

带集成模拟前端且具有对 **ADC** 过载保护的电路

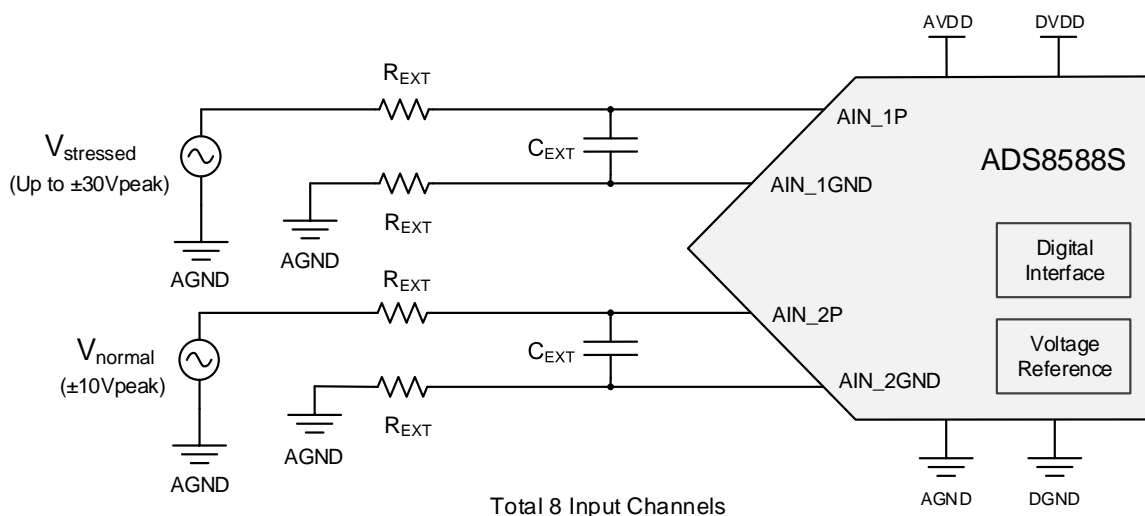
Dale Li

输入	ADC 输入	数字输出 ADS7042
$V_{inSEMin} = -10V$	CH_x = -10V	8000H
$V_{inSE} = 0V$	CH_x = 0V	0000H
$V_{inSEMax} = +10V$	CH_x = +10V	7FFFH

电源			
AVDD	DVDD	有效输入 V_{normal}	过压输入 $V_{stressed}$
5V	3.3V	$\pm 10V$	

设计说明

对于智能电网 市场 中的保护继电器应用，诸如 **ADS8588S** 之类的同步采样 ADC 广泛用于维持不同电压和电流之间的相位信息。这些系统的工作环境非常苛刻，并且信号链上可能出现幅度高达 $\pm 30V_{pk}$ ($60V_{pp}$) 的不良信号。因此，保护 ADC 输入免受过压损害并保持良好性能非常重要。本文档介绍如何设计过压保护，并说明过压信号对相邻通道的性能影响。最后将比较德州仪器 (TI) 器件和引脚对引脚兼容型竞争对手器件之间的性能影响结果。



规格

规格	计算值	测得的值
60Vpp 过压	最大输入电流 = 1mA	SNR 和 THD 性能和过压馈通

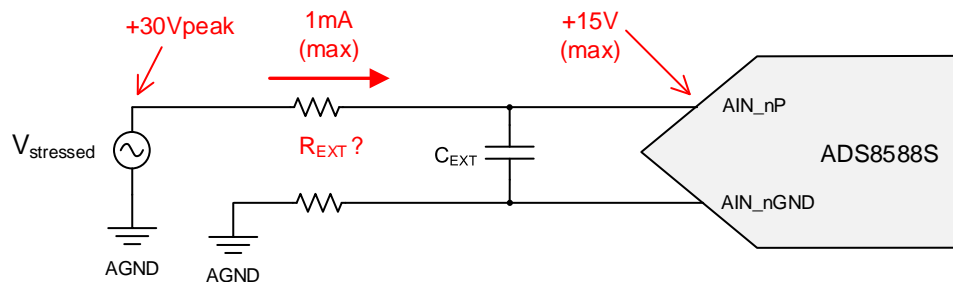
设计说明

1. 使用 COG 型电容器作为 C_{EXT} 滤波电容器。
2. 观看《电气过载》视频系列，了解放大器过载的理论解释。虽然该部分介绍的是放大器，但其中的理论也适用于数据转换器。

