



Dale Li

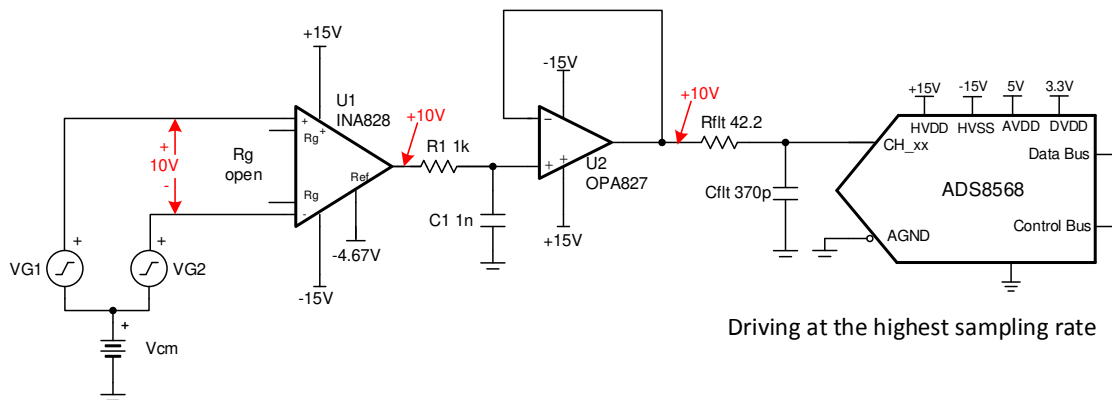
输入	ADC 输入	数字输出 ADS7042
VinDiffMin = -10V	CH_x = -10V	8000H
VinDiffMax = +10V	CH_x = +10V	7FFFH

## 电源

AVDD	DVDD	HVDD (V <sub>CC</sub> )	HVSS(V <sub>EE</sub> )
5.0V	3.3V	+15V	-15V

## 设计说明

仪表放大器针对低噪声、低失调电压、低漂移、高 CMRR 和高精度进行了优化，但这些仪表放大器可能无法驱动精密 ADC，以在 ADC 采集期间正确地使信号稳定。该设计将展示宽带缓冲器 (OPA827) 如何与仪表放大器结合使用，以在较高的采样速率下实现良好的稳定。这个具有缓冲器的 INA828 仪表放大器驱动 ADS8568 SAR ADC，以实现可能具有较宽共模电压范围的高电压全差分信号或高达  $\pm 10V$  的双极单端信号的数据捕获。相关的电路指导手册 ([采用仪表放大器驱动高电压 SAR ADC](#)) 中介绍了一种不采用宽带缓冲器的简化方法，与本文档中的缓冲式设计相比，该简化方法具有有限的采样速率。该电路实施适用于需要精密信号处理和数据转换的 [工业运输](#) 和 [模拟输入模块](#)。



## 规格

规格	目标值	计算值	仿真值
瞬态稳定误差	< 1/2LSB (< 152 $\mu$ V)	不适用	- 346nV
噪声 (ADC 输入端)	<20 $\mu$ V <sub>RMS</sub>	47.2 $\mu$ V <sub>RMS</sub>	46 $\mu$ V <sub>RMS</sub>

