

Application Note

适用于电压检测应用且具有差分输出、单端固定增益输出和单端比例式输出的隔离式放大器



Alexandra Torres

摘要

德州仪器 (TI) 推出了 AMC0xxxD/S/R 产品系列，这是全新的隔离式交流和直流电压检测放大器产品系列，具有差分输出、单端固定增益输出和单端比例式输出选项。

内容

1 引言.....	2
2 差分输出、单端固定增益输出和单端比例式输出概述.....	2
2.1 具有差分输出的隔离式放大器.....	2
2.2 具有单端固定增益输出的隔离式放大器.....	3
2.3 具有单端比例式输出的隔离式放大器.....	5
3 应用示例.....	8
3.1 产品选择树.....	8
4 总结.....	9
5 参考资料.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

一些汽车系统和工业系统在恶劣环境中以高电压运行。要在这些情况下保持系统效率和长期可靠性，高性能隔离式电压检测设计至关重要。为了选择正确的隔离式放大器，需要考虑许多因素，例如系统精度、PCB 空间以及要采用该器件的系统的成本。为了设计更小尺寸、更低成本、更高精度并且仍满足性能要求的系统，德州仪器 (TI) 推出了 AMC0xxxD/S/R 产品系列，这是全新的隔离式交流和直流电压检测放大器产品系列，具有差分输出、单端固定增益输出和单端比例式输出选项。

2 差分输出、单端固定增益输出和单端比例式输出概述

2.1 具有差分输出的隔离式放大器

差分输出放大器广泛用于需要高精度、高抗噪性能并保持信号完整性的系统。差分输出放大器提供两个输出：正输出和负输出，这两者的幅度相等但相位相反。借助两个均衡的输出信号，差分输出放大器能够在不降低信号性能的情况下处理接地漂移，因此差分输出放大器非常适合高精度和高性能应用。由于放大器对接地漂移不敏感，因此这些器件支持远距离输出信号布线，同时仍能保持信号完整性。

对于差分输出放大器，有一些设计注意事项。一个注意事项是 PCB 布局。PCB 布局不佳可能会影响放大器保持精确共模输出电压的能力。差分放大器同时依赖于反相和同相路径，因此为了尽可能减少输出误差，应当确保两条输出线路的 PCB 布线长度相等以保持对称性，这一点至关重要。配置差分输出放大器连接到模数转换器 (ADC) 时，有多种不同的设计选项可供选择。选项 1 (如图 2-1 所示) 是一种将差分输出放大器直接连接到差分输入 ADC 的配置。但是，MSP430 和 C2000 等处理器都具有嵌入式单端输入 ADC。考虑到这一点，需要将差分信号转换为单端信号，才能与 ADC 直接连接。输出至单端输入 ADC 的最佳设计始终是将差分输出转换为单端输出，如图 2-1 中的选项 2 所示。

