

# Analog Engineer's Circuit

## 信号和时钟恢复比较器电路



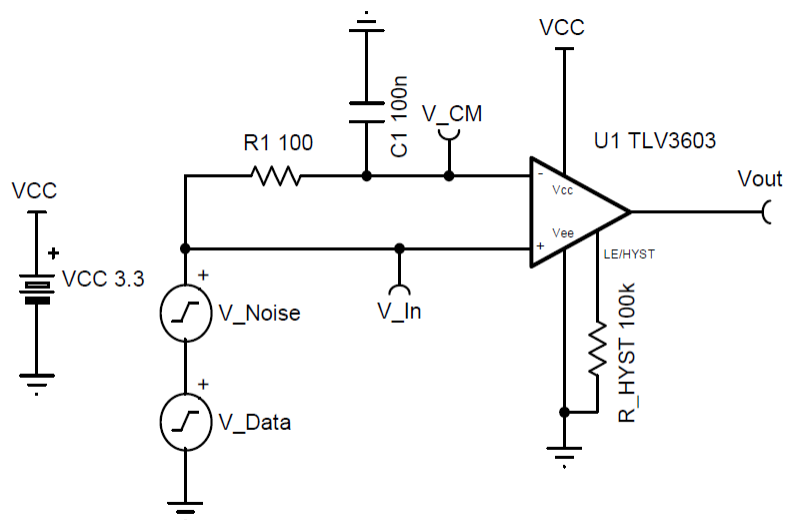
### Amplifiers

#### 设计目标

电源		衰减输入信号		
$V_{CC}$	$V_{EE}$	$V_i$	$V_{cm}$	f
3.3V	0V	50mV <sub>p-p</sub>	1.65V	200MHz

#### 设计说明

信号恢复电路在数字系统中用来检索失真时钟或数据波形。由于存在杂散电容、杂散电感或传输线反射，这些时钟和数据信号在长迹线上会衰减和失真。该比较器用于检测衰减和失真的输入信号，并将其转换为满度数字输出信号。动态基准电压将连接到比较器的反相终端，该端从输入信号中提取共模电压。



#### 设计说明

1. 选择具有低输入失调电压和快速传播延迟的比较器。
2. 使用切换频率大于输入信号频率的比较器，这样可正确地处理传入数字信号。如果数据表中没有规定下限值，则 30% 的裕量足以满足工艺和温度变化要求。
3. 如果还需要电平转换，请使用具有独立输入和输出电源的比较器。
4. 如果需要差分输出，请使用具有兼容输出级（例如 TLV3605 上与 LVDS 兼容的输出）的比较器。
5. 信号应绕动态基准的波形中点对称，从而准确地确定输入信号的共模电压。对于占空比超出 30% 至 70% 的信号，动态基准必须替换为外部基准源。

## 设计步骤

1. 比较比较器的切换频率上限，确保能够处理输入信号。该参数通常在比较器数据表中指定。如果未指定该值，请参阅以下部分的粗略估算指南。该比较器 TLV3603 的切换频率为 325MHz。
2. 将比较器的同相输入设置为输入数据信号。
3. 使用电容器  $C_1$  和电阻器  $R_1$  从低通网络创建动态基准。将网络的输入连接到同相输入端，将输出连接到反相输入端。
4. 调整动态基准值的大小，使其截止频率明显低于输入信号的工作频率，同时确保网络的时间常数足够小，从而实现最大响应度。将  $C_1$  设为  $0.1 \mu F$ ，将时间常数  $\tau$  设计为  $10 \mu s$ ，计算需要的电阻器值：

$$\tau = R_1 C_1$$

$$10 \mu s = R_1 (100 nF) \Rightarrow R_1 = 100 \Omega$$

使用求解的电阻值，确保截止频率仍然明显低于输入信号频率。

$$f_{\text{cutoff}} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} = \frac{1}{2\pi (100 \Omega) (100 nF)} = 15.915 \text{ kHz} \ll 1 \text{ GHz}$$

时间常数  $\tau$  与  $f_{\text{cutoff}}$  成反比。 $\tau$  越快，动态基准输出对节点对输入的反应越强，同时将截止频率推高。然而，如果动态基准的截止频率接近输入信号的工作频率，网络的输出就无法正确滤除输入信号的高频分量，从而无法产生稳定的直流基准电压来与输入信号进行比较。

平衡信号的准确滤波和  $\tau$  要考虑的一个结果是启动时间。当系统在未充电状态下启动时，一旦激活系统，就会有一段时间（大约  $5\tau$ ），直到反相输入端的电压电平处于准确电平。

