

适用于智能基础设施的MEMS传感器

Cosimo Carriero
ADI公司

平板电脑、智能电话、视频游戏机、摄录机和相机彻底改变了传感器世界，其中包括MEMS加速度计和陀螺仪。它们能够测量运动，导致很多使用这些传感器的设备得以改善性能并增加功能。

虽然消费电子应用激发了对这些传感器的需求，但其在其他市场的应用也在增加。随着数字化或物联网的出现，传感器正成为工业基础设施应用的核心。在这种情况下，应用依赖MEMS进行状态监控和结构健康监测。与这些新应用相伴而来的是关于性能和可靠性的非常具体的标准。

智能基础设施

利用数字化创建智能基础设施可带来诸多好处，其中包括更高的容量、效率和可靠性。智能基础设施可为客户和用户提供更多且更有针对性的服务，而无需增加投资或资源。此外，互连基础设施可以收集数据，以帮助更有效地设计和实现未来基础设施。将智能引入基础设施还可以有效解决维护的主要挑战。MEMS传感器在结构健康监测中起着决定性作用。它们可用于测量倾斜度变化、振动分析以及线性或圆周运动——即使在极端条件下也能测量。通过此类传感器可以执行预测性维护，更好地利用可用资源并帮助避免服务故障和中断。ADI公司拥有深厚的专业知识，并已投入巨资开发可支持智能基础设施应用的MEMS技术。

ADXL35x MEMS加速度计系列

ADI公司最近推出了一系列新型低噪声、低功耗、3轴加速度计：提供模拟输出的ADXL354；提供数字输出和 $\pm 2\text{ g}$ 、 $\pm 4\text{ g}$ 、 $\pm 8\text{ g}$ 可编程范围的ADXL355；提供模拟输出的ADXL356；提供数字输出和 $\pm 10\text{ g}$ 、 $\pm 20\text{ g}$ 、 $\pm 40\text{ g}$ 可编程范围的ADXL357。



图1. ADI公司新推出的ADXL356和ADXL357 MEMS加速度计

这些器件可用于IMU（惯性测量单元）、平台稳定系统、倾角计和预测性维护系统。这些中高档传感器专为一些要求极为苛刻的传感器应用而设计，例如地震分析、工业和基础设施预测性维护系统。

支持结构健康监测的高级特性

对于状态监控和结构健康监测，测量范围是一个重要参数。例如，在加速度峰值为几个 g 的应用中， 2 g 范围的传感器就足够了。但是，这些器件常常工作在受到强烈振动和冲击的环境中，这会导致传感器饱和。一旦饱和，就不可能测量出正确的加速度。结果是数据丢失，直到器件恢复正常工作为止。这种情况下，可以使用 40 g 传感器。达到饱和的可能性较小，即使存在很高的机械噪声，也可以通过适当的信号处理提取所需的信息。

许多基础设施应用中的传感器可能在远程或很难接近，因此无线传感器网络是最佳解决方案。这使得低功耗成为另一个关键考虑因素。ADXL35x器件在待机模式下的功耗仅为21 μ A；在测量模式下，模拟输出器件的功耗为150 μ A，数字输出器件的功耗为200 μ A。当主机微控制器处于休眠模式时，ADXL355/ADXL357中的FIFO存储器存储数据。当存储器满时，中断将唤醒微控制器传输数据并执行要求的操作。微控制器一旦完成传输，便返回低功耗休眠模式，确保系统功耗非常低。

通常，低功耗是以牺牲其他性能为代价的，例如速度和噪声。在ADXL35x加速度计中，低g器件的噪声谱密度为 $20\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，高g器件的噪声谱密度为 $80\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。另外，内部架构有助于优化加速度计的灵敏度。图2显示了这些模拟和数字器件的框图。来自传感器的信号进入滤波模块，然后由后续电路予以处理。滤波之后输出之前，还有一个缓冲器和一个 $32\text{ k}\Omega$ 电阻，在此可进行进一步的模拟滤波。数字器件有一个额外的可编程数字滤波器。低通滤波器的截止频率根据输出数据速率进行调整，还可以插入高通滤波器以实现带通功能。对于状态监控，振动频谱分析是主要工具，因此高带宽对捕获更多数量的谐波非常重要。传感器的机械谐振频率约为 5.5 kHz ，但频率响应主要由截止频率为 1.5 kHz 的抗混叠滤波器决定。最后，为了提供所需的分辨率，使用20位 $\Sigma\text{-}\Delta$ 转换器来执行模数转换。由于有这些特性，这些加速度计也可以用于记录地震事件。

