

常规测量指南-如何实现频率测量

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。

频率概述

频率是循环或周期事件的重复率。从物理上来讲，在旋转、振动、波等现象中能观察到周期。对模拟或数字波形来说，可以通过信号周期得到频率。周期越小，频率越大，反之亦然。从图 1 中看到，最上面的一条波形频率最低，最底下的波形频率最高。

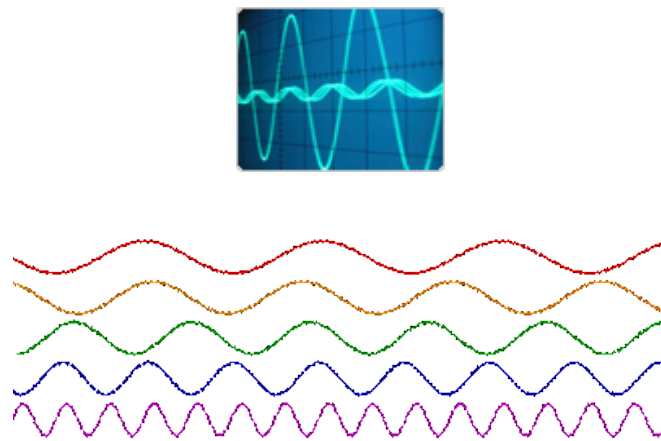


图 1.从上至下的波形频率依次增大

频率通常以角频率 ω 来表示，单位为弧度/秒；或以 f 表示，单位为秒⁻¹，也称 Hz，还可以用每分钟拍数(BPM)或每分钟旋转数(RPM)来表示频率。角频率 ω (rad/sec)及 f (Hz)之间的关系表达式为： $\omega = 2\pi f$ 。谈到频率往往还会涉及到相位 φ ，它描述了波形在初始时刻 t_0 相对于指定参考点的偏移量，单位一般为度或弧度。以正弦波的例子，波形表达式以时间为参数， $F(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ ，其振幅为 A ，角频率为 ω ，相位 φ 为常数。

实际应用中的周期性模拟信号很复杂的，很难以一个简单的正弦曲线来描述。傅立叶分析法可将任意复杂的波形分解成简单的正弦、余弦或复指数函数之和。信号所包含的频率成份往往是我们所感兴趣的，这种分析方法称为频域分析或谱分析。这类分析方法主要应用在声音、振动等领域，这里就不加以讨论了。

另一方面，数字信号频率的获取相对要简单些。对于如图 2 中描述的简单数字信号，周期就是两个上升沿或下降沿间的时间。

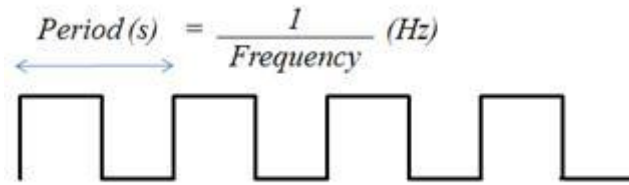


图 2. 数字波形

如果不同的两个上升沿或下降沿间的时间存在偏差，还可以通过大量采样后求平均的方法来得到频率。

如何实现频率测量

数字频率采集过程相当简单。对低频信号来说，采用一个计数器或时基就足够了。输入信号的上升沿触发时基开始计数。因为时基的频率是已知的，输入信号的频率就可以很简单的计算出来（见图 3）。

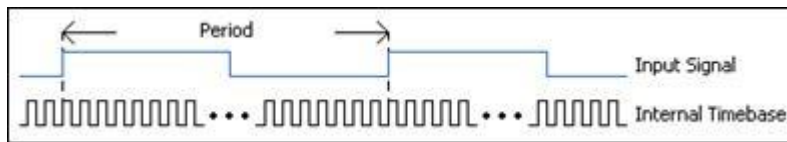


图 3. 数字信号相对于内部时基（单计数器获取低频）

当数字信号的频率很高或是变化的，最好采用以下介绍的两种双计数器法。需要注意的是，两种方法种具有相同的硬件局限性，即所要测量的频率不能超过计数器支持的最大输入频率，但可以超过内置的时基频率。