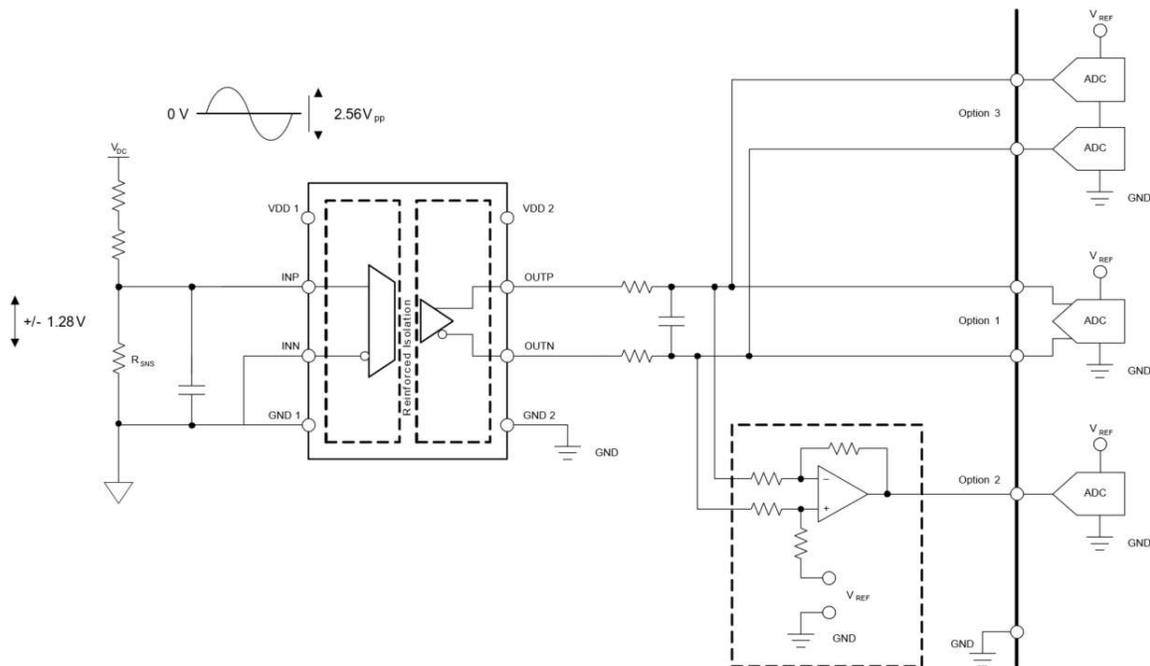


图 2-1. 差分输出配置

此配置引入了一个额外的放大器，这个放大器支持将差分信号转换为直接输出到 ADC 的单端信号。有关将差分输出级连接到单端输出级的更多信息，请参阅 [具有 \$\pm 250\text{mV}\$ 输入范围和单端输出电压的隔离式电流检测电路](#) 模拟工程师电路手册。另一种设计是使用两个单端输入 ADC 并减去 MCU 中的值，如图 2-1 中的选项 3 所示。但是，选项 3 的缺点是会出现复合误差并且需要额外的 ADC，这使得该选项不太有吸引力。

2.2 具有单端固定增益输出的隔离式放大器

新的产品系列为无法受益于差分输出的紧凑型设计提供了备选器件。差分输出放大器和单端输出放大器之间的差异主要在于这些放大器的噪声处理方式、输出信号以及设计特性。新的器件系列引入了两个单端放大器选项：具有固定增益的单端放大器和具有比例式增益的单端放大器。

由于易于使用且具有成本效益，单端固定增益放大器具有广泛的需求。单端固定增益放大器可以输出与放大器输入电压成正比的单端信号。由于该器件按设计可以直接连接单端输入 ADC，因此不再需要前面图 2-1 中所示的额外差分至单端放大器转换级。所以，此设计需要的元件更少，进而可以减小设计尺寸并降低 BOM 成本，使得这款器件非常适合紧凑型系统。

单端固定增益器件的一个设计注意事项是器件的接地噪声灵敏度。地电位的波动会向信号引入噪声或误差，从而导致输出信号失真，而通过正确接地和元件选型可以消除这种情况。如果不注意这点，可能会降低信噪比并降低整体性能。另一个设计注意事项是施加到器件基准 (REFIN) 引脚的电压；该器件的引脚排列如图 2-4 所示。图 2-2 显示了 AMC0x11S 器件的输入到输出传输特性，该器件是一款单端固定增益输出器件，输入电压范围为 0V 至 2.25V。

