

LabVIEW 环境下基于声卡的虚拟示波器软件设计

吕红英^{1 2} 吴先球² 刘朝辉² 陈俊芳²

¹(华南农业大学理学院 广东 广州 510642)

²(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510631)

摘要 基于计算机声卡的虚拟仪器成本低、通用性强,在对采样频率要求不高的情况下,可以用声卡取代数据采集卡进行采样和输出。利用虚拟仪器开发工具软件 LabVIEW 及其数字声音记录节点,研制出基于声卡的虚拟双踪数字存储示波器,其功能和界面都与真实示波器相同。重点阐述了数据采集、触发控制、显示控制几个主模块的设计方法。

关键词 虚拟仪器 声卡 LabVIEW 虚拟示波器

SOFTWARE DESIGN OF VIRTUAL OSCILLOSCOPE BASED ON SOUND CARD UNDER LabVIEW

Lü Hongying^{1 2} Wu Xianqiu² Liu Zhaohui² Chen Junfang²

¹(College of Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou Guangdong 510642, China)

²(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou Guangdong 510631, China)

Abstract The virtual instrument based on PC sound card has the virtues of low cost and powerful generality, and the sound card can take the place of the plug-in data-acquisition board on low-frequency condition. In this article, the virtual double-traced storage oscilloscope based on sound card, whose function and interface were designed according to the actual oscilloscope, was developed using virtual instrument software LabVIEW and its digital sound record nodes. The designs for several main modules such as data acquisition, triggering control and display control were chiefly expounded.

Keywords Virtual instrument Sound card LabVIEW Virtual oscilloscope

1 引言

随着计算机技术和虚拟仪器技术的发展,虚拟仪器逐渐成为现代仪器的发展方向,其中大部分虚拟仪器都是基于各种数据采集卡,如 NI 公司的 Lab-PC-1200 数据采集卡^[1],研华公司的 PCL-1800 型数据采集卡^[2],ISA 型数据采集卡 AC1820^[3]。在对采样频率要求不高的情况下,可以利用计算机的声卡进行数据的输入和输出^[4,5]。声卡是一个非常优秀的音频信号采集系统,其数字信号处理器包括模数变换器 ADC(Analogue Digital Converter)和数模变换器 DAC(Digital Analogue Converter),ADC 用于采集音频信号,DAC 则用于重现这些数字声音。声卡已成为多媒体计算机的一个标准配置,因此基于声卡的虚拟仪器具有成本低、兼容性好、通用性和灵活性强的优点,可以不受硬件限制,安装在多台计算机上。本文利用 LabVIEW6.1 中的数字声音记录节点,编程实现了基于声卡的虚拟双踪数字存储示波器,采样速率为 44.1KHz,线路输入端口最高电压限制为 1V,对高于 1V 的信号可衰减后输入,能适合很多场合的需要。

2 LabVIEW 中的声音记录节点

LabVIEW(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)是美国国家仪器公司的基于图形化编程 G 语言的开发

环境,具有各种各样、功能强大的函数库,包括数值采集、串口控制、数据分析、数据显示及数据存储等。采用旋钮、开关、波形图等构造用户界面,人机交互界面友好。

LabVIEW 函数库中 Sound Input 子模板(Functions Palette→Graphics & Sound→Sound→Sound Input)提供了数字声音记录的节点^[6],可以通过声卡采集外部模拟信号。包括以下节点:

SI Config 节点 用于设置声卡的参数和数字声音格式,如缓存区大小、采样速率、采样通道数(单通道或双通道)、样本位数(8bits 或 16bits)。本文虚拟示波器用双通道采集数据,缓存区大小为 32768bytes,样本位数为 16bits。

SI Start 节点 驱动声卡开始采集数据。

SI Read 节点 从缓存区读取数据。根据不同的数字声音格式,读取相应数据格式的数组。

SI Stop 节点 停止采集数据。

SI Clear 节点 释放声卡占用的计算机资源。

利用这些数字声音记录节点,在 LabVIEW6.1 环境中编程,设计了具有仿真面板的虚拟双踪数字存储示波器,通过声卡采集外部数据,并用软件实现了触发控制、波形显示、波形调节、数据存储等功能。