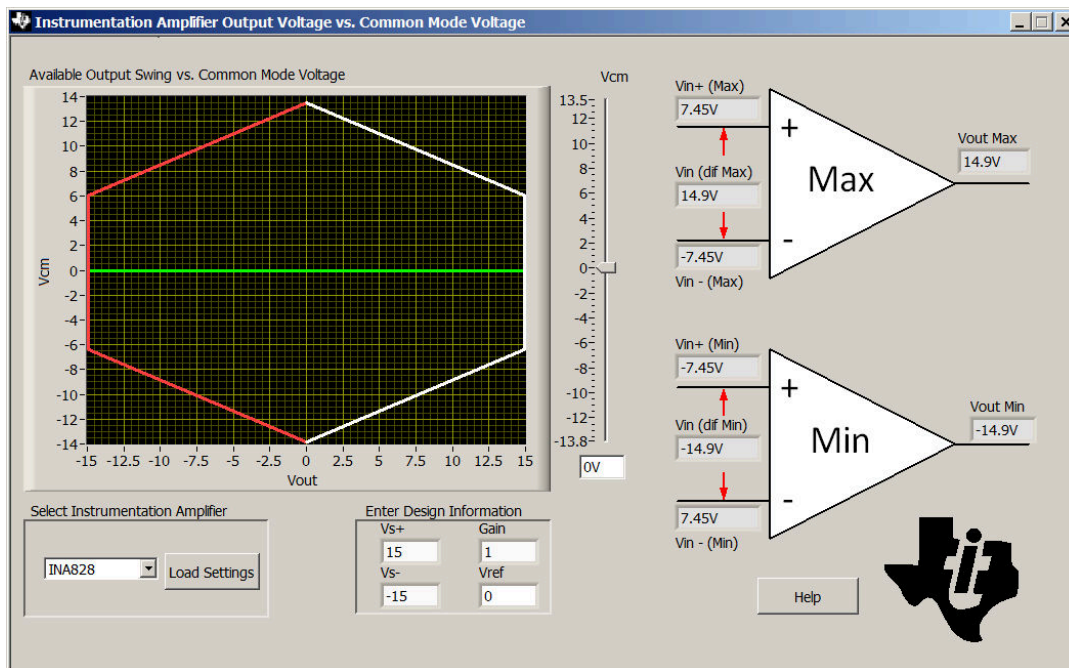
## 设计说明

1. 仪表放大器的带宽通常不足以以较高的数据速率驱动 SAR 数据转换器，因此需要使用宽带驱动器，因为采用开关电容器输入结构的 SAR ADC 具有需要在每次采集期间充满电的输入电容器。此设计中增加了 OPA827 缓冲器，从而使 ADC 能够以最大采样速率运行 ([ADS8568 510kSPS](#)，对于并行接口)。

2. **ADS8568** 可以接受  $\pm 10\text{V}$  单端输入信号。**INA828** 用于将  $\pm 10\text{V}$  差分信号转换为  $\pm 10\text{V}$  单端信号。因此，在该示例中 **INA282** 具有单位增益，不需要外部增益设置电阻器  $R_g$ 。如果输入信号范围较小，从而需要增益，请参阅 [采用高增益仪表放大器驱动 ADC 的电路](#)。
3. 使用 [模拟工程师计算器](#) 检查放大器的共模范围。
4. 选择适合  $C_1$  和  $C_{\text{filt}}$  的 COG 电容器，以便更大程度地减少失真。
5. 高精度实验室视频系列介绍了选择驱动器放大器以及电荷桶电路  $R_{\text{filt}}$  和  $C_{\text{filt}}$  的方法。有关详细信息，请观看 [选择和验证驱动器放大器](#) 和 [SAR ADC 前端元件选择简介](#) 视频。
6. 设置运算放大器和仪表放大器之间滤波器的截止频率，以实现抗混叠并更大程度地降低噪声。有关混叠和抗混叠滤波器的更多详细信息，请观看 [混叠和抗混叠滤波器](#)。

## 元件选型

1. 根据差分输入信号水平和 ADC 满量程输入范围，查找增益。该设计中的输入信号是  $\pm 10\text{V}$  高电压信号，因此应将 **INA828** 的增益设置为 1，不需要增益电阻器 ( $R_g$ )。
2. 使用 [模拟工程师计算器](#) 来确定 **INA828** 是否超出共模范围。下图中的共模计算器指示对于  $0\text{V}$  共模输入，输出摆幅为  $\pm 14.9\text{V}$ 。

