



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： 运算放大器的非线性运用

学 院： 自动化学院、人工智能学院

班 级： B210416

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

# 运算放大器的非线性运用

（正文部分采用小四宋体）

## 一、 实验目的

- 1、 掌握集成运算放大器的非线性使用方法。
- 2、 理解集成运算放大器非线性应用的电路原理。

## 二、 主要仪器设备及软件

硬件：双踪示波器、信号发生器、电工电子综合实验箱

软件：Multisim

## 三、 实验原理（或设计过程）

集成运算放大器的非线性应用主要有有限幅器、电压比较器、信号发生器、检波和绝对值电路等。集成运放处于非线性工作区时，其“虚短”和“虚断”的概念不再适用。

设计过程：

文氏电桥正弦信号发生器：

$R_1 = R_2 = R$ 、 $C_1 = C_2 = C$ 、 $f = 1/2\pi RC = 1.5\text{kHz}$ ，所以取  $R_1 = R_2 = 10\text{k}\Omega$ ， $C_1 = C_2 = 0.01\mu\text{F}$ 。

起振的幅值条件为  $R_f/R_3 > 2$ ，其中  $R_f = R_w + R_4 // r_D$ （ $r_D$  为二极管正向导通时的动态电阻）。通常取  $R_f$  稍大于  $2R_3$ ，这样既能保证起振，又不致产生严重的波形失真。另外，为了减小失调电路及其漂移的影响，还应尽可能满足  $R = R_3 // R_f$ ，所以  $R_3 = (1.3-1.5)R$ 。通常  $R_4$  选  $(2-5)\text{k}\Omega$ ，当  $R_4$  选定后， $R_w = R_f - R_4 // r_D = R_f - 1/2R_4$ 。综上，取  $R_3 = 15\text{k}\Omega$ ， $R_4 = 2.2\text{k}\Omega$ ， $R_w = 47\text{k}\Omega$ 。

方波发生器：

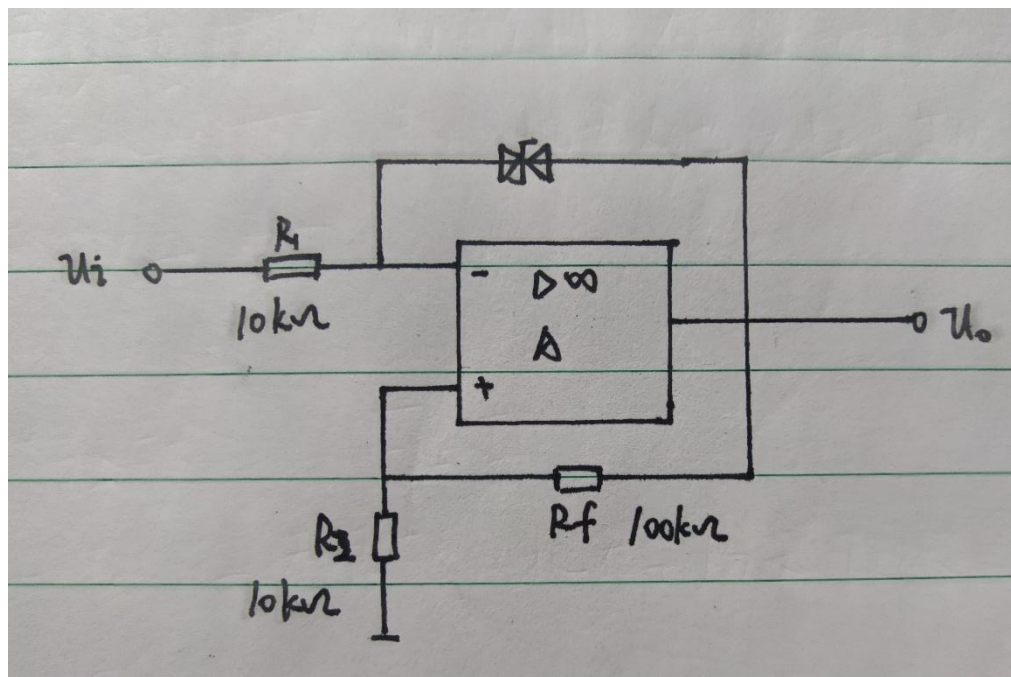
因为峰峰值为  $7.4\text{V}$ ，所以选择稳压值为  $3.7\text{V}$  的稳压管。

