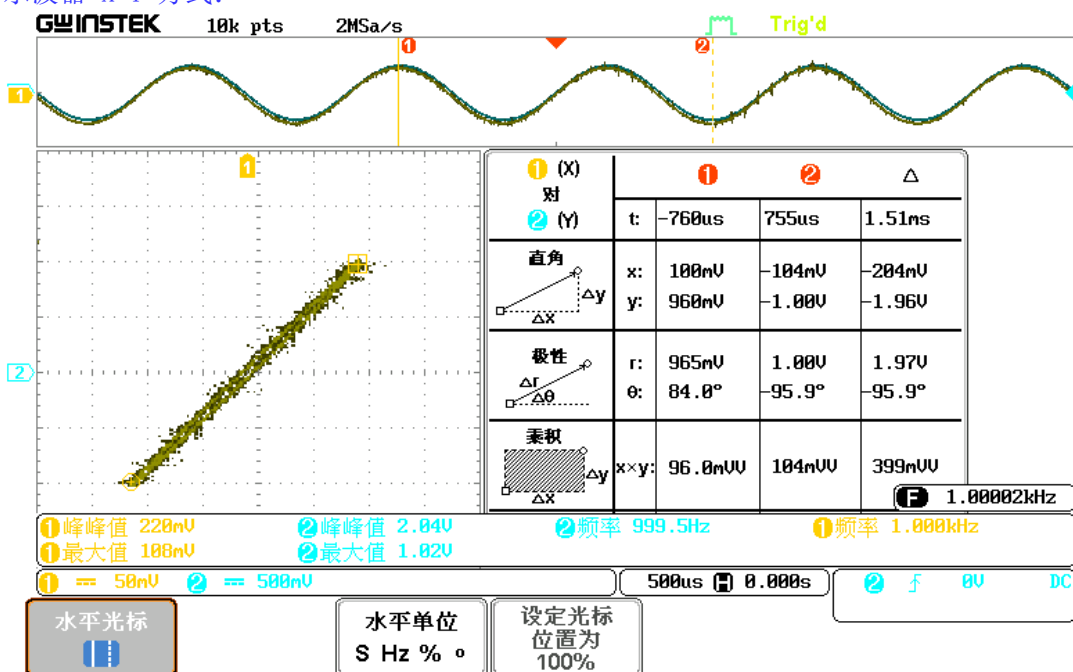


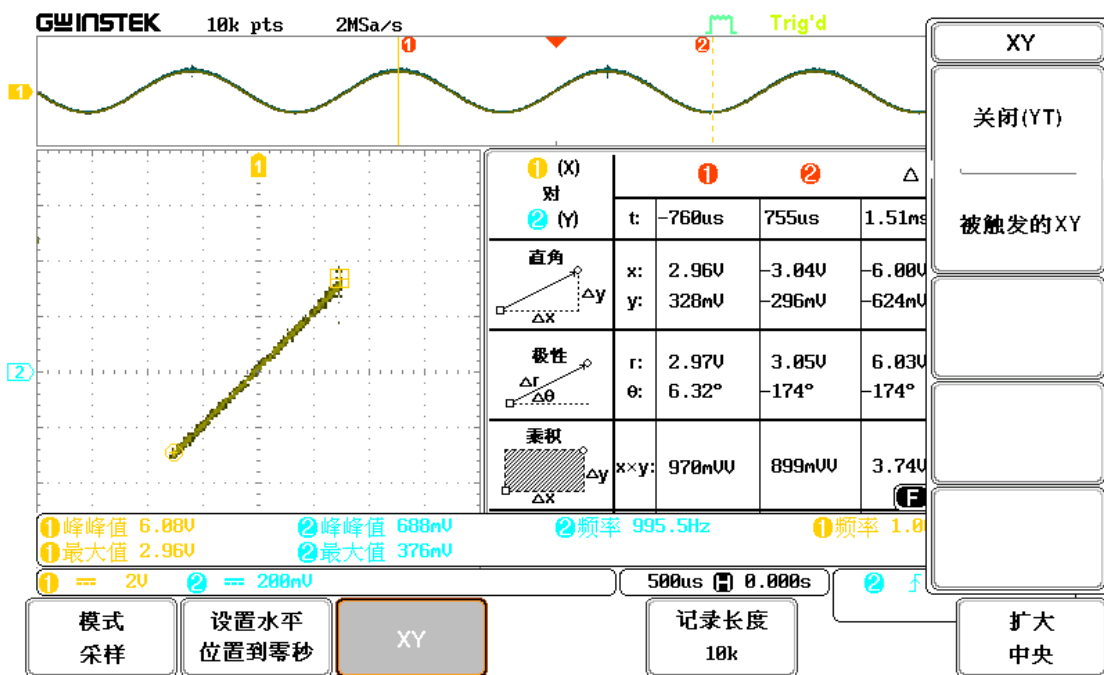
