

利用信号调理将您的测量精度提高 10 倍

对于许多真实世界的应用来说，您必须利用传感器测量环境或结构参数，例如温度或振动。反过来，这些传感器需要在数据采集设备有效且精确地测量信号之前进行信号调理。信号调理提供了不同于孤立数据采集设备的独特特性，因为它提高了数据采集系统的性能和测量精度。

目录：

- 数据采集系统
- 我如何才能提高数据采集系统的精度？
- 我应该如何选择正确的数据采集系统？
- SCXI – 高性能信号调理
- SCC – 低价位单通道信号调理
- SC 系列 – 集成信号调理功能的数据采集设备
- FieldPoint/Compact FieldPoint – 集成信号调理功能的分布式数据采集设备

数据采集系统

随着现代数据采集设备的速度和精度要求越来越高，因而很容易就忽视了对信号调理的需要。虽然插入式 DAQ 设备专门精确地测量电压信号，但是电压仅仅是许多现代测量和自动化应用所要的众多 I/O 类型中的一种。许多现有的数据采集系统也必须从那些检测物理、化学、或机械现象的传感器中测量信号。虽然其中一些此类的传感器，例如 RTD 和应变计，必须具有信号调理来返回任何测量，但是它们都需要调理才能返回精确的测量值。

虽然数据采集设备日益变得越来越复杂，但是数据采集的基本原理仍然相同——您必须连接到信号，应用必需的信号调理，对信号数字化，和显示数据。了解了这些，那么所有数据采集系统的三个重要的组件就是：

- 信号调理（调理信号/传感器）
- 数据采集设备（将调理的信号数字化）
- 软件（用来分析，记录，和显示所得到的信号数据）

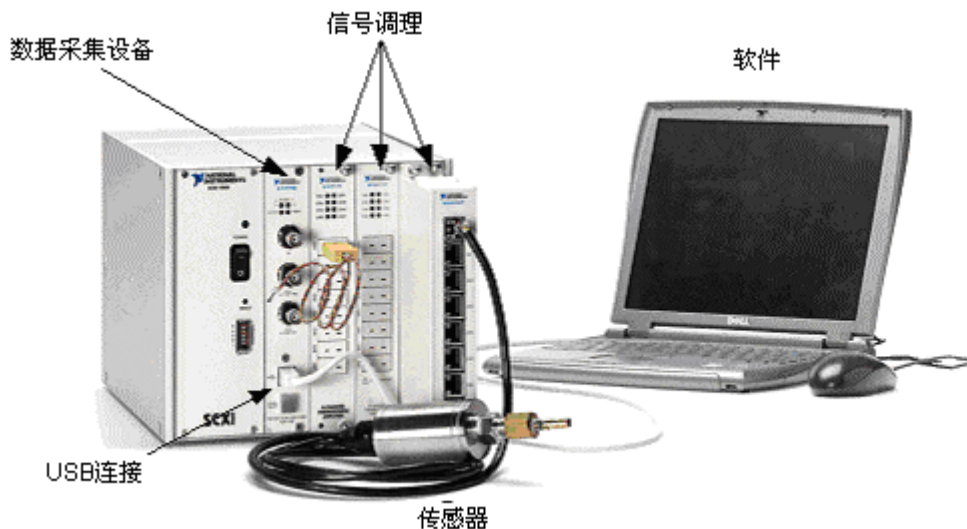


图 1、数据采集系统构成

最容易被忽视,但却是根本上最重要的组件就是信号调理。世界上绝大部分可测量信号必须使用传感器进行检测,而大部分传感器需要数据采集设备具备一些信号调理功能来精确地读取信号。因而,一个数据采集系统不仅要结合数字化仪和应用软件,还要包含紧密集成的信号调理硬件。

我如何才能提高数据采集系统的精度?

