

运放应用 (二)——精密整流电路、波形发生器

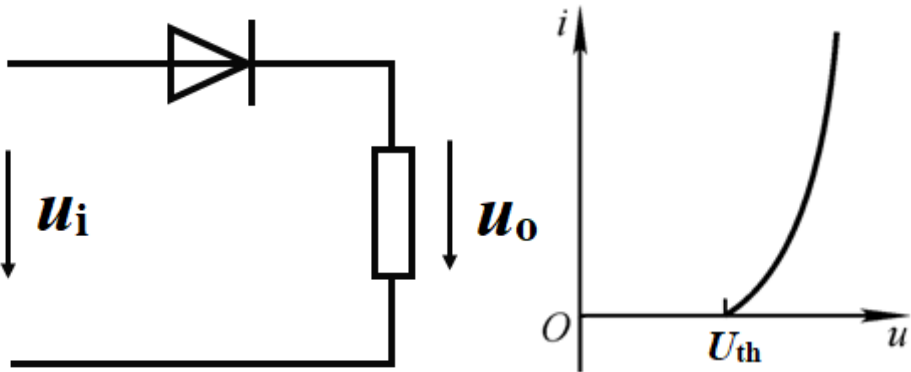
李明达 PB18020616

实验目的

- 学习集成运放精密整流电路的构成和原理，从而进一步了解运放的多种应用；
- 掌握用集成运放构成方波发生器；
- 了解矩形波发生器的调整 and 主要性能指标的测试方法；

实验原理

一、精密整流电路

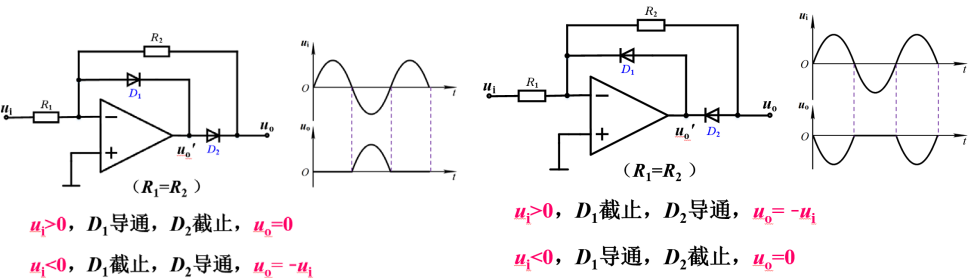


图一、电路示意图

若 $u_i < U_{th}$, 则 $u_o = 0$

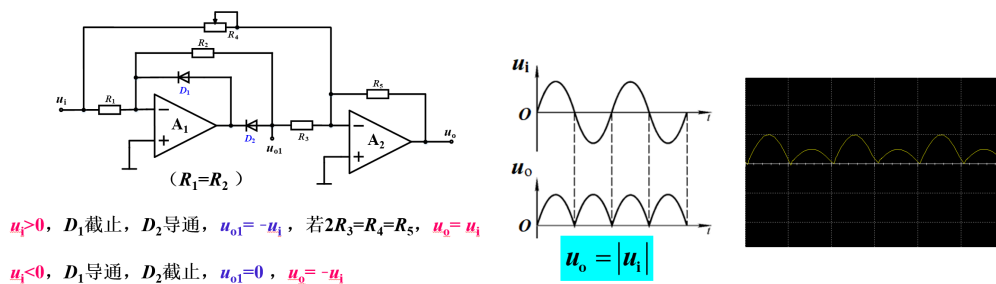
把二极管置于运放的负反馈环路中, 可以克服普通二极管导通电压的影响, 提高非线性电路的精度.

