



模拟电子技术大型实验

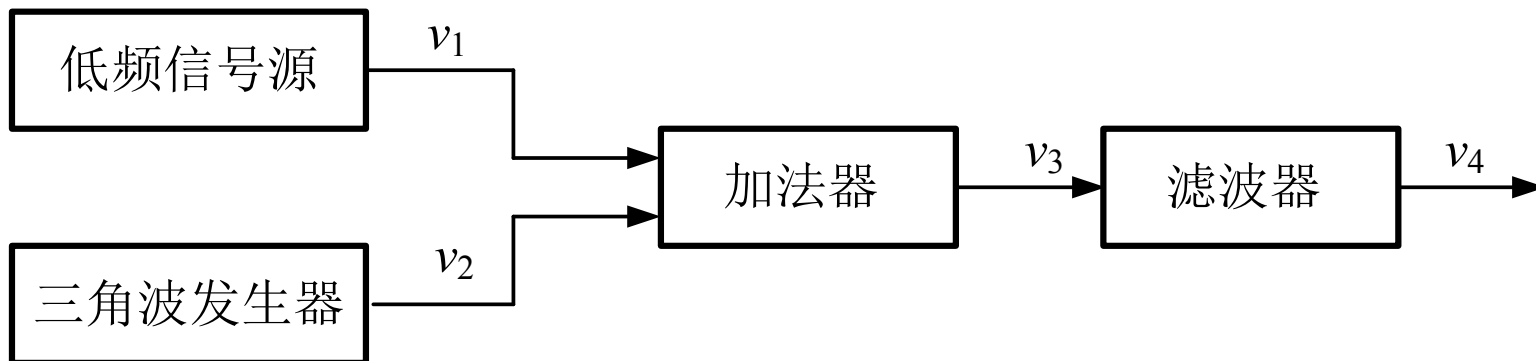
集成运算放大器的应用

贾立新

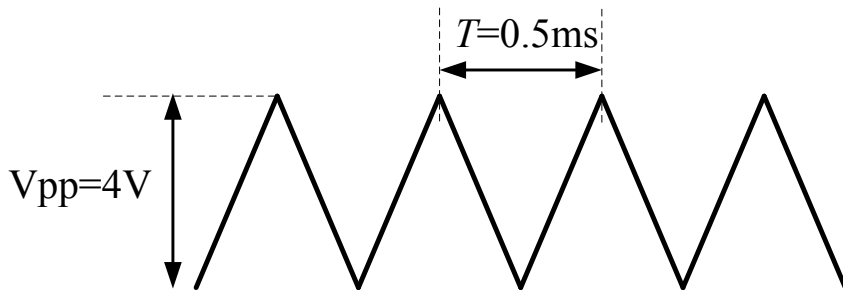


1 设计题目

使用一片四运放芯片LM324实现如图1所示电路。



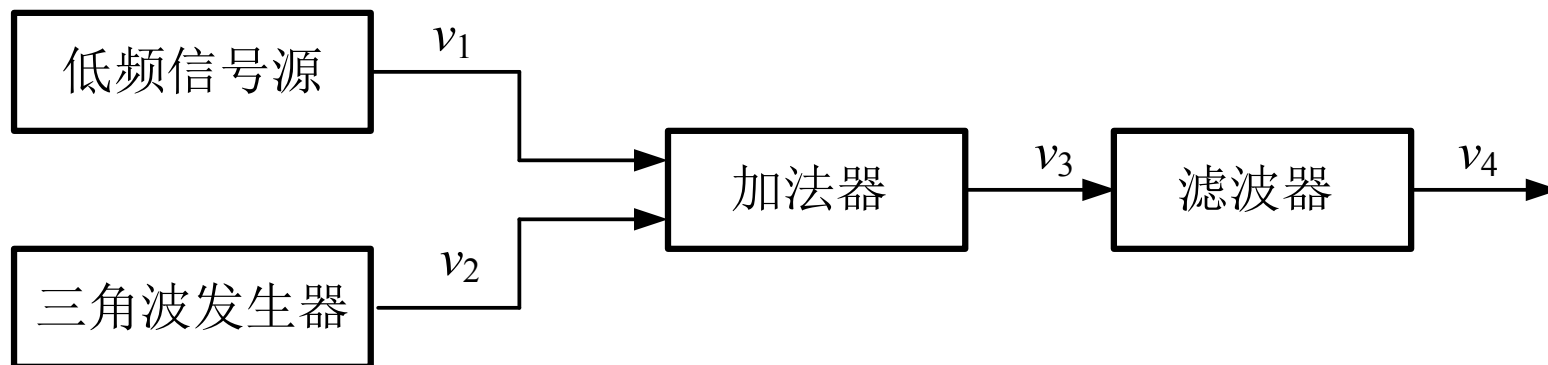
(1) 设计三角波发生器产生如图2所示的信号 v_2 。





1 设计题目

使用一片四运放芯片LM324实现如图1所示电路。



(2) 使用低频信号发生器产生 $v_1=0.1\sin 1000\pi t$ (V) 的正弦波信号，通过加法器实现输出电压 $v_3=10v_1+v_2$ ，