组件选择

1. 查找 $R_{EXT(min)}$ 以将电流限制为小于 1mA。流入 ADS8588S 输入引脚的建议最大电流为 $\pm 10mA$ ，这一电流值是基于 ADC 内部结构的普遍要求值。此 10mA 电流是绝对最大限制值，最好在该数值附近留有一些余量，建议限制电流小于 1mA。在此示例设计中，最小外部电阻为 15k Ω 。

$$R_{EXT} = \frac{30V - 15V}{1mA} = 15k\Omega$$

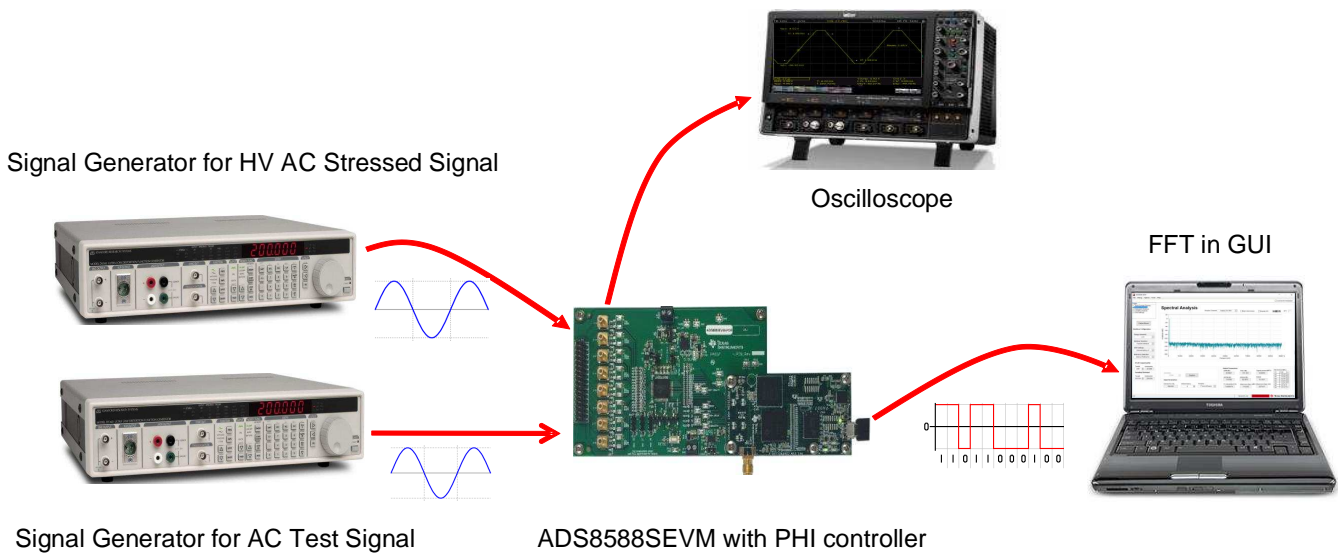


2. 选择 R_{EXT} 或 C_{EXT} 以将输入滤波器的带宽设置为所需频率。根据应用的不同，可能需要不同的截止频率。在此示例中，为适应 50Hz 信号的 128 次谐波，截止频率必须为 6.4kHz。此示例还需要 1nF 电容器，因为 1nF 是常见的工业输入滤波器电容值。应用公式后，外部电阻器 (R_{EXT}) 确定为 24.9k Ω 。请注意，在该步骤中计算出的外部电阻器大于步骤 1 中的最小电阻值（即 $R_{EXT} > R_{EXT(min)}$ ）。

$$R_{EXT} = \frac{1}{2\pi \cdot f_c \cdot C_{EXT}} = \frac{1}{2\pi(6.4kHz)(1nF)} = 24.9k\Omega$$

