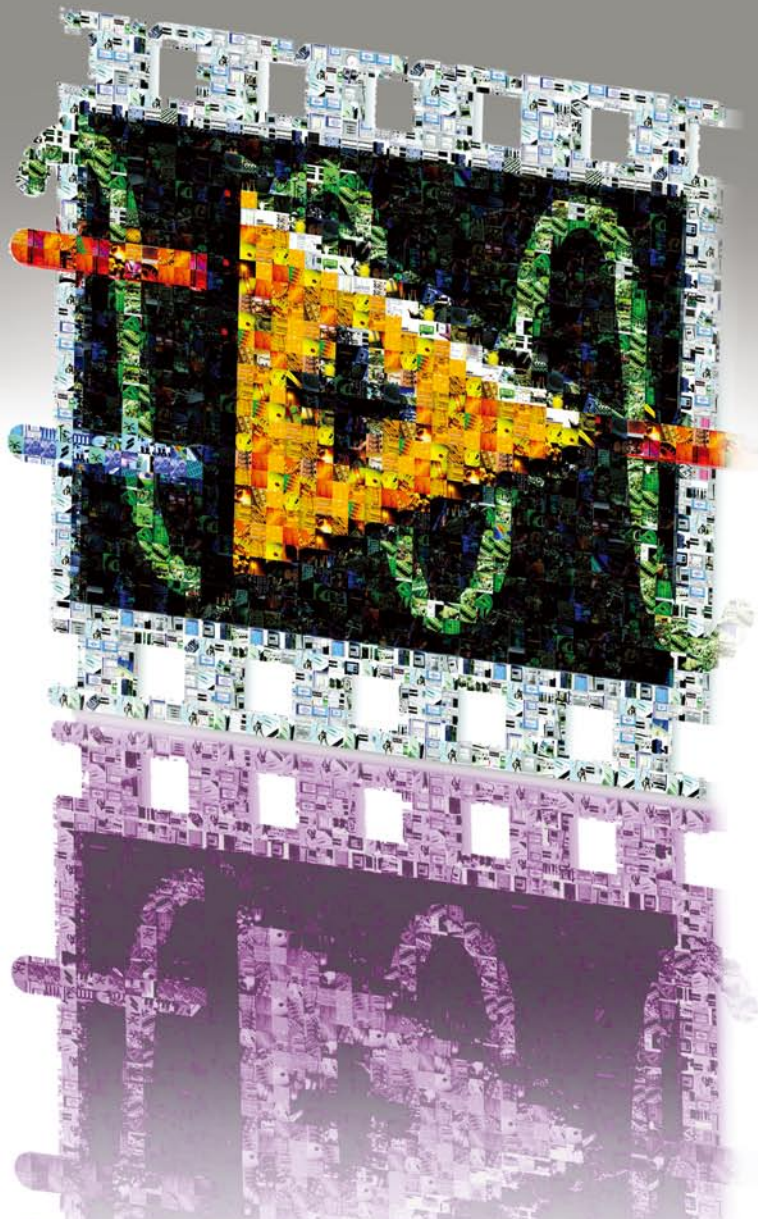


LabVIEW 学习札记——第二卷



目 录

第5章 我们的世界

第5.1节 精彩的世界	1
第5.2节 数字化生存	3
第5.3节 测量世界探悉	4
第5.4节 取样 — 量化导致信息丢失	8
第5.5节 数字化世界更精彩	10

第6章LabVIEW最大价值所在——基于计算机的自动化控制和测量

第6.1节 LabVIEW的核心价值	15
第6.2节 测量服务软件	16
第6.3节 基于DAQmx的测量应用程序定式	19
第6.4节 架极应用实例——交流RMS测量	24
第6.5节 更方便的架极——DAQ助手	27
第6.6节 无须任何架极也可以实现测量	31

第7章 基于计算机测量，还需知道些什么？

第7.1节 模数转换器的分辨率和采样速率	33
第7.2节 在项目中如何选择数据采集卡	36
第7.3节 如何准确的了解数据采集卡的技术信息	37
第7.4节 数据采集卡的自校准和校准（外部）	40
第7.5节 我的一点体会	46
第7.6节 基于计算机的测量离不开传感器	48

第 5 章 我们的世界

第 5.1 节 精彩的世界



在外太空中俯看人类赖以生存的地球，真是美丽、壮观、五彩缤纷！

众所周知，我们赖以生存的世界是一个五彩缤纷的世界，这个世界最大特点就是：世界上所有对象（世间万物）都是随时间连续不断的变化着。换句话说：这个世界中的一切对象无一例外地都是时间的连续函数。它最显著的特点就是：“从宇宙诞生开始，直到宇宙灭亡为止这段期间内，时间是这个世界永恒的 X 坐标轴”。

与我们同处这个世界的所有生命群体中，只有人类是最高级的生物群体。人类是这个世界的主宰体，任何生物灾难、自然灾害、战争都无法使人类消亡。人类在与这些灾害做斗争的同时，确演变的越来越强大。



面对这个无比真实的世界，人类自从它诞生的那天起，就开始不断地探索它其中的所有奥秘，包括对人类自身的探索和研究，甚至不惜付出生命的代价。

尽管如此，人类在许多方面还无法超越“造物主”所赋予人类的本能。可以说，人类的“心脏”是世界上最好的动力装置，它可以连续几万天无休止的工作，消耗的仅仅是来自太阳能光和作用下的植物。

人类的五官是世界上最好的、最精密的传感系统，配合人类的大脑（世界上最好的计算机系统）使人类可以清楚的看到世间万物本身的色彩、大小、形状。据说，狗眼中看到的是黑白世界。人的耳朵还可以通过声音来区分人和动物，通过声音还可以精确的辨别出他所熟悉的人。据说，如果将一个人放在密不透光、完全消音的小屋中，这个人就会发疯。原因是：越看不见东西、越听不到声音，人就越想看和听，最终导致神经高度紧张而发疯。人的鼻子也是最好的气体传感器（但还是不如狗的鼻子）。人的口（舌头）也是最好的味觉传感器，人类还没有研究出来能够替代“品酒员”的化学分析仪器。



人类钟爱自己赖以生存的世界，渴望更多、更深入的了解这个世界上的万物及它们生存的条件和生存规律。而对这个世界各种事物最好的观察手段就是不断地进行测试和测量。

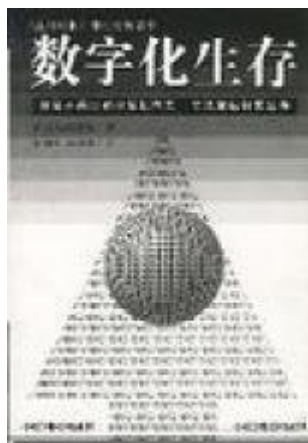
然而，科学技术的不断的进步和发展，使得测试、测量技术本身也发生了巨大的变化。已经与传统意义上的测试、测量有所区别。下面的内容中，我们将会看到这些区别所在。

第 5.2 节 数字化生存

在上一单元中，我们谈到：“我们赖以生存的世界是一个五彩缤纷的世界，这个世界最大特点就是：世界上所有对象（世间万物）都是随时间连续不断的变化着。换句话说：这个世界中的一切对象无一例外地都是时间的连续函数”。

在本单元中，我们要给这个世界再加上一个修饰词“模拟”两个字，变为：“我们赖以生存的世界是一个五彩缤纷的模拟世界，这个模拟世界最大特点就是：世界上所有对象（世间万物）都是随时间连续不断的变化着。换句话说：模拟世界中的一切对象无一例外地都是时间的连续函数”。

之所以用模拟世界来称呼我们的世界，是因为“数字化”时代已经到来了。



大概在上个世纪 90 年代末期，曾买过一本译作：《数字化生存》，书中提到：“社会的基本构成要素将由原子转变成比特”。当时读起来也曾经是特别兴奋，其实作者只是用一种象征性的说法来说明：在数字化世界，比特（bits）的重要性不亚于原子的重要性。

这本书重点是论述：未来网络的作用和影响。其实“数字化”对人类生活的影响是十分巨大的，只不过我们是深陷其中，未能仔细的窥其全貌。

这本书出版十年后的今天，我已经被“比特流”所深深地控制。

今天，可以将手机放在家里吗？就是不怕太太查看，也会六神无主。

今天，可以不使用电脑吗？

今天，可以不上网吗？

今天，可以不看电视和听音乐吗？我的电视接受的是模拟信号，那么遥控器呢？

可以，那么二天、三天，甚至更多的日子里呢？

数字化已经融入我们生活中的每一部分，现代社会任何人都无法摆脱它对生活的影响，即便是超凡脱俗的出家人也不能例外，他们在使用监控录像系统、防火、防盗系统。如果真想摆脱的话，人类只有回到刀耕火种的原始部落社会。



记得曾看过这样一个电视的访谈节目，主持人问某计算机大师：“未来的计算机会是什么样子”？，大师的回答十分简单，就四个字：“无处不在”。

看看我们的周围，在仔细想一想，简单的这样四个字，还真是有一定的道理。

一部中档轿车中就内置有四十多个微处理器。

一架波音 707 飞机就内置有 2000 多个微处理器。

据说：苹果的一个 iPhone 就内置了五个微处理器。

当然，随着多核时代的到来，微处理器的数目可能减少，但性能必将是提高。

数字化时代的到来，对测试、测量的原理、方法都引发了一场新技术革命，所带来的影响是及其深远的。以至于人们不得不将数字化到来前的测试、测量称为：模拟式测量，以区分与数字化测量的不同。

那么，到底传统的模拟式测量和现代的数字化测量有什么本质上的不同呢？

简单的说就是：模拟测量是实时测量，在测量过程中，不存在时间上的间断点（信号是时间的连续函数，测量过程也是时间的连续函数）。而数字式测量是一种离散式测量，在测量的过程中，存在时间上的间断点（信号是时间的连续函数，而测量过程产生了时间上的间断点）。

那么，人们或许要问，这样两种不同的测量方法，测量的结果会是一样吗？

这正是在下一个单元我们要涉及和讨论的问题之一。

第 5.3 节 测量世界探悉

测量原理的变迁

我们在前面谈过：数字化时代到来后，人们称过去的传统测量方式和测量仪表为：模拟测量和模拟式测量仪表（有时也称为：传统测量方式和传统测量仪表）。

模拟仪表

模拟仪表的原理大多都是依赖物理特性、电工、电子学（模拟放大）的一些基本原理，所以人们又称之为传统仪表。

模拟仪表在进行测量时，采用的是实时测量方式或者说是连续测量方式的。也就是说：在整个测量过程中，对被测的时域信号而言，是不存在着时间上的间断点的，是连续实时的测量结果。比如：体温计、温度计、早期的电度表（电能表）、指针式电压表、电流表等等。

模拟仪表由于指针（或转动部件）有很大的阻尼作用，所以快速变化的信号或瞬时变化的信号是不敏感的。对于一些快速变化的瞬时信号，一般是借助于模拟示波器来观测，通过模拟示波器我们还可以看多个信号之间的相位差。

“模拟仪表”最大的特点是制造简单、使用方便，显示直观、价格低廉，尽管准确度（精确度）不高，但还是使用的相当普遍的，到目前也是如此。

数字式仪表



数字仪表或称数字式仪表，如：数字式电压表、数字式频率表、数字式万用表等等，基本还是采用模拟测量的原理，而用数字显示的方式显示测量结果（专用 A/D 转换器）。这类的仪表被统称为数字式仪表。

由于此类仪表利用了现代模拟电子技术改进了测量原理，所以通常这类仪表的准确度较高。比如：双积分式数字电压表、数字万用表等等。

我刚参加工作（1971 年）在当地的一个无线电厂，该厂就生产双积分式数字电压表，其中的输入放大器和积分器还是电子管电路的。大概到了 73-74 年才开始使用模拟运算放大器（国内型号 FC3 大概相当于国外的 $\mu A 709$ ）。

尽管后来人们在仪表中嵌入了微处理器，但微处理器也仅仅是用来控制测量过程和数据处理及接口并不直接参与测量过程，测量电路还是基于模拟电子技术构成，那个时期人们对 A/D 转换器的原理和设计关注的更多。此类仪表被冠名为：智能化仪表。目前世界顶级的数字式万用表 Fluke 8508A（8 位半显示，多重积分技术）仍是基于这种方式，但其 DC 测量精确度：可达几个 ppm（1ppm 表示百万分之一）。

世界上顶级的功率、电能表目前都是专们设计的多个高位数 A/D 转换器做取样，用多个 DSP 做运算处理。整个方案就是基于专用计算机的数字化测量方法。

测量本质的微妙变化



实际上，此时的数字式仪表与模拟式仪表的测量原理相比，已经从测量的本质上发生了一些微妙的改变。我们前面谈到模拟仪表是实时地测量被测信号，时间上是连续的，不存在任何时间上的间断点。而数字式仪表的工作原理已经悄悄地改变了这种测量方式（测量过程不是实时）。

以双积分式数字电压表为例：双积分式数字电压表对信号(DC)的测量分为 T1 和 T2 两个阶段。在 T1 时间内对被测信号进行积分，而在 T2 时间内对内部参考进行反向积分。显然，在 T2 时间内将不会反映信号中的任何信息。所以，从时间的连续性上看，此种测量方式出现了信号时间上的断点。

从某种意义上讲：数字化仪表将测量过程分成两个阶段完成，首先，对被测信号进行“取样（采样、采集）”，然后进入内部转换处理阶段。由于信号（DC）变化本身很缓慢，所以人们充分地利用了直流信号的这一特性，用“取样”测量的方法来代替过去传统的连续测量方法。

关于“取样”



事实上，我们的祖先早就使用“取样”这个原理来观测天体的运行。因为宇宙中星体之间的相对位置变化很慢，连续观测是没有实质意义。所以远古的人们就采用隔一段时间（一天、一月、一年）来“取样”观测它们之间的相对位置，从而计算得知天体的运行规律。

用“取样”的方式进行测量，必要的条件是：被测信号随时间变化应很慢。同时人们也得到了这样一个启示，获得信号中的有用信息不一定要进行实时测量。那么接着问题就来了，对于变化较快的信号又如何“取样”才能保证信号中的信息不丢失呢？

“取样定理”（又称为：香农定理、奈奎斯特定理）告诉了我们如何对快速变化的信号进行取样。“若信号频率为：f 那么保证信号信息不会丢失的取样频率：F 大于 $2f$ ”。基于这个定理又导致了测量方法发生了巨大的改变。

尽管现代模拟电子技术发展到了相当高的水平，但用模拟的方式设计某些电路还是相当困难的，比如：电能表的核心部件如果采用模拟乘法器设计，即便是在 50Hz 下做到 0.5% 的准确度都是极为不易的，代价是昂贵的。但通过取样技术可以大大降低实用技术上的难度。举个例子：现在很多民用 1.0 级的单、三相电能表都是使用专用电子式电能表 IC 芯片生产的（很容易达到 0.5%

的准确度)。而这种 IC 中就包含了基于取样技术的 16BitA/D 转换器及简单的 DSP 处理器。

在有些特殊的情况下,采用取样的方法是不行的。记得 82 年刚接触时间频率计量的时候,对频率标准进行频率稳定度评价公认的方法是使用“阿仑方差”来进行计算,“阿仑方差”就要求取样是无时间断点的。

基于计算机的测量



随着计算机技术的出现及不断发展,IC 设计的日趋完美,彻底改变了人们对事物的观察手段、分析方法及对事物的处理方式,整个世界都进入了“数字化”时代。

铺天盖地的新名词:数字电话、数字电视、数字音响、数码相机、数码摄像机等等令人眼花缭乱。好端端的一个五彩缤纷的模拟世界,怎么会转眼间一切都数字化了呢?