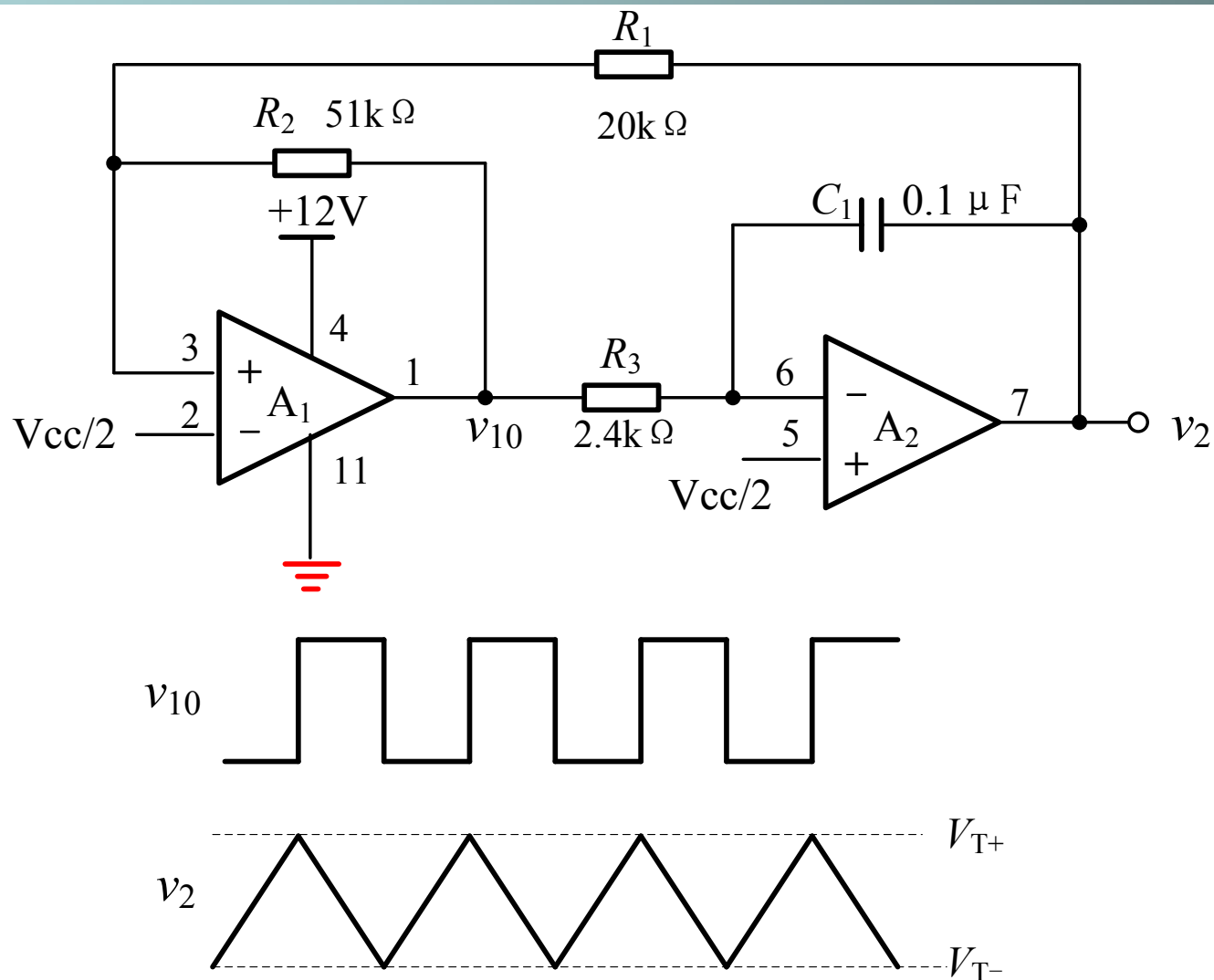
(3) 设计滤波器滤除 v_2 频率分量，选出500Hz正弦信号，要求正弦信号峰-峰值等于9V，用示波器观测无明显失真。

(4) 电源只能采用+12V单电源。要求预留 v_1 、 v_2 、 v_3 、 v_4 的测试端口。



2 三角波发生器设计与仿真

(1) 电路原理

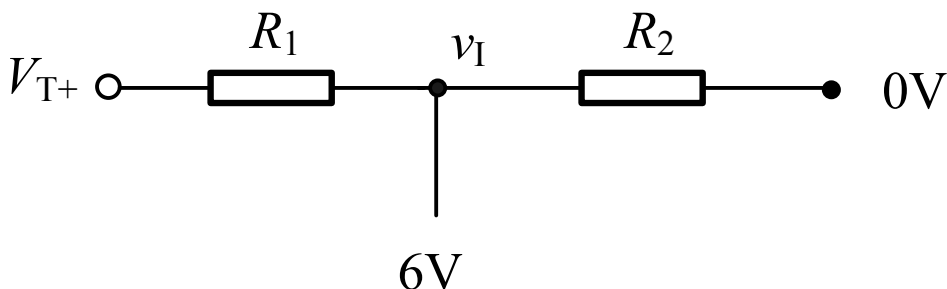
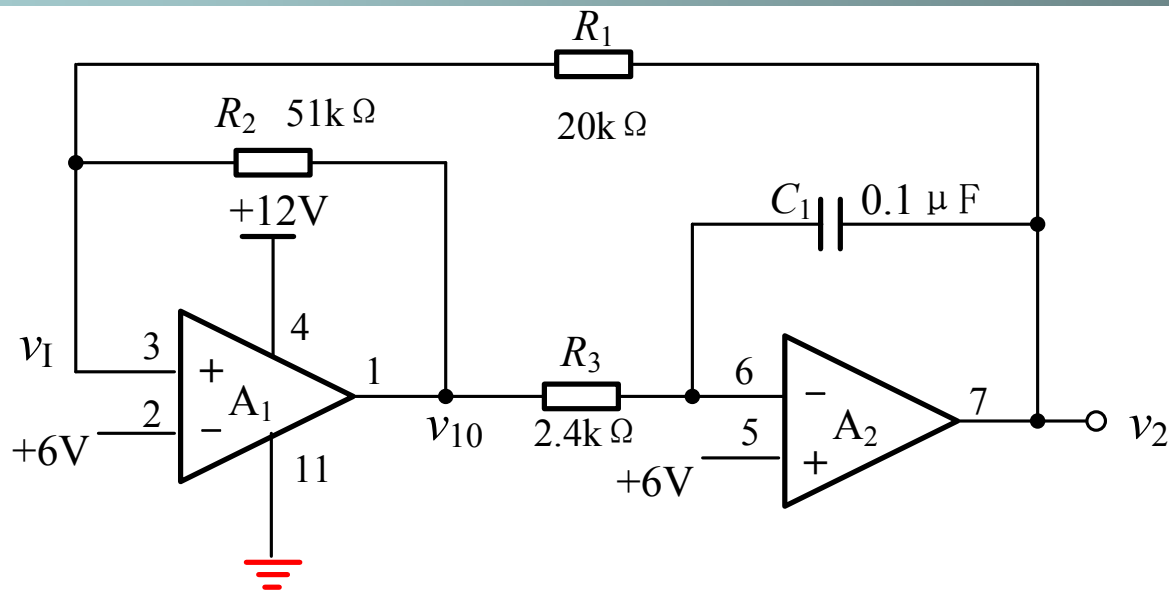