如果要监测建筑物、桥梁、轨道、高压塔或基础设施的任何其他元件的结构健康状况，稳定性非常重要。这里要测量的是结构的漂移，不应将其与测量器件的漂移混淆。

传感器的长期稳定性与机械应力有关。在焊接阶段遭受的任何机械应力都可能导致电气失调。应力可能会随时间而变化，造成失调漂移。这可能被误解为倾斜度或其他结构参数的变化。为了避免这个问题，需要特别注意芯片贴装操作。

封装选择也很重要。这些加速度计采用鲁棒的14引脚LCC陶瓷封装，对机械应力的防护能力远远优于消费电子应用广泛使用的塑料封装。陶瓷封装还能保证高度密封性，防止水分和颗粒进入，从而有助于提高长期稳定性。

在正常工作期间，器件可能会受到各种环境条件的影响，特别是温度和湿度可能影响其性能。对于湿度，传感器的密封封装（14引脚LCC就是如此）可确保器件即使在最恶劣的条件下也能稳定运行。工作温度范围为-40°C至+125°C，这意味着哪怕在极端温度下，器件也能很好地工作。此外应特别注意使失调漂移最小化，这是最关键的参数。在所有三个轴上，低g加速度计ADXL354/ADXL355的最大漂移为 $\pm 0.15 \text{ mg/}^\circ\text{C}$ ，高g加速度计ADXL356/ADXL357的最大漂移为 $\pm 0.75 \text{ mg/}^\circ\text{C}$ 。另外，这些加速度计配备有集成温度传感器，可用于漂移的热补偿。

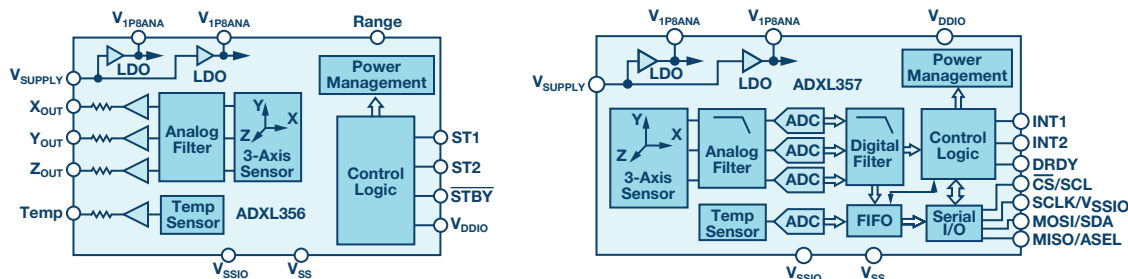


图2. ADXL356和ADXL357功能框图

表1. 新系列MEMS加速度计的主要特性

[illegible]

结论

如今对MEMS传感器的需求已扩大到消费电子应用之外。工业和基础设施市场正在创造新的机遇。在这些领域,可靠性和性能是关键因素。ADI公司的研究一直专注于开发可在极端环境条件下实现高性能和可靠运行的解决方案。ADXL354、ADXL355、ADXL356和ADXL357是新系列高 g 加速度计——ADXL1001 ($\pm 100\ g$)、ADXL1002 ($\pm 50\ g$)、ADXL1004 ($\pm 500\ g$)超低噪声和24 kHz超高带宽产品的补充。

作者简介

Cosimo Carriero于2006年加入ADI公司,担任现场应用工程师,为战略和关键客户提供技术支持。他拥有意大利米兰Università degli Studi的物理学硕士学位。他过去的经历包括:在意大利核物理研究所(INFN)定义和开发核物理实验仪器,与小公司合作开发工厂自动化传感器和系统,以及在Thales Alenia Space担任卫星电源管理系统高级设计工程师。联系方式: cosimo.carriero@analog.com

在线支持社区

访问ADI在线支持社区,与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答,或参与讨论。



请访问ezchina.analog.com

全球总部

One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部

上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司

深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司

北京市海淀区西小口路 66 号
中关村东升科技园
B-6 号楼 A 座一层
邮编: 100191
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司

湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2018 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA20261sc-0-5/18

analog.com/cn



超越一切可能™