

浙江大学实验报告

课程名称：____信号分析与处理____ 指导老师：____孙晖____ 成绩：____
实验名称：____课内综合实践____ 实验类型：____信号实验____ 同组学生姓名：____褚玘铎____

课内综合实践

设备序列号：YZH10011

本组分工：

褚玘铎：硬件接线和设计

严旭铎：软件仿真和数据处理

一、实验内容

1. 验证时域采样定理
2. 幅度调制与解调（相干解调）
3. 幅度调制与解调（非相干解调）

二、验证时域采样定理

1. 实验要求：

- (1) 设置原始信号为正弦波，频率为 500Hz，开关函数信号为单极性矩形脉冲信号，频率为 10kHz，两个信号的幅度都为默认值 1V，将两信号相乘得到采样信号。
- (2) 试设计模拟低通滤波器，将采样信号通过模拟低通滤波器，通过改变模拟低通滤波器的截止频率，比较原始信号、采样信号以及低通滤波器的输出信号。
- (3) 设置原始信号为三角波，频率为 500Hz，幅度为 1V。试设计模拟低通滤波器，使采样信号通过滤波器后输出波形尽量逼近原三角波信号。

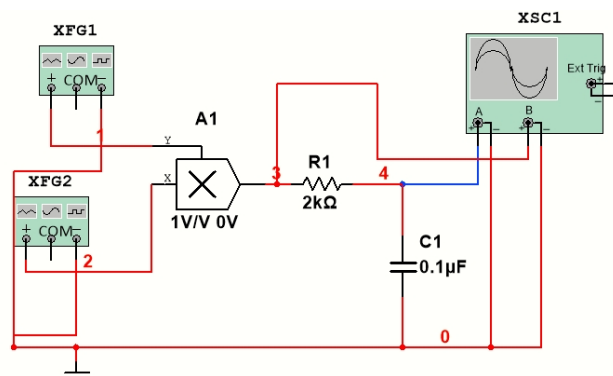
2. 实验设计、仿真与结果

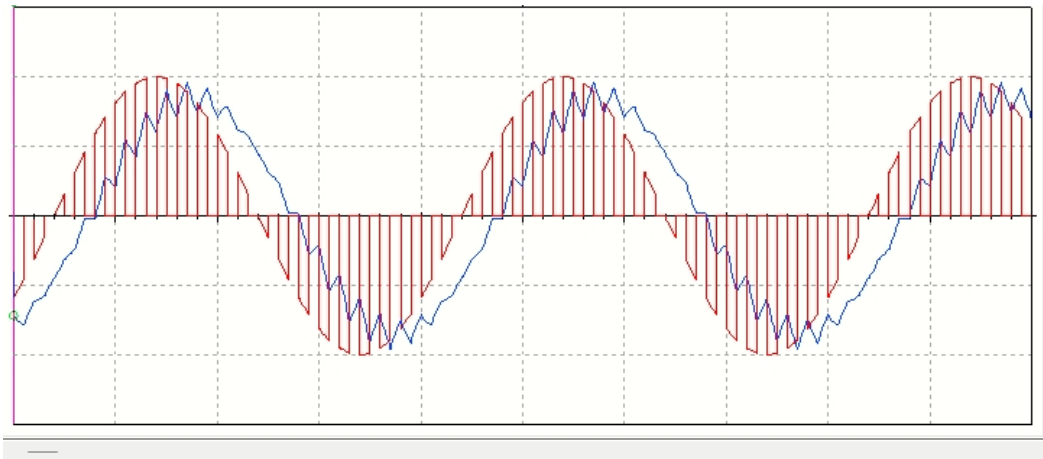
(1) 设计思路

总体思路是选用 RC 滤波，分别采用无源一阶、无源二阶、有源二阶的接法，改变结构来看滤波效果。

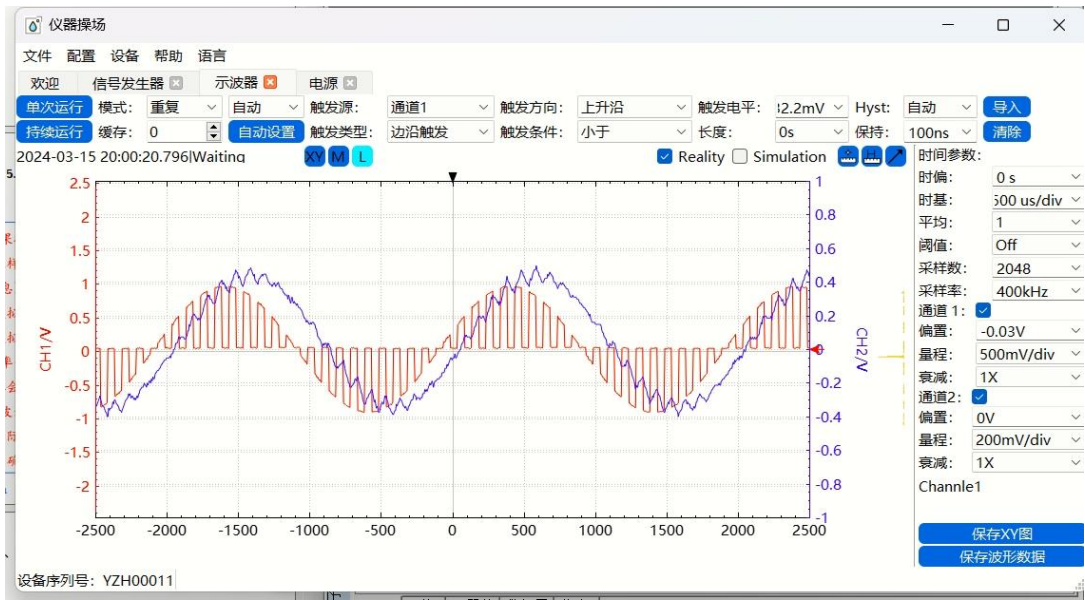
i. 无源一阶 RC

由截止频率计算公式 $f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$ ，初步取 $R = 2k\Omega$ ， $C = 0.1\mu F$ ，得到 $f_0 \approx 795Hz$ ，比需要保留的 500Hz 略高。

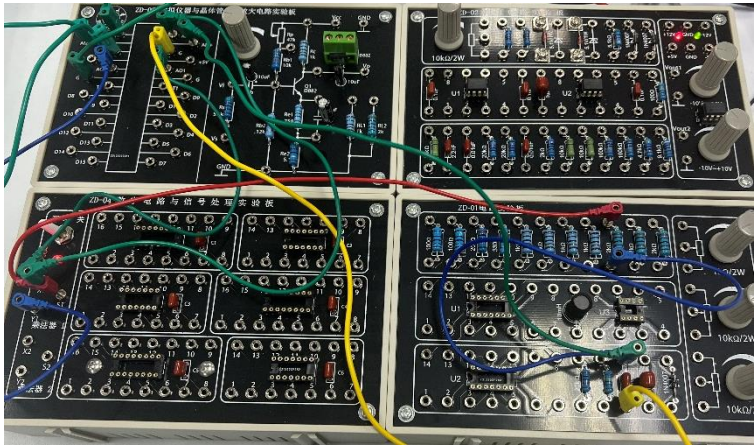




实验结果

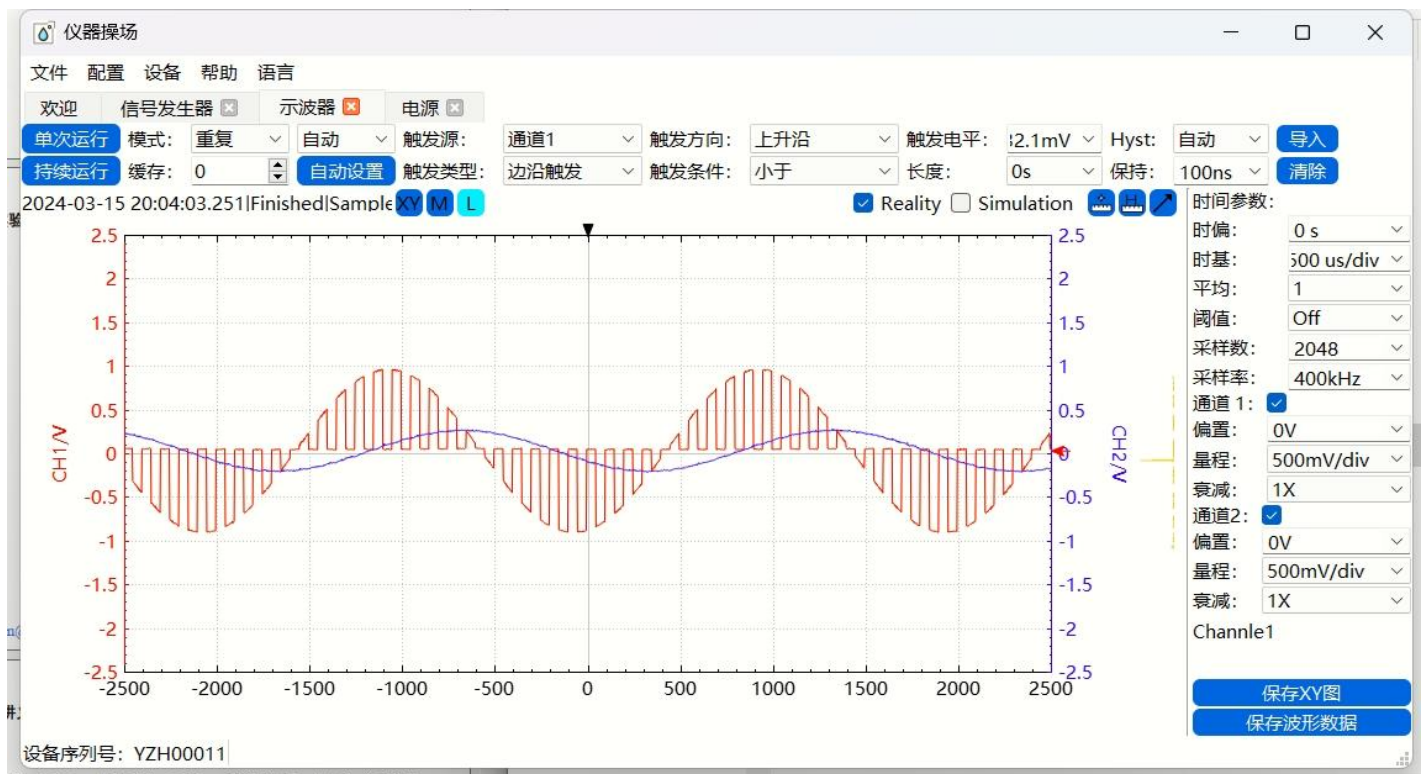
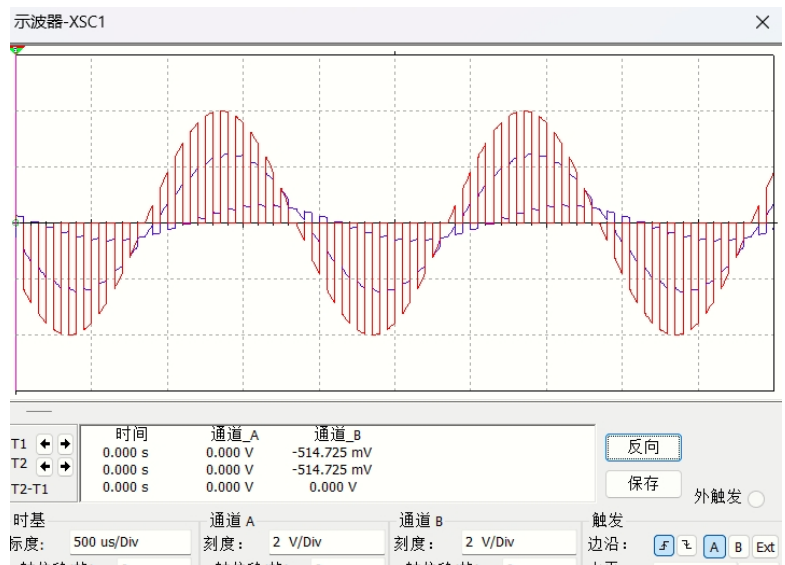
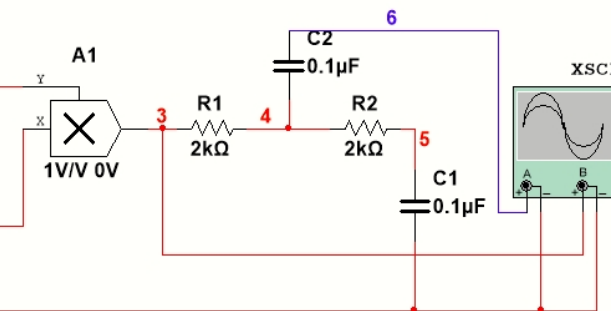