高频双计数器测量方法

高频信号测量需要两个计数器。一对（两个）计数器产生用户指定周期的脉冲列，测量时间（见图 4）远大于待测信号，但又要尽量小，以避免计数器翻转。

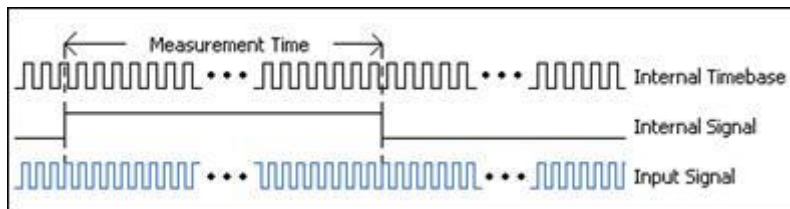


图 4. 数字信号频率的双计数器法测量法（用于测量高频信号）

内置信号的测量时间为内置时基的整数倍。在一定的时间间隔内测量输入信号的振荡次数，而间隔时间由内置信号提供。将振荡次数除以间隔时间就能够得到输入信号的频率。

大范围双计数器测量法

对于频率变化的信号来说，这一双计数器方法在整个信号范围内提供更高的精度。在这种情况下输入信号被一个已知量除，或称分频。内置时基在分频信号的逻辑高时的振荡次数被记录下来（见图 5）。这样就能得到逻辑高电平间的时间，为振荡次数乘以内置时基的周期时间。这个值再乘以 2 就得到分频信号的周期（高、低电平时间之和），它是输入信号周期的整数倍。把输入信号周期求倒数就能够得到其频率。

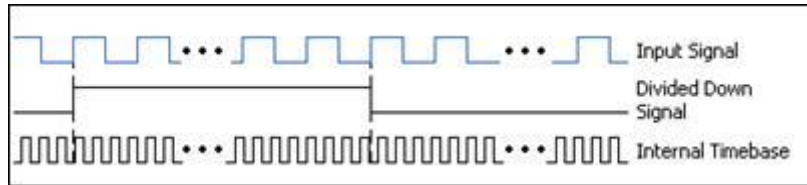


图 5.数字信号频率的双计数器法测量（用于大范围测量）

这一方法相当于在大范围测量后求均值来得到信号的变化频率，但这种方法还能测量比时基频率高的输入信号。

频率测量中数字信号与测量设备的连接

带硬件定时器的许多设备都适合进行计数器测量。这里以 NI CompactDAQ 系统为例（见图 6）。NI CompactDAQ 的硬件时基在机箱的背面板上，且并不仅仅是用于 NI C 系列模块。采用 cDAQ-9172 机箱，只有 5 槽和 6 槽能够连接 PFI 作为计数器输入，因此必须在 NI CompactDAQ 机箱的 5 槽或 6 槽插入一个相关数字输入或数字输入输出(DIO)模块，如 NI 9401。