$R_1$  和  $R_2$  的比值决定了运算放大器的触发翻转电平，适当选择  $R_1$  和  $R_2$ ，可取  $F = R_2 / (R_2 + R_1) = 0.47$ ，则方波的频率只由  $R$ 、 $C$  决定。若取  $R_1 = 10\text{k}\Omega$ ，则取  $R_2 = 11\text{k}\Omega$ 。

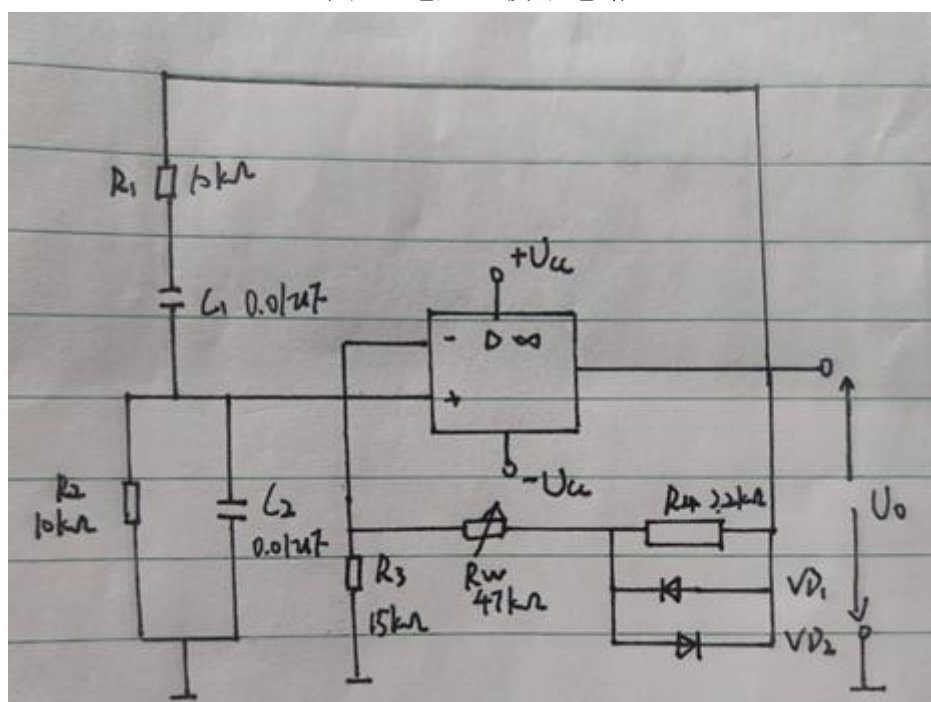
$R_1$ 、 $R_2$  确定后，可先选取电容  $C = 0.01\mu\text{F}$ ，再由公式可得  $R = 40\text{k}\Omega$ 。

$R_3$  为稳压管的限流电阻，由于手册上给出一般稳压管的  $I_{D\max} = 10\text{mA}$ ，如取  $I_{D\max} = 10\text{mA}$ ，为了减少稳压管及运放的功耗，取  $R_3 = 1\text{k}\Omega$ 。