接线图：

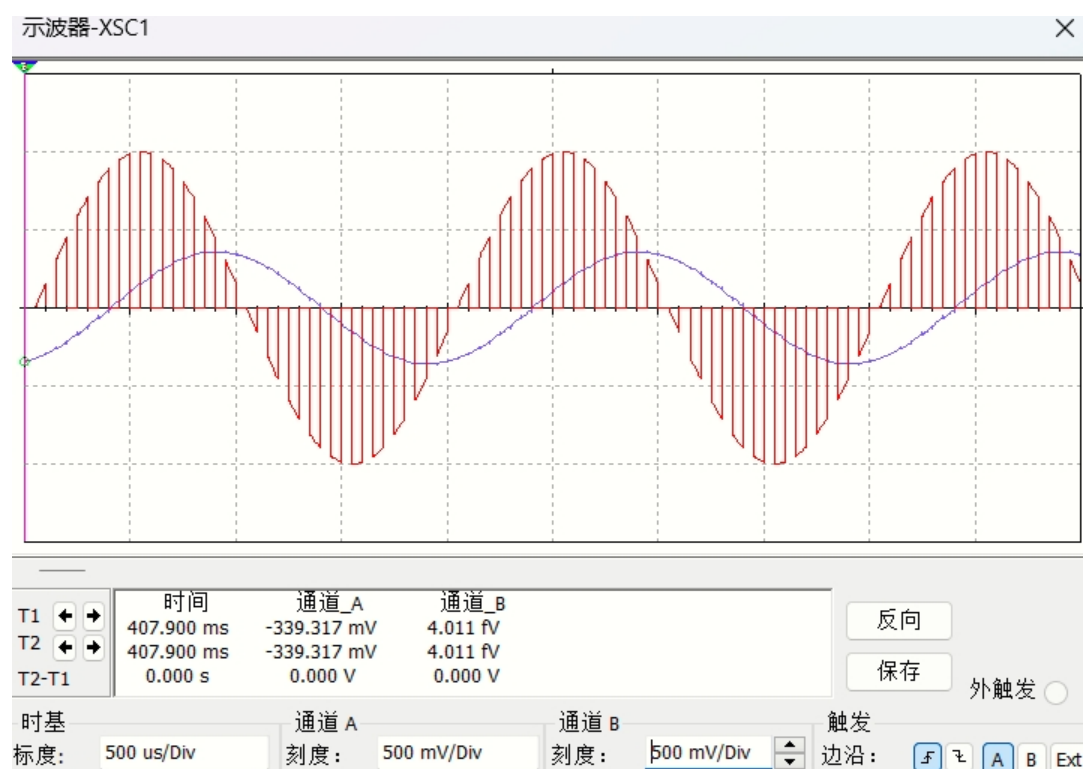
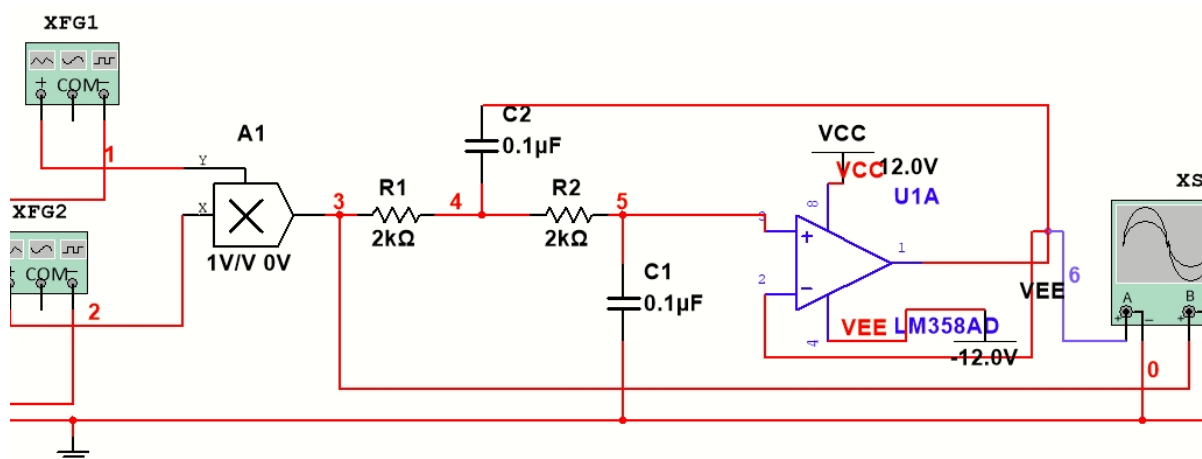


ii. 无源二阶 RC

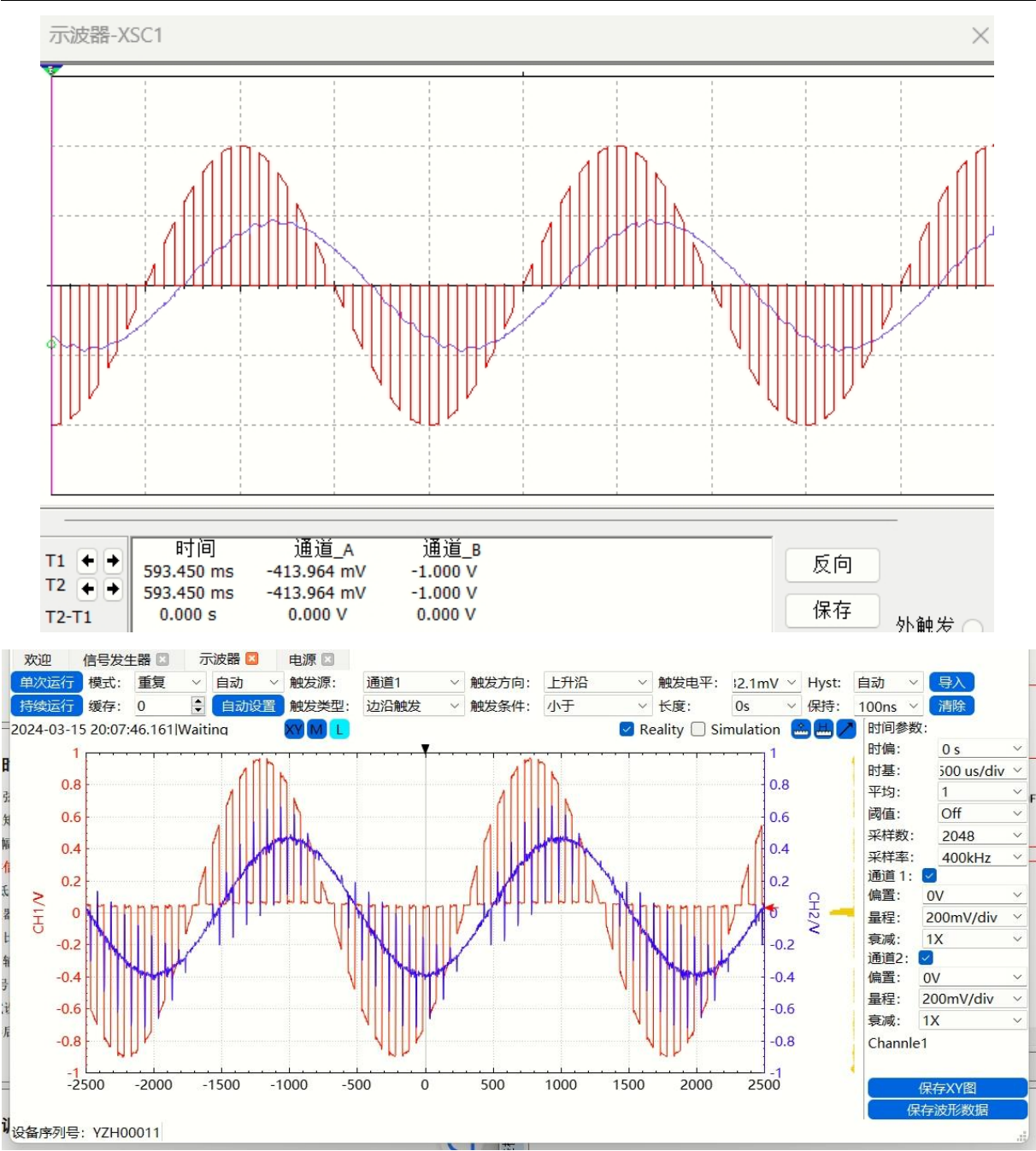
一阶 RC 滤波得到的波容易有毛刺，采用同样的参数连一个二阶的 RC 滤波，可以改善滤波效果。两组 $2\text{k}\Omega$ 和 $0.1\mu\text{F}$ 并起来即可。因为参数一样， f_0 不变。



iii. 有源二阶 RC
有源滤波是在前面的 RC 滤波基础上再加一个运算放大器，构成电压跟随器结构，使其有高的输入阻抗和低的输出阻抗，理论上可以减少滤波后的衰减。
在原参数基础上我们进行了仿真：

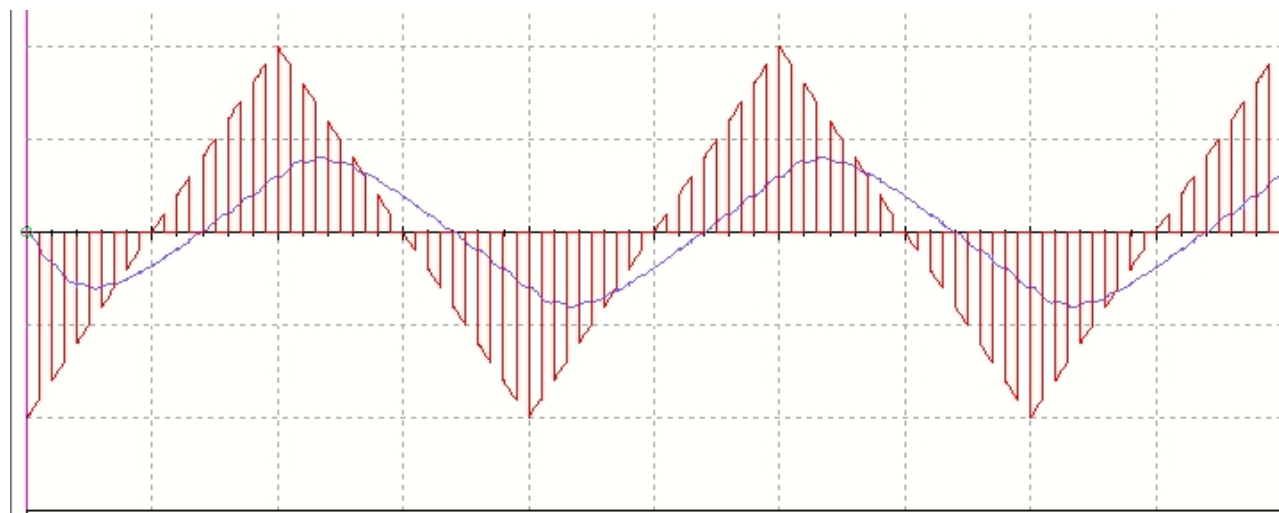


明显可以看到，衰减是比无源二阶要少的。但是感觉还是不太理想。故改变参数 R ，使 $R = 1k\Omega$ ，则此时 $f_0 = 1591\text{Hz}$ ，这样的话衰减会少一些，但是代价是会使得波形没有那么光滑，噪声相对变多了。

