

## 1 实验名称: 集成运算放大电路的应用 (三)

## 2 实验目的

- (1) 掌握电压比较器的电路构成及工作原理.
- (2) 熟悉集成运算放大器的非线性应用, 学会比较器的测试方法.

## 3 实验原理

电压比较器是集成运放非线性应用电路, 它将一个模拟量电压信号和一个参考电压相比较, 在两者幅度相等的附近, 输出电压将产生跃变, 相应输出高电平或低电平. 比较器可以组成非正弦波形变换电路及应用于模拟与数字信号转换等领域. 图 1 所示为一最简单的串联比较型电压比较器  $U_R$  为参考电压 (即比较电压), 加在运放的同相输入端, 输入电压  $U_i$ , 加在反相输入端.

当  $U_i < U_R$  时, 运放输出高电平, 稳压管  $D_Z$  反向稳压工作, 输出端电位被其箝位在稳压管的稳定电压  $U_Z$ , 即  $U_o = U_Z$

当  $U_i > U_R$  时, 运放输出低电平,  $D_Z$  正向导通, 输出电压等于稳压管的正向压降  $U_D$ , 即  $U_o = -U_D$

因此, 以  $U_R$  为界, 当输入电压  $U_i$  变化时, 输出端反映出两种状态 高电平和低电平. 表示输出电压与输入电压之间关系的特性曲线, 称为传输特性. 如图 2 为图 1 电路的传输特性.

常用的电压比较器有过零比较器、具有滞回特性的比较器、双限比较器 (又称窗口比较器) 等.

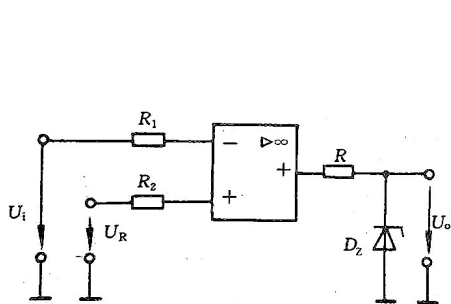


图 1: 电压比较器

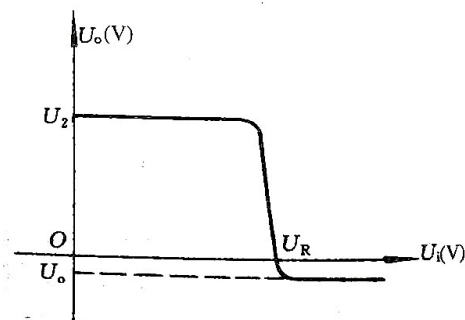


图 2: 传输特性

### (1) 过零比较器

电路如图 3 所示为加限幅电路的过零比较器 (可用于零电平检测),  $D_Z$  为限幅稳压管. 信号从运放的反相输入端输入; 比较电压为零 (记为  $U_C = 0V$ ), 从同相端输入.

当  $U_i > 0$  时, 输出  $U_o = -(U_Z + U_D)$ , 当  $U_i < 0$  时,  $U_o = +(U_Z + U_D)$ . 其电压传输特性如图 4 所示.

过零比较器结构简单, 灵敏度高, 但抗干扰能力差.

### (2) 滞回比较器

图 3 为滞回比较器. 过零比较器在实际工作时, 如果  $U_i$  恰好在过零值附近, 则由于零点漂移的存在,  $U_o$  将不断地由一个极限值转换到另一个极限值, 这在控制系统中, 对执行机构将是很不利的. 为此, 需要输出特性具

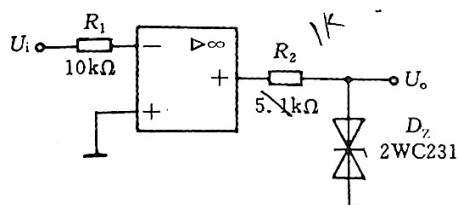


图 3: 过零比较器

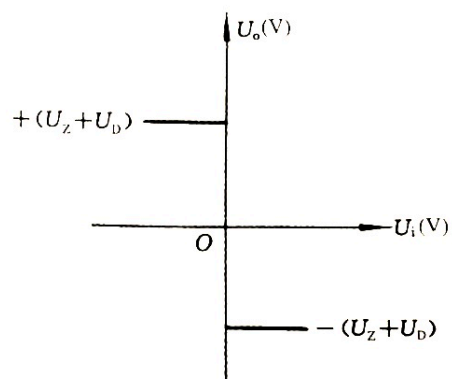


图 4: 传输特性

有滞回现象, 如图 3 所示, 从输出端通过一个电阻分压反馈到同相输入端,  $\Sigma$  点电压随  $U_o$  的大小和极性而改变, 使过零点离开原来位置.