2 三角波发生器设计与仿真

(2) 参数计算

当 v_{10} 为0V, v_2 增加到使 A_1 的同相输入端电压 v_I 等于+6V时的值为 V_{T+} 。



$$\frac{V_{T+} - 0V}{R_1 + R_2} \times R_2 = 6V$$

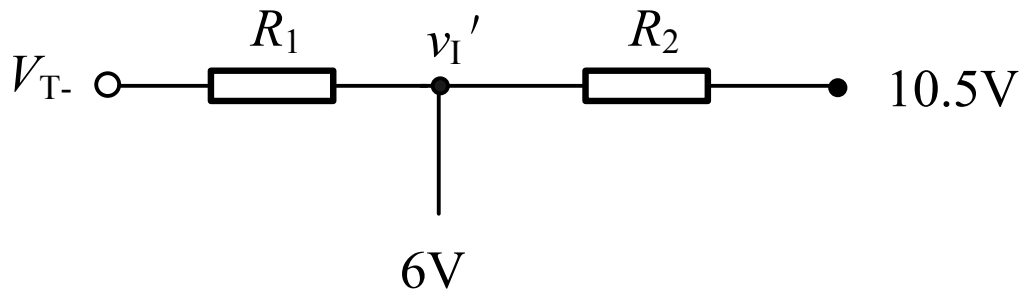
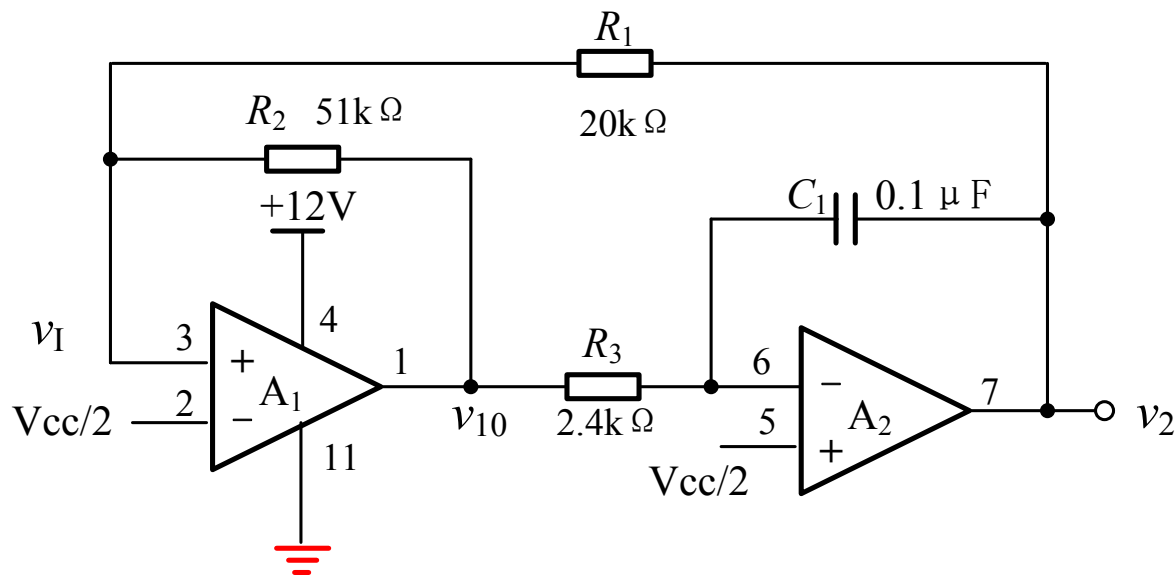
$$V_{T+} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times 6V$$



2 三角波发生器设计与仿真

(2) 参数计算

当 v_{10} 为10.5V, v_2 减少到使运放 A_1 的同相输入端电压 v_I 为+6V时的值为 V_{T-} 。



$$\frac{V_{T-} - 10.5V}{R_1 + R_2} \times R_2 + 10.5V = 6V$$

$$V_{T-} = 10.5V - \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times 4.5V$$



2 三角波发生器设计与仿真

(2) 参数计算

三角波 v_2 的峰峰值 $V_{pp} = V_{T_+} - V_{T_-} = \frac{R_1}{R_2} \times 10.5V$

三角波的周期为积分电路充电和放电时间之和：

$$T = T_1 + T_2 = \frac{CV_{PP}}{i_1} + \frac{CV_{PP}}{i_2} = \left(\frac{R_3}{10.5 - 6} + \frac{R_3}{6} \right) \times CV_{PP} = \frac{49}{12} \times \frac{CR_1 R_3}{R_2}$$