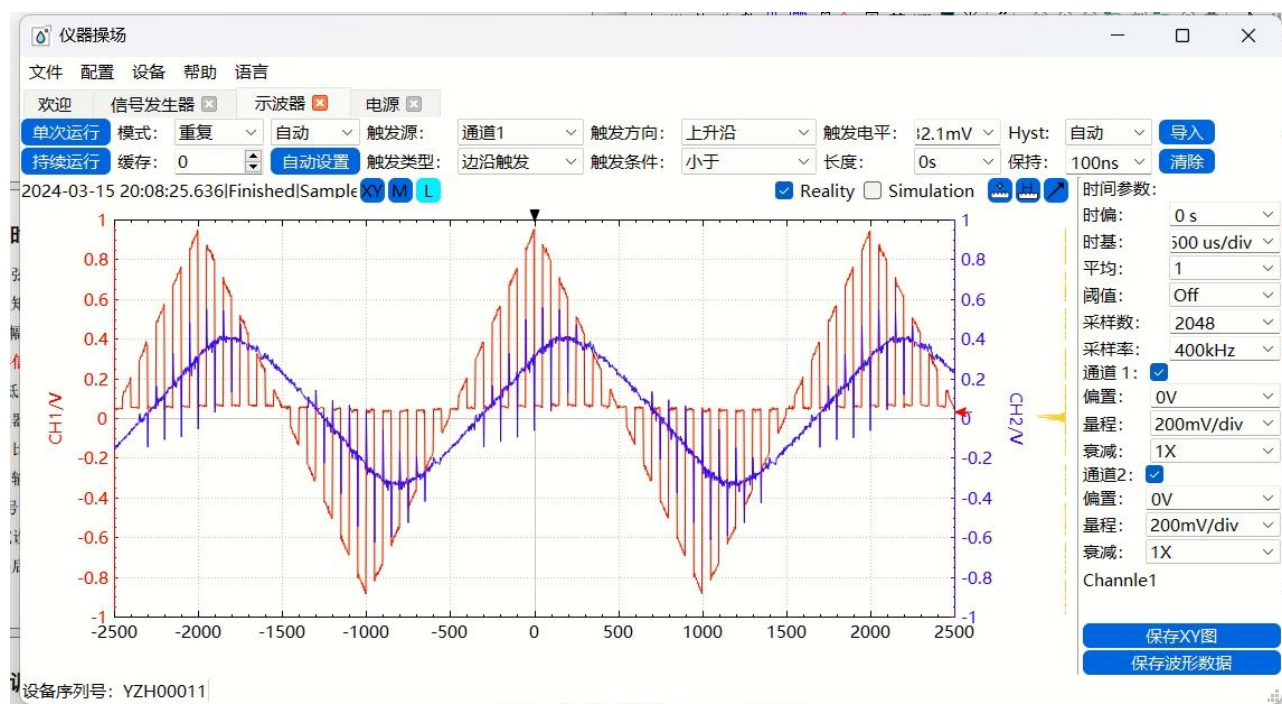
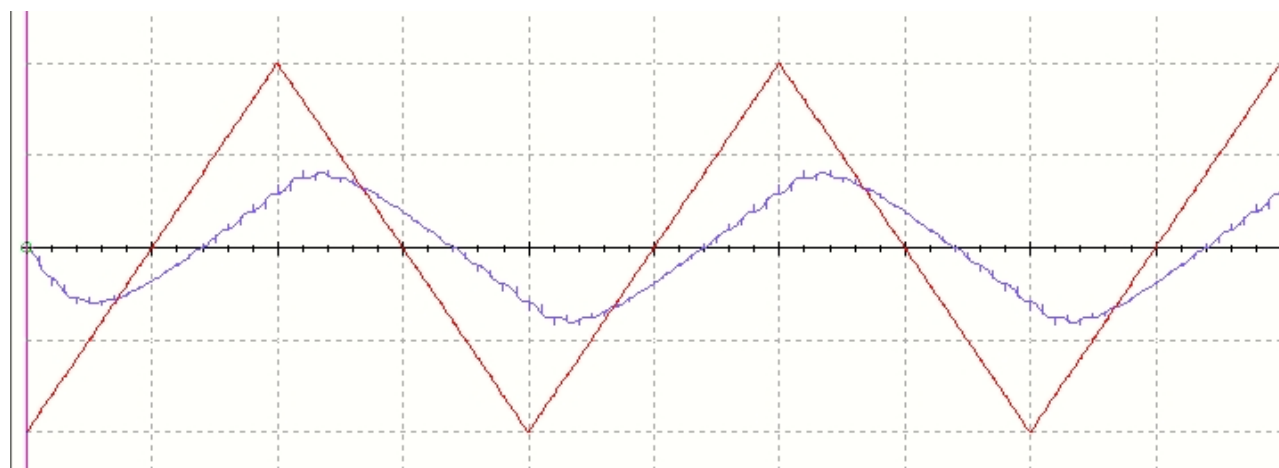


iv. 有源二阶三角波
同样选取 $R = 1k\Omega$, $C = 0.1\mu F$

实验名称：____课内综合实践____ 姓名：____严旭铎____ 学号：____3220101731____

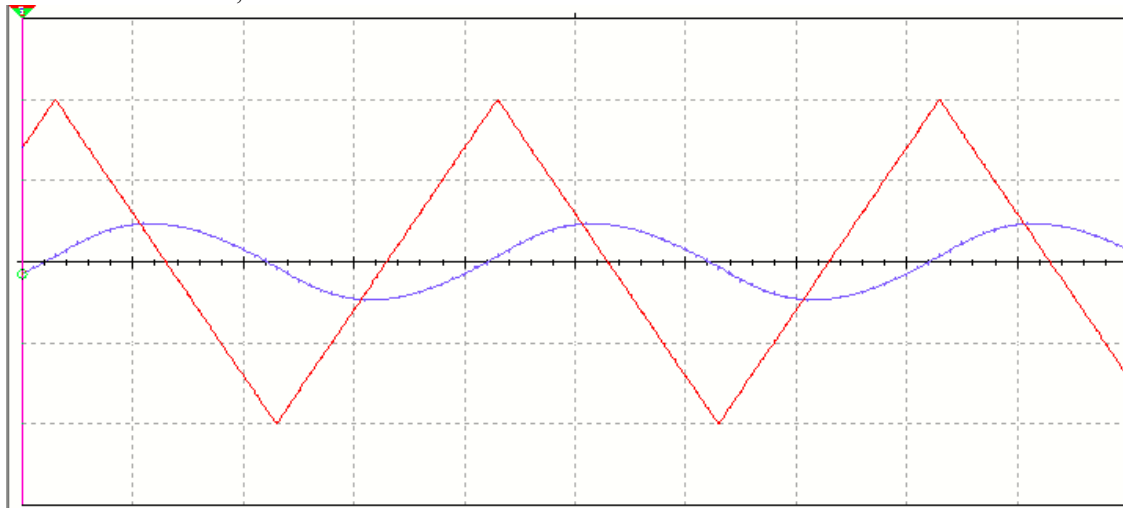


与原信号比较

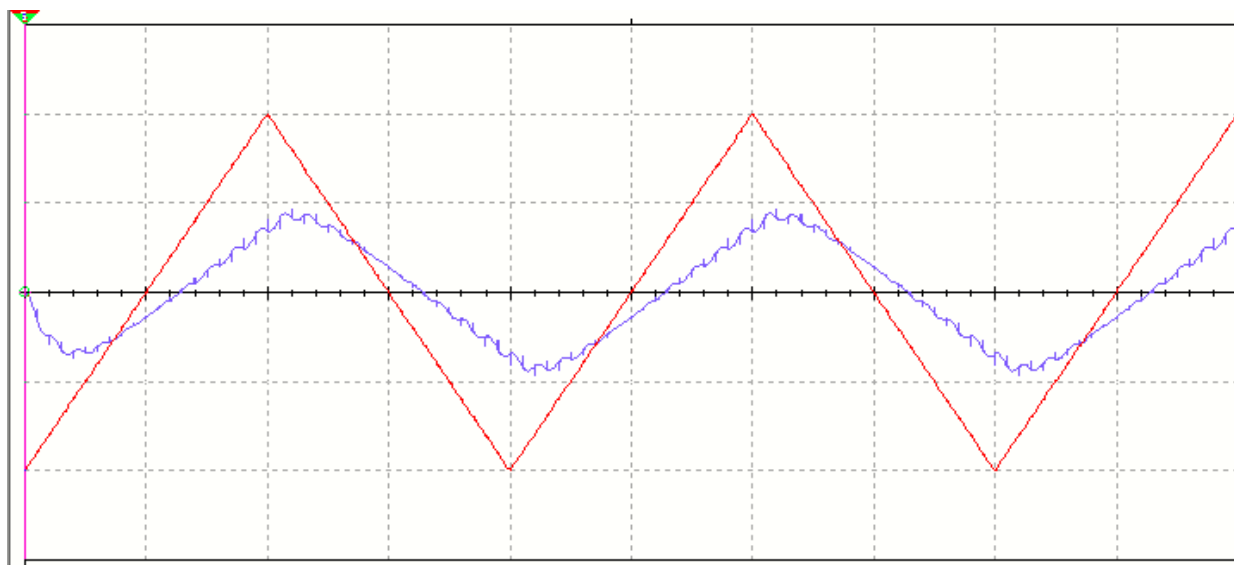


并且我们发现，当 R 增大，即 f_0 减小时，滤得的三角波是比较光滑但更偏向于正弦波的，噪声少但是不像三角波；反之，得到的波形有更多毛刺（噪声），但是衰减更少，看上去更偏向三角波的形状（尖峰）。

$R=2.7k\Omega$, $f=589Hz$



$R=0.7k\Omega$, $f=2273Hz$



3. 实验数据分析

我们对三种不同的低通滤波器结构进行了仿真和实验，并对最有有源滤波时的参数做了调整，综合发现了这样的规律。

结构上：一阶无源时，电压衰减较小，滤波后的波形与输入波形的相位差较小，但是滤波后噪音比较多，滤波效果比较差；二阶无源时，波形还原度更好，但是相对的，电压衰减和波形相移较大；加上运放构成有源滤波器时，衰减程度较二阶无源更小，相移也更少。

