

西安电子科技大学

课程设计报告



集成运算放大器的应用

班级 010911

一、实验目的

- 1.学会用集成运算放大器实现波形比较及波形发生。
- 2.提高设计能力，并能将数字和模拟电路有机地结合起来。

二、设计原理

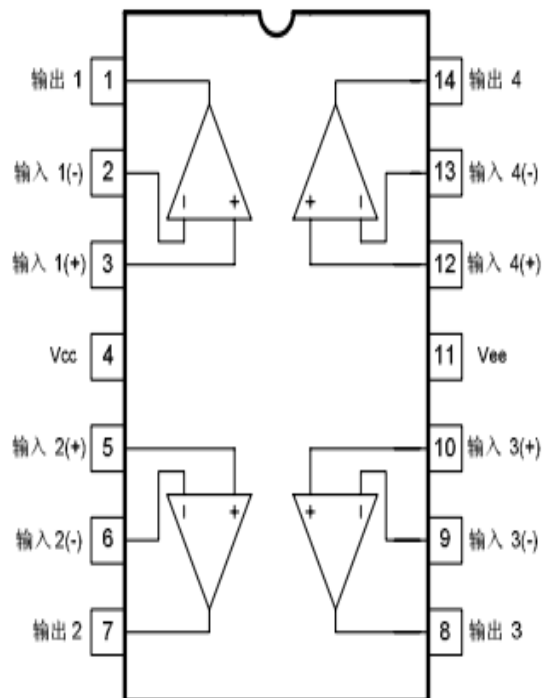
1、原理：

LM324 内部包括有四个独立的、高增益、内部频率补偿的运算放大器，适合于电源电压范围很宽的单电源使用，也适用于双电源工作模式，在推荐的工作条件下，电源电流与电源电压无关。它的使用范围包括传感放大器、直流增益模块和其他所有可用单电源供电的使用运算放大器的场合。

2、LM324 的特点：

- (1)内部频率补偿
- (2)直流电压增益高(约 100dB)
- (3)单位增益频带宽(约 1MHz)
- (4)电源电压范围宽：单电源(3—32V)、双电源(± 1.5 — ± 16 V)
- (5)低功耗电流，适合于电池供电
- (6)低输入偏流、低输入失调电压和失调电流
- (7)共模输入电压范围宽，包括接地
- (8)差模输入电压范围宽，等于电源电压范围
- (9)输出电压摆幅大(0 至 $V_{CC}-1.5V$)

3、LM324 引脚图



三、实验设备与器件

1、基本元件清单

Bill of Materials (From Document: circuit-all)

Quantity	Description	RefDes
2	OPAMP, LM324AD	U1, U2, U3, U4, U5, U6, U7
1	RESISTOR, 3.9kOhm 1%	R22
1	RESISTOR, 6.8kOhm 1%	R23
5	RESISTOR, 10kOhm 1%	R3, R8, R13, R, Rf, R17
1	RESISTOR, 47kOhm 1%	R5
1	RESISTOR, 51kOhm 1%	R7
2	RESISTOR, 100kOhm 1%	R6, R9
1	RESISTOR, 470Ohm 1%	R24
1	RESISTOR, 1kOhm 1%	R18
1	RESISTOR, 6.2kOhm 1%	R15
2	SWITCHING_DIODE, 1N4148	D1, D2
2	ZENER, 1N4735A	D3, D4
5	CAPACITOR, 0.1uF 2%	C1, C2, C3, C4, C5
1	POTENTIOMETER_RATED, 5kOhm	R4
7	POTENTIOMETER_RATED, 10kOhm	R1, R2, R10, R11, R16, R19, R20
2	POTENTIOMETER_RATED, 20kOhm	R12, R14

