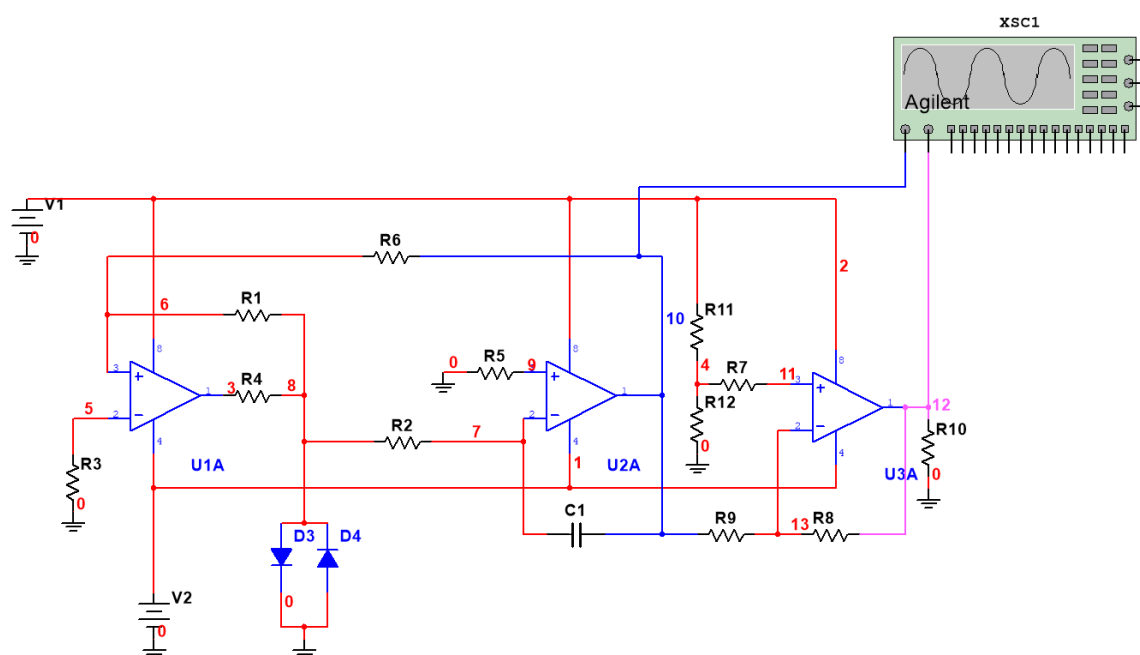


实验 3——三角波产生电路（运放应用电路）

姓名：钟源 学号：04022212 得分：_____

设计题：使用集成运放和其它必要的元器件，设计一个三角波产生电路，其峰峰值为 3V（允许 $\pm 5\%$ 误差），周期 5mS（允许 $\pm 5\%$ 误差），且最低电平高于 0V。（使用集成运放采用 $\pm 5V$ 直流电源）。电路结构可以参考下图。



实验任务：

1. 写出设计思路，特别是如何保证峰峰值、振荡周期与最低电平值；
2. 请在面包板上完成实验电路，用示波器测量输出三角波的频率、峰峰值（提供实验电路照片和示波器测试波形截图）。

1.设计思路：

（1）理论计算：

取 $V_{oc} = 5V$, $V_{om} = 0.7V$

(1) 方波发生器:

$$V_{OH} = V_{D(max)} = 0.7V, V_{OL} = -V_{D(max)} = -0.7V$$

对于 A_1 ,
$$\begin{cases} V_- = 0 \\ V_+ = V_{O1} \frac{R_1}{R_1 + R_6} + V_{O2} \frac{R_1}{R_1 + R_6} \end{cases}$$

故而下门限为 $V_{IL} = -\frac{R_1}{R_1} V_{OH} = -\frac{R_1}{R_1} V_{D(max)}$

上门限为 $V_{IH} = -\frac{R_1}{R_1} V_{OL} = -\frac{R_1}{R_1} V_{D(min)}$

(2) 积分电路:

对于 A_2 , 由“虚断”和“虚短”, $i_c = \frac{V_{O1}}{R_2}$

$$故 V_{O2} = -\frac{1}{R_2 C_1} \int_0^t V_{O1} dt'$$

可见 $V_{O1} = V_{OH} > 0$ 时, V_{O2} 减小; $V_{O1} = V_{OL} < 0$ 时, V_{O2} 增大.

$$故 V_{O2(max)} = V_{IH}, V_{O2(min)} = V_{IL}, 所以 V_{O2(pp)} = \frac{2R_1}{R_1} V_{D(max)}$$

前半周期中, 有 $V_{O2} = -\frac{V_{O1} t}{R_2 C_1}$

$$取 t = \frac{T}{2}, 有 \frac{2R_1}{R_1} V_{D(max)} = \frac{T}{2} \cdot \frac{1}{R_2 C_1} V_{D(max)} \Rightarrow T = \frac{4R_1 R_2 C_1}{R_1}$$

