



“电工电子学实践教程”之

# 集成运算放大器 MWORKS 仿真及实现 (一)

## 5.16 基础实验16

# 一、实验目的

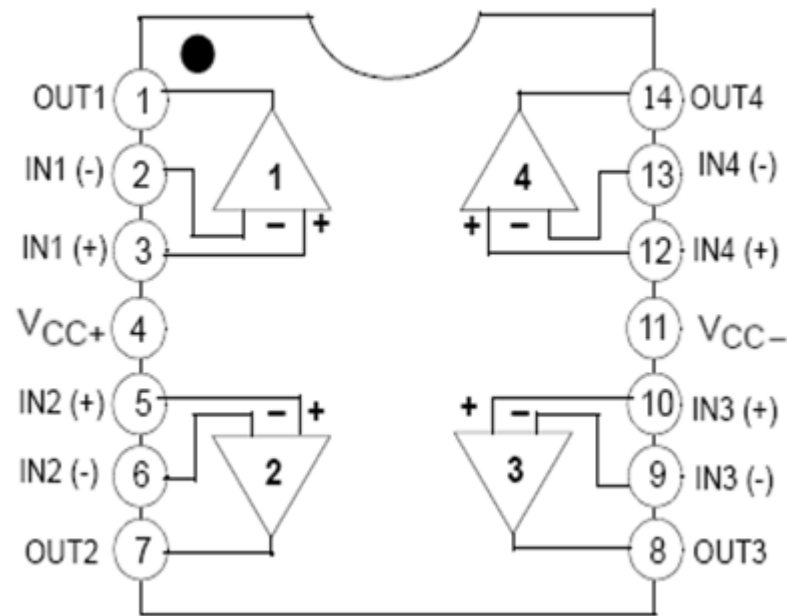
- 了解集成运算放大器的基本使用方法和三种输入方式。完成集成运算放大器 MWORKS 仿真及实现相关实验内容
- 掌握集成运算放大器构成的比例、加法、减法、积分等运算电路的原理和功能。

## 二、实验设备

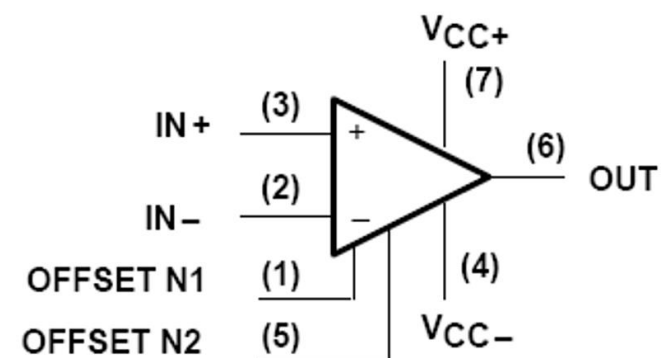
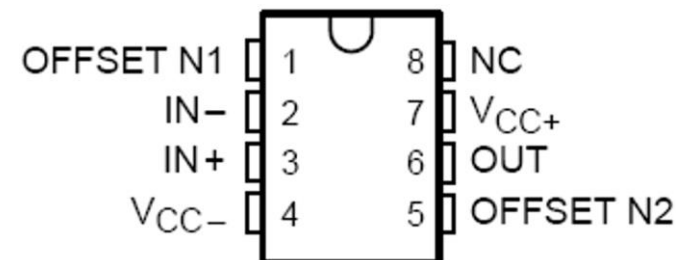
- 模拟电子技术实验箱（带电源）
- 双踪数字示波器
- 函数信号发生器
- 数字式万用表
- 电脑（用于仿真）

