

利用集成式MEMS惯性传感器改善工业控制

作者: Bob Scannell, ADI公司MEMS和传感器技术部业务开发经理

简介

完全集成和校准的MEMS惯性传感器的出现, 可能是促使平台稳定、工业机械运动控制、安全/监控设备、机器人、工业车辆导航和机械调平等领域系统升级的关键因素。

最近的传感器技术发展使得工业系统设计实现革命性的进步。惯性传感器能够改善系统性能的应用包括: 平台稳定、工业机械运动控制、安全/监控设备、机器人、工业车辆导航和机械调平等。这种传感器提供的运动信息非常有用, 不仅能改善性能, 而且能提高可靠性、安全性并降低成本。

然而, 要想获得这些好处, 必须克服一些障碍, 因为许多工业应用处在恶劣的物理环境下, 需要考虑温度、振动、空间限制和其他因素的影响。就工程师而言, 为了从传感器获取一致的数据, 将其转换成有用的信息, 然后在系统的时序和功耗预算内做出反应, 工程师必须拥有多种技术领域的知识和经验, 并且遵循良好的设计规范。

了解问题

来自惯性传感器的信息经过处理和积分后, 可以提供许多不同类型的运动、位置和方向输出。每种类型的运动都涉及到一系列应用相关的复杂因素, 对此必须加以了解。工业控制应用就是一个很好的例子, 某种形式的指向或转向设备对这些应用十分有用。倾斜或角度检测常常是此类应用的核心任务, 在最简单的范例中, 机械气泡传感器便可满足需要。然而, 在明确传感器需求之前, 必须分析最终系统的完整运动动力学特性、环境、寿命周期和可靠性预

期。如果系统的运动相对而言为静态, 简单的角度传感器可能就足够了, 但实际的技术决策取决于响应时间、冲击和振动、尺寸、整个寿命期间的性能漂移。此外, 许多系统涉及到多种类型的运动(如旋转和加速度等), 而且往往在多个轴上工作, 这就需要考虑将多种类型的传感器结合在一起。

一旦知道正确的传感器类型和技术后, 挑战便转移到了解和最终补偿传感器对环境(温度、振动、冲击、安装位置、时间和其他变量)的反应。环境补偿涉及到额外的电路、测试、校准和动态调整, 而每种类型的传感器, 甚至每个传感器都是独一无二的, 因此这又会带来补偿不足或过度的额外风险, 除非工程师对传感器特性有着详尽的了解。最后这一点驱使许多设计工程师采用完全集成的传感器解决方案, 以便消除运用和实施过程中的障碍。

惯性传感器: 线性速度和角速度传感器

惯性传感器有多种类型。MEMS(微机电系统)传感器是最完善的传感器类型之一, 已经使广泛的应用受益。15年前, MEMS线速度传感器(加速度计)彻底革新了汽车安全气囊系统。自此以后, 从笔记本硬盘保护到游戏控制器中更为直观的用户运动捕捉, 各种独特的功能和应用得以实现。

根据谐振器陀螺仪的原理, MEMS结构也可提供角速度检测。两个多晶硅检测结构各含一个扰动框架, 通过静电将扰动框架驱动到谐振状态, 以产生必要的运动, 从而在旋转期间产生科氏力。在各框架的两个外部极限处(与扰动运动正交)是可动指, 放在固定指之间, 形成一个容性检测结构来检测科氏运动。当MEMS陀螺仪旋转时, 可动指的位置变化通过电容的变化进行检测, 由此得到的信号被送入一系列增益和解调级, 产生电速率信号输出。某些情况下, 该信号经转换后送入一个专有数字校准电路。

传感器内核周围的集成度和校准由最终性能要求决定，但在许多情况下，可能需要进行运动校准，以便实现最高的性能水平和稳定性。

工业环境：集成信号调理和传感器处理

在工业市场上，诸如振动分析、平台校正、一般运动控制之类的应用需要高集成度和高可靠度的解决方案，检测元件在许多情况下是直接嵌入到现有设备中。此外，还必须提供足够的控制、校准和编程功能，使器件真正独立自主。一些应用范例包括：

- **工业机械的状态监控：**

通过将传感器更深入地嵌入机械内部，并且藉由传感器性能和嵌入式处理而更早、更准确地掌握状态变化的迹象，可以获得切实的效益。

- **机器自动化：**

通过提高精度，并且更加严格地将此信息与远程控制或编程设置的运动相关联，可以使自治或远程控制的精密仪器和机械臂更加精确、高效。

- **移动通信和监控：**

无论是陆地、航空还是海运交通工具，惯性传感器都有助于其实现稳定(天线和相机)和定向导航(利用GPS和其他传感器进行航位推算)。

工业检测市场异常纷繁多样，必须通过集成嵌入式可调特性，如数字滤波、采样速率控制、状态监控、电源管理选项和专用辅助I/O功能等，来支持各种不同的性能、集成度和接口要求。在其他更复杂的情况下，还需要采用多个传感器和多种类型的传感器。即使看起来很简单惯性运动，例如仅限于一个或两个轴的运动，也可能需要同时采用加速度计和陀螺仪检测来补偿重力、振动及其他不规则现象和影响。