各种各样的应用都使用数据采集设备。在实验室,在现场服务,以及在生产车间,这些设备用作通用的测量工具,且很好地适用于测量电压信号。然而,对于许多真实世界的应用,您必须利用传感器测量环境或结构参数,例如温度或振动。这些传感器反过来需要在数据采集设备有效且精确地测量信号之前进行信号调理。信号调理提供了不同于孤立数据采集设备的独特特性,因为它提高了数据采集系统的性能和测量质量。

为了说明信号调理的必要性,考虑一个热电偶的例子。为了精确地测量热电偶信号,您必须提供放大、滤波、和冷端补偿。放大是必需的因为信号的幅度较小,并且您必须将它放置在与热电偶尽可能近的地方,从而提高信噪比。虽然放大有助于减少信号上的噪声影响,您也必须提供滤波来去除来自于电线和其他电子设备的环境噪声。冷端补偿也是十分必要的,用来补偿那些存在于热电偶测量端和数据采集设备端之间的任何温度差。信号调理的实效就是极大地提高精度,如图2所示。图表比较了25°C时的热电偶测量结果,一个是使用NI SCXI-1112 热电偶信号调理模块,另一个是使用具有一个用于冷端补偿的温度传感器的旋钮终端接头模块——SCB-68。SCXI-1112 模块达到0.3°C的精度,而SCB-68的精度只有5.0°C。所以,SCXI-1112 信号调理模块使得热电偶测量精度比相应的终端模块提高了10多倍,这正是源于预放大,低通滤波,和更为精确的温度传感器。



图 2、SCB-68 旋钮终端连接模块



图 3、SCXI-1112 热电偶信号调理仪

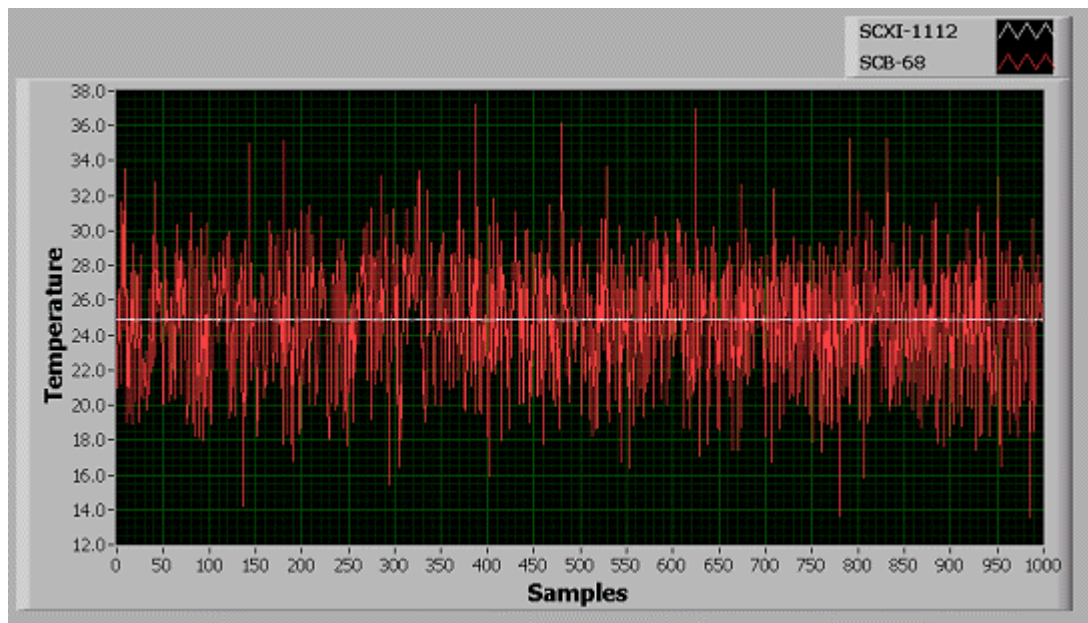


图 4、这一精度的比较表明 SCXI-1112 信号调理模块提供 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 的精度，而使用经校准输入的 SCB-68 终端模块提供 $\pm 5.0^{\circ}\text{C}$ 的精度。

