

集成式电流感应模数转换器

Scott Hill, 电流感应产品



在不同的系统中，用来测量电流的信号链路径通常都是一致的。无论是在计算机、汽车还是电机中测量电流，几乎在所有设备中都可以找到常用的功能块。

连接现实世界元素（光、温度或本例中的电流等）的接口需要使用传感器，以便将信号转换为更易于测量的比例值（电压或电流）。使用磁场感应来检测电流效应的传感器有多种。这些传感器对于检测很大的电流或在需要进行隔离式测量时非常有效。测量电流时最常用的传感器是电流感应或分流电阻器。将该组件与所测量的电流串联即可在该电流流过电阻器时形成成比例的差分电压。

信号路径中其余功能块的选择则是基于系统将会如何使用该测量电流信息。这类常用且可在大多数应用中找到功能块有数个，如图 1 中所示。这些功能块包括用于放大来自传感器的微弱信号的模拟前端 (AFE)、用于将来自传感器的放大信号数字化的模数转换器 (ADC) 以及允许对传感器信息进行分析以便系统对所测量的电流电平进行相应响应的处理器。

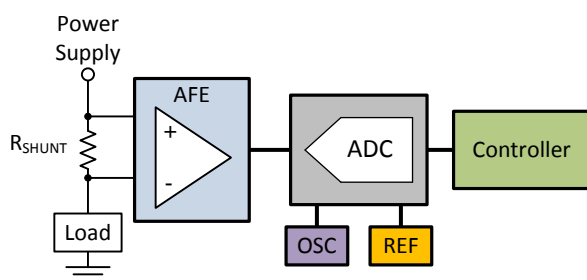


图 1. 电流感应信号链

对 AFE 的一项要求是允许直接连接到在感应电阻器上形成的差分信号。AFE 的单端输出可简化连接到后续 ADC 的接口。差分放大器配置中的运算放大器通常便是用于满足该功能要求。专用电流感应放大器（例如 INA210）采用了集成增益设置组件，专为该类型的应用而设计。INA210 能够准确测量非常微弱的信号，从而降低感应电阻器的功率耗散要求。

下一个信号链功能块是 ADC，它用于将放大的传感器信号数字化。该器件可能需要额外的外部组件（基准、振荡器）以实现更精确的测量功能。与 AFE 类似，ADC 功能块也具有各种选项。您可以选择独立转换器搭配板载基准和振荡器的实施方式，也可以选择采用板载 ADC 通道的处理器。

集成和分立 ADC 块各有优势和限制。对于集成到处理器中的 ADC 而言，一个明显的优势是板上的组件更少。板载 ADC 通道具有现成的指令集，相比独立的 ADC，它对于额外写入支持软件的要求进一步降低。不过，数字控制器的器件处理节点通常针对精密模拟的优化程度较低，这限制了板载转换器的性能。分立式模数转换器的一个优势就是，允许根据优化的性能属性（如分辨率、噪声或转换速度）选择器件。

该信号链有一种变体，即使用 ADC 直接在电流感应电阻器上进行测量，从而完全无需电流感应放大器。标准转换器将会在取代 AFE 并直接测量分流电压方面面临挑战。其中一个挑战便是 ADC 的大型满标量程。在不对感应电阻器的压降进行放大的情况下，将无法充分利用 ADC 的满量程，或者需要电阻器上产生较大的压降。较大的压降将导致感应电阻器上产生较大的功率耗散。有些 ADC 具有经修改的输入范围，旨在直接测量较微弱的信号，从而直接测量分流电压。这类器件中通常集成了内部可编程增益放大器 (PGA)，以利用 ADC 的满标量程。

这些微弱信号转换器的一个限制是它们的共模输入电压范围有限。这些 ADC 的输入电压范围受到其电源电压的限制，该电压的范围通常为 3V 至 5.5V，具体取决于所支持的核心处理器电压。中所示的 INA226 图 2 是特定于电流感应的模数转换器，可解决该共模限制问题。此器件采用 16 位 Δ - Σ 内核，可监测高达 36V 的共模电压轨上的小差分分流电压，同时由范围为 2.7V 至 5.5V 的电源电压进行供电。