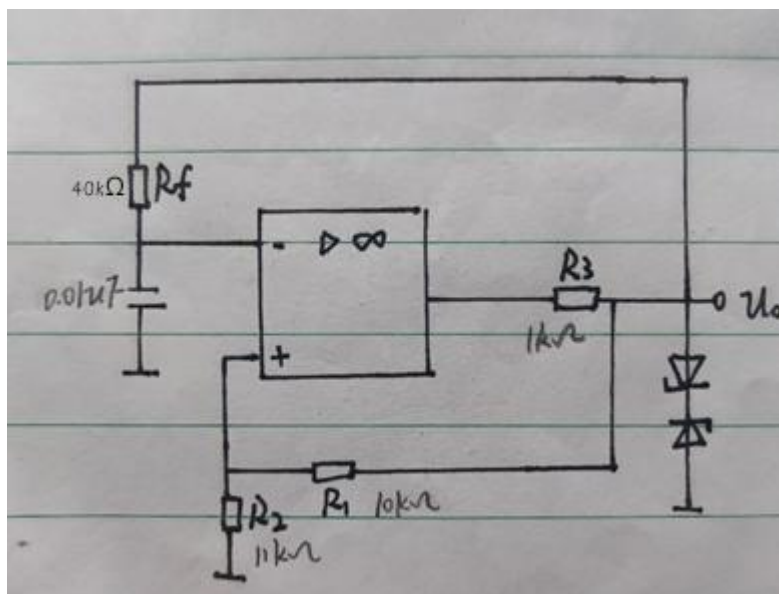
#### 四、 实验电路图



图一. 电压比较器电路



图二. 文氏电桥正弦信号发生器实际电路

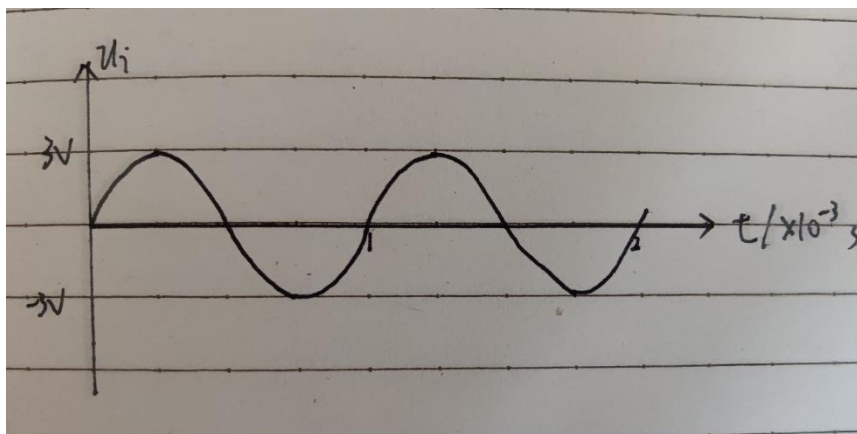


图三. 方波发生器电路图

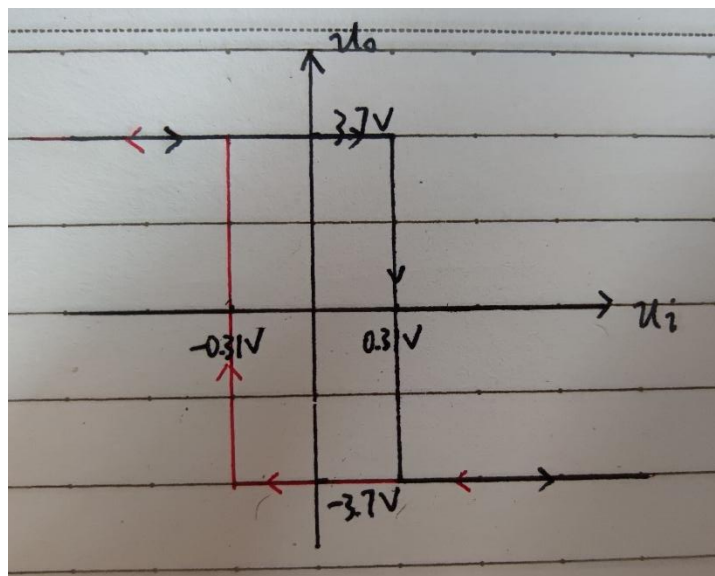
## 五、 实验数据分析和实验结果

1 连接电路。取  $R_f=100k$  欧,  $R_1=R_2=10k$  欧,  $V_{Dz}=3V$ , 输入信号为  $f=1kHz$  的正弦信号, 增大  $u_i$  的幅度, 将输出整形为矩形波, 观察并记录输入和输出波形。