是计算机(微处理器)以及数字信号处理软、硬件的飞速发展;人们发现过去许多以往难以做到的事情,利用计算机(微处理器)来实现则变得非常简单、方便。比如前面谈到的乘法器,对计算机而言仅仅是执行一条乘法指令,运算速度和运算结果的准确度毫无任何问题。所以我们可以将许多复杂的处理交给计算机来完成,唯一的问题是计算机无法直接与模拟世界打交道。

依据取样定理人们知道如何保证信息不会丢失,因此数据采集技术成为计算机与模拟世界打交道的重要转换环节(A/D)。人们开始把更多的注意力集中放在了如何设计更好的数据采集单元及更好的数字信号处理方法上。

这里在举一个例子,有效值测量:传统的方法有热电转换器(纯从定义来实现)、对数/反对数(数学/电子学)等等。采用计算机测量:只需有一块高速、高准确度的 A/D 采集来数据,交给数字信号处理单元实现(软件实现)。此时数据(仅相当于原料)还可以做其它的测量分析。比如:FFT、THD 等等。

虚拟仪器技术正好符合这个发展趋势,大大的推动或带动了数字化测量的进一步发展。人们甚至都不太关心各种物理量与测量的关系,这些由传感器制造商来完成。他们更为关心的是如何将信号(传感器的输出)准确的变换为计算机可识别的数据及如何设计信号处理软件。

几种原理的不同特点:

上一单元曾经说过,不同的方法测量结果会一样吗?

模拟测量方法相对来讲：使用简单、价格低廉，所以仍旧在广泛使用。但是测量准确度低，受环境影响大是它的缺点。

数字化仪表通常是实验室测量而专门设计、制造的，它们既有较高的准确度，也具备一定的自动化程度。它们在高精密、低噪声、长期稳定性等方面有独特的优势。

基于计算机的测量，正在代替模拟仪表、数字式仪表大部分的应用范围，在自动化领域发挥着越来越大的作用。从准确度这个角度看，它已远远优于模拟仪表，正在接近数字化仪表。

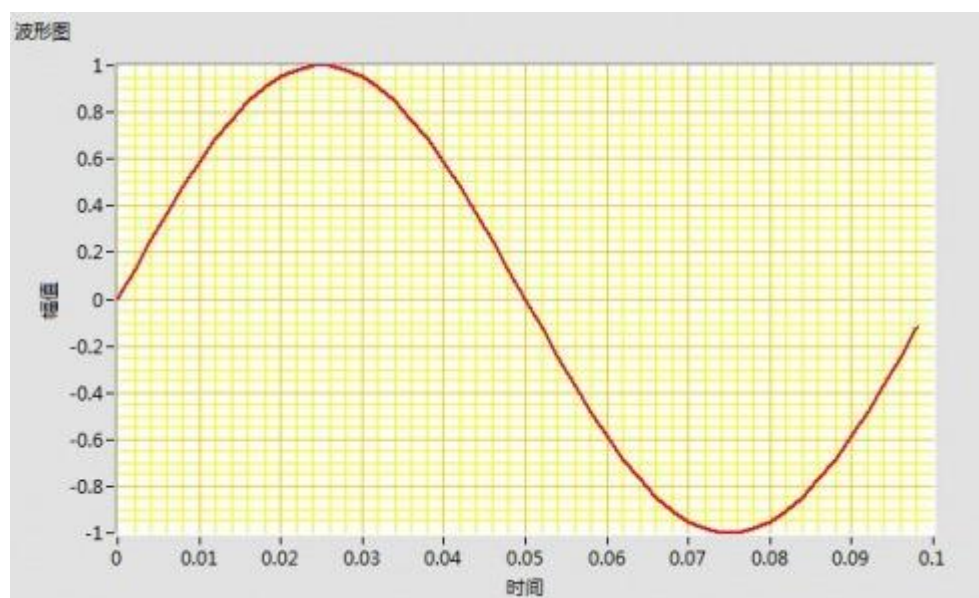
第 5.4 节 取样 - 量化导致信息丢失

我们知道，测量就是尽可能准确的获得被测信号中的有关信息。可是由于基于计算机的测量原理所致，被测信号中的有关信息会丢失。信息丢失发生在对信号进行的“取样过程”。

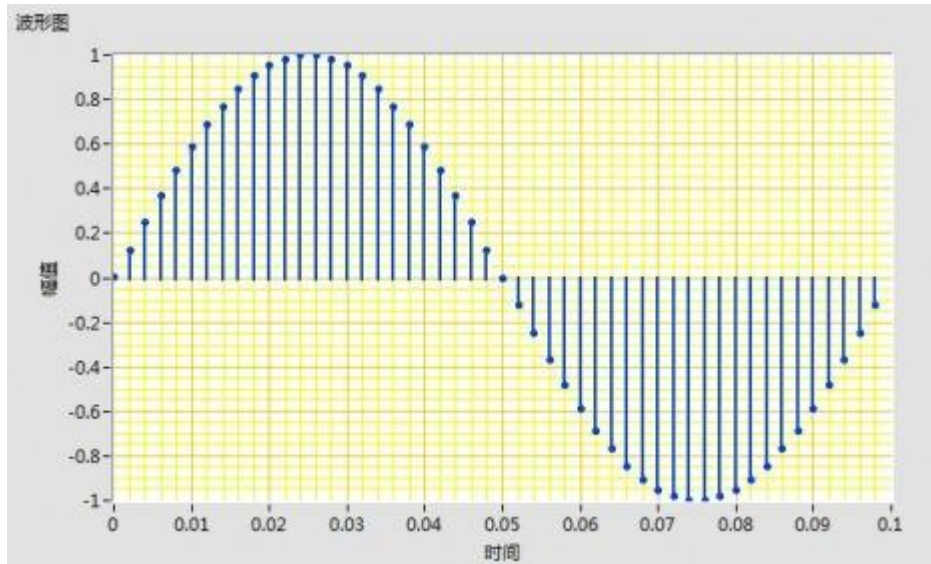
在模拟测量过程中，信号中的信息已全部提交给测量环节，能否准确的获得该信息或反映出正确结果，取决于模拟电路设计的好坏。比如：IC 集成的模拟乘法器，最简单的指标就是：通道“馈通”，也就是说：当 X 输入端加额定输入信号，Y 端接“0”时，乘法器的输出应该等于“0”，调换输入端的信号应该也如此。实际上，大多 IC 模拟乘法器的这项指标都不好，很难兼顾调整。如果在涉及到信号频率范围和使用环境温度，这一指标还会大打折扣。在举个例子：振动传感器的灵敏度参数都与振动频率有关，也就是说：它的灵敏度参数是非线性的或者说：是频率的函数（特别是低频段），只有使用在 100Hz-2000Hz 频率范围才可以近似认为是常数。

与模拟测量不同，基于计算机的测量在“取样环节”就会产生信号的丢失，尽管提供的是理想信号输入。取样是通过 A/D 转换器来实现的，即便是使用理想的 A/D 转换器，信息也会丢失。信息丢失源于两个因素——取样和量化。

1、以点代线

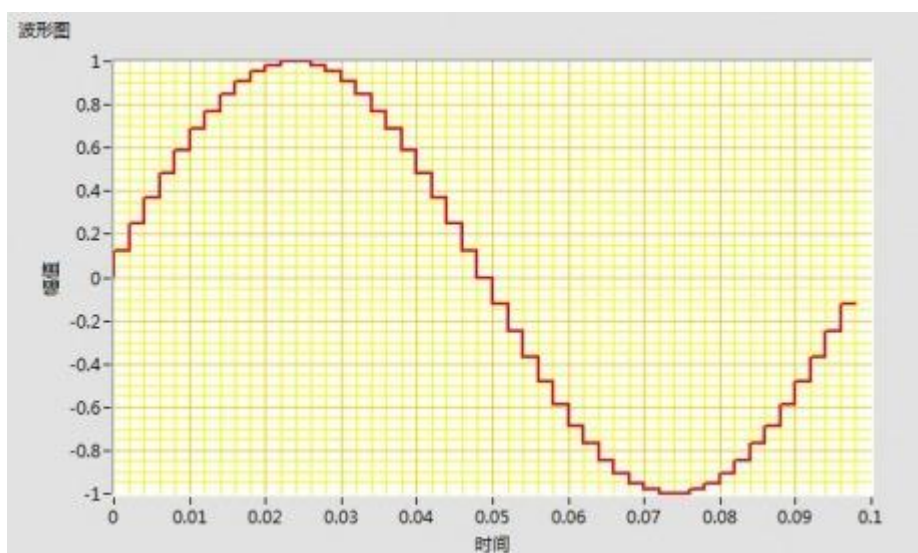


假设我们有一个很纯的正弦信号，如例图所示。
它是时域的连续函数，在它周期内的任意一个时间点，都可以找到它所对应的函数值。
在基于计算机的测量中，它首先被取样。
取样就是该函数乘上一个冲击函数。



对该信号进行取样处理后，我们发现：我们只能获得取样时间点的函数值，而无法获得任意时间点的函数值。同时，每个周期内的取样点数不同，所获得的函数样本数也会不同。
显然就信号的完整性而言，采样定理的要求简单了些。
这样导致了信号的第一次丢失。

2、以线代面



我们知道：取样仅仅是测量过程的第一步，下一步还要量化。所谓量化就是将取样后该点的函数值近似到 A/D 的实际位数值。见例图，得到一个近似的台阶波，台阶波平的部分就是量化后的数值（正弦函数值的近似值）。

显然，这与 A/D 转换器的位数有关系，也与 A/D 的积分非线性参数和微分非线性参数有关。此时导致了信号的第二次丢失。

3、并非 A/D 转换器的位数越高，准确度就越高

从上面的简单分析可以看出，若想保证获得最佳的信号质量，在信号的一个周期内，尽可能的获得更多的取样点数；同时尽可能的选择位数、准确度都比较高的 A/D 或数据采集卡。这样才能弥补信号丢失的影响。

事实上，如果点数无限密集，位数无限精确，那就是模拟信号处理了。

这里要注意一个问题，绝对不是 A/D 的位数越高，准确度就会越高。具体要参考使用手册。

利用采样（包括量化在内）技术，就实现了将模拟信号中的信息转换为以数字量表示的信息。模拟信号处理电路，一般只能对应于单一的测量功能。比如：模拟的 RMS 转换电路，无法实现 THD 分析处理，若想进行处理必须添加相应的模拟处理电路。与模拟信号处理不同，采样所获得的数据，相当于“原料”，将原料送到不同的加工单元，就会获得不同的结果。在数字信号处理中，这些加工单元都是用软件来实现的。虚拟仪器自定义测量功能的本质就是源于此特点。通俗的讲：采集来的数据相当于“面粉”（原料），通过不同的处理方法（软件处理模块），可以加工出：面包、饼干、点心、面条等等多种面类食品。

第 5.5 节 数字化世界更精彩

比特流已经深深的控制了我们





苹果 3G 手机

谷歌 G1 手机

都是手机中的优秀代表作

我相信类似的便携式测试设备终端和控制器、显示器,已经离我们不远了(远比 PDA 精彩)。

理想的家庭影院配置



一部符合高清定义的蓝光 DVD。

一个高清投影仪

一个 7.1 通道的功放





数字化的精彩远不止这些

数码单反相机、数字式摄像机等等。

我就先后买了两个 CD walkmen，一个是松下下的，一个是索尼的。一个玩坏了，另一个放置在抽屉的角落中，现在还会有谁再携带它们呢？



数字化所带来的优点

- 1、适合计算机处理
- 2、数据保密程度高
- 3、传输所需带宽窄
- 4、易于软件化处理
- 5、相互数据交换方便
- 6、互联网更加强了人际间的交流和沟通

这些优点在测试、测量领域依然存在，同时数字信号处理技术使得数字化进程更如虎添翼。

数字化虽然精彩，但也是高风险行业

除了前面提到的 CD walkmen 已经退出历史舞台外，还有许多数字化商品也曾经昙花一现，比如：数字、汉字 BP 机；LD 播放机；VCD 播放机等等。

我曾经在上个世纪 90 年代末期，花了近 3 万元（倾家荡产、全部积蓄）买过一套当时顶级的家庭影院（建伍 THX 标准，从功放 to 音箱均满足 THX 标准），其中包括一部 LD 播放机，片源有限（一张 LD 片子要 800 多块钱），我是花 2000 元租借看了 200 部电影，许多国外的大片都是那时看的，那效果是相当的有震撼力。

国外基本上是从 LD 直接过渡到 DVD，根本就没经历过 VCD 时代（有的话，可能是国人带出去的），VCD 时代是中国特色所营造出来的（盗版），现在已经穷途末路了。