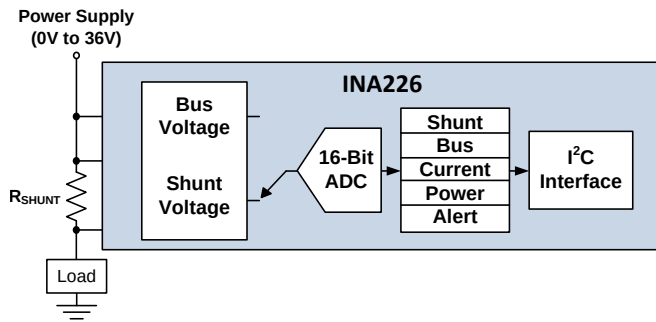


图 2. INA226，精密电流/电压/功率感应 ADC

INA226 与具有经修改的小输入范围的 ADC 类似，具有大约 80mV 的满量程输入范围，使器件能够直接在电流感应电阻器上进行测量。INA226 能够通过 2.5 μ V 的 LSB 步长和 10 μ V 的最大输入偏移电压准确解析小电流变化。0.1 μ V/ $^{\circ}$ C 的偏移漂移可确保较高的测量精度，在高达 125 $^{\circ}$ C 的温度下，仅额外产生 12.5 μ V 的偏移。0.1% 的最大增益误差还会在满量程信号电平保持较高的测量精度。

INA226 不但能够准确测量小分流电压，还具有可用于电流感应的附加功能。此器件配有一个内部寄存器，用户可以使用 PCB 上的电流感应电阻器的特定值对其进行编程。通过拥有电流感应电阻器值，INA226 可以在每次转换时直接将测量的分流电压转换为相应的电流值，并将其存储到附加的输出寄存器中。INA226 还配有一个内部多路复用器，因此可以从差分输入测量切换到单端电压配置，从而可以直接测量共模电压。利用电压测量以及之前测量的分流电压和相应的电流计算，器件能够计算功率。器件存储该功率计算结果，并通过双线串行总线向处理器提供该值以及分流电压、电流和共模电压信息。

除了对电流和功率进行片上计算之外，INA226 还配有可编程警报寄存器，因此可以将每个转换值与定义的限值进行比较，以确定是否发生了超出范围的情况。用户可以对警报监视器进行配置，用以测量超出范围的情况（如过流、过压或过功率）。该器件还具有可编程信号取平均值功能，以进一步提高测量精度。

INA226 经过优化，支持精密电流测量。该器件中包含的其他功能支持该电流测量功能中所需的信号管理和监控，从而减轻系统处理器的负担。

备选器件建议

对于具有较低性能要求的应用，使用 INA230 仍可利用专用电流感应模数转换器的优点。对于测量的电流低于 15A 的附加精密测量功能，INA260 可提供与 INA226 类似的功能，同时还在封装中采用了精密 2m Ω 集成电流感应电阻器。对于需要高得多的共模电压功能的应用，AMC1305 提供板载隔离，并且能够支持高达 1.5kV 的直流工作电压以及处理高达 7kV 的峰值瞬态。对于具有较低 AFE 性能要求的应用，使用 INA210 可利用专用电流感应放大器的优点。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
INA230	成本低	V_{OS} 和增益误差较高， V_{CM} 范围较低
INA260	系统级增益误差和偏移较低	封装较大：TSSOP-16
AMC1305	隔离式测量，信号带宽较高	成本较高， V_{OS} 和增益误差较高
INA210	成本低	V_{OS} 和增益误差较高

表 2. 相关技术手册

SBOA162	《测量电流以检测超出范围的情况》
SBOA165	《高压电源轨的精密电流测量》
SBOA167	《集成电流感应信号路径》
SBOA170	《集成电流感应电阻器》

有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。您就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法理授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等产权包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](#)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

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 © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司