许多关键的信号调理技术用于提高数据采集系统的精确度和性能：

- **放大** - 放大器通过提高输入信号的幅度来更好的匹配数字化仪的输入电压范围，从而提高了小信号测量的精度和灵敏度，进而提高了测量的分辨率和灵敏度。虽然因为这个原因许多数据采集设备包括了板载放大器，但是许多传感器，例如热电偶，需要更多的放大，而不仅仅是一个数据采集设备单独可以提供的。使用信号调理来放大靠近信号源的信号也减少了您测量中的环境噪声影响。
- **衰减** - 衰减降低您输入信号的幅度以落入数字化仪输入范围，从而您可以利用数据采集系统来测量高电压信号。
- **隔离** - 具有隔离的信号调理设备通过使用转换器、光或电容性耦合技术而不是物理连接来将输入信号传输至测量设备，隔离切断了接地环路。利用隔离技术，您可以测量带有较高的共模电压的信号，同时也防止了您数据采集系统中昂贵的测量设备发生任何高电压涌流。
- **滤波** - 滤波通过从您的信号中去处不希望的频率分量来提高您的测量精度。除了从您的测量中去处噪声，滤波也防止了信号混叠（一种发生在您所测量信号的频率高于采样速率一半的时所发生的现象，从而破坏了您的测量）
- **激励** - 许多传感器，例如 RTD，应变计，和加速计，需要某种形式的电源来返回一个测量值。激励以电压或电流的形式提供这种电源，因此您可以在数据采集系统中使用这些类型的传感器。
- **校准** - 校准通过调整您的数据采集系统来补偿传感器或测量硬件中的不平衡，来提高测量精度。例如，应变测量需要空（或零）以及并联（或增益）校准来保证精确的线性化。
- **冷端补偿** - 热电偶通过两中不同金属间的电压差来测量温度。基于这种概念，在热电偶和您数据采集设备接头（终端）模块之间的连接处产生另一种电压。冷端补偿通过在连接处提供温度来提高温度测量精度，这样您然后就可以从读数中减去即可。
- **同步采样** - 当您必须在同一时间内测量两个或多个信号，您需要同步采样。使用具有跟踪和保持电路的信号调理是一种比每个通道购买一个数字化仪更为节省成本的同步采样解决方案。可能需要同步采样的典型应用包括振动测量和相位差测量。

表 1、常见传感器的信号调理要求

	Amplification	Filtering	Isolation	Excitation	Cold-Junction Compensation	Linearization	Bridge Completion
Thermocouples	●	●	○		●	●	
Thermistors	●	●	○	●		●	
RTD	●	●	○	●		●	
Strain Gauge	●	●	○	●		●	●
Load Cell	●	●	○	●		●	●
Pressure Sensor	●	●	○	●		●	●
Torque Sensor	●	●	○	●		●	●
Force Sensor	●	●	○	●		●	●
Accelerometers	●	●		●		●	
LVDT/RVDT		●		●		●	

● = Required
○ = Recommended

我应该如何选择正确的数据采集系统？

现有的数据采集系统设备和选择的数量使得选择合适组件的过程越来越复杂。但是这个过程是十分关键的，因为您所使用的组件的类型对您系统的总体性能和精度具有极大的影响。与此相关联的开发和首次测量的时间也会被极大地影响，而且在选择正确地数据采集系统的过程中，组件的选择是众多重要的抉择之一这个事实也迅速变得显而易见。