1、精密半波整流电路 (1)



图二、电路示意图

2、精密全波整流电路



整流的精度主要是电阻 的匹配精度，电路中使用电位器可解决电阻匹配精度不够的问题。

图四、电路示意图

二、波形发生器

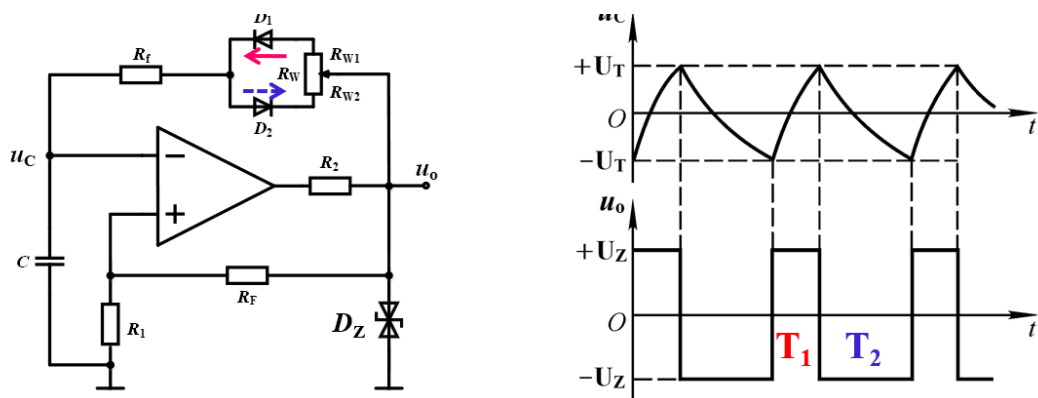
矩形波电压只有高电平和低电平两种状态, 所以电压比较器是它的重要组成部分。

由滞回比较器和RC电路组成。

设某一时刻 $\underline{u}_0 = +U_Z$, 则 $\underline{u}_P = +U_T$, C 充电, 使 \underline{u}_C 上升, 当 \underline{u}_C 上升到 $+U_T$, \underline{u}_0 从 $+U_Z$ 跃变为 $-U_Z$, $\underline{u}_P = -U_T$ 。

图五、电路示意图

2. 矩形波发生器



当 $u_o = +U_Z$ 时，通过 R_{W1} 、 D_1 和 R_f 对电容 C 正向充电， $\tau_1 \approx (R_{W1} + R_f)C$

$$T_1 \approx \tau_1 \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_f}\right) \approx (R_{W1} + R_f)C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_f}\right)$$

当 $u_o = -U_Z$ 时，通过 R_{W2} 、 D_2 和 R_f 对电容 C 反向充电， $\tau_2 \approx (R_{W2} + R_f)C$

$$T_2 \approx \tau_2 \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_f}\right) \approx (R_{W2} + R_f)C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_f}\right)$$

图六、电路示意图

三、电压比较器

用于比较两个电压的大小，集成运放大多工作在非线性区。

输入电压是模拟信号；

输出电压表示比较的结果，只有高电平和低电平两种情况；

阈值（转折）电压是使输出产生跃变的输入电压。

比较器电压传输特性的三个要素：

(1) 输出高电平 U_{OH} 和输出低电平 U_{OL}

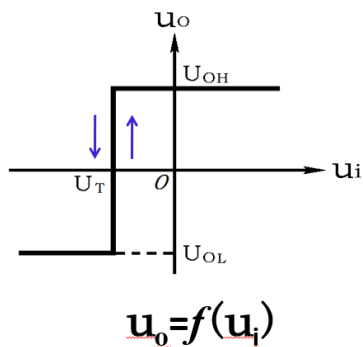
(决定于限幅电路)

(2) 阈值电压 U_T

(令 $u_N = u_P$ ，求出 u_i 就是阈值电压)

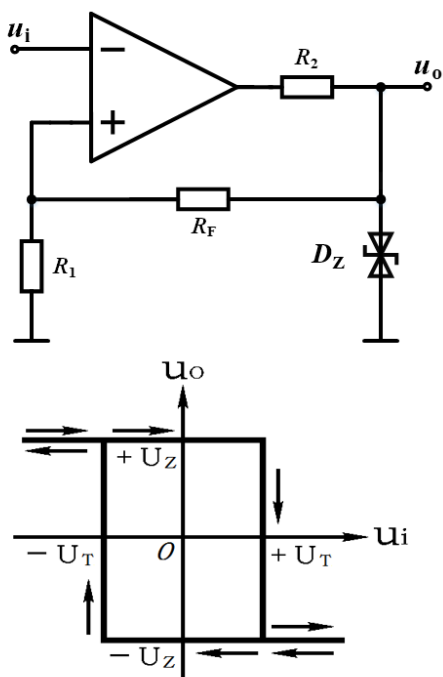
(3) 输入电压经过阈值电压时输出电压跃变的方向

(u_i 等于 U_T 时的 u_o 的跃变方向决定于 u_i 作用于同相还是反相输入端)