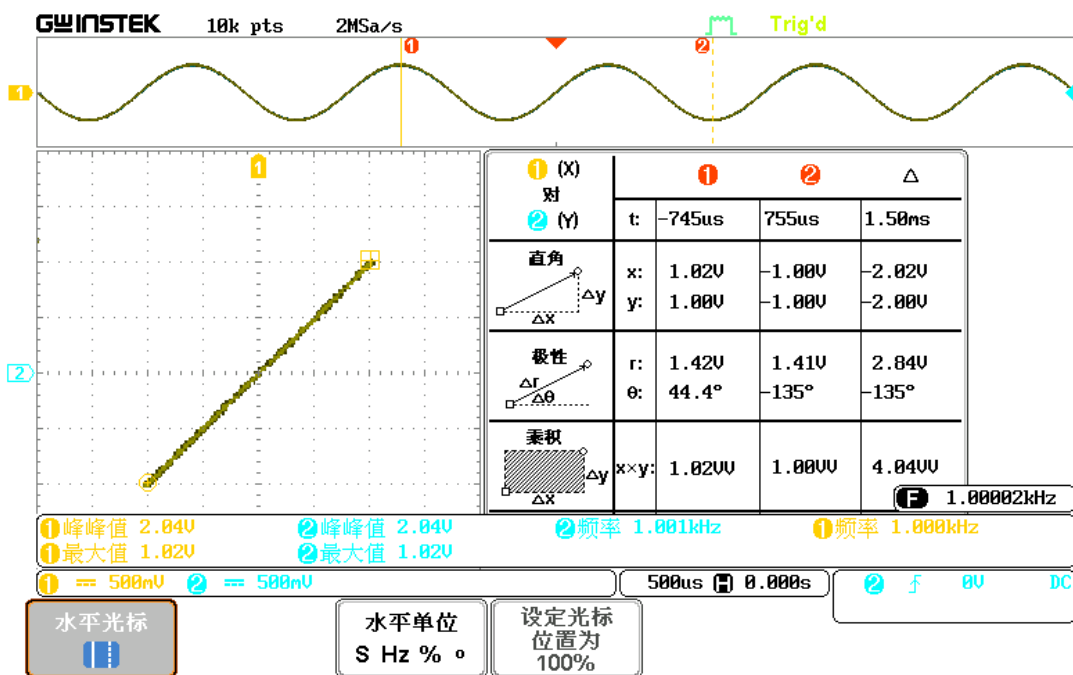
交流