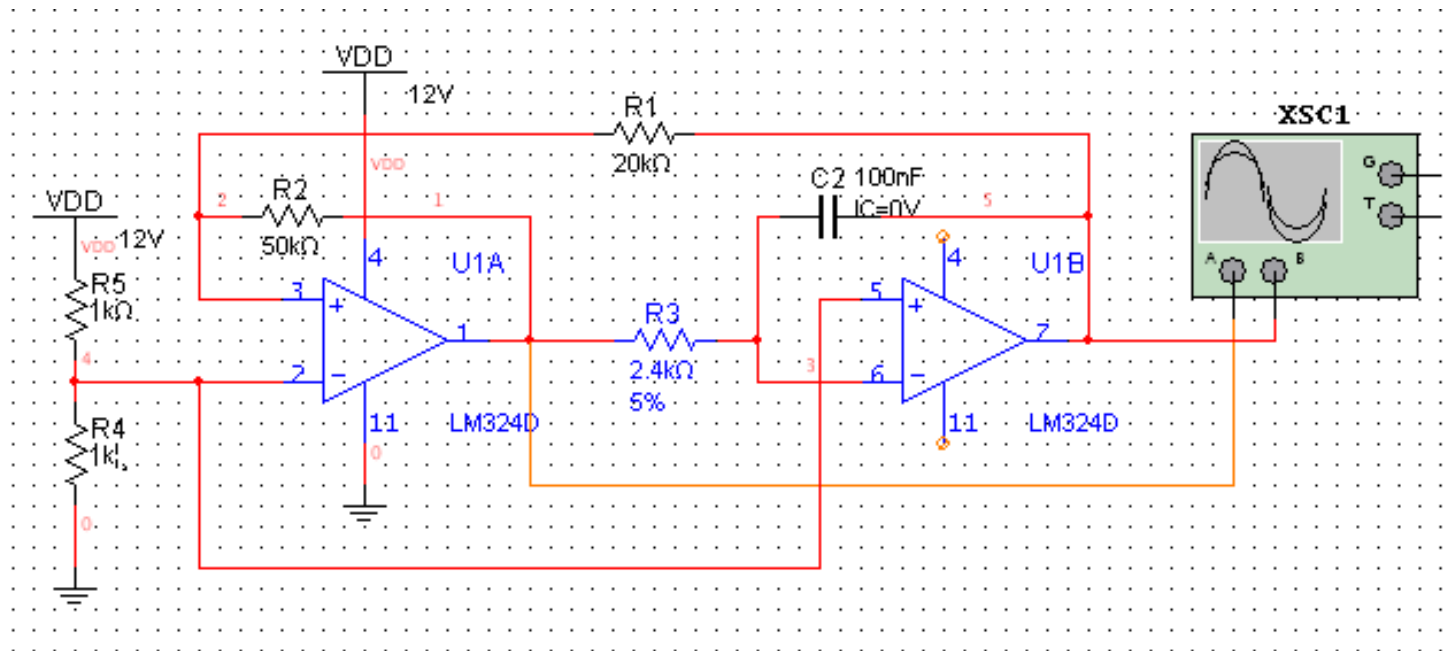
取 $C=0.1\mu F$ ， $R_1=20k\Omega$ ，根据上述两式得到：

