

高速数据采集卡在机械测试领域的应用

机械设备和系统使用高速数据采集卡作为测量工具，需要使用各种传感器或换能器把各种力学参数, 如加速度、压力、转速转化为可以测量的电信号。这篇文章将介绍如何使用模块化的高速数据采集卡进行机械测量。

高速数据采集卡的选择

机械测量所需带宽通常低于 100kHz。所以 200 kHz 或更高的采样率就能满足工程要求。分辨率应为 16 位，以匹配常用压电传感器的动态范围。表 1 推荐了几款最符合机械测量的高速数据采集卡的型号和相关参数：

Model Family	Analog Channels	Resolution	Bandwidth (MHz)	Sampling Rates (MS/s)
M2i.47xx	8 or 16	16 bit	0.05/0.1/0.25/0.5	0.1/0.2/0.5/1.33
M2i.46xx	2, 4 or 8	16 bit	0.1/0.5/1.5	0.2/1/3
M3i.48xx	1 or 2	16 bit	30/50/90	65/105/180
M2i.49xx	2, 4 or 8	16 bit	5/15/30	10/30/60
DN2.46x	4, 8 or 16	16 bit	0.1/0.5/1.5	0.2/1/3
DN2.49x	4, 8 or 16	16 bit	5/30	10/60

表 1 适用于机械测量的高速数据采集卡和 digitizerNETBOX

传感器

长期应用于工业领域的传感器或换能器有很多的形状和类型，具备成熟的技术和高可靠性可用于工业测量。新型微机电传感器 (MEMs) 封装体积更小、成本更低、可应用于大众市场。传感器的选择取决于应用场景。需要考虑包括动态范围 (最大和最小值的测量参数), 带宽、环境 (湿度、干燥度、爆炸...), 加载 (传感器如何影响测量), 互连方法, 和成本等等。

大多数传感器使用时需要电源、信号调节和现场布线。传感器供应商会提供所有连接到高速数据采集卡的或其他测量仪器的所有必要硬件。一些传感器的所使用的连接器不是很常见会导致电缆配置有些困难。比如, 压电加速度计的标准连接器是使用 10-32 螺纹的微粒同轴连接器。传感器制造商通常提供常用 BNC 连接器的适配器和线缆。以下介绍结合传感器和高速数据采集卡的一个简单的机械测量应用。

机械测量举例#1

图 1 显示了关于小型三叶冷却风扇的机械测量现场连接。

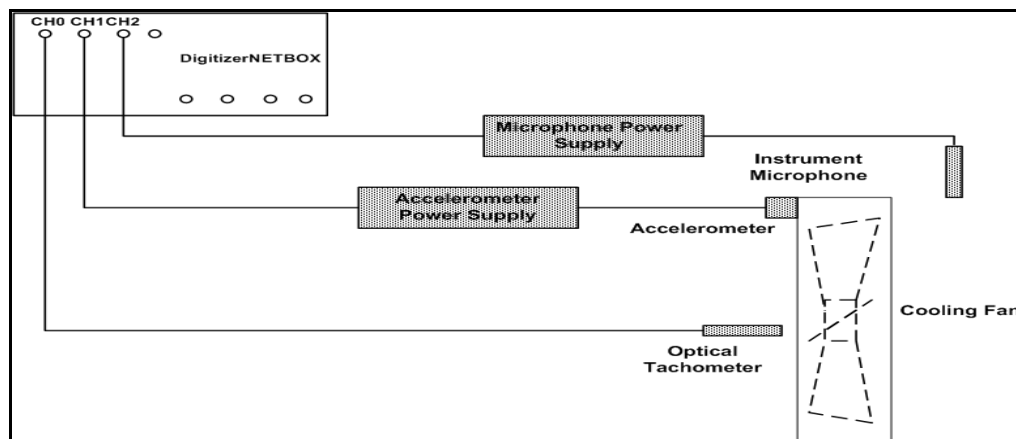


图 1 将转速计，加速度计，麦克风连接到高速数据采集卡实现小型制冷风扇的相关机械测量

用于测量的高速数据采集卡的参数为：4 个模拟通道, 16 位分辨率, 60 MS/s 采样率, 30 MHz 带宽。16 位分辨率可很好的匹配加速计和麦克风较大的动态范围。NETBOX 显著优势是通过以太网连接控制，可放置于离主机较远的地方。