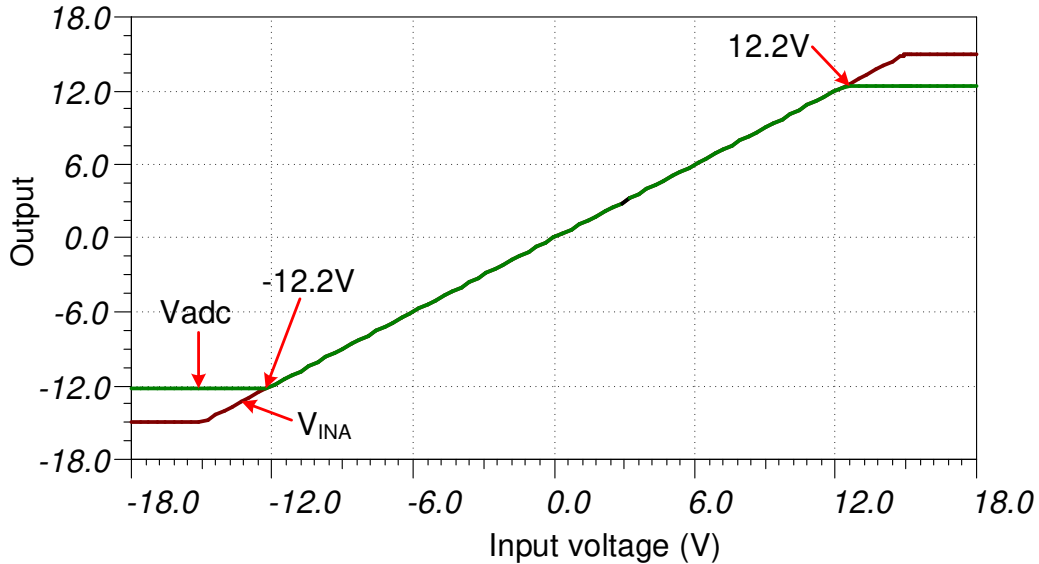


3. 使用 [TINA SPICE](#) 和 [SAR ADC 前端元件选择](#) 中所述的方法来查找  $C_{\text{filt}}$  和  $R_{\text{filt}}$  的值。本文档中所示的  $R_{\text{filt}}$  和  $C_{\text{filt}}$  值适用于这些电路；不过，如果您使用其他放大器，则必须使用 [TINA SPICE](#) 来确定新值。
4. 根据您的系统要求（在该示例中为  $f_{\text{cRC}} = 15.9\text{kHz}$ ）选择 **INA828** 和 **OPA827** 之间的 RC 滤波器。设置该滤波器的截止频率，以实现抗混叠并更大程度地降低噪声。

$$f_{\text{cRC}} = \frac{1}{2\pi \cdot R_1 \cdot C_1} = \frac{1}{2\pi \cdot (1\text{k}\Omega) \cdot (1\text{pF})} = 159\text{kHz}$$