$$R_3 = \frac{3R_2}{16f CR_1} = 2.46k\Omega \quad R_2 = 52.5k\Omega$$



2 三角波发生器设计与仿真

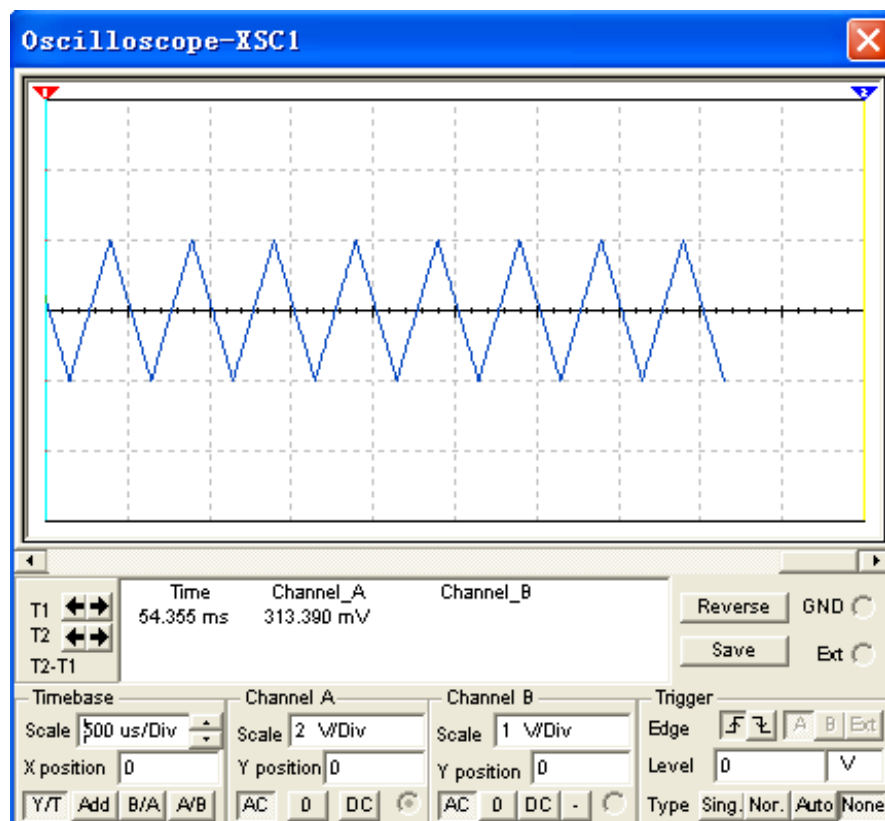
(3) 仿真





2 三角波发生器设计与仿真

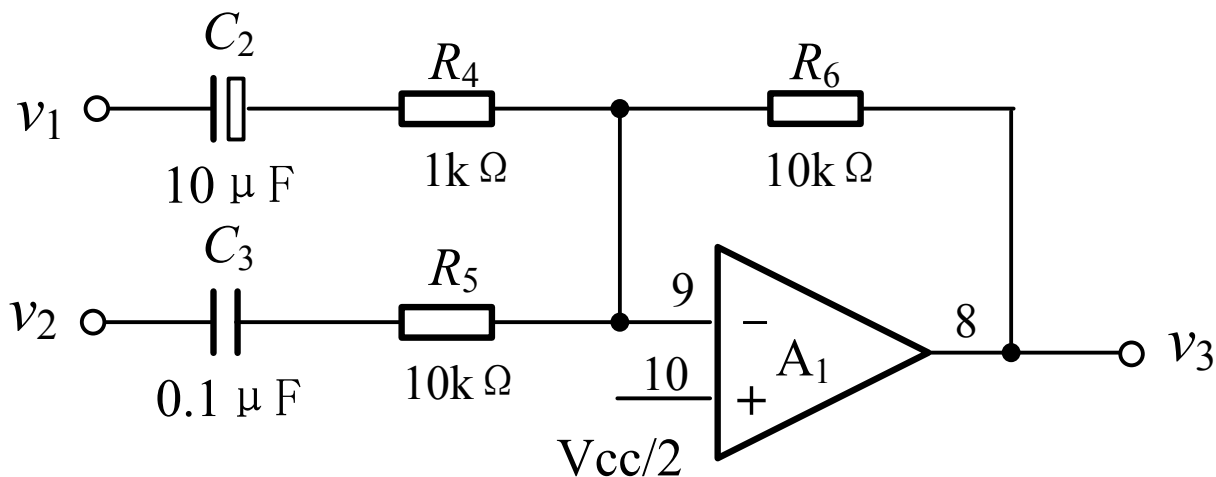
(3) 仿真





3 加法器电路设计与仿真

(1) 电路原理

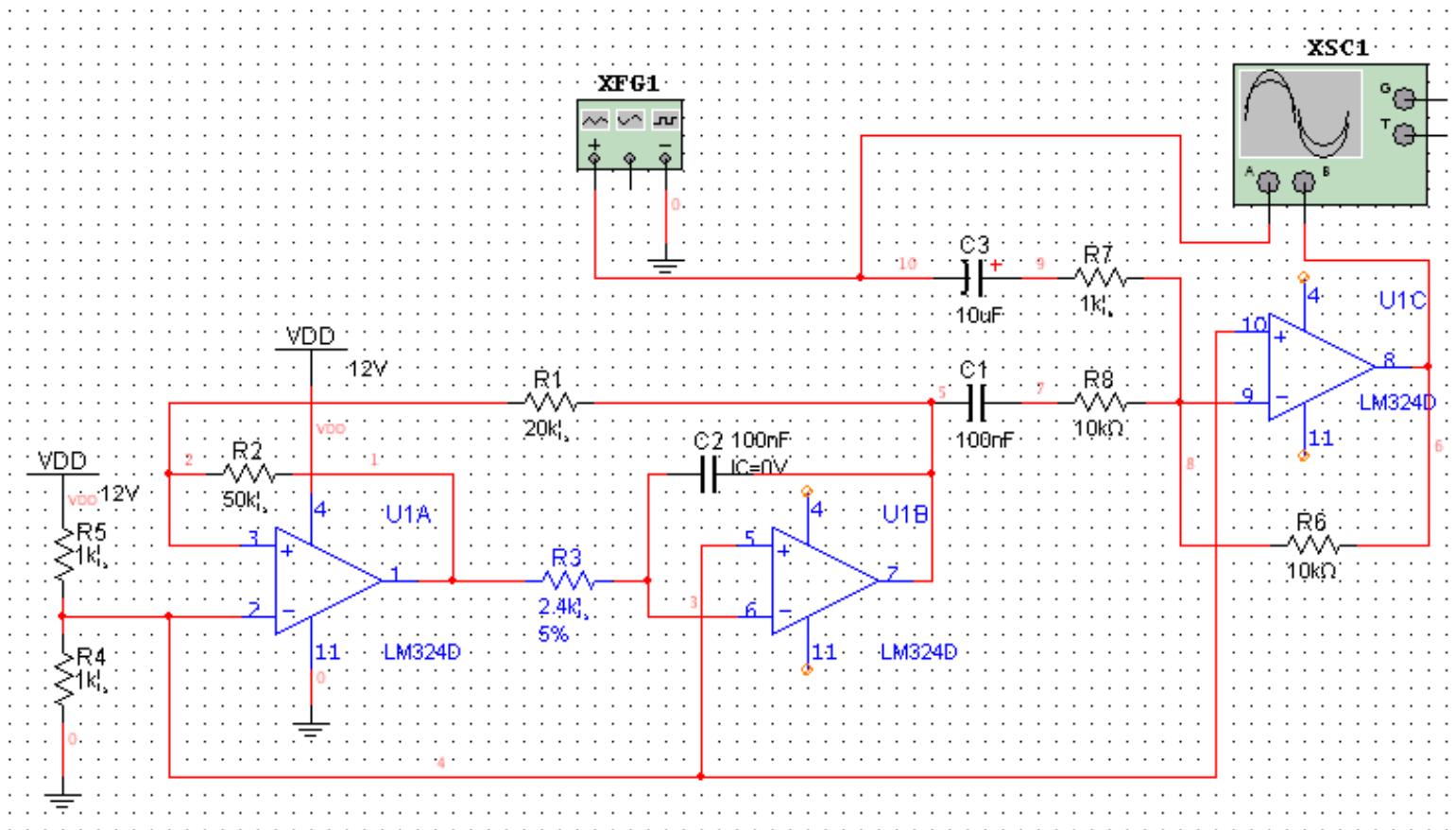


根据题目要求, $v_3=10v_1+v_2$, 加法电路的电阻选取如下:
 $R_4=10k\Omega$, $R_5=1k\Omega$, $R_6=10k\Omega$ 。



