
如何构建 数据采集系统

数据采集系统 (Data Acquisition System) , 是指从传感器和其它待测设备等模拟和数字被测单元中自动采集经调理的电量或非电量信号, 传输至上位机或服务器中进行分析、处理、监控以及存储的整体系统。本章将展现典型数据采集系统的组成部分, 协助您快速了解数据采集系统构建过程中的主要技术要点与重点。

- 传感器
- 数据采集
- 信号传输
- 分析处理
- 数据存储

众所周知，数据采集系统是计算机与外部物理世界连接的桥梁，现今已广泛应用于实验室研究、测试和测量以及工业自动化领域中。

在构建一个基本的数据采集系统（下图）时，以下五个部分是必须考虑的：

- 传感器
- 数据采集
- 信号传输
- 分析处理
- 数据存储



图：典型数据采集系统

1 传感器

数据采集始于要被测量的物理现象，可能是房间的温度、光源的强度、空间的压力、应用在物体上的力量，或是其它许多现象。一个有效的数据采集系

统可以测量这一切不同的现象。

传感器是将物理现象转变成可测量信号（电压或电流）的设备，例如热电偶、RTD、热敏电阻都可以把温度转变为A/D组件可测量的模拟信号。下表是工程项目中所常见的传感器，以及它们可测量的现象。

现象	传感器
温度	热电偶, 电阻式温度传感器(RTD), 电热调节器
声音	麦克风
力与压力	压电传感器, 应变片
位置和位移	电位计, 线性差动变压器(LVDT), 光学编码器
加速度	加速度计
光线	照片感应器
pH	pH电极

为了适合数据采集设备的输入范围，由传感器生成的电信号必须经过处理，即通常意义所说的“信号调理”。下表中列举了常用传感器所需的信号调理，工程师需要在构建系统时综合考虑，选择最合适的传感器和数据采集设备。

	放大	衰减	隔离	滤波	激励	线性化	CJC	桥路补偿
热电偶	•			•		•	•	
热电阻	•			•	•	•		
RTD	•			•	•	•		
应变片	•			•	•	•		•

负载/压力/扭矩	•			•	•	•		
加速度计	•			•	•	•		
麦克风	•			•	•	•		
LVDT/RVDT	•			•	•	•		
高电压		•	•					

2 数据采集

数据采集设备是上位机和外界之间的接口，它的主要功能是将输入的模拟信号数字化，使计算机能够解读这些信号。如何选择合适的和正确的数据采集设备，这是工程师们在构建系统之时须掌握的技能之一，对于数采设备而言，主要有以下几项指标需要参考：

- 通道数

对于采用单端和差分两种输入方式的设备，模拟输入通道数可以分为单端输入通道数和差分输入通道数。在单端输入中，输入信号均以共同的地线为基准。这种输入方法主要应用于输入信号电压较高（高于1 V），信号源到模拟输入硬件的导线较短（低于15 ft），且所有的输入信号共用一个基准地线。如果信号达不到这些标准，此时应该用差分输入。

