

Application Brief

使用 TI ADC 测量噪声、振动和不平顺性



Maggie Lee

引言

数据采集系统 (DAQ) 是测试装置中的重要组成部分, 因为这些系统将物理世界的测量数据转移到可分析数据的计算机上。技术的变化和进步很快就会带来测试的改进, 因为标准测试程序可能不充分或不实用。近年来, 随着越来越多的汽车制造商推出电动汽车和混合动力汽车, 汽车行业的格局迅速改变。本文将探讨与汽车测试相关的噪声、振动和不平顺性 (NVH) 数据采集。NVH 测量对于确保车辆在道路上平稳行驶和乘客的舒适体验至关重要。本应用简报介绍了设计 NVH 数据采集系统时要考虑的关键挑战。

噪音、振动和不平顺性 (NVH)

汽车测试中的噪声、振动和不平顺性 (NVH) 分析是数据采集系统 (DAQ) 的一个用例。噪声和振动是定量测量项, 测量听到和感受到的振荡, 而不平顺性是定性测量项, 描述因物理运动和环境噪声给乘客造成的不适感。NVH 分析用于识别噪声和振动的源头, 以减少这些噪声和振动的影响。过多的噪声和振动会更快地让驾驶员感到疲劳, 并为车辆的机械结构增加不必要的应力, 从而带来安全风险。

电动和混合动力车辆改变了 NVH 测试的要求, 因为电动发动机比内燃机 (ICE) 更安静。车辆内部和外部都有许多 NVH 源头。源头包括发动机、制动器、外部风发出的声音。ICE 会淹没一些环境噪声, 因此电动车需要考虑更多明显的噪声源。此外, 电动发动机的声学曲线与 ICE 不同。例如, 电动车发动机的噪声和振动往往产生比 ICE 频率更高的噪声。用于减少 ICE 噪声的阻尼和吸收结构不是为了降低电机的噪声而设计的。此外, 不同的结构材料有不同的噪声生成和吸收特性, 这些特性会影响噪声在整个车辆中的传播和放大方式。

NVH 测量

用于 NVH 测量的传感器各种各样, 例如麦克风、加速计和测振仪。NVH 测量的频率范围是大约 10Hz 到大约 100kHz。例如, 道路振动的测量单位为赫兹, 而内部嘎吱声的测量单位为数十千赫兹。输出电压从数百毫伏至数伏特不等, 具体取决于传感器。

许多 NVH 测试需要多个通道, 例如放置在车辆周围不同位置的麦克风或三个用于测量 3 轴振动的加速计。为了有效收集数据, 不同的测量通道需要彼此同步。有时, 在通道间进行隔离以防止通道间的干扰。

在设计和原型制作过程的各个阶段都要进行 NVH 测试, 因为在该过程早期收集的数据可用于调优子系统仿真软件, 并且以后可为设计决策提供信息。设计工程师使用收集的数据来构建和改进噪声仿真模型, 从而分析不同噪声源之间的相互作用。最终, 设计人员希望降低现存的噪声和振动量, 而且及早识别噪声源可以让设计人员更轻松降低整体影响。通过吸收、减源、屏障和隔离技术可以减少不必要的噪声和振动。

噪声和振动信号链示例

图 1 是用于测量噪声和振动的模拟信号链示例。

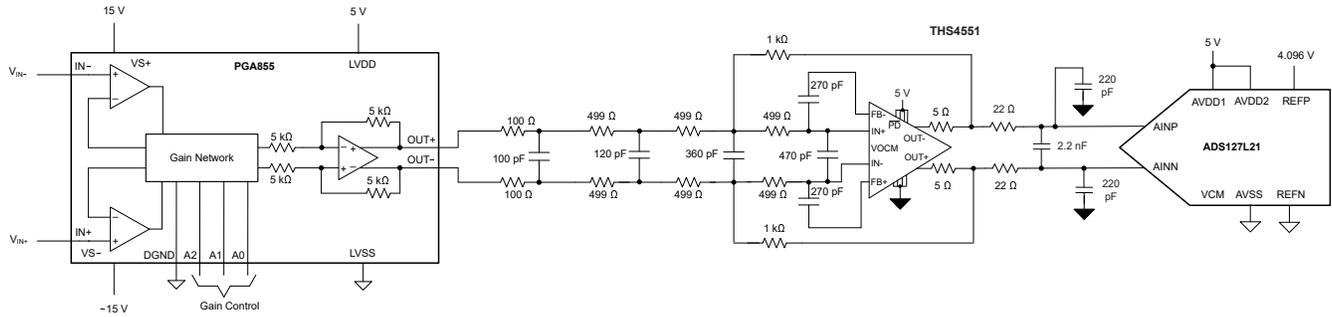


图 1. 包含 PGA855、THS4551 和 ADS127L21 的信号链示例

所需的系统输入电压范围和带宽取决于传感器。为了适应多种传感器，系统需要灵活的输入电压范围和宽带宽。例如，麦克风的动态范围可以是 20dB 至 135dB (0.2mPa 至 112Pa)，频率范围为 10Hz 至 20kHz，灵敏度为 50mV/Pa。这意味着，带宽必须能够测量 20kHz 的信号，且输入范围为 5.6V (112pA × 50mV/Pa)。应变仪的测量范围可以是 ±100mV/μ ε，频率范围为 1Hz 至 100kHz，灵敏度为 50mV/μ ε。所需的带宽更大，所需的输入电压范围为 10V。

由于 PGA855 宽带很宽，输入偏置电流 (1nA) 和输入参考噪声 (增益 16V/V 时为 7.8nV/rtHz) 低而且增益设置可配置 (1/8 到 16V/V)，因此它是输入放大器的理想选择。PGA855 在所有增益下拥有平坦的 10MHz 通带，可保持输入信号在测量路径中失真较小。低输入参考噪声很关键，因为噪声会通过信号链传播，使得输入放大器可限制整个系统的性能。可配置的增益选项允许 PGA855 将输入信号扩大到 ADC 满量程范围，因而各种传感器可使用一条信号链路径。

ADS127L21 ADC 具有 24 位分辨率和 200kSPS 下的高动态范围 (111.5dB)，所以非常适合此应用。24 位分辨率使得 ADC 能够测量非常敏感的传感器发出的 μV 信号。高采样率足以满足奈奎斯特采样率标准 (至少是最大采样频率的两倍)，可用于对信号进行过采样以增加信号链的动态范围。此外，ADS127L21 还具有可编程的 IIR 和 FIR 滤波器，允许设计人员根据带宽要求调优信号链。ADC 的输入端使用一个带宽为 100kHz 的抗混叠滤波器，以保证传感器发出的无用高频信号不干扰目标信号。

要查看更详细的设计信息和测试数据，请参阅[适用于 100kHz 带宽数据采集信号链的抗混叠滤波器设计](#)。

结语

在设计和制造安全舒适的车辆时，NVH 测试和分析是一个关键组成部分。随着汽车市场的变化和发展，汽车测试也必须变化和发展。NVH 是声音和振动数据采集的特定应用，而非汽车行业所独有。航空测试和消费电器设计也使用声音和振动分析。随着汽车电气化的不断推进，市场对 NVH 测量的需求不断增长。TI 提供的器件和信号链设计是 NVH 测量的理想选择。有关用于设计 DAQ 系统的 TI 资源的更多信息，[请点击此处](#)。

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