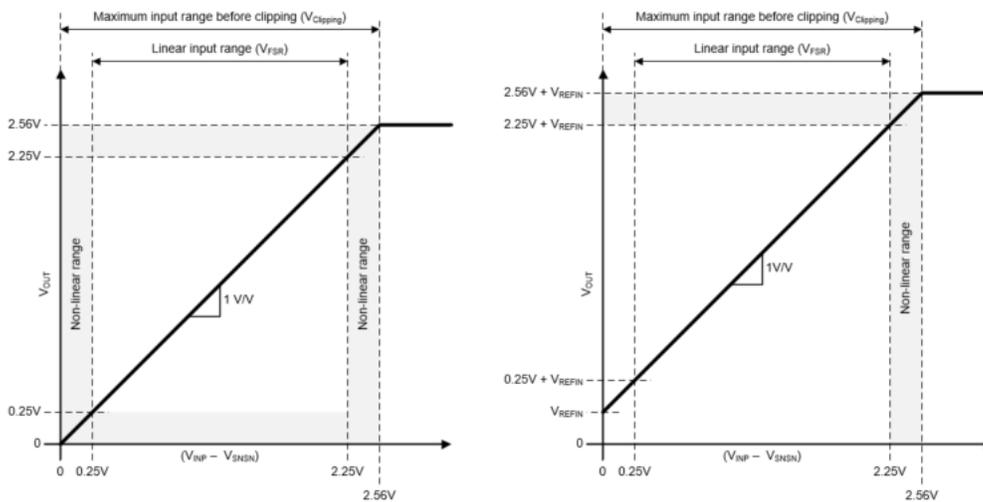


图 2-2. AMC0x11S 的输入到输出传输特性

左图显示了 REFIN 短接至 GND2 的情况。右图显示了 $V_{REFIN} = 250\text{mV}$ 时的情况。向 REFIN 提供 $\geq 250\text{mV}$ 的电压会将线性输入电压范围扩展至 0V。输出缓冲器需要 250mV 的最小余量才能实现线性运行。因此，在 REFIN 短接至 GND2 的情况下，该器件在接近 0V 的输入电压下表现出非线性行为。AMC0x11S 器件输出电压的计算公式为：

AMC0x11S 的输出电压：

$$V_{OUT} = (V_{INP} - V_{SNSN}) + V_{REFIN} \tag{1}$$

AMC0x30S 器件是输入电压范围为 $\pm 1V$ 的单端固定增益器件，其输出与输入电压 (V_{IN}) 成正比，其中 $REFIN$ 以 $GND2$ 为基准。输出电压的计算公式如下：

AMC0x30S 的输出电压：

$$V_{OUT} = (V_{INP} - V_{SNSN}) + V_{REFIN} \tag{2}$$

图 2-3 显示了 AMC0x30S 器件的输入到输出传输特性。如果输入电压低于 $-1V$ 和高于 $+1V$ ，该器件的输出会继续跟随输入，但线性性能会降低。