在您的数据采集系统中有九个必需考虑的方面，来帮助您充分利用基于计算机数据采集的最新发展。

- 信号类型的广度** - 选择可以接受广泛信号类型的信号调理硬件在保障您的数据采集系统投资中十分重要的。此外，将所有这些测量集成至一个单一的数据采集系统的能力可以极大地减少您的开发时间，这样您就可以集中于实施测试，而不是学习和配置各种测量系统。为了阐述清楚，考虑一个您必须验证汽车引擎设计的应用。为了精确地描述这个引擎，您必须测量各种信号类型——包括温度、振动、频率（rpm）、和扭矩——每一个都有独特的调理要求。传统上，这就意味着您需要一个单独的独立仪器或为每种类型的测量自定义数据采集设备，这就要求您配置多种设备。由于现代高性能的信号调理硬件，您可以轻松地将所有这些测量集成至一个单一的、稳固的机箱并且从一个单一的软件接口，如 NI-DAQ，进行配置。这种性能减少了您当前应用程序的开发时间和成本，同时仍然保障了您对数据采集系统的投资并且提供了解决将来应用的灵活性。
- 连接性** - 由于可以使用各种各样的传感器连接端子，您的信号调理硬件不仅要提供各种连接选择，而且更为重要的是要提供您所需要的特殊选择。无论您是否正在使用具有 D-Sub 连接头的应变计还是具有 BNC 接口的加速计，您的信号调理平台应该提供对您所有传感器的简便连接，从而监护系统的建立。一些信号调理硬件在每个通道上提供直接的连接选择，从而您可以轻松地删除或替换单独的传感器，同时您的数据采集系统仍在运行。另一方面，最为灵活的连接头类型是旋钮终端。考虑一个测量电压和电流的具有旋钮终端的数据采集系统，或者您的传感器连接类型可能需要经常改变。当您可以将您的数据采集系统连接至任意的传感器，您就极大地提高了您的测量能力。
- 扩展性** - 随着您的测试的发展和您测量要求的改变，您必须拥有一个可以提供随应用而扩展和改变的灵活的数据采集系统。扩展您的数据采集系统不需要对您的信号调理平台进行彻底的改变。通过使用模块化信号调理硬件，仅简单地通过插入另外的模块，您就可以快速地增加系统中信号的数量和类型。这一特性保障了您的数据采集系统的投资，因为您可以在几分钟内的时间内扩展了您的通道数量，极大地减少了在您所改动的

