

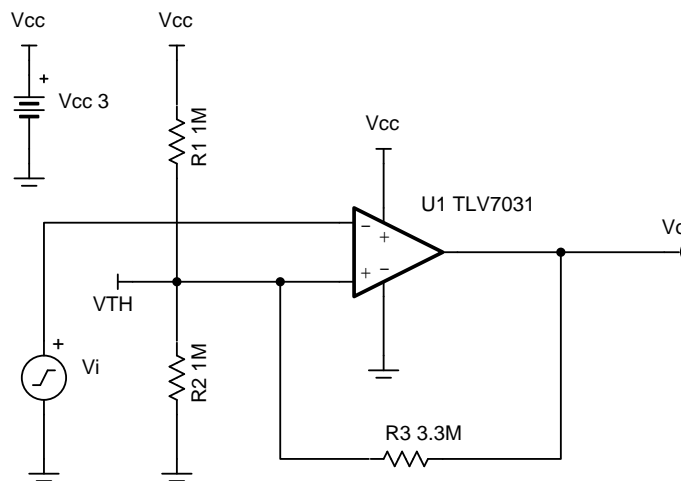
具有迟滞功能的反相比较器电路

设计目标

输出		阈值	迟滞	电源	
$V_o = \text{高电平}$	$V_o = \text{低电平}$	V_{TH}	V_{HYS}	V_{cc}	V_{ee}
$V_i < V_L$	$V_i > V_H$	1.5V	400mV	3V	0V

设计说明

比较器用于区分两种不同的信号电平。当以反相方式设置时，如果模拟输入低于所选阈值，则比较器输出将为数字高电平。在比较阈值处存在噪声、信号变化或缓慢移动的信号的情况下，可以在输出端观察到不良转换。设置上限和下限迟滞阈值可消除这些不良输出转换。该电路示例聚焦于设计正反馈电阻器网络所需的步骤，以获得反相比较器应用所需的迟滞。



设计说明

- 迟滞阈值电压的精度与电路中使用的电阻器的容差、所选比较器的输入偏移电压规格以及已经应用到器件的任何内部迟滞相关。
- 对于 TLV7031， V_{OH} 大约比 V_{cc} 低 200mV， V_{OL} 大约比 V_{ee} 高 250mV。
- TLV7031 具有推挽输出级，因此无需上拉电阻器。

设计步骤

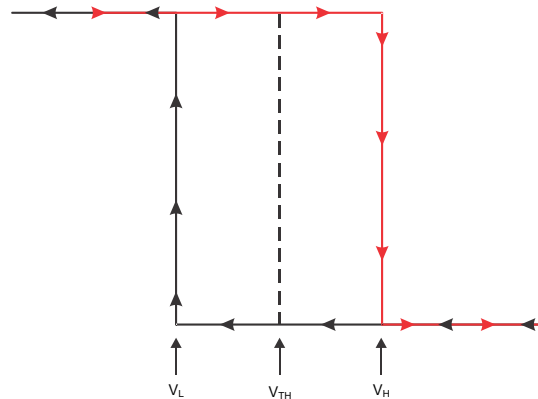
1. 选择 R_1 。由于器件的 CMOS 输入导致输入偏置电流非常低，因此这可能是高电阻值。

$$R_1 = 1\text{M}\Omega \text{ (Standard Value)}$$

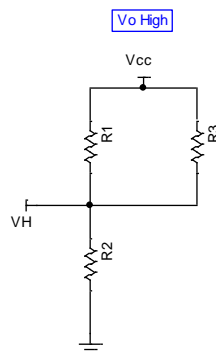
2. 根据所需的阈值电压求解 R_2 。将 V_{TH} 设置为 V_{CC} 的 50%，以实现平衡的迟滞。

$$R_2 = \frac{R_1 \times V_{TH}}{V_{CC} - V_{TH}} = \frac{1\text{M}\Omega \times 1.5\text{V}}{3\text{V} - 1.5\text{V}} = 1\text{M}\Omega$$

3. 观察两种可能的输出状态（高电平和低电平）下的反馈电阻器网络。请注意，可以使用反馈电阻器 (R_3) 进一步控制分压器 (R_1 和 R_2) 施加到同相引脚上的阈值电压。下面是迟滞眼图。



4. 导出 V_H (这是 V_o 处于高电平的阈值电压) 的计算公式。为简单起见，假设当 $V_i < V_L$ 时 V_o 切换至 V_{CC} 。发生该情况时， R_1 和 R_3 是并联的。



5. 对于推挽输出。

$$V_H = V_{CC} \times \frac{R_2}{(R_1 || R_3) + R_2}$$

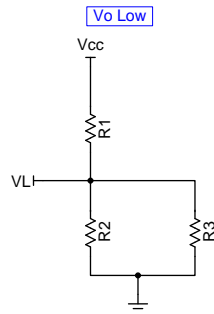
- a. 如果使用的比较器具有漏极开路或集电极开路输出级，则上拉电阻器 R_{pu} 将与 R_3 串联。如果 $V_{pu} = V_{CC}$ ，则以下公式成立。请注意，对于某些应用，可以忽略 V_H 计算公式中的上拉电阻器，因为最终的反馈电阻器值可能比上拉电阻器大很多（理想情况下大 10 倍）。

$$V_H = V_{CC} \times \frac{R_2}{[R_1 || (R_3 + R_{pu})] + R_2}$$

- b. 如果 $V_{pu} \neq V_{CC}$ ，则使用以下公式来计算 V_H 。

$$V_H = \frac{(R_1 \times V_{pu} + (R_3 + R_{pu}) \times V_{CC}) \times R_2}{R_1 \times (R_2 + R_3 + R_{pu}) + R_2 \times (R_3 + R_{pu})}$$