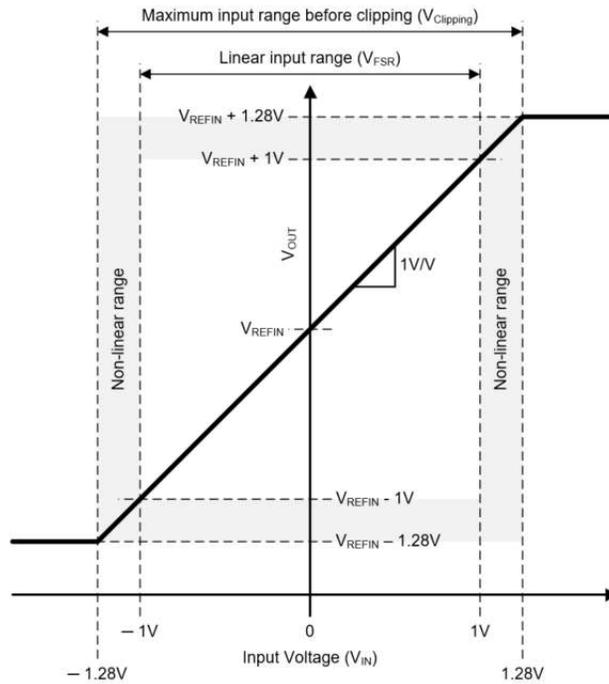


图 2-3. AMC0x30S 的输入到输出传输特性

2.3 具有单端比例式输出的隔离式放大器

为提供全面的器件产品系列以满足对于高性能、高经济效益和更小系统尺寸的需求，新产品系列提供了具有比例式输出的单端器件选项。新产品系列的单端比例式输出器件旨在根据 ADC 的基准电压按比例调整增益。固定增益输出的一个缺点是固定增益只能提供 2V 的输出摆幅。具有 5V 模拟 IO 的系统只能使用 ADC 输入范围的 50%，因此测量分辨率会丢失 1 位。比例式输出可确保放大器充分利用 ADC 动态范围，从而更大限度提高测量分辨率。图 2-4 和图 2-5 介绍了比例式器件的两种不同配置：

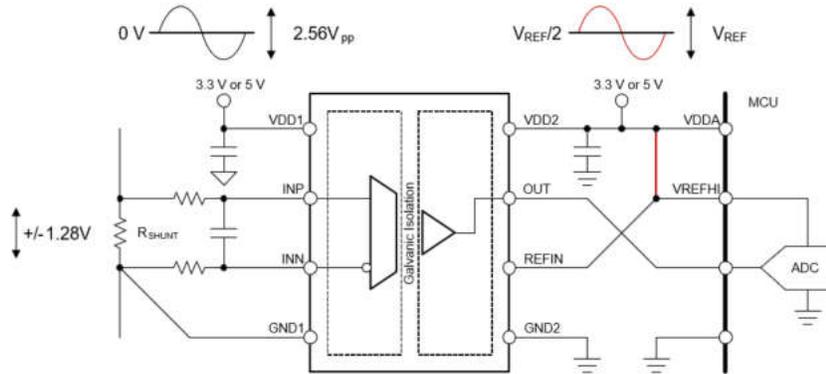


图 2-4. REF 来自电源

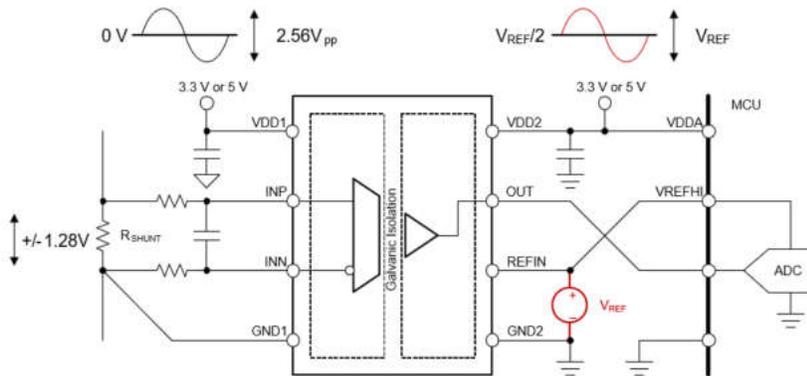


图 2-5. REF 由外部基准供电

从电源轨获取基准电压有助于降低成本，因为涉及的元件会更少。但是，从外部基准获取基准电压可降低噪声。

单端比例式输出器件的设计使其不受基准电压值的影响，并且能够容忍不准确性和交流干扰。由于该器件能够实现更高的分辨率、精度和稳定性，同时无需额外的差分至单端放大器转换级，因此非常需要使用比例式选项，以便在满足性能规格要求的同时节省成本、减少 PCB 空间并降低 BOM 成本。

单端比例式器件的一个设计注意事项是 ADC 的输入电压范围。由于比例式器件可支持 2.75V 至 5.5V 基准电压，因此比例式器件最适合输入电压范围为 3.3V 至 5V 的 ADC。该器件的另一个设计注意事项是布线。由于 ADC 和放大器的基准电压是成正比的，因此 ADC 的基准电压需要连接到比例式器件。