# 1. 集成运放的外引线排列

## 三、实验 原理

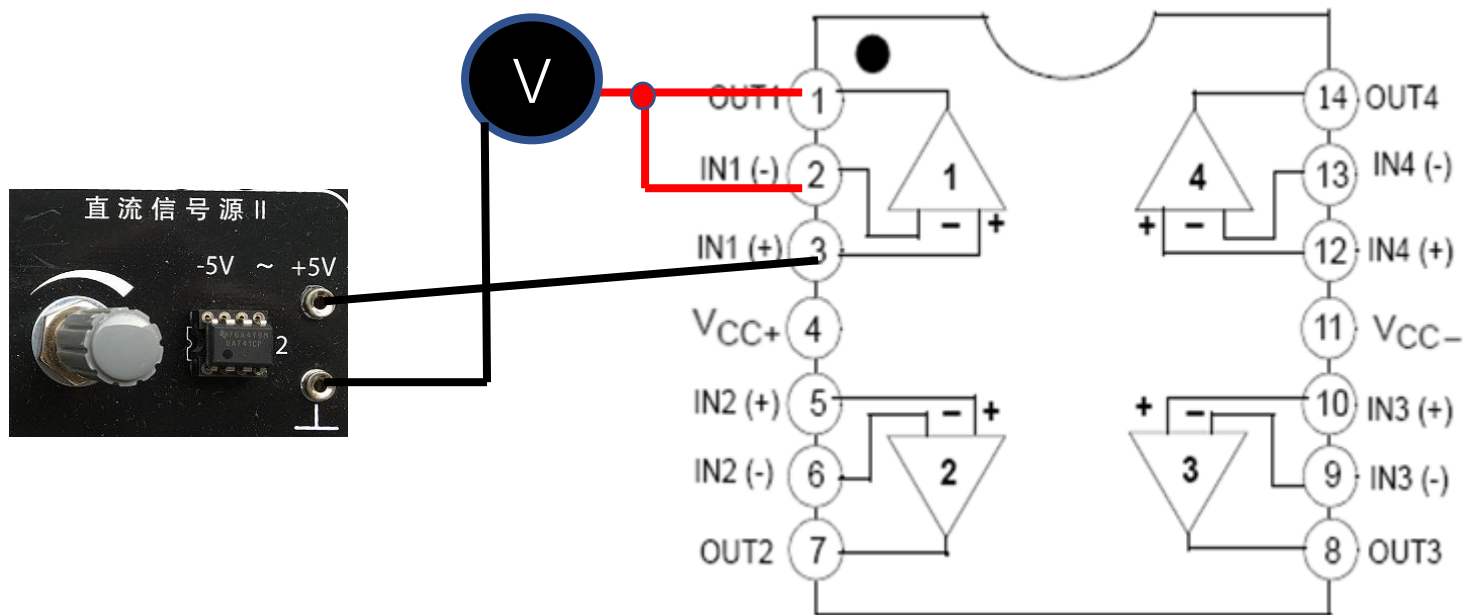


LM324



uA741引脚及符号

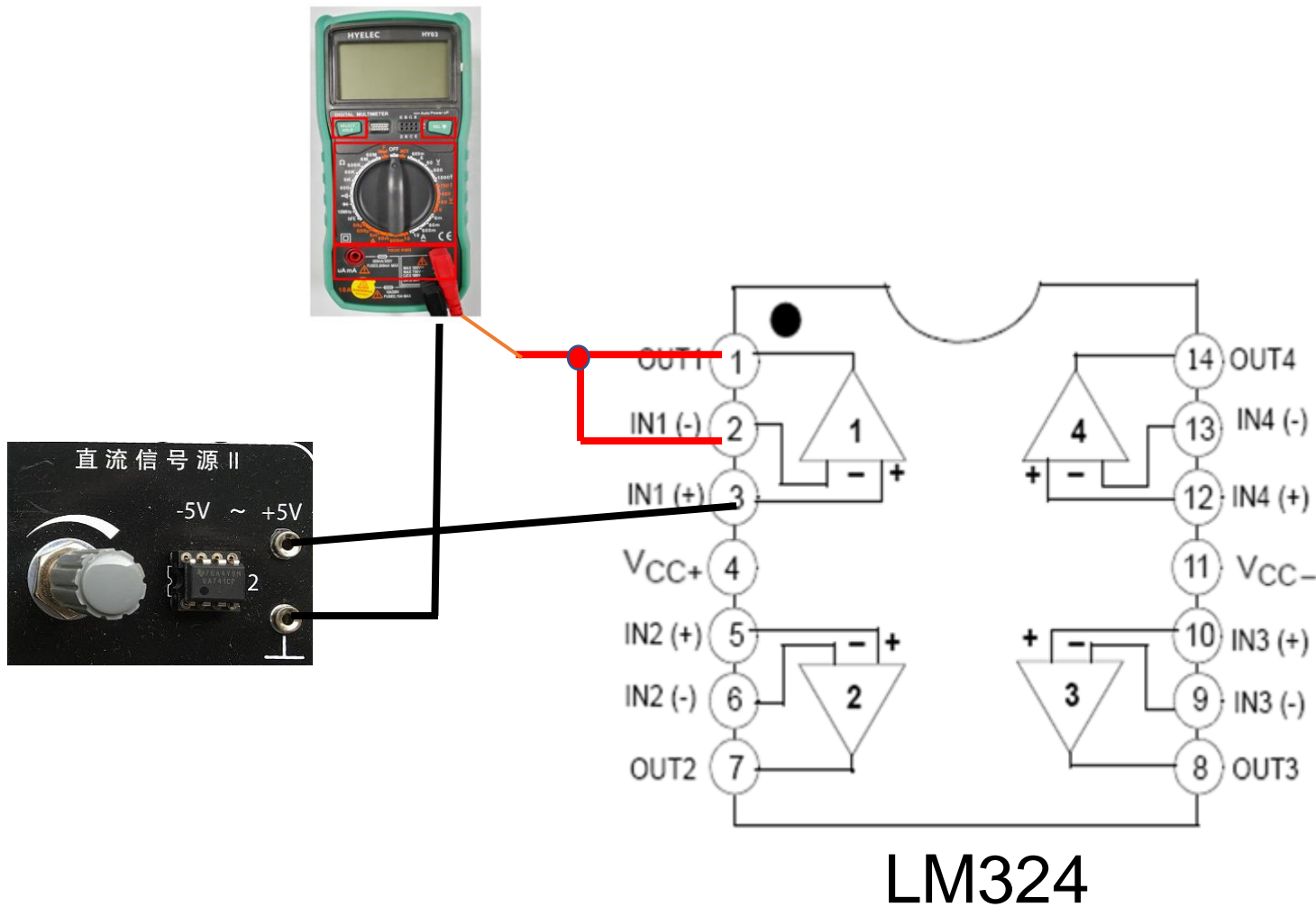
# 集成运放的外引线排列和芯片的检查



LM324

注意：检测芯片好坏

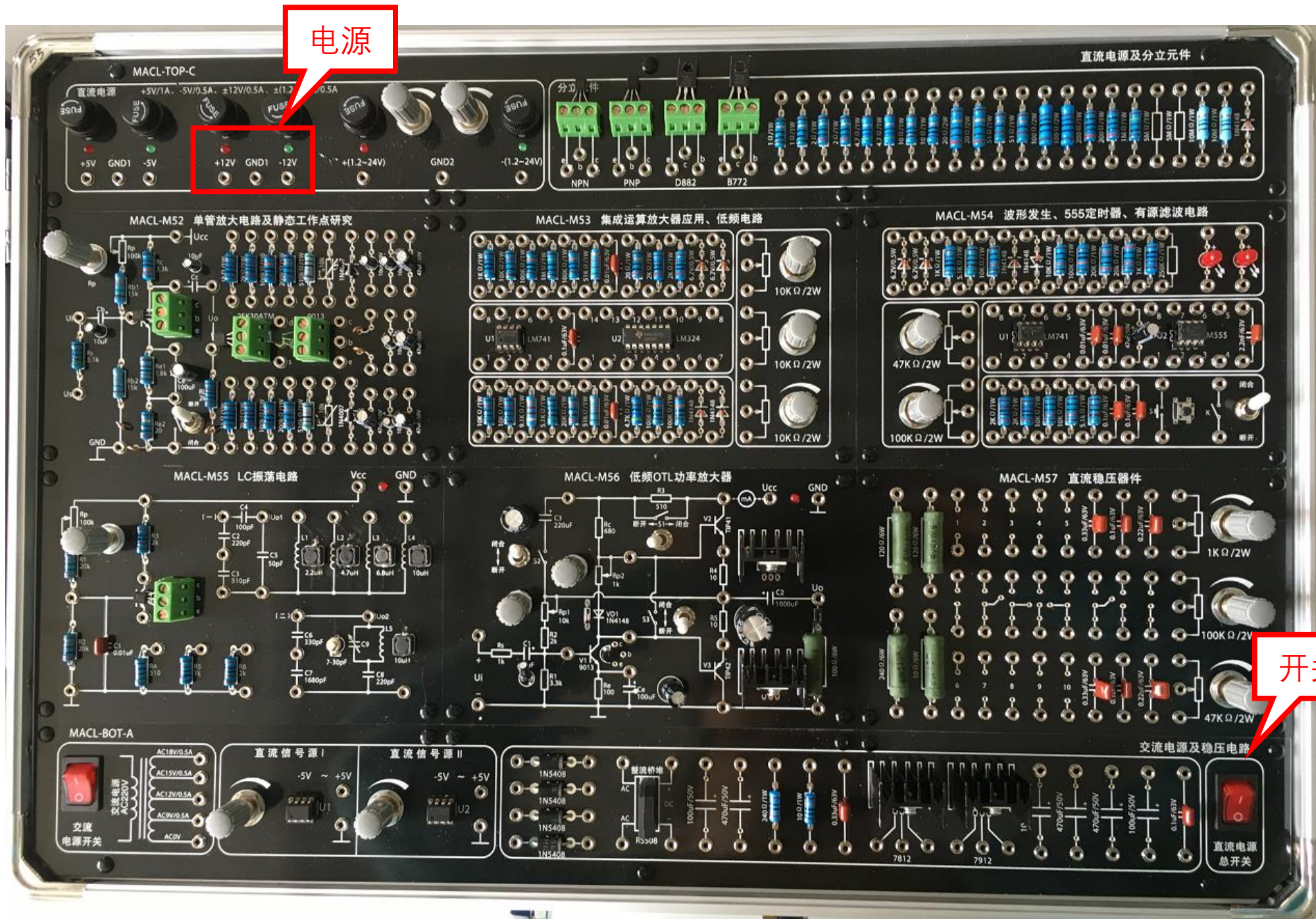
# 集成运放的外引线排列和芯片的检查



注意：检测芯片好坏

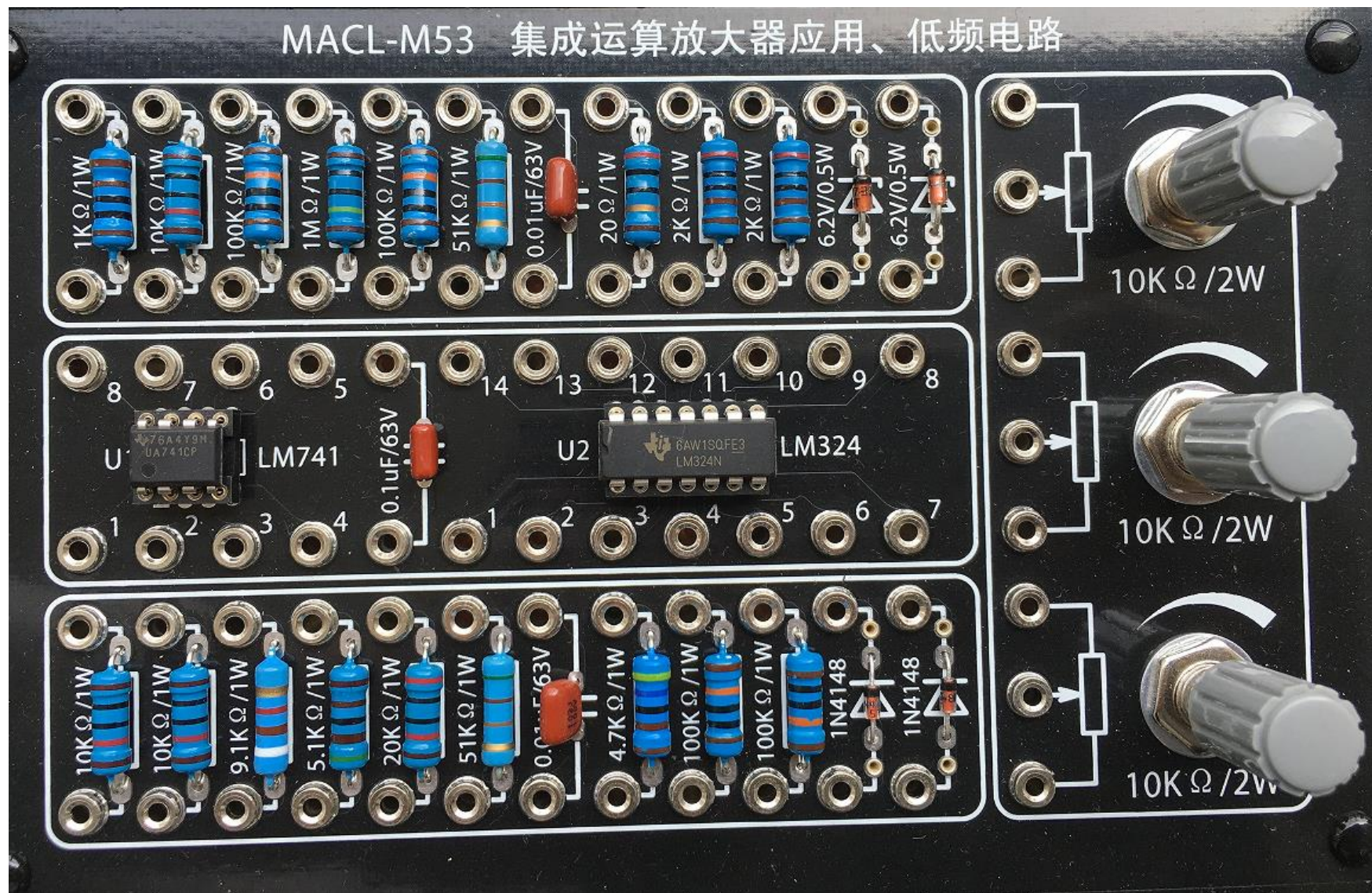


# 实验箱整体布局





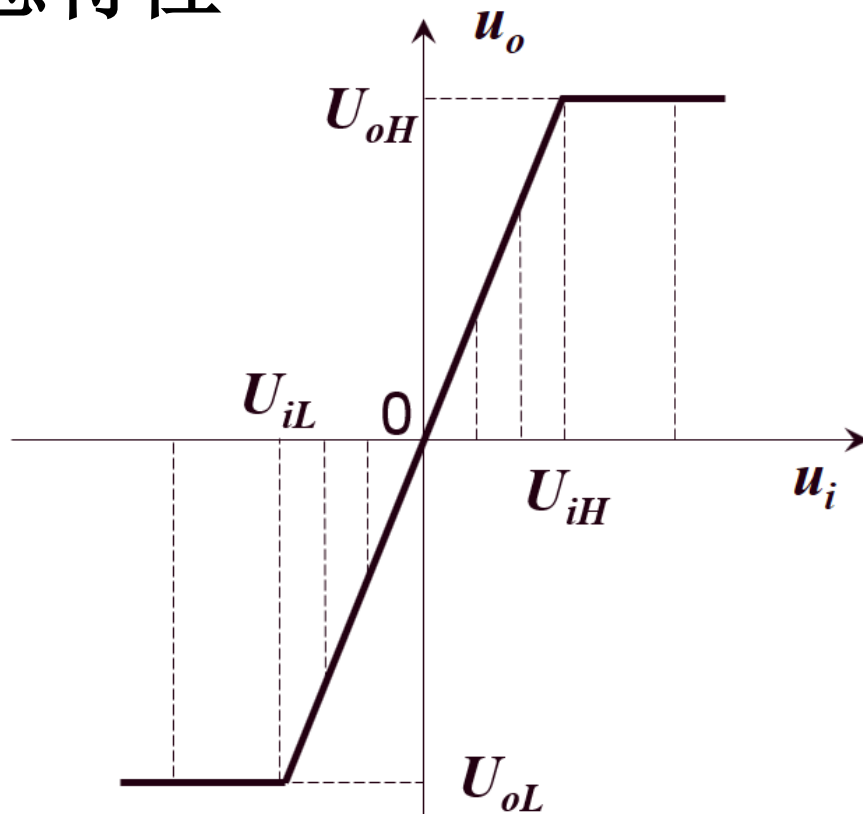
# 集成运算放大器模块





### 三、实验 原理

## 2. 集成运放的电压传输特性和理想特性



集成运放的电压传输特性

$$A_{od} \rightarrow \infty$$

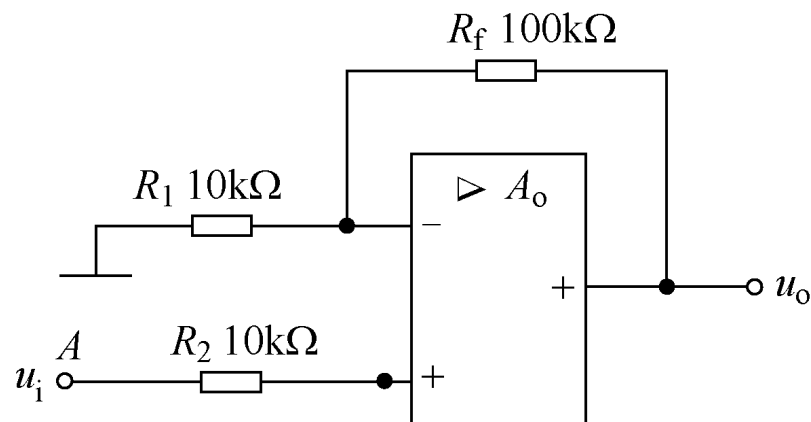
$$R_{id} \rightarrow \infty$$

$$R_{od} \rightarrow 0$$

$$K_{CMR} \rightarrow \infty$$

集成运放的理想特性

### 3. 同相输入比例运算电路



### 三、实验 原理

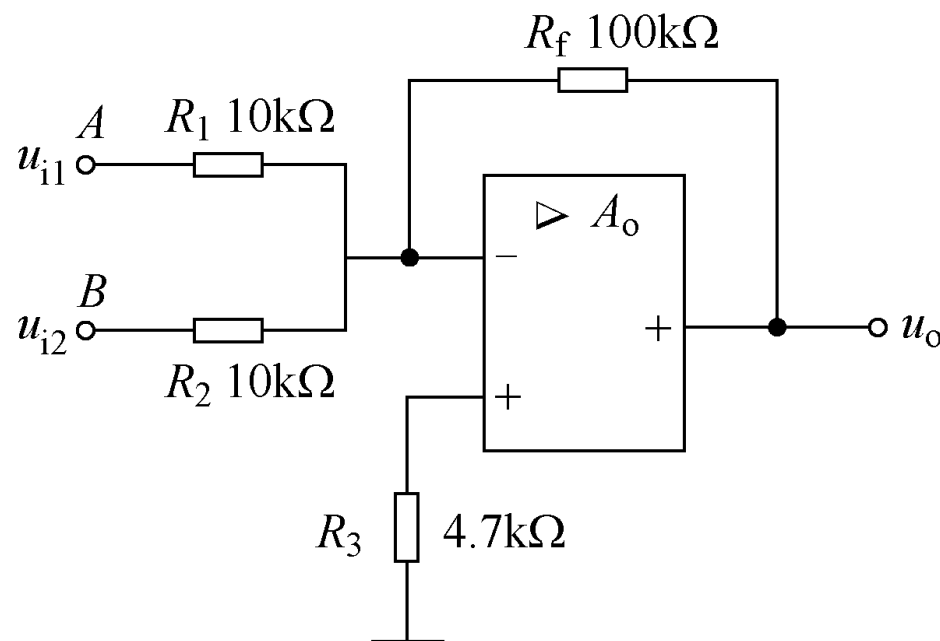
当输入端A加入信号电压 $u_i$ 时，在理想条件下（**输入电流很小**），其输入输出的关系为：