$U_{th}$	$U_{t1}$
-0.31V	0.31V

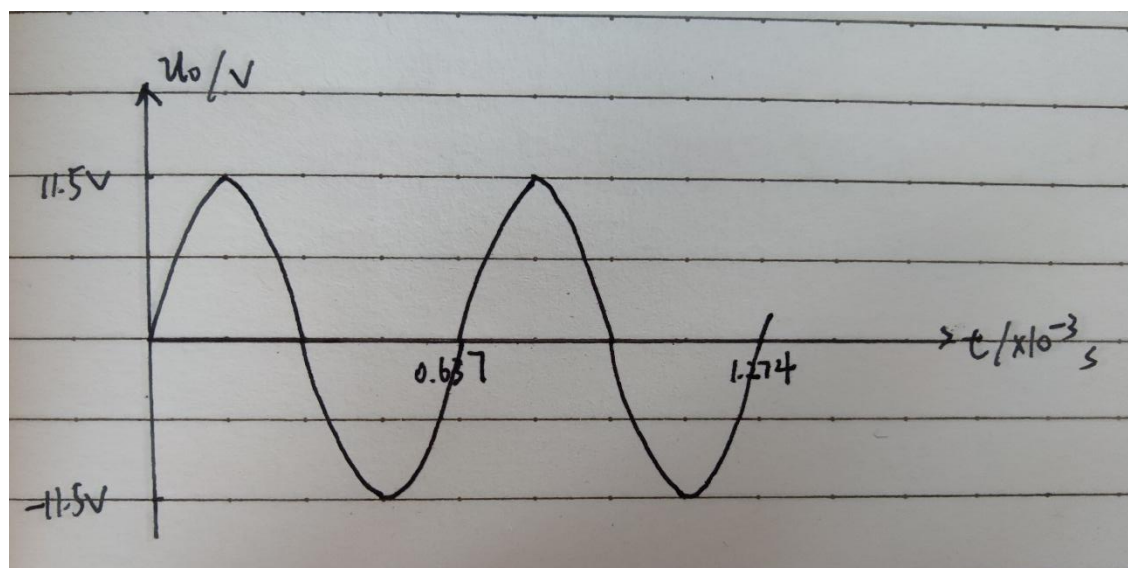


图三. 输入波形图



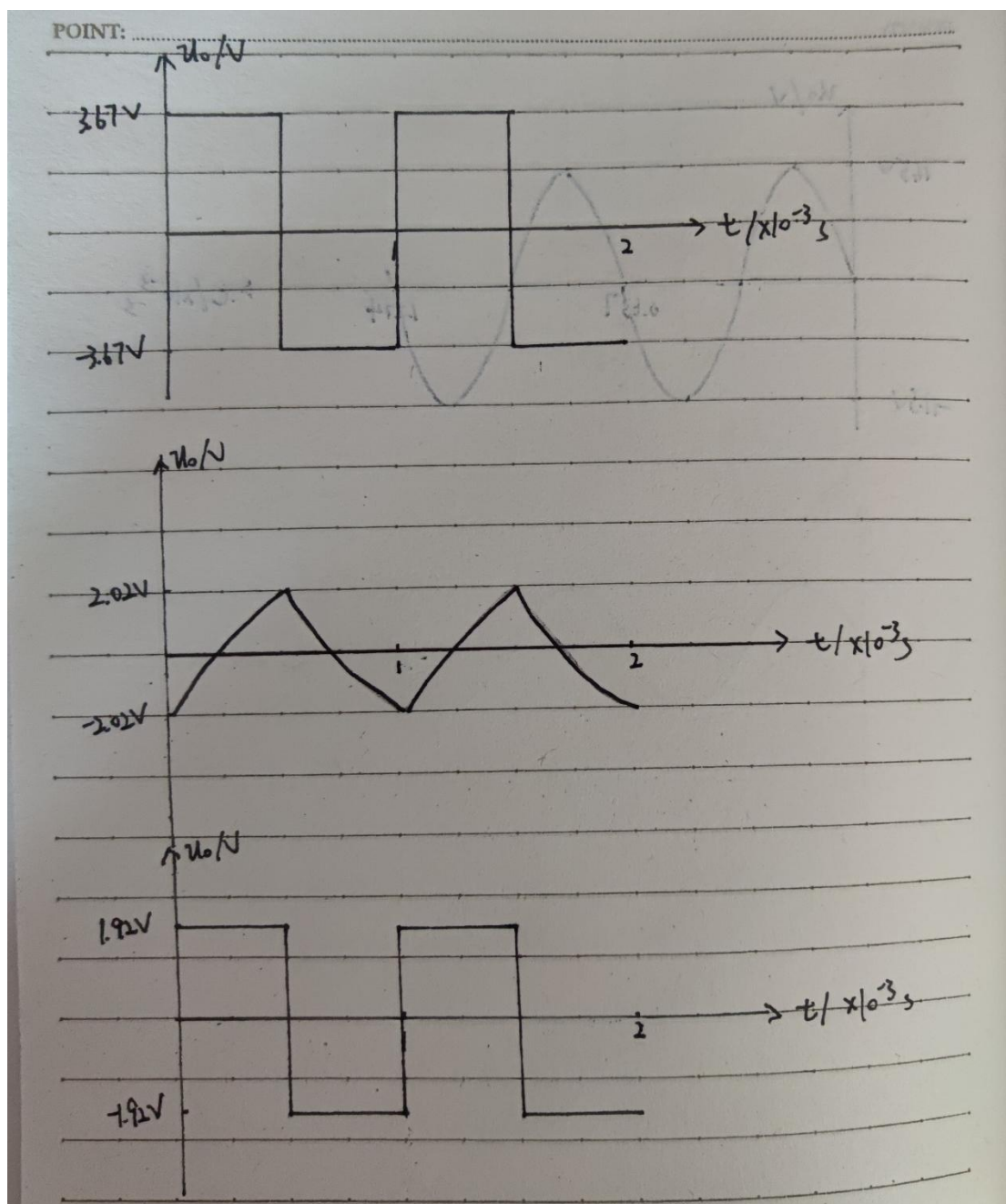
图四. 输出特性曲线

2. 设计一个  $f_0=1.5\text{kHz}$  的文氏电桥正弦振荡器，计算电路各元件参数，画出电路图，仿真优化后，实验验证。观察并记录输出信号的波形。



图五. 文氏电桥正弦振荡器输出波形

3. 设计一个方波发生器，输出方波频率为  $1\text{kHz}$ ，峰峰值为  $7.4V$ ，相对误差  $\leq \pm 10\%$ 。计算电路各元件参数，画出电路图，仿真优化后，实验验证。观察并记录电路中运放同相输入端、反相输入端和该方波发生器输出端的波形。