收稿日期:2004-10-25。全国教育科学十五规划项目(ECB030477)。吕红英 助教,主研领域:虚拟仪器技术,远程实验技术。

3 虚拟示波器用户界面和使用设置

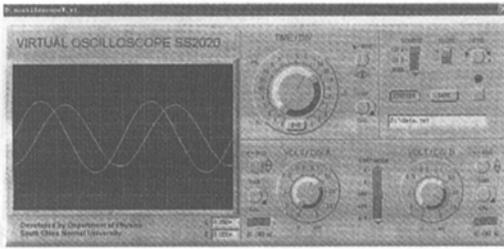


图 1 虚拟示波器用户界面

虚拟示波器面板的设计参考了真实的示波器 SS2020, 用户界面与真实示波器的操作面板相似, 如图 1 所示, 其中显示的波形为虚拟示波器用于 RLC 串联电路特性实验时, 电路频率为 2000Hz 时的波形。虚拟示波器面板上各个旋钮、开关的功能与真实示波器相同, 包括“TIME/DIV”时间/分度选择旋钮、“X-Y”水平-垂直按钮、“X-POS”水平位置调节旋钮、“VAR”扫描速度微调旋钮、“SOURCE”触发选择开关、“SLOPE”触发极性选择开关、“VOLT/DIV”电压/分度衰减器、“Y-POS”位置调节旋钮、“VAR”幅度微调旋钮、直流-接地-交流开关。不同于真实示波器的部分有:

1) 显示屏 用于显示声卡采集的信号波形。水平方向和垂直方向各有 10 个格, 每个格又分 5 个小格。用户可以通过单击鼠标右键, 选择“Visible Items”选项, 显示“Plot Legend”和“Graph Palette”实现传统示波器无法实现的操作, 如查看显示屏上未显示的部分、进行波形的多倍放大, 以完成特定的测量。

2) “LEVEL”触发电平调节旋钮 触发电平默认值为“0”。当用户设置的触发电平大小超出触发电压信号的范围时, 不再进行触发。若进行设置后需调节回零值, 可在旋钮上单击鼠标右键, 选择“Reinitialize to Default Value”即可。

3) “PAUSE”暂停按钮 按下此按钮, 可暂停信号采集, 方便用户仔细观察显示屏上的波形。

4) “SAVE”存盘按钮和存盘路径设置文本框 用户可在文本框中指定保存文件的位置, 点击“SAVE”按钮, 以文本文件的格式存储数据。文本文件可导入 EXCEL、MATLAB 等软件进行处理。用户亦可用“Print Screen”键直接剪裁波形图。

5) “VERT MODE”显示模式选择开关 只观测 A 或 B 通道信号时, 选择器置于“A”或“B”。设计程序时, 线路输入插孔左声道采集的信号送入 A 通道, 右声道采集的信号送入 B 通道。“A&B”用于同时显示两通道信号。“A+B”和“A-B”用于显示两通道信号相加和相减后的波形。

6) 电压显示 虚拟示波器附加了电压表的功能, 显示屏下两个文本框分别用于显示 A、B 通道的电压幅值。

使用前, 需要制作一根测试电缆用于输入信号。方法是使用一个立体声插头, 接一段 1~2m 长的双芯屏蔽线, 分别对应立体声插头的地线、左声道、右声道, 构成测试电缆, 电缆的另一端接上三个鳄鱼夹。为确保虚拟仪器正常工作, 要正确设置声卡: 送入虚拟示波器的信号若为线路输入信号, 通过 LINE IN 插孔输入, 在音量控制面板的录音属性中选择“线路输入”一项; 若为麦克风信号, 通过 MIC 插孔输入, 在录音属性中选择“麦克风”一项。输入电压不能超过声卡的承受范围, 以免损坏声卡, 对于线路输入插孔, 一般为 -1V~1V。若测量的信号超过此范围, 需先将信号衰减。