$$u_o = \left( 1 + \frac{R_f}{R_1} \right) u_i$$

## 4. 反相加法运算电路

当输入端A、B加入 $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$ 信号时，其输出电压为：

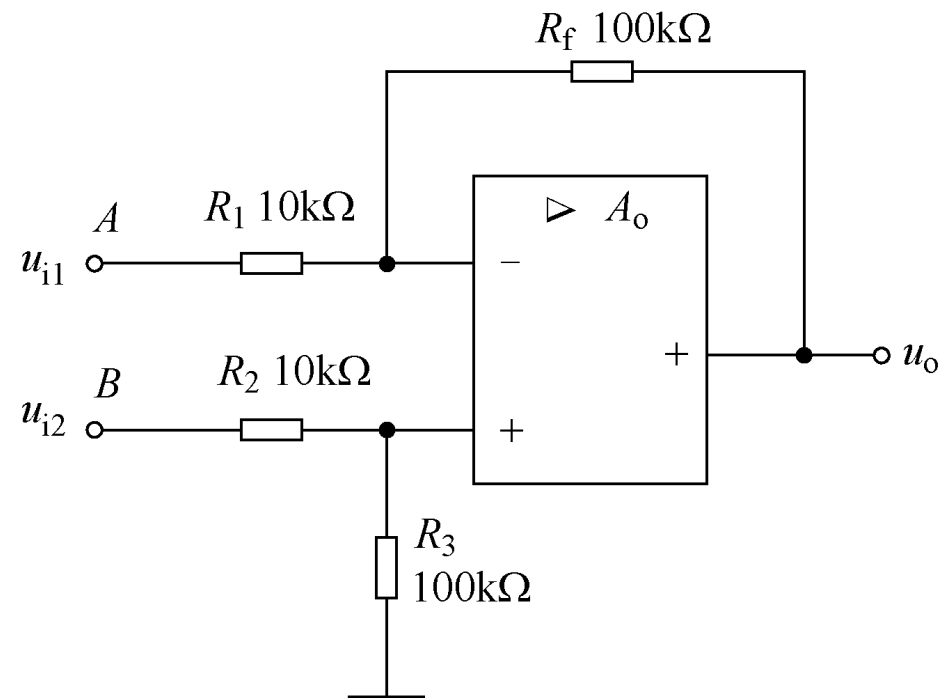
$$u_o = -\left(\frac{R_f}{R_1}u_{i1} + \frac{R_f}{R_2}u_{i2}\right)$$



三、实验  
原理

## 5. 减法运算电路

### 三、实验 原理



当输入端A、B加入 $u_{i1}$ 、 $u_{i2}$ 信号时，在理想条件下，且 $R_1 = R_2$ 、 $R_f = R_3$ 时，其输出电压为：

$$u_o = \frac{R_f}{R_1} (u_{i2} - u_{i1})$$



### 三、实验 原理

## 6. 积分运算电路

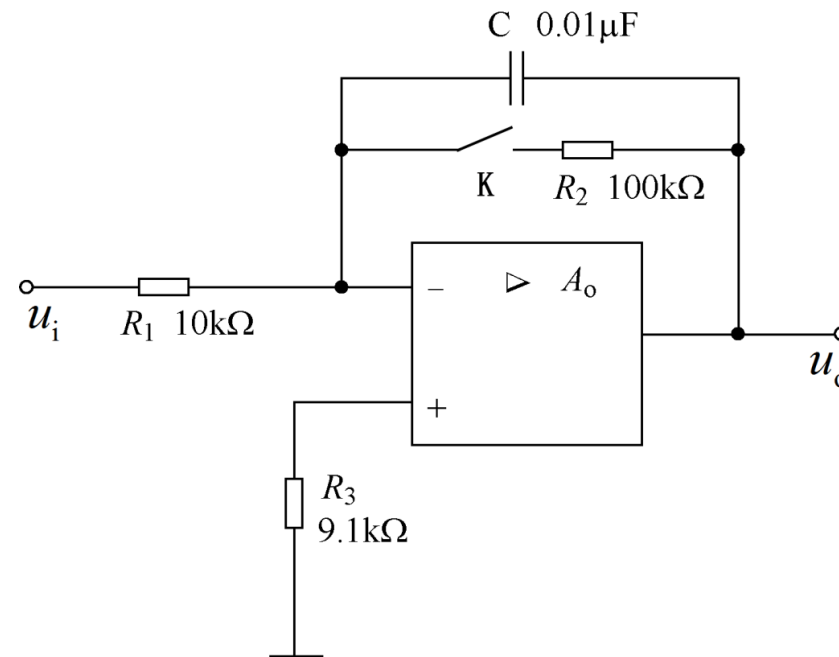
当开关K断开时，输入在  $t = 0$  时加入一大小为  $U_i$  的信号，电容两端的初始电压为零，则输出为