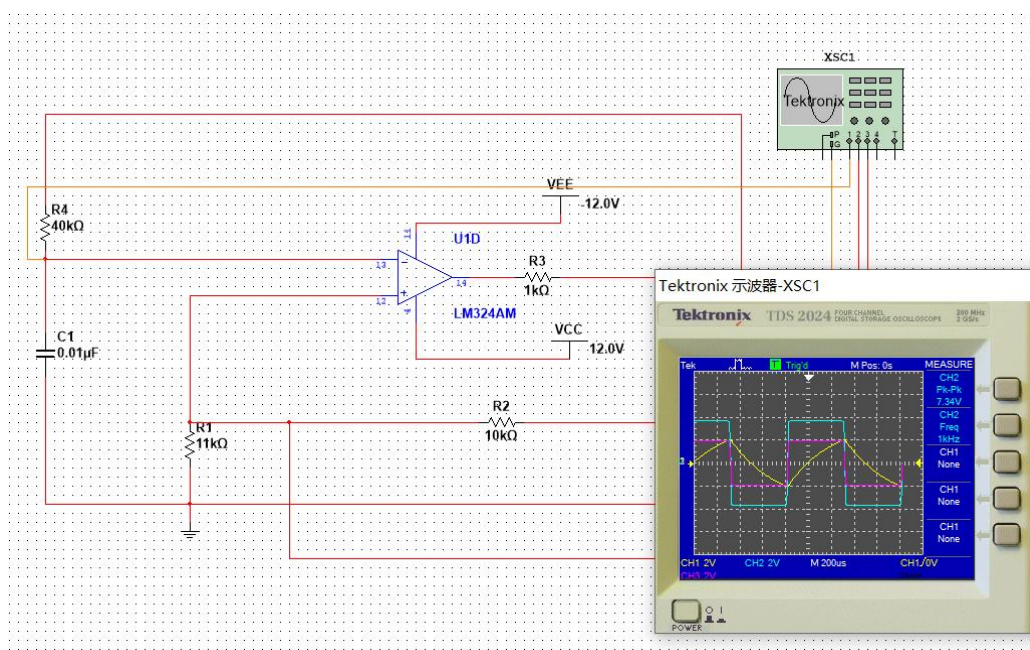
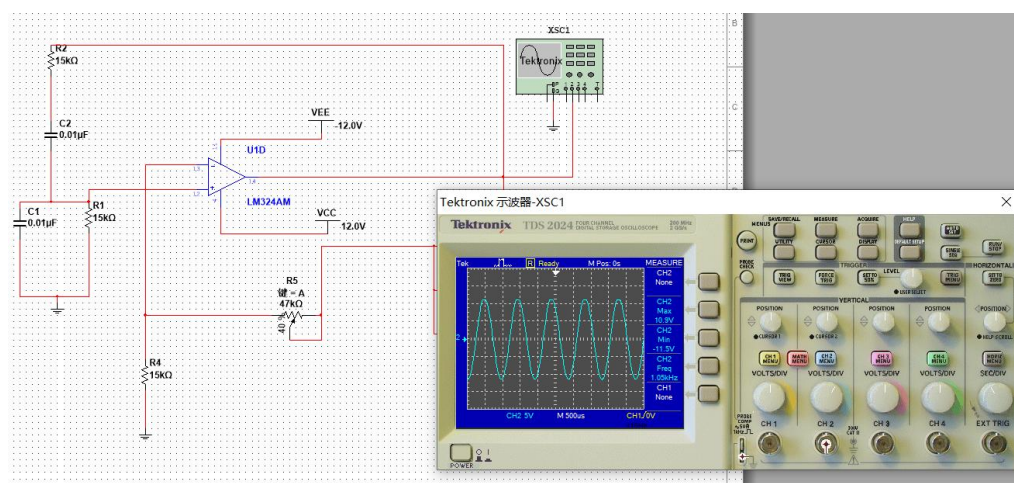
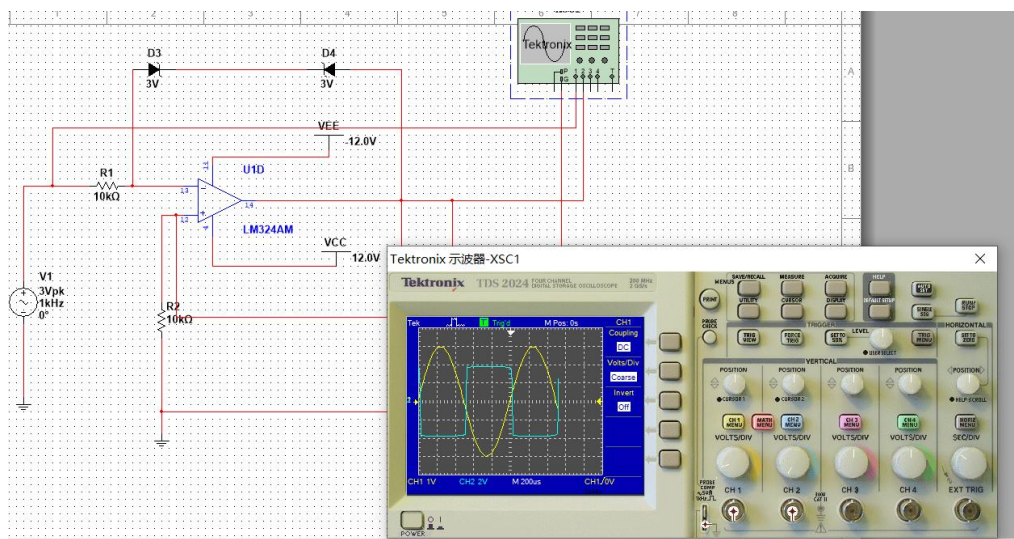
从上到下依次为输出端、反相输入端、同相输入端波形

## 六、 实验小结

在本次实验中我掌握了多种集成运算放大电路的原理和常用单元电路的设计和调试方法，且能够利用仿真实验平台分析输出电压的波形和传输特性。另外，通过这次实验，我对集成运算放大电路的理论分析更加清晰准确，进一步提高了我对电路各项参数进行理论计算的能力。



## 七、 附录



思考题：

1 若按下图连接电路无误，但不能产生振荡，可能是什么原因？应调整电路中哪个参数？若输出波形严重失真，又应如何调整？

没有满足  $A > 3$  的起振条件，应调节  $R_w$ ，若输出波形严重失真，应调整  $U_{CC}$  与  $U_{EE}$

2 按下图所示电路为二极管稳幅文氏电桥振荡器，试说明二极管稳幅的工作原理。振荡输出电压信号过零时，二极管上的电压很小，电阻很大，使负反馈最弱，于是整体上正反馈最强，输出信号电压迅速增大。到输出电压达到 0.5V 以上时，二极管逐渐导通，负反馈作用逐渐体现并加强，于是输出信号电压增幅减小，配合电位器，振幅得到控制。

3 试比较集成运放在电压比较器和基本运算电路中应用的区别。

电压比较器运放工作在非线性区或饱和、截止，而运算电路中的集成运放工作在线性区；电压比较器输出只有高和低两个稳定状态。