3 加法器电路设计与仿真

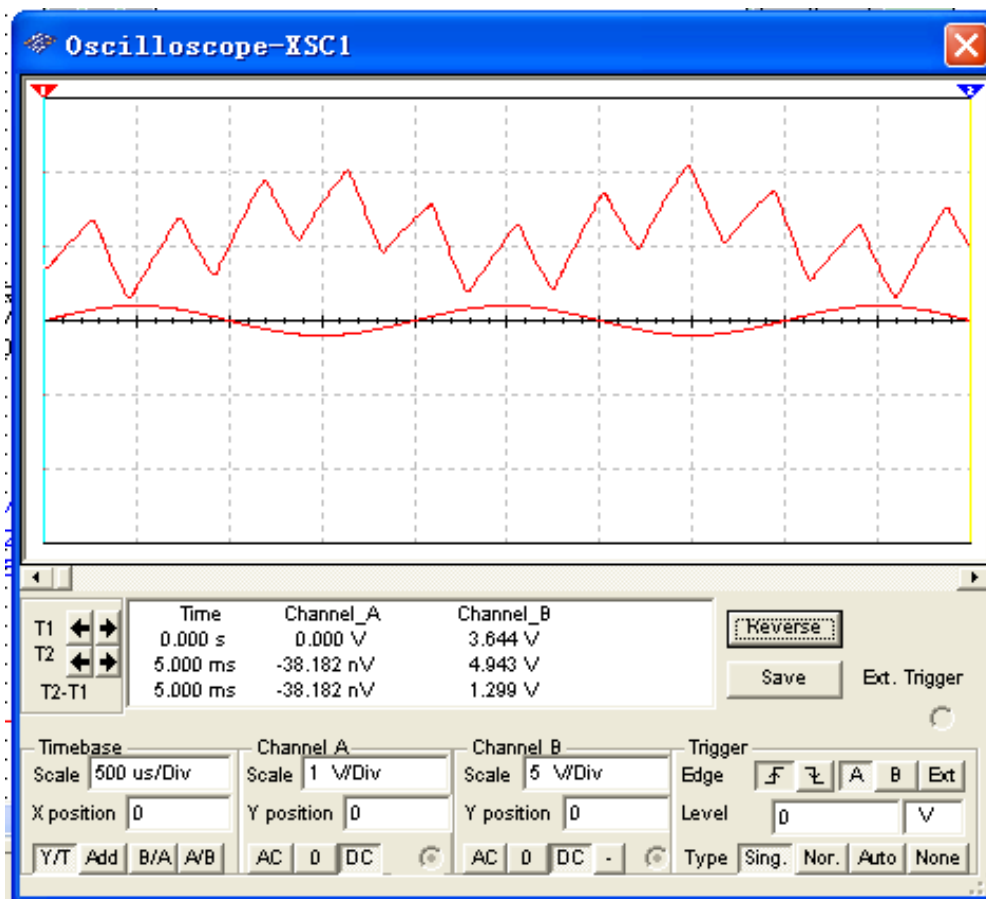
(2) 电路仿真





3 加法器电路设计与仿真

(2) 电路仿真

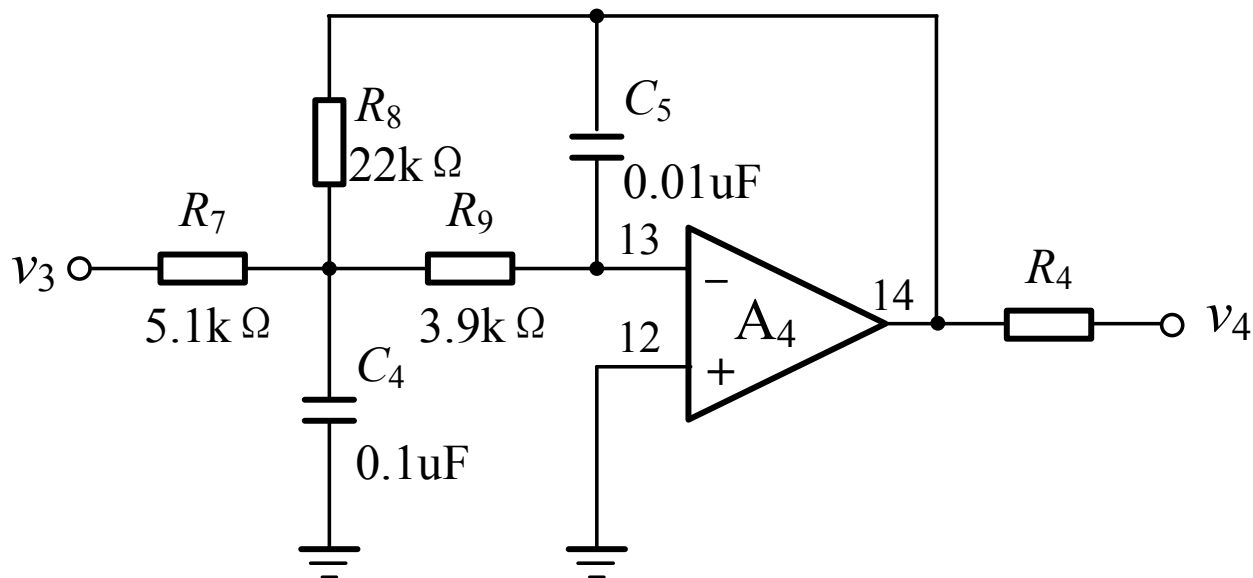




4 滤波器设计与仿真

(1) 电路原理

采用低通滤波器，截止频率选500Hz，为了使正弦信号的峰峰值达到9伏，增益选为4.5。 Q 选0.707。





4 滤波器设计与仿真

(2) 参数计算

选 $C_5=0.01\mu\text{F}$

$$R_0 = \frac{1}{2\pi f_H C_5} = \frac{1}{2\pi \times 500 \times 0.01 \times 10^{-6}} = 31.8\text{k}\Omega$$

$$C_4=4Q^2 (1+A_0) \quad C_5=4 \times 0.707^2 \times 5.5 \times 0.01=0.11\mu\text{F}$$