$$u_o = -\frac{1}{R_1 C} \int u_i dt = -\frac{U_i}{R_1 C} t$$

当开关K闭合时，若输入信号的频率满足  $\omega \gg \frac{1}{R_2 C}$ ，则输出可近似为

$$u_o = -\frac{1}{R_1 C} \int u_i dt$$

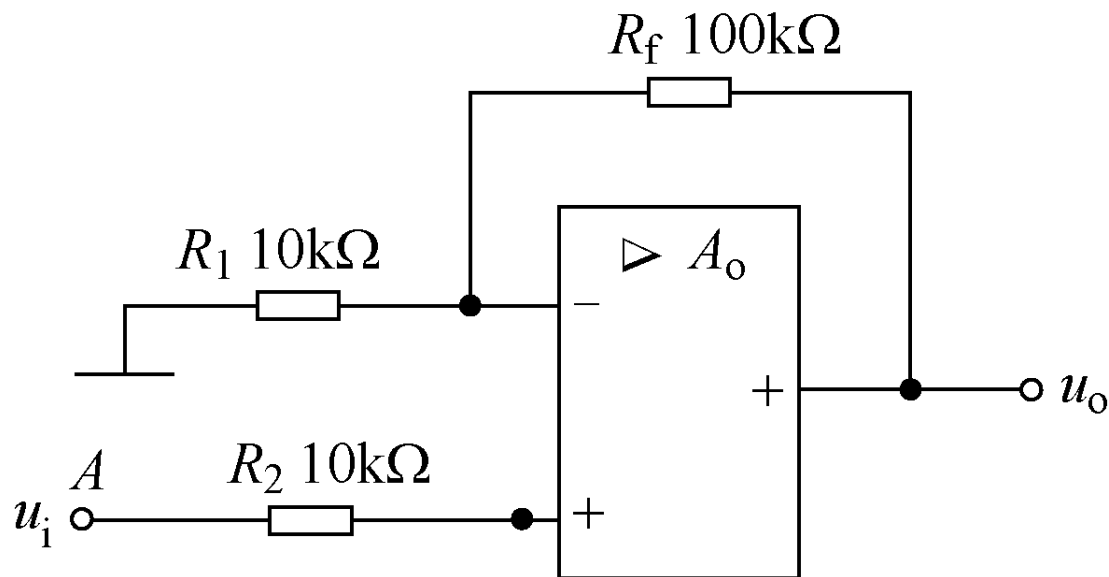
若此输入信号为满足频率要求的方波时，则输出为三角波。



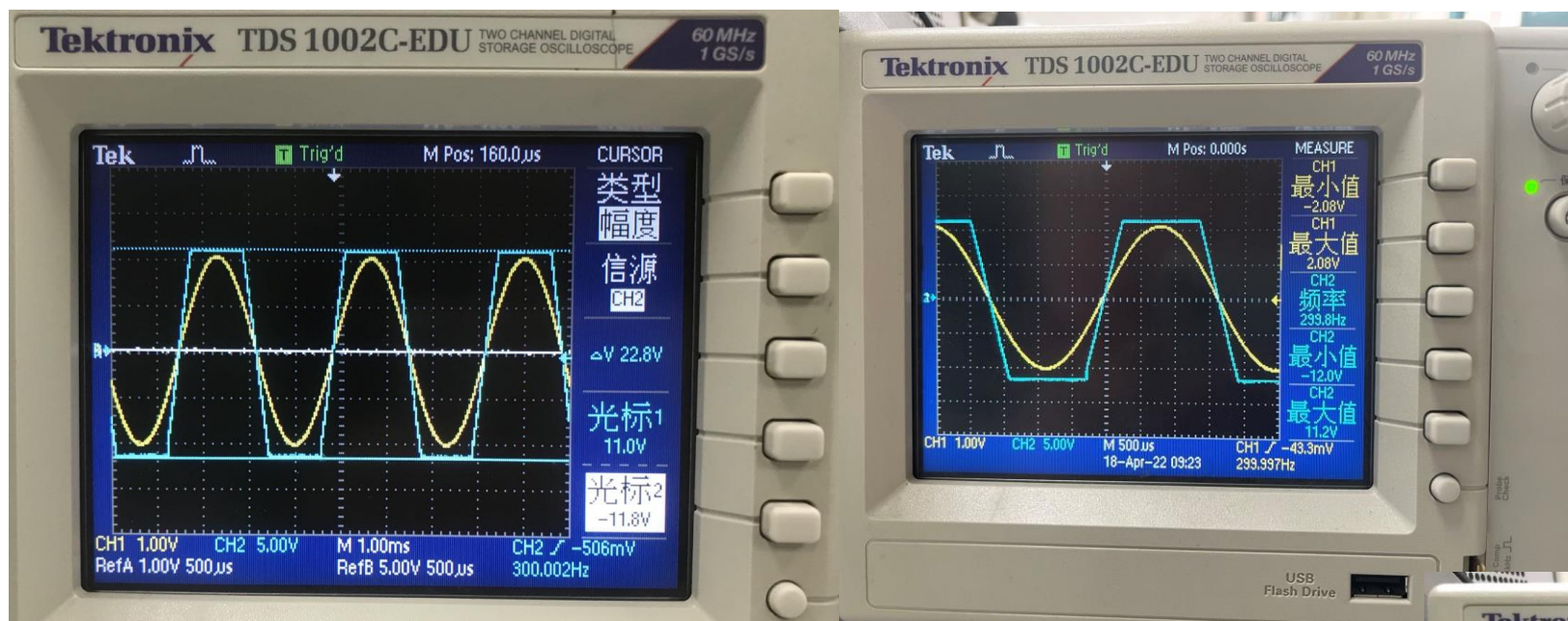
## 五、实验内容

- 1. 按右图电路接线

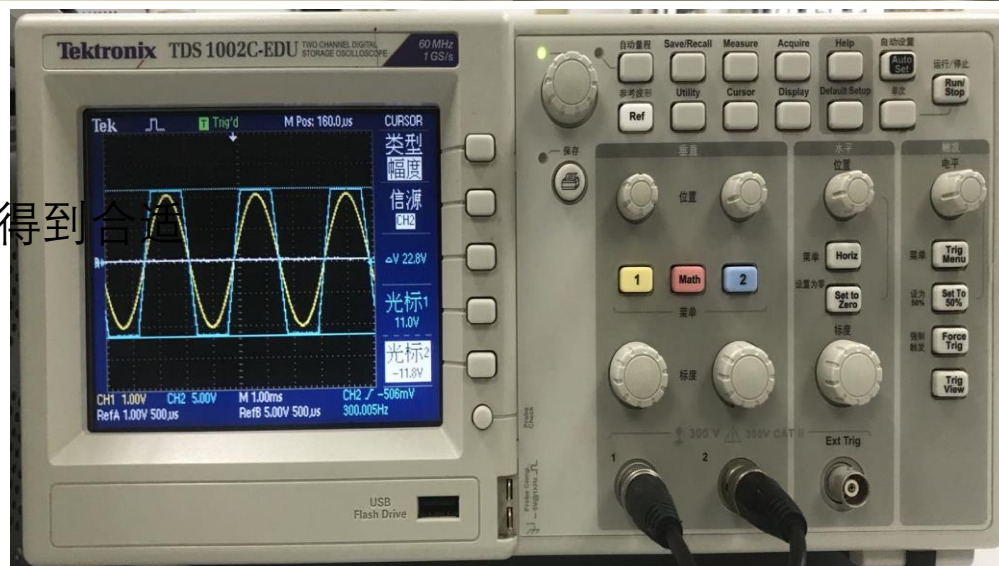
输入峰值为2V（峰峰值4V）、频率为300Hz的正弦波。用示波器双踪观察输入和输出波形（YT和XY模式，注意调零），记录示波器波形，根据波形计算比例系数（传输特性曲线）。