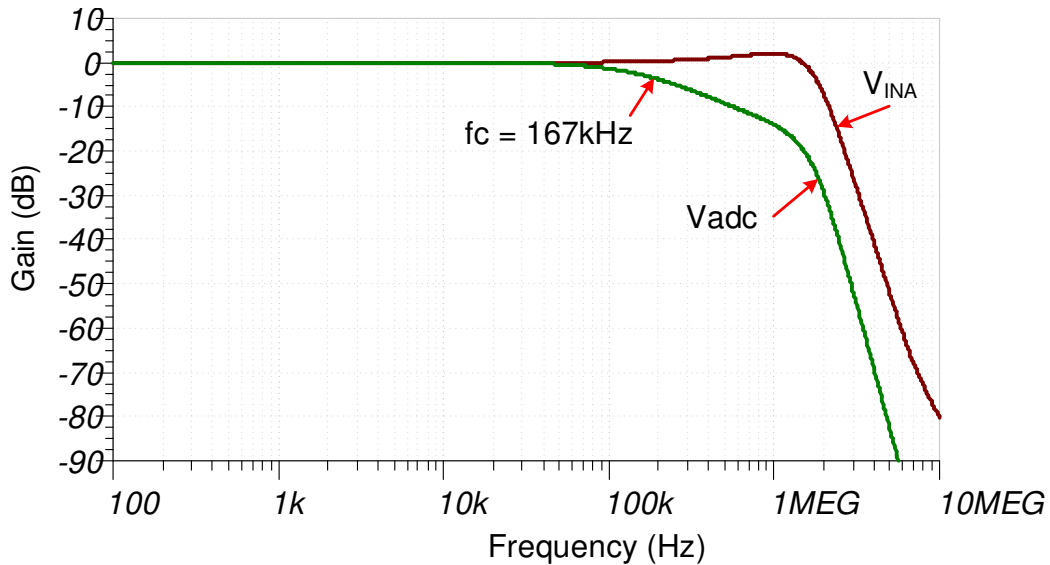
## 直流传输特性

下图展示了  $-12.2\text{V}$  至  $+12.2\text{V}$  差分输入的线性输出响应。ADC 的输入范围是  $\pm 10\text{V}$ ，因此放大器的线性度远远超出所需的范围。请观看 [使用仪表放大器时确定 SAR ADC 的线性范围](#)，了解有关该主题的理论。该 ADC 的满量程范围 (FSR) 处于仪表放大器的线性范围内。



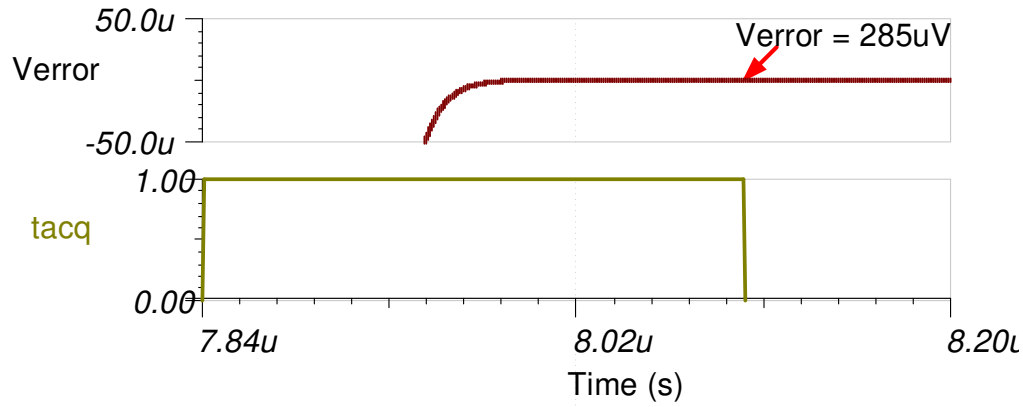
### 交流传输特性

该系统的带宽被仿真为 167kHz，增益为 0dB。OPA827 和 INA828 之间的滤波器将带宽限制为约 167kHz。



### 瞬态 ADC 输入稳定仿真 (510kSPS)

之所以使用 OPA827 缓冲器 (22MHz GBW)，是因为它能够响应 ADS8568 的电荷反冲产生的快速瞬态。该运算放大器缓冲器使系统能够实现 ADS8568 的最大采样速率 (510kSPS)。以下仿真显示了使用 INA828 和 OPA827 缓冲器以及 ADS8568 的稳定至满量程直流输入信号。该类型的仿真表明已正确选择采样保持反冲电路，满足所需的  $\frac{1}{2}$ LSB (152 $\mu$ V)。请观看 SAR ADC 前端元件选择简介 培训视频系列，了解有关该主题的详细理论。



### 噪声仿真

该部分概要介绍如何使用简化的噪声计算方法进行粗略估算。这些噪声包括 [INA828](#) 和 [OPA827](#) 噪声。请注意，仪表放大器和运算放大器之间的 RC 滤波器会显著降低总噪声。将输出滤波器极点估算为二阶滤波器，因为 [OPA827](#) (22MHz) 带宽限制和电荷桶滤波器截止频率 (10.2MHz) 接近。

$$E_{n-INA} = G \sqrt{e_{n-in}^2 + \left(\frac{e_{n-out}}{G}\right)^2} \cdot \sqrt{K_n \cdot f_{cRC}}$$

