

教你运用迟滞比较器电路

作者: Joesph Li

比较器是电路设计中经常会用到的器件，其可以简单的理解为将一个模拟信号与一个基准电压信号相比较的电路。常用的单限比较器电路，其灵敏度很高，但抗干扰性能较差，若输入信号在门限附近有轻微的抖动，都会造成输出电平的频繁跳变。如图 1 所示：

动较大，内部滞回将无法起作用，需要外部增加迟滞电路来减缓抖动引起的输出跳变。滞回不是一个阈值点，而是创建不同的上升和下降阈值。这使得输出始终保持在低或高的状态。

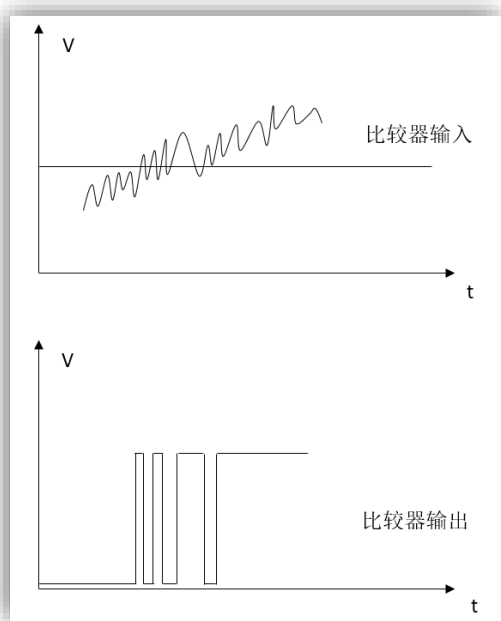


图 1 无滞回比较器输入抖动引起输出的频繁跳变

这是由于比较器是一种工作在开环状态下的运放，所以在输入端的一点抖动都会造成该问题。

绝大多数比较器中都设计有滞回电路，通常滞回电压为 5mV~10mV；这个内部的滞回可以避免由于输入端的抖动所造成的比较器输出振荡。但如果信号抖

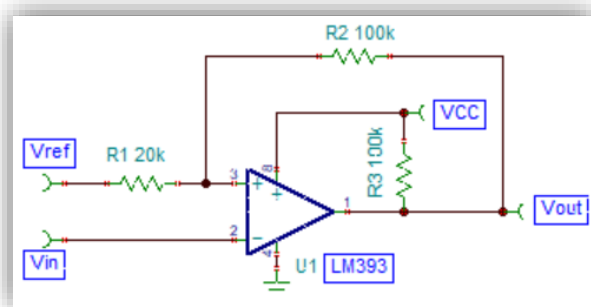


图 2-a. 迟滞比较器典型电路

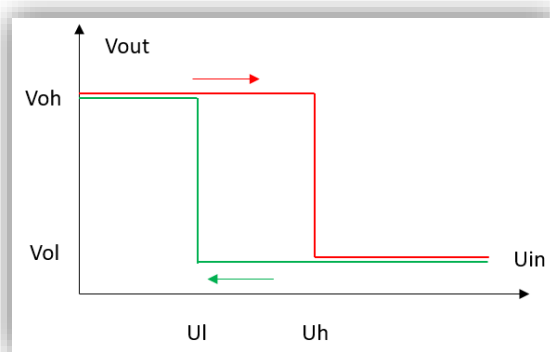


图 2-b 传输特性图

图 2 是迟滞比较器电路，可理解为加正反馈的比较器；从传输特性图中可以看出，当输出状态发生变化后，只要抖动电压值不超过 ΔU ，则输出电压是稳定的；但相对的会牺牲灵敏度，即无法分辨出小于

