

应用天地

基于 LabVIEW 的虚拟示波器

陈永明 王红超 李继芳 黄元庆

(厦门大学机电系 福建 厦门 361005)

摘要:文中详细介绍基于 LabVIEW 的虚拟示波器的组建方法,重点阐述虚拟示波器的软面板和应用程序设计。

关键词:示波器 虚拟仪器 LabVIEW

中图分类号: TP391.9

Virtual oscilloscope based on LabVIEW

Chen Yongming Wang Hongchao Li Jifang Huang Yuanqing

(The Mechanic and Electronic Engineering of Xiamen University, Xiamen Fujian, 361005)

Abstract: Building method of a virtual oscilloscope based on LabVIEW was described in detail in this paper. Soft panel and design of application program of virtual oscilloscope was highlighted.

Keywords: Oscilloscope, Virtual Instrument, LabVIEW.

0 引言

虚拟示波器是一个典型的虚拟仪器,它包含数据采集、分析处理和结果显示 3 方面内容。本文设计的虚拟示波器不仅模拟传统示波器的大部分功能,而且加入了波形测量、存储和回放等只有高档示波器才具有的功能。由于采用的是通用的数据采集卡 PCI-6221,它的采样频率比较低,只有 250kHz^[1],适用于观察 25kHz 以下的周期信号,已经可以满足高校实验室教学的需要。另外,PCI-6221 模拟输入通道最高电压限制为 10V,对于高于 10V 的电压,必须衰减后才能接入。

1 虚拟示波器的界面

虚拟示波器在外观上与传统双通道示波器类似,图 1 显示了用虚拟示波器的两个通道同时测量一个幅值为 1.785V、频率为 1000Hz 的正弦波的情形。其界面由波形显示屏、频率与峰峰值测量显示、显示控制、触发控制、通道选择按钮组和程序控制按钮组几部分组成:

人机界面的制作是一门艺术,但是如果坚持下

面几个原则,就可以制作出实用、美观的虚拟仪器程序界面:

- 去掉可有可无的控件。
- 将一些不常用的控件放在子 VI 里或使用菜单以使主界面变得简洁。
- 控件的大小和控件间的距离要适当,太小容易引起误操作,太大容易使程序界面超出显示器的范围而且会显得不协调。
- 将功能相关的控件放在一起,用装饰线或装饰板将不同类型的控件隔开。
- 避免使用过多的字体和颜色。

2 虚拟示波器的软件设计

因为虚拟示波器需要处理的用户命令比较多,故采用状态机的结构。状态机是一个 LabVIEW 程序常用的结构,它的基本形式是在一个循环结构里嵌套一个选择结构,在其中一个选择框架中放置一个事件结构用于响应用户的操作,利用移位寄存器实现各个状态之间的任意跳转。事件结构与框图程序中的其他节点、模块在执行时的流程规则没有什么不同,当没有任何事件发生时,事件结构就会处于

基金项目: 本文由厦门大学创新团体发展计划资助。

作者简介:

王红超(1981-),男,厦门大学在读研究生。研究方向:虚拟仪器技术、测控技术。

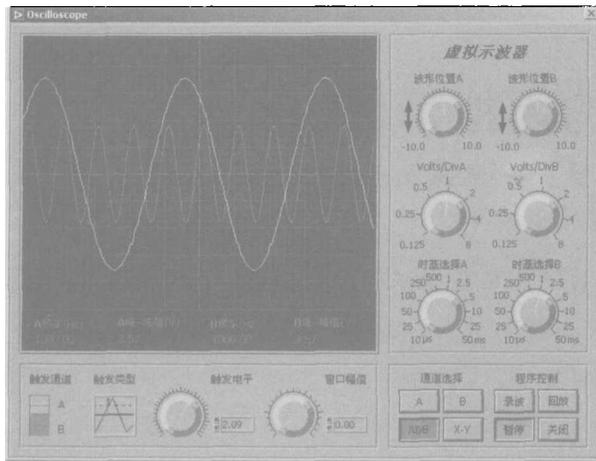


图 1 虚拟示波器的界面

睡眠状态,直到有一个或多个预先设定的事件发生时,事件结构才会根据所发生的事件执行用户预先设定的动作^[2]。状态机结构特别适用于有较多人机交互的程序,它具有易于修改和调试的优点。虚拟示波器的状态转换简图如图 2 所示,图中没有标出各个状态与错误处理状态之间的转换关系,当图中任何一个状态中出现错误时,都将转换到错误处理状态,随之停止程序的运行。下面对程序中主要的部分进行分析。

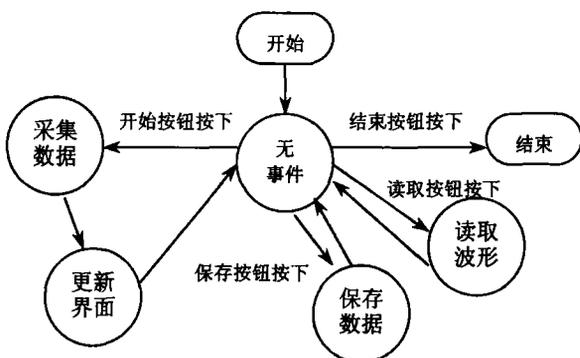


图 2 状态转换简图

2.1 数据采集

在示波模式下,采用有限点缓冲采集方式。用到的数据采集函数有:DAQmx Create Virtual Channel、DAQmx Timing、DAQmx Start Task、DAQmx Read、DAQmx Stop Task 和 DAQmx Clear Task。采样频率设置为 250kHz,在双通道采集时,每个通道为 125kHz。采样点数设置为显示屏上需要显示的数据点数的 1.5 倍(软件触发需要去掉一部分数据,故采样点数需要多一点),在双通

道采集时以数据点较多的那个通道为基准,即采样点数是根据显示时基选择(Time/Div,时间/分度)旋钮的值确定的。

在录波模式下,采用连续缓冲采集方式。其原理如下:在往缓冲区中存放数据的同时可以读取缓冲区中已放的数据,当缓冲区满时,从缓冲区开始处重新存放新的数据,只要存数据和取数据的速度配合好,就可以实现用一块有限的存储区,来进行连续的数据传送。使用循环缓冲区,可以在采集设备在后台连续进行采集的同时,LabVIEW 在两次读取缓冲区数据的时间间隔里对数据进行处理。波形数据保存到 C:\OscilloscopeData 目录下的二进制文件中,文件以开始进行数据采集的系统时间命名,格式为××年××月××日××时××分××秒。这里除了用到有限点缓冲采集方式中几个数据采集函数外(两种采集方式下函数的参数不同),还用到几个字符串和文件 I/O 函数:Format Date/Time String(按照用户指定的格式将当前系统时间转化成字符串)、Concatenate Strings(连接字符串)、Build Path(创建一个路径)、New File(新建一个文件并打开)、Write File(将数据写入文件)、Close File(关闭文件)。

2.2 显示控制

虚拟数字示波器将一个通道模拟信号转换成一个离散的数组作为 Y 数组,用 $(\Delta x, 2\Delta x, \dots, n\Delta x)$ 表示的时间间隔作为 X 数组,打包(bundle)后送到 XY Graph 波形显示控件中显示。

要实现波形上下移动的功能,只需要为 Y 数组中每一个元素加上一个偏移量。

传统示波器中缩放功能的实现是给 Y 数组中每一个元素乘以一个数值,这里波形显示控件 Y 轴上两条间隔线之间的差值为 2,因此需要乘上的数值大小 y_i 为:

$$y_i = \frac{2}{\Delta Y_i} \quad (i=0, 1, \dots, 6)$$

式中, ΔY_i 为电压/分度选择旋钮(Volts/Div)上所示的值共有 7 个等级。

时基选择旋钮上的数值表示 X 轴上两条间隔线之间代表的时间间隔,为了在波形显示控件上正确地表示出信号的频率(周期),需要调整 X 轴上两点之间的间隔 Δx_i 。经分析推导, Δx_i 的值为:

$$\Delta x_i = \frac{\Delta X}{\Delta t_i} \cdot \frac{1}{F} \quad (i=0, 1, \dots, 11)$$

式中, ΔX 为波形显示控件 X 轴上两条间隔线之间的坐标差值,这里取 ΔX ; Δt_i 为时(下转第 72 页)

由于连入示波器,线圈两端的总电容增加为 70pF,因此谐振点改变为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{50 \times 10^{-6} \times 70 \times 10^{-12}}} \approx 2.7\text{MHz} \quad (10)$$

如果该电路是 5MHz 放大器的储能电路,那么由于谐振频率的改变,它的增益在 5MHz 时将急剧跌落。如果该电路是一个振荡器,由于谐振频率变为 2.7MHz,在新频率点上可能会因为驱动不足而无法起振。采用分压探头可以减轻示波器对谐振频率的影响。但随着频率的升高,达到射频,问题将很难解决。

3 阻抗匹配

为了保证仪器之间能够最大地传送功率,阻抗应该匹配。如果阻抗为纯电阻,应使输入阻抗与输出阻抗的值相等。如果阻抗包含电抗成分,即 $Z_{out} = R_0 + jX$,应使负载的输入阻抗与源的输出阻抗共轭匹配,即 $Z_L = R_0 - jX$ 。这时能够传送最大功率。

对于射频系统,一般采用 50Ω 阻抗。通常和使用的传输线的特性阻抗相一致。对于高阻抗仪器,由于等效并联电容的存在,随着频率升高,并联组合阻抗逐渐变小,将对被测电路形成负载。如 1MΩ

输入阻抗,在频率达到 100MHz 时,等效阻抗只有 100Ω 左右。因此,高带宽的示波器一般都采用 50Ω 输入阻抗,这样可以保证示波器与源端的匹配。必须考虑到 50Ω 输入阻抗的负载效应比较明显,这时最好使用低电容的有源探头。有源探头采用场效应管,其电容可以达到 1pF。

4 结束语

在测量中,阻抗是一个必须考虑的问题。输入阻抗和输出阻抗的大小会影响到测量误差的大小,应该尽量减小测试仪器带来的负载效应和保证连接中的阻抗匹配。在并联测试时,应尽可能选择输入阻抗高,并联电容小的仪器,以减轻负载效应。在示波器测试时如果误差较大,应选择合适的示波器探头。

参考文献

[1] Electronic instrument handbook[Z]. Clyde F. Coombs, 1995.
 [2] 探头入门[OL]. www.tek.com.cn, 2004.
 [3] Robert A. Witte. 电子测量仪器原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社,1995.
 [4] 国防科工委科技与质量司. 无线电电子学计量[M]. 北京:原子能出版社,2002.
 [5] 国防科工委科技与质量司. 计量技术基础[M]. 北京:原子能出版社,2002.

明确的控制,并且事件定时不需要非常准确时,可以采用软件触发。硬件触发在原理上和软件触发是一样的,只是触发点是由硬件电路寻找,具有很高的速度和准确度。当采集事件定时需要非常准确,或者用户需要削减软件开支,或者采集事件需要与外部装置同步时,就需要采用硬件触发了。

3 结束语

虚拟示波器以广泛应用的 PC 机和相对廉价的数据采集卡作为硬件平台,通过软件编程实现示波器的功能。而且在这一通用的 PC-DAQ 平台上,调用不同的虚拟仪器软件,可以实现不同的仪器功能。虚拟仪器成本低、功能全、可扩展性强,在我国大中专院校推广使用,能够有效缓解学校实验室资源难以满足学生需要的矛盾。

参考文献

[1] National Instruments. NI 622x Specifications[R]. National Instruments Corp, 2004.
 [2] 杨乐平等. LabVIEW 程序设计与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

(上接第 69 页)

基控制选钮上所示的时基间隔值,共有 12 个等级; F 为采样频率。

2.3 频率和峰峰值测量

多周期平均法是一种比较容易想到的算法,它的主要思想是:统计若干个周期里采样的点数,取它们的平均值作为一个周期的点数,然后用采样频率除以一周期的点数就得到信号的频率了。峰峰值的求法与此类似,即求出若干个周期里最大值和最小值的差,取它们的平均值作为信号的峰峰值。LabVIEW 自带的 Extract Single Tone Information 用于测量频率和峰峰值效果更好,可惜它的实现方法被隐藏了。

2.4 软件触发原理

本程序提供了 7 种触发方式:上升沿触发、下降沿触发、高于触发电平值触发、低于触发电平值触发、进入窗口触发、离开窗口触发和无触发。它们均为软件触发,程序采用状态机的结构来搜索触发点,并将触发点及其后面的波形数据送到波形显示模块。实际上,软件触发不是真正意义上的触发,只是一种波形处理方法。当用户需要对所有采集操作有