(3) 减法器:

$$V_{O2} = \left(1 + \frac{R_2}{R_9}\right) \cdot \frac{R_0}{R_1 + R_0} V_{O1} - \frac{R_2}{R_9} V_{O2}$$

$$故 V_{O2(pp)} = 2 \cdot \frac{R_2}{R_9} V_{O2} = 2 \cdot \frac{R_2}{R_9} \cdot \frac{R_0}{R_1} V_{D(max)}$$

$$V_{O2(pp)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_9}\right) \cdot \frac{R_0}{R_1 + R_0} V_{O1}$$

(4) 确定参数:

$$\text{令 } \begin{cases} T = \frac{4R_1 R_2 C_1}{R_1} = 5 \times 10^{-3} s \\ V_{O2(pp)} = \frac{2R_2}{R_9} \cdot \frac{R_0}{R_1} \cdot (0.7V) = 3V \\ V_{O1(pp)} = \left(1 + \frac{R_2}{R_9}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_0}{R_1}\right) \cdot (5V) \geq 1.5V \end{cases}$$

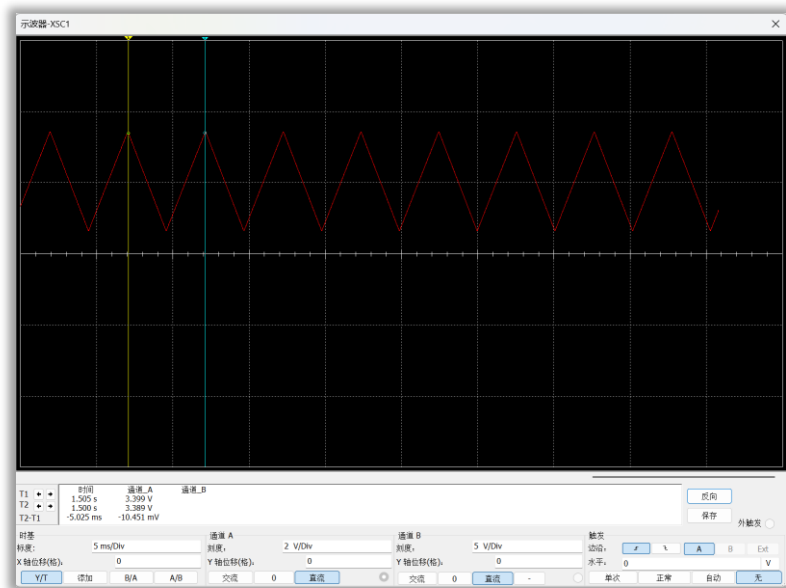
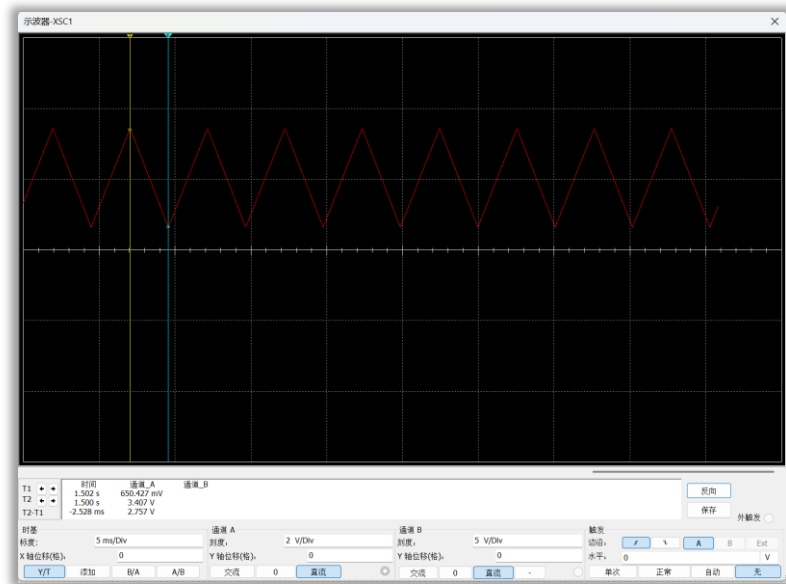
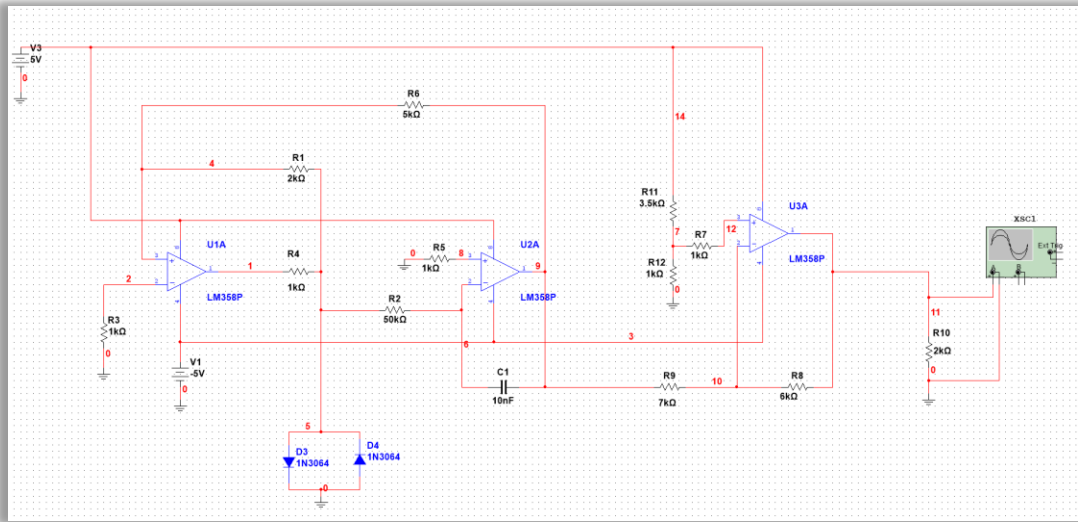
$$\text{可得 } \frac{R_1}{R_2} = \frac{5}{2}, \frac{R_2}{R_9} = \frac{3}{0.7 \times 2} \left(\frac{R_0}{R_1}\right)^2 = \frac{6}{7}, \frac{R_0}{R_1} = \frac{7}{2}, R_1 C_1 = 5 \times 10^{-4}$$