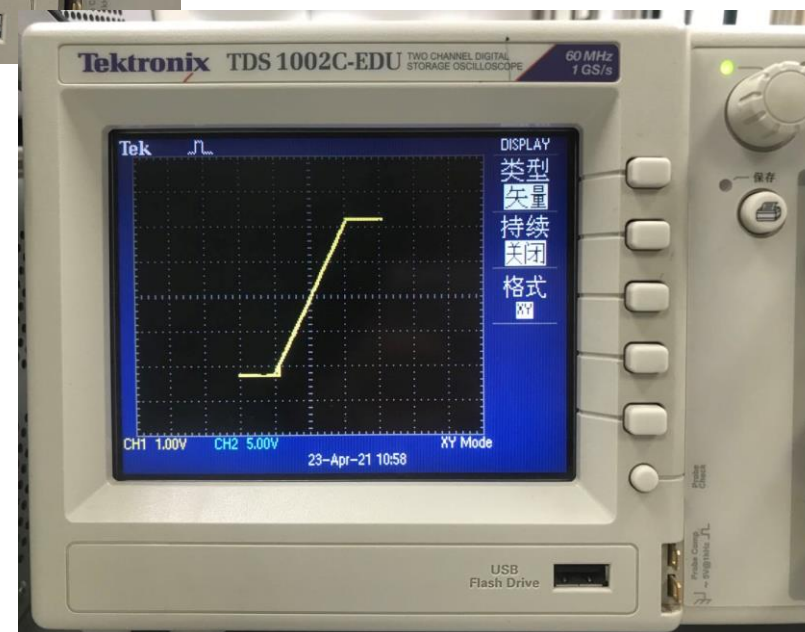
同相输入比例运算电路



注意调零，才能得到合适



YT模式下输入输出曲线



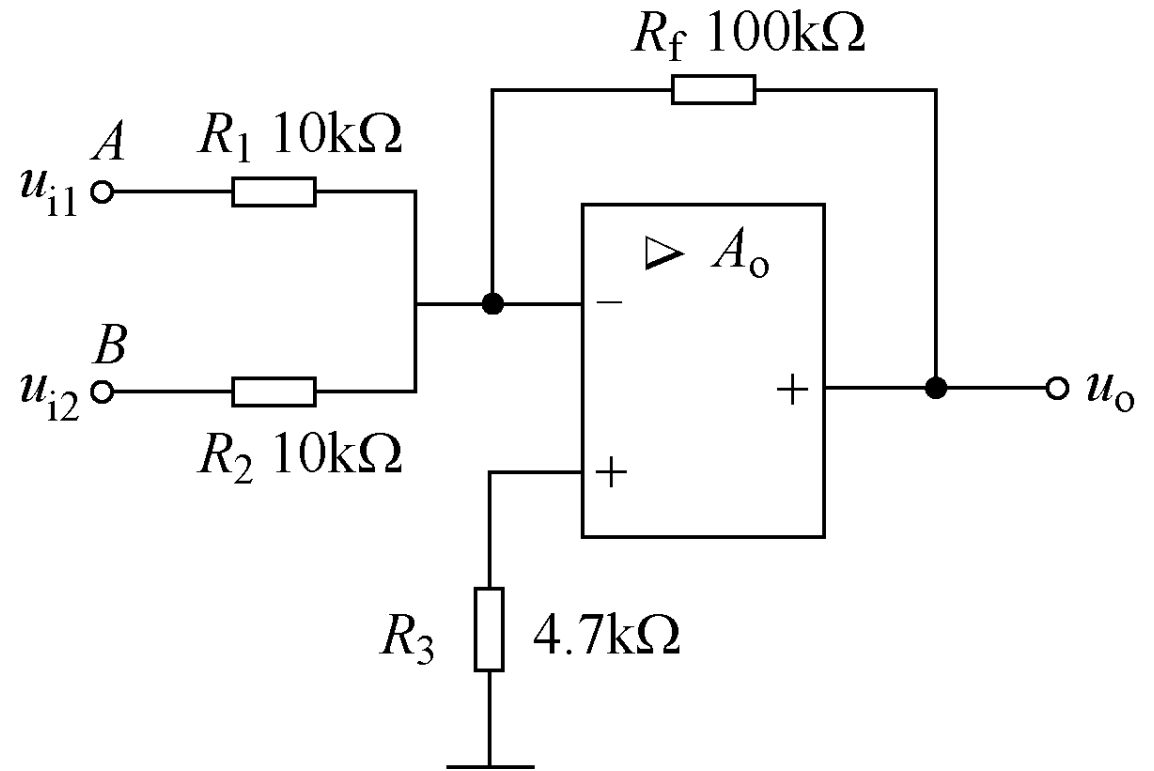
XY模式下输入输出曲线

## • 2 按右图电路接线

A端输入峰值为0.5V、频率为1kHz的方波，B端输入峰值为0.2V、频率为1kHz的三角波，要求方波超前三角波  $90^\circ$ 。

用示波器双踪观察输入和输出波形，两个输入的波形，确认电路功能正确，记录示波器波形。

注意：信号源里的超前角和同步设置



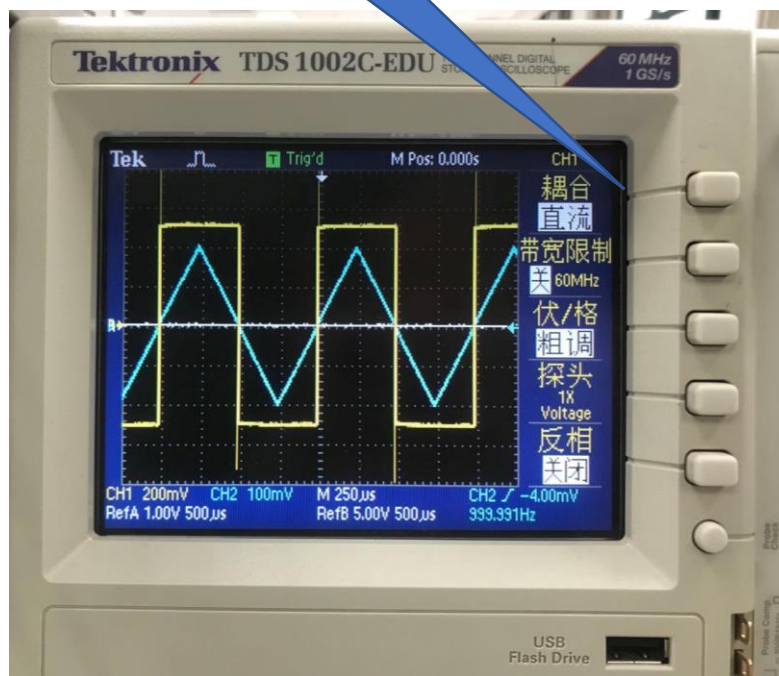
反相加法运算电路



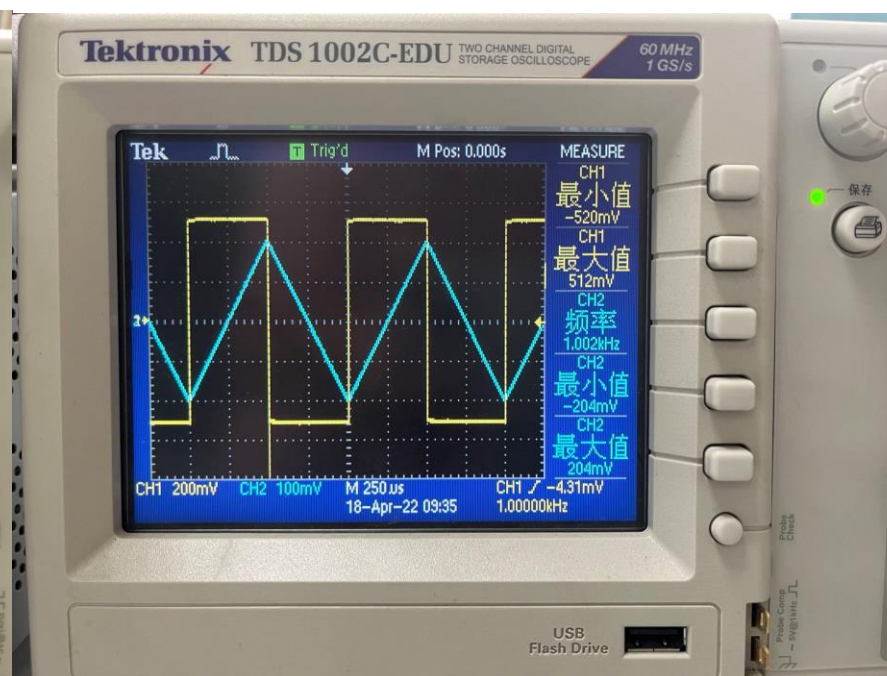
注意是直  
流耦合



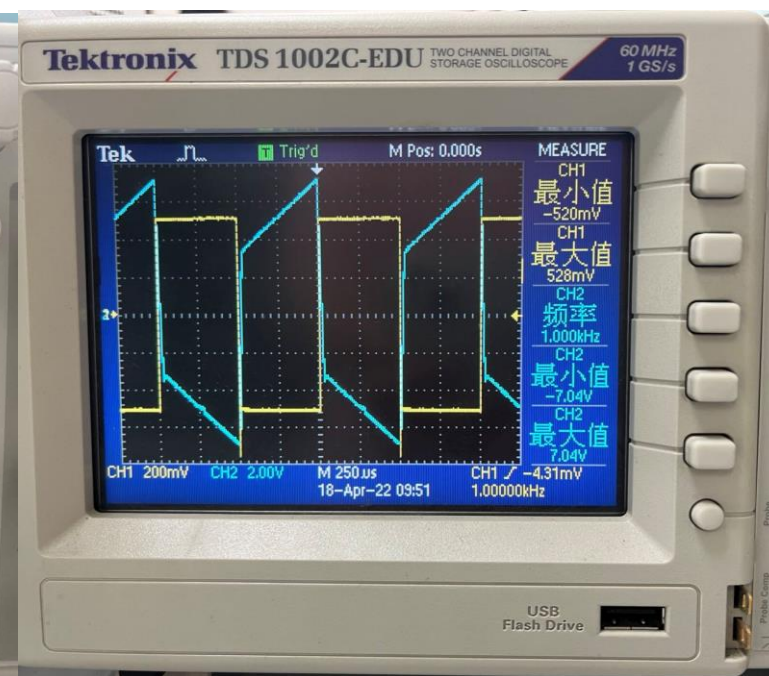
调节相位



同步-输入侧



方波超前90度-输入侧

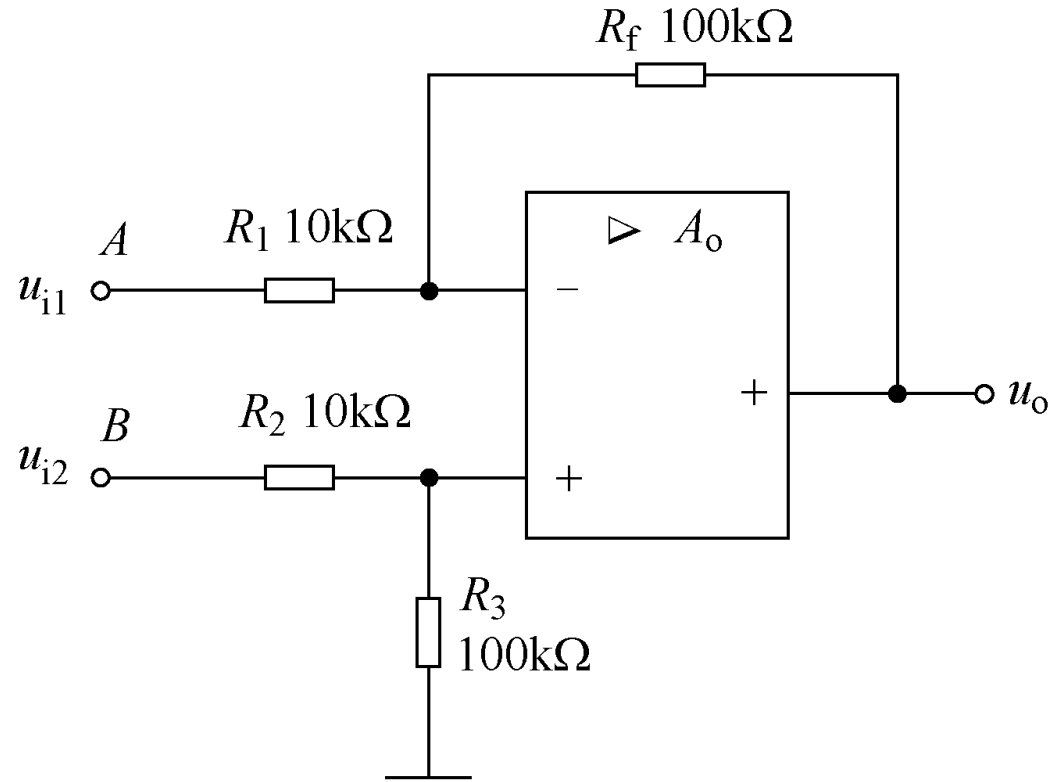


输出侧

- 3. 按右图电路接线

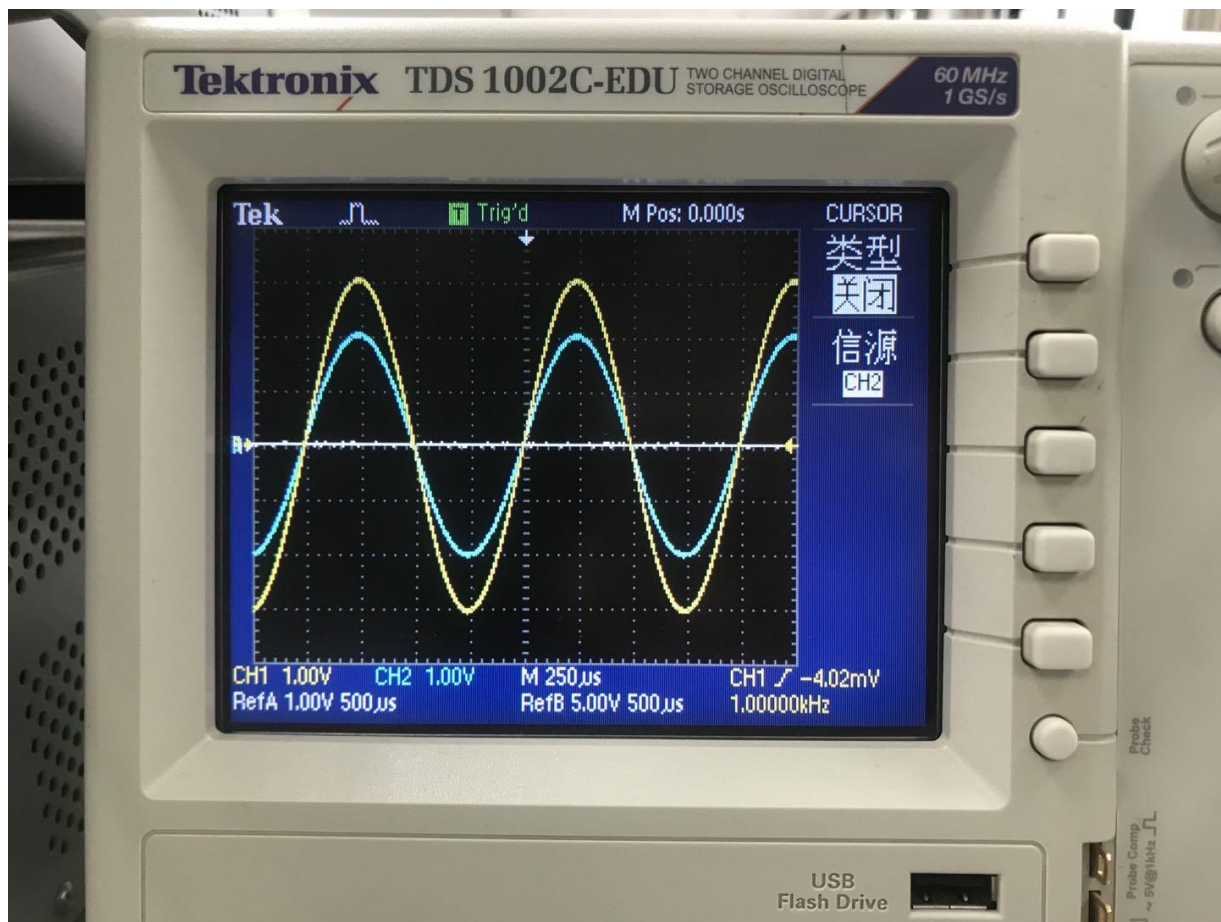
A端输入峰值为3V、频率为1kHz的正弦波，B端输入峰值为2V、频率为1kHz的同相位正弦波。