而基于计算机测量的虚拟仪器技术在二十多年的发展中，确使用的人越来越多，应用的越来越广泛。这也进一步说明这是一个很有发展前途的技术领域。



随笔修谈

我第一次听到 CD 播放出来的音乐，大概是在上个世纪 80 年代的末期（具体时间真的记不准了），是在北京中关村的星河（或是星海）公司的营业大厅。

当时，我们的科研项目刚刚完成，科研成果深受用户好评，纷纷提出购买，使得我们不得不进行科研成果的转化工作（这是现代名词），产品的开发工作由我来负责（共两个人）。那个时候所有的元器件只有两个地方可以买到，一个是北京中关村的四通公司（及周边的一些公司），另一个就是上海南京路上的大庆电工商店。那段时期，每年几乎最少都要跑一次这两个地方。

哪天下着小雨，在四通公司办完事后已经是中午了，简单的吃点东西。因下午还要采购其它元件，所以一时还没法离开，可是天又下着小雨，没办法只好四处遛得闲逛。

信步来到了刚刚开业的星河公司营业大厅，整个几百平方米的营业大厅，人确寥寥无几，十分安静，估计是下雨或刚刚开业的原因。漫步到商场的深处，宁静之中，耳边飘来了“蓝色多瑙河”圆舞曲的轻音乐乐曲声，哇晒！从来没有听到过那么美妙、令人心醉的声音（注意是声音，这首乐曲很熟），那感觉就仿佛进入了仙境，圆舞曲声十分温和流畅，即不吵闹，又能够让你清晰的听到乐曲中每一个音符的声音，简直是太美了！

这声音来自一套进口的组合音响系统。我是不烧钱的（因为没钱）“发烧友”，当然是相当的感兴趣了。反正没事索性就不离开了，通过与工程技术人员交谈何查阅说明书，知道这是一套 CD 组合音响。最特别之处就是采用了“等响度”技术，所以听起来声音十分柔和、美妙。

我们知道：响度是声学中有关耳听力的一个术语，大概的意思是：人耳的听力不是一个线性系统，听力在低频段是不敏感的，也就是说同样声级声音的响度，人耳对低频段的听力会下降，感觉到低频的声音小（实际的声级是一样的）。这套音响按人耳听力的特征，进行了响度补偿，专业上讲就是“等响度”。

因为彼此还有可沟通的专业技术语言，那个工程技术人员，又为我放了一张“蔡琴”的老歌专集。天那，蔡琴那磁性的嗓音，圆润的中低音，每一个清晰的吐字，加上那完美的配器，简直就是天籁之音滚滚来。我简直被惊呆了！

到现在为止，我心目中仍然认为蔡琴是最好的女声。我心目中最好的男生是韩磊。

这次仙境漫游，可把我给“害惨了”，后来看到蔡琴的专集就买，但就是没有买到、找到我当时听到的那个感觉，不是配器不好（配器声过大），就是蔡琴的“味”不足。直到十年前的有一天，我终于发现了一张蔡琴老歌专集的“金碟”，价格 160 元不讲价，经过十分复杂的内心斗争，终于狠狠心买了下来（背着我太太买的）。

我虽然不是一个真正的“发烧友”，但后来还是烧掉不少钱，包括那套 THX 系统。



第 6 章 LabVIEW 最大价值所在—基于计算机的自动化控制和测量

第 6.1 节 LabVIEW 的核心价值

有人会怀疑又要开始宣传 NI、宣传 LabVIEW 了。我认同这样的疑虑，世界上有那么多的人花钱来学习和使用 LabVIEW 到底是为什么？简单的说：就是因为它提供了一整套软、硬件体系架构来实现基于计算机的测试、测量（虚拟仪器），这是其一；其二，它采用了图形化的程序设计方法降低了程序设计过程中的复杂度。关于这两点我们在前面曾经多次谈过，我深信这是所有喜欢 LabVIEW 的测试、测量工程师和科学家们，在选择使用 LabVIEW 时的初衷。在测试、测量领域，若想提高效率同时又要获得满意的测量结果，他们几乎别无选择。

我是多年来一直从事测试、测量工作的工程师，在没有接触 LabVIEW 之前，从事过许多项目的软硬件设计开发工作。从元器件的采购到根据器件手册落实设计方案，绘制电原理图到 PCB 版图（用 Protel），然后是调试、修改设计再调试。等项目设计完成了，又有新的器件出现，然后是重新修改设计，再调试。

我曾经设计过一个分立元件数字合成原理的三相、三调（调节频率、调节幅度、调节相位）的工频信号发生器，也是用 D/A 实现六路信号输出，大约花费 1 人 / 年。现在使用 cDAQ 配置 NI 9263，分分钟就可以搞定，即便是再附加上谐波分量输出，也就是个把星期的时间（包括重新学习谐波信号产生的设计）。而且三调的性能极佳，是分立元件设计所无法达到的。

我在 cDAQ 上还模拟设计了一个三相功率、电能表，使用两块 NI 9215，几乎无须任何调整，既可达到 0.05 级 / 年。随着器件和板卡性能的提高，会有越来越多的工程应用得以实现。

之所以能够快速实现这些目标，实在是得益于 LabVIEW 所提供的开发环境和丰富的信号处理函数。即可以提供了一整套软件体系架构，又可以提供相应驱动软件（DAQmx）的硬件体系，来实现基于计算机的测试、测量（虚拟仪器），这就是 LabVIEW 核心价值所在。

精密实验室

根据我的工作环境来看，在精密实验室由于大多仪器都是传统的精密测量仪器。虚拟仪器技术比较适合用来构建自动测试系统（GPIB、串口）和数据纪录、处理。

通用实验室

通用实验室是虚拟仪器的主要应用场所，模块化仪器更能有效的发挥作用。应该是发挥虚拟仪器自定义测量功能较好的场所。

现场便携式应用

NI 提供了多种丰富的适合现场测试的模块，例如：cDAQ、无线、网络、USB 等等多种与计算机接口的形式。包括许多适合不同传感器类型，带有信号调理的模块，极大的满足了现场测试的选择。

教学环节

我国的教育体制所培养的学生，往往实际应用能力较弱，加强实践技能 LabVIEW 是一个很好的选择，既可实现模拟仿真，又可锻炼实际设计和操作，对提高教学质量大有益处。经过这样培训的学生应该是受欢迎的。

从本章起，将开始进入数据采集单元的基本介绍。这才是 LabVIEW 核心价值的基础部分。我们学习 LabVIEW 目的都是为了解决测试、测量方面的问题。而数据采集单元则是整个测量环节的核心内容之一。

第 6.2 节 测量服务软件

测量服务软件是 NI 虚拟仪器技术在数据采集方面提供软件开发平台与硬件实现无缝连接的驱动软件包。这部分软件有以下几个版本。

DAQmx



NI-DAQmx 驱动软件不仅仅局限于基本的数据采集驱动，在数据采集和控制应用的开发过程中，效率更快，性能更优。NI-DAQmx 控制着 DAQ 系统（包括 NI 信号调理设备）的每一方面，从配置，在 NI LabVIEW 中编程，直到底层操作系统和设备控制。通过具有即测即用功能的虚拟通道和 DAQ 助手(DAQ Assistant)快速收集实际数据。利用测量 VI、函数、数据类型和分析功能集成，建立您的应用程序。借助优化的 DMA 数据传输和单点 I/O，测试更快、更稳定。

NI-DAQmx 可与 NI LabVIEW、NI LabVIEW SignalExpress、NI LabWindows™ /CVI、C/C++、Visual Basic、Visual Basic .NET 和 C#配合使用。和 LabVIEW 一样，NI-DAQmx 也是 National Instruments 公司成为虚拟仪器和基于 PC 的数据采集领域领导者的主要原因之一。

- * Windows Vista x64, Windows Vista x86/XP/2000
- * 提供免费下载
- * 与 LabVIEW、LabWindows/CVI 和 Measurement Studio for Visual Studio.NET 优化集成
- * 利用 DAQ 助手自动创建 LabVIEW、C、C++、C#、和 VB .NET 实例程序
- * 测试面板对所有类型的 I/O 进行操作验证
- * DAQ 设备的编程和配置接口

上面这段话摘自 NI-DAQmx 产品介绍，我想要说的是：DAQmx 起着 LabVIEW 开发软件与 NI 硬件间的无缝链接作用，也是形成测量应用程序构架的主体核心部分（测量应用程序的另一部分是：分析处理函数），所以它通常也被称为：驱动软件。

这里包含了两层的意思：

- 1、DAQmx 是 LabVIEW 开发环境中的测量应用程序的主体构架的核心部分
- 2、DAQmx 是专为 NI 的软、硬件体系所设计的，对于其它厂商的硬件产品不一定适用

DAQmx 的前身



DAQmx 的前身是传统 NI-DAQ，是指 NI 传统数据采集驱动软件。在以下情况下安装并使用传统 NI-DAQ：您拥有 NI-DAQmx 不支持的设备(比如 AT E 系列多功能 DAQ 设备)；您正在使用 7.0 以前版本的 LabVIEW、LabWindows/CVI 或 Measurement Studio；您正在使用 Visual Basic 6.0；您正在从 NI-DAQ 6.9.x 升级并且不想将一些现有应用转移到 NI-DAQmx 中。

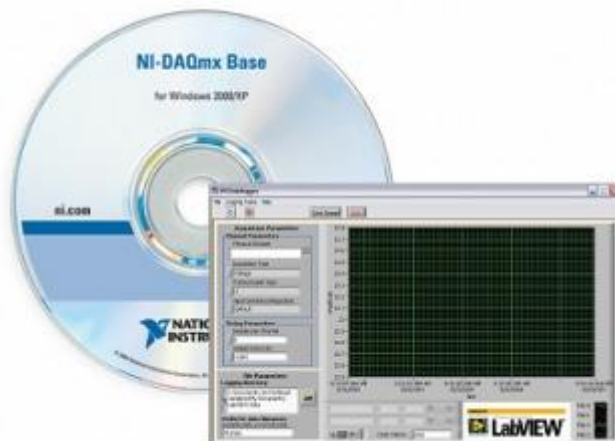
National Instruments 的最新测量服务和驱动软件是 NI-DAQmx。在开发基于 Microsoft Windows 的应用时，开发人员应使用 NI-DAQmx。在开发基于 Linux 或 Mac OS X 系统的应用时，开发人员应使用 National Instruments 的多平台驱动软件 NI-DAQmx Base，该软件具有 NI-DAQmx 的一部分功能。需要创建自定义驱动软件的开发人员应使用测量硬件驱动开发工具包(MHDDK)

- * 作为 NI 传统数据采集驱动软件提供
- * 仅可用于 Windows
- * 可以与 NI-DAQmx 安装在同一台机器上

- * 其支持的大多数设备，NI-DAQmx 也支持
- * 用于 NI-DAQmx 不支持的设备

大概是从 LabVIEW 7.0 开始使用 DAQmx，我开始接触 LabVIEW 使用的是 DAQmx7.3。现在大概是：DAQmx 8.8。值得注意的是：DAQmx 的版本不随 LabVIEW 的版本号，当 NI 推出新的硬件产品时，将可能随时更新 DAQmx 的版本。

DAQmx 的简本



NI-DAQmx Base 是 DAQmx 的简本。NI-DAQmx Base 具有 NI-DAQmx 的部分功能，支持 Windows、Linux、Mac OS X 和 Pocket PC 操作系统。简洁的编程接口、可编程通道和任务生成以及与 NI LabVIEW 的高度集成使得应用开发极为简单。该驱动软件包含立即可用的 LabVIEW VI 和 C 函数实例，这些实例与具有完整功能的 NI-DAQmx 软件中的相似。

National Instruments 利用 NI 测量硬件 DDK(MHDDK)建立了 NI-DAQmx Base 驱动软件，并在多平台的 LabVIEW 图形化开发环境中开发出软件。利用这种轻巧而灵活的结构能很快地为其它操作系统和设备开发出 NI-DAQmx Base 软件。MHDDK 是利用寄存器级编程开发自定义驱动程序的理想选择。

在为基于 Windows 的系统开发应用时，应考虑使用最新的、具有完整功能的 NI-DAQmx。

- * LabVIEW 和 ANSI C 的高级编程接口
- * 具有 NI-DAQmx 的部分功能
- * 常用 NI 数据采集设备(包括 M 系列)的驱动软件
- * 支持 Windows、Linux、Mac OS X 和 Pocket PC

关于 DAQmx 所代表的含义

DAQ 所代表的含义可以说应该很好理解：Data Acquisition 的缩写，而 mx 所代表的含义确搞不清楚是什么意思。记得刚刚开始学习 LabVIEW 时，好像在某个论坛上看到过这样的讨论，众说纷纭，最后也没有一个可令人信服的结果。查阅 NI 的文献也没有看到任何有关的说明。