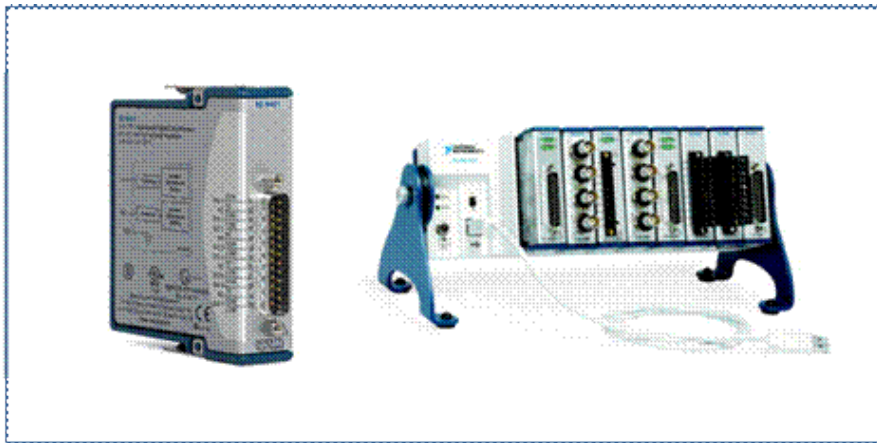


图 6. NI 9401 相关 DIO C 系列模块和 CompactDAQ 机箱

在测量&自动控制管理器(MAX)中将频率采集配置为计数器任务后，信号所需连接的 PFI 输入终端将显示出来（见图 7）。

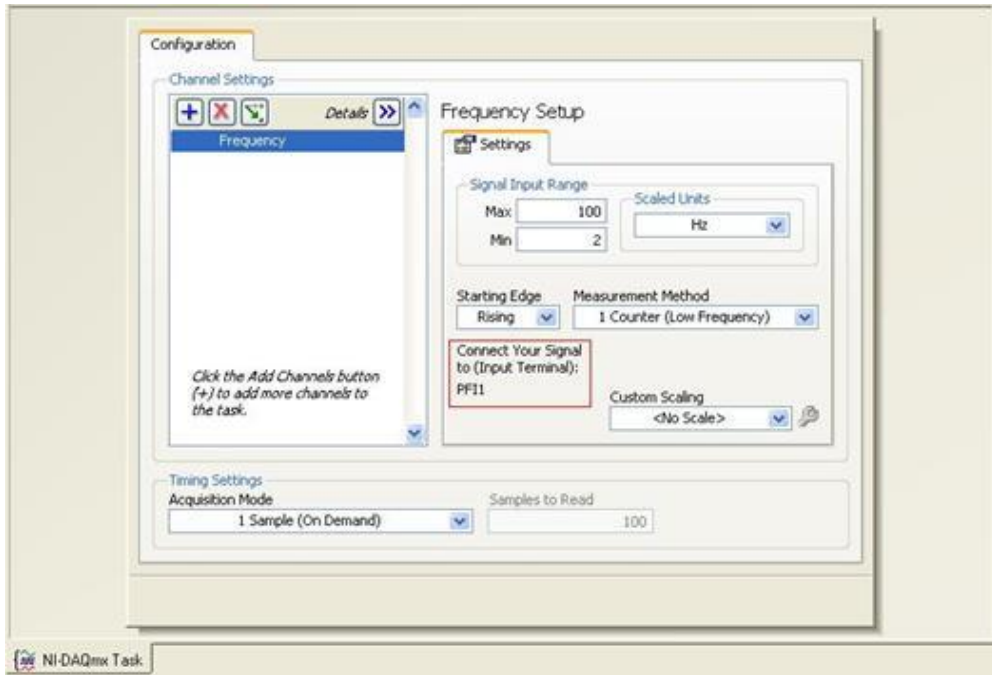


图 7. 测量&自动控制管理器 (MAX)配置界面的截屏

测量的可视化: NI LabVIEW

完成系统配置以后, 可以在 LabVIEW 图形化编程环境下看到测量数据 (见图 8)。

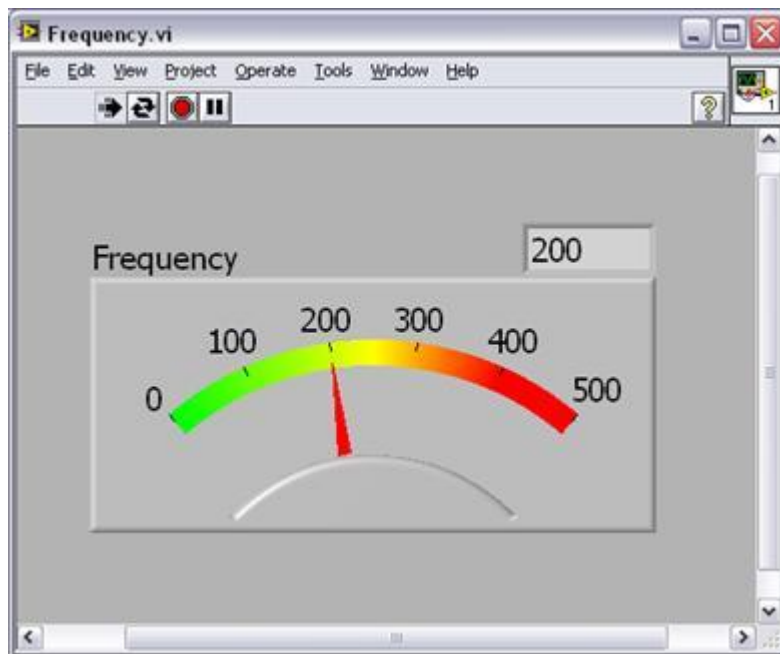


图 8. LabVIEW 中看到的频率测量