用示波器双踪观察输入和输出波形，确认电路功能正确，记录示波器波形（YT模式下两个输入、一个输入与输出的波形）。

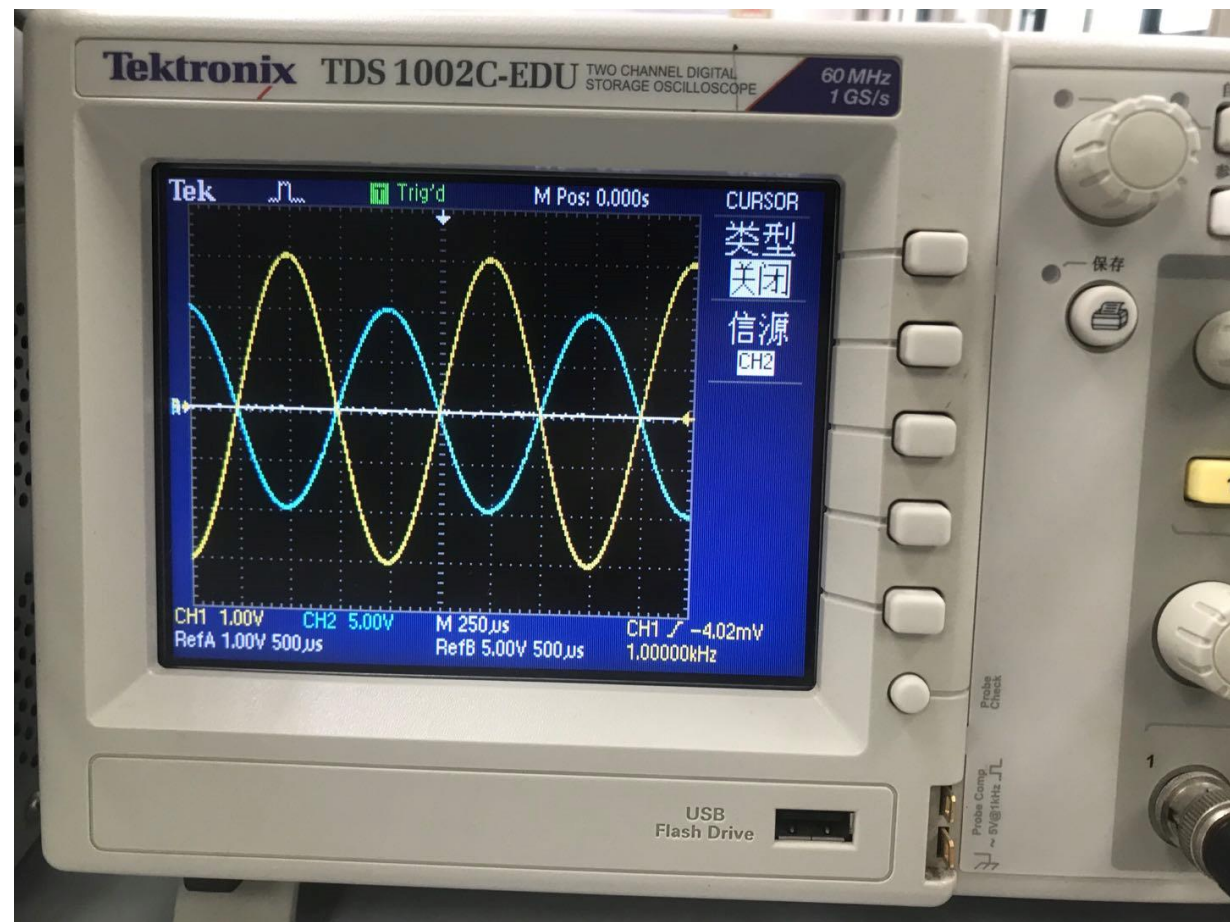


减法运算电路





YT模式下输入信号

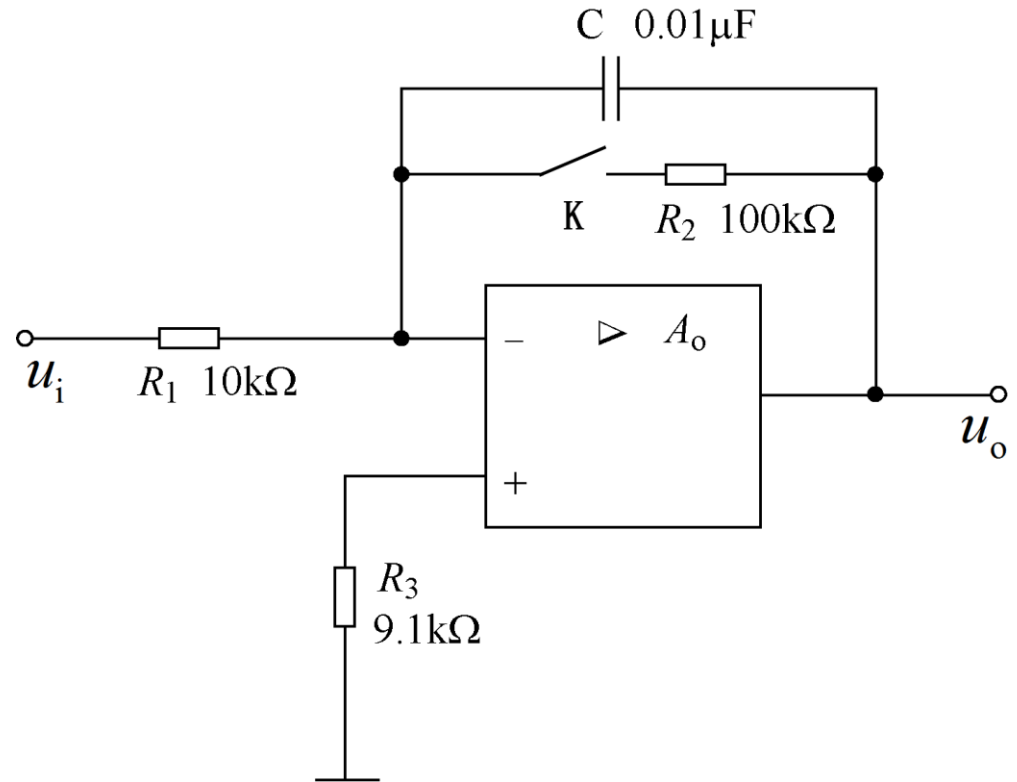


YT模式下输入输出信号

- 4. 按右图电路接线

(K闭合)

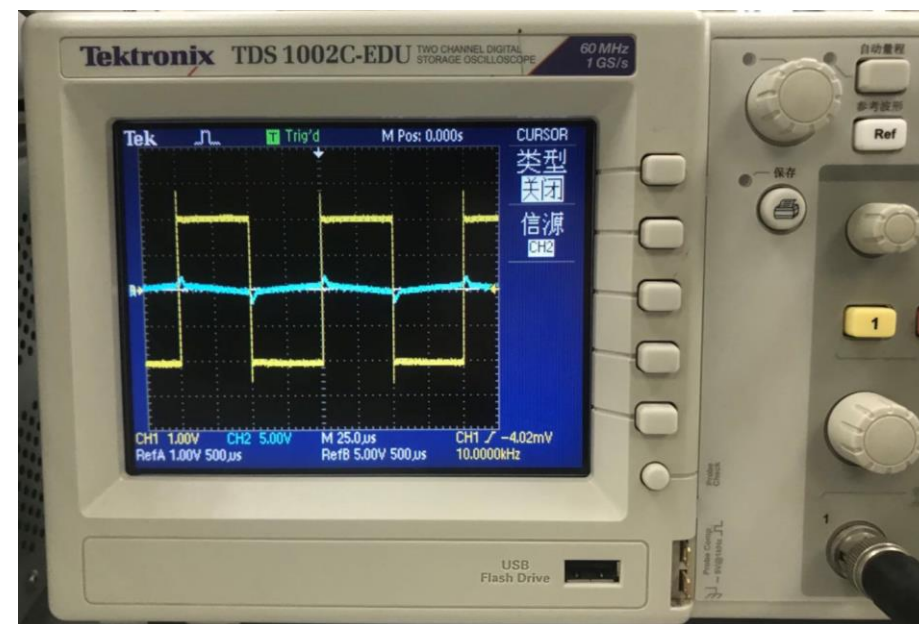
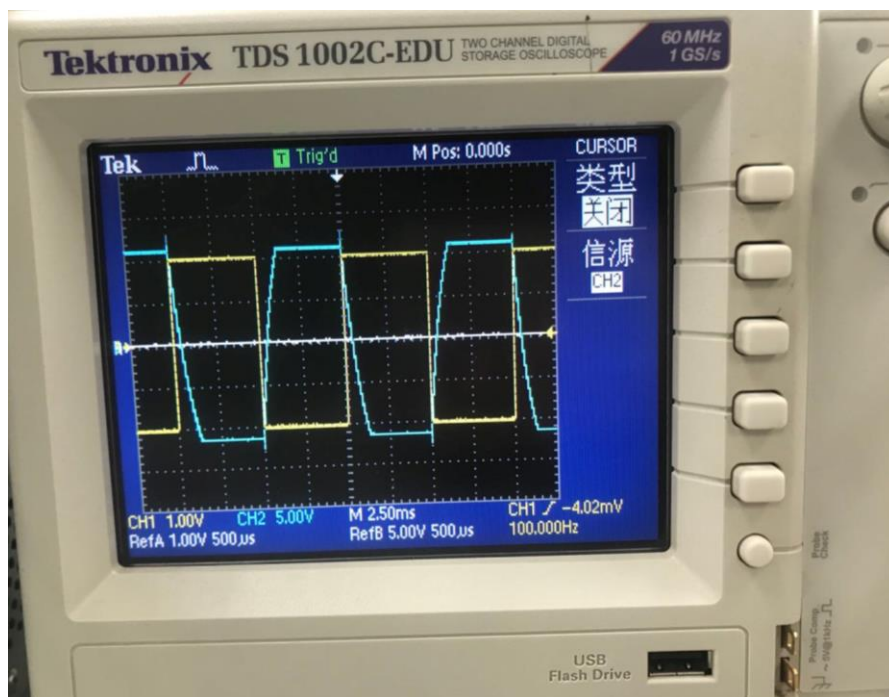
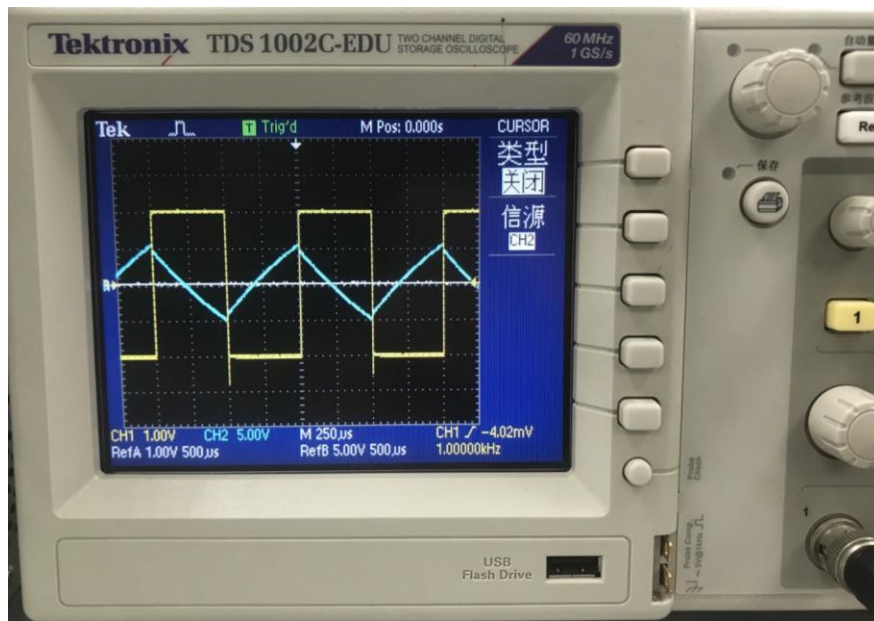
输入峰值为2V，频率为1kHz的方波。用示波器双踪观察输入和输出波形，记录示波器波形。改变方波的频率为100Hz和10kHz，观测输入和输出波形。