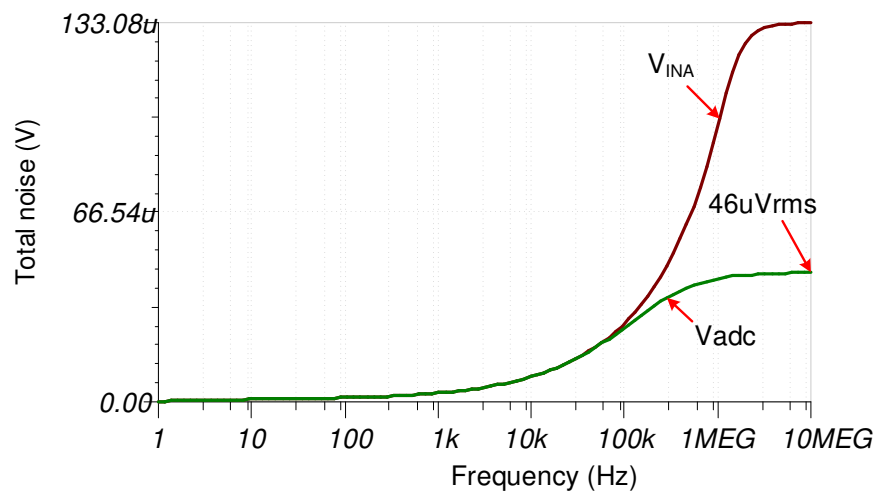
$$E_{n-INA} = 1 \sqrt{(4nV / \sqrt{Hz})^2 + \left(\frac{90nV / \sqrt{Hz}}{1}\right)^2} \cdot \sqrt{(1.57) \cdot (159kHz)} = 45.1\mu V_{RMS}$$

$$f_{c-adcFilter} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{filt} \cdot C_{filt}} = \frac{1}{2\pi \cdot (42.2\Omega) \cdot (370pF)} = 10.2MHz$$

$$E_{opa} = e_{n-opa} \sqrt{K_n \cdot f_c} = (4nV / \sqrt{Hz}) \sqrt{(1.22) \cdot (10.2MHz)} = 14.1\mu V_{RMS}$$

$$E_{n-total} = \sqrt{E_{n-INA}^2 + E_{opa}^2} = \sqrt{(45.1\mu V)^2 + (14.1\mu V)^2} = 47.2\mu V_{RMS}$$

请注意，计算值与仿真值之间匹配良好（计算值 = 47.2μV，仿真值 = 46μV）。有关放大器噪声计算的详细理论，请参阅 [TI 高精度实验室](#)；有关数据转换噪声，请参阅 [计算 ADC 系统的总噪声](#)。



**设计中采用的器件**

器件	主要特性	链路	类似器件
<a href="#">ADS8568</a>	16 位、8 通道同步采样、双极性输入 SAR ADC	<a href="#">16 位、8 通道同步采样双极输入 SAR 模数转换器 (ADC)</a>	<a href="#">模数转换器 (ADC)</a>
<a href="#">INA828</a>	带宽 1MHz (G=1)，低噪声 18nV/rtHz，低失调电压 $\pm 40 \mu\text{V}$ ，低温漂 $\pm 0.4 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ，低增益漂移 0.1ppm/ $^\circ\text{C}$ (典型值)	<a href="#">50<math>\mu\text{V}</math> 失调电压、7nV/<math>\sqrt{\text{Hz}}</math> 噪声、低功耗、精密仪表放大器</a>	<a href="#">仪表放大器</a>
<a href="#">OPA827</a>	增益带宽 22MHz，低噪声 4nV/rtHz，低失调电压 $\pm 75 \mu\text{V}$ ，低失调电压漂移 $\pm 0.1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (典型值)	<a href="#">低噪声、高精度 JFET 输入运算放大器</a>	<a href="#">运算放大器</a>

**主要文件链接**

德州仪器 (TI)，[SBAA286](#) 的源文件，支持软件

**商标**

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司