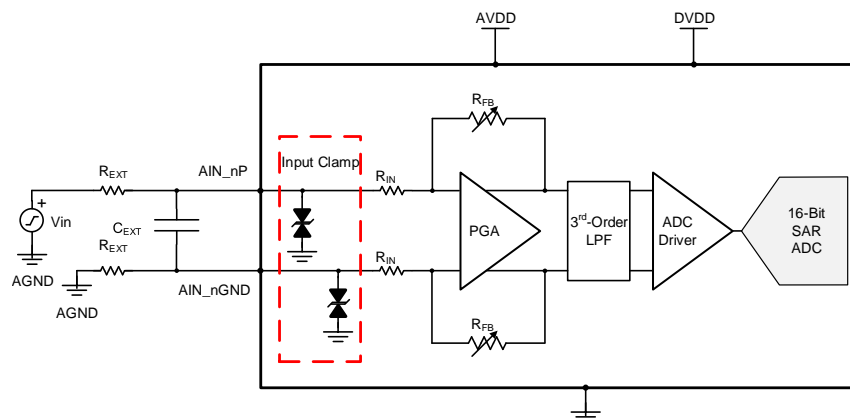
测试设置

在具有多通道器件的实际应用中，可能一个通道上施加了过压信号，而其他通道上有有效信号。在此示例中，希望在有有效信号的通道上实现良好的性能，同时保护通道免受过压信号的损害。本指导手册文档中的测量均通过施加到通道 1 的过压信号和施加到其他通道的有效信号完成。所有输入均使用“组件选择”中设计的电路予以保护。下图显示了测试设置。



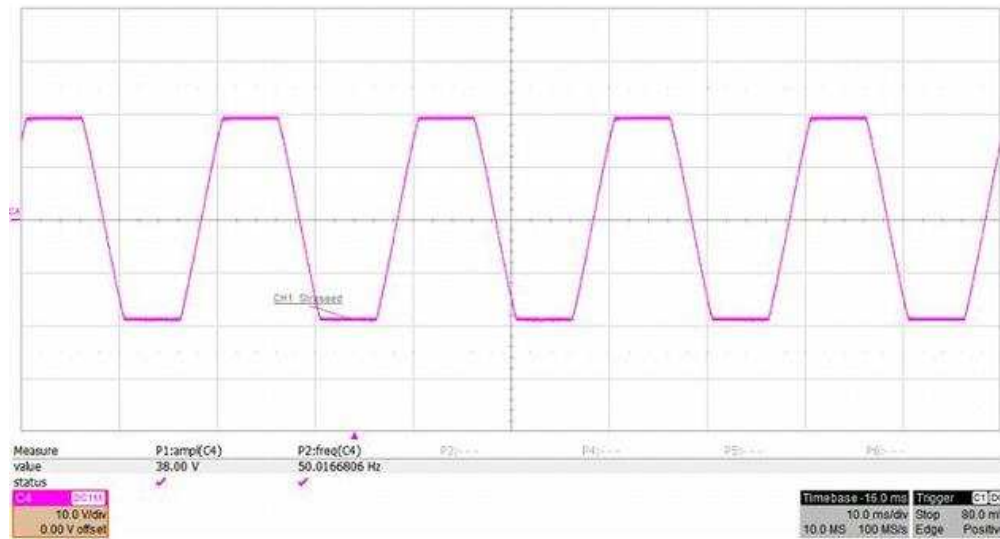
器件保护

下图显示了 ADS8588S 内每个模拟输入通道的简化电路。在 8 个模拟输入通道的每一个通道上设计了一个内部钳位保护电路，它允许每个模拟输入摆动高达 $\pm 15V$ 的最大电压。如果输入电压超过 $\pm 15V$ ，内部输入钳位电路可能会开启。进一步增加过压信号将导致保护电路中的电流升高（请参阅《采用单电源并具有双极性输入的 ADS8588S 16 位高速 8 通道同步采样 ADC》数据表中的输入钳位保护电路的 I-V 曲线）。高输入电流可能具有破坏性，降低甚至破坏 ADC 器件。这就是我们将电流限制在 1mA 以下的原因（请参阅“组件选择”部分）。发生故障事件时，钳位保护电路将开启，并将输入电压限制在大约 15V，而将电流限制在 1mA 以下。



