

常规测量指南-如何进行电压测量

概览

美国国家仪器公司的《常规测量指南》是获取常用传感器和信号测量信息的统一资源入门指导。以下每一个文档讲到相应信号/传感器的工作原理，并且提供如何测量的指导。这些文档的目的是帮助您快速开始测量工作。

电压测量概述

电压是电气或电子电路两点间的电势差，单位为伏特。用以测量电场在导体中形成电流的势能。

大多数测量设备都能够测量或读取电压。两种常用的电压测量为直流（DC）和交流（AC）。

虽然电压测量是各种模拟测量形式中最简单的，但是噪音因素对电压测量提出了独特的挑战。



如何进行直流电压测量

虽然许多传感器可以输出数据采集设备测量的直流电压，但本白皮书的初衷是研究其中不包括中间传感器设置的一般直流电压测量。

电压测量基础

为了理解如何测量电压，了解采取测量方式的背景知识是必不可缺的。本质上，电压是电路中两个感兴趣的点之间的电势差。然而，一个经常混淆的地方是确定测量参考点。测量参考点是测量时以为参考的电平。

参考点方法

本质上有两种测量电压的方法：对地参考和差分

对地参考电压测量

一种方法是以公共点或者“地”作为测量电压的参考。通常，这些“地”是稳定不变的，而且一般在 0V 左右。“地”这个术语源于通过将信号直接同大地连接以确保电势为 0V 的历史惯例应用。

当通道遇到以下情况时，您可以使用对地参考输入连接：

- 输入信号电平较高（大于 1V）
- 信号和设备之间连接导线的长度小于 10 英寸（3m）
- 输入信号同其他信号共用一个参考点

对地参考由测量设备或者被测外部信号提供。当设备提供地时，这种设置被称为对地参照单端模式（RSE）。当由信号提供地时，这种设置被称为非参考单端模式（NRSE）。

大部分仪器都为模拟输入测量提供相似的管脚排列。下例显示的就是这类方法，测量中使用了 [NI CompactDAQ](#) 机箱和 [NI 9205](#) 模拟输入模块（见图 1）。



图 1. [NI CompactDAQ](#) 机箱和 [NI 9205](#) 模拟输入模块

图 2 所示了使用 [NI 9205](#) 和 NI cDAQ-9172 的 RSE 电压测量接线图，和该模块的管脚定义。图 2 中管脚 1 对应“模拟输入 0 (AI0)”通道，管脚 17 对应公共地 (COM)。

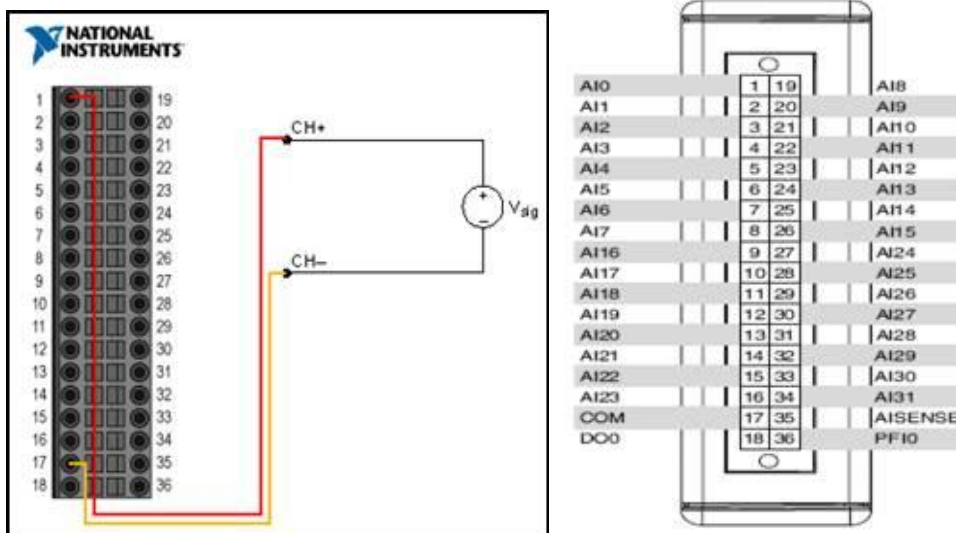


图 2. 对地参照单端模式

图 3 所示了使用 [NI 9205](#) 和 cDAQ-9172 的 NRSE 电压测量接线图。图中，管脚 1 对应“模拟输入 0 (AI0)”通道，管脚 35 对应“模拟输入感应 (AISENSE)”通道。这个通道专门为 NRSE 测量设计，可以侦测到由信号提供的对地电压。