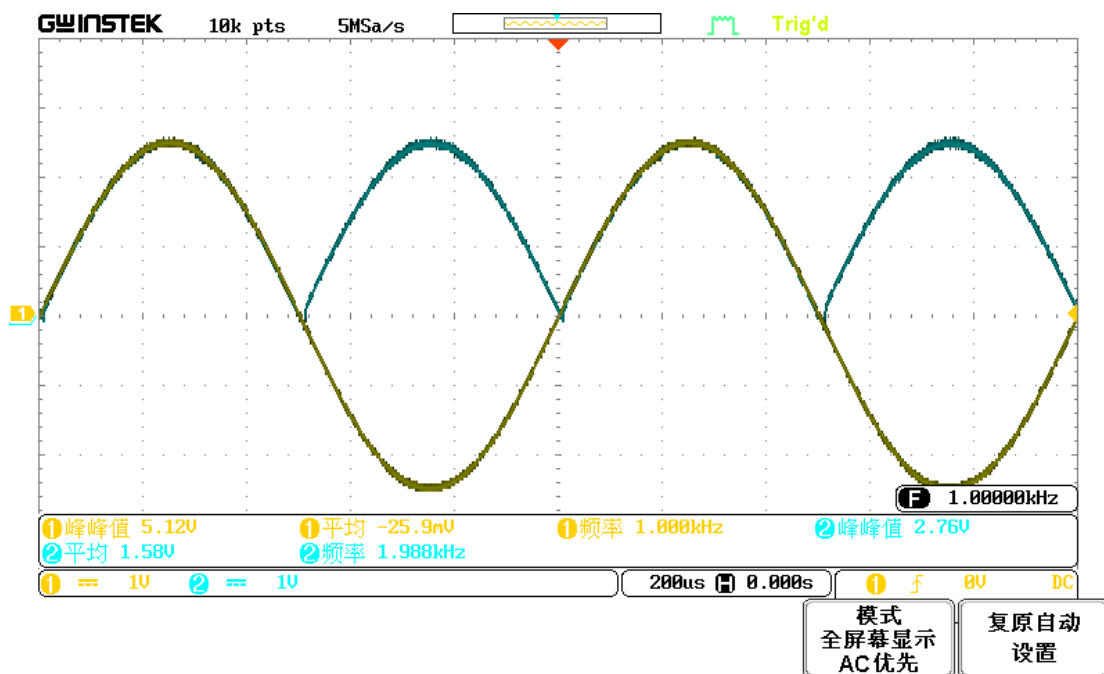
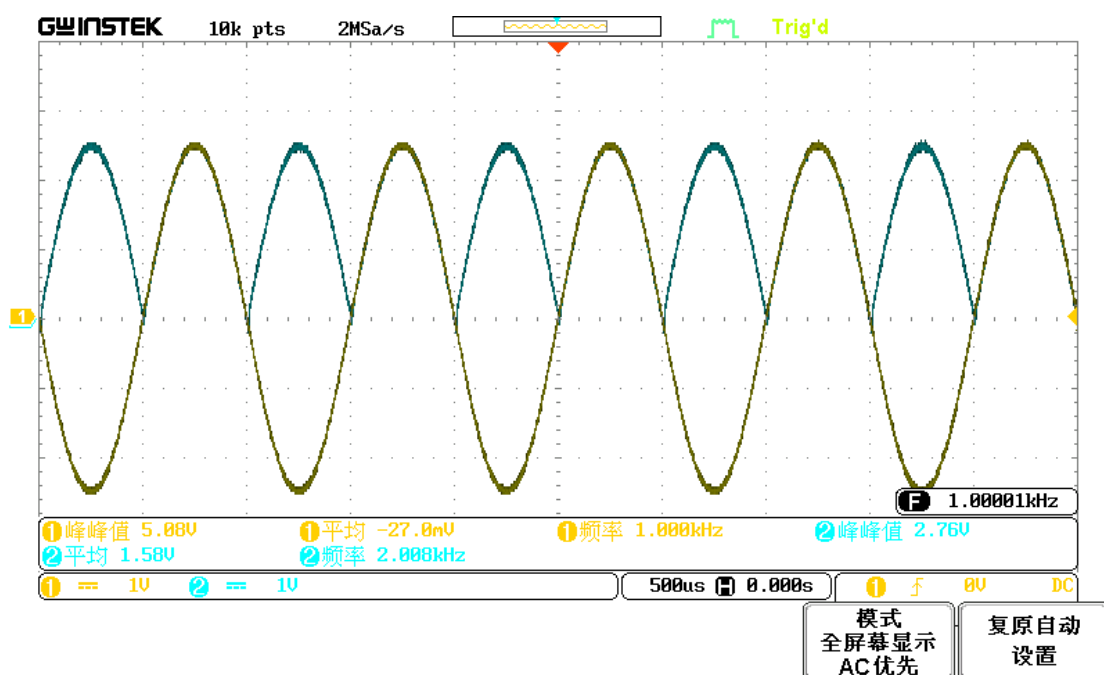