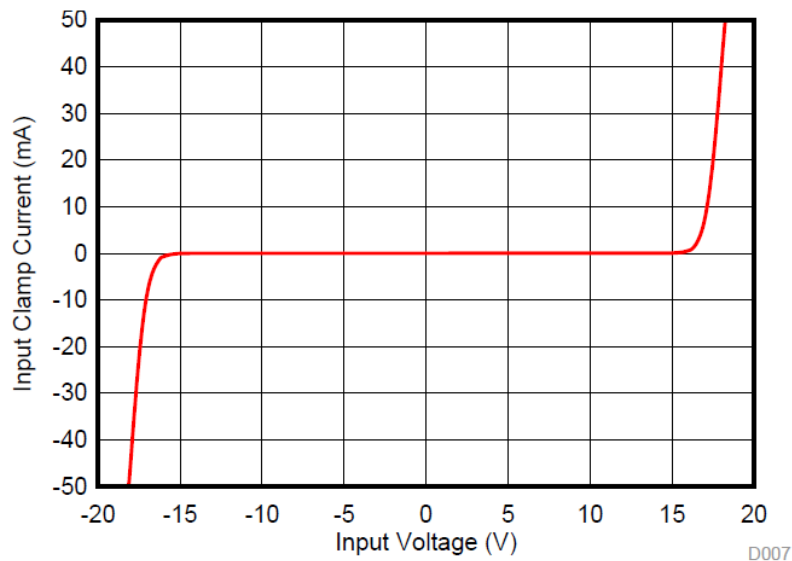
过压条件下的 ADC 输入 (AIN_P)

下图显示了施加 $\pm 30V_{peak}$ 过压信号时的 ADC 输入电压。请注意，钳位将开启并把 ADC 输入限制为 $\pm 15V_{peak}$ 。为保护 ADC 免受损坏，外部电阻器 R_{EXT} 会将电流限制在 1 毫安以下。