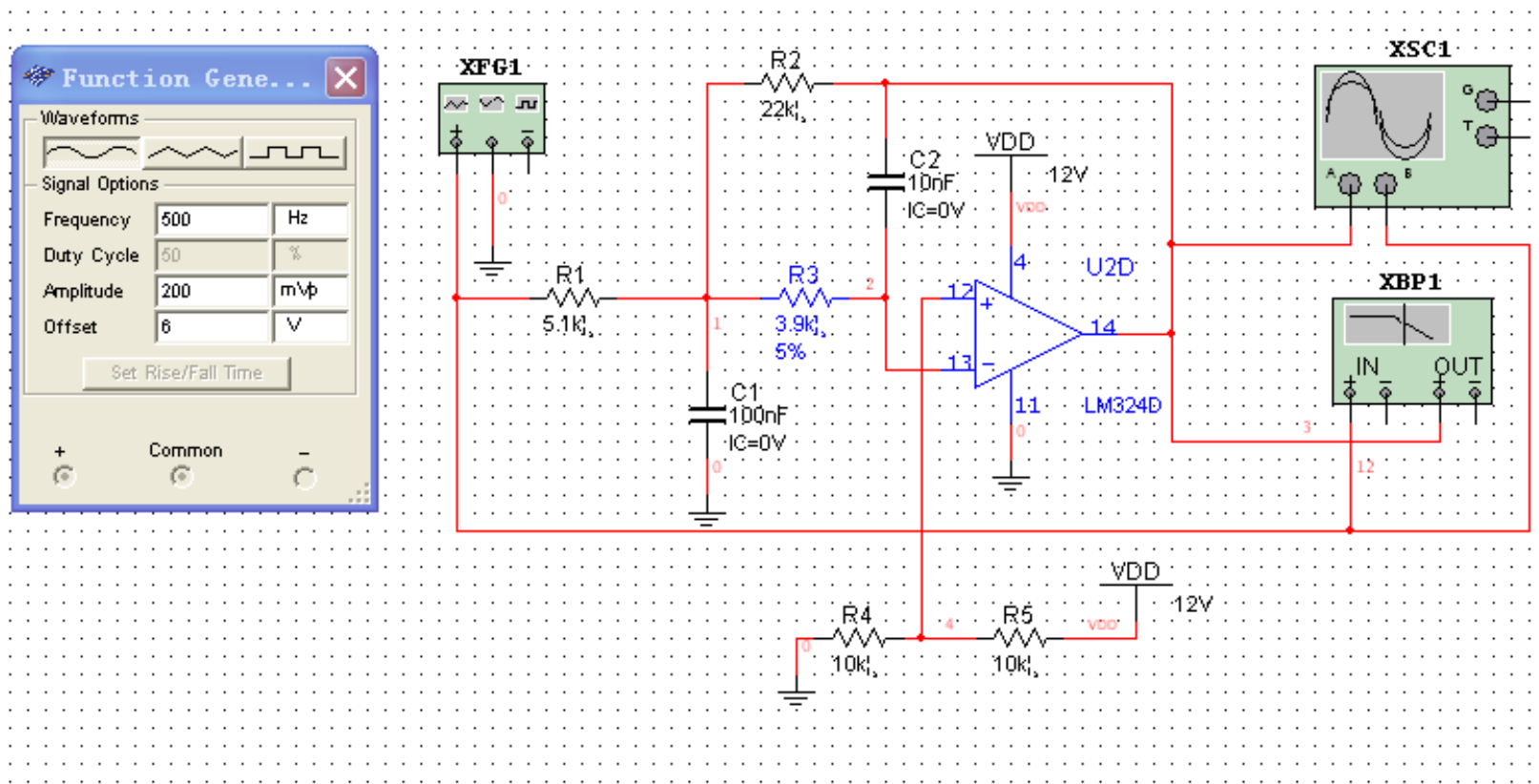
$$R_7 = \frac{R_0}{2QA_0} = \frac{31.8}{2 \times 0.707 \times 4.5} = 4.99\text{k}\Omega$$

$$R_9 = \frac{R_0}{2Q(1+A_0)} = \frac{31.8}{2 \times 0.707 \times 5.5} = 4.1\text{k}\Omega$$