说明

本《学习札记》中除非另有说明，涉及、使用的都是指 DAQmx8.7。

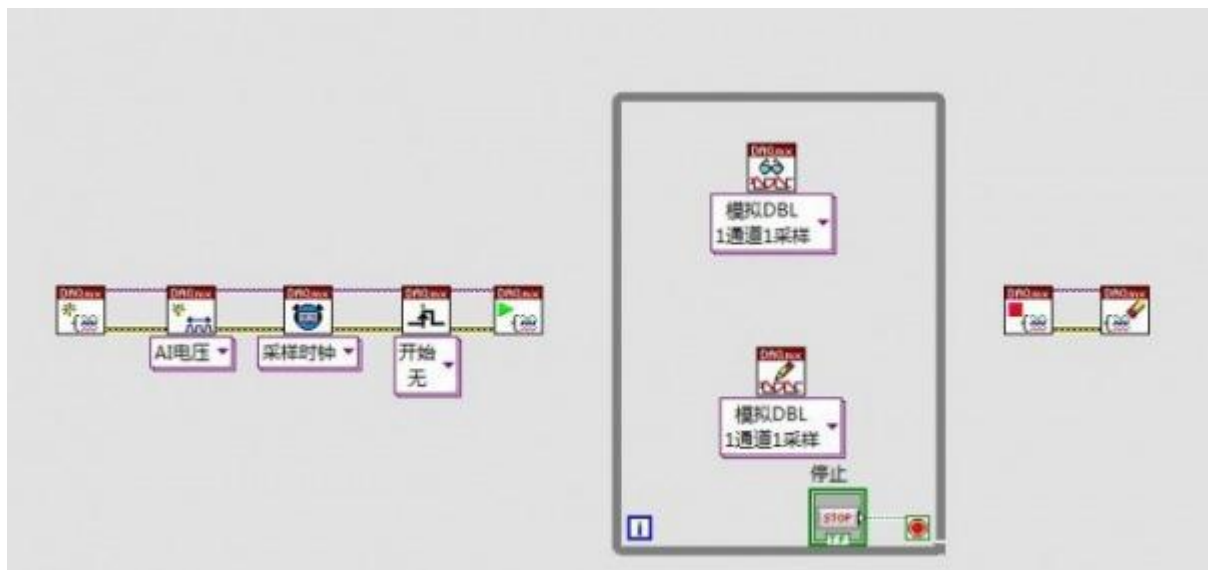
第 6.3 节 基于 DAQmx 的测量应用程序定式

前面谈到过，数据采集（DAQ）是将模拟信号转变成数字信号的一种变换方法（含逆过程——产生）。而 DAQmx 起着 LabVIEW 开发软件与 NI 硬件间的无缝链接作用，也是形成测量应用程序架构（模式）的主体核心部分。

由此可以看出数据采集部分的程序构架和代码是来自 DAQmx。下面就给出使用 DAQmx 架构的通用数据采集结构——定式（基本模式）。

定式这个词来自于“围棋”术语，表示常规、合理的做法。在这里使用这个词其含义是一样的。

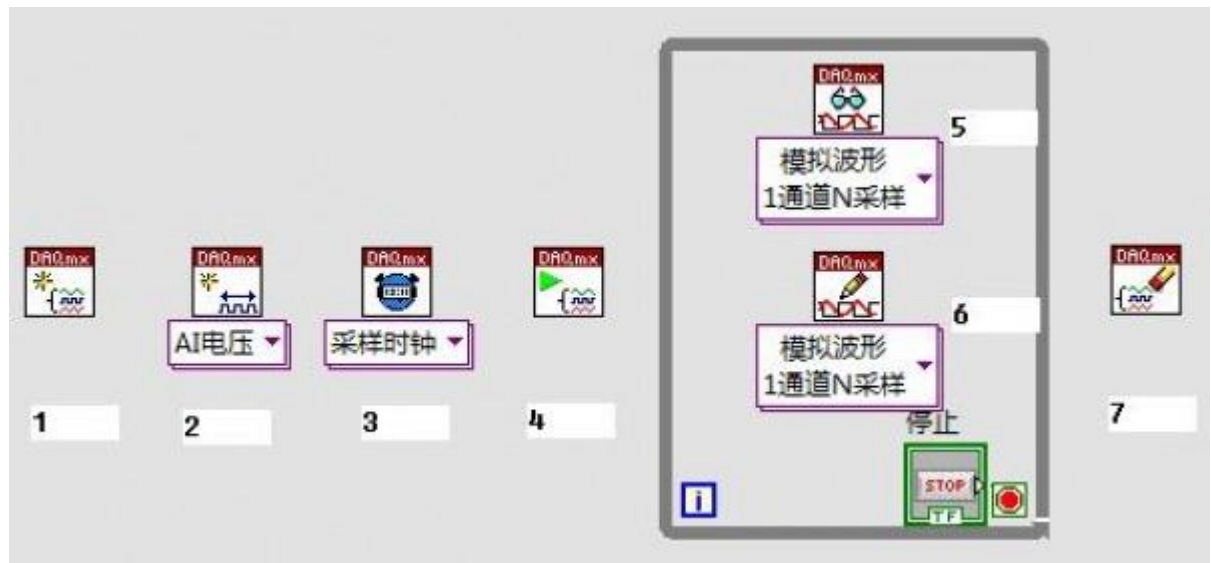
注意：我们这里所说的“数据采集”包含着：测量和产生。



这个定式可以代表几乎所有连续进行的模拟输入、模拟输出、数字输入、数字输出、计时、频率等等测量（产生）操作。

我在实际应用中，基本不涉及到触发（只有个别实例涉及），所以我的定式是下面的简洁本。

DAQmx 测量程序架构的简洁本



这个简洁本是最常用的连续运行测量程序的基本架构，它去掉了“触发”和“停止任务”两个 vi。之所以称它为测量架构，得益于上面这些 vi 很多都具有的多态性。这样通过简单设置（配置）的方法就可以实现模拟输入、模拟输出、数字输入、数字输出、计时、频率等等测量（产生）操作。

请注意这个定式的主要特点：

在 While 循环之前，是完成创建、配置、设置任务的所有相关信息和要求。依据数据流的关系，它只执行一次后就进入了循环体，循环结束后，清除、结束任务。这也就意味着，一旦测量开始我们无法再更改任何设置、配置信息（即便是可以更改也是无效的）。若想在测量时改动某些参数，只能是在循环中通过属性节点或其它方法（事件）来改变。这与使用 DAQ 助手是有很大的区别的。关于 DAQ 助手的使用方法我们后面会谈到。

掌握了这个基本架构，就可以通过对多态 vi 的设置，实现成百上千种测量（产生）应用程序。

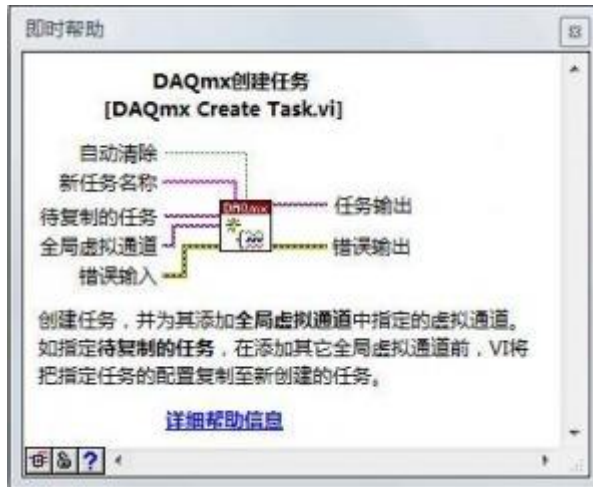
DAQmx 的测量架构是基于“任务”的

我之所以认定这样的架构，就是 DAQmx 的测量架构是基于“任务”的。

任务是一个集合，它包括了通道信息、时序、采样方式、触发等一系列信息。创建一个任务有很多方法，在这里我们先使用这种最基本的方法来创建一个任务。简洁本架构表现的是一个任务执行的全过程，包括任务的创建、配置及销毁，也可以说：在任务中包含了许多测量细节和信息。

任务是一个抽象的叫法，它反映了设计者的测量目的和所期待获得的测量结果。下面简要介绍一下任务中，每个 vi 的作用或功能（更多的解释请看“详细帮助信息”）。

1、DAQmx 创建任务

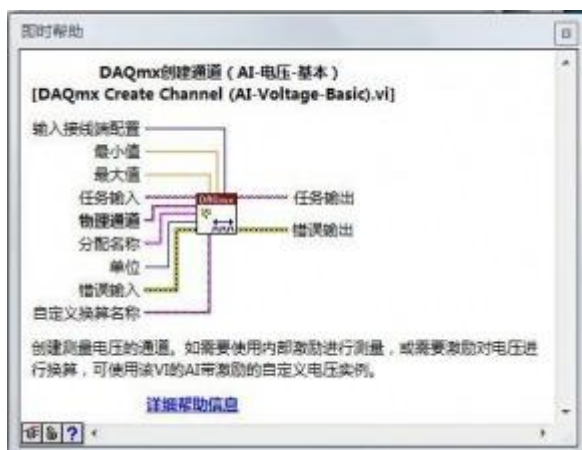


在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》DAQmx 高级任务选项》DAQmx 创建任务，可以找到这个 vi。

因为测量架构是基于任务的，所以我习惯使用这个 vi 来创建相互独立的测量任务，这样比较符合基于任务的结构。同时在使用中要注意，当任务结束后一定要清除该任务，避免过多的占用内存。

最好不要在循环中使用该 vi，如果必须在循环中使用的话，在任务结束后，在循环中清除该任务。

2、DAQmx 创建通道



在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》DAQmx 创建通道，可以找到这个 vi。这个 vi 是一个多态 vi，可以选择多种测量功能的虚拟通道添加到任务中。正因为如此，没办法对它进行更多的、更详细的说明。

实际使用中，常利用“分配名称”来给虚拟通道进行命名，比如：Ua、Ia 等等这样在图形显示时，曲线名称就会自动显示“分配名称”。

3、DAQmx 定时



在函数选板》测量 I/O》DAQmx–数据采集》DAQmx 定时，可以找到这个 vi。这个 vi 也是一个多态 vi。

需要注意的是：在使用非同步多通道采样时（M 系列），要注意“采样率”×“使用的通道数”之积不要超过板卡的最大共享采样率。

4、DAQmx 开始任务



在函数选板》测量 I/O》DAQmx–数据采集》DAQmx 开始任务，可以找到这个 vi。

5、DAQmx 读取



在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》DAQmx 读取，可以找到这个 vi。这个 vi 也是一个多态 vi。

6、DAQmx 写入



在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》DAQmx 写入，可以找到这个 vi。这个 vi 也是一个多态 vi。

7、DAQmx 清除任务



在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》DAQmx 定时，可以找到这个 vi。使用中应该注意：它应该与“创建任务”vi 成对出现。

小结

本单元给出了使用 DAQmx 做连续运行时的架构，这是我在应用程序设计时经常采用的架构。由于 DAQmx 是一个强大、复杂的驱动系统，所以很多细节、功能和概念可能还没有认识清楚。对于上面所介绍的多态 vi，也只能到具体应用时再做更详细的说明。下面是我的几点看法：

1、架构仅仅是常规用法

我们所谈的架构仅仅是常规用法，更多的认识和理解还要多看 NI 提供的例程，从中获得更多的启迪。

2、任务是数据采集中的重要概念

架构表现的是一个任务执行的全过程，包括任务的创建、配置及销毁。也可以说：在任务中包含了许多测量细节和信息。任务仅仅是一个抽象的叫法，它反映了设计者的测量目的和所期待获得的测量结果。

3、属性和 vi 同等重要

上面仅介绍几个常用的 vi，它们的属性更应该深入了解，以便在应用程序设计中使用更灵活的设计手法。

4、DAQmx 帮助文档

DAQmx 帮助文档是最好的教科书，应该仔细认真的阅读。

5、实践是提高的最有效方法

尽可能多的进行实践，实践是最好的学习过程。实践过程如同考试可以检验出许多不足之处。

第 6.4 节 架构应用实例——交流 RMS 测量

为了更清楚了解架构，下面就看一个设计实例。

设计要求：

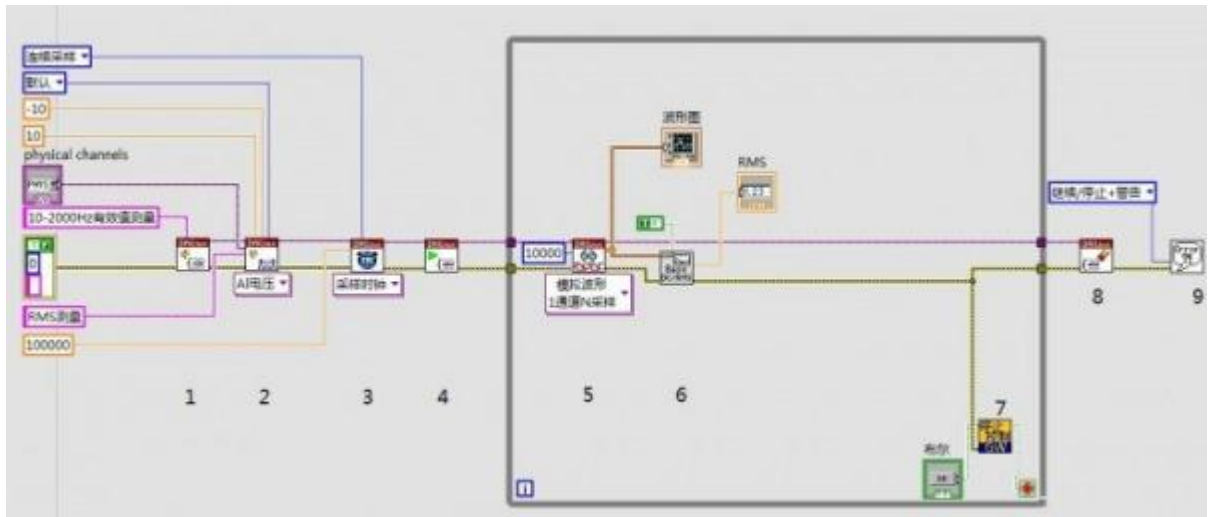
输入信号频率：10 – 2000Hz

输入信号幅度：0.1–5V(RMS)

使用硬件：采样速率不低于 100 kHz/s

用虚拟仪器技术实现对上述信号的有效值测量。

实际上可选用的板卡很多，这里使用 NI USB-9215BNC。该板卡最大采样速率 100 kHz/s；输入信号范围：10Vp；16 位。



上图是按基本架构设计的 10 – 2000Hz 有效值测量程序框图。下面对各单元的设置给出一个简要说明。

1、DAQmx 创建任务

因测量架构是基于任务的，所以用来创建一个测量任务：

新任务名称——10 – 2000Hz 有效值测量。

错误输入——设定一个常数（没有错误发生）。

2、DAQmx 创建通道（AI-电压-基本）

为创建的任务设置通道参数：

物理通道——用来定义测量使用的物理通道（输入控件）

分配名称——定义一个字符串常量，内容是：RMS 测量（将会在图形显示器上看到的曲线名，见前面版图）

最大值——使用常数来确定测量通道输入信号的最大值（注意：这里指的是 + 峰值）

最小值——使用常数来确定测量通道输入信号的最小值（注意：这里指的是 - 峰值）

输入接线端配置——枚举常数，选择“默认”