2、实验仪器

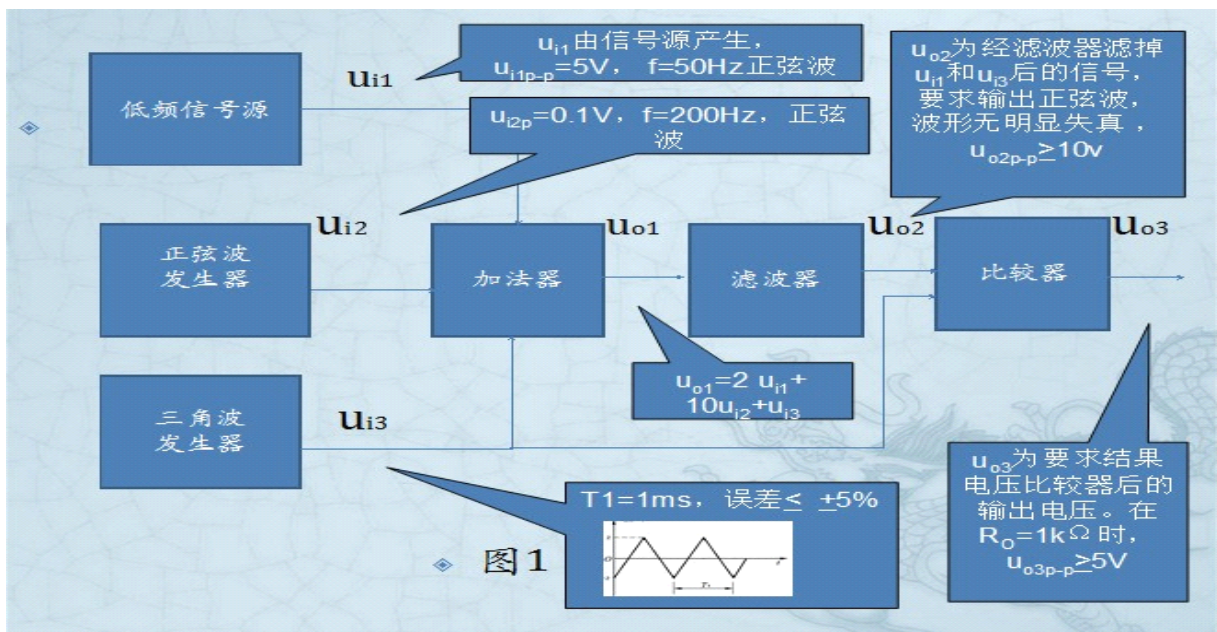
直流稳压电源、双踪示波器、数字万用表

四、设计要求

使用低频信号源产生 $u_{i1} = 2.5 \sin 2\pi f_1 t (\text{V})$, $f_1 = 50\text{Hz}$ 的正弦波信号, 加至加法器的第一个输入端, 加法器的第二个输入端加入由自制振荡器产生的信号 u_{i2} , $u_{i1} = 0.1 \sin 2\pi f_2 t (\text{V})$, $f_2 = 200\text{Hz}$ 的正弦波信号, 加法器的第三个输入端为 $T1=1\text{ms}$, 误差 $\leq \pm 5\%$, 幅度为 2V 的三角波。

加法器的输出为 $u_{o1} = 2u_{i1} + 10u_{i2} + u_{i3}$, u_{o2} 为经滤波器滤掉 u_{i1} 和 u_{i3} 后的信号, 要求输出正弦波, 波形无明显失真, $u_{o2\text{p-p}} > 10\text{V}$, u_{o3} 为要求结果电压比较器后的输出电压。在 $R_O = 1\text{k}\Omega$ 时, $u_{o3\text{p-p}} > 5\text{V}$

电源只能选用 $\pm 12\text{V}$ 电源, 由稳压电源供给。不得使用额外电源和其它型号运算放大器。要求预留 u_{i1} 、 u_{i2} 、 u_{o1} 、 u_{o2} 和 u_{o3} 的测试端子。