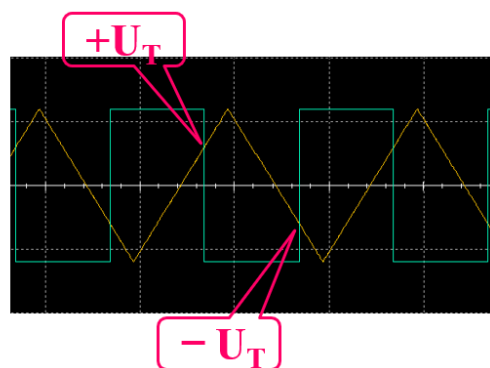
图七、电路示意图

● 滞回比较器



$$\pm U_T = \pm \frac{R_1}{R_1 + R_F} \cdot U_Z$$

回差电压: $\Delta U = +U_T - (-U_T)$

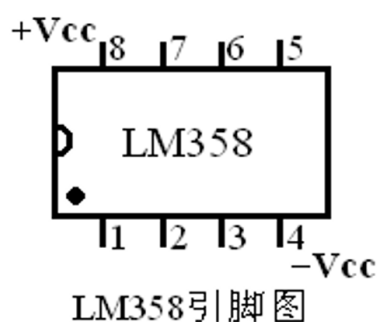


图八、电路示意图

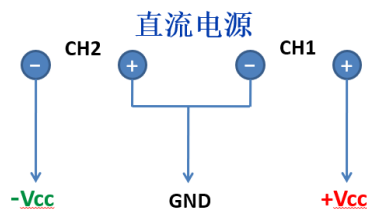
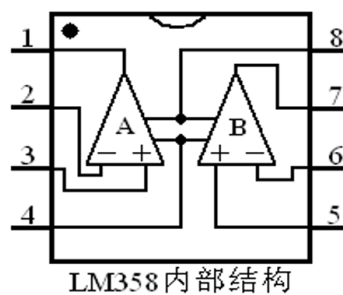
实验仪器

函数发生器、直流电源、示波器、实验箱、集成运放 LM358、若干电阻、电容、二极管，线上仿真实验采用 Multisim.