3、DAQmx 定时（采样时钟）

Sample Rate	Buffer Size
no rate specified	10 kS
0-100 S/s	1 kS
100-10,000 S/s	10 kS
10,000-1,000,000 S/s	100 kS
>1,000,000 S/s	1 MS

为创建的任务设置定时参数：

采样率——使用常量来确定任务的采样速率 100000Hz/s，实际上输入信号的最高频率为 2000Hz，假设按照采样定理选择 4000Hz/s 的采样速率就可以了，但是这仅仅是一个理论值，实际应用中通常选择大 10 倍，为 40000Hz/s，如果在考虑谐波的影响，这里选择 100000Hz/s

采样模式——枚举常数，选择“连续采样”
每通道采样——没有设定，系统自动配置，见右表

4、DAQmx 开始任务

无须配置

5、DAQmx 读取（模拟波形 1 通道 N 采样）

为创建的任务执行数据采集，因放置在循环内，所以是循环连续采集：

每通道采样数——这是一个很有意思的参数，应该在使用中请注意以下几点：

a)、在例图中，给出的是：10000，数值上比任务中的采样速率低 10 倍，这意味着数据（RMS 数值显示控件的更新速率）显示的更新率是 10 次 / s（指我们可以在显示控件中看到数据频繁变化，类似数据不稳定），如果它与采样速率在数值上相同，那么显示的更新率就为：1 次 / s。如果在 While 循环的“循环计数”端接入一个数值显示器，可以观察到不同的该值将导致循环的变化率的不同（也就是显示的更新率不同）；

b)、如果这个参数在数值上与采样数率相同，数据分析的结果满足采样定理。但是如果不相同，这个参数相当于采样定理中的采样数率，尽管它是个数值。是否可以这样理解：若每秒采集了 100000 个数据，可是用于数据分析的是 $10000 / 0.1s$ ，所以此时它也就等效于采样速率（0.1s 时的采样数率）。这样就意味着真正用于数据分析的数据也必须满足采样定理，我们才可以获得满意的分析结果。

这个概念的理解是比较别扭的，也不知道谈清楚了没有？在实际应用中，的确发现了这样的情况，希望数据显示的更新尽可能的快，此时被分析的输入信号的频率上限就降低了。

6、基本平均直流 – 均方根

为创建的任务做测量（目的）结果分析：

重置——这里设定为真，在实际应用中，我曾发现，如果该参数为“假”，当输入信号发生阶跃变化时，比如：从 1V 变化到 2V，分析结果变化的很慢，经过几次显示更新后才能跟上去，而当该参数设定为：“真”，信号从 1V 变化到 2V 发生变化后，马上就得到了更新。

7、停止控制

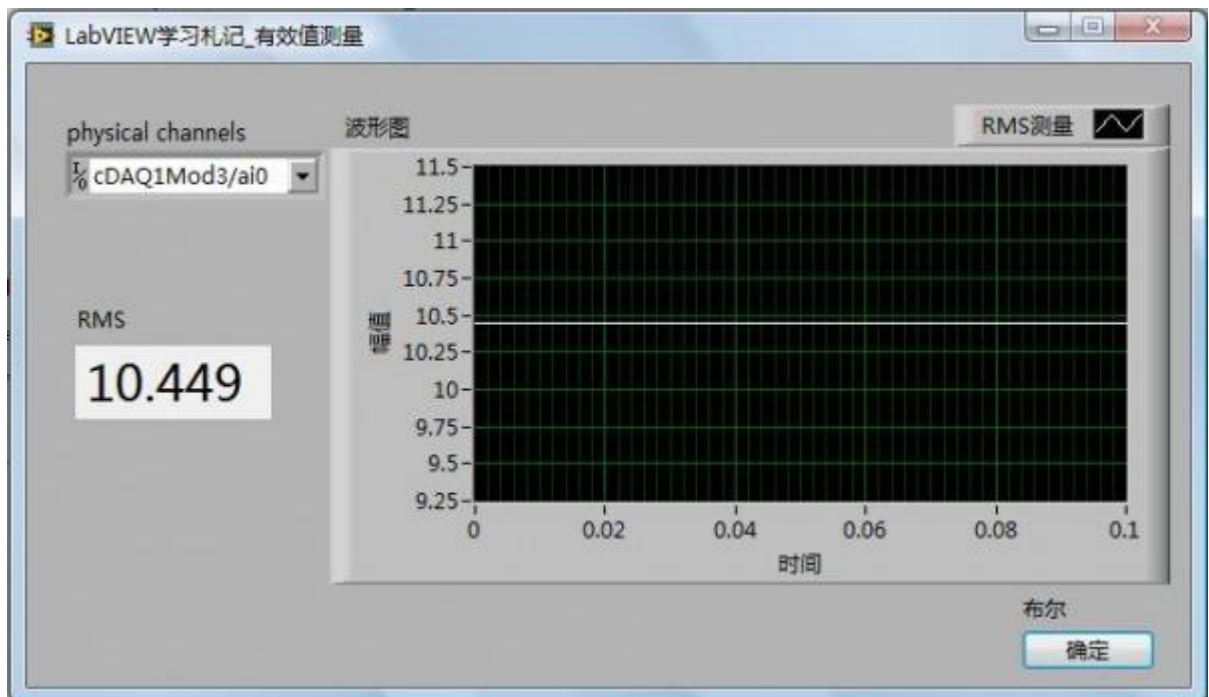
关于这个 vi，个人主页的“vi 设计”一栏中讲过，这里不再谈。

8、DAQmx 清除任务

无须设置。

9、简易错误处理器

建议程序设计时加入这个 vi，并选择图例中的参数。好处是：将来打包后运行时一旦出现错误可以由操作者来停止程序运行，否则，在出现错误时，会出现死机的现象（没办法停止程序运行）。



输入信号没有加入，差分输入端开路测量的是：最大正偏置电压。

简单总结：

通过一个简单的例子，进一步介绍了测量程序架构的实用方法(包括了数据分析)。很遗憾的讲，这部分内容都是过去编程时对一些问题的简单处理方法或者是当时的理解，时间长了有可能记得不太准确，这次又没有时间验证，不对的地方还要请大家给与一定的谅解！

下一单元：关于 DAQ 助手。

第 6.5 节 更方便的架构——DAQ 助手



在上一单元谈到了 DAQmx 在测量体系中程序架构的定式，完成这样的程序还是要编写代码的（尽管是图形化代码），NI DAQmx 还提供了一种更简单、更方便、基于配置式的程序设计方式——DAQ 助手快速 vi。它也是基于任务的，可自动创建任务和销毁任务，并以配置式的方式快速实现测量任务的创建、编辑和运行，而无须编写任何代码。

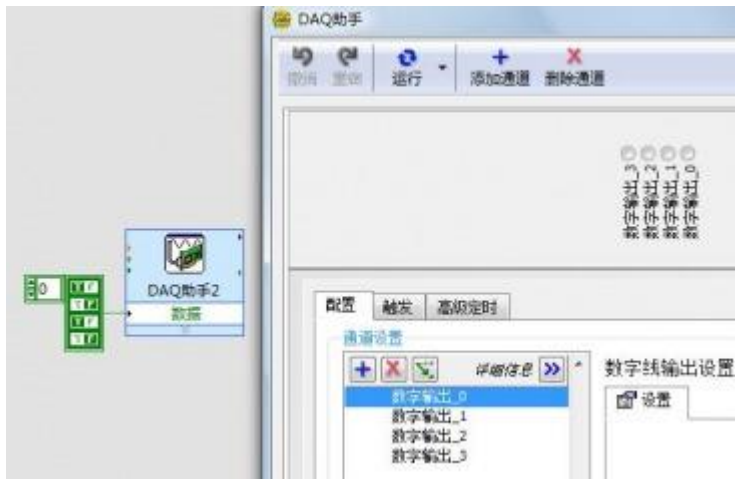
这在测量的试验、论证、评估阶段使用是非常快速和有效的。
该快速 vi 在函数选板》测量 I/O》DAQmx-数据采集》下可以看到 DAQ 助手快速 vi。
该快速 vi 的基本使用方法大家可能都会使用，这里就不再介绍了。

下面主要谈谈我个人在使用中的一些体会。

适合于试验、验证及评估

前面谈到过，在测量的试验、论证、评估阶段使用是非常快速和有效的。这是由于它基于配置式的工作方式，无须编写程序代码，仅点击几下鼠标可以快速的形成测量解决方案（可以选择多种测量方式），从而大大的提高工作效率，更快的获得测量（生成）结论，这是它非常讨人喜欢的原因之一。

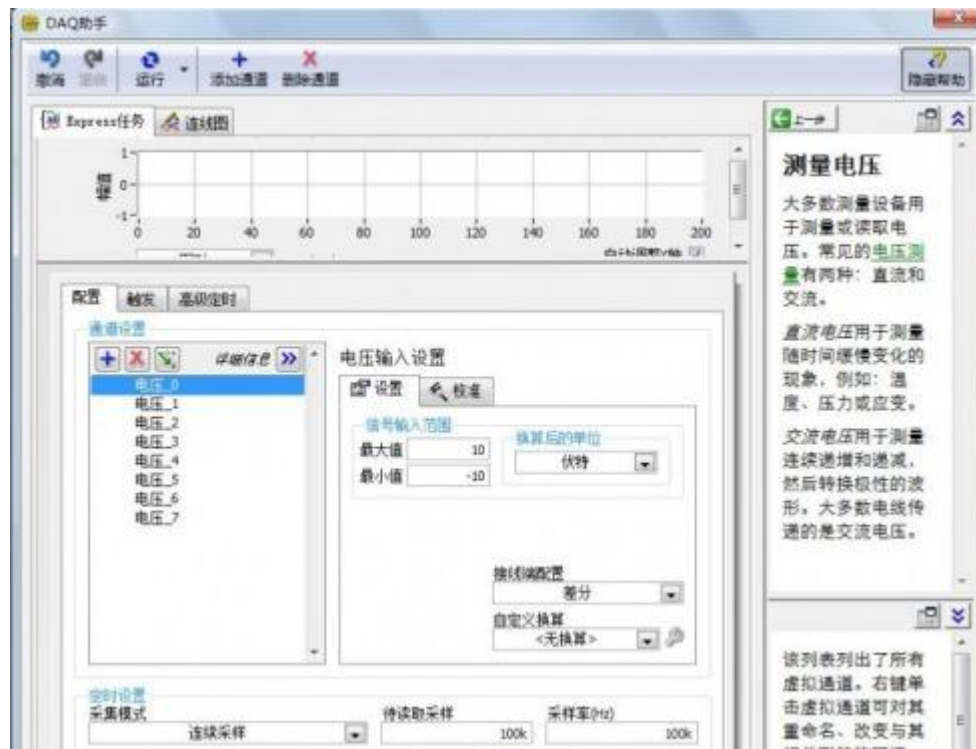
适用于设定数字 I/O



在设置数字 I/O 时使用这个快速 vi 比较灵活、方便。比如在状态机的初始化中，我们根据程序的设计要求，要指定某些数字 I/O 的初始状态，使用这个快速 vi 来设定就非常方便，可以相对减少了很多代码的编写量。

在某应用程序初始运行时，要求数字 I/O（0，3）的初始状态为：1010，就可以按例图快速的设计实现。

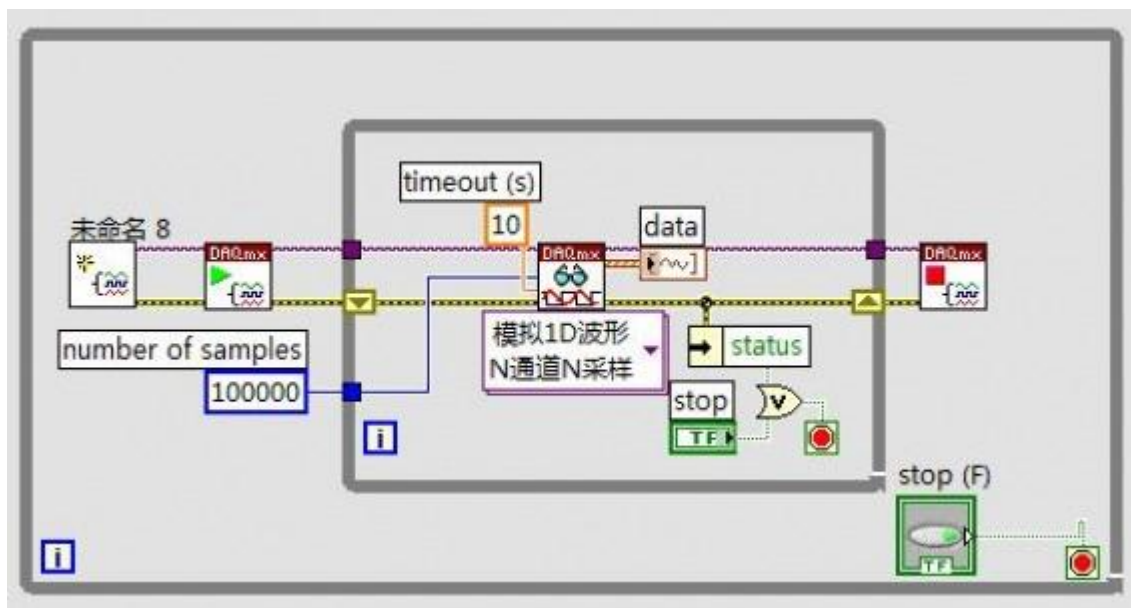
可以将 DAQ 助手转换成 DAQmx 代码



假如使用 DAQ 助手创建一个 8 通道电压测量任务，其设定如图例所示。



为实现连续测量，必须在 DAQ 助手外面加一个 While 循环，如例图。在例图的程序框图上，用鼠标右键点击这个创建完成的快速 vi，会出现一个快捷菜单，选择菜单中的“生成 NI-DAQmx 代码”选项，DAQ 助手就会被转换成下图中的程序代码。