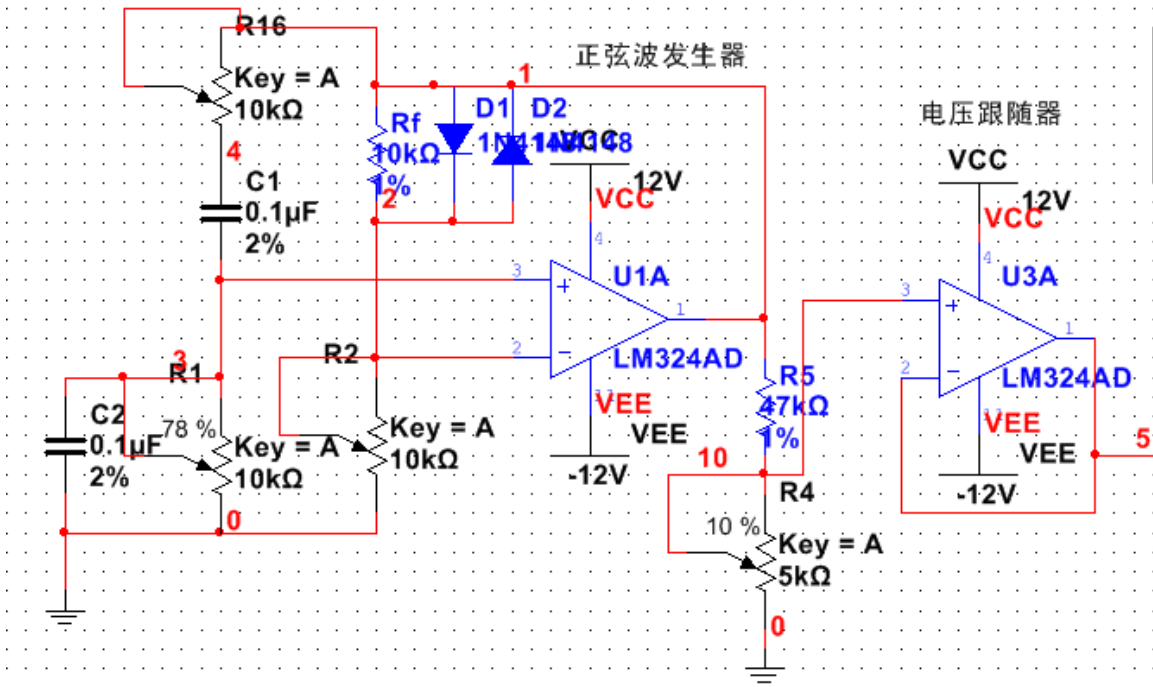
五、设计细节

1、正弦波发生器：

利用文氏桥正弦振荡电路完成，其中 $R1=R16=7.98K$, $C1=C2=0.1\mu F$, 则振荡器的中心频率为：

$$f = \frac{1}{2\pi R C} = \frac{1}{2\pi \times 7.98 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}} = 200Hz$$

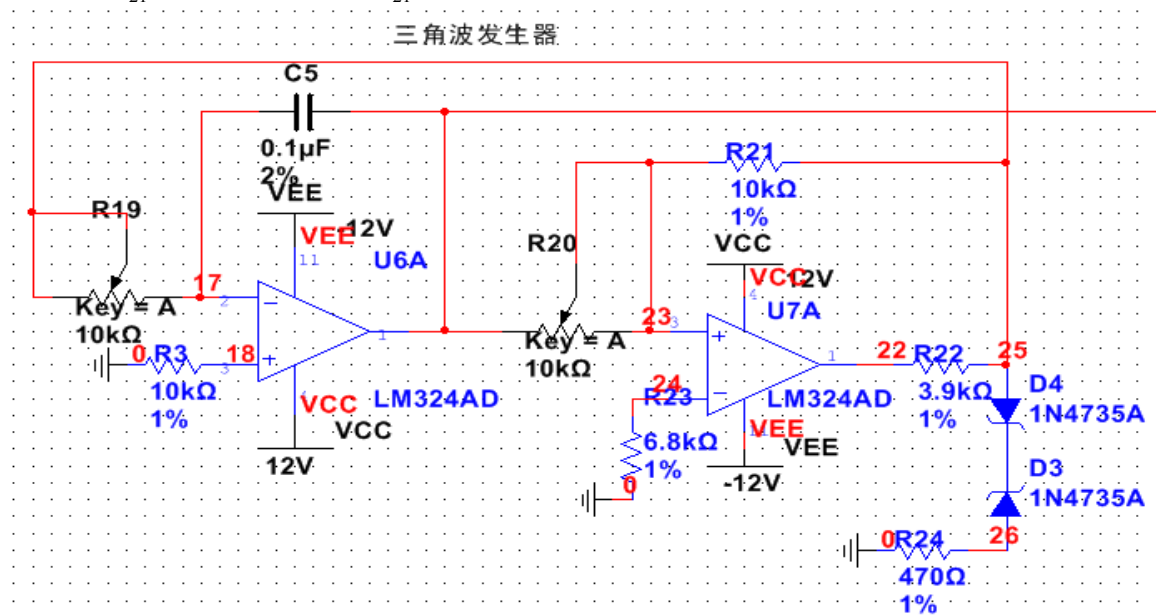
振荡器的输出接一电阻分压电路，使输出电压幅度达到要求的 0.1V，其输出接一个跟随器，以减少后面子系统对正弦波的影响。通过滑动变阻器 R2 加速自激过程。通过 R1 和 R16 调节振荡频率。



2、三角波发生器

利用 U7A 先生成矩形波，然后利用 RC 积分电路产生三角波。输出

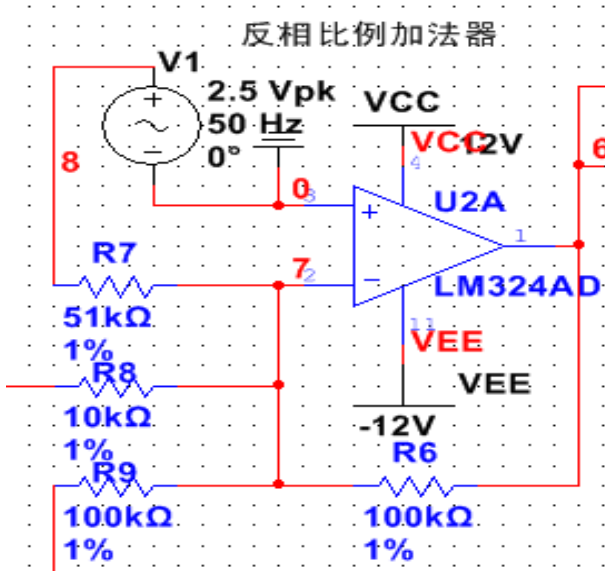
$$T = \frac{4R_{19}R_{20}C_5}{R_{21}} = 1ms \quad u_{o1} = \frac{R_{20}}{R_{21}}(U_Z + U_D) = 2V \text{ 选用 } C_5 = 0.1\mu F$$



3、加法器

采用反相比例加法器的形式，便于控制比例与减少元器件数目。三个输入端连接反相输入端，加法器各输入端的增益由各个电阻控制，分别为

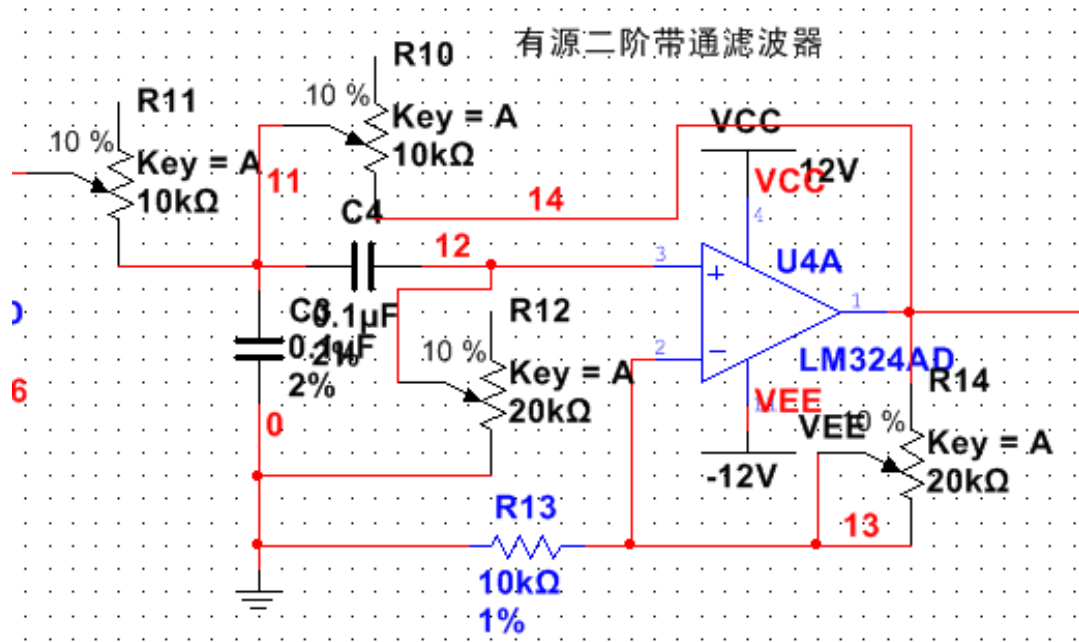
$$G_1 = \frac{R_6}{R_7} = 2, \quad G_2 = \frac{R_6}{R_8} = 10, \quad G_3 = \frac{R_6}{R_9} = 1$$