$\Sigma$  点电压为门限电压, 它有两个值分别为上门限电压  $U_H$  和下门限电压  $U_L$ , 差值称门限宽度或回差, 即  $\Delta U = U_H - U_L$ . 当  $U_o$  为正 (记作  $+U_{om}$ ), 此时  $\Sigma$  点电压为

$$U_H = \frac{R_2}{R_2 + R_f} U_{om}$$

当  $U_i > U_H$  后, 即  $U_o$  由正变负 (记作  $-U_{om}$ ), 此时  $\Sigma$  电压为

$$U_L = -\frac{R_2}{R_2 + R_f} U_{om}$$

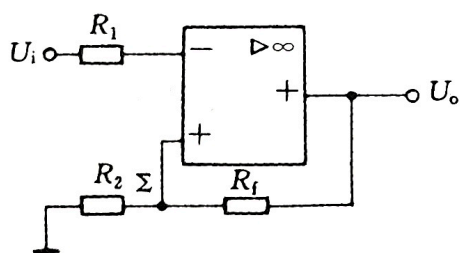


图 5: 滞回比较器

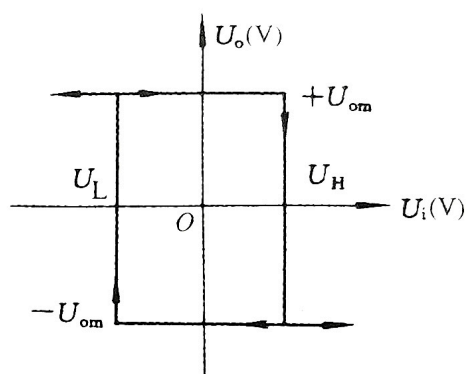


图 6: 传输特性

故只有当  $U_i$  下降到  $U_L$  以下, 才能使  $U_o$  再度回升到  $+U_{om}$ , 于是出现图 8 中所示的滞回特性. 因此, 回差为

$$\Delta U = \frac{2R_2}{R_2 + R_f} U_{om}$$

改变  $R_2$  或  $R_f$  的数值可以改变回差的大小.