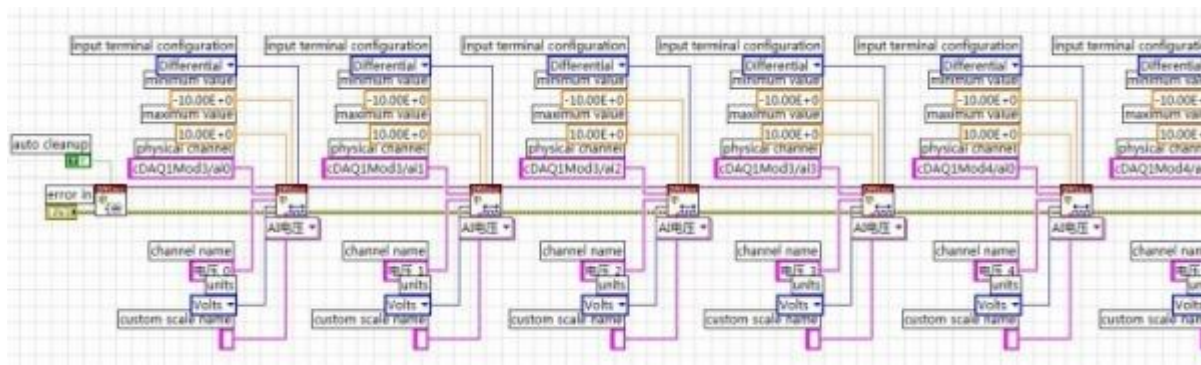
从例图中可以看到：在外面的 While 循环内是 DAQ 助手的程序代码，该快速 vi 自动创建了一个“未命名 8”的任务。外面的 While 循环是为了保证能够实现连续测量。

在测量循环中使用会降低系统性能

在连续测量时，通常会将 DAQ 助手也放到循环内，在上面的“简要帮助”中也给出了这种使用方法。实际上这种方法有很大的缺点，就是会降低系统的性能。问题就出现在 DAQ 助手内部包含了一个“未命名 8”的任务，该任务在连续测量的每次循环迭代中都运行，从而降低了系统的性能。

对比上面的两个图，这一点可以看的很清楚。

我们在看看“未命名 8”任务的程序框图，见下图。



由上图可见每次迭代都会执行一次这个任务，而这个任务中有多达 8 个“DAQmx 创建通道.vi”，上图并没有将所有 8 个通道完全表现出来。这就是我不建议在测量循环中使用 DAQ 助手的主要原因。

解决这个问题的方法就是将 DAQ 助手“解码”，然后去掉外面的循环，这样程序框图就与我们前面介绍的 DAQmx 测量架构是一样的了。

在多说几句题外话，大概在 DAQmx7.x.x 的某个版本，对 DAQ 助手“解码”后，我曾看到这样的变化，就是将每个“DAQmx 创建通道.vi”外面加了一个 case 结构，case 结构的选择端子

连接到内置函数 “First call”的输出，这样程序仅在循环的第一次迭代时执行 “DAQmx 创建通道.vi”，此后由于 “First call”的作用以后就不会再执行了。

可是没过多长时间，后来的 DAQmx 版本又改回现在的样子了。

第 6.6 节 无须任何架构也可以实现测量

上面我们谈到基于 DAQmx 的两种基本测量架构。其实，NI 还提供了另一种无须编程的测量方法那就是使用 NI LabVIEW SignalExpress (目前是：3.0 版)。

NI LabVIEW SignalExpress 是一款交互式测量软件，无需编程，即可从数百种设备和仪器上迅速采集、分析并显示数据。

NI LabVIEW SignalExpress



借助 NI LabVIEW SignalExpress 提供的交互式测量工作台，无需编程，即可从数百种数据采集设备和仪器上迅速采集、分析并显示数据。借助 NI LabVIEW SignalExpress，可在直观的拖放式环境下迅速采集数据、进行高级分析、创建自定义报告。数百种数据采集、模块化和独立仪器所包含的支持，可实现数据记录及仪器控制应用的快速自动化。

通过 LabVIEW 图形化编程可进一步拓展应用，从而创建自定义用户界面、添加高级分析或添加自定义逻辑。只要点一下鼠标，所有的 LabVIEW SignalExpress 项目就能转换为 LabVIEW 图形化代码。

LabVIEW 与 LabVIEW SignalExpress 的功能对比

Feature	LabVIEW SignalExpress LE	LabVIEW SignalExpress	LabVIEW
NI-DAQmx driver support	■	■	■
Ready-to-use example projects	■	■	■
LabVIEW code generation of projects	■	■	■
Channel view to configure multiple channels at once	■	■	■
Ability to acquire data from more than one device concurrently	■	■	■
Historical data viewer to view all acquired data	■	■	■
Ability to export/save acquired data	■	■	■
Ability to import/load saved data sets		■	■
Multiple log file maintenance		■	■
Advanced operations (sweeping, conditional repeats)		■	■
Documentation view for live reporting and documentation		■	■
Mathematical analysis (waveform and scalar)		■	■
Time and frequency domain analysis		■	■
Signal processing analysis		■	■
Alarming and events		■	■
Actions based on events and alarms		■	■
Digital signal logging			■
Advanced analysis with more than 500 functions			■
Advanced mathematical analysis			■
Advanced signal processing analysis			■
Cross-platform compatibility			■
Customizable application logic			■
Customizable user interface development			■
Application (.exe) creation and distribution			■
Network communication			■
Programming language			■

从上面的对比可以看出，LabVIEW SignalExpress 无须编程就可以实现大多数测量分析任务。而 LE 版称为：限制版，相对应的为：完整版（需要使用许可）。

LabVIEW SignalExpress 可以单独购买。在 NI 开发者套件中，包含了这个软件包。

LabVIEW SignalExpress 仅支持 Windows 平台。

在测量原形试验、验证中，特别是在测量方案验证时，包括仪器控制（GPIB）的调试，它都是非常好用的工具。根据本《札记》所涉及内容，为保持章节的连贯性和突出重点，这部分简要介绍放在这里，它的应用内容将放在后面单独介绍。

第 7 章 基于计算机测量，还需知道些什么？

第 7.1 节 模数转换器的分辨率和采样速率

众所周知，计算机无法识别模拟世界的信号，所以计算机要想参与测量，必须将模拟世界的信号转换为计算机能够识别的数字信号，这个转换工作通常是由模数转换器来完成（ADC）。

模数转换的原理误差

在第 5.4 节我们谈到：取样 – 量化导致信息丢失。这主要来自两个方面的原因，其一：取样——使得我们用时间轴上的有限时间点来代替原模拟信号的无限连续时间点；其二：量化——使得我们用幅度轴上有限位数（模数转换器的有限位数）来代替模拟信号的无限位数。

这样两个因素导致我们无法获得真实模拟信号中的信息，或者说：破坏了模拟信号的完整性。同时要指出的是：这是一个原理性的误差源，若要想消除这个误差，只有提高采样速率，增加模数转换器的准确度（提高转换器的位数），当这两个参数达到极限时，我们就可以复现出模拟信号。然而，十分不幸的是：这两个参数在现实世界总是处在相互矛盾之中。就我们目前的技术而言，还无法和谐、统一的处理它们。

但是我们可以分用途来设计不同的产品，在 NI 可提供的产品中：

NI PXI-5154 是目前采样速率最高的模数转换器，但分辨率只有 8bits。

NI PXI-4071 是目前测量分辨率最高的模块，26bits 分辨率时，每秒 7 次读数。

NI PXI-5922 则是高速度、高分辨率二者兼顾最好的模数转换器，24bits 分辨率时 500KHz 采样速率；16bits 分辨率时 15MHz 采样率。



NI PXI-5154

最高采样速率：2GHz/s，带宽 1GHz

位数：8bits



NI PXI-4071

7-1/2 数字万用表，7S/s (26 位分辨率时，每秒 7 次读数)



模数转换器的位数越多越好吗？

为了消除模数转换器的原理误差，应该尽可能的提高采样速率和分辨率，这个概念是对的，但是模数转换器的分辨率越高就意味着测量准确度越高吗？

有人说：NI PXI-4461 (NI USB-9233) 都具备 24bits 的分辨率，所以测量精度就很高。这对吗？绝对不对！这是一个极其错误的概念，它将精密度与准确度（精度）混为一谈了，精密度高不等于精度高（正是由于避免混用的原因，精度这个词已经不建议使用了）。

可以说模数转换器的分辨率高，测量的精密度好，动态范围大。

以 NI USB-9233 为例：

Accuracy (0 to 60 °C)	
Error	Accuracy
Calibrated max	±0.3 dB
Calibrated typ	±0.1 dB
Uncalibrated max	±0.6 dB

Accuracy drift	
Typical	0.001 dB/°C
Maximum	0.0045 dB/°C

从它的产品介绍来看：它的准确度在 0 – 60 度的环境温度范围内是：0.1dB。这个数值是比较差的，即便是与它的动态范围相比，其准确度也就在：正、负 0.1%。实际上，14bits 以上的模数转换器都可以达到这样的技术性能。

但是要注意，它的稳定性很好，对比数据可以发现，它的稳定性指标要比准确度指标好 100 倍，所以适合做精密测试。

那干什么还要用 24bits 的模数转换器呢？

其实这来自于测量不同信号的需求，我们知道：声音和振动冲击信号的（瞬时值）变化范围比较大，比如：声音的最大变化范围可以是：0 – 140dB（通常最大为 120dB）。为了测量这些信号需要再同一个量程下实现完整的测量，这就需要这种动态范围较大的模数转换器，而相对转换准确度的要求并不是很高，比如：工业声级计的测量准确度为：1dB。

所以这类模数转换器也被称为：DSA（动态信号采集卡）。
NI USB-9233 等就是专为这些用途设计的，当然也包含了信号调理部分（IEPE 激励源）。

顺便提一下 NI USB-9233 的替代产品 NI USB-9234，它的技术性能要好很多，并且可以使用在 AC 或 DC 耦合方式下。但价格也要多 2000 元。

Accuracy (0 to 60 °C)	
Error	Accuracy
Calibrated max	±0.3 dB
Calibrated typ	±0.1 dB
Uncalibrated max	±0.6 dB

Accuracy (0 to 60 °C)	
Error	Accuracy
Calibrated max	±0.3 dB
Calibrated typ	±0.002 dB
Uncalibrated max	±0.16 dB

上图中左边是 NI USB-9233 的准确度指标，右边是 NI USB-9234 准确度的技术指标，可以看出后者的技术性能要好的多。

NI 还有许多 24bits 分辨率的数据采集卡，比如：NI 9217（温度）、NI 9219（多功能）、NI 9229（通用）、NI9239（通用）、NI 9237（应变测量）等等以适应不同的测量用途。

NI PXI-5922

这是一块货真价实的模数转换器，其技术性能堪称一流，也难怪它一出现就被评为：2006 年最佳测试仪器。

在 0 – 15MHz 频率范围内，即便是传统仪器中也难找到与之相抗衡的同类产品。

实际应用中该如何选择数据采集卡呢？下一单元将会介绍这部分内容。

第 7.2 节 在项目中如何选择数据采集卡

在实际项目中，如何选择数据采集模块是一个不好直接回答的问题，但又是一个非常想谈一谈的问题。

下面简单谈谈基本原则：

1、首先确定测试系统

由于 NI 提供了多种测试方案可供选择，所以必须先确定测试系统架构。对于使用环境恶劣，振动较大、要求触发同步的测试系统，建议使用 PXI 系统。同时还要考虑是否需要实时测量控制的问题。

对于现场测试选择 cDAQ 和 USB 接口的数据采集卡比较好。

2、确定被测信号的频率范围和所需的准确度要求

应该尽可能的确定项目中被测信号的频率范围和测量准确度需求。因为上面我们谈到过，这两个因素是相互对立影响的，同时对项目所需资金也有一定的影响。

然后根据需求选择满足项目要求的数据采集板卡。

对于交流信号测量，还要注意谐波信号带宽的问题。比如：被测信号频率为：1000Hz，同时要求分析 10 次以内的谐波分量，那么数据采集卡的采样速率应大于 20000Hz/s，最好选择不低于 50000Hz/s 的数据采集模块。

关于测量准确度的要求，可以查看数据采集卡的产品说明书。通常数据采集板卡的准确度指标要优于测量需求的 3 – 10 倍。值得注意的是：尽可能的选择信号的测量范围落在数据采集卡量程的 2 / 3 处（通常板卡给出的都是峰值）。

还要注意使用的环境温度范围，通常的数据采集卡给出的最好的技术指标是：25 度加减 5 度（校准后）。如果使用环境温度波动较大，要考虑对测量准确度所造成的影响。

3、确定是单通道测量还是多通道测量

对于 NI 的产品通常为：2 – 4 通道以上，关于测量通道数这一点比较好选择确定。最主要的是确定是否同步测量，这也关系到系统的造价问题。

当对被测信号间的相位关系比较感兴趣时，应该选择具有同步测量能力的板卡。NI 9215 应该是一块性价比比较理想的数据采集模块。对于相位关系要求不严格时，M 系列采集卡是较好的选择。

对于瞬时应变、声音、振动等信号测量基本上都采取同步测量的方案。对于温度测量，由于温度是一个梯度场，变化较慢，通常采用非同步测量的方案。

多通道同步数据采集将直接导致项目的成本增加。

4、最好事先征求 NI 技术支持的意见

在项目较大、较复杂时，最好事先听取 NI 技术支持的意见和建议，毕竟他们更专业、更了解 NI 的产品情况。

记得 NI 6251 刚刚推出时，因为没有好好看产品说明书（其实是有一个“共享”的英文单词的意思给领会错了），以为是同步采集卡，准备推荐给别人使用。幸好在签合同前，又跟 NI 的 AE 沟通了一下，才发现是自己理解错了，好悬没弄出天大的笑话。

5、我的经验

我的项目集中在便携式测量领域，所以基本上都是在 cDAQ 或基于 USB 总线下完成测量任务。总体感觉还是这种方案比较好，灵活性比较大，模块的种类也比较多，同时模块间互换性也比较好。比如：同一块 NI 9215 或 NI 9234 等既可以使用在 cDAQ 上，也可以作为 USB（配合 NI 9162）接口模块使用，模块的使用率也是比较高的。另外这些模块都带信号调理单元（供桥电源、激励电流源等等），专用程度也比较高，给现场测试带来很多方便。