示波器 X-Y 方式:

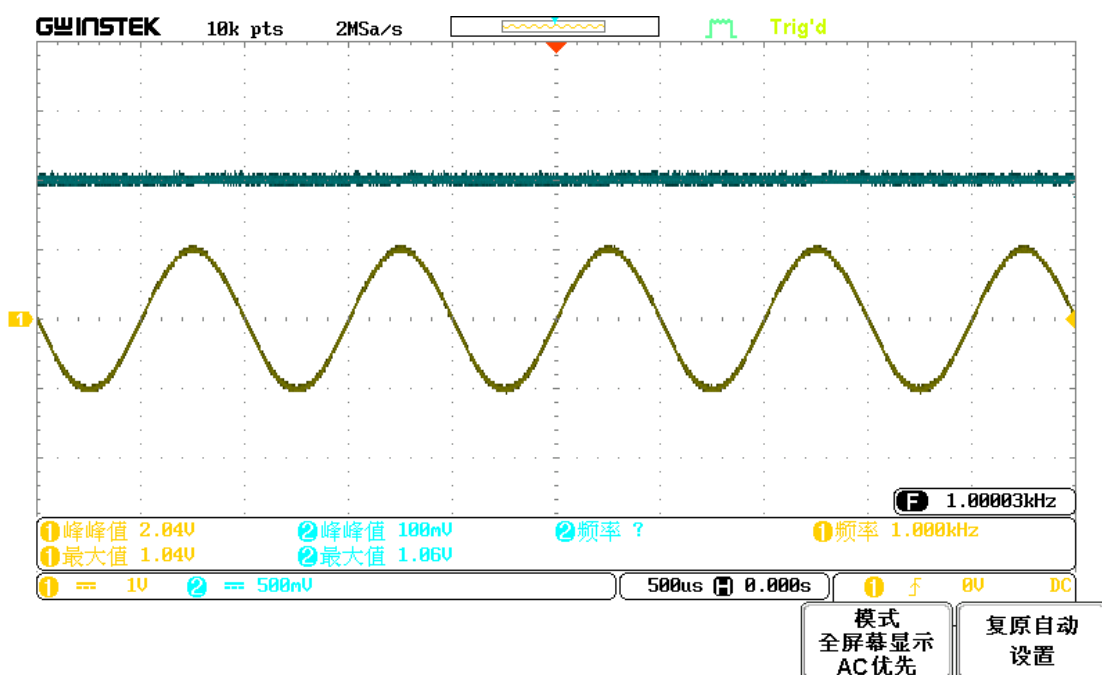




全波整流:

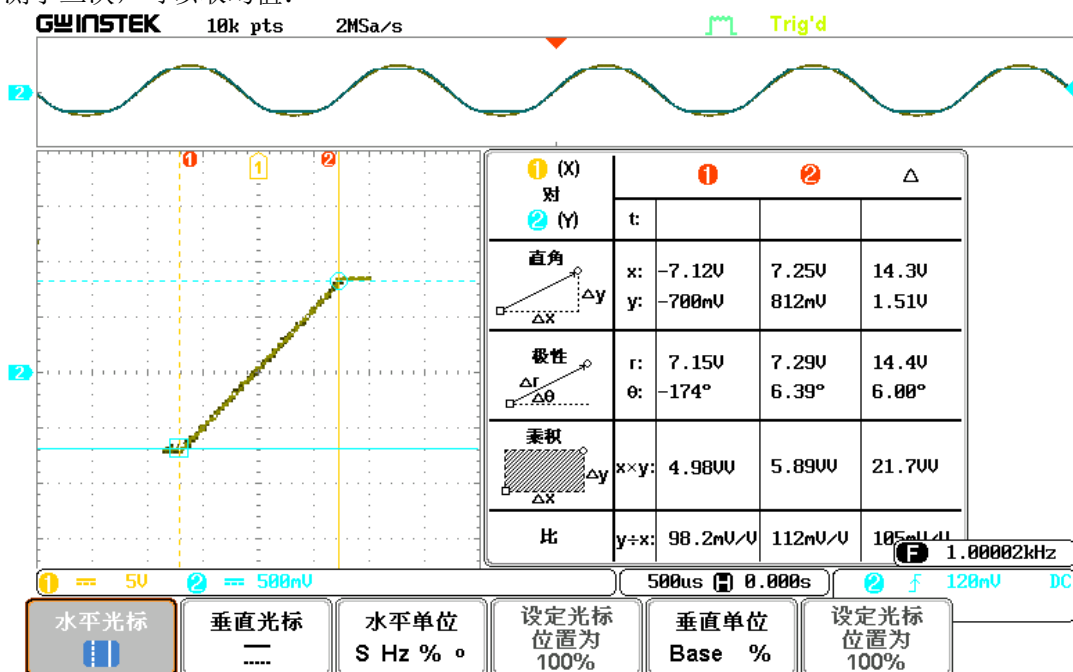


滤波:



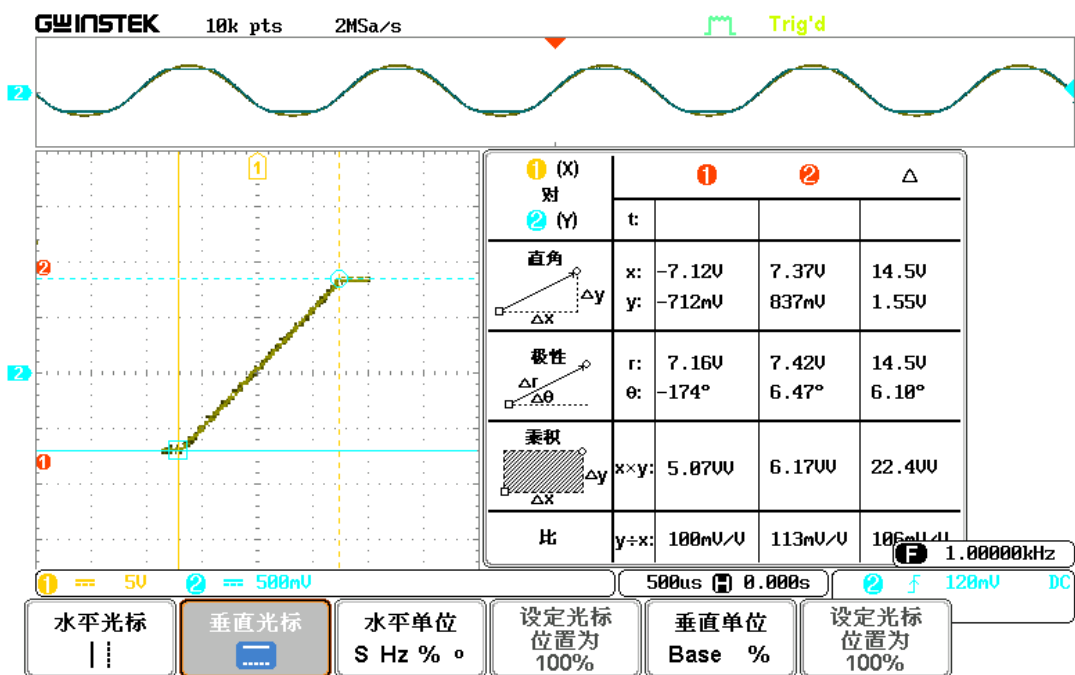
失真情况:

测了三次, 可以取均值:



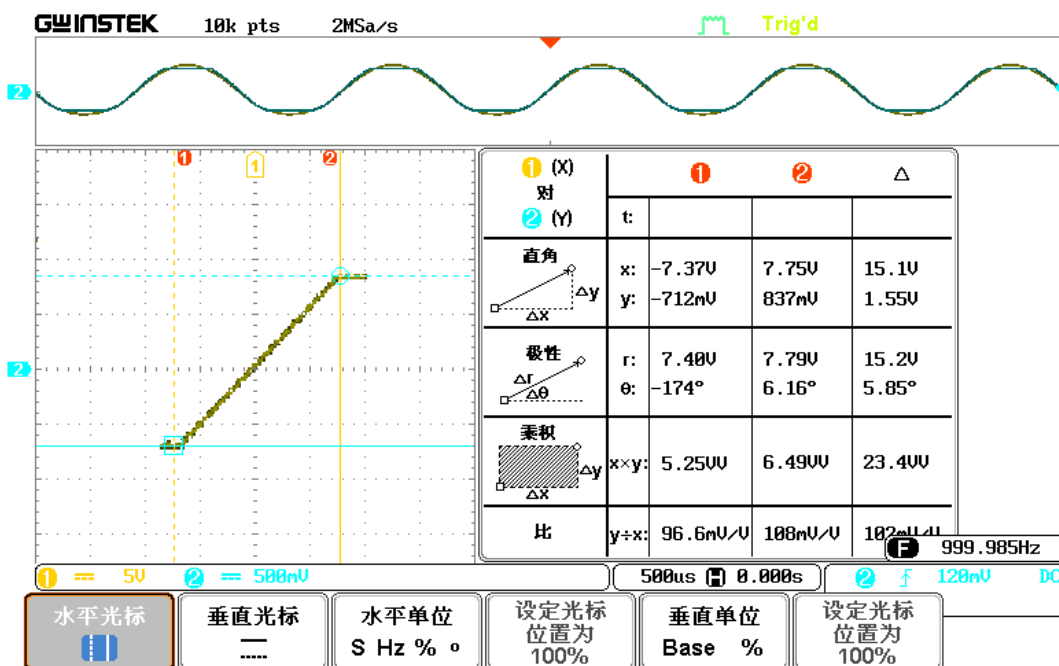
斜率: 9.470

转折点: -7.12V 7.25V



斜率: 9.3548

转折点: -7.12V 7.37V



斜率为: 9.7419

转折点: -7.73V 7.75V

(5) 调试中出现的故障、原因及排除方法:

1) 故障: 4052 输出异常。

原因: 对于右下角 3 个管脚接线错误, 接地和接负电压犯错。

排除方法: 仔细阅读文字资料, 与同学交流, 不断尝试, 测试何种情况是正确的。

2) 故障: 整流滤波电路输出异常。

原因: 增益部分增益倍数不对。

排除方法: 换掉电阻, 使用电位器, 调节旋钮直到正确。

五、实验总结

(1) 阐述设计中遇到的问题、原因分析及解决方法:

问题: 整流滤波电路输出结果不会调整。

原因分析: 并未学过相应的模电知识, 后经询问同学和上网查找资料后, 得知是放大增益部分电路的问题。

解决方法: 使用电位器代替电阻, 调整增益, 得到匹配比较电压的整流输出。

(2) 总结设计电路和方案的优缺点:

优点: 基本能实现实验要求, 测量数据也相对准确, 同时分块设计便于查询电路和错误。

缺点: 在跳变点附近, 容易波动, 不好控制。

(3) 指出课题的核心及实用价值, 提出改进意见和展望:

核心价值: 帮助大家理解运算放大器的综合运用, 设计一些具有实用性的电路, 同时进行调试。

改进意见和展望: 希望多提供点芯片。

(4) 实验的收获和体会:

本次实验让我对于电路的自动控制有了更深入的了解, 这种自动判别输入从而进行相应的输出的思路很有趣。同时对于模电实验的认识得到了较好的提升。仿真和实验要相互结合好。仿真是实验成功的一半, 但是绝不代表成功, 搭建电路也是非常关键的一个环节, 十分考验一个人的细心程度。同时搭建电路完之后的调试电路和纠错更为重要。对于模电实验来说, 任何细微的波动都可能造成电路输出的错误, 不像数电, 每一步的输出信号, 质量都比较高。所以分模块设计和调试就尤为重要, 将每一块的功能逐步测试。在接通电源之前检查各芯片是否接入正确的电压, 不然容易烧毁芯片。

六、 实验建议（欢迎大家提出宝贵意见）

- 1.一些新的芯片，希望能够详细讲一下怎么接，手册有的时候看的云里雾里的。
- 2.对于整流滤波检波此类知识，尚未涉及，希望在 mooc 中能先讲解一下。