● LM358



$$\pm V_{cc} = \pm 9V$$

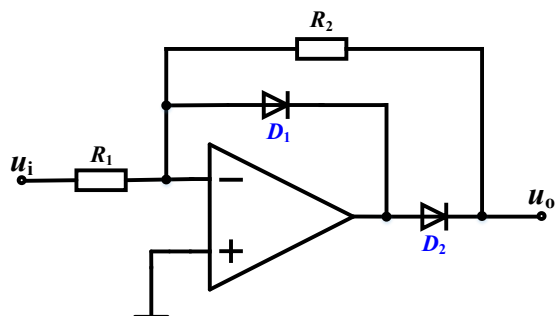


图九、LM358 示意图

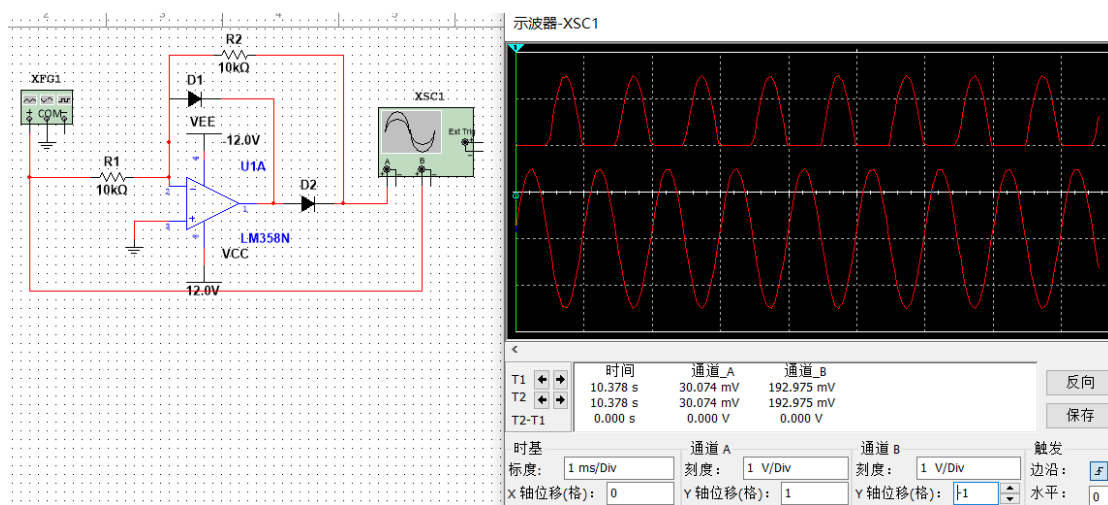
实验内容

1. 精密半波整流电路 (1)

按图连接电路，输入 $f=1\text{KHz}$ ，峰值为 1.5V 的正弦波， $R_1=R_2=10\text{K}\Omega$ ，用示波器观察记录输入、输出波形。



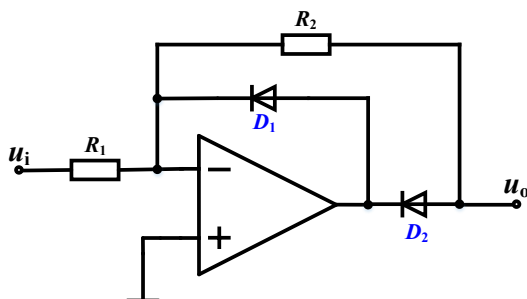
图十、电路示意图



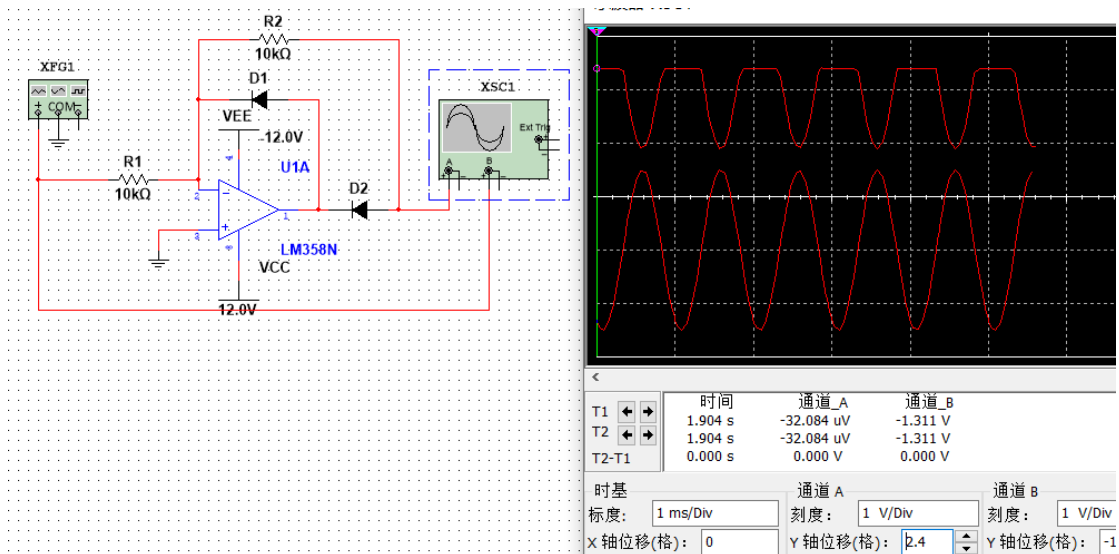
图十一、输入波形（下）与输出波形（上）对比图

2. 精密半波整流电路 (2)

按图连接电路，输入 $f=1\text{KHz}$ ，峰值为 1.5V 的正弦波， $R_1=R_2=10\text{K}\Omega$ ，用示波器观察记录输入、输出波形。