## 4 实验电路

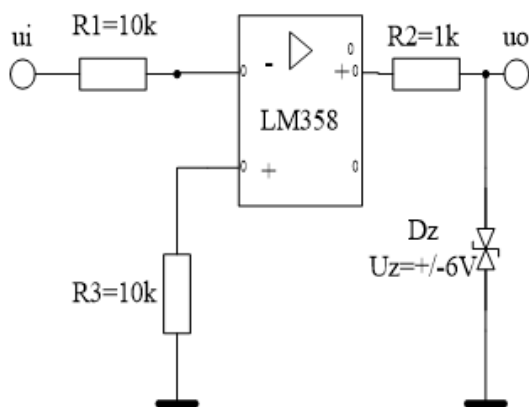


图 7: 反相过零比较器

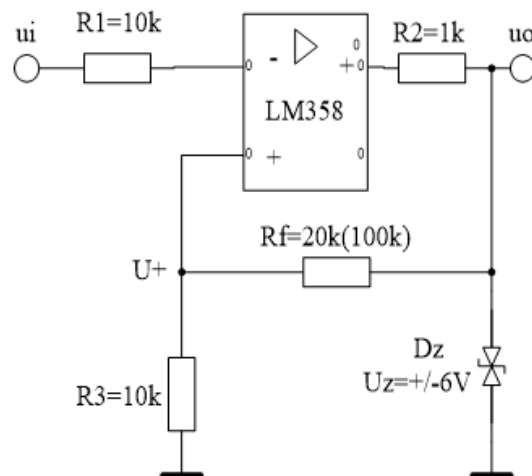


图 8: 反向滞回比较器

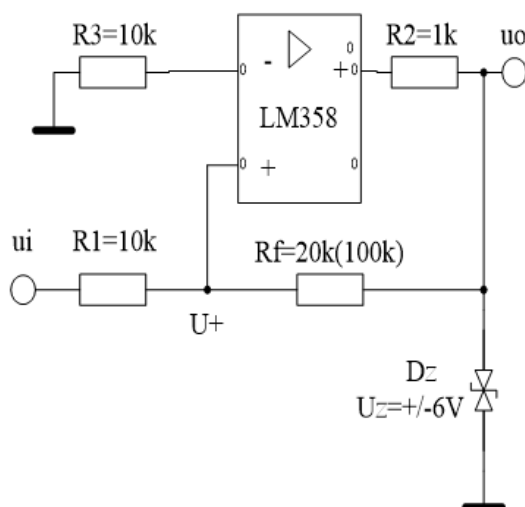


图 9: 同相滞回比较器

## 5 实验内容及步骤

(1). 按图 9 接线, 输入三角波  $f=50\text{Hz}$   $U_{ip-p}=12\text{V}$ , 用示波器观测并记录  $U_i$ 、 $U_o$  的波形及其电压传输特性曲线。

(2). 按图 10 接线, 输入三角波  $f=50\text{Hz}$   $U_{ip-p}=12\text{V}$ , 用示波器观测并记录  $U_i$ 、 $U_o$  和  $U_+$  的波形及其电压传输特性曲线。

(3). 按图 11 接线, 输入三角波  $f=50\text{Hz}$   $U_{ip-p}=12\text{V}$ , 用示波器观测并记录  $U_i$ 、 $U_o$  和  $U_+$  的波形及其电压传输特性曲线。