ΔU 输入变化的电压值。

由于反馈的作用这种比较器的门限电压是随输出电压的变化而变化。它的灵敏度低一些，但抗干扰能力却大大提高。下面将介绍几种迟滞比较器的电路。

一、用运算放大器组成迟滞比较器

1.1 信号从运放负输入端输入

如下图我们利用通用运放 LM358 组成了一个迟滞比较器电路，并采用了稳压管作为参考点；500 Ω 的电阻是稳压管的限流电阻。

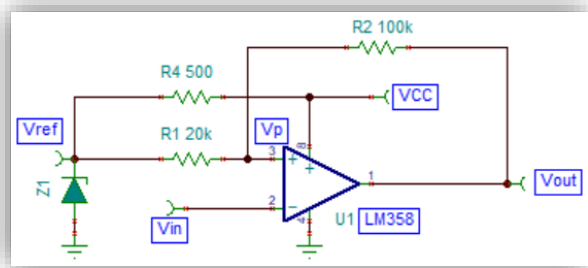


图 3 迟滞比较器电路 a (信号从运放负输入端输入)

根据电压叠加定理，

$$V_p = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2) + V_{out} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

门限为：

$$U_h = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2) + V_{oh} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$U_l = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2) + V_{ol} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

门限宽度为：

$$\Delta U = U_h - U_l = (V_{oh} - V_{ol}) * R_1 / (R_1 + R_2)$$

其中 V_{oh} 为 VCC 的电位； V_{ol} 为 GND 的电位。

需要注意的是由于运放 LM358 是非轨到轨输出的，所以在计算门限电压时需要考虑输出无法到轨的情况，计算时上限的门限计算需要修改为：

$$U_h = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2) + (V_{CC} - 1.5) * R_1 / (R_1 + R_2)$$

3PEAK 的 LM358A 能够做到轨道轨输出，计算时可以考虑不用考虑非轨到轨的影响。

此外还需要注意稳压二极管的个体差异引起的 V_{ref} 误差；可以采用电阻分压加一级电压跟随电路组成一个参考电压。

1.2 信号从运放正输入端输入

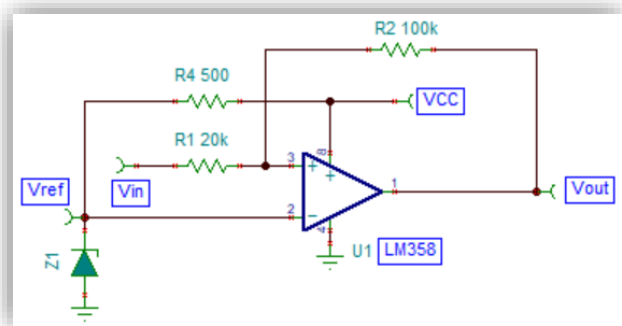


图 4 迟滞比较器电路 b (信号从运放正输入端输入)