传感器还可能具有交叉灵敏度，很多时候必须对此进行补偿，即使无需补偿，至少也需要加以了解。此外，惯性传感器的性能指标存在许多不同的标准，这使得上述问题的解决更加困难。当指定惯性传感器要求时，多数工业系统设计工程师主要关心的是陀螺仪稳定性(随时间发生的偏置估算)，消费级陀螺仪通常不会说明这一特性。如果传感器的线性加速度性能较差，那么即使0.003°/s的良好陀螺仪偏置稳定性也可能毫无意义。例如，假设线性加速度特性为0.1°/s/g，在旋转±90°(1 g)的简单情况下，这将给0.003°/s的偏置稳定性增加0.1°的误差。加速度计通常与陀螺仪一起使用，以便检测重力影响，并且提供必要的信息来驱动补偿过程。

为了优化传感器性能并尽可能缩短开发时间，需要深入了解传感器灵敏度和应用环境。校准计划可以针对影响最大的因素进行定制，从而减少测试时间和补偿算法开销。面向具体应用的解决方案将适当的传感器与必要的信号处理结合在一起，如果具备高性价比并且提供现成可用的标准接口，这些解决方案将能消除许多工业客户过去所面临的实施和生产障碍。

利用加速度进行振动分析

在一些情况下，检测元件相对靠近基本传感器输出端最佳，但在另一些情况下(例如通过振动分析进行状态监控)，则需要增加相当多的处理过程才能实现所需的输出。围绕惯性传感器而构建的高集成度器件的范例之一是ADI公司的ADIS16227(图1)，它是一款完全自治的频域振动监控器。此类器件可能不提供相对简单的g/mV输出，而是提供应用特定的分析。就ADIS16227而言，其嵌入式频域处理、512点实值FFT和片上存储器能够识别各种振动源并进行归类，监控其随时间的变化情况，并根据可编程的阈值做出反应。

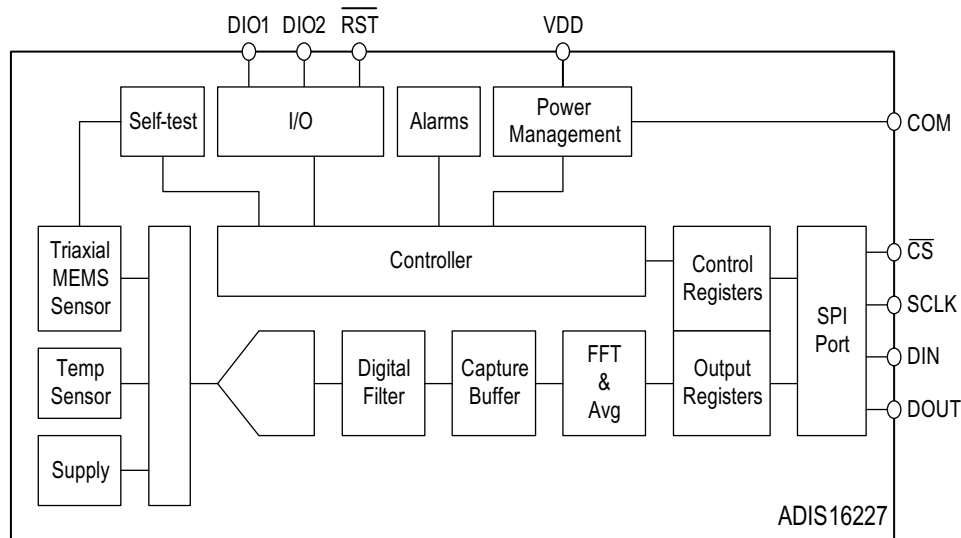


图1. ADIS16227功能框图

检测和了解运动的能力几乎对所有已设想到的应用都具有价值。大多数情况下，人们希望掌控一个系统发生的运动，利用该信息提高性能(响应时间、精度、工作速度等)，增强安全性或可靠性(系统在危险情况下关机)，或者获得其他增值特性。但在某些情况下，不运动才是至关重要的，因此传感器可用于检测不需要的运动。这些特性或性能升级往往是在现有系统上实施，考虑到最终系统的功耗和尺寸显然已确定，或者必须最小化，MEMS惯性传感器的小尺寸和低功耗特性无疑极具吸引力。

某些情况下，这些系统的设计人员不是运动动力学方面的专家，因此，当决定是否进行系统升级时，完全集成和校准的传感器存在与否可能是最关键的因素。

资源

欲了解更多信息，请访问www.analog.com/zh。

本文提到的产品

产品	描述
ADIS16227	数字三轴振动传感器，集成FFT分析和存储系统