5. 如果输入信号除了衰减之外还有噪声，TLV3603 能够通过其可调迟滞功能来处理噪声。该引脚可由电压源驱动或连接到 VEE 的电阻器，并可使比较器具有高达  $65 \text{ mV}$  的迟滞，并根据引脚上所示电压锁存输出。更多信息，请参阅 [TLV3601](#)、[TLV3603 具有 2.5ns 传播延迟的 325MHz 高速比较器](#) 数据表。对于该电路，通过将  $600 \text{ k}\Omega$  电阻器连接到 VEE 来实现  $10 \text{ mV}$  的迟滞从而抵消嘈杂的输入信号。

### 对于这个输入信号，这个比较器是否足够快？

切换频率  $f_{\text{Toggle}}$  是衡量比较器处理输入信号速度快慢的指标。该指标被测量为输入信号频率，在该频率下，与在低输入信号频率下相比，输出摆幅为一定的百分比。该百分比因制造商甚至产品而异，因此检查器件数据表从而了解如何满足此参数要求非常重要。

如果  $f_{\text{Toggle}}$  未包含在器件数据表中，可能会担心该器件是否适合在系统中使用。在这种情况下，如下是对器件的  $f_{\text{Toggle}}$  的粗略估算：

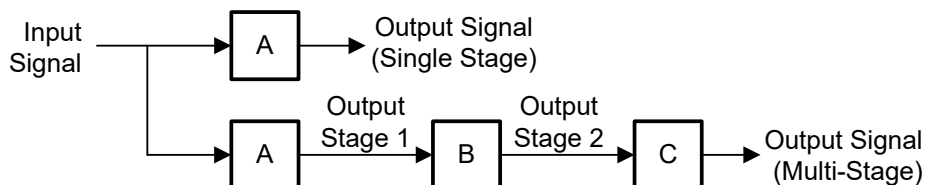
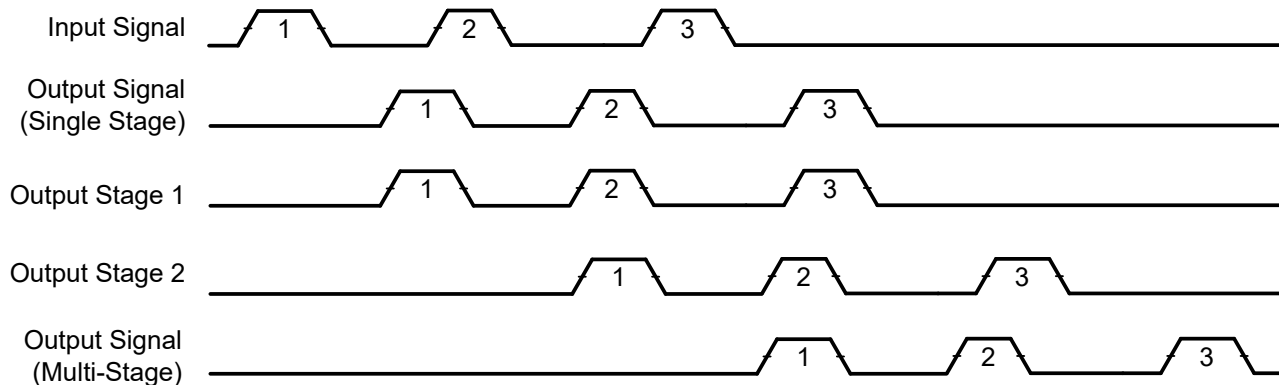
$$f_{\text{Toggle}} = (0.5t_{\text{rise}} + 0.5t_{\text{fall}} + t_{\text{pd\_hl}} + t_{\text{pd\_lh}})^{-1}$$

请注意，这种粗略估算偏保守，如果有指定，可能无法完全匹配数据表中器件的  $f_{\text{Toggle}}$ ，尤其是在评估高速比较器时要注意，因为这些比较器往往是多级比较器。使用 TLV3603 数据表中的值：

$$f_{\text{Toggle}} = (0.375 \text{ ns} + 0.375 \text{ ns} + 2.5 \text{ ns} + 2.5 \text{ ns})^{-1} = 173.9 \text{ MHz}$$

虽然数据表指出切换频率为 325MHz，但此近似值表明该产品仅处理 173.9MHz 及更低的信号。为什么会这样？这可能是由多种因素造成的，但在评估单级（或接近单级）产品和多级产品时必须重点考虑。

当使用接近单级的比较器时，比较器读取的输入信号需要通过少量的级进行传递，直到发生输出转换。 $f_{\text{Toggle}}$  取决于链中传播延迟达上限的阶段（无论该链是一个阶段还是多个阶段），而不是在馈送下一位之前一直传递到输出端。