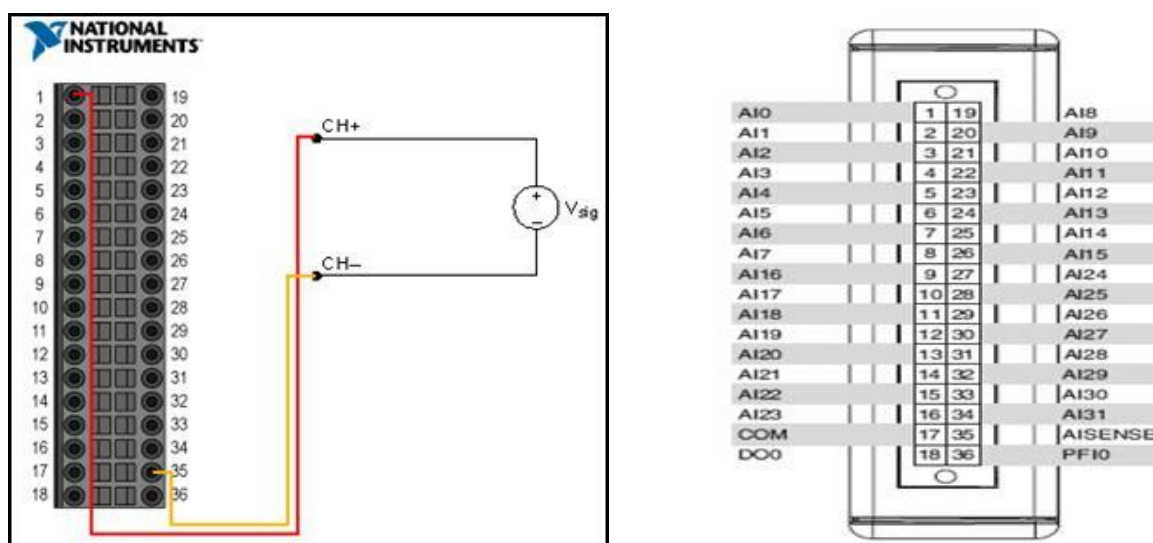


图 3. 非参考单端模式

差分电压测量

另一种测量电压的方式是确定电路中两个独立点之间的差分电压。例如，测量单个电阻两端的电压就需要在电阻两端进行测量。电压差值就是通过电阻的端电压。通常差分电压测量在确定通过电路独立元件的电压或者信号源很嘈杂的情况下是很有用的。

当通道遇到以下情况时，可以使用差分输入连接：

- 输入信号电平较低（小于 1V）
- 信号和设备之间连接导线大于 10 英尺（3 米）
- 输入信号需要一个隔离的地参考点或者回授信号
- 信号导线经过嘈杂的环境

图 4 所示为使用安装了 NI 9205 的 cDAQ-9172 的差分电压测量接线图。在图中，管脚 1 对应“模拟输入 0 (AI0)”通道，管脚 19 对应“模拟输入 8 (AI8)”通道。

在差分模式中，负端信号直接连接到一个模拟输入管脚，此管脚与正端信号连接的模拟通道相配对。例如，“模拟输入 0”连接到正端，而“模拟输入 8”连接到负端信号；“模拟输入 1”连接到正端，而“模拟输入 9”连接到负端信号；如此下去。差分模式的缺点在于模拟输入测量通道数量会减少一半。

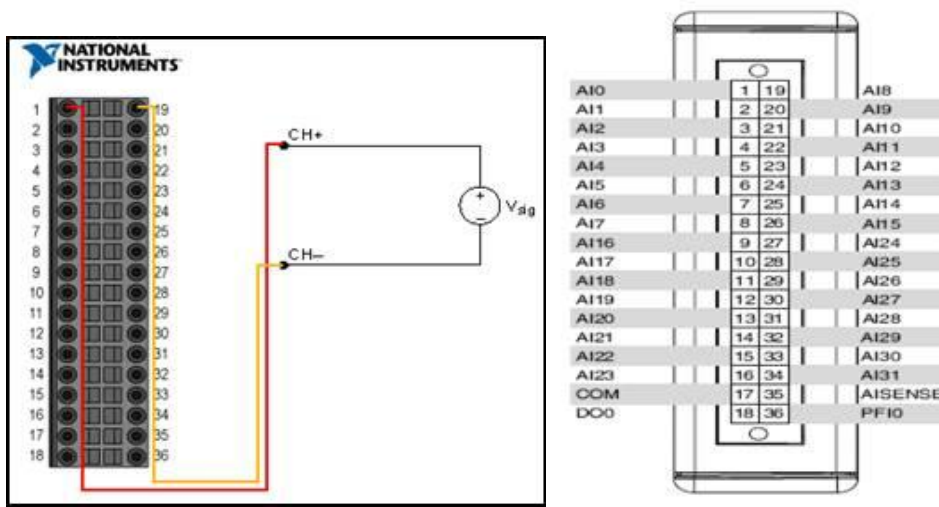


图 4. 差分模式

信号源类型

在配置输入通道和连接信号之前，应先确定信号源是浮动的还是接地的。

浮动信号源

浮动信号源没有连接到建筑接地系统而是拥有一个隔离的地参照点。浮动信号源的例子有变压器、热电偶、电池供电设备、光耦隔离器和隔离放大器等的输出。拥有隔离输出的仪器或者设备就是一个浮动信号源。浮动信号的地参考点必须同设备的地相连，为信号建立一个本地或者板载的参考点。否则，被测输入信号会浮动变动而超出共模输入范围。

