Интерактивная визуальная разработка приложений автоматизации научных и промышленных измерительно–управляющих систем в среде LabVIEW 6i National Instruments

А.А.Андронов[1], А.В.Беляков[2], В.А.Гурьев[3], А.В.Якимов[4]

Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского
проспект Гагарина 23, Нижний Новгород 603950, Россия

1. Введение

В настоящее время очевидна перспективность применения в промышленных и лабораторных измерительных и управляющих системах устройств компьютерной автоматизации, использующих богатые вычислительные, интерактивные и коммуникационные средства современной вычислительной техники.

Наиболее общие задачи автоматизации можно свести к следующим:

- Сбор сигналов с систем датчиков и измерительных систем
- Управление исполнительным оборудованием различной степени сложности (станки с ЧПУ ↔ электромоторы, доменные печи ↔ нагревательные устройства)
- Обработка и анализ принятых сигналов и данных
- "Ручное управление" – диалог с оператором установки, в т.ч. с теледоступом
- Публикация данных, отчетов.

В ряде случаев автоматизация технологического или лабораторного оборудования позволяет также существенно расширить рамки измеряемых величин и явлений, ускорить процесс измерений за счет снижения доли рутинных ручных процедур, увеличить точность отсчета.

Программное обеспечение автоматизации (ПОА) чаще всего разрабатывается на конкретном предприятии под конкретную установку. Около 80% ПОА составляют программы, разработанные на языках программирования высокого уровня – C и C++, Pascal, Basic, включая системы визуальной разработки Borland Delphi, Builder, Microsoft Visual Studio. Они функционируют под управлением ОС MS-DOS, 15% – MS Windows 9x (значительно реже – Windows NT), 5% – под UNIX-совместимыми (Linux). Анализ известных нам программ и общение с разработчиками показывает, что такие программы обладают

- Большими сроками и высокой стоимостью разработки
- Низкой масштабируемостью, что предопределяет сложности в модернизации и добавлении новых компонент, задач
- Плохой (или отсутствующей) переносимостью

[1] Тел. +7-8312-67-50-62; E-mail: andron@ipm.sci-nnov.ru
[2] Тел.: +7-8312-656153; Fax: +7-8312-656416; E-mail: belyakov@rf.unn.ru
[3] Тел.: +7-8312-656152; Fax: +7-8312-656416; E-mail: guryev@rf.unn.ru
[4] Тел.: +7-8312-656153; Fax: +7-8312-656416; E-mail: yakimov@rf.unn.ru

- Отсутствием взаимной связи ПОА даже в пределах одного подразделения
- Слабо проработанным пользовательским интерфейсом
- Отсутствием развитой документации.

Альтернативой описанному подходу к автоматизации можно считать применение средств визуального программирования, ориентированных на задачи автоматизации.

Наиболее перспективные программно-аппаратные продукты, и в первую очередь, интегрированная среда разработки систем управления, получения и анализа экспериментальных сигналов *LabVIEW*, представлены на рынке фирмой *National Instruments* (США). Не вдаваясь в подробности, отметим, что логической основой пакета *LabVIEW* является объект "Виртуальный Инструмент", под которым может подразумеваться как источник сигнала (плата АЦП–ЦАП), объект управления – например, шаговый двигатель, так и массив экспериментальных данных или даже метод его обработки – статистический анализ, Фурье-преобразование и т.д. Любой пользователь, даже не имеющий навыков "классического" программирования – это одна из отличительных особенностей *LabVIEW* – может создать "Виртуальный Инструмент", модифицировать существующий библиотечный (в комплект поставки входит свыше 20000 "Виртуальных Инструментов") или набрать из них функциональную блок-схему под конкретную экспериментальную задачу. Большинство крупных фирм – производителей технологического и лабораторного оборудования, включая российские, обязательно поставляют со своей продукцией драйвера для *LabVIEW*. Более того, некоторые OEM производители – *Lambda Physik, Roitner Technics, Newport Inc.,* – объявили о постепенной ликвидации программной поддержки других производителей. Фирма *Hewlett-Packard*, один из мировых лидеров производства высококачественной измерительной, метрологической и лабораторной техники, ранее активно продвигавшая свои программные стандарты систем автоматизации, ныне рекомендует своим потребителям использовать *LabVIEW* для управления своими системами через развитую систему драйверной поддержки.

Продукты *National Instruments* являются одними из мировых лидеров рынка высоких технологий задач управления, получения и обработки экспериментальных данных. Например, выпускники физических и технических специальностей ведущих ВУЗов США, начиная с 1999г., обучаются методике разработки в среде *LabVIEW*, как обязательному компоненту учебной программы.

Пакет *LabVIEW* функционирует под всеми распространенными операционными системами, легко переносим, разработанные алгоритмы легко масштабируемы, развита и удобна процедура обмена драйверами и программными модулями с такими наиболее популярными пакетами разработки, как Delphi, Microsoft Visual Studio, Borland Builder.

Начиная с версии 6, *LabVIEW* полностью интегрирован в компьютерные сети, а в версии 6.1 широко представлен Internet-эксперимент. Это позволяет быстро создавать комплексные решения для крупных распределенных измерительно-управляющих систем, особенно при использовании аппаратной платформы *Field Point*, программируемой через *Ethernet* или *RS-488*.

Отличительной особенностью среды, очень важной для критических производств или высокоскоростных измерительно-управляющих комплексов, является расширенная поддержка программирования задач реального времени (*National Instruments* предлагает даже собственную операционную систему жесткого реального времени *LabVIEW Real-Time*).

Таким образом, совокупность оригинального аппаратного обеспечения (промышленные компьютеры *PXI*, многофункциональные платы сбора данных *DAQ*, устройства сопряжения сигналов *SCXI*, семейство компактных распределенных измерительно-управляющих систем *Field Point*, системы управления движением *Motion* и машинного зрения *IMAQ Vision*); собственной среды графической разработки управляющих программ *LabVIEW*, и, наконец, системы реального времени *LabVIEW RT* позволяет говорить о наличии у *National Instruments* полной платформы для задач комплексной автоматизации.

2. Практическое применение LabView для создания комплексного анализатора шумов

В рамках Проекта НАТО “SfP–973799 Semiconductors”, для прецизионного анализа шумов разрабатывается комплексный анализатор, позволяющий, в частности, детально исследовать низкочастотную часть спектра сигнала, изучать биспектральные характеристики, рассчитывать статистические характеристики.

Анализатор выполнен в виде приложения Windows 9x/NT/2K и набора динамически подключаемых библиотек.

Источником оцифрованного сигнала является модуль аналогового ввода-вывода ADS224x48 (“Инструментальные системы”, Москва, Россия). Данные, поступающие с АЦП, записываются в файл, который после используется в качестве материала для многостороннего анализа шумов.

На рис.1 изображено главное окно анализатора. Закладки в верхней части предназначены для выбора исследуемых функций. В окне выводятся такие характеристики исследуемого файла, как число отсчетов в файле, частота дискретизации, легенда, которая может обновляться в соответствии с желанием пользователя.

Существует возможность ввода данных из файла в виде целочисленных отсчетов АЦП, либо в физических единицах (вольтах).

Для детального анализа низкочастотной части спектра сигнала может быть проведено прореживание массива данных по времени с усреднением в соответствии с коэффициентом прореживания, выбранным пользователем.

Для проверки качества работы прибора, а также сравнения полученных характеристик с теоретическими, в анализаторе существует ряд генераторов псевдослучайных процессов (закладка “Generator”). Среди них – генераторы процессов, имеющих равномерное и гауссово распределение, предоставляемые виртуальными инструментами *LabView*. Кроме этого, реализованы генераторы шума с гауссовым распределением, получаемого путем суммирования ряда равномерно распределенных случайных величин и путем нелинейного преобразования равномерно распределенной случайной величины. Указанные генераторы реализованы с использование алгоритмического языка C++ и скомпилированы в динамически подключаемую

библиотеку, которая используется в виртуальном инструменте анализатора. Страничка генератора может быть легко дополнена новыми элементами, необходимыми исследователю.

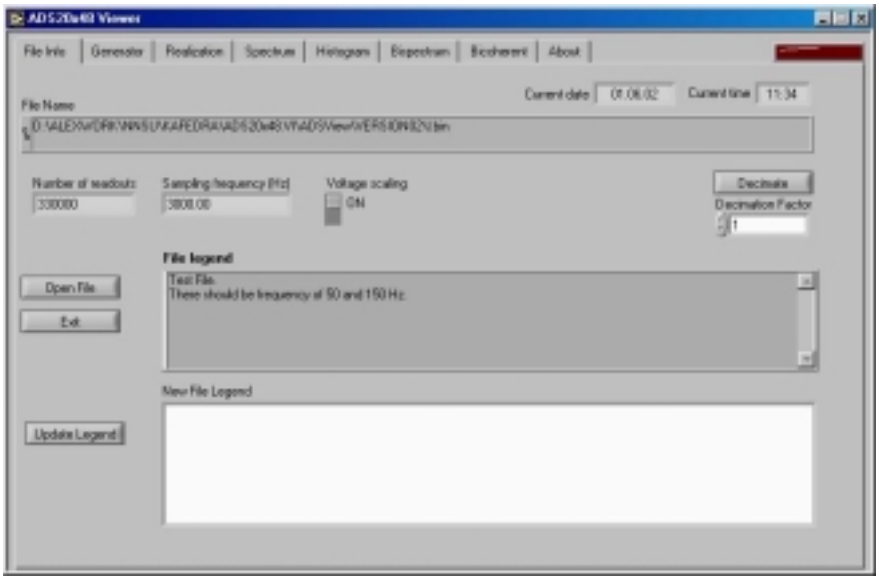

Рис.1

На рис.2 представлена страничка, на которой изображается осциллограмма исследуемого процесса. Реализация может отображаться динамически (“Show realization step by step”) или вся целиком. Доступна лупа для детального исследования осциллограммы, которая, в частности, может быть использована в следующих режимах: увеличение по вертикали, увеличение по горизонтали, увеличение выбранной области.