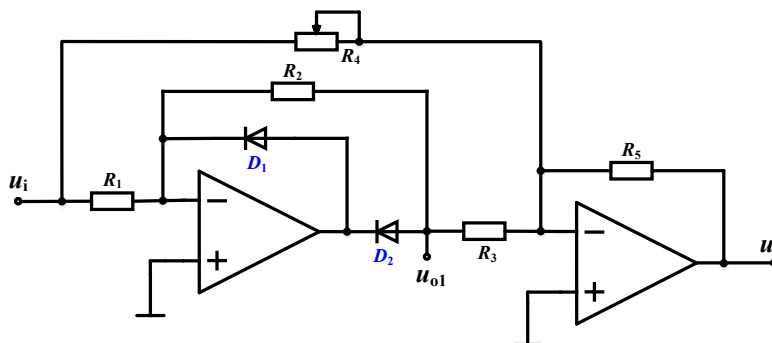
图十二、电路示意图



图十三、输入波形（下）与输出波形（上）对比图

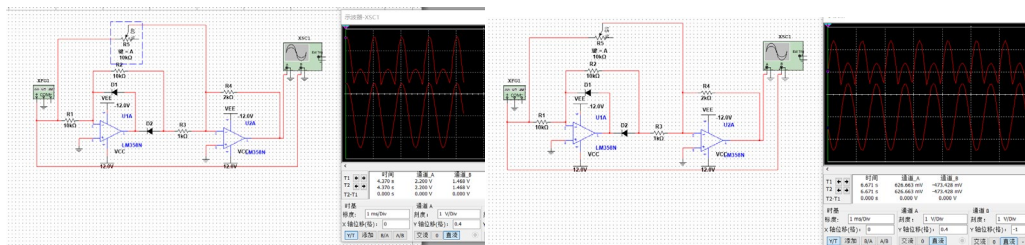
3. 精密全波整流电路

按图连接电路，输入 $f=1\text{kHz}$ ，峰值为 1.5V 的正弦波， $R_1=R_2=10\text{k}\Omega$ ， $R_3=1\text{k}\Omega$ ， $R_5=2\text{k}\Omega$ ， R_4 为 $10\text{k}\Omega$ 电位器，用示波器观察记录输入、输出波形并记录 R_4 的值。



图十四、电路示意图

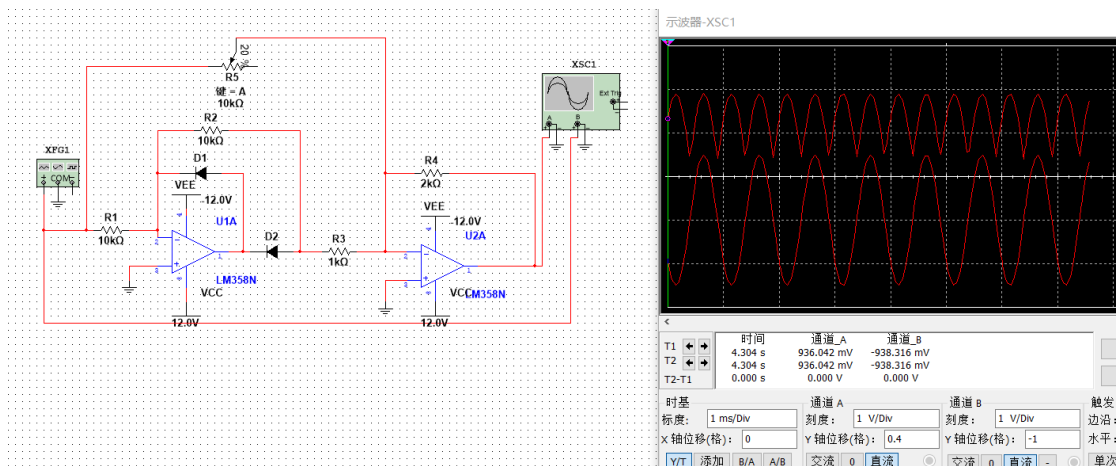
下面是不匹配时候的波形：图左是 $4\text{k}\Omega$ ，图右是 $1.5\text{k}\Omega$