虚拟示波器程序安装在不同计算机上时, 对于信号频率的测量没有影响, 由波形计算出的信号频率与真实值一致, 对于信号幅度的测量, 由于线路输入音量大小的不同, 在使用前需要定标, 以后的测量中, 不必再调节线路输入音量大小。

4 虚拟示波器软件设计

4.1 总体结构

虚拟示波器程序采用 While 循环结构, 示波器的电源开关状态作为循环的控制条件, 包含数据采集、电压显示、触发控制、垂直方向波形调节、水平方向波形调节、显示模式选择、波形显示和波形存储 8 个模块, 各模块之间的关系如图 2 所示。框图程序见图 3。



图 2 虚拟示波器总体结构

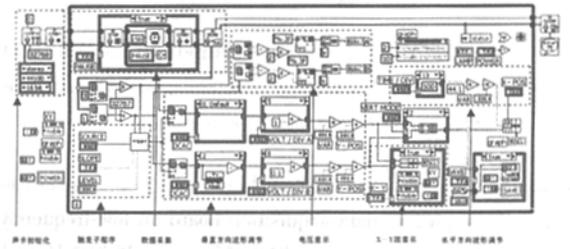


图 3 虚拟示波器框图程序

4.2 数据采集

SI Config 节点和 SI Start 节点放在循环的外部, 设置声卡参数和数字声音格式, 并驱动声卡开始采集数据。SI Clear 节点也放在循环外部, 并由数据流程控制, 在程序停止时释放声卡占用的资源。

“PAUSE”按钮按下时, 用 SI Stop 节点停止数据采集, 进入 While 循环, 直到弹起“PAUSE”按钮, 循环中止, 用 SI Start 节点重新驱动声卡采集数据。SI Read 节点读取包含 16bits 立体声数据的数组, 由 Index Array 函数分别提取左声道和右声道数据, 作为示波器 CH A 与 CH B 的输入信号。需要注意的是: 在各个声道声卡每次读取的数据点数为 8192, 即 SI Read 节点读取的数组维数为 8192 行×2 列, 提取左、右声道数据时, 要按列进行; “0”列对应左声道数据; “1”列对应右声道数据。

样本位数为 16bits 的数据其范围为 -32768~32767, 为便于虚拟示波器电压读数与信号真实参数相同, 将声卡采集的数据除以某个数值。根据声卡线路输入插孔的输入电压范围, 设定虚拟示波器可测到的最高电压为 1V, 可将此除数设为 32767, 当输入的信号高于 1V 时, 示波器的波形失真。

4.3 触发控制

触发控制子程序实现选择触发源、根据触发电平的大小和触发极性进行触发。其原理如图 4 所示, 首先判断用户设置的触发电平大小是否在波峰和波谷范围内, 在此范围内则进行触发。对输入电压信号的第 i 点和第 $i+1$ 点的

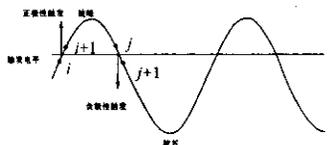


图 4 软件触发原理图

值进行比较,正极性触发时,若第 i 点的值等于或小于触发电平,同时第 $i+1$ 点的值大于触发电平,则第 i 点为触发点,将此值送入触发控制子程序后的 Array Subset 函数的“index”端口,每次采集数据后,都

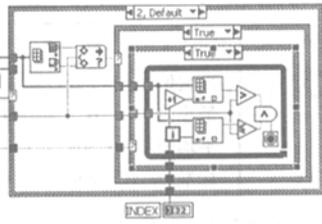


图5 触发控制框图程序

从触发点开始提取子数组,送入显示屏,实现波形的同步显示。负极性触发时与之相反。子程序框图如图5所示。

4.4 电压灵敏度调节

可以采用不同档位时对显示屏 waveform graph 的三个属性节点“YScale. Maximum”、“YScale. Minimum”和“YScale. Increment”赋不同值的方法。但这样调节 CH A 电压/分度衰减器时,CH B 的波形也随之变化。故采用另一种方法。