图 2-6 显示了 AMC0x30R 器件的输入到输出传输特性，该器件是一款输入电压范围为 $\pm 1V$ 的单端比例式增益器件。由于放大器在基准电压的中点偏置，双极输入器件在 $V_{IN} = 0$ 时可以输出 V_{REF} 的 50%。

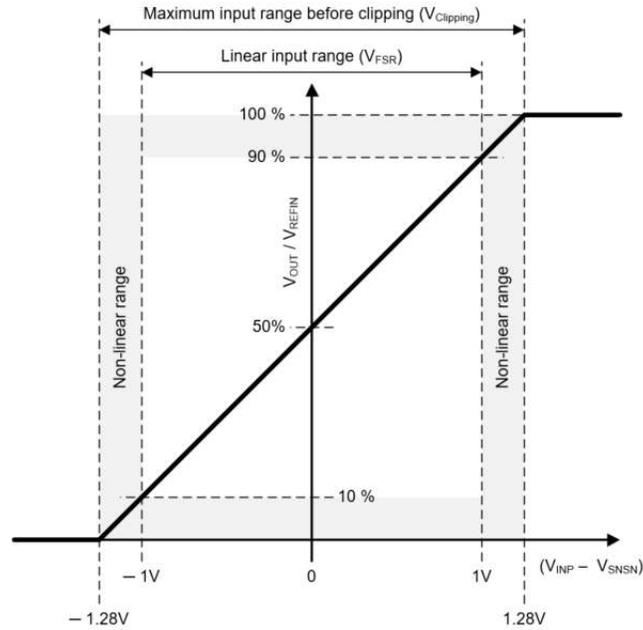


图 2-6. AMC0x30R 的输入到输出传输特性

对于指定线性输入范围内的任何输入电压，该器件可以输出由以下公式定义的电压：

AMC0x30R 的输出电压：

$$V_{OUT} = ((V_{INP} - V_{SNSN}) / V_{Clipping}) \times V_{REFIN} / 2 + V_{REFIN} / 2. \quad (3)$$