## 6 数据处理

### 6.1 反相过零比较器

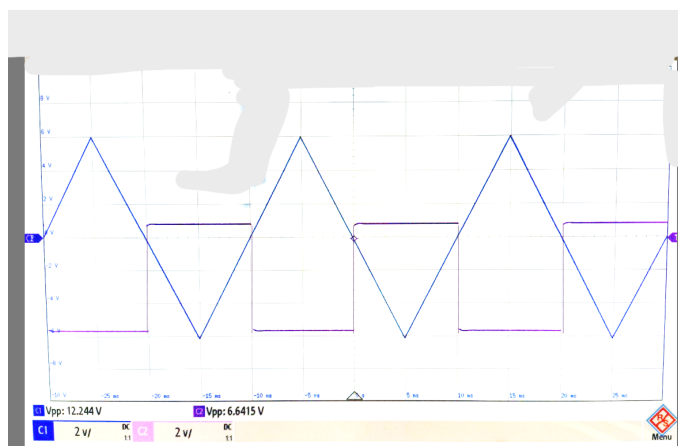


图 10: 反相过零比较器  $U_i$  和  $U_o$  的波形

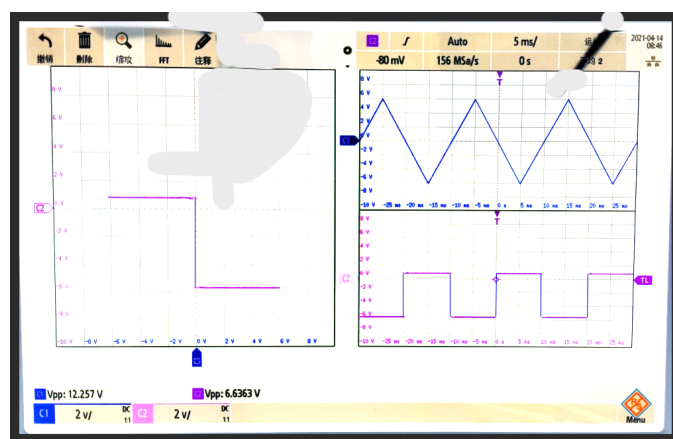


图 11: 反相过零比较器的电压传输特性

## 6.2 反相滞回比较器

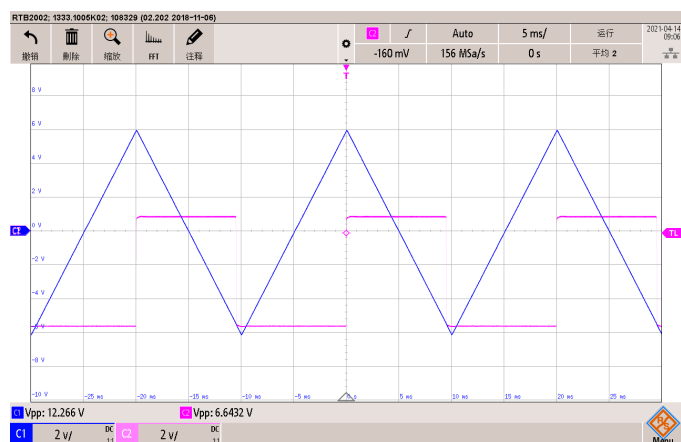


图 12: 反相滞回比较器  $U_i$  和  $U_o$  的波形

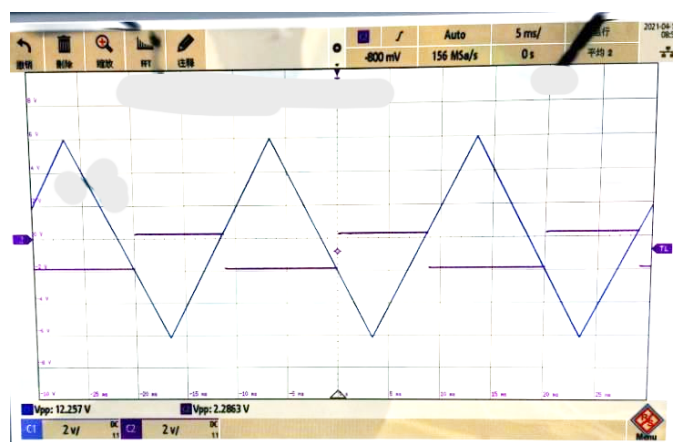


图 13: 反相滞回比较器的  $U_i$  和  $U_+$  的波形

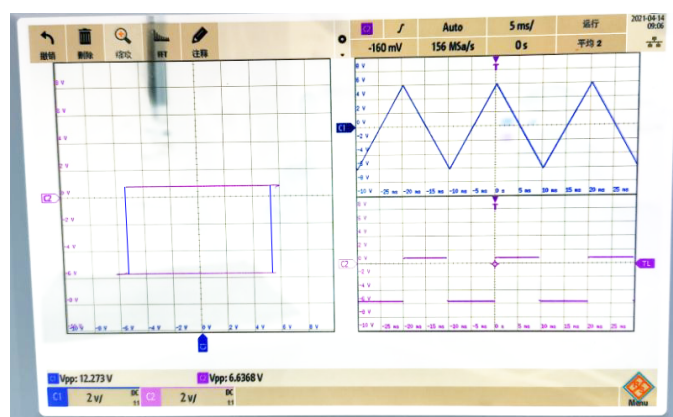


图 14: 反相滞回比较器的电压传输特性

则反向滞回比较器的门限电压计算:

$$U_H = \frac{R_3}{R_3 + R_f} U_{om} = 1.106V$$

$$U_L = \frac{R_3}{R_3 + R_f} U_{om} = -1.106V$$

回差:

$$\Delta U = \frac{2R_2}{R_2 + R_f} U_{om} = 2.212V$$

$$\delta(\Delta U) = \frac{\Delta U - \Delta U_0}{\Delta U_0} = 3.2\%$$

6.3 同相比例运算放大器的虚短

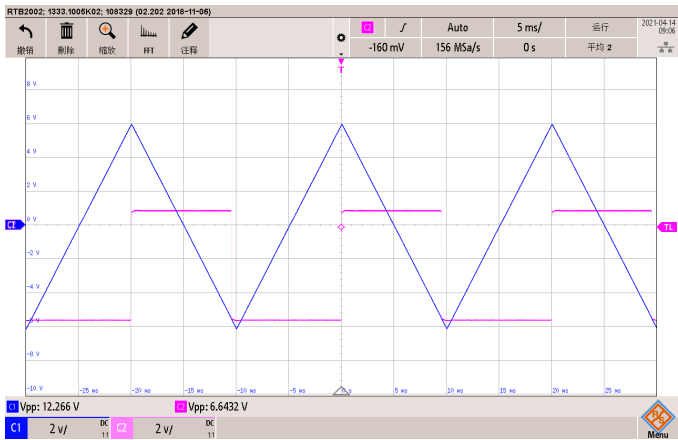


图 15: 同相滞回比较器  $U_i$  和  $U_o$  的波形

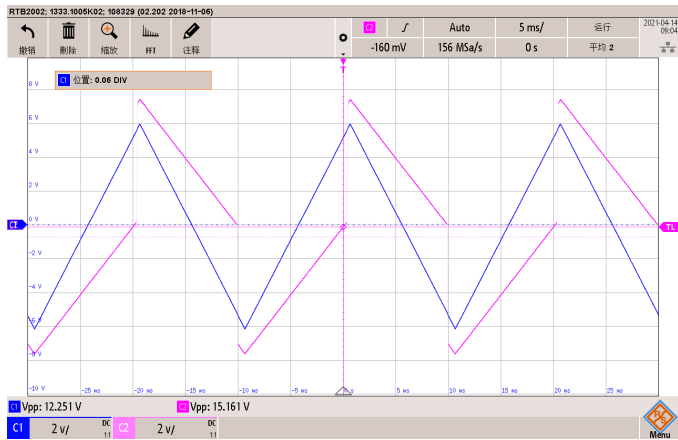


图 16: 同相滞回比较器的  $U_i$  和  $U_+$  的波形

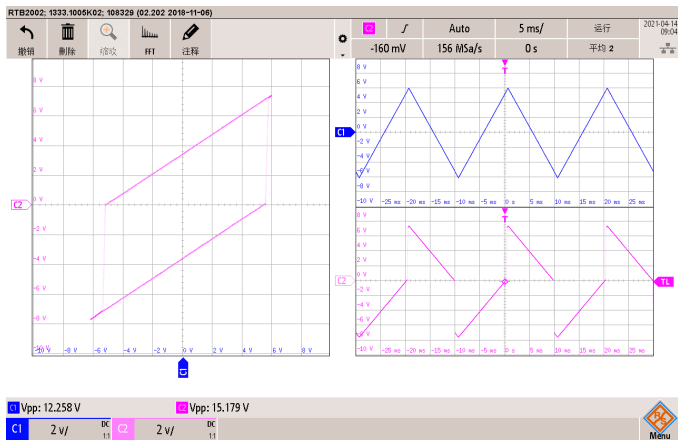


图 17: 同相滞回比较器的电压传输特性

7 实验设备和器材

- (1) 双踪示波器

1 台
- (2) 函数信号发生器

1 台
- (3) 直流稳压电源

1 台
- (4) 模拟电路实验箱

1 台
- (5) 万用表

1 只
- (6) 集成芯片 LM358、电阻器

若干

## 8 结论

(1) 过零比较器可以用于检测一个输入值是否为零。原理是利用比较器对两个输入电压进行比较。当  $U_i > 0$  时, 输出  $U_o = -(U_Z + U_D)$ , 当  $U_i < 0$  时,  $U_o = +(U_Z + U_D)$ . 其电压传输特性如图 11 所示.

(2) 滞回比较器  $\Sigma$  当  $U_o$  为正 (记作  $+U_{om}$ ), 此时  $\Sigma$  点电压为

$$U_H = \frac{R_2}{R_2 + R_f} U_{om}$$

当  $U_i > U_H$  后, 即  $U_o$  由正变负 (记作  $-U_{om}$ ), 此时  $\Sigma$  电压为

$$U_H = -\frac{R_2}{R_2 + R_f} U_{om}$$

## 9 思考题

(1) 图 1 所示电压比较器的  $U_R$  变化时其传输特性曲线如何变化? 图 3 所示过零比较器输入电压  $U_i$  改接同相端, 其传输特性曲线如何变化?

电压比较器的  $U_R$  变化时, 电压传输特性使  $U_o$  为零的  $U_i$  发生变化, 即  $U_o$  与  $U_i$  轴的交点变化.

若过零比较器反接, 则传输特性曲线是将原曲线中心对称变换的曲线。