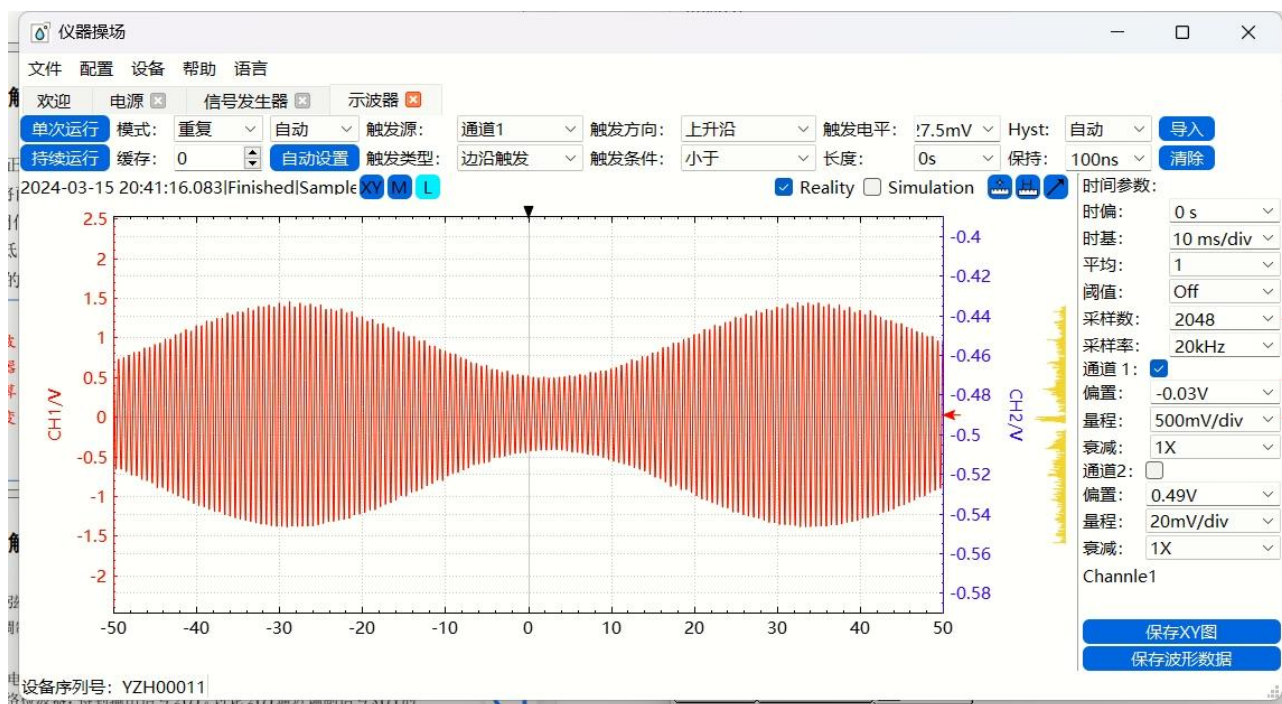
参数设置上：如果使得上限截止频率比较接近我们想要的信号频率，那么波形形状会更好，噪声少，但是衰减和相移更多；反之，衰减和相移会少，但是噪声成分会更多，波形没有那么光滑。

三、 幅度调制与解调（相干解调）

1. 实验要求

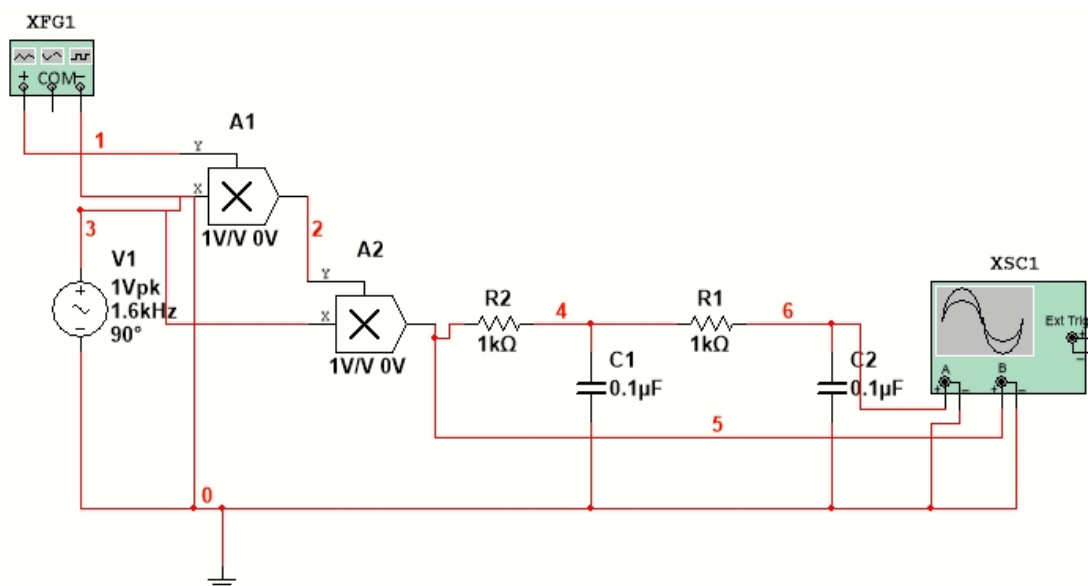
(1) 实现调制信号 $s(t)$ 为正弦波，频率为 $16Hz$ ，振幅为 $0.5V$ ；载波信号 $x(t)$ 为余弦波，频率为

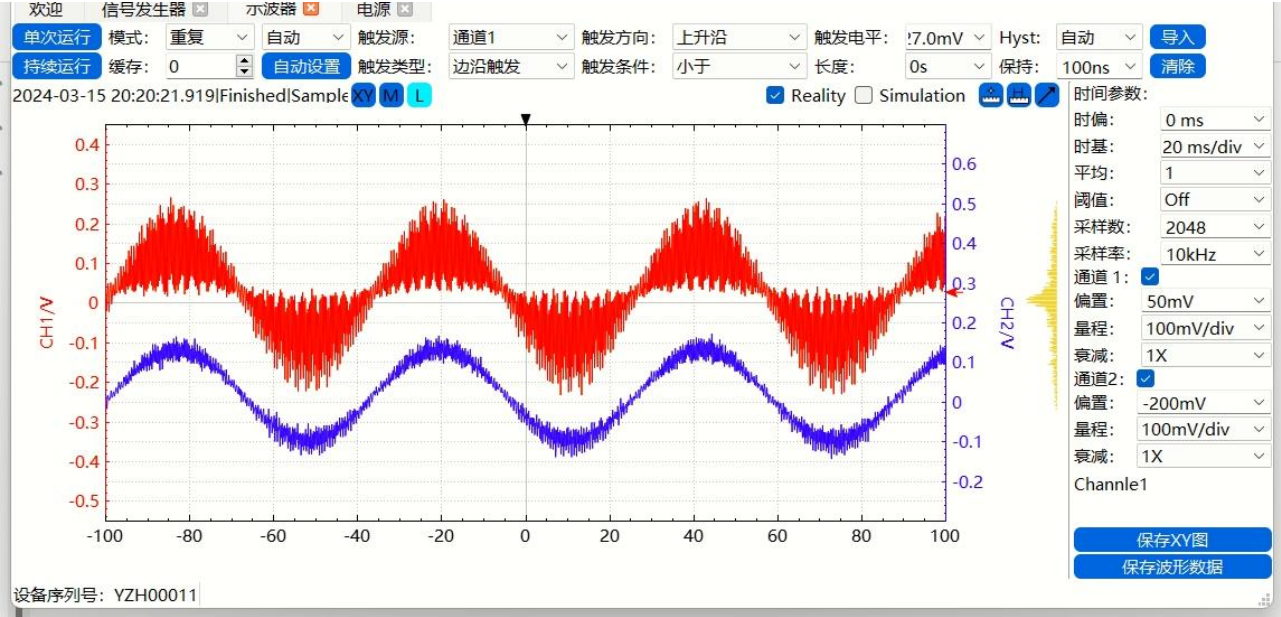
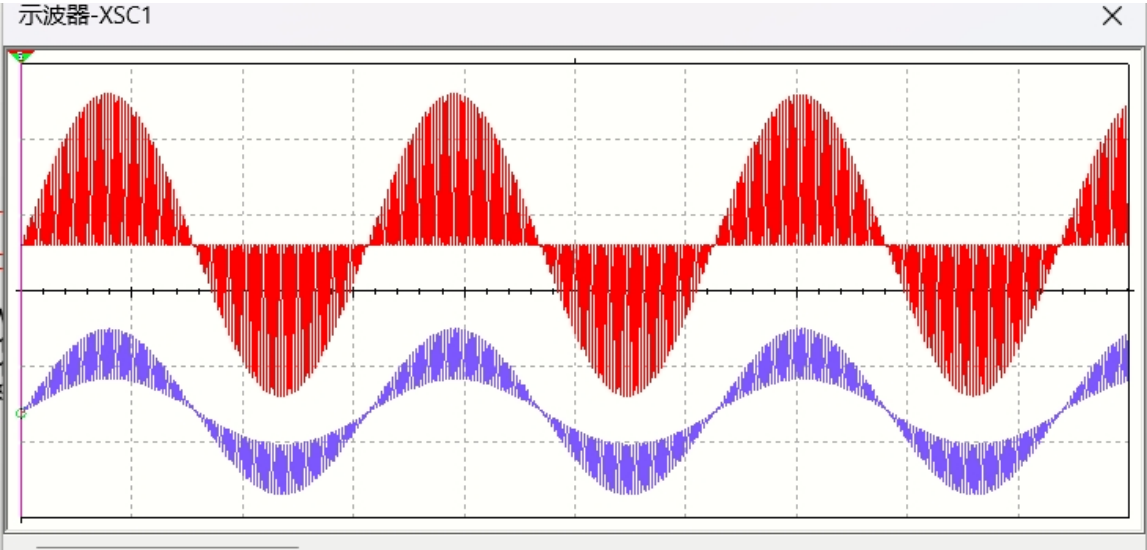
- 1.6kHz，振幅为 1V，将两信号相乘得到已调信号 $y(t)$ 。
- (2) 将中获得的已调信号 $y(t)$ 再乘上载波信号，得到 $v(t)$ 。
 - (3) 将信号 $v(t)$ 通过模拟低通滤波器（自行设计），比较调制信号、滤波器输出信号。(4)改变模拟低通滤波器的结构或参数，体会不同的解调效果。
2. 实验设计、仿真和数据
- 考虑到实验一中的滤波效果，我们选择二阶滤波，改变电阻参数和有无电源进行探究。
- (1) 已调信号 $y(t)$ 的输出波形



(2) 无源二阶 RC

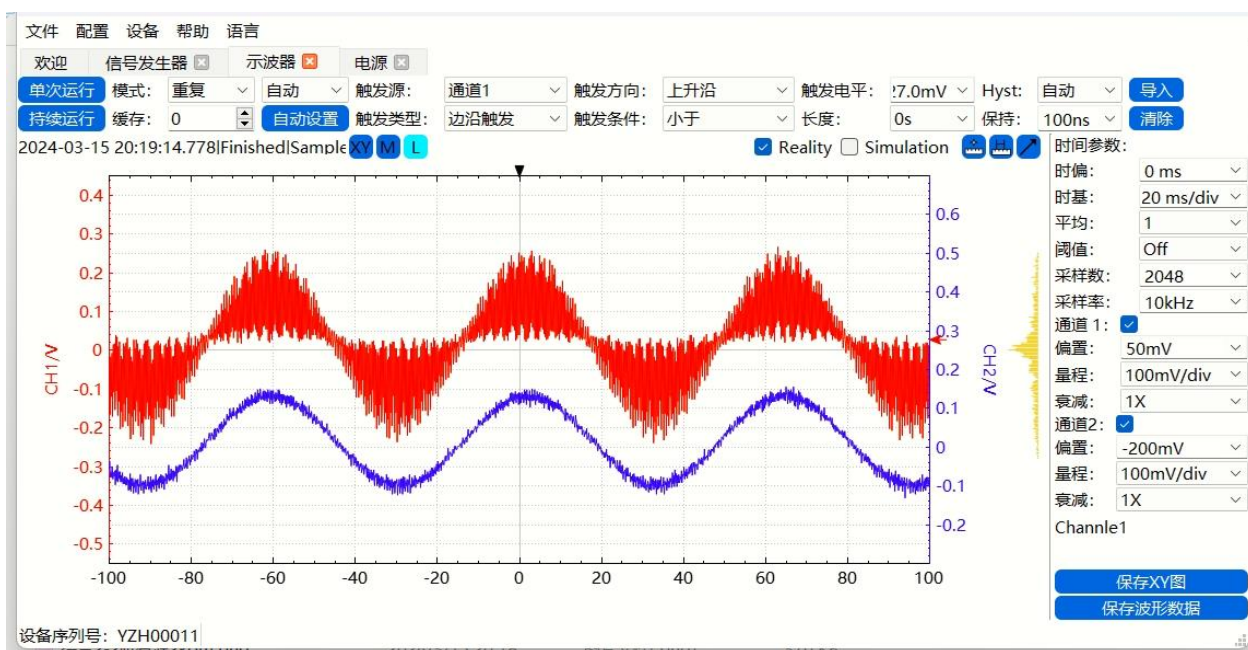
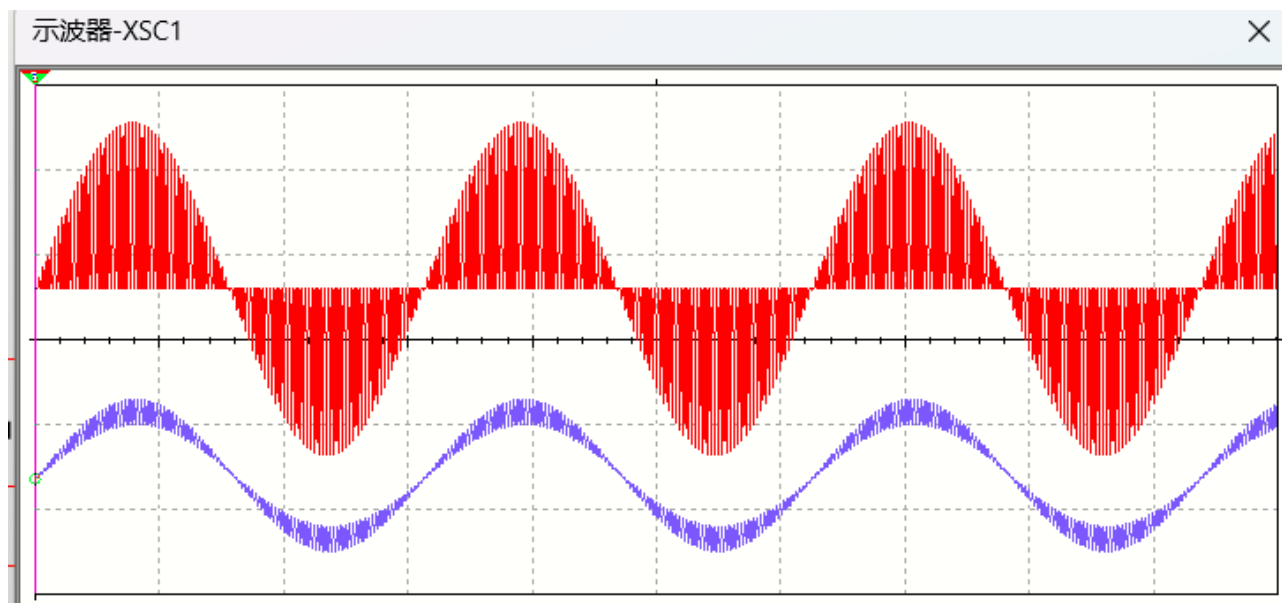
$R = 1k\Omega$, $C = 0.1\mu F$, $f_1 = 1591\text{Hz}$:





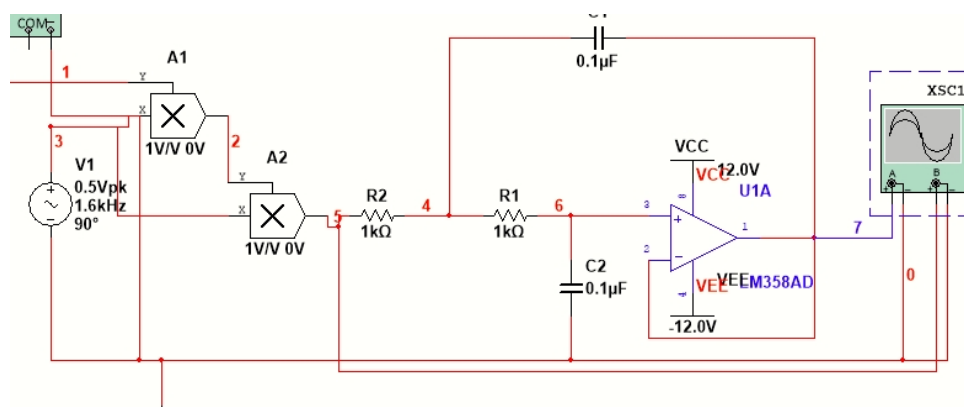
实验名称：____课内综合实践____ 姓名：____严旭铎____ 学号：____3220101731____

$R = 2k\Omega$, $C = 0.1\mu F$, $f_2 = 795Hz$

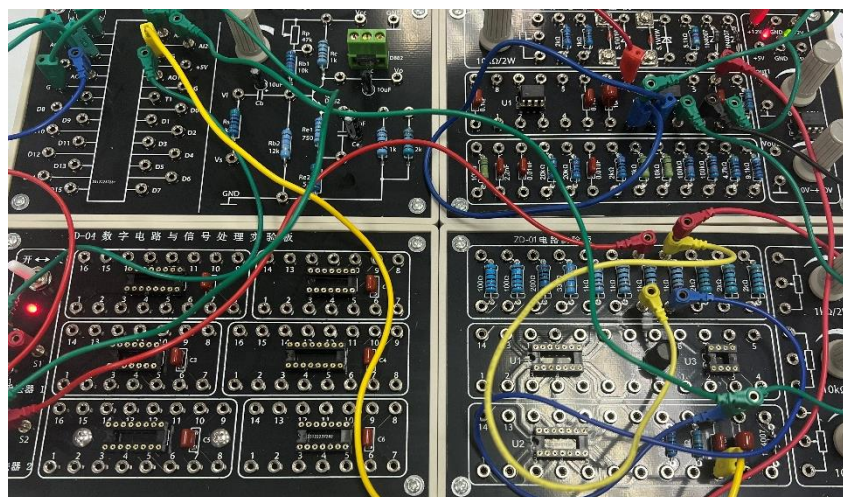
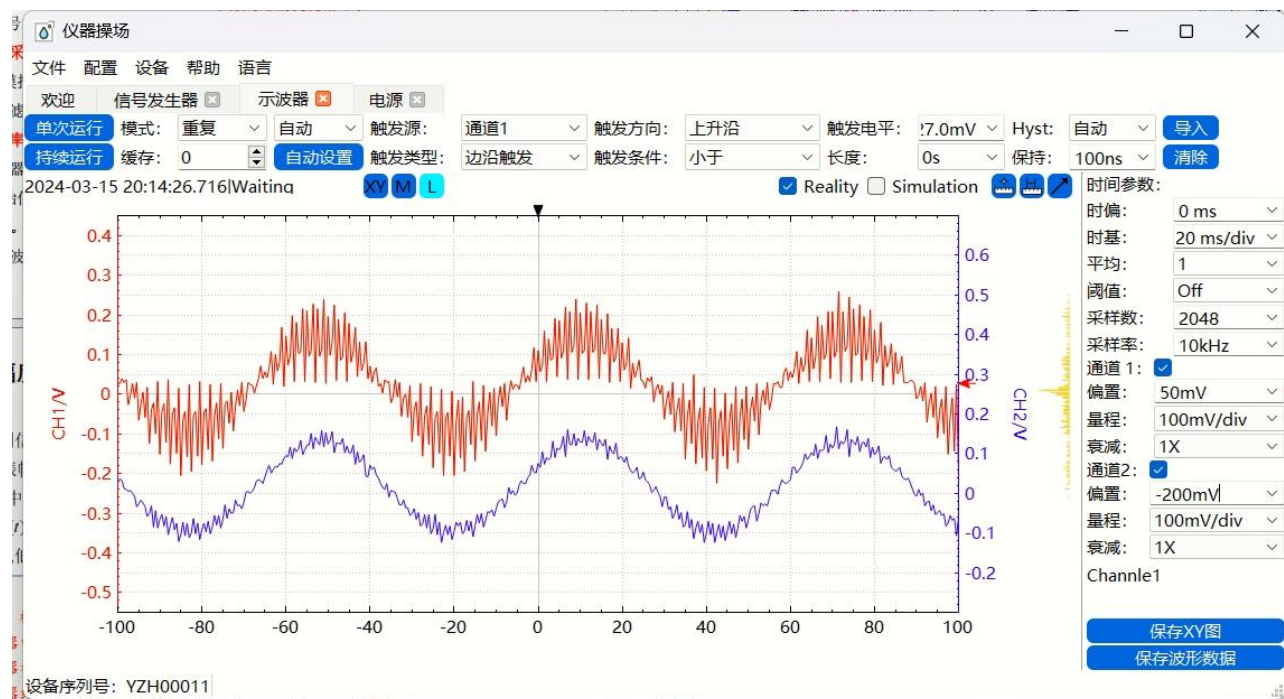
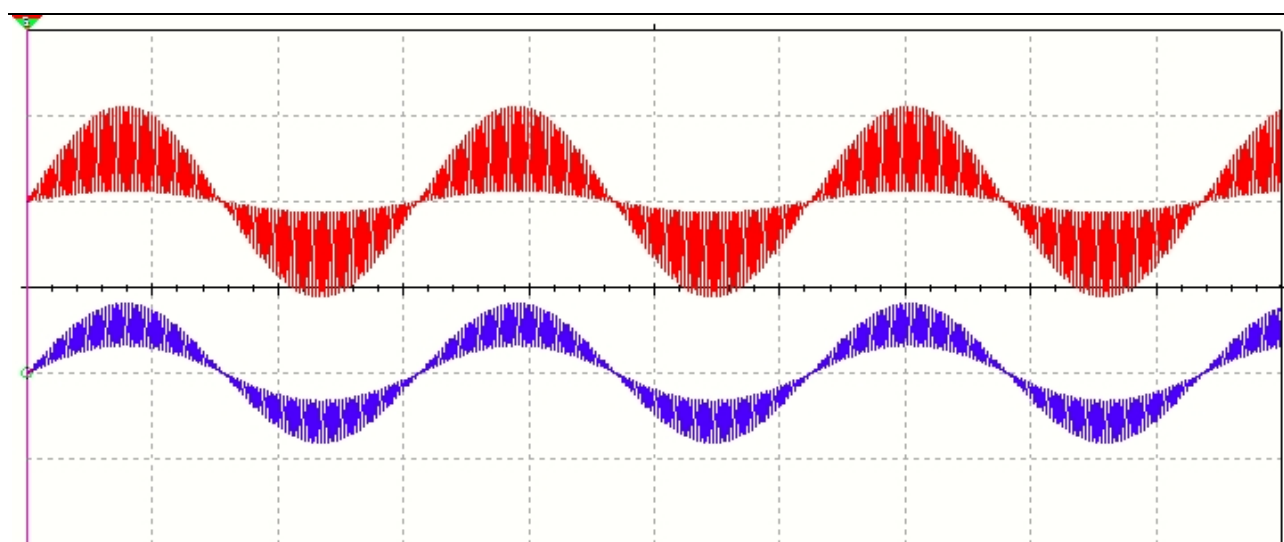