4、滤波器

滤波器采用二阶有源带通滤波器，中心频率为 $f = \frac{1}{2\pi RC}$,

输出增益为: $A_u = \frac{A_{vf}}{3 - A_{vf}}$

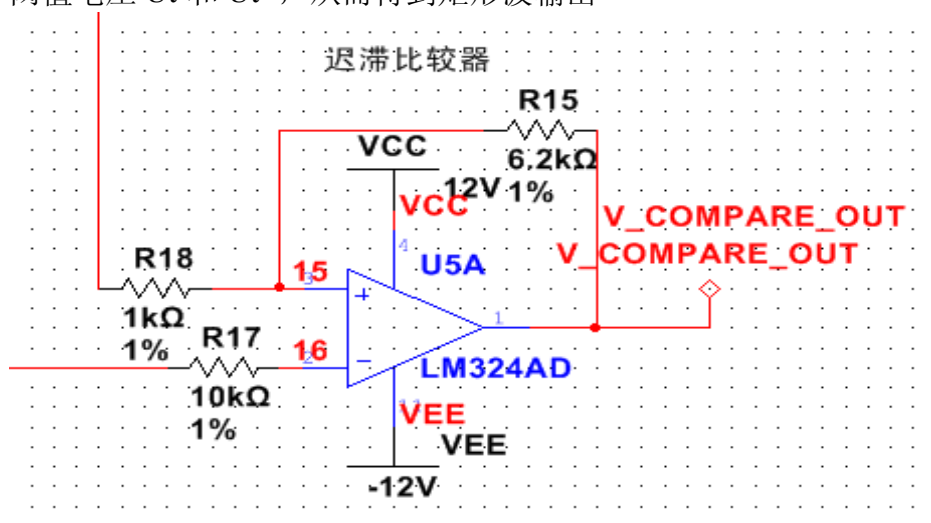


5、比较器

- (1)写出 U_p 、 U_n 的表达式，令 $U_p = U_n$ ，求解出的 U_i 即为 U_t ;
- (2)根据输出端限幅电路决定输出的高、低电平;
- (3)根据输入电压作用于同相输入端还是反相输入端决定输出电压的跃变方

向

(a) $U_p > U_n$ 时, $U_o = +U_{om}$ (b) $U_p < U_n$ 时, $U_o = -U_{om}$ 由于设计中有两个阈值电压 U_{t-} 和 U_{t+} , 从而得到矩形波输出