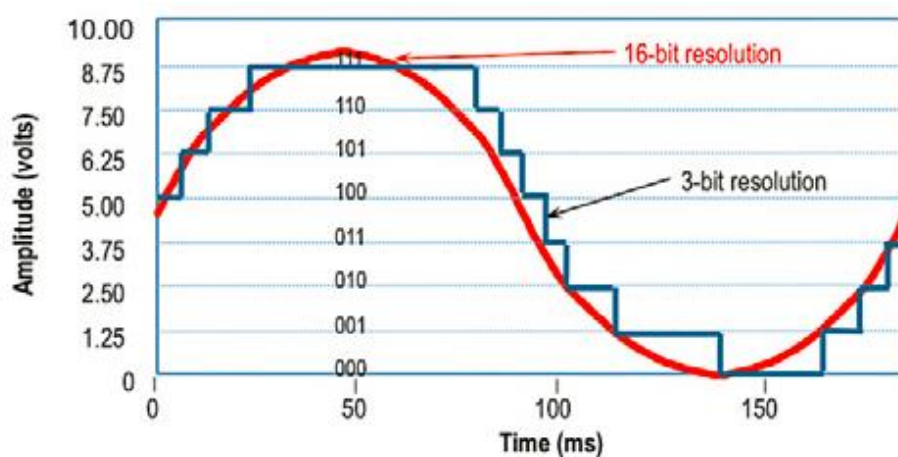
- 采样速率

这一参数决定了每秒种进行模数转换的次数。一个高采样速率可以在给定时

间下采集更多数据，因此能更好地反映原始信号。

- 分辨率/量程

模数转换器用来表示模拟信号的位数即是分辨率。分辨率越高，信号范围被分割成的区间数目越多，因此，能探测到的电压变量就越小（如下图）。



量程是模数转换器可以量化的最小和最大电压值。某些设备提供商的数据采集设备都能做到对量程范围进行选择，可以在不同输入电压范围下进行配置。由于具有这种灵活性，您可以使信号的范围匹配ADC的输入范围，从而充分利用测量的分辨率。

值得一提的是，分辨率与精度是两个完全不同的概念，具体的区别可见白皮书第三章内容。

- 防护性

数据采集设备所使用的周围环境如果较为复杂和严苛的情况下，那么在选择时，工程师需要对设备的防护等级进行考量。例如华穗科技（HUASUI）所推

出的ioBox系列产品都是具备IP三防等级认证，可有效防止工作环境所带来的冲击（例如在船舶上使用时海水的泼溅等）。

3 信号传输

传感器信号在经过设备采集之后，通过何种方式安全而可靠地传输到上位机或者服务器中，这个问题随着大通道数（几百通道以上）数据采集项目的不断出现，其重要程度与日俱增：无论前端设备与传感器的接线部分、还是整体系统的总线与组网模式，其中只要有一处出现疏忽，整个数据采集系统都可能会受到影响。

- 前端

前端，指的是数据采集设备到传感器的接线部分。传统的数据采集设备是板卡形式的（如下图），这种方式需要使用线缆与接线面板来使其与传感器引线连接。



为了进一步提升用户的接线体验，很多数据采集设备商也开始提供“直连传感器”的设备，例如NI公司推出的CompactDAQ数据采集系统，其可拆卸的C系列模块基本都自带接口（如螺旋端子、BNC等），方便工程师连线。如果用户对接口的防护性有要求，甚至需要有耐腐蚀的功能，则还可选择华穗科技（HUASUI）基于NI软硬件平台开发的高防护数据采集设备。

- 总线

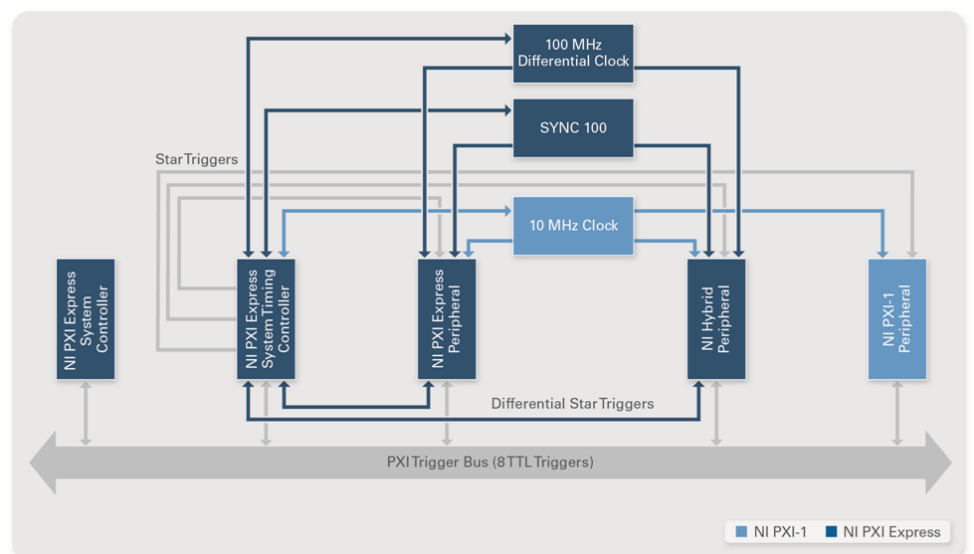
目前主流的数据采集系统总线有很多，各有不同的优点。下表中罗列了主流设备总线的一些基本指标：