6. 导出 V_L (这是 V_o 处于低电平的阈值电压) 的计算公式。为简单起见，假设当 $V_i > V_H$ 时 V_o 切换至 V_{EE} 。发生该情况时， R_2 和 R_3 是并联的。



$$V_L = V_{cc} \times \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + (R_2 \parallel R_3)}$$

7. 导出 V_{HYS} 的计算公式。

$$V_{HYS} = V_H - V_L = \frac{R_1 \times R_2 \times V_{cc}}{R_1 \times (R_2 + R_3) + (R_2 \times R_3)}$$

8. 求解 R_3 。

$$R_3 = \frac{R_1 \times R_2 \times (V_{cc} - V_{HYS})}{(R_1 + R_2) \times V_{HYS}} = \frac{1M\Omega \times 1M\Omega \times (3V - 0.4V)}{(1M\Omega + 1M\Omega) \times 0.4V} = 3.25M\Omega$$

$$R_3 = 3.3M\Omega \text{ (Standard Value)}$$

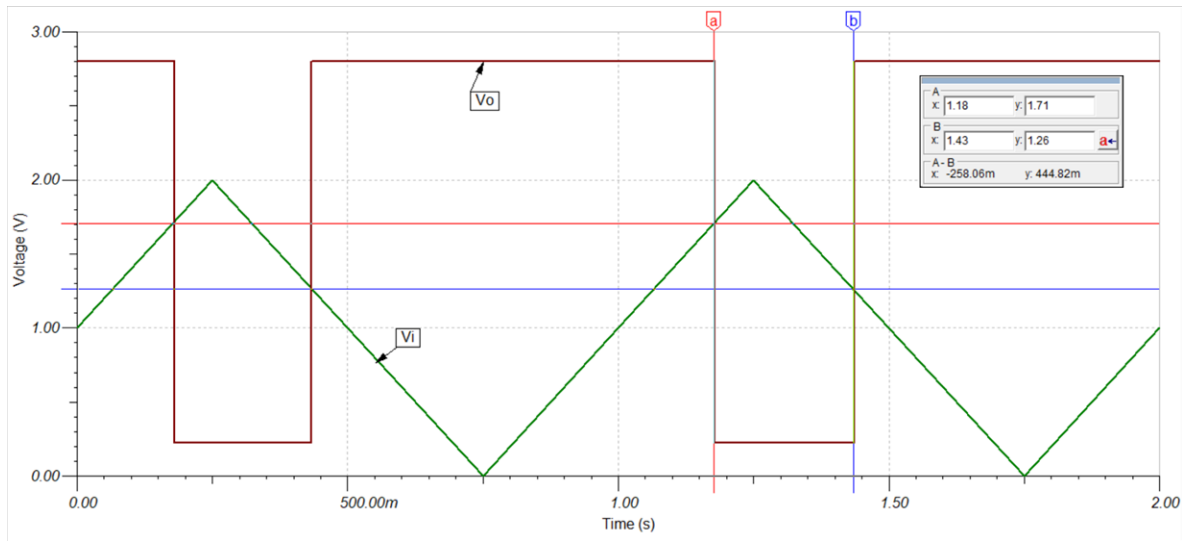
9. 验证 V_{HYS} 是否为 400mV，以便 $V_H = 1.7V$ 且 $V_L = 1.3V$ 。

$$V_H = V_{cc} \times \frac{R_2}{(R_1 \parallel R_3) + R_2} = 3V \times \frac{1M\Omega}{(1M\Omega \parallel 3.3M\Omega) + 1M\Omega} = 1.70V$$

$$V_L = V_{cc} \times \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + (R_2 \parallel R_3)} = 3V \times \frac{(1M\Omega \parallel 3.3M\Omega)}{1M\Omega + (1M\Omega \parallel 3.3M\Omega)} = 1.30V$$

$$V_{HYS} = V_H - V_L = 1.70V - 1.30V = 400mV$$

瞬态仿真结果



设计参考资料

请参阅《模拟工程师电路说明书》，了解有关 TI 综合电路库的信息。

请参阅具有迟滞功能的比较器参考设计 TIPD144 www.ti.com/tipd144。

请参阅电路 SPICE 仿真文件 SLVMCQ0 <http://www.ti.com/cn/lit/zip/slvmcq0>。

有关大量比较器主题（包括迟滞、传播延迟和输入共模范围）的更多信息，请参阅 training.ti.com/ti-precision-labs-op-amps。

设计采用的比较器

TLV7031	
输出类型	推挽
V_{CC}	1.6V 至 6.5V
V_{inCM}	轨至轨
V_{OS}	$\pm 100\mu V$
V_{HYS}	7mV
I_q	335nA/通道
t_{pd}	3 μs
通道数	1
	www.ti.com.cn/product/cn/tlv7031

设计替代比较器

TLV1701	
输出类型	集电极开路
V_{CC}	2.2V 至 36V
V_{inCM}	轨至轨
V_{HYS}	不适用
V_{OS}	$\pm 500\mu V$
I_q	55 μA /通道
t_{pd}	560ns
通道数	1、2、4
	www.ti.com.cn/product/cn/tlv1701

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性 & 可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用 TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及 TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它 TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对 TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受 TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及 [ti.com.cn](http://www.ti.com.cn) 上或随附 TI 产品提供的其他可适用条款的约束。TI 提供所述资源并不扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司

重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性及其可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122
Copyright © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司