图十五、不匹配的时候波形示意图

可以看出，整流的效果不均匀。

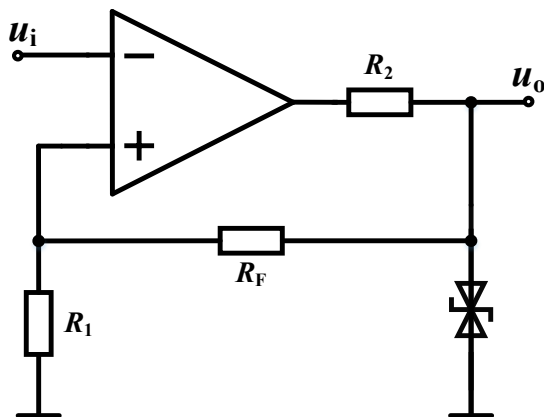
下面是匹配之后的波形：此时 $R_4=2\text{k}\Omega$



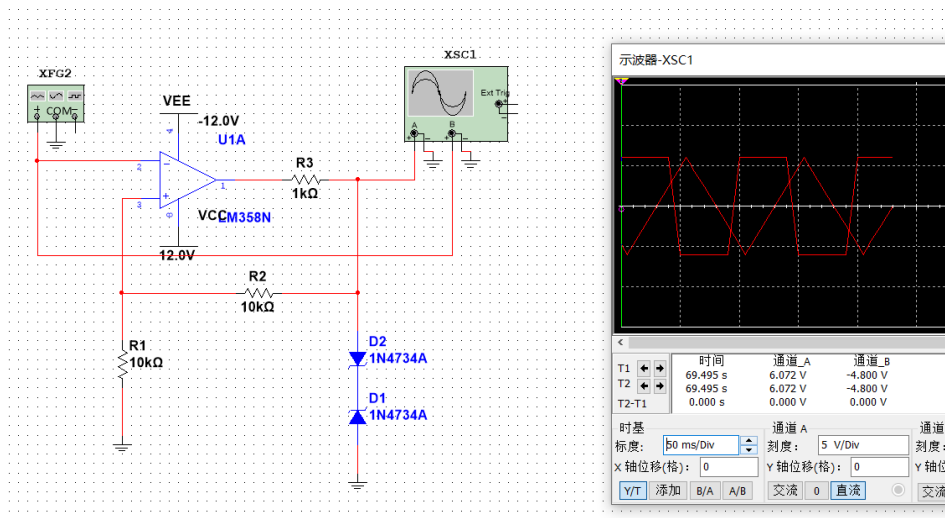
图十六、匹配的时候波形示意图

4. 滞回比较器

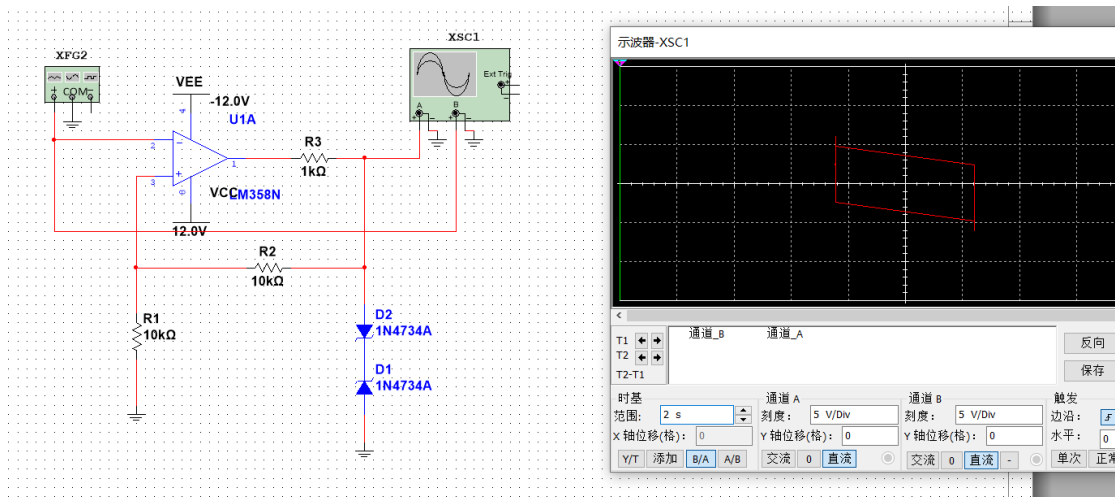
按上图连接电路，输入 $f=10\text{Hz}$ ，峰值为 6V 的三角波，观察并记录输入、输出波形以及(电压传输特性曲线)。($R_1=R_f=10\text{k}\Omega$ ， $R_2=1\text{k}\Omega$ ， D_z 为两只 $1\text{N}4734\text{A}$ (或 $2\text{DW}231$))