接地信号源

接地信号源与建筑接地系统连接，因此在假定测量设备与信号源接入到同一个供电系统的条件下，信号源已经连接到与设备相关的公共接地点。接入建筑供电系统的仪器和设备的非隔离输出都属于这一范畴。连接到同一个建筑供电系统的两个仪器地之间的电势差通常在 1 到 100mV 之间，但是，如果配电路的连接不合理，这个差值会高很多。如果接地信号源测量方法不对，此差值就是测量误差。遵循接地信号源的连接说明就能够消除源自被测信号地的电势差。

图 5 所示为信号源类型和基于各个测量方法的最优化接线图。请注意，根据信号类别，某个电压测量方法会比其他方法更有效。

Input	Signal Source Type	
	Floating Signal Sources (Not Connect To Building Ground)	Ground-Referenced Signal Sources
	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Ungrounded thermocouples • Signal conditioning with isolated outputs • Battery devices 	Examples <ul style="list-style-type: none"> • Plug-in instruments with non-isolated outputs
Differential (DIFF)		
Single-Ended—Ground Referenced (RSE)		<p style="text-align: center;">NOT RECOMMENDED</p> <p style="text-align: center;">Ground-loop losses, V_g, are added to measured signal.</p>
Single-Ended—Non-Referenced (NRSE)		

图 5. 常规信号源类别及对应的推荐输入配置

高电压测量和隔离

在测量高电压时需要考虑很多因素。在设计一个数据采集系统时，提出的第一个问题就是该系统安全与否。进行高电压测量，不仅对设备、被测单元有伤害性，甚至对您个人及同事的人身安全都存在着危险性。为了确保系统安全，应该使用绝缘测量设备，以在用户和危险电压之间提供一个绝缘障壁。

隔离，是在物理和电气上将测量设备分离成两部分的方法，可分为电气隔离和安全隔离。电气隔离是两个电气系统之间的地没有相连。电气隔离可以断开接地环路，扩大数据采集系统的共模范围，还可以将信号地参考点的电压拉平到单个系统的地。安全隔离参考标准对保护个人远离危险电压有专门的规定，并对电气系统的性能进行评定，以避免高压和瞬变电压击穿边界传输到其他用户可能接触的电气系统等情况的发生。

在数据采集系统中安装隔离装置主要有三个功能：防止接地环路，抑制共模电压，和提供安全保障。

接地环路

接地环路是数据采集应用中最常见的噪音源。这种情况发生在当电路中相连的两个端点处于不同的地电位上，导致两点间产生电流。系统的本地地电势可能比最近建筑物的地电势高或者低几伏特，而附近的雷击也可能导致此差值上升至几百或者几千伏特。这种额外电压不仅本身会导致测量的重大误差，而且电流会在附近导线中产生耦合电压。该误差可以瞬变信号和周期信号出现。例如，如果接地环路由 60 赫兹交流电源线形成，那么不必要的交流信号在测量中将以周期性电压误差出现。

当接地环路存在，被测电压 V_m 就是信号电压 V_s 和电势差 ΔV_g 之和，后者是信号源地和测量系统地之间的电势差值（如图 6 所示）。这个电势通常不是直流电平；因此，形成了一个受到噪音干扰的测量系统，在读取过程中包含了电源线频率（60Hz）成分。

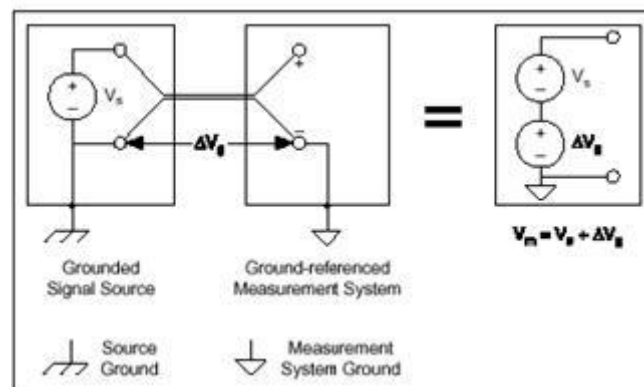


图 6. 由地参考系统测量的接地信号引入了接地环路

为了避免接地环路，就要确保测量系统中只有一个地参考点，或者使用隔离的测量硬件。使用隔离的测量硬件消除了信号源地和测量设备之间的连接路径，这样就可以防止多个接地点之间的电流流动。