积分运算电路

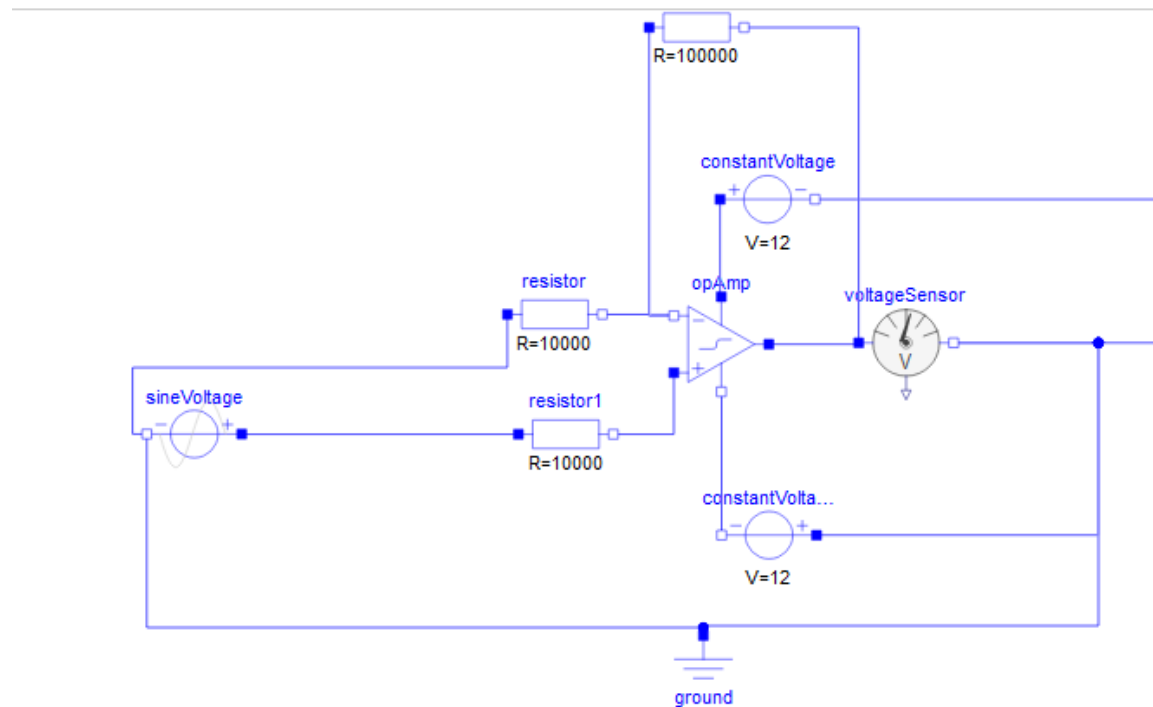
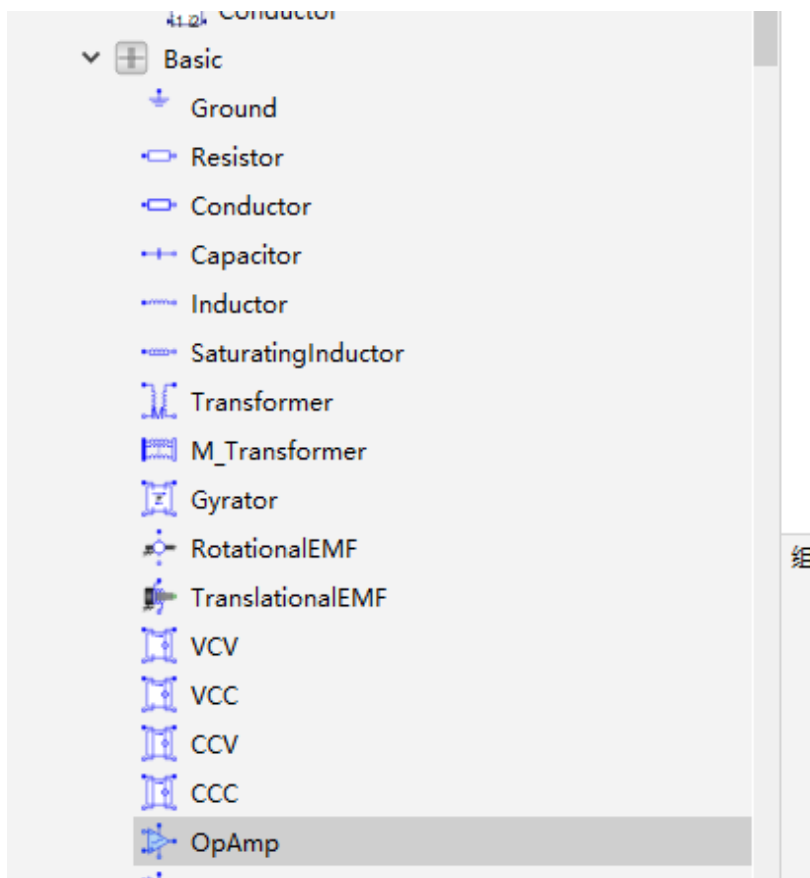
$R_2$ 的作用是防止低频信号增益过大





## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路

- 输入峰值为2V（峰峰值4V）、频率为300Hz的正弦波。用示波器双踪观察输入和输出波形，记录示波器波形。
- Electrical-Analog-Basic-OpAmp找到有源的运放模块



同相输入比例运算电路

## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路

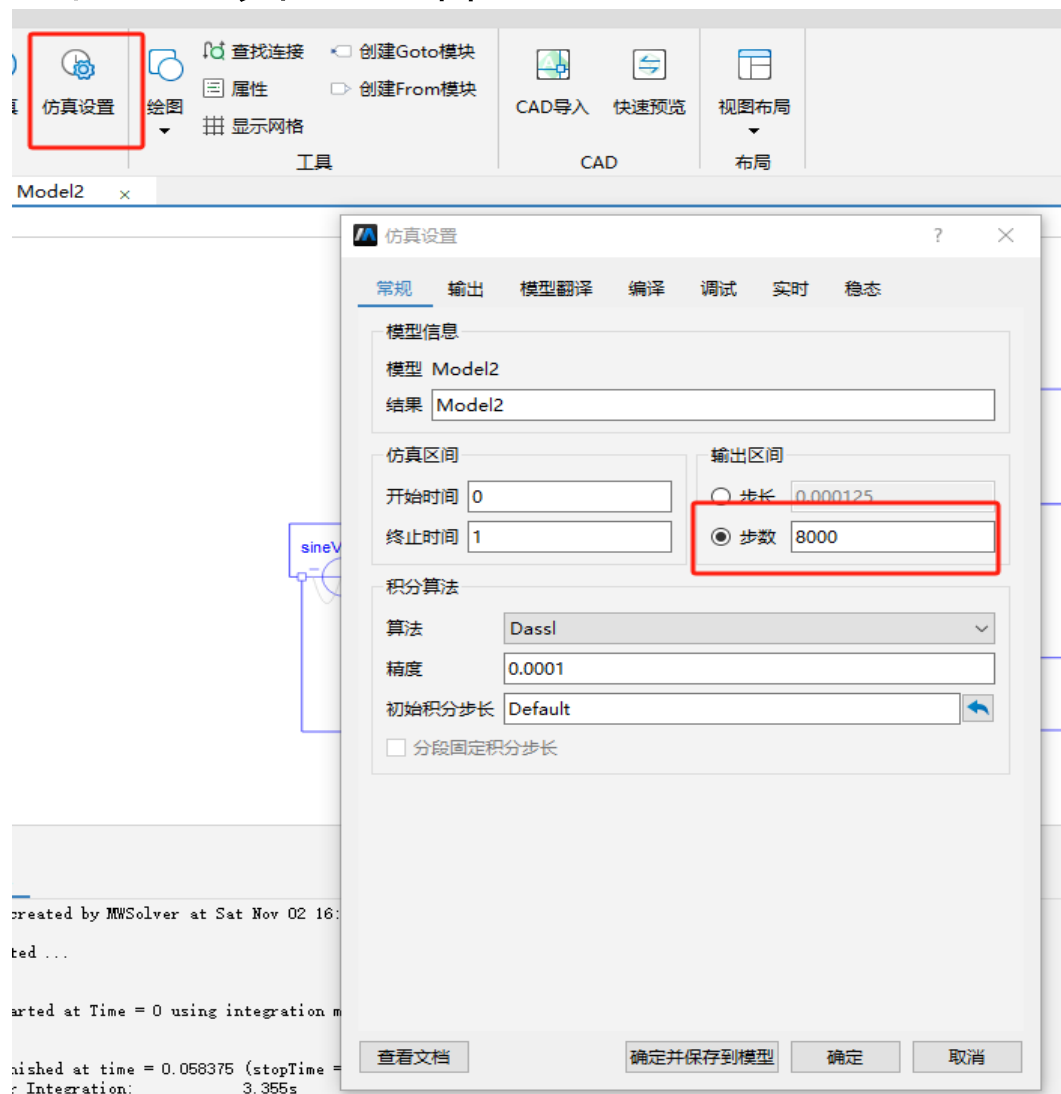
- 注意事项

组件参数

常规

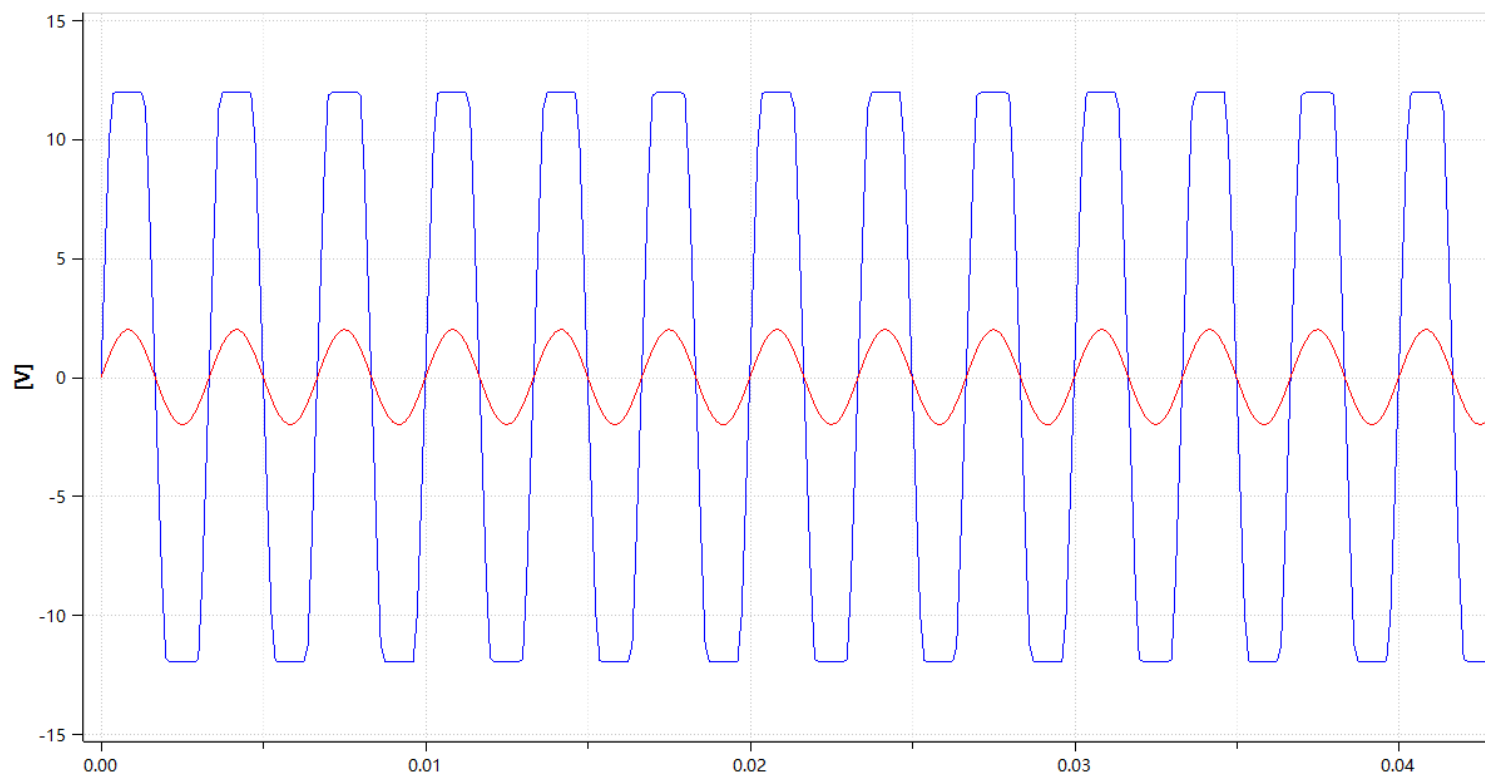
参数

signalSource	...	ne signalSource(f = 300, amplitude = 2)	
offset	0	V	Voltage offset
startTime	0	s	Time offset
V	2	V	Amplitude of sine wave
phase	0	deg	Phase of sine wave
f	300	Hz	Frequency of sine wave



## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路

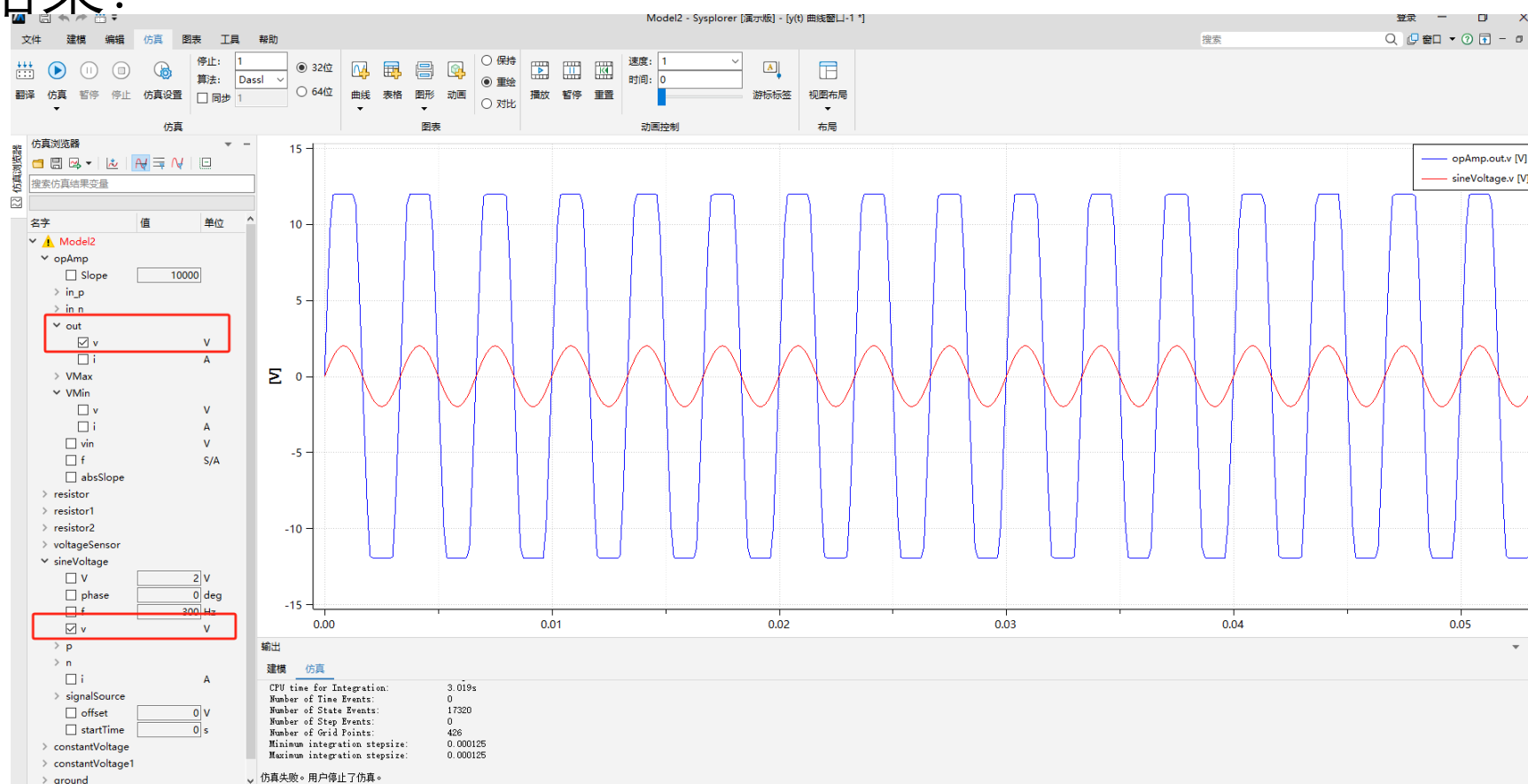
- 参考实物实验内容1-同相输入比例运算电路要求，仿真结果：





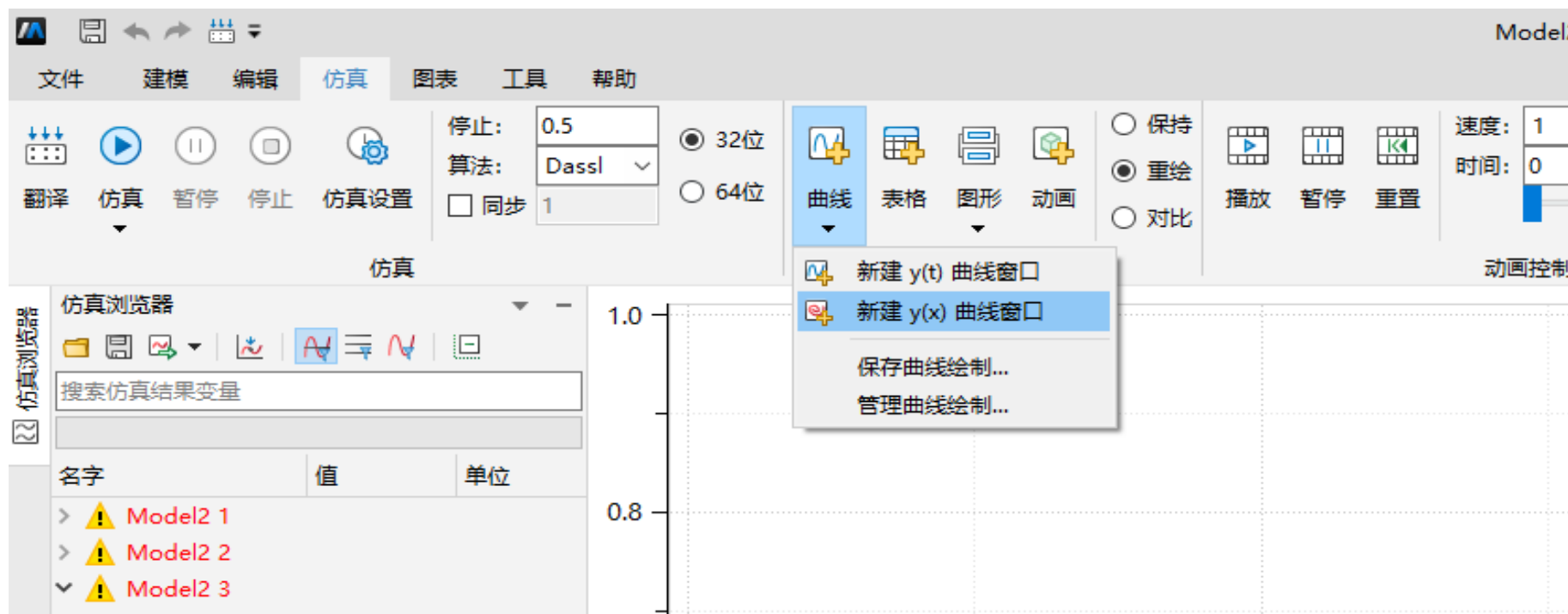
## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路

- 参考实物实验内容1-同相输入比例运算电路要求，YT模式下仿真结果：



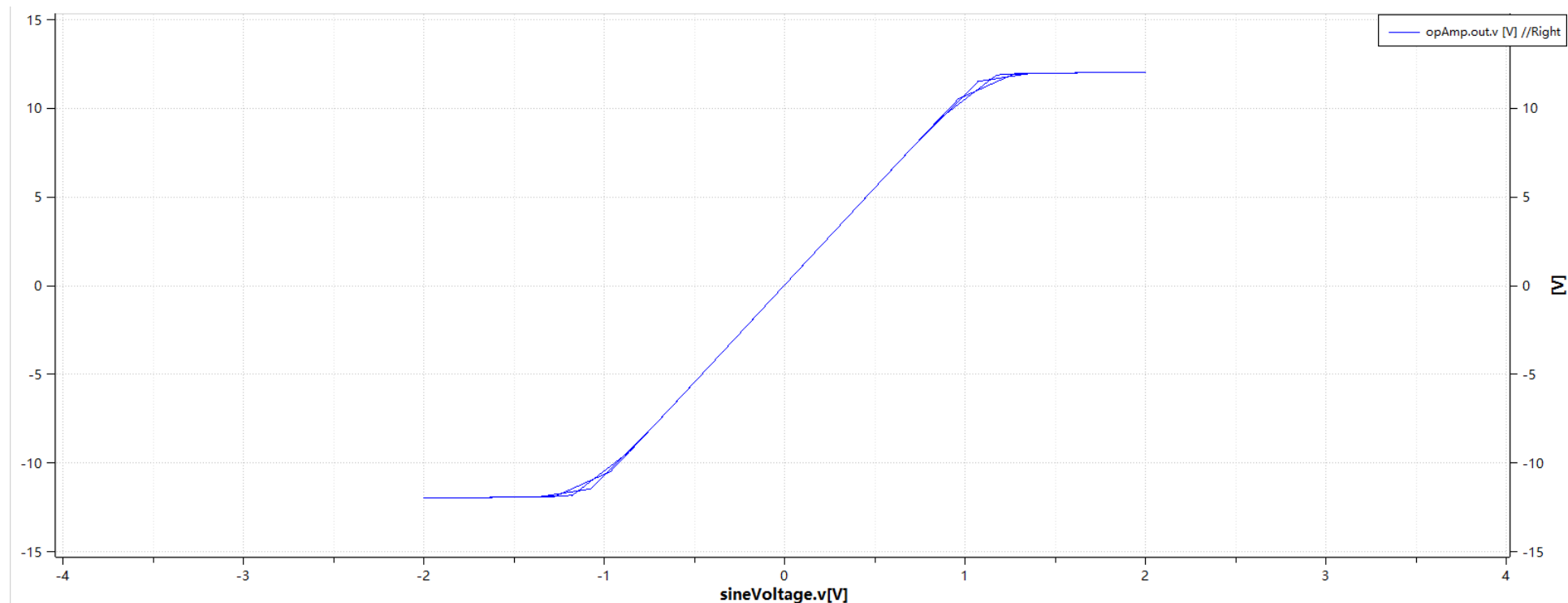
## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路XY图

- 参考实物实验内容1-同相输入比例运算电路要求，XY模式下仿真结果：



## 六、MWORKS仿真-同相输入比例运算电路XY图

- 参考实物实验内容1-同相输入比例运算电路要求，XY模式下仿真结果：



## 六、MWORKS仿真实验要求

- 参考实物实验，完成全部同相输入比例运算电路、反相加法运算电路、减法运算电路和积分运算电路的MWORKS仿真。

## 六、实验总结

### 第一部分：

P168 四、1. 2. 3.

### 第二部分

- 整理实验数据，分析实验结果，总结电路的特点。完成Mworks仿真内容。
- 总结集成运放构成的各种运算电路的功能。
- 总结输入电压大小对运放电路工作状态（线性工作状态和非线性工作状态）的影响。
- 综合自身的实验情况，总结本实验的体会和解决实验中出现问题的方法。