固定显示屏 waveform graph 的 Y 轴刻度即电压刻度,范围为 $-0.5V \sim 0.5V$,在垂直方向占 10 个格,每个格分为 5 个小格。为使波形在垂直方向所占的格数与档位变化相一致,采用按比例放大或缩小数组数据的方法。电压/分度衰减器“VOLT/DIV”的值作为 Case 结构条件,Case“0~9”中,分别将数组除以不同的数值。由于 Y 轴刻度值固定,因此选择不同档位时,波形在垂直方向所占的格数与其档位相乘,其值是恒定的。如对于幅值为 $0.2V$ 的正弦信号,当档位为 $0.1V/\text{格}$ 时,在 Y 轴刻度范围为 $-0.5V \sim 0.5V$ 的显示屏上,其半波形占 2 个格;当档位变为 $0.2V/\text{格}$ 时,由于除数由“1”变为“2”,数据值减小为原来的一半,即电压幅值变为 $0.1V$,此时在显示屏上,其半波形占 1 个格。两种情况下波形在垂直方向所占的格数与其档位的乘积相等。采用这种方法,就可以分别调节 CH A 和 CH B 波形的电压灵敏度。

4.5 水平方向波形调节

(1) 时间灵敏度调节

与电压灵敏度的调节相似,可以采用不同档位时对显示屏 waveform graph 的三个属性节点“XScale. Maximum”、“XScale. Minimum”和“XScale. Increment”赋不同值的方法。但用这种方法时,X 轴的格数不能保持恒定,不能根据波形在水平方向所占的格数计算波形的周期。故采用另一种方法。

波形显示控件 waveform graph 实际上为一个簇,包含三个元素:起始位置 x_0 、步长 Δx 和 y array。默认情况下,X 轴刻度是从初始位置 $x_0=0$ 处开始的,刻度值按照步长 1 递增,X 轴刻度是对应的数据点的序号。对于时间灵敏度的调节,采用改变步长 Δx 的方法,此时,X 轴的刻度值为 $X = X_0 + n \times \Delta x$,其中 n 为数据在数组中的序号。

固定显示屏 waveform graph 的 X 轴刻度即时间刻度,设定 X 轴刻度范围为 $0 \sim 100$ 。对 waveform graph 的两个属性节点“XScale. Increment”和“XScale. MinorInc”分别赋值为 10 和 2,使水平方向格数为 10 个,每个格分为 5 个小格。为使波形在水平方向所占的格数与档位变化相一致,采用按比例放大或缩小步长 Δx 的方法。时间/分度选择旋钮“TIME/DIV”的值作为 Case 结构条件,Case“0~22”中,分别放置不同的步长值。由于 X 轴刻度值固定,因此选择不同档位时,一个周期的波形在水平方向所占的格数与其档位相乘,其值是恒定的。如对于 1000Hz 的波

形,在档位为 1ms 时占一个格,即一个周期波形占据刻度值为 10;在档位变为 0.5ms 时,将 Δx 值增加一倍,此时一个周期波形占据的刻度值也增加为原来的一倍,即为 20,在显示屏上占据两个格。两种情况下,一个周期的波形在水平方向所占的格数与其档位的乘积相等。

(2) 波形位置调节

将位置调节旋钮“X-POS”的值作为显示屏 waveform graph 的 X 轴刻度的初始位置,即可实现波形水平方向位置调节。“X-POS”旋钮的值的范围为 $-50 \sim 50$ 。默认情况下“X-POS”旋钮的值为“0”,顺时针旋转旋钮,波形右移;逆时针旋转旋钮,波形左移。

4.6 数据存储

布尔控件“SAVE”按钮的值作为 Case 结构的条件,当按下按钮时,将显示模式选择模块中输出的数组(2 行 \times 8192 列)送入 Write To Spreadsheet File 函数的“2D data”端口,布尔常量“True Constant”连接“transpose?”端口,将二维数组转置为 8192 行 \times 2 列数组,便于 EXCEL 或 MATLAB 软件导入,其中“0”列对应 CH A 数据,“1”列对应 CH B 数据。