系统运行之前所花费的时间。这种灵活性反过来降低了您所拥有的数据采集系统的总成本。

- **集成性** - 为了实现您数据采集系统所有可能的效率和价值，它的所有组件必须无缝集成。特别是，您的信号调理硬件应该能够在一个单一系统内集成混合信号类型，同时对您数据采集设备仍然保持快速和简便的连接。利用这种性能，您可以极大地减少建立时间。而且，通过选择那些紧密结合您的数据采集设备的信号调理硬件，您只需要通过简单地升级数据采集硬件，就可以随着您应用需要的发展，轻松地将您整个数据采集系统的速度和分辨率升级。因此，紧密集成的信号调理硬件可以减少现在和将来系统开发的成本。
- **封装性** - 您的信号调理硬件封装通常由您的应用的体积和环境限制所确定。因为空间在许多实验室和测试地点十分宝贵，所以选择一个将更多通道封装至更少空间的数据采集系统是十分重要的。具有高通道密度的信号调理降低了您数据采集系统对空间的要求，同时也减少了每通道的成本。在便携式应用中，您的信号调理硬件必须紧凑和轻巧，同时仍然提供高水平的性能和功能。而且，运行在恶劣的工业环境中的应用要求信号调理具有坚固的机械封装。为了在极端的环境下有效地工作，硬件在承受剧烈的冲击和振动之外还必须应该能够承受大范围的操作温度。
- **软件** - 一个测试和测量系统的成本的很大一部分是应用程序的开发。为了将这些成本降低到最低点，您必须使用将效率最大化的软件工具。特别的是，驱动软件应该提供一个单一的接口用于配置和测试您的整个数据采集系统，同时也与您的应用开发环境（ADE）紧密结合。驱动软件应该也要提供标定和校准您的传感器测量值的能力。这些特性极大地减少了总体开发时间和成本，因为您可以快速地将最新地传感器测量值集成至您的数据采集应用。
- **隔离** - 通过提高总体的安全性、精确度和性能，隔离可以极大地提高您的数据采集系统的总体价值。通过建立一个绝缘的屏障，隔离允许测量设备的输入和输出的参考地在不同的电压水平，从而使操作员和设备免于受到任何短暂的电压冲击。通过以物理的方式切断接地回路（测量噪声和误差的共同来源），隔离也提高了系统的精确度；当一个数据采集系统和它的输入信号在不同的电势具有不同的地的时候，接地回路就产生了。最后，通过提高共模抑制比（CMRR）抑制共模电压，隔离提高了数据采集系统的性能。共模电压，另一种经常出现的误差源，是一种同时出现在您测量设备的正、负输入端的电压，但是它不是您所希望测量的电压的一部分。虽然隔离的设备通常十分昂贵，但是当您考虑到隔离通过去除难以发现的错误源（例如接地回路和共模电压等）而节省的解决问题的时间的时候，这些额外的成本是十分值得的。
- **校准** - 一个信号调理系统应该集成的最为重要的技术之一是简易且精确的校准的能力。大部分测量设备都是在工厂校准的，但是随着时间和温度的改变，这个精度也马上就开始产生漂移。为了尽可能地进行最精确的测量，您必须定期地校准整个数据采集系统。如果您的系统具有精确的板载参考电压，您可以调整您的测量系统来补偿温度的改变。此外，您必须拥有可以得到外部校准服务的权利，来保持您的系统性能始终达到生产商的技术标准和规格。认识到任何信号调理系统的校准性能和要求是十分重要的，因为这是唯一的一种方式可以保证您的投资包含了您所需要的技术来进行精确的和可靠的测量。
- **开关** - 现在对于测试环境的要求不断增加，将信号轻松地在您的测量系统中传输的能力是一种可以引起测试时间大幅度缩减的技术。举个例子，考虑您必须在测试过程中对一个测试单元（UUT）进行四次单独的测量的情况。没有合适的技术，您必须在每次测试的时候将 UUT 重新连接到每个不同的测量设备。利用先进的开关技术，您不仅可以自动地将 UUT 引向每一个测试设备，而且还可以同时测试多个 UUT，因而您可以更加

有效地使用测试设备，达到更短的测试时间，以及更少的用户介入。您所选择的提供这种技术的信号调理系统将对系统的总体性能和成本具有重大的影响。

- **带宽** - 在选择一个信号调理系统是，带宽是一个常常被忽视但却十分重要的应予以考虑的技术。现代信号调理硬件应该拥有足够的带宽来处理来自于高通道数系统的数据吞吐量，并且能满足任何将来通道数的增长。系统带宽经常表示成采样数/秒（Hz），并且对于大型系统，甚至在普通的采样速率下也常常达到几百 kHz。

总体来说，信号调理定义了测量性能并且是任何完整的数据采集系统中的一个重要的组件。而且，精确的传感器测量需要信号调理。为了保护您的数据采集系统的投资，您必须投资于模块化、易扩展的信号调理硬件，它们应该能够接受各种信号类型并提供广泛连接选择，而且同时仍然满足您的体积和环境限制以及您的开发软件和数据采集设备紧密结合。

NI 提供广泛的信号调理硬件，它们几乎可以将任何信号或传感器连接至您的数据采集系统；请参见下面的选型指南来寻找最适合您应用的信号调理硬件。

表 2、信号调理硬件选型指南

	SCXI	SCC	SC-Series	Compact FieldPoint	5B
信号类型	●	◐	○	◐	◐
可扩展性	●	○	●	◐	○
连接性	◐	●	●	◐	○
采集速度	●	●	●	○	●
精度	●	◐	●	◐	○
通道密度	●	○	◐	◐	○
便携性	◐	●	◐	●	○
坚固性/工业级	●	○	●	●	◐
可分不性	○	○	○	●	○
KEY ○ 好 ◐ 更好 ● 最好					

SCXI - 高性能信号调理

SCXI 是一个用于基于 PC 仪器技术应用的信号调理和数据采集系统。一个 SCXI 系统包括一个屏蔽的机箱，其中容纳了完成各种信号调理功能的信号调理输入和输出模块的组合。您可以将许多不同类型的转换器，包括热电偶，直接连接至 SCXI 模块。SCXI 系统可以是一个高性能的 USB 即插即用数据采集系统。SCXI 系统也可以作为一个前端的信号调理系统，用于 PCI、PXI、或 PCMCIA 数据采集设备。



图 5、SCXI 信号调理硬件

SCC - 低价位单通道信号调理

SCC 是一种便携式模块化信号调理系统，可用于和 M 系列、E 系列，以及 B 系列多功能数据采集设备共同使用。SCC 产品包含各种模拟输入和数字 I/O 信号。利用这种模块化设计，您可以选择在每个通道进行调理。SCC 提供自定义的连接选择，以匹配您的传感器或者信号连接类型。SCC 较小的体积对于和 PCMCIA DAQCard 以及 DAQPad 一起用于便携式应用十分完美，同时也适用于机架安装式或台式应用。



图 6、SCC 信号调理硬件

SC 系列 – 集成信号调理功能的数据采集

NI SC 系列数据采集 (DAQ) 设备通过将特定测量的信号调理集成至一个 16 位的 PXI 数据采集设备，从而将测量性能进行了扩展。利用信号调理和数据采集功能的紧密结合，SC 系列设备以比领先的解决方案（例如 SCXI DAQ 系统）更低的单通道成本提供了高性能的特定传感器的测量，以用于低通道或中通道数场合。

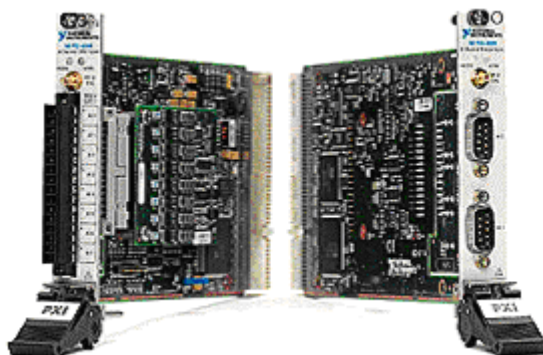


图 7、SC 系列硬件

FieldPoint/Compact FieldPoint – 集成信号调理功能的分布式数据采集

NI FieldPoint 和 Compact FieldPoint 是模块化嵌入式控制和分布式 I/O 系统，用于需要工业级硬件和简便的安装及配置的测量、控制和数据记录应用。Compact FieldPoint 和 FieldPoint 提供内置的信号调理用于直接连接至传感器和激励器，具有连接热电偶、RTD、应变计、4-20mA 信号、高电压源、和许多其他信号的模块。FieldPoint 和 Compact FieldPoint 通过在特定的嵌入式处理器运行 LabVIEW 实时操作系统来提供嵌入式控制。FieldPoint 可以通过各种工业总线（以太网、串行、CAN、和 FOUNDATION Fieldbus）连接至 PC。Compact FieldPoint 则设计成可以工作在那些存在电磁噪声、较大温度范围，以及高冲击和振动的恶劣环境中。



图 8、FieldPoint 和 Compact FieldPoint 分布式 I/O 硬件



NI 驻中国地区分公司/代表处联系地址：

800 820 3622 · china.info@ni.com · ni.com/china

NI 上海：上海市曲阳路 800 号商务大厦 6 楼（200437）

电话：021-65557838 传真：021-65556244

NI 香港：香港沙田小沥源安心街 19 号汇贸中心 2 楼 5 室

电话：00852-26453186 传真：00852-26868505 Email:general@nihk.com.hk