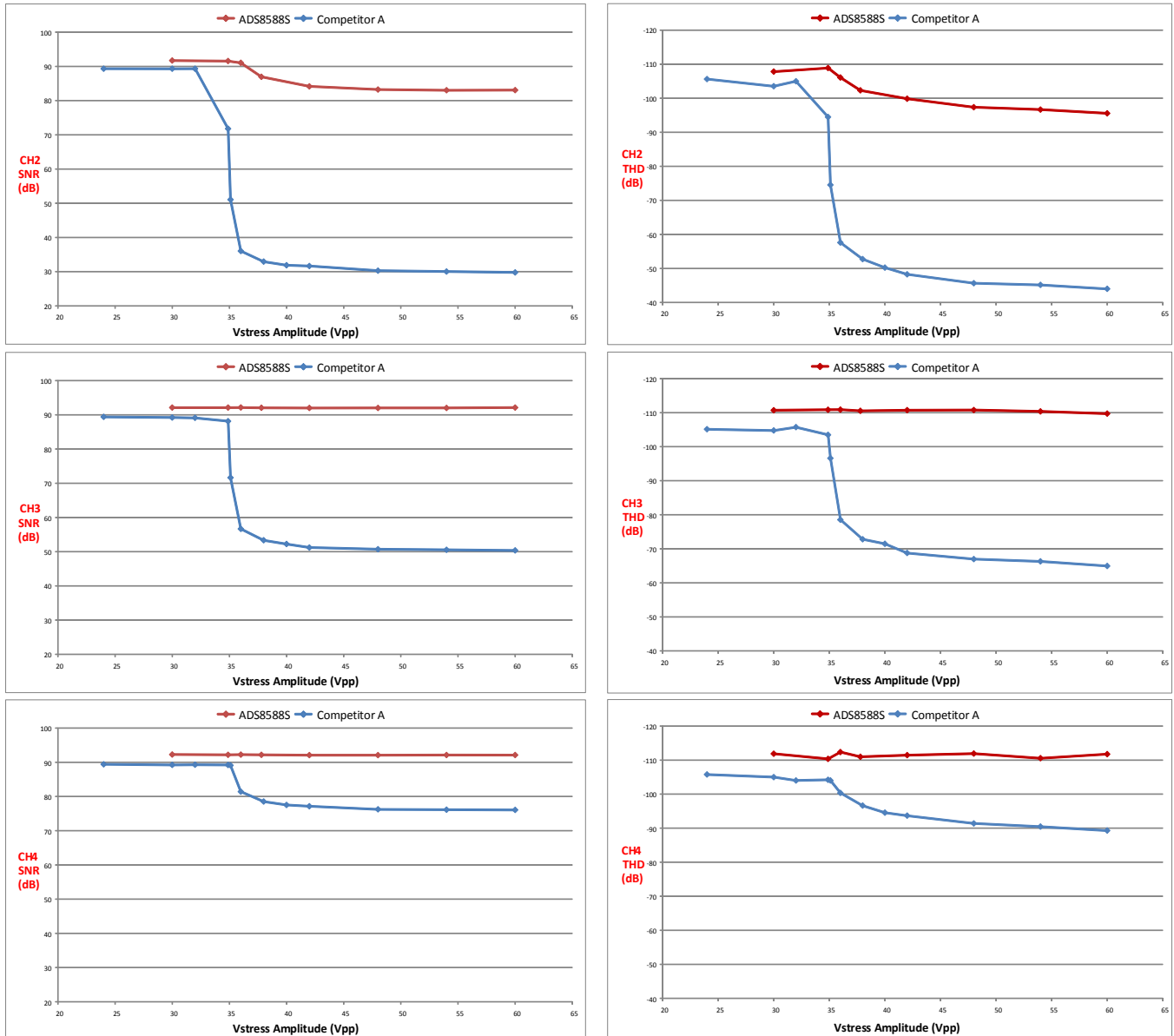
内部输入钳位保护电路的 I-V 曲线

下图显示了内部钳位的 V-I 曲线。请注意，对于 $\pm 15V$ 范围内的输入电压，钳位将保持关闭状态且泄漏非常低。