若信号从运放正输入端输入，则：

$$V_{ref} = V_{out} * 20K / (100K + 20K) + V_{in} * 100K / (100K + 20K)$$

从而得出

$$U_h = V_{ref} * (100K + 20K) / 100K - V_{oh} * 20K / 100K$$

$$U_l = V_{ref} * (100K + 20K) / 100K - V_{ol} * 20K / 100K$$

需要注意两种方式的输出传输特性曲线，选用哪种方式需要根据实际输出电平的需求来定。

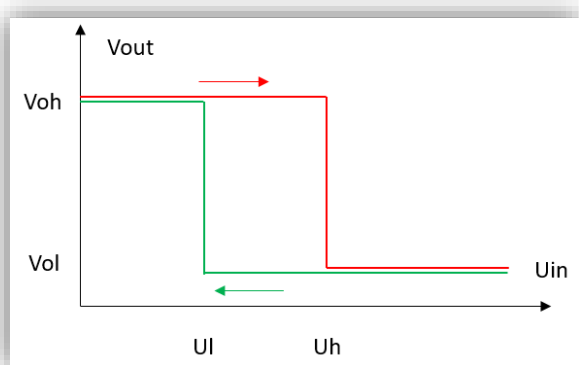


图 5 迟滞比较器电路 a 的输出传输特性曲线

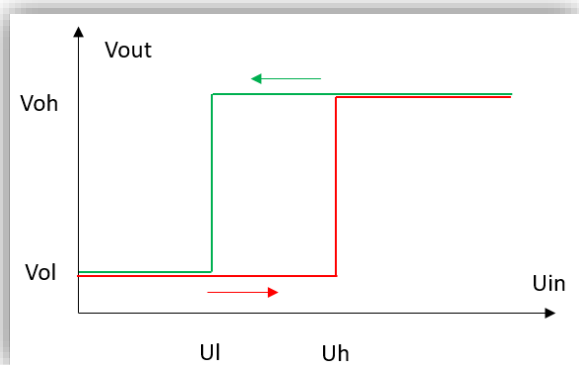


图 6 迟滞比较器电路 b 的输出传输特性曲线

二、采用通用比较器组成迟滞比较器

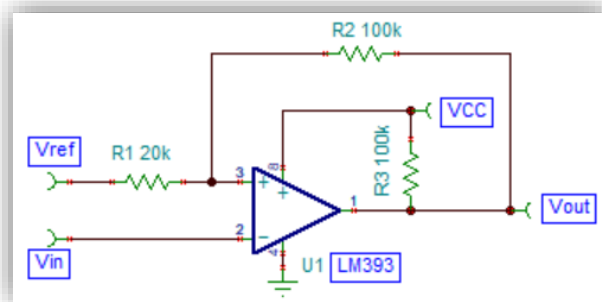


图 7 采用通用比较器组成迟滞比较器

如图 7 所示，采用通用比较器 LM393，该比较器输出为 OC 或 OD 结构的，所以在输出端会加入一个 100k 左右的上拉电阻，而这个电阻的增加会导致门限电压会产生一定的变化，计算时需要注意：

$$U_h = V_{ref} * (R_2 + R_3) / (R_1 + R_2 + R_3) + V_{CC} * R_1 / (R_1 + R_2 + R_3)$$

$$U_l = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2) + V_{ol} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

其中 V_{ol} 为 GND 电位；故

$$U_l = V_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

可以看出比较器的输出端上拉电阻与上拉的电压值会对于门限产生影响，在计算时会增加复杂性；若采用 Push-Pull 输出方式的比较器，可以省掉输出上拉电阻；

3PEAK 的 TP201x/TP194x/TP196x/TP198x 都是属于 Push-Pull 输出方式的比较器，它们的差别主要在于传输延时指标以及功耗的不同。

三、反馈中增加二极管可简化计算公式

在正反馈电路中增加二极管，利用二极管的单向导电性，门限电压的计算公式可以简化为如下公式，

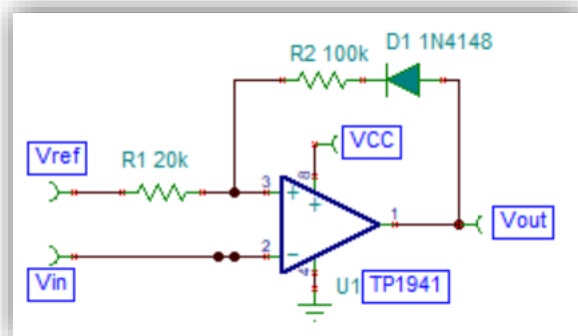
$$U_h = (V_{oh} - V_{diodes}) * R1 / (R1 + R2) + V_{ref}$$

$$U_l = (V_{ol} - V_{diodes}) * R1 / (R1 + R2) + V_{ref} ;$$

V_{ol} 为 0，因此没有电流流过 D1，故

$$U_l = V_{ref}$$

其中 V_{oh} 为 VCC 电位； V_{ol} 为 GND 电位。



希望本文可以对于读者设计迟滞比较器电路有一定的帮助。

✦ **3PEAK and the 3PEAK logo are registered trademarks of 3PEAK INCORPORATED. All other trademarks are the property of their respective owners.**