前文中我们提到过 NI CompactDAQ 的设置，NI 9229 模拟输入模块提供 250V 的通道至通道隔离。



图 7. NI 9229 通道至通道隔离模拟输入模块

共模电压

一个理想的差分测量系统只反映两个端点——正极 (+) 和负极 (-) 输入的电势差。两根导线间的差分电压就是有效信号，然而不必要信号很可能存在，这种情况在差分双线的两导线上都很常见。该电压就是常说的共模电压。理想的差分测量系统能够完全抑制共模电压，更不用说测量。然而，实际设备有很多限制条件限制了抑制共模电压的能力，这些限制条件由共模电压范围和共模抑制比 (CMRR) 等参数描述。

共模电压范围的定义是指测量系统各输入端对地的最大允许电压摆幅。违反了该限制条件，不仅会产生测量误差，而且可能损坏板卡上的元件。

共模抑制比描述的是测量系统抑制共模电压的能力。共模抑制比越高的放大器对抑制共模电压的效果越显著。

在非隔离差分测量系统中，在电路输入端和输出端之间仍存在导电通道。因此，放大器的电气特性限制了输入端上共模信号电平的抑制。使用隔离放大器就可以消除导电电气路径，而共模抑制比也显著增大。

隔离拓扑结构

当配置测量系统时候，了解设备的隔离拓扑结构是很重要的。不同的拓扑结构有着不同的相关成本和速度的考虑。

通道至通道

最稳健的隔离拓扑结构是通道至通道隔离。在这种拓扑结构中，每个通道之间以及同其他非隔离系统元件之间都是隔离的。另外，每个通道都有自己隔离的电源。

考虑到速度，有多种结构可以选择。每个通道使用一个模拟数字转换器（ADC）和一个隔离放大器的话，速度会明显变快，因为所有通道可以并联接入。[NI 9229](#) 和 [NI 9239](#) 模拟输入模块提供通道至通道隔离来给予最高的测量准确性。

一种成本效益好而速度相对较慢的结构是各个隔离输入通道多路复用到一个 ADC 上。

另一种提供通道至通道隔离的方法就是所有通道共用一个隔离电源。在这种情况下，除非您使用的是前端衰减器，否则放大器的共模范围受限于电源的供应路径。

组

另一种隔离拓扑结构包括组合或集合多个通道来实现共享单个隔离放大器。在这种拓扑结构中，通道间的共模电压差是受限的，但是通道组之间以及与测量系统非隔离部件的共模电压可能会很大。通道之间不是隔离的，但是通道组同其他组和地是隔离的。这种拓扑结构是低成本的隔离解决方案，因为这种设计共用一个隔离放大器和电源。

大多数 NI C 系列模拟输入模块都是组隔离的，如 NI 9201 和 NI 9221，可以提供成本较低的准确的模拟测量。

开始浏览您的测量工作：NI LabVIEW

一旦将传感器同测量仪器相连，就可以使用 LabVIEW 图形化编程软件对数据进行可视化处理和分析。（见图 8）

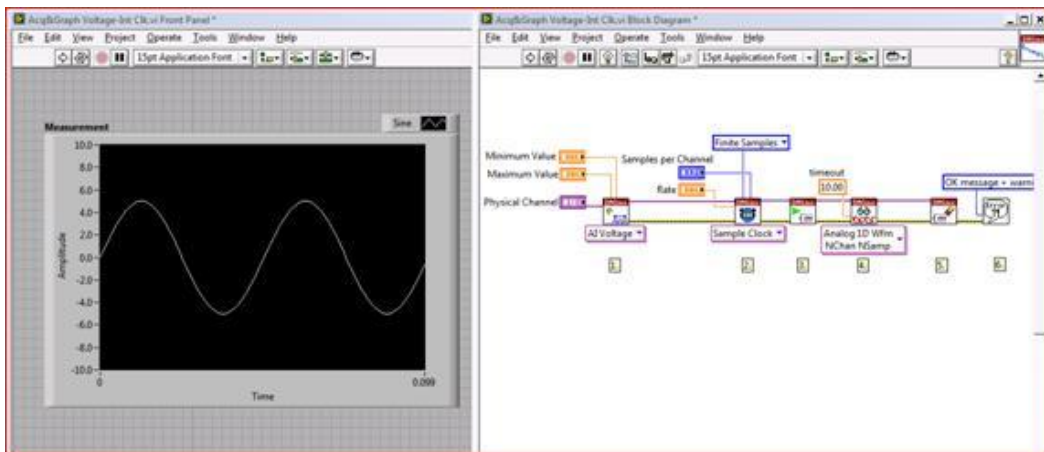


图 8. LabVIEW 电压测量