测量使用了 3 个传感器。首先是一个光学转速器。这个传感器感应风扇轴上的反光条来读取风扇的转动频率。每次旋转反射的光被光电晶体管获取。加速度计是一种振动传感器，连接到风扇罩。加速器产生一个与振动加速度成比例的电压输出。这次测量使用的是一个压电加速度，由压电陶瓷或石英等材料制成。这个传感器在有限的高端电源电压(通常 $\pm 5V$)时，带有较高的动态范围和前置放大器较低的噪声水平。一个典型的压电加速度计的动态范围是在 85 到 110dB。

加速度计灵敏度定义为每 g 加速度的输出电压。在这个实验中使用的单位敏感性为 $100 \text{ mV} / g$ 。它的带宽的频率为 10 kHz。这个带宽规范是完全不同于用于电子电路的半功率点或 0.707 使用低频率响应，是基于 30%的带宽振幅容差制定的。

注意, 加速度计需要一个电源或前置放大器驱动高速数据采集卡输入。这些单元通常是电池供电的最小化封装和接地。加速度计电源可能还包括信号处理功能, 如放大、过滤和积分。使用积分可将加速度转化为速度, 另一个积分功能是将速度转换成位移。

加速度计使用磁铁固定支架固定在风扇罩上，磁铁磁性影响换能器的带宽。

利用螺纹直接固定到测试设备, 会有好的信号相应, 粘合或使用蜡也常用的安装方法, 也会减少了带宽. 如果测量带宽低于 1kHz, 这些问题可不作考虑。

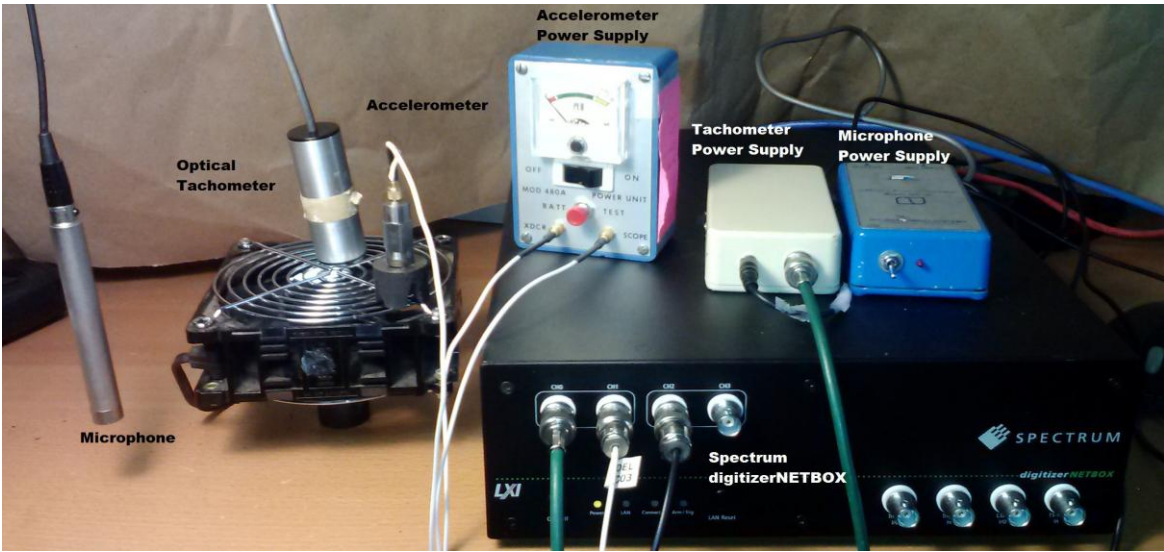


图 2 利用高速数据采集卡进行制冷风扇测量

第三个传感器用于测量的麦克风, 用于读取声声压, 产生一个与压力成正比的电压。带宽为 100kHz。它还需要电池供电, 20 dB 的增益放大器。

传感器标定

尽管传感器制造商供其产品的标定文档。许多传感器可以在使用前使用便携式标定器标定。这些设备, 通常电池供电的。大部分产生已知振幅下固定频率的正弦波, 如标定加速度计 1 g 峰值 1 kHz 的正弦波或标定麦克风使用 110 db 1 kHz 的正弦波。这些工具故障用于诊断由电缆或电压损坏造成的系统错误。

使用传感器时有许多细节需要注意。使用前最好查阅供应商的应用手册, 应用笔记和相关建议。

实验数据及分析

高速数据采集卡自带软件不仅可以显示获得的机械单元的相关数据, 还提供了相应的信号处理和分析功能。图 3 显示了这次实验相应的数据采集、分析、处理操作。

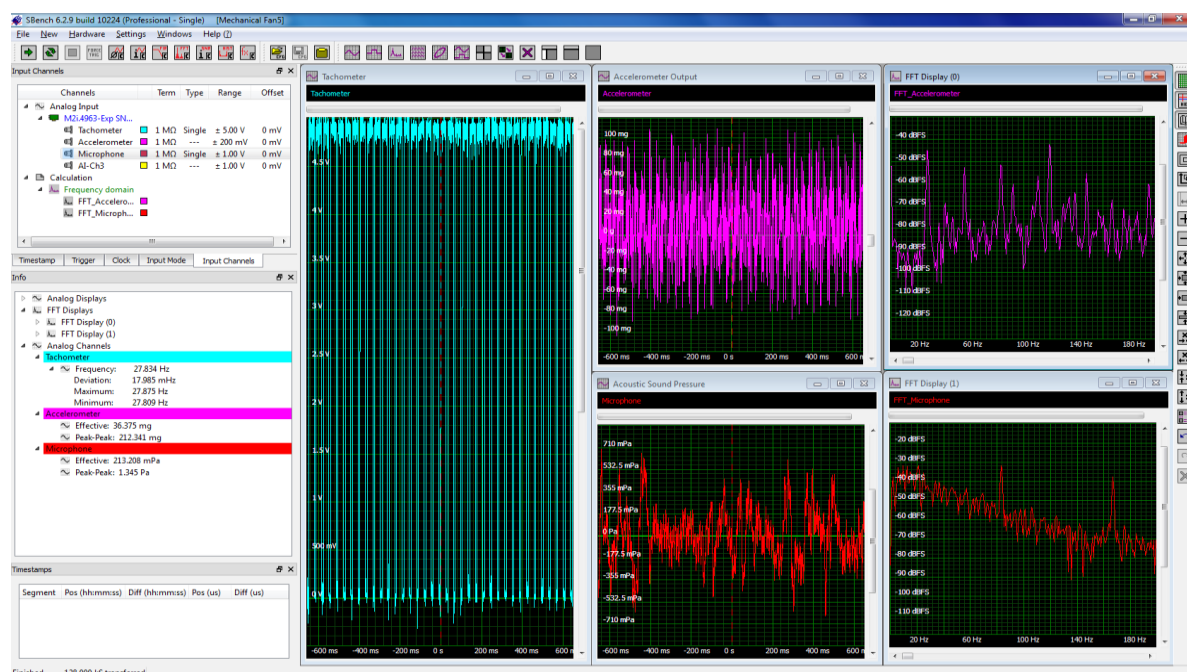


图 3 小型风扇的震动和声学测量

通过左边信息窗格读取风扇的频率为 27.8Hz (每秒的转速)。这个频率读数乘以 60 为风扇每分钟转速，即为每分钟 1668 转 (RPM)。同时统计显示最小、最大频率和频率偏差。由于这个信号的时域视图有点难以解释，对这个信号的进行快速傅里叶变换 (FFT) 并显示在右上角。

FFT 显示了构成加速度信号的频率成分。FFT 的频谱把信号拆分为各种频率成分，并可以得出相关的物理分析。最左边的峰值出现在 27.8Hz，为风扇马达的转动频率。也有谐波分量在 56 Hz, 83 Hz, 111Hz 和 140 Hz。三次谐波在 83 Hz 也比其他更高，它是叶片通过频率。在 120 Hz 的峰值是由于感应电动机的旋转磁场导致，可以看出 FFT 简化了对振动信号的分析。

软件窗口中心底部显示了麦克风的标记声压。数据单位为帕斯卡。通过观察看到两个主要谱线在 84 和 168 Hz，这是叶片通过频率和二次谐波。主要的窄带声信号与风扇的叶片运动有关。低频机械振动和宽带的空气噪声构成了 FFT 的基线。

高速数据采集卡的关键选择参数是，有足够的带宽，足够的通道数，和足够的动态范围。工程中选取的北京坤驰科技有限公司的 16 位分辨率系列高速数据采集卡可提供 16 个模拟输入通道，可以支持 96dB 动态范围。其另有两个系列产品也都带有 16 个模拟通道也可以使用在这个实验应用中。实践表明，使用一个 Star-Hub 模块可以扩展更多的通道，通道数最多可达 256。