而当电压超出 $\pm 15V$ 范围时，它将开启并进行限制。



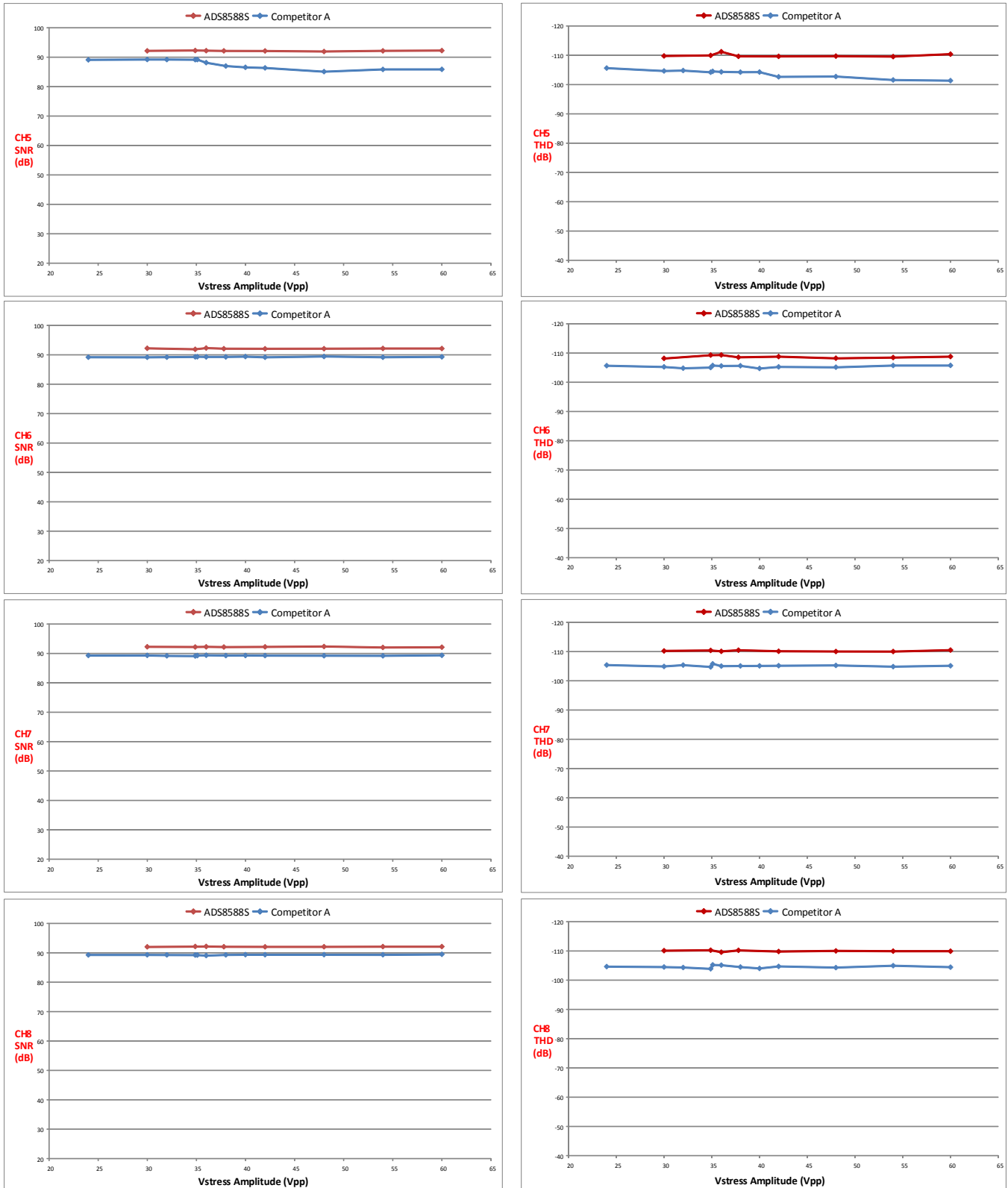
SNR 和 THD (通道 1 = 过压)