如果输入电压低于 -1V 和高于 +1V，该器件的输出会继续跟随输入，但线性性能会降低。

AMC0x11R 是输入电压范围为 0.13V 至 2.25V 的单端比例式器件，其输出电压由以下公式定义：

AMC0x11R 的输出电压：

$$V_{OUT} = ((V_{INP} - V_{SNSN}) / V_{Clipping}) \times V_{REFIN}. \quad (4)$$

与 AMC0x11S 类似，AMC0x11R 器件在输入电压接近 0V 时表现出非线性行为，如图 2-7 所示。

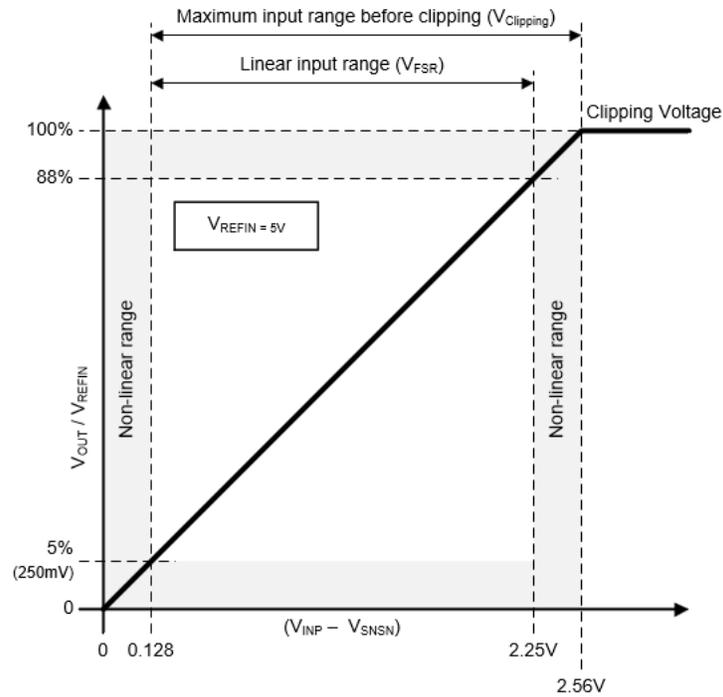


图 2-7. AMC0x11R 的输入到输出传输特性

当 $V_{REFIN}=5V$ 时，线性运行的最小输入电压为 128mV。输出为基准的 5%，即 250mV。

可以使用以下公式计算出线性运行的最小输入电压：

AMC0x11R 线性运行的最小输入电压：

$$V_{INP, MIN} = (250mV \times V_{Clipping}) / V_{REFIN} \quad (5)$$

3 应用示例

3.1 产品选择树

Isolated Voltage Sensing Selection Tree: New Device Family

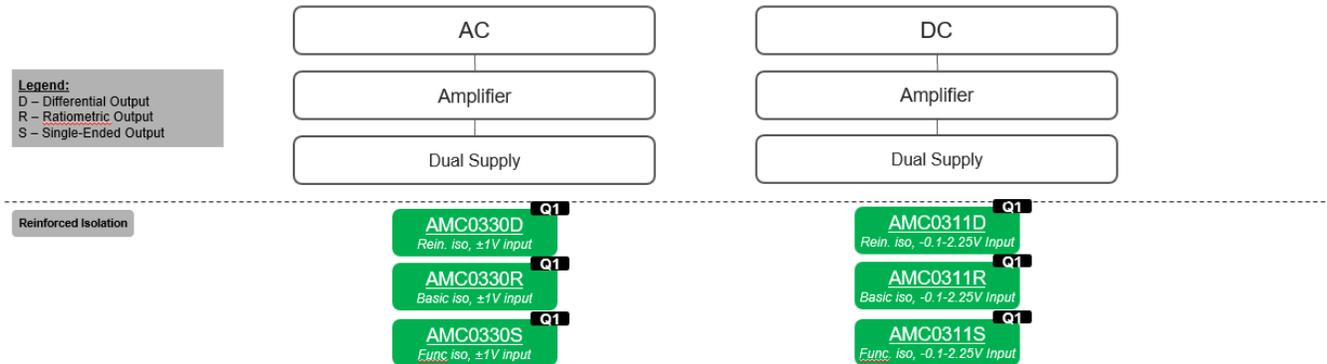


图 3-1. 产品选择树

新的器件产品系列具有六个增强型隔离式电压检测放大器选项，可在直流应用中支持 0V 至 2V 的输入电压范围，在交流应用中支持 $\pm 1V$ 的输入电压范围。AMC0311D、AMC0311R 和 AMC0311S 器件支持直流电压检测并具有单极输入选项，而 AMC0330D、AMC0330R 和 AMC0330S 器件支持交流电压检测并具有双极输入选项，如图 3-1 所示。有关具体应用案例的更多信息，包括功率转换和电机控制拓扑中交流和直流电压检测放大器的用例，请参阅 [利用隔离式电压检测充分提高功率转换和电机控制效率](#) 营销白皮书。

4 总结

在电压检测应用中选择隔离式放大器时，有许多决定因素需要考虑。新产品系列中的器件旨在通过差分输出和单端输出放大器选项，以更小的设计尺寸和更低的成本提高精度。

5 参考资料

- 德州仪器 (TI), [DIYAMC-0-EVM 通用 DIY 隔离式放大器和调制器评估模块](#)。
- 德州仪器 (TI), [具有 \$\pm 250\text{mV}\$ 输入范围和单端输出电压的隔离式电流检测电路](#) 模拟工程师电路手册。
- 德州仪器 (TI), [利用隔离式电压检测充分提高功率转换和电机控制效率](#) 营销白皮书。
- 德州仪器 (TI), [利用可靠且性价比高的隔离技术应对高压设计挑战](#) 营销白皮书。

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