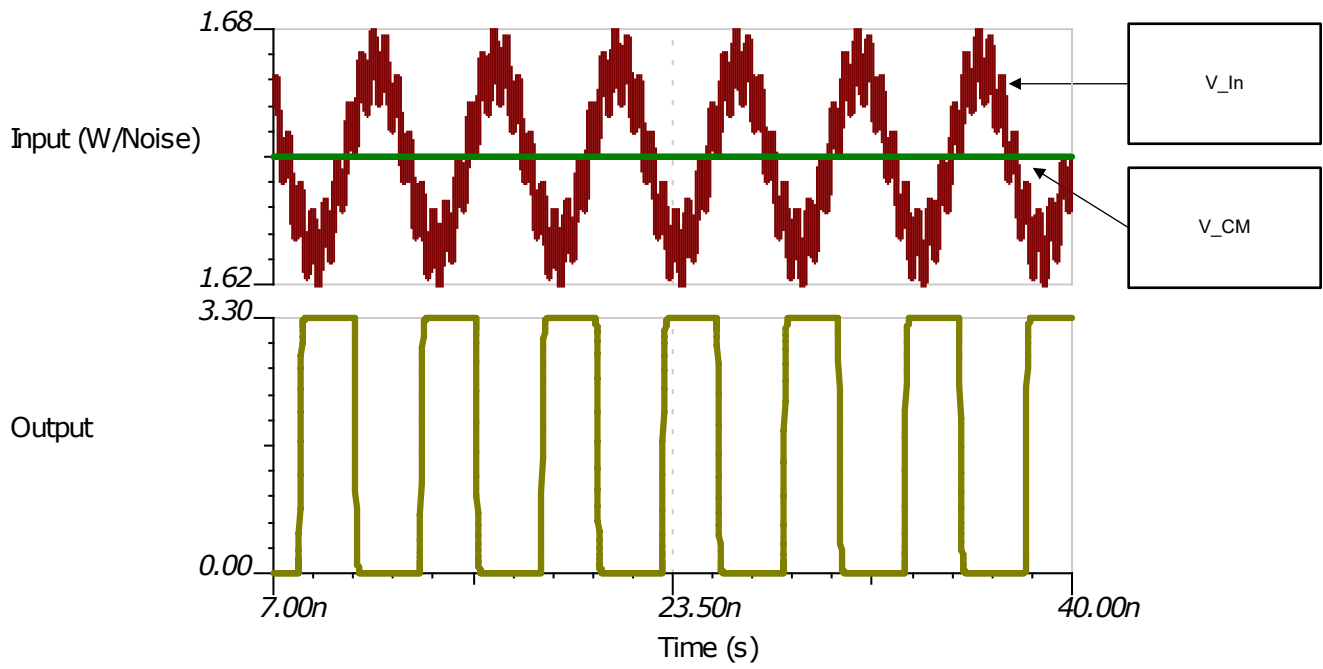


在上图中，由位 1、2 和 3 组成的输入信号都被馈送到单级比较器和多级比较器。单级比较器只有 A 级，而多级比较器由 A 级、B 级和 C 级组成。当位 1 进入两个比较器时，需要一段时间才能通过 A 级。一旦通过 A 级，在单级比较器上，其到达输出端，在多级比较器上，其进入 B 级。此时，位 2 可以开始进入 A 级。再经过一段时间，位 2 反映在单级输出端上同时也进入多级比较器的 B 级。此时，位 1 开始进入 C 级。

这说明虽然多级和单级比较器之间的传播时间可能不同（根据级的不同，可能更小、更大或几乎相同），每个比较器处理这些信号的速率取决于该位何时清除传播延迟达上限的级，这样，下一个位可以通过流水线。

设计仿真

瞬态仿真结果



## 设计参考资料

请参阅《[模拟工程师电路设计指导手册](#)》，了解 TI 的综合电路库。

请参阅电路 SPICE 仿真文件 [SNOM712](#)。

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 [TI 高精度实验室](#)。

## 设计特色比较器

TLV3603-Q1	
$V_{SS}$	2.4V 至 5.5V
$V_{inCM}$	轨到轨
$t_{pd}$	2.5ns
$V_{os}$	0.5mV
$V_{HYS}$	0mV 至 60mV (可调节)
$I_q$	6mA
输出类型	推挽
通道数	1
<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/tlv3603-Q1">www.ti.com.cn/product/cn/tlv3603-Q1</a>	

## 设计替代比较器

	TLV3501	TLV3601
$V_{SS}$	2.7 至 5.5V	2.4 至 5.5V
$V_{inCM}$	轨到轨	轨到轨
$t_{pd}$	4.5ns	2.5ns
$V_{os}$	1mV	0.5mV
$V_{HYS}$	6mV	3mV
$I_q$	3.2mA	6mA
输出类型	推挽	推挽
通道数	1	1
	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/tlv3501">www.ti.com.cn/product/cn/tlv3501</a>	<a href="http://www.ti.com.cn/product/cn/tlv3601">www.ti.com.cn/product/cn/tlv3601</a>

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (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, 不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (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。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（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，不保证没有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、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司