以下几个图采集了在通道 1 上施加 $\pm 30V_{peak}$ ($60V_{pp}$) 电气过载信号并且其余通道连接到有效输入信号 ($1kHz$ 、 $-0.5dBFS$ 正弦波) 时的数据。具有有效输入信号的通道的 SNR 和 THD 是通过施加到通道 1 的过压信号来测出的。该测试针对 ADS8588S 以及引脚对引脚兼容型竞争对手器件进行。请注意, ADS8588S SNR 和 THD 不受故障信号的影响, 即使受到影响, 影响也很小。另一方面, 竞争对手器件的 SNR 和 THD 性能在很大程度上受故障信号的影响。请注意, 该电路也使用 $\pm 15V_{peak}$ 、 $\pm 18V_{peak}$ 、 $\pm 21V_{peak}$ 、 $\pm 24V_{peak}$ 和 $\pm 27V_{peak}$ 信号进行了测试。正如预期的那样, 较大的过载信号会产生最坏情况的结果。



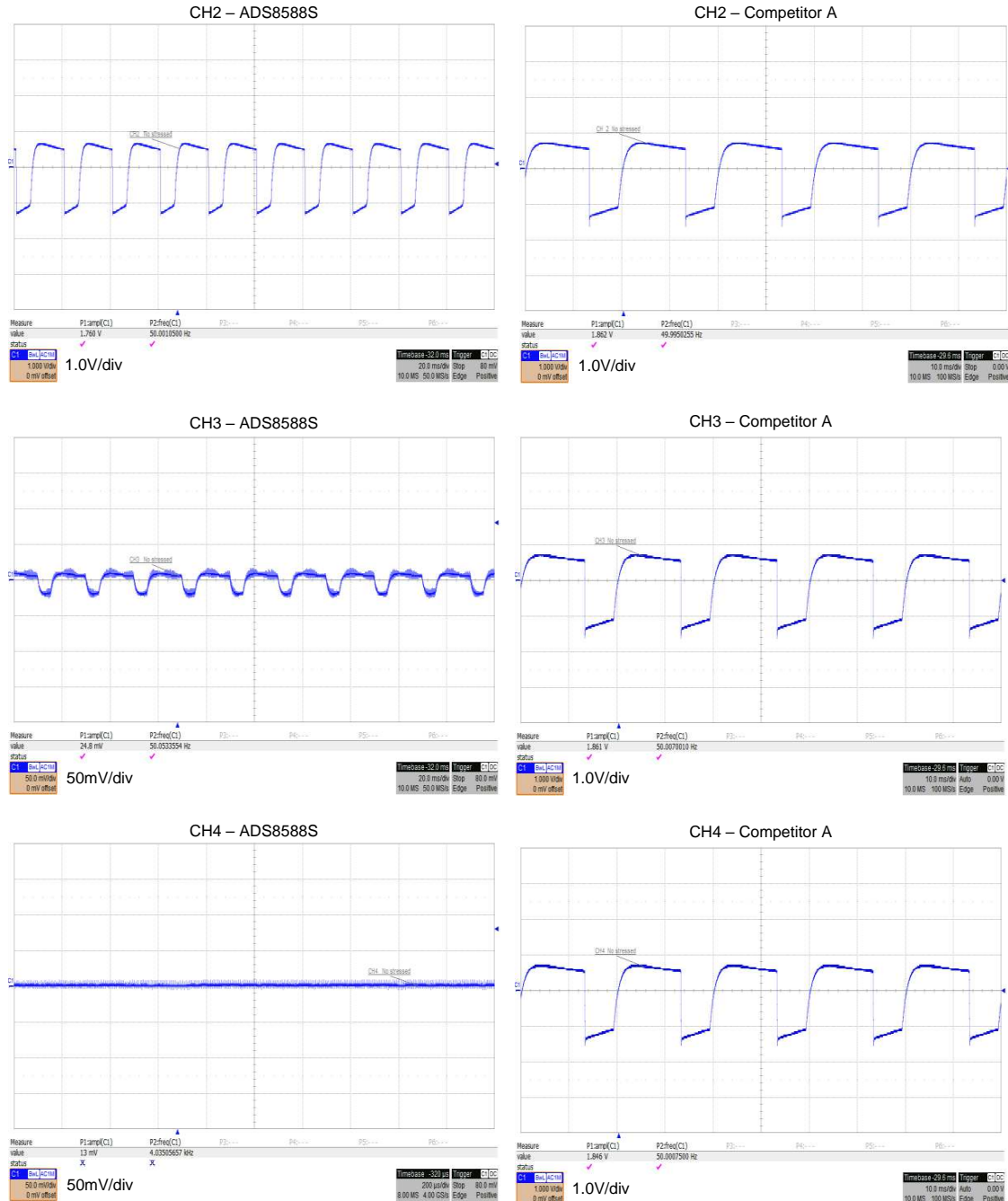
SNR 和 THD (通道 1 = 过压) (续)

这是 SNR 和 THD 测量的延续，其中将 $\pm 30V_{peak}$ (60Vpp) 故障信号应用于通道 1，并将有效输入信号应用于其他通道的性能验证。