4.7 波形显示

将处理后的起始位置 x_0 和步长 Δx 与显示模式选择模块中输出的二维数组按顺序经 Bundle 节点打包,组合为“簇”,送入波形显示控件 waveform graph,实现根据各个旋钮和开关的位置显示波形。

显示李萨如图形时,要用 XY graph 控件,此时 CH A 的信号作为 X 轴。用属性节点“Visible”控制 waveform graph 和 XY graph 的显示,布尔控件“X-Y”按钮作为 Case 结构的条件。正常显示波形时, waveform graph 的“Visible”属性节点值为“True”,XY graph 的“Visible”属性节点值为“False”;按下“X-Y”按钮,进入 Case“True”结构,显示李萨如图形,将 CH A 和 CH B 的信号经 Bundle 节点打包,送入 XY graph,此时“Visible”属性节点的赋值方法与前相反。

5 结果和结论

本文利用 LabVIEW 中的数字声音记录节点,编程实现了基于声卡的虚拟双踪数字存储示波器,通过声卡采集外部数据,用软件方法实现了触发控制、电压测量、波形显示、波形调节和数据存储,这些方法还可移植到基于数据采集卡、串口、并口的虚拟示波器中。本文的虚拟示波器已安装在实验室的多台计算机上,应用于电磁学、声学部分的学生实验,在音频范围内完全可以满足实验要求。图 6 所示图形为测量正弦信号的频率实验中 $f_x/f_y = 2:3$ 时的李萨如图形。图 7 所示图形为微机辅助的非超声方法测量声速实验中,计算两列波形起点的时间差,利用了虚拟示波器的波形多倍放大、查看显示屏上未显示的部分等功能。

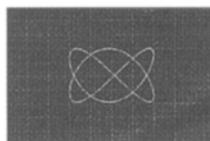


图6 $f_x/f_y = 2:3$ 时的李萨如图形

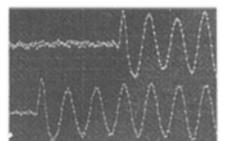


图7 微机辅助的非超声方法测量声速实验

参 考 文 献

- [1] 郑利锋、杨小雪、张汉全,“基于 LabVIEW 的虚拟频谱分析仪设计”《自动化与仪器仪表》2002(5) 4~7.
- [2] 张锐、陈励军,“一种基于虚拟示波器技术的数据采集系统”《计算机测量与控制》2003(2) 122~124.
- [3] 肖宇峰,“一款虚拟示波器的设计”《器件与仪表》2002(5) 58~60.
- [4] J. Saliga, L. Michaeli, “Software for metrological characterization of PC sound cards”, Computer Standards & Interfaces 2003(25) 45~55.
- [5] M. H. Levin, “Use of a sound card in teaching audio frequency and analog modem communications”, ACM SIGCSE Bulletin, 1999(3) :79~83.
- [6] LabVIEW User Manual, National Instruments Corporation 2001, 11.

(上接第 7 页)

3) 实现耦合(RC)

定义 4 $RC = |RS|$

$RS = \{x | x \in CS \wedge \exists \text{Realization}(x, t)\}$

RS 是系统中类 t 所实现的所有接口的集合。

观点:

一个类型实现的接口过多,表明该类型被赋予的职责过多,需要考虑对其拆分。

4) 泛化/继承耦合(GC)

定义 5 $GC = |GS|$

GS 是系统中类型(类/接口)t 所泛化(继承)的所有类型(类/接口)的集合。

$GS = \{x | x \in TS \wedge \exists \text{Generalization}(x, t)\}$

其中,TS 是系统中定义的所有类型(类/接口)的集合。

观点:

(1) 当某个类型同时泛化(继承)多个类型时,由父类型继承而来的属性和操作相互影响的可能性也越大。通常多重泛化(继承)是应当避免的。事实上,一些面向对象语言,如 Java,根本不支持多重泛化(继承)。

4 数据 分 析

Eclipse 对度量信息的获取提供了很好的支持。它支持将 Java 文件建构成抽象语法分析树(AST),并提供了丰富的接口方便地遍历 AST。

在 Frank Sauer 开发的 Eclipse 度量计算插件的基础上,我们实现了 OCMOOD 的自动计算。

JUnit 是由 Kent Beck 和 Erich Gamma 合作开发的一个开源小工具。Kent Beck 和 Erich Gamma 都是公认的面向对象领域的专家。JUnit3.8.1 在 3.7 的基础上进行了多次重构。功能和软件质量都有了提高。JUnit3.7 和 Junit3.8.1 的 OCMOOD 计算结果见表 1 和表 2。

表 1

| JUnit3.7 | AC | DC | GC | RC |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 最大值 | 5 | 7 | 1 | 1 |
| 最小值 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 平均值 | 0.314 | 1.020 | 0.235 | 0.255 |
| 标准差 | 0.874 | 1.475 | 0.424 | 0.436 |

表 2

| JUnit3.8.1 | AC | DC | GC | RC |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| 最大值 | 5 | 6 | 1 | 1 |
| 最小值 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 平均值 | 0.309 | 1.018 | 0.218 | 0.255 |
| 标准差 | 0.850 | 1.421 | 0.413 | 0.436 |

从度量结果看,JUnit3.8.1 AC,DC,GC,RC 的均值都比 JUnit3.7 低,这也说明 JUnit3.8.1 较 3.7 有更好的质量。图 1 和图 2 分别是这两个指标计算值拟合后对比图。

从图 1 可以看出,两个版本的 AC 度量值均小于 5,并且在 [0, 2.5] 区间上,JUnit3.8.1 的度量曲线位于 3.7 度量曲线的上方, [2.5, 5] 区间上位于 3.7 度量曲线下方,这说明 JUnit3.8.1 的关联耦合度较 3.7 要小。

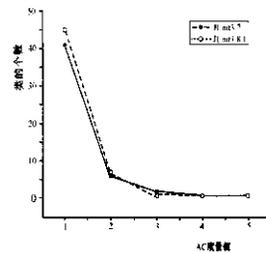


图 1

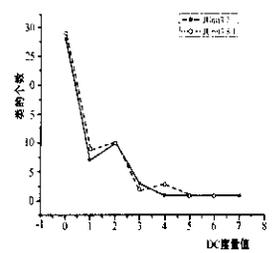


图 2

从 DC 度量结果上,可以看出,两条 DC 度量曲线在度量值为 2 处有一个交点,在 [0, 2] 区间上,JUnit3.8.1 的曲线位于 JUnit3.7 的上方,这说明 JUnit3.8.1 DC 耦合度低于 2 的类比 JUnit3.7 要多,可见 JUnit3.7 的依赖耦合度比 JUnit3.8.1 要高。

由于 Java 中不允许继承,所以 GC 度量值始终为 1,又因为所选 JUnit 样本的特殊性,所有的 RC 度量值也为 1。所以在此不对这两个度量的拟合曲线进行讨论。

通过上述讨论,我们得到在软件规模大致相近的情况下,质量好的软件的 OCMOOD 度量值比质量差的要低,反之亦然。从而对 OCMOOD 的有效性进行了验证。

5 总结和将来的工作

本文分析了 CBO 的不足,提出了一组新的面向对象耦合度量 OCMOOD,并验证了它的有效性。

由于面向对象编程中继承、多态等技术的应用,只依靠软件的静态特征已经很难准确度量软件的实际质量。通过捕获软件的运行期特征来实现软件的动态耦合度量,是我们将来的工作目标。

参 考 文 献

- [1] Chidamber S. R. and Kemerer J. F., “A metrics suite for object oriented design”, CISR Working Paper No. 249, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA, 1993.
- [2] Huang Heyuan, Zhang Shensheng, Cao Jian, Duan Yonghong, “A Practical Pattern Recovery Approach Based on Both Structural and Behavioral Analysis”, Journal of Systems and Software 2004, Accepted.
- [3] Hitz, M and Montazeri, B., “Measure Coupling and Cohesion in Object-Oriented Systems”, Proceedings of International Symposium on Applied Corporate Computing (ISAAC'95), October 1995.
- [4] 黄鹤远,“基于设计模式的面向对象系统再工程”[博士学位论文],上海交通大学 2004.