机械测量举例#2

图 4 是显示利用高速数据采集卡实现对小型空气压缩机的机械测量，使用压力传感器, 加速度计和麦克风测量其内部气缸压力、振动加速度和声级。

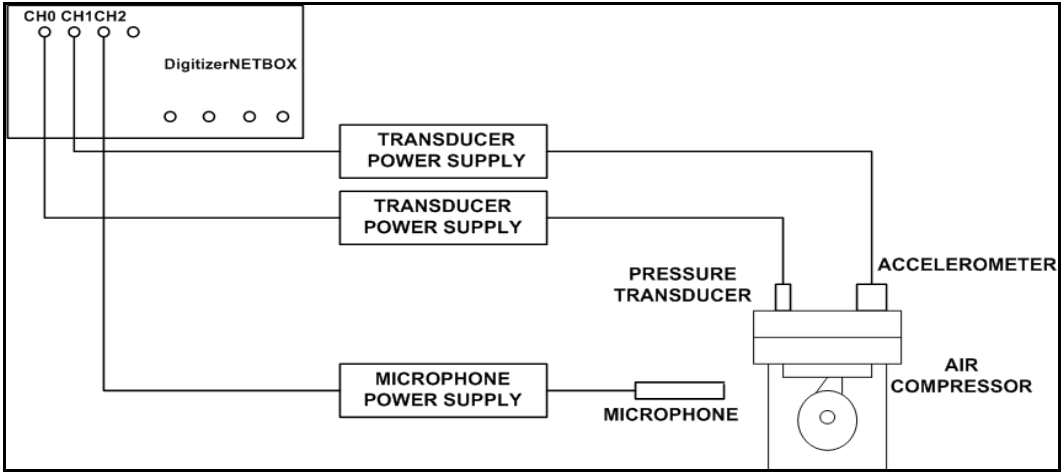


图 4 小型空气压缩机内部气缸压力、转速、声压的测量

压力传感器固定在压缩机的舱口，实现没有机械干扰或气体泄漏的内部访问。传感器也是一款陶瓷或晶体材料的压电传感器，灵敏度单位是 100 mV / psi。

加速度计是粘到汽缸上。应用场景将决定安装方法。传感器可以粘或者使用磁性支架固定在设备上。磁性支架的使用必须有符合所需的测量轴。此外, 传感器和配件应该足够小和轻便而不影响测量。传感器的“加载”在机械测试领域“加载”很像探针加载在电气测量中，两个都影响测量的准确性。