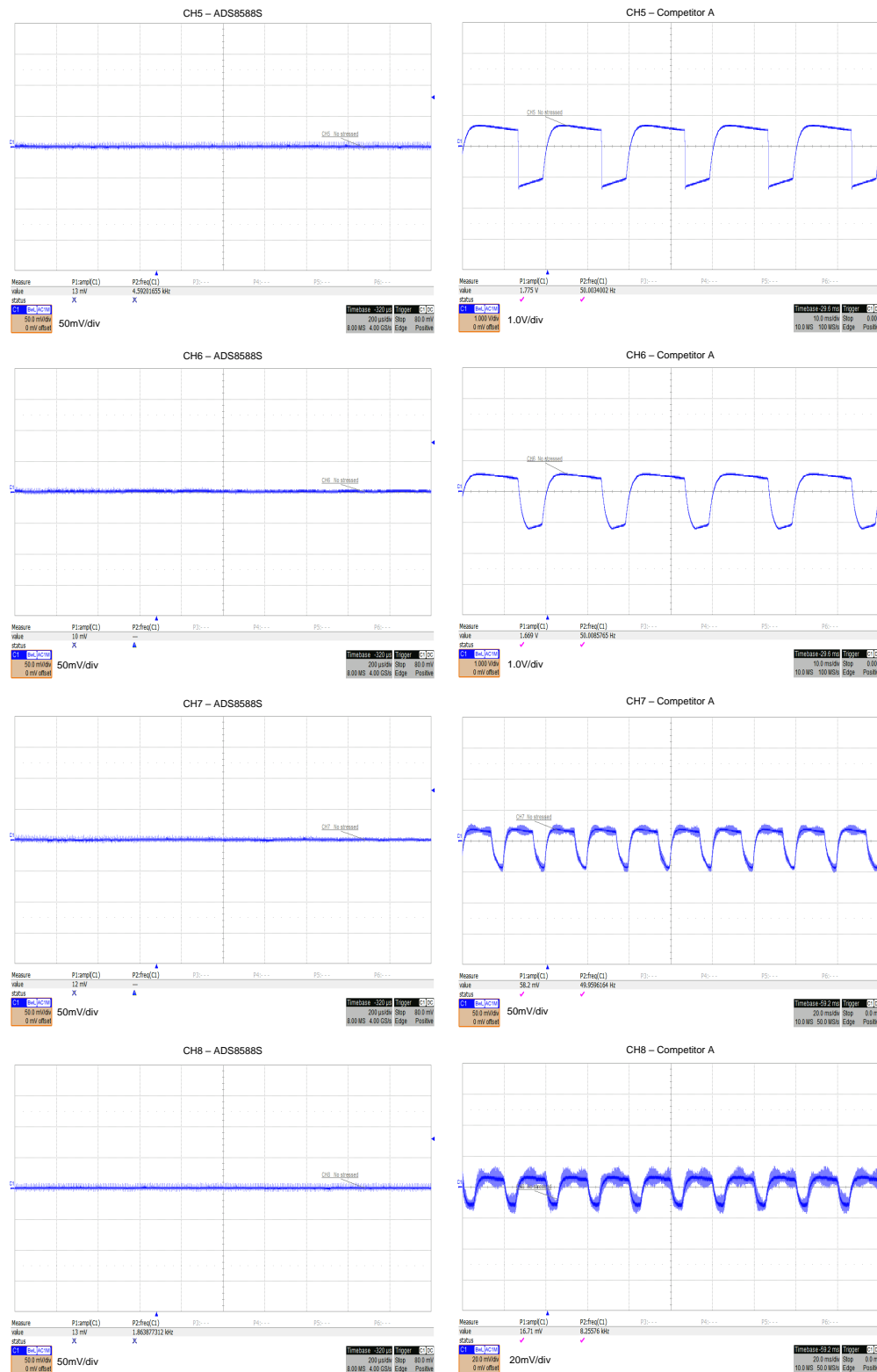
故障信号馈通到其余通道

以下几个图采集了在通道 1 上施加 $\pm 30V_{peak}$ ($60V_{pp}$) 电气过载信号并且其余通道悬空时的数据。我们使用示波器来测量过压信号到悬空通道的馈通。请注意，对于通道 2，ADS8588S 和竞争对手器件是类似的。在其余通道 (CH3 至 CH8) 上，ADS8588S 的馈通远小于 TI 器件。这一情况明显表明，对于 ADS8588S，当系统中的一个通道出现过压故障时，具有有效输入信号的通道的运行不会受到显著影响。另一方面，对于竞争对手器件，所有通道都受到故障的不利影响。请注意，该电路也使用 $\pm 15V_{peak}$ 、 $\pm 18V_{peak}$ 、 $\pm 21V_{peak}$ 、 $\pm 24V_{peak}$ 和 $\pm 27V_{peak}$ 信号进行了测试。正如预期的那样，较大的过载信号会产生最坏情况的结果。



故障信号馈通到其余通道（续）

这是馈通测试的延续，表明具有有效输入信号的 ADS8588S 通道不受故障通道的影响。



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。

德州仪器 (TI)，《在集成模拟前端 (AFE) 中减少外部 RC 滤波器电路对增益和漂移误差的影响：±10V》

德州仪器 (TI)，《可在集成式模拟前端 (AFE) SAR ADC 上增大输入范围的电路》

设计中采用的器件

器件	主要 特性	链接	其他可能的器件
ADS8588S	16 位、8 通道同步采样、双极性输入 SAR ADC	http://www.ti.com.cn/product/cn/ADS8588S	http://www.ti.com/adcs
REF5025	低噪声、低漂移、高精度电压基准	http://www.ti.com.cn/product/cn/REF5025	http://www.ti.com.cn/zh-cn/power-management/voltage-reference

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 & 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