(3) 有源二阶 RC 滤波

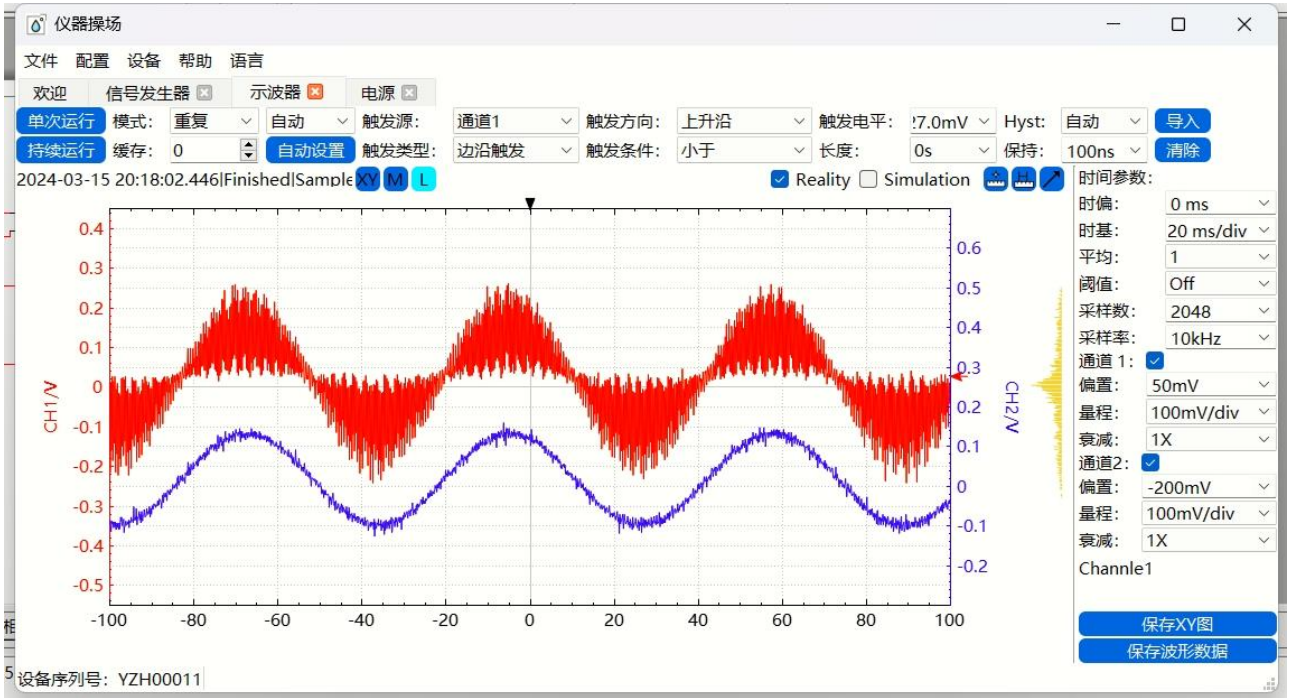
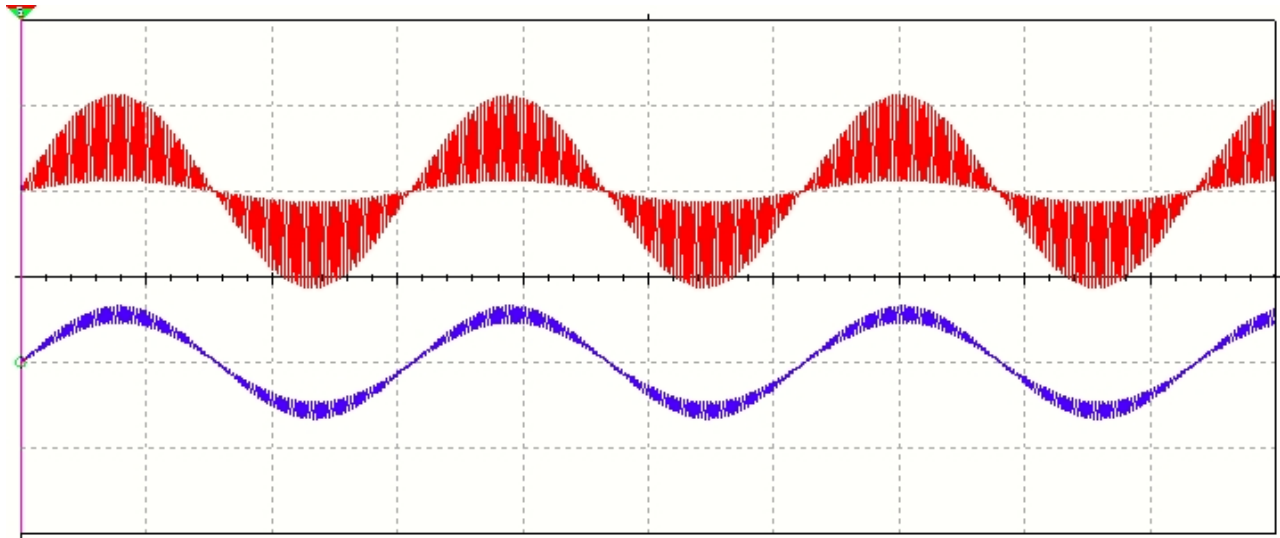
$R = 1k\Omega$, $C = 0.1\mu F$, $f_1 = 1591Hz$:



实验名称： 课内综合实践 姓名： 严旭铨 学号： 3220101731

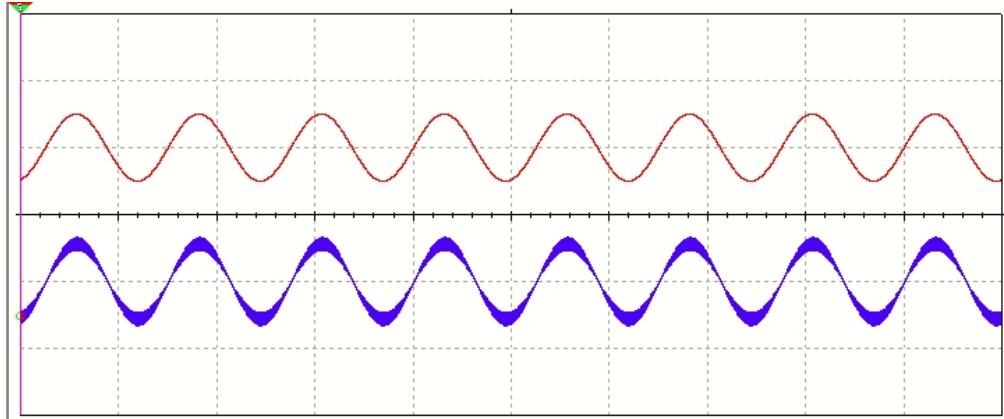


$R = 2\text{k}\Omega, C = 0.1\mu\text{F}, f_2 = 795\text{Hz}$

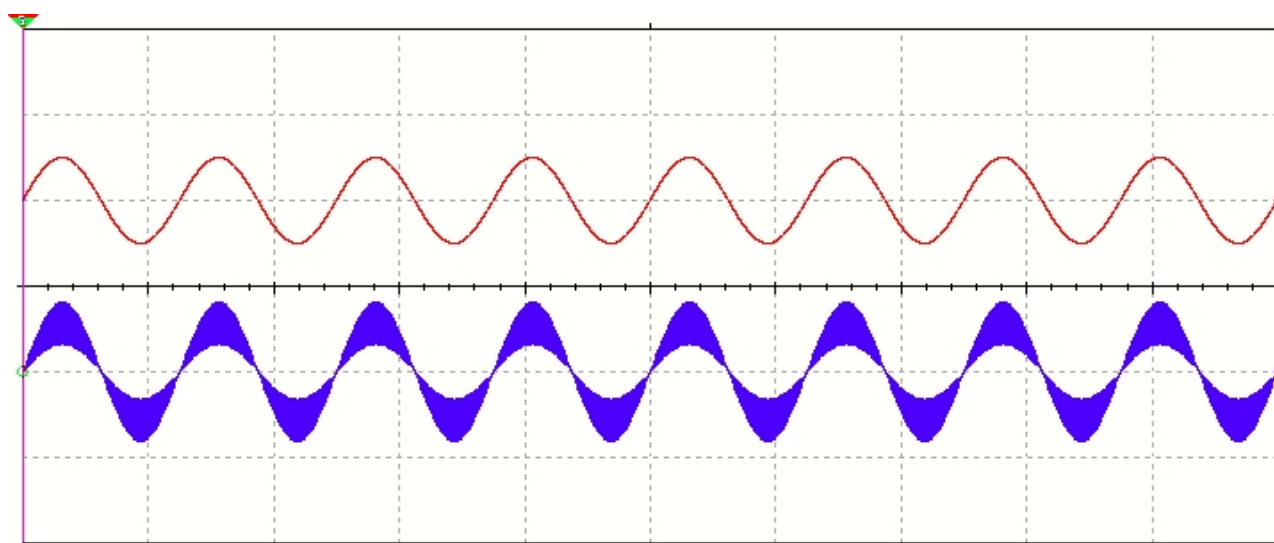


与调制信号相比

$R = 2\text{k}\Omega$



$R = 1\text{k}\Omega$



3. 实验数据分析

可以发现，在这四种参数和结构下，对二阶滤波来说，有源滤波效果比无源更好，在该情境下，截止频率稍大的（ $R=2k\Omega$ ）时解调效果会更好。

四、 幅度调制与解调（非相干解调）

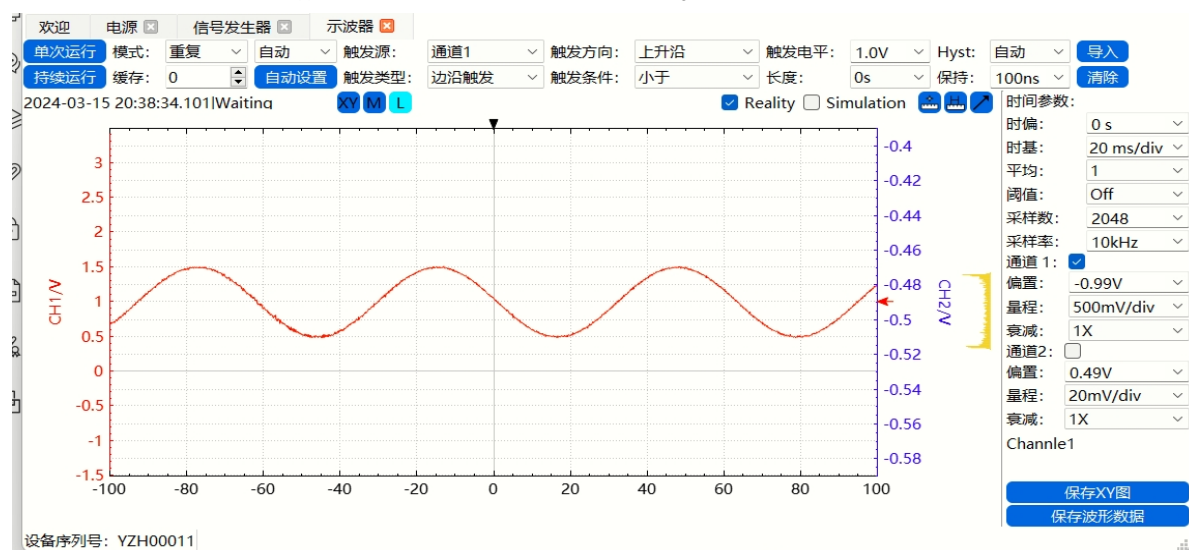
1. 实验要求

- (1) 实现调制信号 $s(t)$ 为正弦波，频率为 16Hz，振幅为 0.5V；载波信号 $x(t)$ 为余弦波，频率为 1.6kHz，振幅为 1V。将调制信号 $s(t)$ 增加 1V 直流偏置后，与载波信号 $x(t)$ 相乘得到已调信号 $w(t)$ 。
- (2) 设计包络检波器，给出电路结构和参数，并给出电路原理和参数选择依据。
- (3) 将已调信号 $w(t)$ 通过包络检波器，得到输出信号 $z(t)$ 。讨论 $z(t)$ 逼近调制信号 $s(t)$ 的效果。
- (4) 改变包络检波器参数，体会不同的解调效果。