$$\text{选定 } C_1 = 10 \mu F, R_1 = 2k\Omega, R_2 = 5k\Omega, R_3 = 50k\Omega,$$

$$R_4 = 6k\Omega, R_5 = 7k\Omega,$$

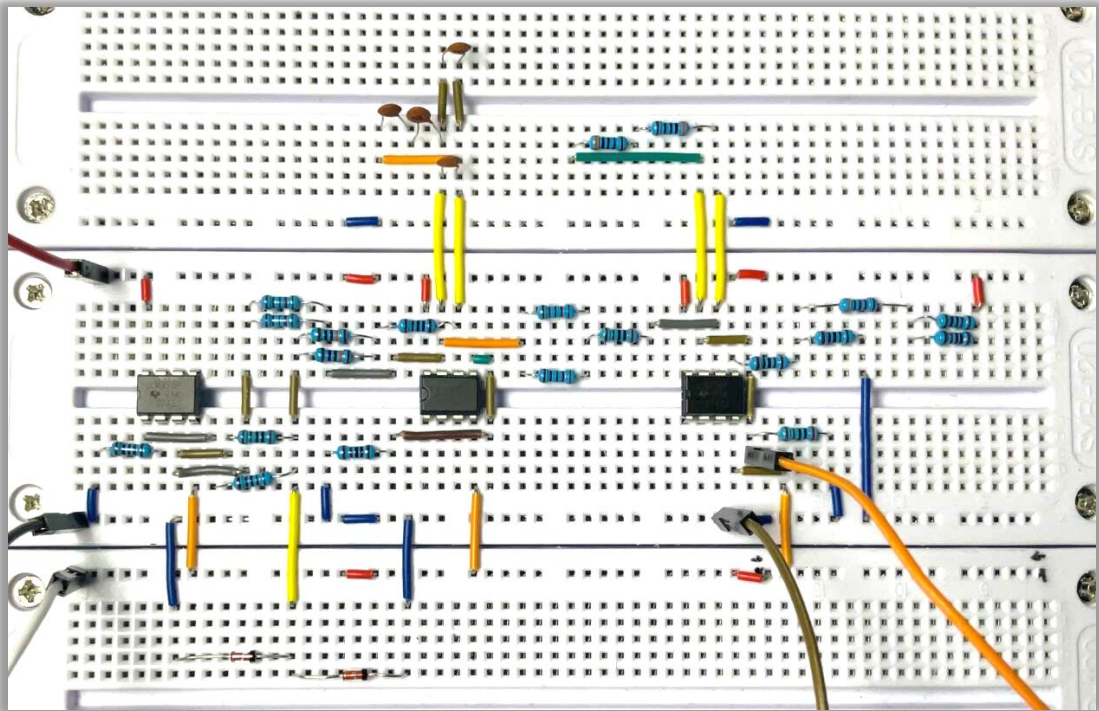
$$R_6 = 35k\Omega, R_7 = 1k\Omega.$$

(2) 仿真结果:



2.实验结果:

(1) 电路照片:



(2) 测量结果:

