

基于虚拟仪器的频率稳定度测试方法研究

□杨建卫 叶玲玲

频率稳定度是整机系统、频率源、多种两端口频率控制和变换部件设计中必须认真考虑的重要性能指标,是时间频率标准的主要参数。频率稳定度按观测域的不同,分为时域频率稳定度(以下简称“频率稳定度”)和频域频率稳定度(通称“相位噪声”)。本文基于LabVIEW的虚拟仪器设计理念,对虚拟仪器下时域频率稳定度的测量系统建设进行探讨。

一、频率稳定度测试系统数学模型

1. 频率稳定度的表征

频率稳定度是指由于频率源内部噪声引起的频率取样值的随机起伏。它是描述平均(平均时间)频率随机变化的量,平均时间即采样时间。处理随机变化量,只能用统计的方法。国际无线电咨询委员会决定用阿仑方差作为时域频率稳定度的表征。其有限次测量的最佳估值数学模型如下:

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m [y_{i+1}(\tau) - y_i(\tau)]^2} \quad (1)$$

式中: m ——测量组数; $y_{i+1}(\tau)$ 、 $y_i(\tau)$ ——相对平均频率偏差的实际测量值。

2. 频率稳定度测试原理

由式(1)可以看到,频率稳定度的测量就是完成 m 组相对平均频率偏差的测量并进行数据处理的结果。本组现有德国XKP型线性比相仪,可完成平均频率偏差的测量。本文采用比相法测试,即在取样时间始末两时刻,测量两信号的相位差。比相法是测量平均频率偏差的经典方法。

频率稳定度测量原理如图1所示,以 f_1 和 f_2 分别表

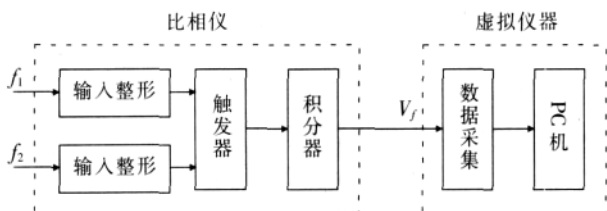


图1 频率稳定度测量原理图

示一个频标信号和一个被测频率信号,让其进行比相。输出方波电压 V_f 变化的情况,反映了两比相信号间相位差随时间的变化,其相位时间 $x(t)$ 的计算公式为

$$x(t) = \frac{T}{V_0} V_f \quad (2)$$

式中: T ——被测频率的周期,可用其标称值代替; V_0 ——脉冲幅度。

则相对频率偏差计算公式为

$$y_i(\tau) = \frac{x_{i+1}(\tau) - x_i(\tau)}{\tau} = \frac{T}{\tau} \frac{V_{f_{i+1}} - V_{f_i}}{V_0} \quad (3)$$

根据式(3),可通过对输出电压的测量值进行采集,并利用阿仑方差进行计算得到被测频率的频率稳定度。频率稳定度测量原理的实现可用比相仪来实现。其前面板有测量输出的方波电压信号 V_f ,本文通过数据采集板卡和利用LabVIEW软件对表示被测频率稳定度的方波信号 V_f 进行采集处理,实现该虚拟仪器系统完成的功能。

二、频率稳定度测试系统硬件设计

本测试系统包括XKP型线性比相仪、PC机、ADVANTECH公司(研华)PCI-1713数据采集控制卡、端子和传输电缆。PCI-1713是一款PCI总线的隔离高速模拟量输入卡(此卡具有自动通道/增益扫描电路),这种设计允许对不同通道使用不同的增益并采用单端或差分输入的不同组合方式来完成多通道采样。PCI-1713主要技术参数:2500VDC隔离保护;32个单端或16个差分模拟量输入或组合方式;12位的A/D转换分辨率;A/D转换的采样速率可达100kS/s;可对每个输入通道的增益进行编程;板上4K采样FIFO缓冲器;支持软件、内部或外部定时触发。

图2为硬件系统框图。其中,PC机、PCI-1713数据采集控制卡等组成系统的虚拟仪器硬件部分。

三、频率稳定度测试系统软件设计

1. 虚拟仪器的软件设计方案

本文利用LabVIEW实现频率稳定度的测量。软件在

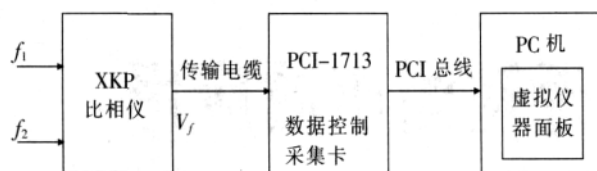


图2 硬件系统框图

虚拟仪器中一般起到3个层面的作用:底层驱动层、应用层和人机界面层。底层驱动层主要用于对硬件的操作,如对数据采集卡的驱动。应用层则是用来完成数据的采集存储、转换和分析,仪器的各种功能就在该层编制,作用类似于传统仪器的面板,完成人机交换。

测试程序由3个模块组成:硬件驱动模块、硬件配置及测量参数选择模块、用户接口模块。

2. 硬件驱动模块

硬件驱动模块负责和底层数据采集卡打交道,它将根据用户输入的命令和参数完成一次数据采集并显示测试结果。考虑到程序的模块化和通用性,一般将这部分程序编写成动态链接库。ADVANTECH公司针对该公司生产的各种数据采集板,通过在最底层调用动态库,形成一些独立的功能模块,即该公司板卡的LabVIEW硬件驱动库。

在进行频稳测量时,由于处理数据量大,而且要求很高的采集率,所以采取DMA传输方式。所谓DMA模式(Direct MEMORY Access),即直接存储器存储模式,计算机周边设备(主要指硬盘)可直接与内存交换数据,这样可加快硬盘的读写速度,提高数据传输速率。

图3是硬件驱动模块与数据采集模块相结合实现数据采集的流程图。

3. 硬件配置及参数选择模块

LabVIEW程序由前面板、图形代码及程序图标(即函数模板)和接口板三部分构成。前面板实现程序的输入和输出功能,由控制键元素和显示键元素构成。控制键代表程序的输入参数,显示键代表程序的输出值。

图4是该系统的主程序界面,左上角接受用户输入的测量参数;左下角是各种功能键,包括频差测量、连续测量、频稳测量、测试报告、停止采样等;右上角是实时数据显示,可以看出数据变化的趋势;右下角则是频稳、频差等的计算结果显示。

4. 用户接口模块

用户接口模块相当于管理员,在LabVIEW中即为函数模板,它包括编辑程序代码所涉及的VI程序和函数,

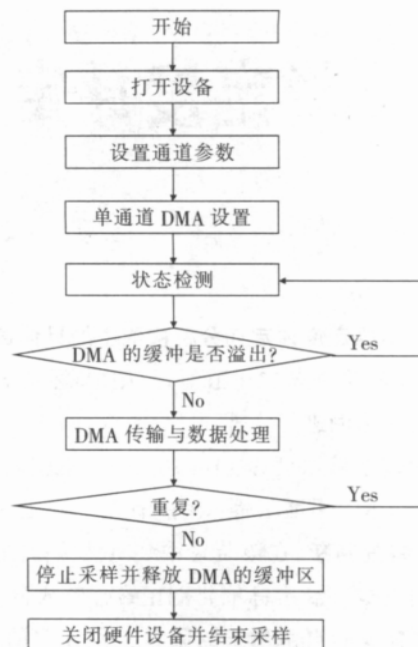


图3 数据采集流程图

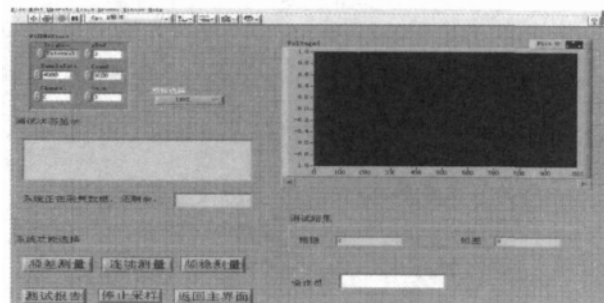


图4 主程序界面图

在该系统中它要完成Windows初始化,等待接收并处理用户命令,根据设置模块的参数来调用驱动模块,完成数据采集、数据处理、数据存储等功能。

四、结束语

通过虚拟仪器的应用,充分利用PC机的总线、机箱、电源及系统软件的便利完成测试任务,使得测量频率稳定度的界面友好、功能齐全、操作简易,不仅能实时显示测量结果,便于数据的存储、打印,而且具有价格便宜、测试速度快、可靠性高等优点。

本文采用的频率稳定度的测试方法是对虚拟仪器技术的应用尝试,在具体设计中对测量的各因素,如采样时间较短的频率稳定度测试还需考虑测量带宽等问题,这需随着学习和应用的进一步深入而形成更完善的解决方案,因此,目前本文提出的方法较适合采样时间较长的频率稳定度测试。

作者单位【江苏省吴江市产品质量监督检验所】