图十七、电路示意图



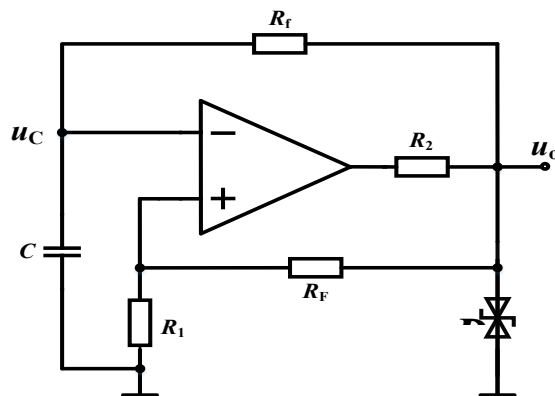
图十八、滞回比较器的输入输出波形



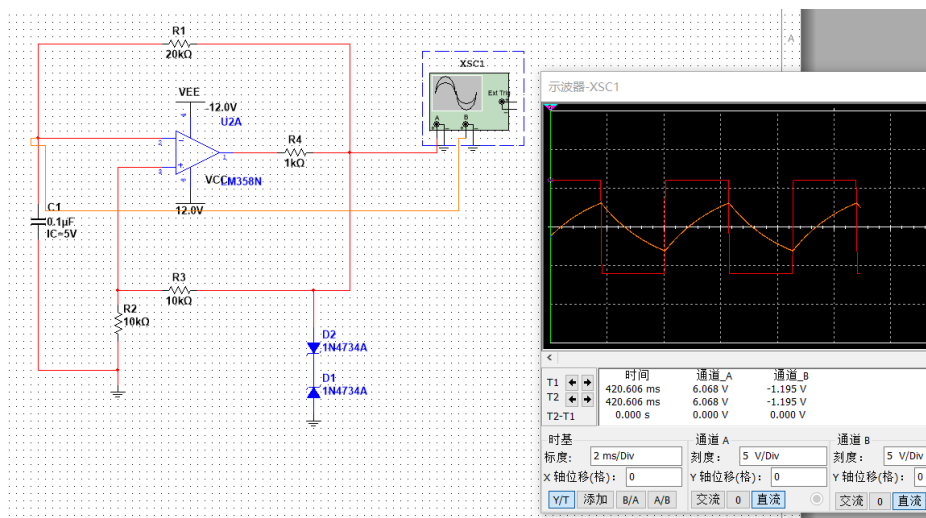
图十九、滞回比较器的电压传输特性曲线

5. 方波发生器

按下图连接电路，观察记录 u_c 和 u_o 的波形图，并测量其幅值及频率。（ $R_1=R_F=10K\Omega$ ， $R_2=1K\Omega$ ， $R_i=20K\Omega$ ， $C=0.1\mu F$ ， D_z 为两只 1N4734A（或 2DW231））