2. 实验设计、仿真与数据

均采用 1N4007 二极管。参数选择依据是 $f_H < \frac{1}{RC} \ll f_c$

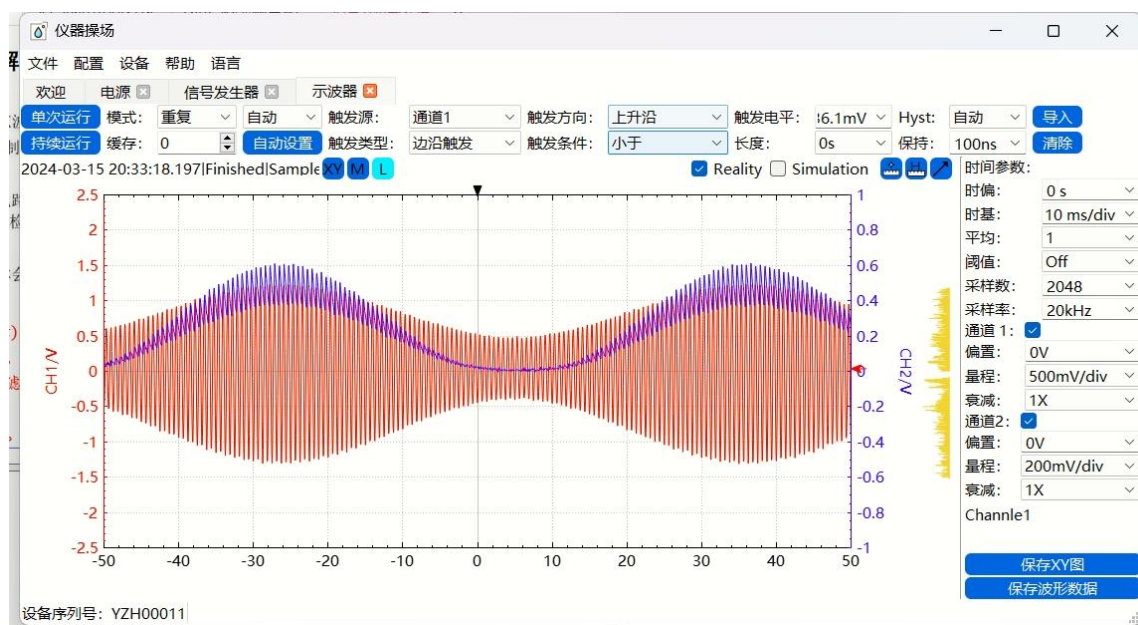
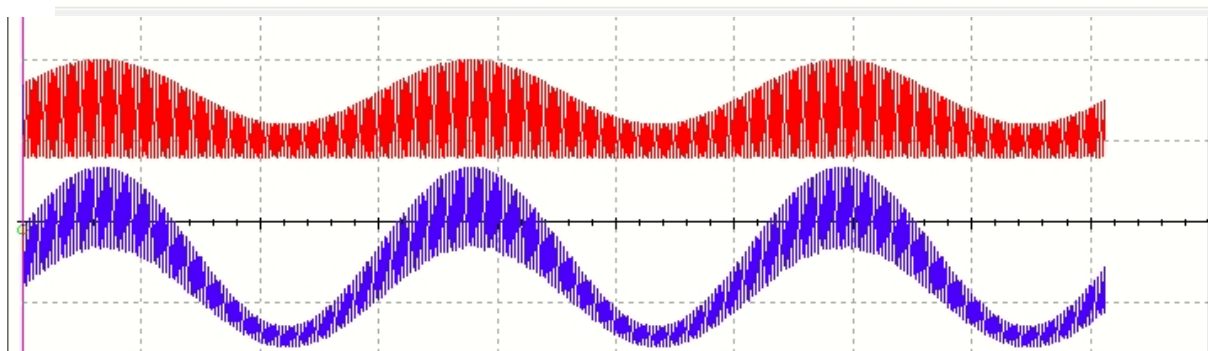
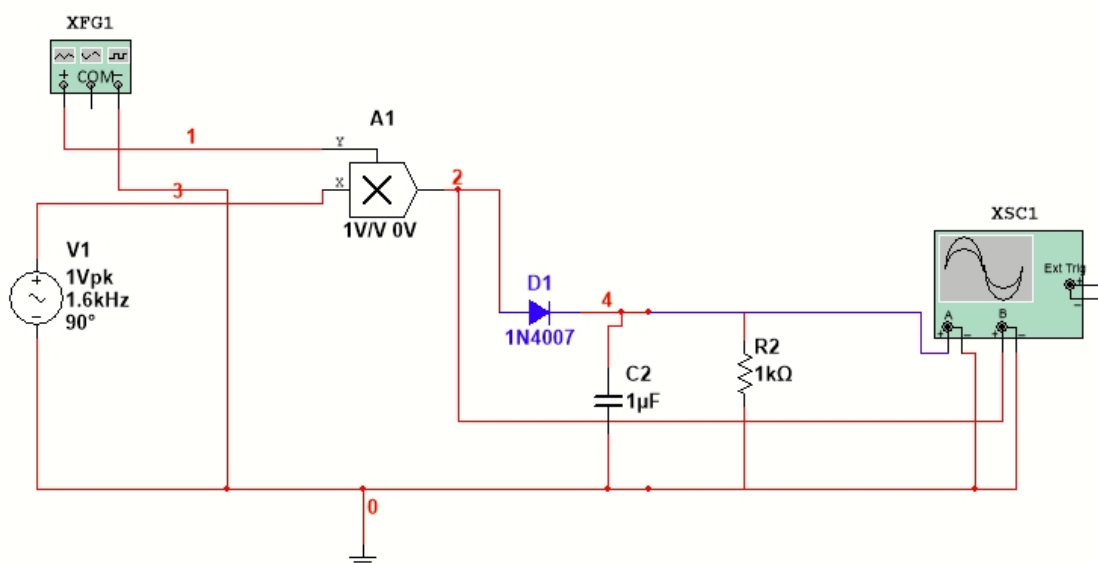
- (1) 调制信号 $s(t)$ 波形， $f_H = 16\text{Hz}$ ，载波频率 $f_c = 1.6\text{kHz}$



实验名称：____课内综合实践____ 姓名：____严旭铎____ 学号：____3220101731____

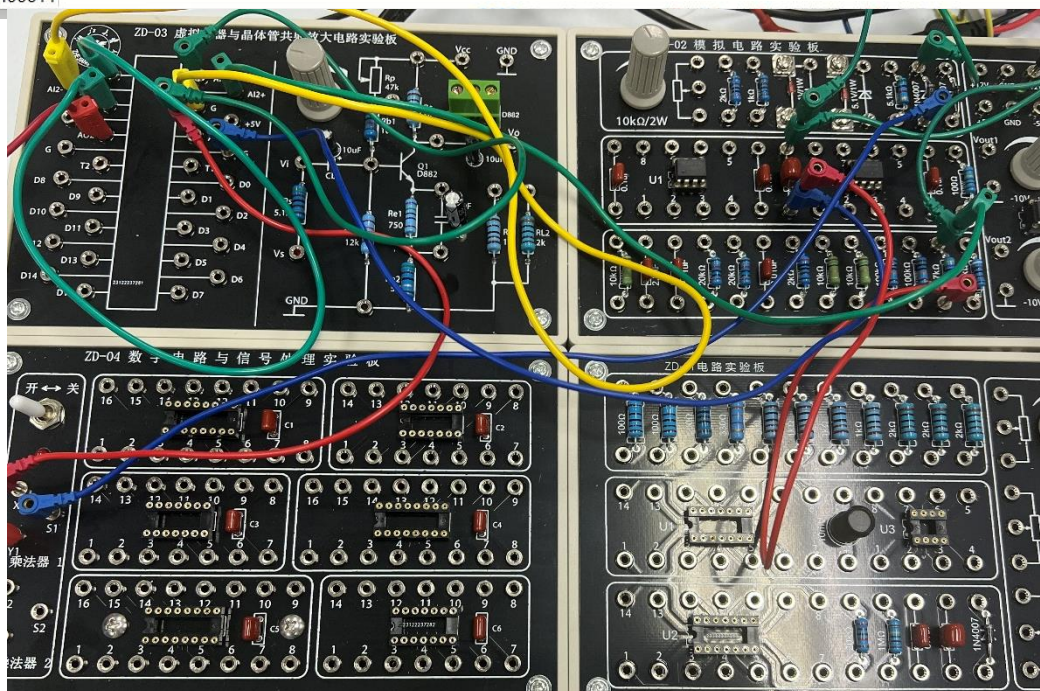
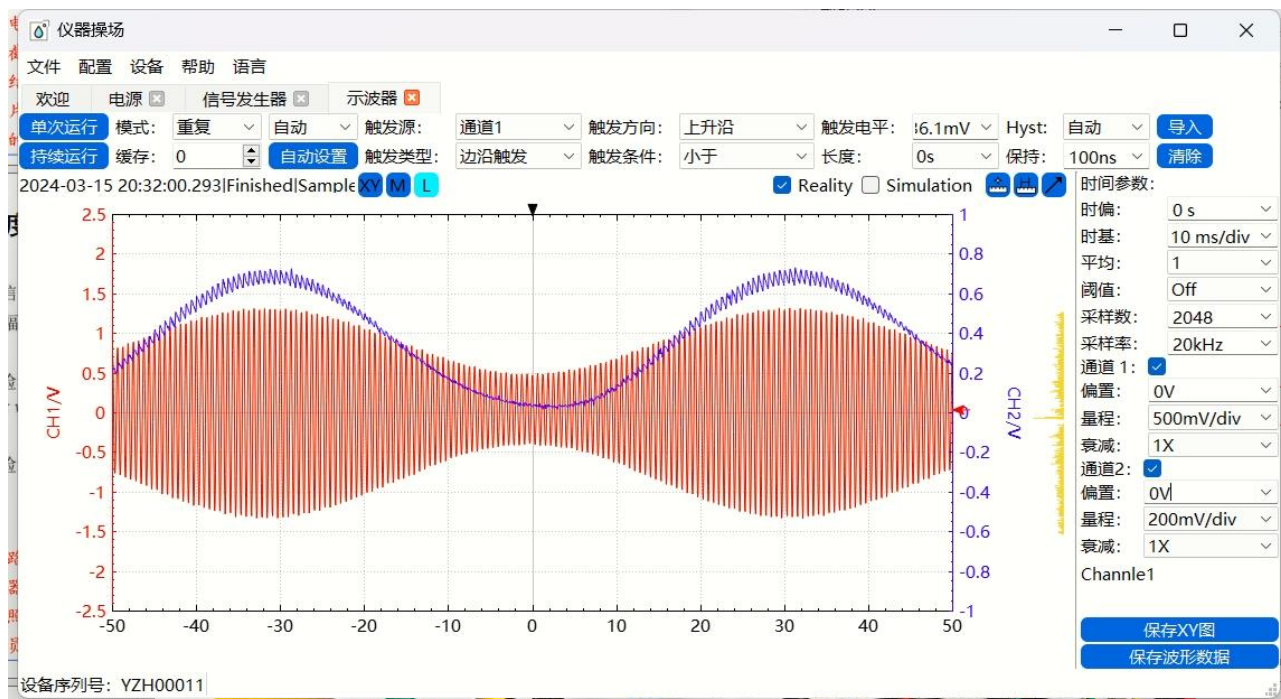
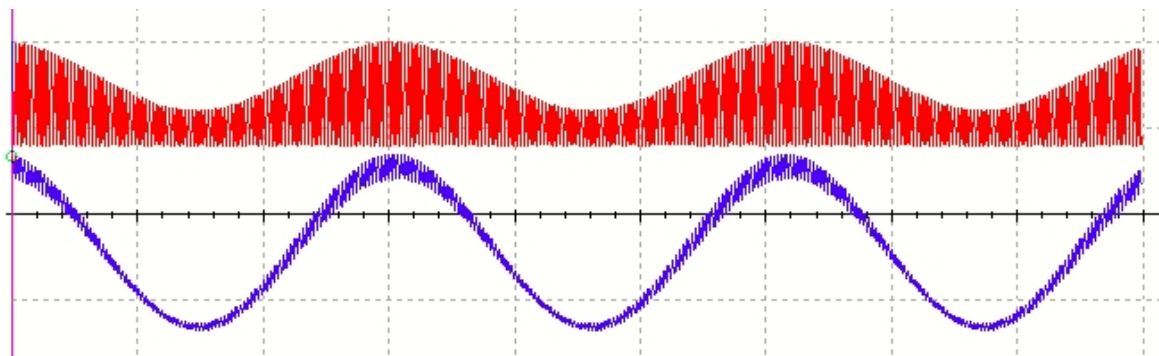
(2) $R = 1\text{k}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$, $\omega_1 = \frac{1}{RC} = 159\text{rad/s}$