6、实时关注 NI 新产品的推出

NI 会不断的推出新产品，实时跟踪产品的变化是保证测量解决方案更合理、更有效的好途径。

今年给一个用户做振动方面的测试项目，原来设计使用的是 NI USB-9233。在实际使用中，发现它的激励电流（IEPE）总是施加在被测信号上（并且只能做 AC 耦合方式输入），给调试、模拟测试和校准带来了不方便。特别是，使用 NI 9263 做信号源模拟振动信号时，该 IEPE 激励电流会导致 NI 9263 的输出保护（9263 的最大输出电流为 1 mA），不得不使用 NI 6251 做模拟振动信号源（6251 因为负载能力强，可以吸收这个 IEPE 激励电流）很不方便。后来发现新推出的 NI 9234 可以通过软件控制关断这个 IEPE 激励电流，所以就直接订购 NI 9234 避开了这个问题。特别是，9234 的技术性能也比 9233 好许多，这时还订购 9233 肯定显得“愚”了一些（明白人看）。

第 7.3 节 如何准确的了解数据采集卡的技术信息

在设计和使用数据采集卡时，充分掌握和了解数据采集卡的性能和技术指标是非常重要的。关于板卡的主要信息来源有这么几个渠道：

1、NI 的产品手册

NI 9201, NI 921x, NI 9221, NI 923x

- Signal conditioning for high voltage (± 60 V), thermocouples, RTDs, accelerometers, microphones, strain gauges, current inputs
- Advanced features such as smart TEDS sensor capability, antialiasing filters, open-thermocouple detection
- ± 80 mV, ± 10 V, or ± 60 V analog input ranges
- 12-, 16-, or 24-bit (delta-sigma) resolution
- Up to 800 kS/s multiplexed or up to 100 kS/s simultaneous-sampling analog-to-digital converter (ADC)
- Up to 32 channels per module
- Up to 2,300 V_{rms} isolation (withstand), up to 250 V_{rms} isolation (continuous)
- NIST-traceable calibration certificate for guaranteed accuracy



Model	ConnectRIO	NI CompactDAQ	Signal Type	Channels	Resolution (bits)	Max Sampling Rate (S/s)	Signal Input Ranges	Simultaneous Sampling	Antialiasing Filters	Isolation	Connector Options
NI 9201	✓	✓	Voltage	8	12	500 k	± 10 V	—	—	—	Screw Terminal, D-Sub
NI 9201	✓	✓	Current	8	16	200 k					
NI 9205	✓	✓	Voltage	16 SF/16 DI	16	250 k					

该产品手册或产品说明可以在 NI 的网站上看到，通常都是 PDF 形式的彩色文档。产品的主要技术参数都会在这里提供。

内容的更新速度不会很快，适合初步整体了解。

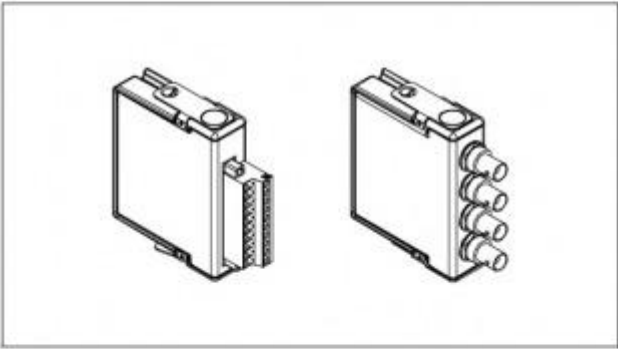
基本上都是英文版的。

2、使用说明

使用说明

NI 9215

4 通道， ± 10 V，16 位同步模拟输入模块



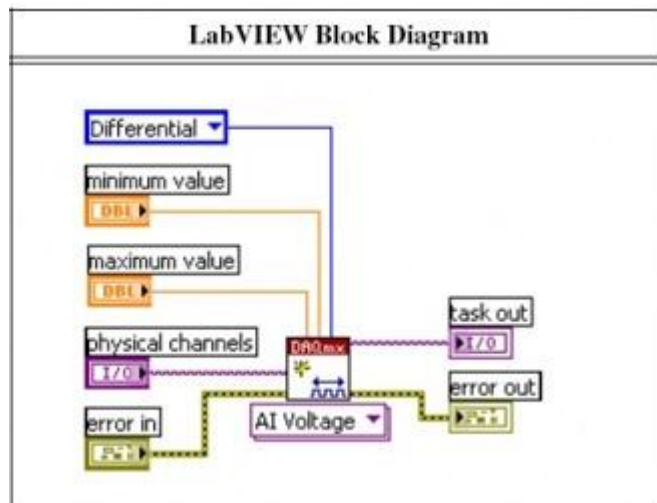


这是黑白形式的 PDF 文档，是产品的主要技术文档。在收到每个产品时，会在包装中看到这个使用说明的印刷品。应该是设计、使用者的主要技术文档。

该文档不做任何通知，也可能会进行更新。在 NI 的网站上可以看到最新的版本。

目前大多数产品的说明书已经本地化了（中文版）。

3、NI 9215 Calibration Procedure (NI 9215 校准过程)



它也是以 PDF 文档形式提供的校准处理方法，同时给出了使用 DAQmx 进行校准的程序框图，以便于用户自己进行板卡的校准处理。

这对我们来讲，是一个非常有用的手册。第一，可以指导、协助我们完成版卡的定期校准工作；第二，可以通过校准过程了解板卡的准确度指标是否合格。

下图给出了 NI 9215 一年内测量偏差的上下限定值。由此也可以看出 NI 9215 一年的准确度可以基本认定为： $\pm 0.053\%$ 。

当然可以通过其它产品的手册来查看相应产品的准确度指标。

该手册并不是每个产品都有的，特别是新产品。通常的都可以在 NI 的网站上查找到。

Table 3. NI 9215 Analog Input Values

Range (V)		Test Point		1-Year Limits	
Minimum	Maximum	Location	Value (V)	Lower Limit (V)	Upper Limit (V)
-10.000	10.000	Max	9.500000	9.494700	9.505300
-10.000	10.000	Mid	0.000000	-0.001500	0.001500
-10.000	10.000	Min	-9.500000	-9.505300	-9.494700

在实践中我已经发现，如果测量值偏低或偏高，四个通道的特性基本上都是一样的，因为 9215 也是使用一块 A/D 转换器，只不过是采用了采样保持的方法来获得同步取样的。

题外话

如果你仔细查看所有数据采集卡的校准过程手册（不包括 DMM），你会发现：准确度最高的数据采集卡是：M 系列中的 628x（18bits 分辨率），准确度为： $+、-0.011\%$ 。而 5922 的准确度是 $+、-0.06\%$ ，考虑到采样带宽因素，5922 仍然是最棒的！

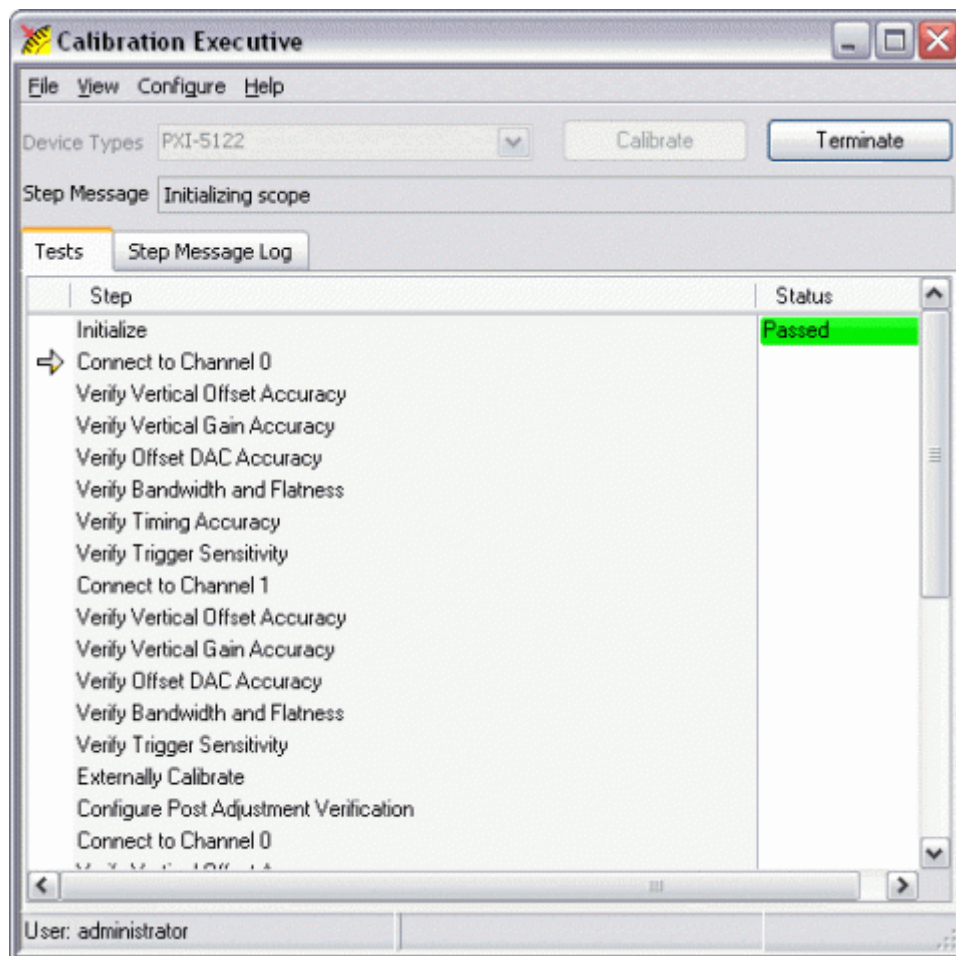
第 7.4 节 数据采集卡的自校准和校准（外部）

数据采集卡随使用时间较长、环境温度变化、元器件老化、修理后等等因素的影响，其准确度指标会发生一定的变化（改变），使得实际测量值会偏离标称测量值，为了保证测量结果的可信度和一致性必须对它进行再次校准（产品出厂前都完成了外部校准，如果你需要来自 NI 的校准报告，必须在定货时声明，同时还要付一定的费用）。NI 的绝大多数数据采集卡提供两种校准方式：自校准和外部校准。

自校准比较简单，无须任何设备支持，随时随地都可以在 MAX 中完成。

外部校准比较复杂，一般必须由专业机构来完成，所以要付一定的校准费用，目前上海计量检定测试院负责 NI 产品在中国的外部校准工作。当然，如果你有这个技术能力也可以自行实施外部校准过程，上一节中谈到的“NI 9215 Calibration Procedure（NI 9215 校准过程）”就是为此提供的技术资讯。NI 还提供了 NI Calibration Executive 软件包用来自动校准所有 NI 的数据采集产品（还要有其它的外围校准设备支持）。

NI Calibration Executive 的主界面



自校准

自校准比较简单，无须任何设备支持，不要任何的外部连接就可以进行，随时随地都可以在 MAX 中完成自校准。

这个校准过程是：自校准时数据采集卡内部自动连接到一个已知的参考电压（板载的内部电压基准源）到板卡的各个通道上。然后，在不同增益设置的情况下，读取参考电压值并和期望值进行比较。最后，将校准系数存储在 EEPROM 内存中，作为对增益放大器或 ADC 中模拟电路的漂移进行补偿。

然而，必须注意到，自校准的精度仅仅取决于板上参考电压的精度。由于参考电压会随着时间发生轻微的漂移，所以定期进行外部校准仍然是非常重要的。

C 系列模块不支持自校准。

PCI-6014 的自校准和校准资讯

Calibration

Recommended warm-up time 15 minutes

Calibration interval 1 year

External calibration reference >6 and <10 V

Onboard calibration reference

DC level 5.000 V (± 3.5 mV),
over full operating
temperature, actual value
stored in EEPROM

Temperature coefficient ± 5 ppm/ $^{\circ}$ C max

Long-term stability ± 15 ppm/ $\sqrt{1,000$ h

自校准或校准前，建议预热 15 分钟。

校准周期：1 年

板载电压基准：5.000V

电压基准温度系数：+、- 5ppm/度

电压基准长期稳定性：+、- 15ppm/千小时的平方根

自校准过程非常有用，比如：

- 1、在实验室条件下，可以一个季度自校准一次，以改进元器件随时间漂移所带来的影响（不是板上电压基准的漂移影响）。
- 2、如果板卡的工作环境的温度发生了改变，如从实验室移到现场使用，使环境温度发生了很大的变化，这样就可以在现场的环境下，进行一次自校准，以适应新的环境状态。然后，回到实验室后再进行一次自校准，重新适应实验室的环境状态。因为部件的性能与工作环境的温度有很大关系，自校准能够补偿工作环境的温度剧烈变化所带来的影响。

NI USB-6211 自校准实例



在 MAX 中选择自校准如何图



选择上例中的“自校准”后,系统提示是否要进行自校准,并告知断开输入端的连接线等。点击[下一步]开始自校准。



自校准进行时.....



自校准完成



在 MAX 切换下面的 Tab 页，可以看到自校准前后的信息。

校准（外部）

由于板载电压基准会随着时间发生轻微的漂移，所以定期进行外部校准仍然是非常重要的。

外部校准是一个非常复杂的校准过程，它需要一个高精度的电压源。当进行外部校准时，EEPROM 里面的校准常数被擦写为新的值。当您需要进行高精度测量时，National Instruments 推荐您每 1 - 2 年进行一次外部校准（根据板卡不同有区别，M 系列板卡的校准周期是 2 年），因为 ADC 会随着时间而漂移。

由于外部校准比较复杂，一般必须由专业机构来完成（目前我院也可以开展板卡的校准工作），所以要付一定的校准费用，下面是几种板卡的校准收费标准（NI 的收费标准）。

C Series								
Product Name	Basic Calibration Certificate Part Number	Basic Calibration Cost			Detailed Calibration Certificate Part Number	Detailed Calibration Cost		
		US	Europe	Japan		US	Europe	Japan
NI 9201 (cRIO-9201)	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9203	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	N/A	N/A	N/A	N/A
NI 9205	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9206	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9211 (cRIO-9211)	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9215 (cRIO-9215)	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
USB 9215A	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9217	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	N/A	N/A	N/A	N/A
NI 9219	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	N/A	N/A	N/A	N/A
NI 9221 (cRIO-9221)	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9229	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	960440-01	\$209	€189	¥26,000*
NI 9233	960438-01	\$159	€149*	¥20,000*	N/A	N/A	N/A	N/A

NI 的校准数据纪录

Calibration Performance Test Data

DUT Information

Type: PCI-5124
Tracking Number: 123
Serial Number: abc
Notes:

Customer Information

Name: National Instruments
Address:
Purchase Order:
Notes:

Environmental Conditions

Temperature: 1.0 F
Humidity: 1.0 %

Operator Information

Operator Name: administrator
Calibration Date: Monday, May 09, 2005 12:51:37
Notes: The As Found test limits are derived from the published specifications while the As Left test limits are derived from the calibration specifications.