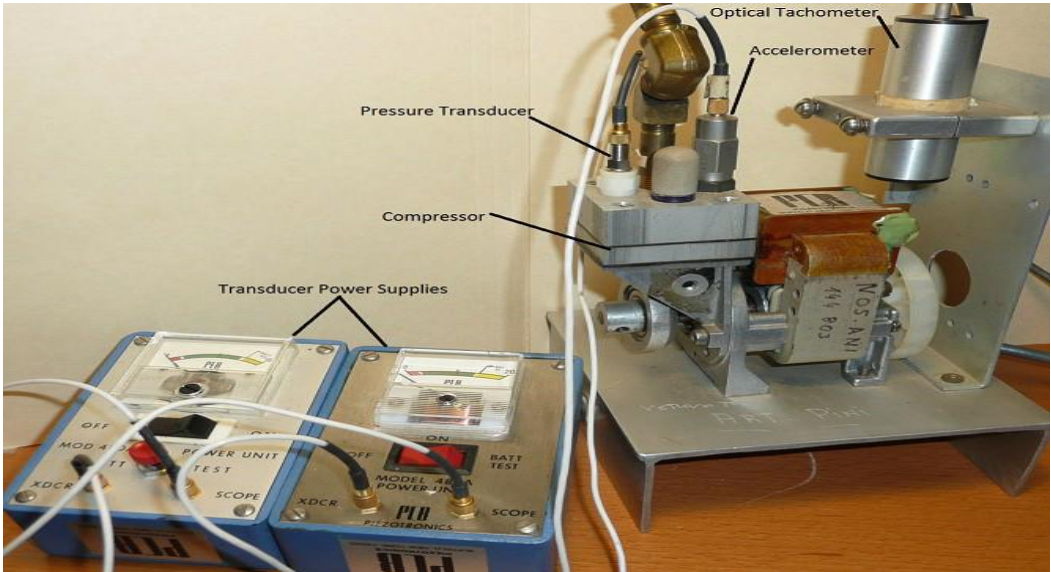


图 5 空气压缩机机械测试的传感器配置图

汽缸压力的上升是由于压缩机输出端口被关闭，即增加压缩机工作强度导致

的。通过左边窗格的显示峰间测量信息可读取最大输出压力变化。

注意, 转速计可用来测量压缩机转速, 压力波形很干净, 并提供相应信息。读出的信息面板提供了压缩机转速为 53.5Hz。

压力数据的 FFT 出现在左下角网格, 53.5Hz 的频率范围主要包括转速及其谐波。注意, 谐波峰值出现双峰。这是由于压缩机加载时减速。基频范围很小, 高次谐波的谐波数量较多。

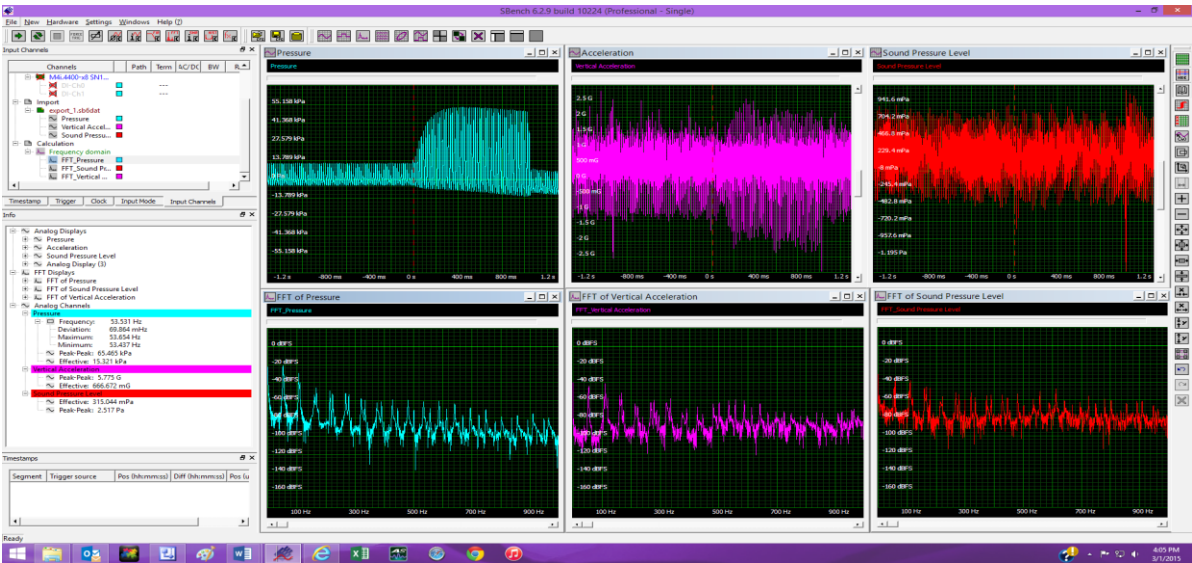


图 6 空气压缩机的舱内压力、转速、声压测量及 FFT 显示

图 6 的中心顶部网格显示了加速度计信号通道的信号, 10mV/g 的灵敏度。可分析峰间有效的振动信号的振幅。从时域信号看到, 当压缩机的输出端口阻塞, 会增加振动水平。加速度信号的 FFT 显示在对应中心的底部网格中。如压力频谱一样, 振动光谱由转动频率及其谐波组成。

右上角的网格显示麦克风信号的声级。麦克风灵敏度是 42mv/Pa。声压级别保持相对不变, 直到输出端口关闭时, 会略微下降并伴有负峰。峰值又出现在输出端口打开时, 麦克风用来检测阀门关闭的声压。有效(rms)声级是记录为 315 mPa, 解释了当压缩机运行时外壳的非预期噪声原因。麦克风的频谱信号显示在右下角的网格中。像其他两个信号频谱一样, 由转动频率及其谐波组成。

总结

机械测量可以很容易地通过高速数据采集卡、适当的传感器和配件实现。一些简单的机械测量的基本设置和操作以及数据分析都可以通过操作软件实现, 包括设置适当的参数测量单位和从原始数据提取有用的信息, 如转速的变化等。