满足 $f_H < \omega_1 \ll f_c$



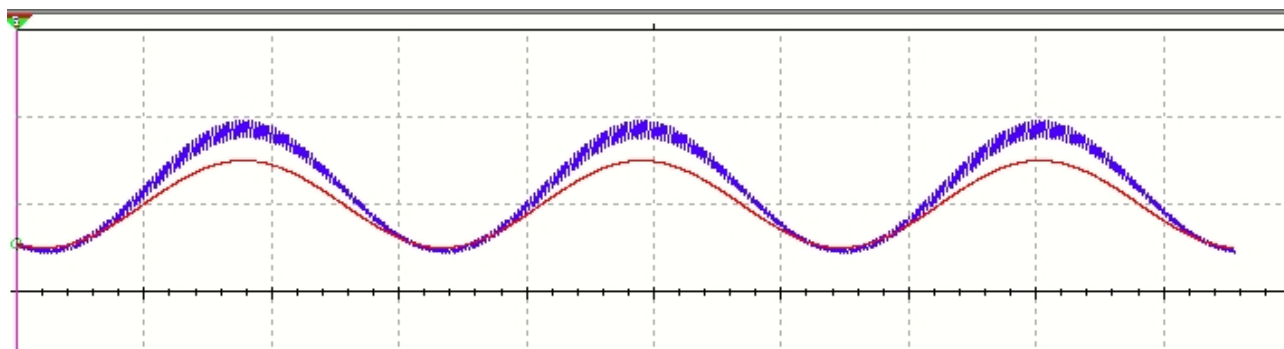
实验名称：____课内综合实践____ 姓名：____严旭铨____ 学号：____3220101731____

(3) $R = 4.7\text{k}\Omega$, $C = 1\mu\text{F}$, $\omega_2 = \frac{1}{RC} = 33\text{rad/s}$

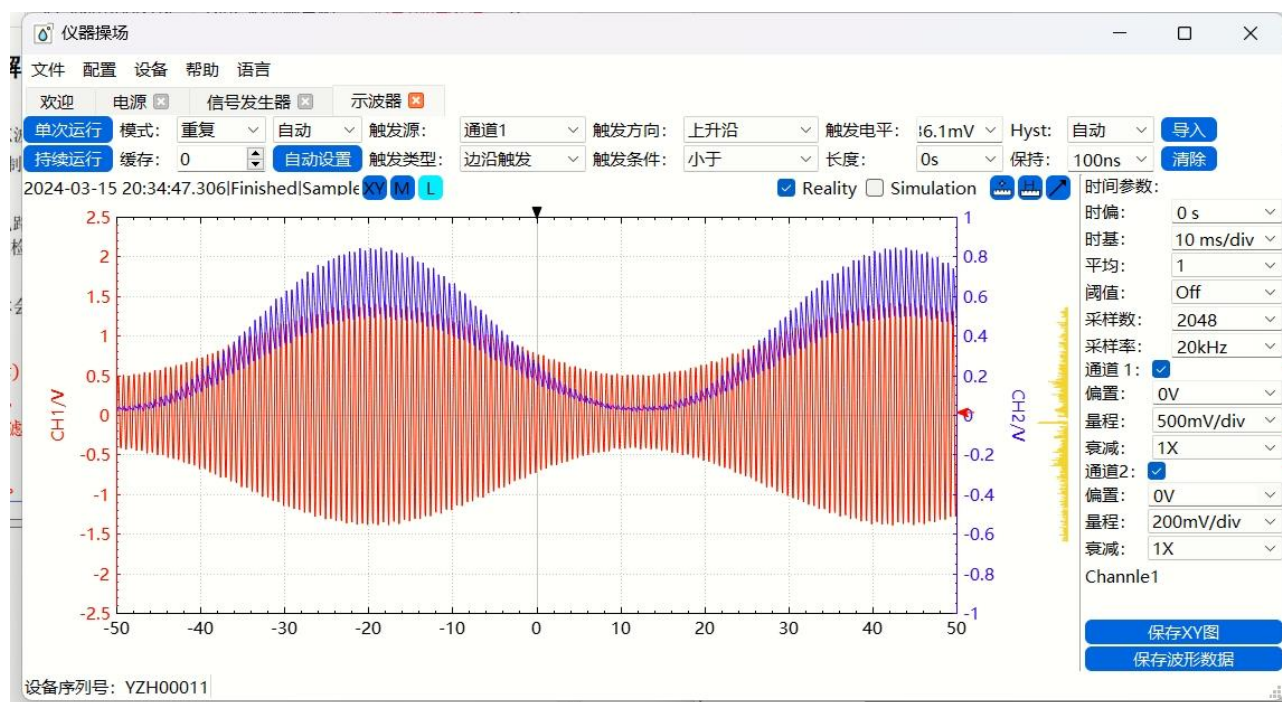
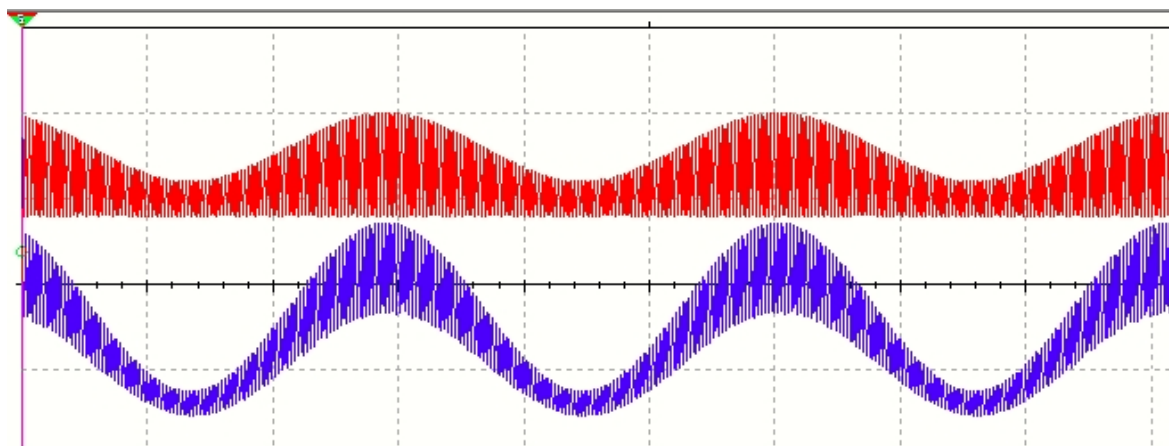


实验名称：____课内综合实践____ 姓名：____严旭铎____ 学号：____3220101731____

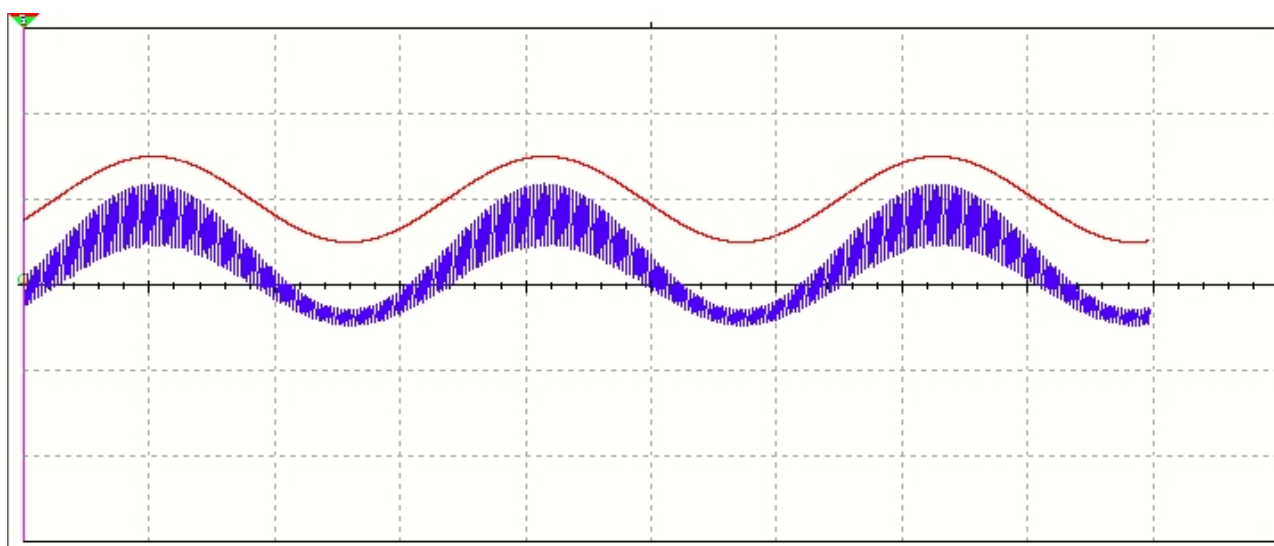
与原信号比较



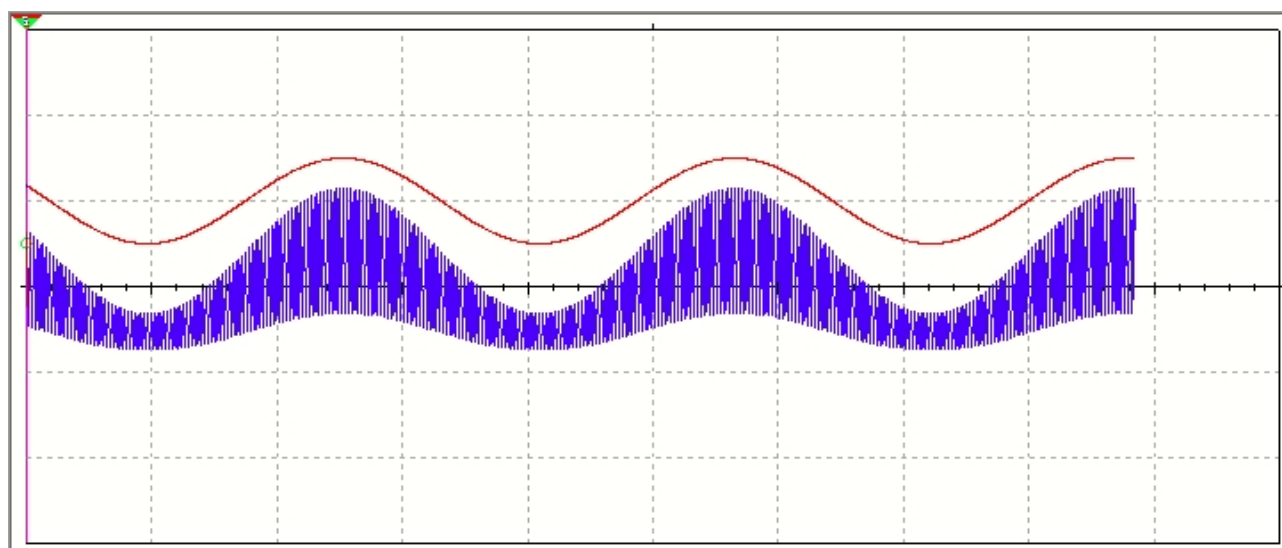
(4) $R = 4.7k\Omega$, $C = 0.2\mu F$, $\omega_3 = \frac{1}{RC} = 169\text{rad/s}$



与原信号比较



另外，还仿真了一组 $R = 1k\Omega$, $C = 0.1\mu F$, $\frac{1}{RC} = 1000$



3. 实验数据分析

可以发现，当 $\frac{1}{RC}$ 的数值接近 f_H 即原信号的频率时，解调检波的效果最好，但是仍然存在一定的噪声。越大效果越差。

五、实验感想和总结

本次实验探究了滤波器参数与其效果之间的关系，比较直观地感受到了，当截止频率接近的时候，波形更光滑，噪声更少，但衰减和相移可能严重；当截止频率较远的时候，波形更粗糙，噪声更多，但衰减和相移可能更少。总之，不可兼得。

另外，那个集成实验平台输出的 12V 电压不太准，12V 口出来大概是 12.6V 左右，下面可变的那个最大值也有点不太准，偏大。同时，示波器的自动设置有点 bug。