Standards used for Calibration

Type	Tracking Number	Calibration Due Date	Notes
Fluke/Navetech 9500 Scope Calibrator	s	9/22/2005	
1	11111	8/20/2004	

第 7.5 节 我的一点体会

1、充分了解用户的需求后再确定实施方案

充分了解用户的需求是设计中最重要的一环，这里要尽量避免用主观的我曾做过什么、熟悉什么来设法让用户来迁就我们。道理似乎很简单，但实际上用户的心里感受是不一样的，特别是在用户的项目资金有限的情况下，尤为重要。

这就要求我们对 NI 的硬件有足够充分的了解和认识，合理的选择、使用适合的产品是最主要的。比如：有一个电参量测试项目，已经有 PXI-6251 一块，现在还想添加一些测量通道，同时考虑到同步功能等因素最终方案还是选择 PXI 机箱。

在与用户交谈中得知，项目的使用环境为实验室条件下，我们就建议用户使用 PXI-1033 配合笔记本电脑使用，并且将需要购买的另一块 PXI-6251 改为用 PXI-6250 来代替（因为项目中不需要使用 AO，而且原来的那块 PXI-6251 有两个 AO）。这样系统造价被压下约 3 万多元，用户也很满意。你站在他的角度替他考虑问题，就会赢得他更多的信任，因为毕竟 NI 的产品价格还是略高些。但是，同时必须向用户说明，如果在环境比较差的地方使用还是建议采用全套的 PXI 系统为好。

对于大多数使用环境要求不高的用户，最好不要选择全套的 PXI 系统。用户往往会从价格的角度去看问题，他们会认为：一个 PXI 的控制器 的价钱，可以买 5 部商用电脑。而那些有真正需求的用户对此非常了解，无须我们做更多的解释。

2、实时跟踪 NI 新产品的发布

作为系统集成设计者必须实时跟踪 NI 产品的变化和更新，以便于选择更合理、更合适的。我以前做过一个现场应变测量项目，就遇到这样的问题。

现场测试往往条件都不是很好，甚至没有交流电源（或者要拉很长的线缆）。如果使用一般的数据采集卡，还要附加传感器的供桥电源，很不方便。所以最初的设计方案选择使用 NI 9237（自带供桥电源，专为应变测试设计）配合 cDAQ 和笔记本电脑使用（当时 USB-9237 还没有推出）。其实这是一个没办法的方案。因为，第一 cDAQ 要用交流电源；第二，只使用了 cDAQ 的 1 个插槽。还有 7 个是空的，光配 7 个空盒还要 2000 多元。这个方案对我来讲：很是不爽（从设计的角度看很“丢人”，有大马拉小车的感觉），但又没有办法解决得更好，好在当时就留个心眼，仅买一块 NI 9237，利用我手中原有的 cDAQ 上进行程序设计和调试，期待将来能够推出 NI USB 9237。果不其然，当设计进行到尾声时，NI USB-9237 发布了。程序上基本无须做更大的改动，将原来 NI USB-9215 上的 NI 9162 的 USB 盒换插上 NI 9237 就变成了 NI USB-9237 了。这样体积小、重量轻、便携式的应变测量仪（一个笔记本电脑 + 一块 NI USB-9237）就完成了，还省下 8500 多元（不用买 cDAQ 了，甭说心里有多得意了！）。

我感觉无论干什么事，只要你用心去想、用心去做就会有好的回报！其实这样的事情很多关键是否用心！

3、理解测量的目的后再确定测量方案

都在搞基于计算机的测量，可是用不同测量原理的仪器来测量同一个量，往往测量结果会有所不同，你注意到了吗？有人会说：我注意到了！

那你想到过，为什么会这样吗？请看下面所发生的事情。

一个朋友要求帮忙设计一个测量 DC-DC 变换器输出的虚拟仪器，好吧！用 PXI-6251，很快就做了个简单的测量程序，将 PXI 平台借给他用。

不久，朋友来电话了，告知：虚拟仪器不好用，还没有他的 3 位半手持万用表好用。带上 NI PXI-4070 板卡就去了。一般遇到这样的事，先不要着急看现象，先坐下来聊一聊，慢慢地了解一下情况。

应用工程师介绍说：新买的 DC-DC 变换器输出 5V，空载时都很好，用 3 位半手持万用表和虚拟仪器的测量结果都差不多，虚拟仪器显示的变化大些；可是一接上后面的电路（负载），这两个测量仪器的测量结果就不一样了，3 位半手持万用表的测量结果相对稳定些，虚拟仪器的测量结果就不是很稳定，显示有接近十个 mV 的乱跳。

听到这里我心里基本有数了，告诉他们是测量原理的问题，他们将信将疑。我说这样我们一起做几个试验来看看试验结果。

下面所说的好与不好是指的波动量或者说是稳定度（不是测量结果的准确度）

- 1、用 PXI-6251 的 AO 输出 5V 直流电压，三种测量方法同时测量
3 位半手持万用表测量结果最好（位数不够）
PXI-4070 测量结果与虚拟仪器的测量结果基本一致
- 2、三种测量方法同时测量 DC-DC 变换器（空载）的输出
3 位半手持万用表测量结果最好（位数不够）
PXI-4070 测量结果次之（0.XmV）
虚拟仪器的测量结果相对最不好（1mV）
- 3、三种测量方法同时测量 DC-DC 变换器（带负载）的输出
3 位半手持万用表测量结果最好（位数不够）
PXI-4070 测量结果次之（约几个 mV）
虚拟仪器的测量结果相对最不好（近十个 mV）

我向他们解释了为什么测量结果会这样！

1、3 位半手持万用表测量

它的测量原理是双积分的，这种测量原理有较强的抗干扰能力，具有极强的低通滤波器特性，又因为显示位数少，所以显得测量结果很稳定。还有可能它是平均值测量，而非有效值测量。

2、PXI-4070 测量

虽然它的测量原理不是双积分的，但是它仍有较强的抗干扰能力，也具有低通滤波器的特性，所

以测量结果也是比较好的。

为了证明这个问题，又先后选择了 5 位半和 6 位半的测量方式，6 位半的测量方式明显好于 5 位半的测量方式。

3、虚拟仪器测量

因为虚拟仪器的采样速率高，所以测量带宽就宽，许多噪声信号也被测量出来。因为 DC-DC 变换器输出噪声的频谱很宽，所以测量结果是最不好的。这也恰恰说明了，虚拟仪器的测量结果是最可信的，它反映了不仅仅是直流信号，还包含了很宽带宽的噪声信号。所以看起来似乎测量结果最不好，是因为它反映出了信号中的最真实状况。

降低了虚拟仪器的采样速率和滤波后，测量结果比较接近 PXI-4070 的测量结果。

这是几年前发生的事情，具体数值可能记得不太准确，但道理确是千真万确的。

这个事例告诉我们，理解测量的真正原理，其测量结果才是可信的，才能达到测量的真正目的。在测量需要比较准确的测量结果时（比如：校准），我们希望测量显示的结果稳定些好，所以加入滤波器等等，尽可能的滤除干扰源。

在测量评估某些仪器（比如：直流电源或信号发生器的输出）时，希望测量仪器带宽更宽一些，以便更好的反映真实状况。

切忌不要以为接上任何测量仪器，读出测量结果，测量就完成了。

有的数字电压表，可以使用在 DC+AC 的测量模式，这种方式就有些类似虚拟仪器（高速采集）的测量方式。此时测量结果通常给出测量带宽，DC-1MHz（AC 测量带宽）。

4、“DC_数字电压表”低通特性的试验

以前我做过数字电压表 DC 量程低通特性的测量，好像大概的测量方法是这样的：

将一个可以输出 0.01Hz-1000Hz 的信号发生器的输出接到数字电压表的输入端，将数字电压表置于 DC（10V）测量功能，调节信号发生器的输出幅度使其输出为 5V，慢慢改变信号发生器的输出频率，当看到数字电压表的显示下降到原来信号幅度 3 dB 点时，该点的频率值就是数字电压表的带宽。

5、选择合适的量程

根据信号的大小选择合适的测量量程，并尽可能使测量范围落到量程的 2 / 3 处，这是一般人都知道的基本知识。

无论数字电压表还是数据采集卡（多量程的），还有一个概念就是：基本量程。

基本量程：对输入信号而言，在这个量程即不放大输入信号，也不衰减输入信号。

所以在基本量程测量性能最好（测量准确度最高）。所以最好直接使用基本量程来测量信号。

在板卡的使用手册中，可以通过测量准确度的指标来找、判断出基本量程。

第 7.6 节 基于计算机的测量离不开传感器

传感器——物理量与电量间的转换元件

我们知道，计算机是基于比特流工作的，尽管利用 A/D 转换器我们已经初步解决了模拟世界和计算机系统交流的方式，目前计算机总算可以接受：直流、交流、频率等信号。但对于五彩缤纷的模拟世界中的物理量，比如：位移、温度、压力、流量、应力、声音、振动信号等等，计算机还是无法与这些物理量直接打交道。能够起到这种沟通作用的就是各种传感器，基于计算机的测量是绝对离不开传感器的。

传感器使测量系统中的一种前置部件，它将输入物理量转换成可供测量的信号。不同的传感器将不同的物理量按某种规律变换成交流或直流的电压、电流信号（或频率信号）然后送给 A/D 转换器，A/D 转换器再将这些代表不同物理量的电信号转换成数字量交付给计算机进行处理，也就实现了基于计算机的测量。

即便同样是交流电信号，为了准确的变换大小及起到隔离作用，还要使用高准确度等级的电压互感器、电流互感器。与传感器有类似功能的被称为：变换器，它与传感器的区别就是：传感器有比较高的稳定性和准确度。变压器就是变换器中的一种，它仅起到能量转换的作用。

传感器根据不同的物理量有不同的类型，比如：温度传感器、压力传感器、流量传感器等等。但是即便是同一种物理量也可能有多种不同工作原理的传感器，比如：温度传感器就包括，IC 电路、热电偶、铂电阻、热电阻等等。即便是热电偶也分为：S、R、B、K、T、E、J 等多种。传感器也可以有不同的工作方式，比如：应变片的工作方式就有 1/4 桥、半桥、全桥之分。所以了解更多的有关传感器的知识，掌握不同传感器的特性和特点，对测量会起到至关重要的作用。

对传感器的主要要求

1、物理量与电信号之间有着某种准确的变换关系

最好这种变换关系为常数或定式，也就意味着它不应该随时间、地点、环境、带宽等参数的变化而发生变化。也就是说：传感器应稳定性好、重复性好、温度系数小、频率响应好。当然，最好还具有良好的线性变换关系（这样使用更方便）。

2、响应速度快

因为传感器是物理量的变换环节，所以要求其变换速度要快或者说响应速度要快。我们知道：在闭环反馈控制系统中，环路的闭环反馈控制能力（调节速度和稳定度）是受传感器时间常数影响的。尽可能的提高传感器的响应速度对改善控制系统动态特性是十分有帮助的。响应速度快也能够更好的反应出物理量的变化特点，温度测量使用的传感器应该有较好的响应速度。

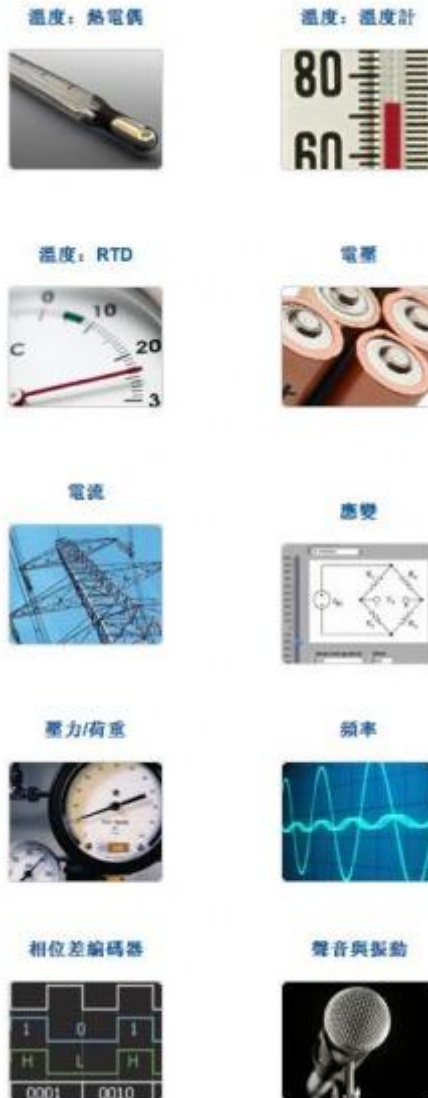
信号调理

传感器即便满足了上面的要求，可能还存在着某些问题。比如，非线性、噪声、信号幅度大小等问题，这就需要信号调理电路。

信号调理包括了：滤波器、线性化、信号幅度的放大和衰减、某些激励电源等等。好在 C 系列模块本身就包含了信号调理部分，使得我们的测量工作更简单、更方便。

NI 提供的常规测量指南

<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/7206>



感测器名词定义 (台湾国语)

zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/6323

实际上, 当我们获得某测量任务时, 如何应对、实现基于计算机的测量呢? 用户仅提交给我们的是任务书或者是总体要求, 如何实现整个设计呢?

下一章, 将结合我工作中的体会和应用实例来介绍我的理解和设计。