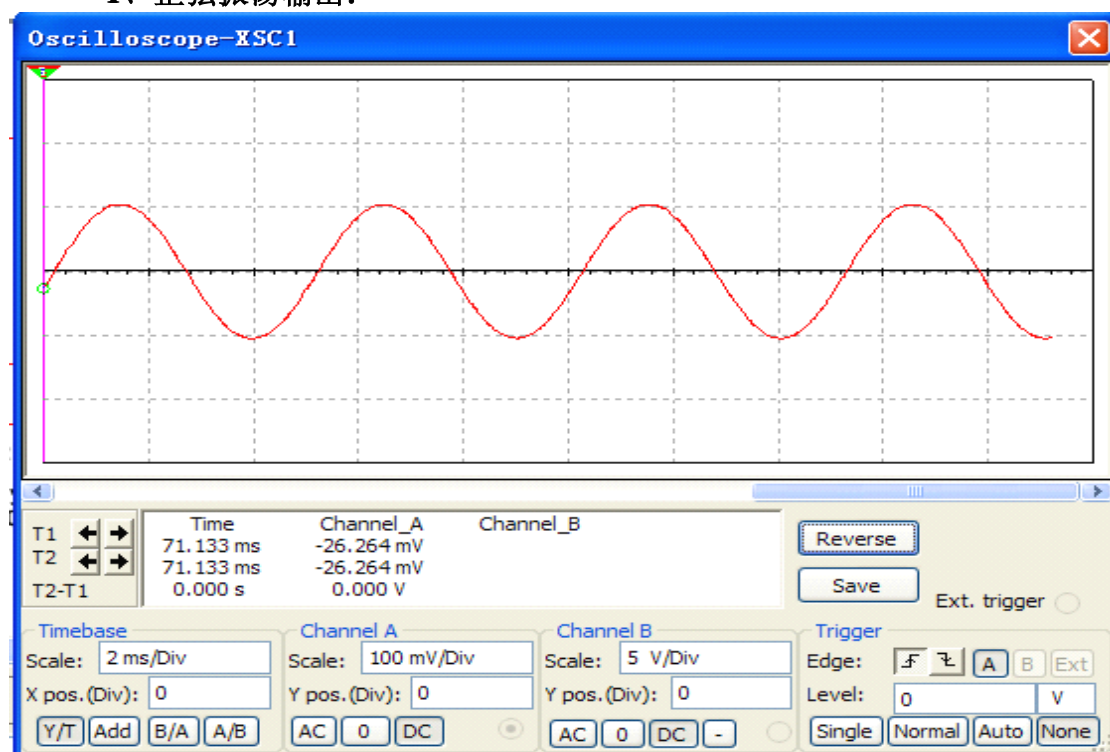


六、设计完整图

将各个模块连接起来, 构成了完整的电路图。进行系统仿真。详见附录。

七、仿真结果:

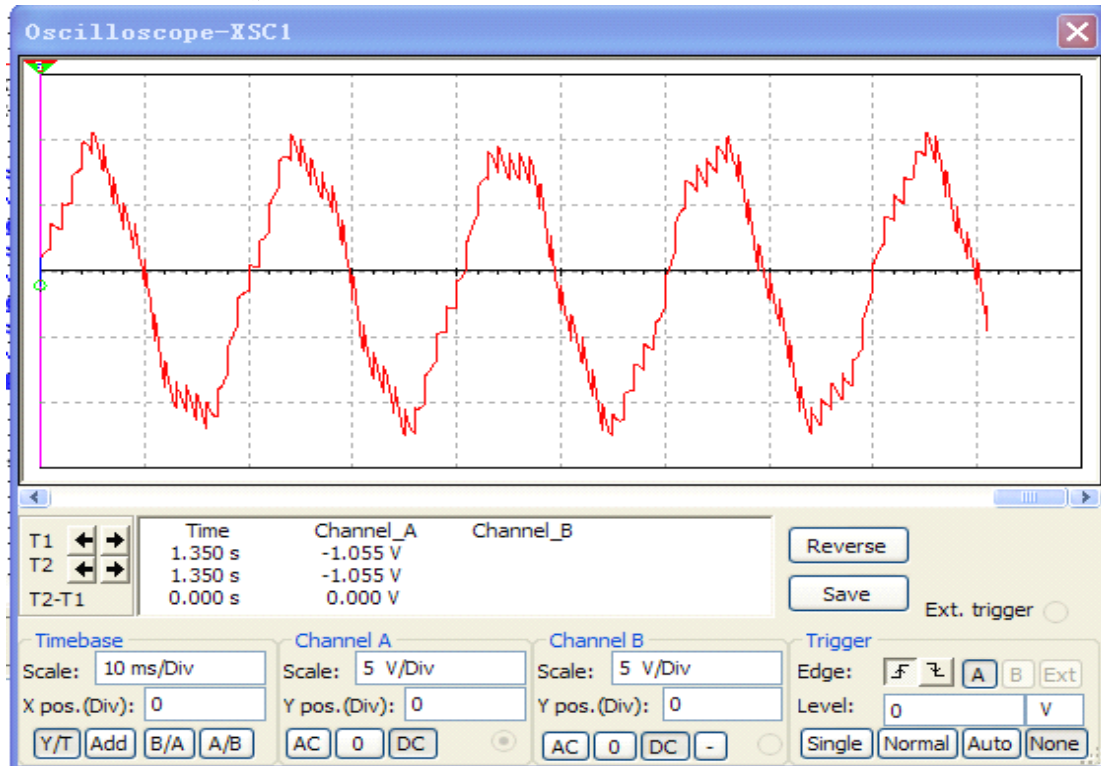
1、正弦振荡输出:



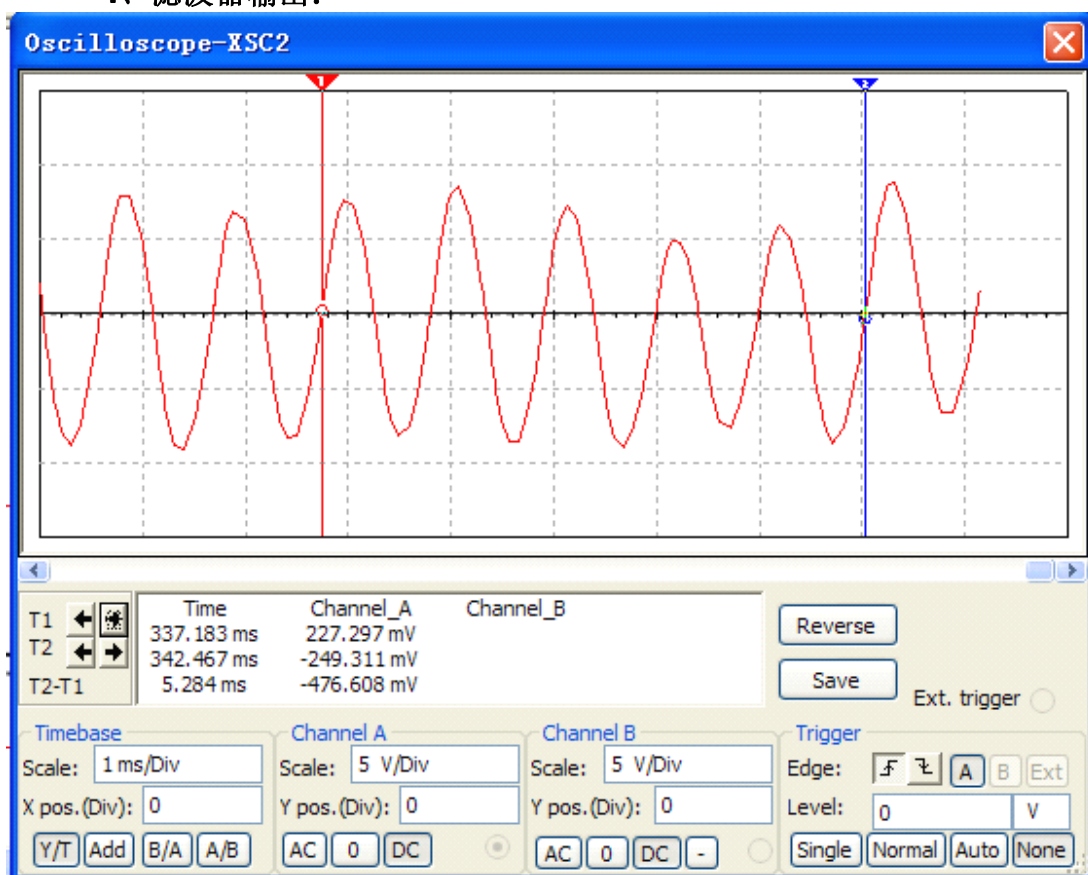
2、三角波发生器输出:



3、加法器输出:



4、滤波器输出:



5、比较器输出:

