

杭州电子科技大学

实 验 报 告

实 验 课 程 名 称	模拟电路与系统实验
实 验 内 容	波形产生电路
班 级	23186011
姓 名	蒋伟
学 号	23060317
指 导 教 师	刘圆圆

一、 综合设计实验选题：波形产生电路。

二、 系统原理和方案设计

1. 方案选择

最初采用方波发生器产生方波，然后通过一个反向积分电路将方波转化为三角波，最后三角波通过一个一阶低通有源滤波器被转化为正弦波。从而完成方波，三角波，正弦波产生电路。最后将积分器改为了米勒积分器。

2. 电路参数确定

①频率理论分析和计算：

方波发生器的理论频率：注（ f_2 , T_2 为初版的仿真图的值）

$$T = 2\pi RC \ln(1 + R_2/R_1)$$

其中 $R = 5.1K$, $R_1 = 5.1K$, $R_2 = 10k$

$$f = 1/T = 139 \text{ Hz}, f_2 = 1/T = 144 \text{ Hz}$$

$$T = 7.111 \text{ ms}, T_2 = 6.93 \text{ ms};$$

通过反向积分器和滤波器并不改变频率；

三角波发生器的理论频率： $f = 1/T = 139 \text{ Hz}$

正弦波发生器的理论频率： $f = 1/T = 139 \text{ Hz}$

②电压理论计算

方波发生器电压：由稳压二极管的 V_Z 决定，仿真使用两个齐纳二极管型号为 1N2804，所以幅值大概在 7.1V；

米勒积分电路电压：

$$V(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t V(t) dt$$

$$V_{max} = -\frac{1}{RC} \cdot V_{max} \cdot \frac{T}{2}$$

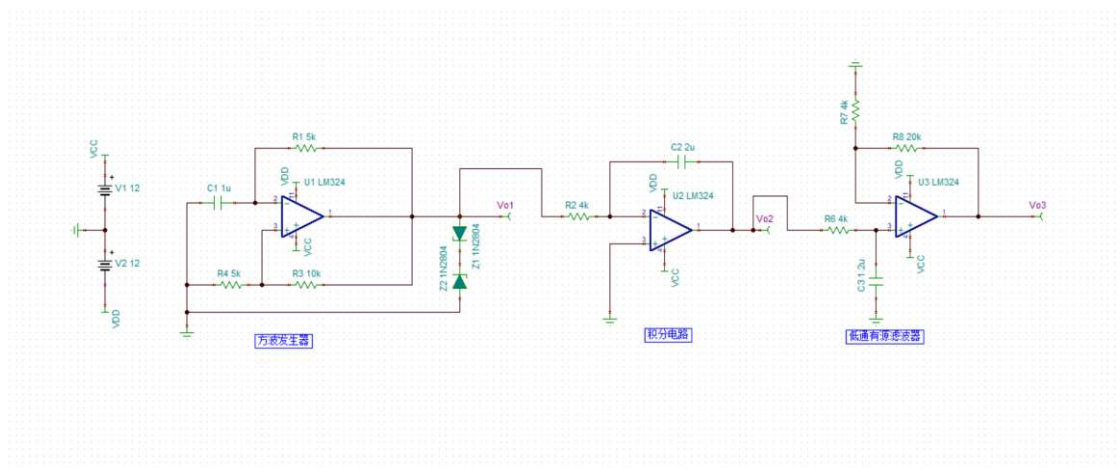
$$V_{pp} = \frac{1}{RC} \cdot V_{max} \cdot T$$

3. 元器件清单

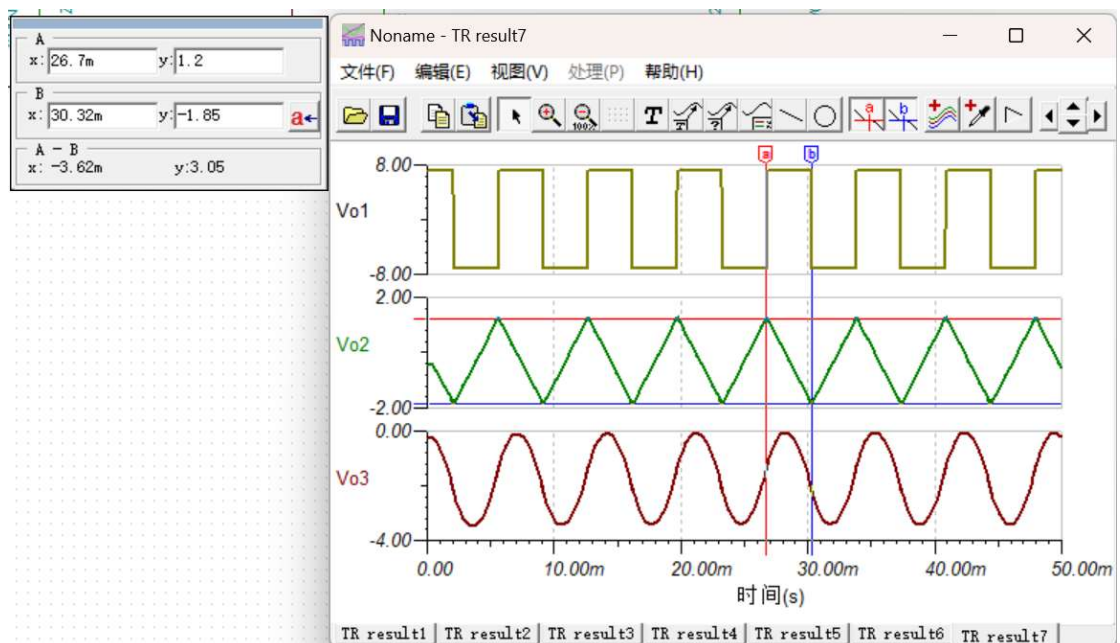
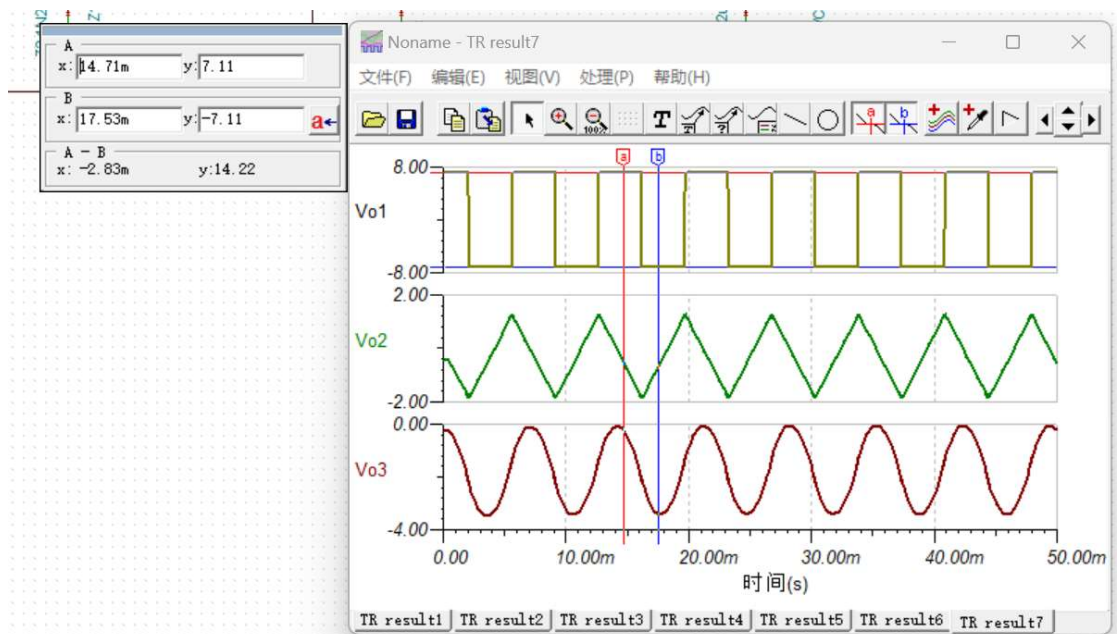
LM324、若干定值电阻、电容，1N4007 齐纳二极管，导线若干；

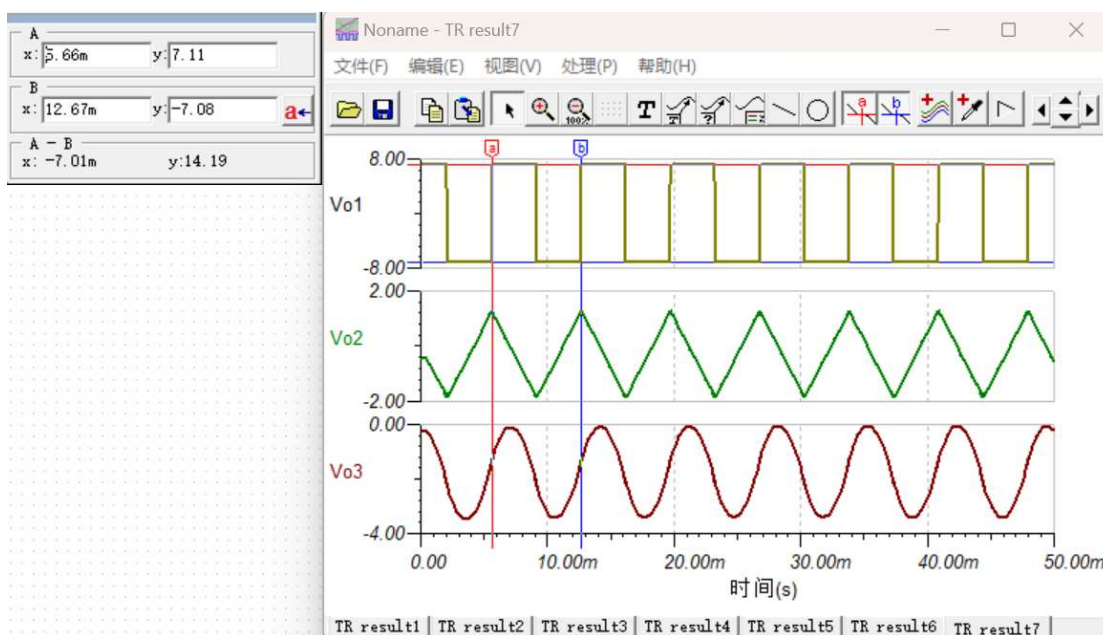
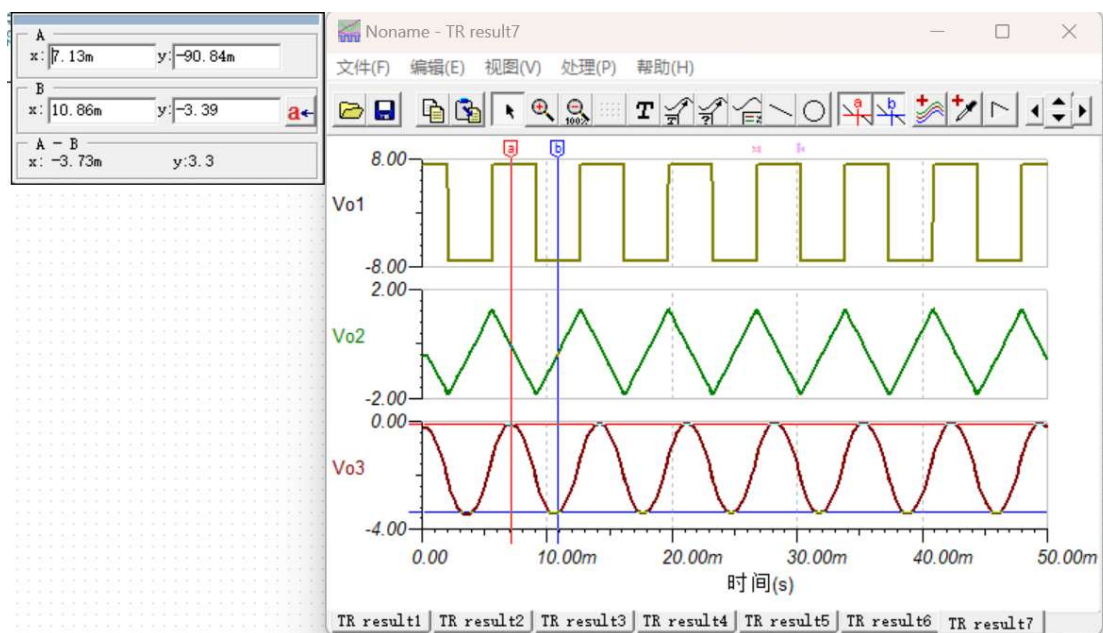
三、 电路仿真分析

仿真图（初版）如下：



仿真结果如下：





仿真得：

方波的 VPP 为 14.22V；

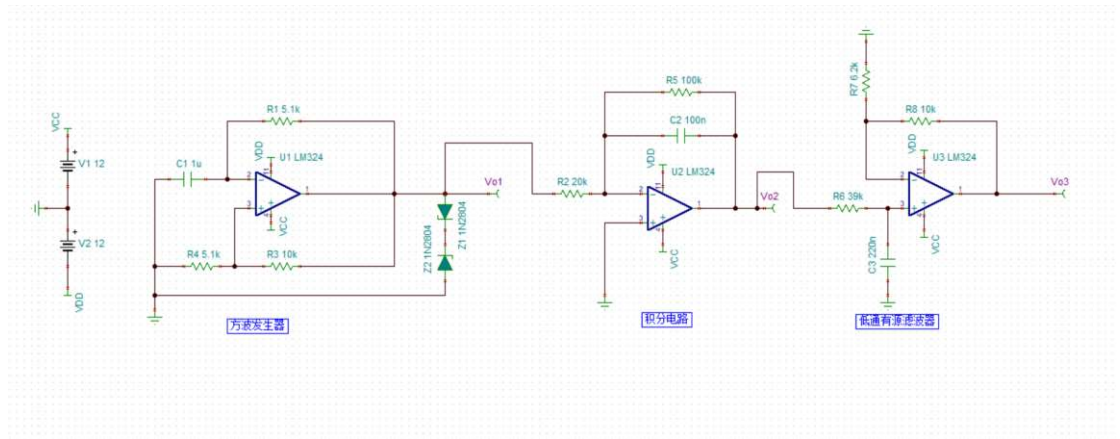
三角波 VPP 为 3.05V；

正弦波的 VPP 为 3.3V；

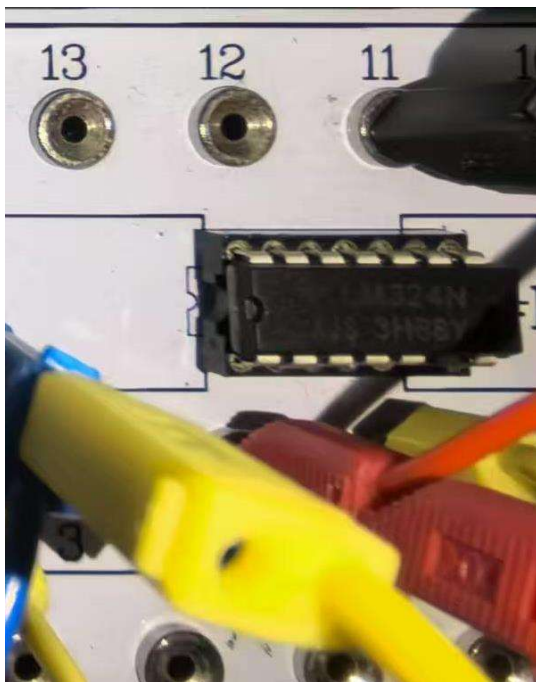
方波，三角波周期为 6.91ms；

误差分析见下本部分仅为仿真部分；

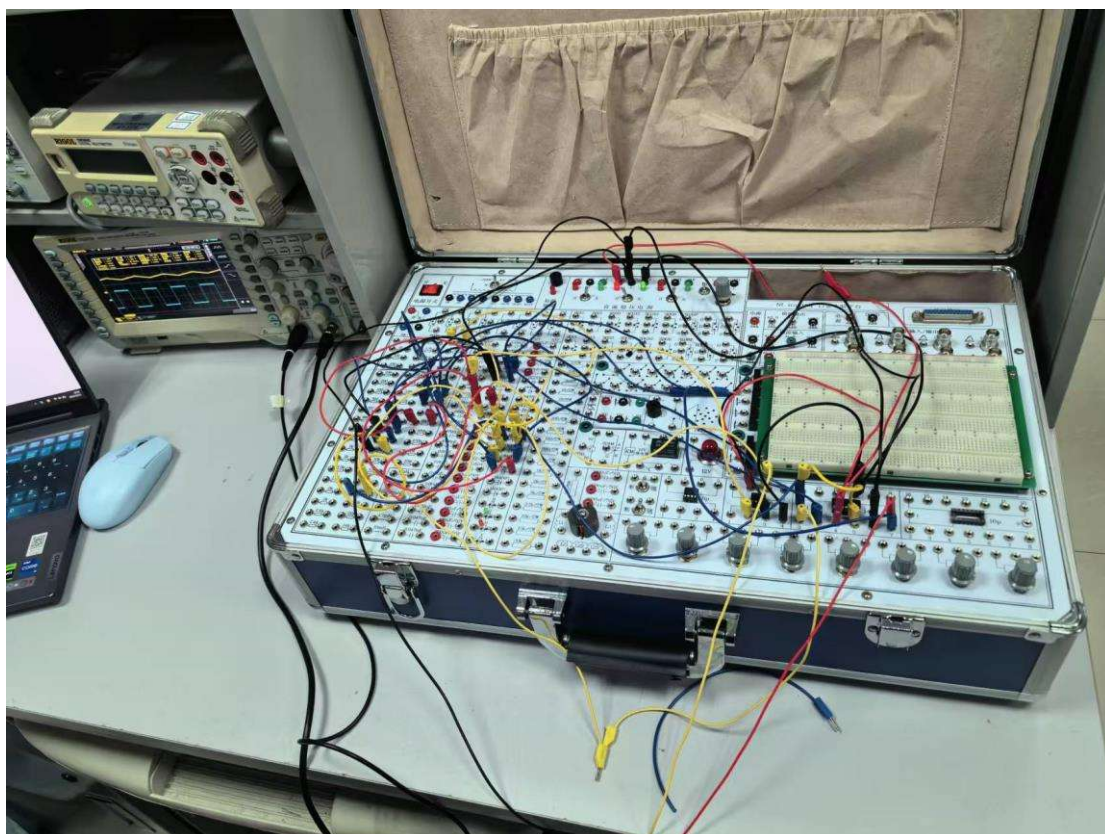
最终考虑实验箱的元器件受限，最终实物硬件的仿真图如下：



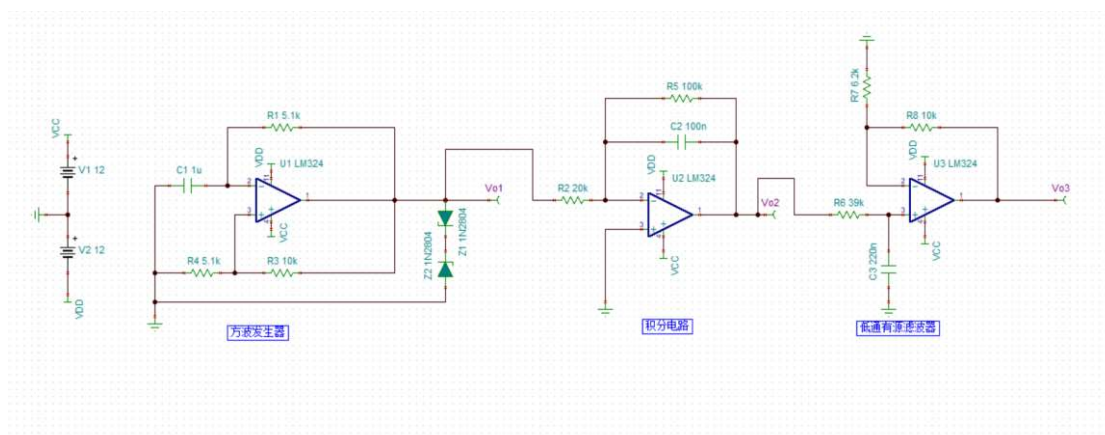
三、硬件实物图



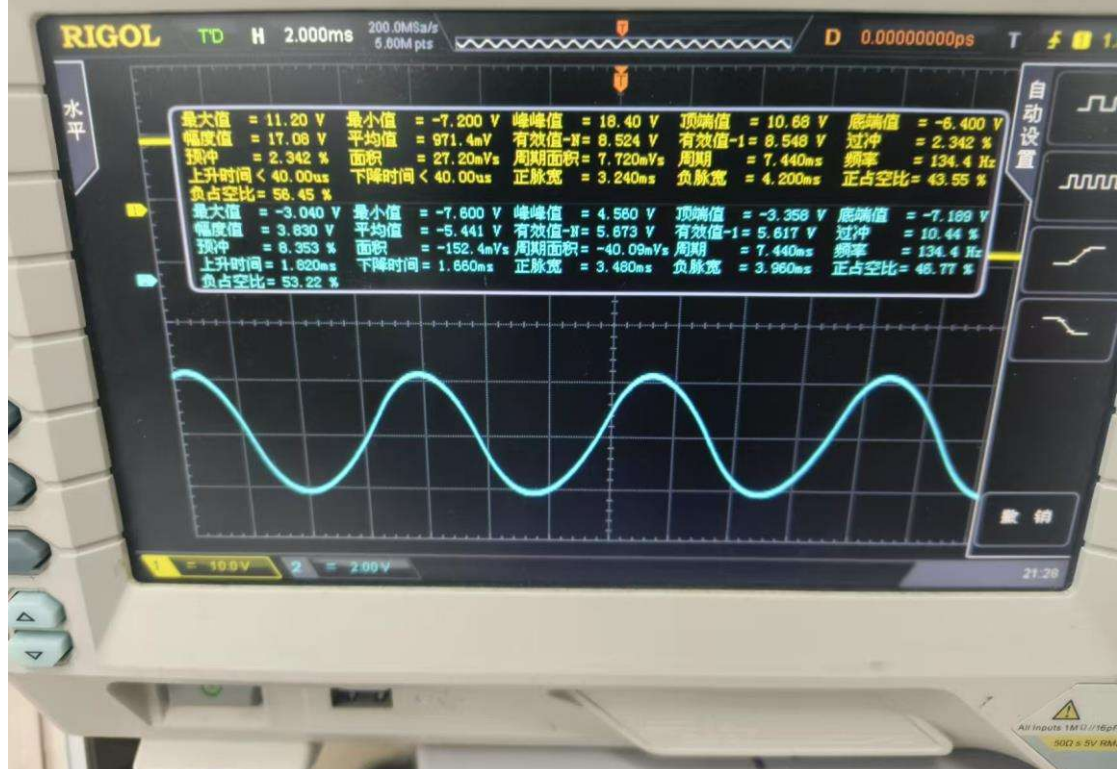
实验中所使用的 LM324 芯片；
实验硬件电路：



参数选取如下：



实验波形如下：



方波频率在 138HZ; VPP=18V;
三角波频率在 138HZ; VPP=16V
正弦波频率在 128HZ, VPP=4.6V;

四、电路调试

为了解决直流电路输入积分器导致饱和从而使积分器失效的问题，引入了 R 构成米勒积分器。R 在理论上应是一个较大的电阻，在高频中可以忽略。本次选取 100K 欧姆；

同时为解决有源滤波器的 AV 过大，将电阻 R8，R7 的比值降低，降低了 AV，导致正弦波的 VPP 下降；

五、数据处理

1.仿真数据：

方波的 VPP 为 14.22V；

三角波 VPP 为 3.05V；

正弦波的 VPP 为 3.3V；

方波，三角波周期为 6.91ms；

理论数据：

$f = 1/T = 139 \text{ Hz}$ ，

$T = 7.111 \text{ ms}$ 。

实物硬件数据：

方波频率在 138HZ；VPP=18V；

三角波频率在 138HZ；VPP=16V

正弦波频率在 128HZ，VPP=4.6V；

硬件电路的仿真数据：

方波频率在 138HZ；VPP=18V；

三角波频率在 138HZ；VPP=16.4V

正弦波频率在 128HZ，VPP=4.8V；

实验中测得 f 为 138Hz，与计算中得到的 138Hz 与理论符合。

三角波，方波 VPP 由 VZ 决定，与理论计算的比值符合；

但正弦波在实物硬件时出现了波动，可能是由于一阶滤波器无法很好的滤除三角波的部分谐波，导致实验数据差距较大；

六、实验总结

通过这次实验，我知道了如何使用波形产生电路；对方波，三角波，正弦波之间的转换有了更深的理解；对集成运放的运用有了更深的理解。并获取了不少的电路调试能力，更加理解了滤波器，傅里叶变换等知识；