4 滤波器设计与仿真

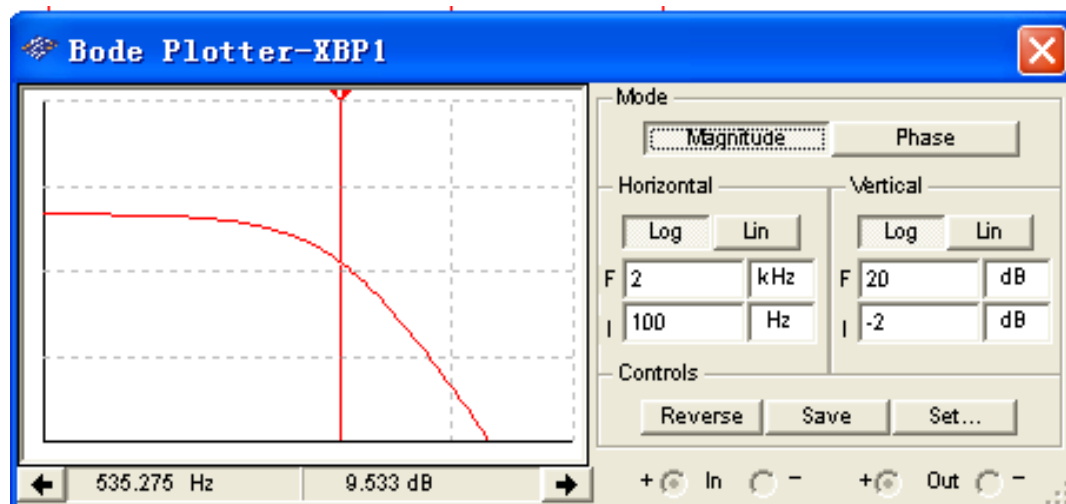
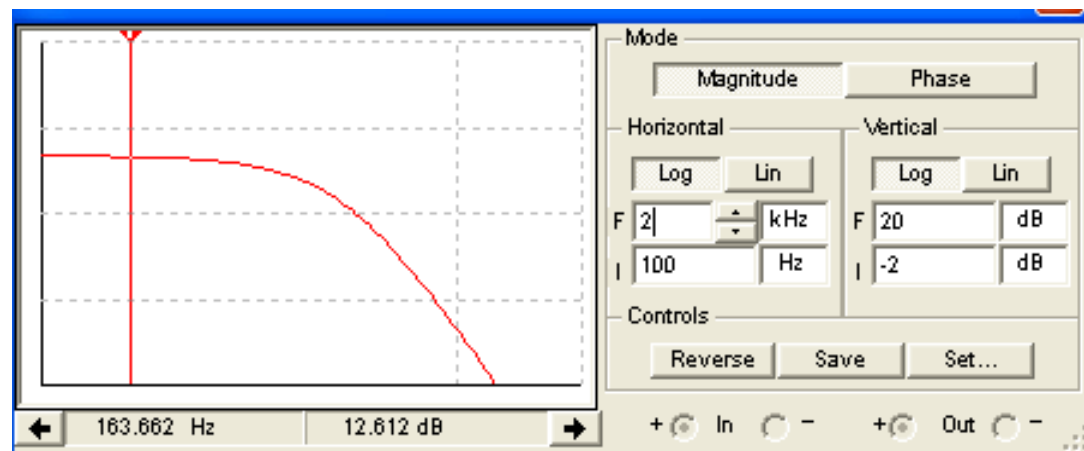
(3) 仿真





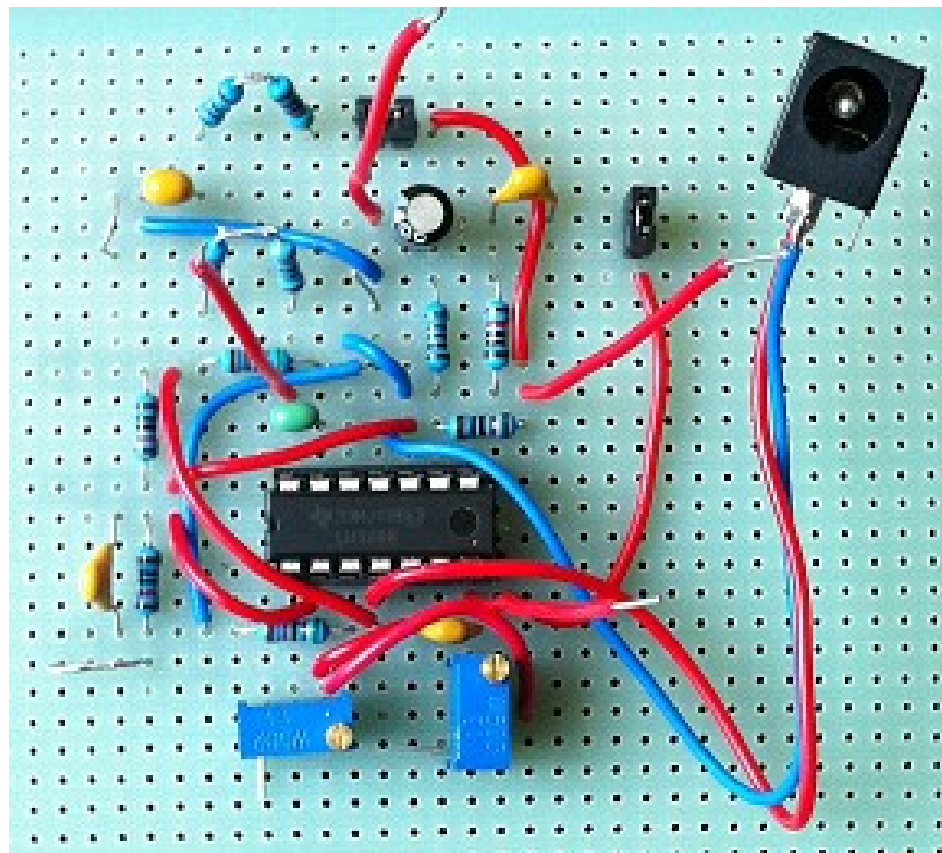
4 滤波器设计与仿真

(3) 仿真





5 电路调试





5 电路调试

2.测试结果记录:

(1) 三角波发生器测试结果

三角波波形（可以拍照），
峰峰值_____V； 频率_____Hz。

(2) 加法器测试

加法器输出波形（可以拍照），
只加正弦波时，输入峰峰值，输出峰峰值
只加三角波，输入峰峰值，输出峰峰值。



5 电路调试

(3) 滤波器测试

滤波器幅频特性测试

f/kHz	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
v_{OPP}/V									
f/kHz	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
v_{OPP}/V									