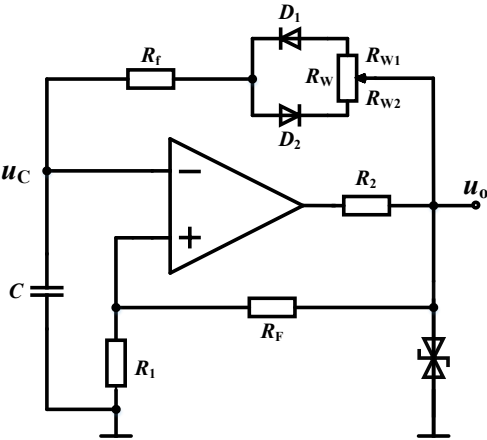
图二十、电路示意图



图二十一、方波发生器的示波器图

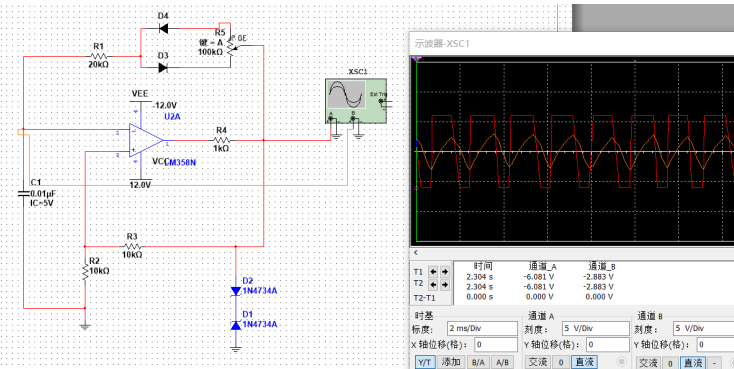
6. 矩形波发生器

按上图连接电路，调节 R_W ，使 R_W 分别位于 30%和 80%时，观察记录 u_c 和 u_o 的波形图，测量其幅值和 T_1 ， T_2 并计算频率。（ $R_1=R_f=10K\Omega$ ， $R_2=1K\Omega$ ， $R_f=20K\Omega$ ， R_W 为 $100K\Omega$ 电位器， $C=0.01\mu F$ ， D_z 为两只 1N4734A（2DW231））



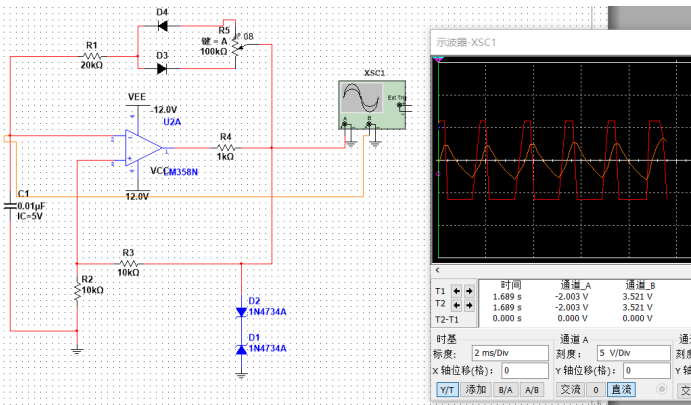
图二十二、方波发生器的电路图

30%时，方波幅值约 6.1V， T_1 约为 1.0ms， T_2 约为 0.5ms



图二十三、方波发生器的示波器图

80%时，方波幅值约 6.1V， T_1 约为 1.3ms， T_2 约为 0.4ms



图二十四、方波发生器的示波器图

实验分析（已包含在实验内容）

实验思考题

1. 为什么称精密整流为“精密”？

答：精密整流是区别于普通整流而存在的，它们都能把交流电变成单向脉冲电。但对于普通二极管，由于门电压的问题，小信号整流误差很大，甚至无法工作。若把微弱的交流电转换成单向脉冲电，则称为精密整流，此电路是由精密二极管（运放和普通二极管）来实现的

2. 在滞回比较器中， R_F 大小对滞回曲线有何影响？

R_F 越大，滞后的时间就越小，响应更灵敏；但 R_F 越小，滞后的时间就越多，甚至可能造成仪器不能使用。

3. 怎样改变方波发生器电路中的频率及幅值？

幅值可以通过改变电容初始条件以及电阻之间的关系来改变：

$$\pm U_T = \pm \frac{R_1}{R_1 + R_F} \cdot U_Z$$

频率可以通过改变 C、 R_1 、 R_F 、 R_f 来改变，遵从以下式子：

$$T = 2R_f C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_F}\right)$$

实验图片（已包含在实验内容）

实验总结和建议

本实验利用 Multisim 软件进行门电路相关的实验，由于用电脑模拟基本上是理想的，所以实验结果和模拟的时间、环境条件几乎无关，因此实验可重复性比较高，比实际情况得到的结果更加理想，完成效果非常好。而在本实验中，我们模拟了运放的几个用途：滞回比较器、全波/半波整流电路、方波发生器等，让我们强化了对实验的理解。

我们在电路的模拟情景下，完成了一系列实验，包括设计搭建电路等。这些要比之前的很多实验更有意思，也更能体会到模电给我们带来的便捷。

这些操作加深了我们对二极管、运放以及模拟电路工作原理的认识，也锻炼了我们对电子图像的认识和直观感知能力，同时又培养了我们对电子元件的兴趣。