总线	带宽	单点 I/O	多设备	便携性	分布式
PCI	132 MB/s(共享)	最好	更好	好	好
PCI Express	250 MB/s(每通道)	最好	更好	好	好
PXI	132 MB/s(共享)	最好	最好	更好	更好
PXI Express	250 MB/s (每通道)	最好	最好	更好	更好
USB	60 MB/s	更好	好	最好	更好
以太网	125 MB/s(共享)	好	好	最好	最好
无线 (802.11g)	6.75 MB/s (每通道)	好	好	最好	最好

*理论最大数据传输速率基于以下的总线规范：PCI、PCI Express 1.0、PXI、PXI Express 1.0、USB 2.0、千兆以太网和 Wi-Fi 802.11g

虽然总线种类较多，但在工程师构建数据采集系统时，以下几个因素需要综合考虑：

- 总线带宽需要能够支持数据采集的速度，需要注意的是，实际的系统带宽低于理论总线限制。实际观察到的带宽取决于系统中设备的数量以及额外的总线载荷。如果需要很多通道上传输大量的数据，带宽是选择总线时最重要的考虑因素。
- 不同总线的 I/O 响应时间不同，它是调用驱动软件函数和更新 I/O 实际硬件值之间的时间延迟。根据您选择总线的不同，延迟可以从不足一微秒到几十毫秒。需要单点读写的应用程序单点 I/O 的相应时间是关键。一般情况下，对于低延迟的单点 I/O 应用来说，PCI Express 和 PXI Express 等内部总线比 USB 或无线等外部总线更好。
- 许多数据采集系统都有复杂的同步需求，包括同步数百个输入通道和多种类型的设备。多个设备同步测量的最简单的方法就是共享时钟和触发。一些数据采集设备提供专用的 BNC 接头的触发线，这些外部触发线在 USB 和以太网设备上十分常见，因为这些数据采集硬件处于 PC 机箱外部。然而，某些总线内置有额外的时钟和触发线，使得多设备的同步变得非常容易（如 PXI 总线，具体见下图）。



- 处理器计算能力的极速增长是毋庸置疑的，它为数据采集系统的构建提供了许多新的创新方式，因此便携性也可能成为总线选择的首要考虑因素。例如，车载数据采集应用得益于结构紧凑，易于运输的硬件，如 USB 和以太网等外部总线，因为其快速的硬件安装以及与笔记本电脑的兼容性，特别适用于便携式数据记录系统（如 ioBox L 系列）。

- 组网方式

对于多通道数据采集系统来讲，其组网方式主要有集中式和分布式两种。集中式适合于测试地点和测试通道都在一个集中区域内的应用，而分布式则更适用于分布区域广大，且节点数较多的应用。

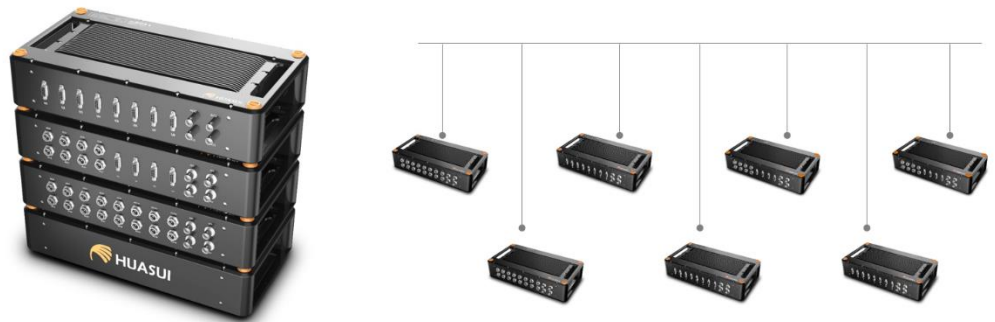
集中式中一个较为典型的例子就是 PXI 平台（下图），在一个多槽位的机箱中，工程师可以根据自己项目的不同需求选配不同的数据采集板卡（或仪器级板卡），从而以较为紧凑而标准的方式满足不同的采集需求。



分布式是相对于集中式的理念而生，其发展得最为极端的形式就是物联网，本文内容只涉及数据采集系统层面。WSN（无线传感器网络）是一个典型的

分布式数据采集系统，它由节点、网关以及中央控制器（服务器）组成，从而实现分布在各个区域（一般该区域会很广泛，例如整个热带森林）节点的通讯、采集以及回传。

近来两种组网方式正在趋于综合，某些数据采集系统可以被设计来兼顾集中式和分布式，从而节省工程项目的投入成本，开拓更多的应用领域。如华穗科技（HUASUI）基于NI RIO架构开发的ioBox L系列设备，其模块化的设计可以将各个设备通过结构堆叠为一个整体（左下图），从而实现集中式数据采集功能；而每个模块又可以作为一个数据采集节点（右下图），模块间通过以太网、甚至光纤（对于几公里的传输距离需求）进行通讯与回传。

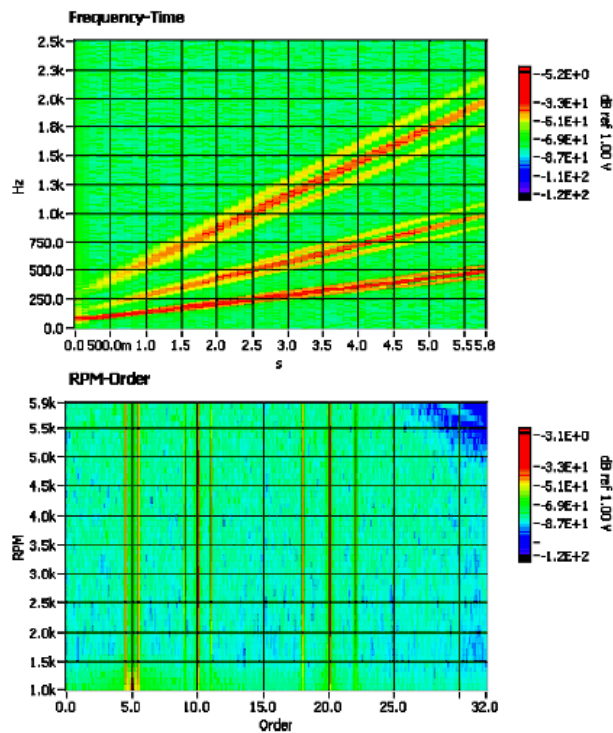


4 分析处理

我们知道，仅仅拥有传输到上位机的原始测试数据是不够的，工程师所关心的是试验中所感兴趣的结果，例如该旋转设备是否正常运转，或者发动机在各工况下的油耗特性曲线等等。因此，对原始数据进行处理和分析，从而得到想要的结果或结论，在整个数据采集系统中是必要的一环。

常用的分析处理方法有很多，例如均值、插值、拟合或者FFT变换等，这里需

要强调的是，这些方法只能解决最基本的应用需求，对于各个应用领域而言，都有自己一套专业的分析和处理算法和体系。以旋转机械状态监测为例，对于大型的旋转机械设备而言，工程师需要对电机、发动机、压缩机、电动马达、泵以及传动轴所引起的噪声和振动有充分的认知，而这个过程是非常复杂的。为了确定噪声和振动的根源，完成产品的设计优化，工程师需要具有一套完整的分析手段：瀑布图、阶次跟踪、时域数据分析、动平衡软件等各种信号处理工具（如下图）。



正因为分析处理这一部分具备一定的专业性，因此工程师们一般有两种方法来实现：第一种就是选择自己领域的专业处理软件来实现对原始数据的挖掘，这些软件具备“交钥匙”的功能，直接上手可用，但功能并不灵活，如果需要一定的定制功能的情况时其局限性会凸显；另一种方法则是使用一种开放性较好的开发平台，并结合自身领域的专业知识，自己通过平台开发出满足需求的应用。

业界目前主流的开发平台是NI公司推出的图形化开发平台LabVIEW,对于分析处理方面,它不仅提供现成可用的常用信号处理算法,针对于各个专业领域的算法也推出不同的扩展工具包(例如声音与振动工具包、医学电子工具包等),从而可满足大多数项目需求。

5 数据存储

无论是所采集到的原始数据,还是经过分析处理的结果数据,在整个系统的环路中,都需要有一个载体能够及时有效地保存这些数据,以备后期的回调以及挖掘。

对于一般的应用来说,工程师会直接利用成熟的PC技术,将数据存在上位机中的硬盘或者移动硬盘上。而对于数据量较大、通道数多以及速率高的系统而言(例如汽车碰撞安全试验),这种方法显然已不合时宜,数据流盘(Data Streaming)技术是解决这类问题的关键。由于篇幅,这边不对流盘技术做深入的讲解,一些设备商也已经提供了现成可用的流盘解决方案,下表是PXI以及PXI Express平台高速数据流盘的评测:

硬盘类型	写/读速率 (MB/s)	测试所用硬盘
PXI		
2.5" SATA	30	Fujitsu 40 GB, 5400 RPM
3.5" SATA	70	Seagate Barracuda 7200.10 250 GB, 7200 RPM

4 RAID-0	120 / 123	PXI ExpressCard to eSATA
PXI Express		
4 RAID-0	243 / 240	PCIe x4 HighPoint RocketRAID 2320
12 RAID-0	600+ / 700+	PCIe x8 (as x4) with RocketRAID 2340

如果说流盘技术是能够让整个数据采集系统的存储能力“更快更强”的话，那么目前针对数据存储还有一个发展的趋势，则是朝着“更智能以及更持久”的方向前进着。

在测试和测量领域，人们每天以高达数Zeta字节（10的12次方GB）速率进行数据采集，海量模拟数据问题对于多通道数据采集系统来说是一个日益严峻的挑战，需要有可满足多用户访问需求的网络设备和数据管理系统，提供这种数据存储解决方案的一个日益普及的方法就是使用云技术（Cloud Technology）。

目前，如 Averna、Virinco、NI和华穗科技（HUASUI）等供应商已提供可帮助管理海量模拟数据解决方案的产品（如下图架构）。为了分析和管理来自数百万个文件的数十亿个数据点，工程师和科学家可使用现成可用的软件来挖掘、检查和生成相关测量数据。



注：关于海量数据管理以及云存储，可参加本白皮书第二章的详细内容。

6 总结

综上所述，构建一个完整的多通道数据采集系统，对于工程师而言，关键的并不是其中某一个环节或者细节，而是需要有一个系统级的广阔思路，需要对系统整体做统一的规划。本章内容希望能够帮助到工程师了解数据采集系统的基本原理和注意事项，如果您有任何问题或者建议，也欢迎联系华穗科技（HUASUI）。作为多通道数据采集解决方案的提供商，我们会竭力协助您一起构建高效可靠的数据采集系统。