Шкалы приборов на всех панелях анализатора являются легко адаптируемыми для более удобного просмотра результатов. Можно изменять масштаб, логарифмический или линейный, и представление меток на осях.

Многофункциональный курсор выводит координаты своего текущего положения в статусную строку, что существенно облегчает анализ. Такие курсоры существуют на всех приборах анализатора.

Отметим, что вид представления данных на графиках может быть изменен в любой момент работы анализатора.

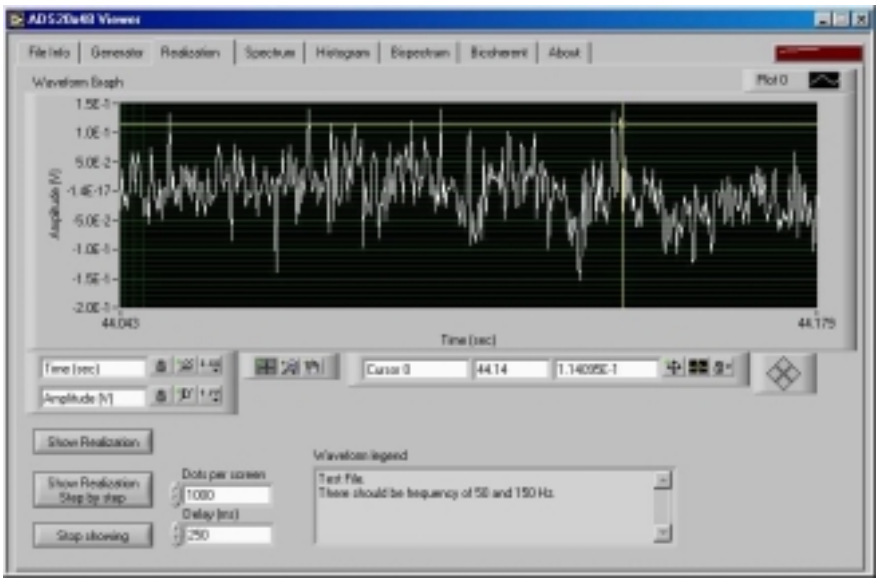
File Info
Generator
Realization
Spectrum
Histogram
Bispectrum
Bicoherent
About
Waveform Graph
Plot 0
Amplitude (V)
Time (sec)
Show Realization
Show Realization Step by step
Stop showing
Dots per screen
Delay (ms)
Waveform legend
Test File.
There should be frequency of 50 and 150 Hz.

Рис.2

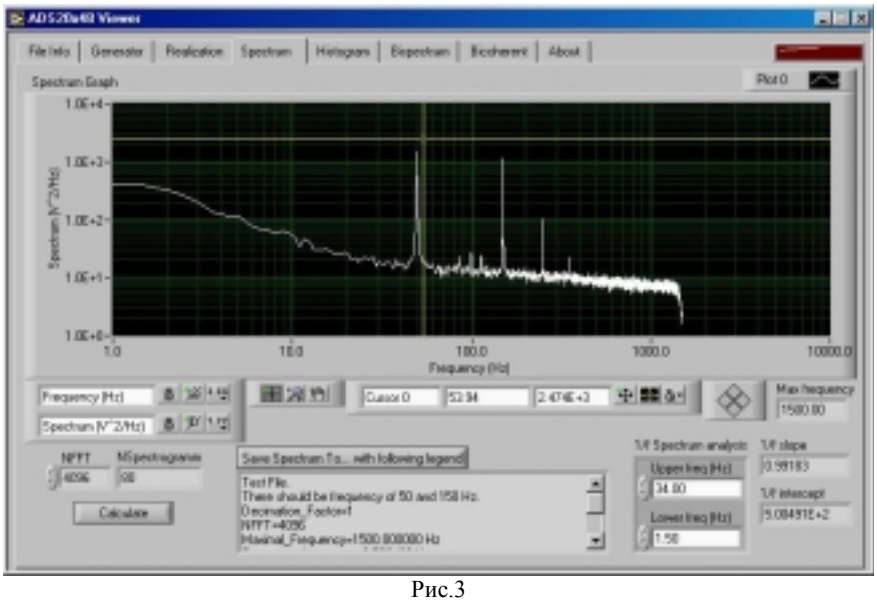
File Info
Generator
Realization
Spectrum
Histogram
Bispectrum
Bicoherent
About
Spectrum Graph
Plot 0
Frequency (Hz)
Calculate
Test File.
There should be frequency of 50 and 150 Hz.

Рис.3

Следующая страничка предназначена для спектрального анализа (рис.3). Здесь присутствуют все элементы, используемые в осциллографе: лупа и курсор для прецизионного исследования спектра, настраиваемые шкалы.

Варьируемым параметром анализа спектра является число отсчетов, используемых в быстром преобразовании Фурье (БПФ), что позволяет быстро изменять разрешающую способность спектроанализатора. Число усредняемых спектрограмм, зависящее от размера БПФ и числа отсчетов в записанной реализации, также отображается на передней панели спектроанализатора.

Существует возможность сохранения полученного спектра в текстовый файл с полной легендой. После нажатия соответствующей кнопки на панели, появляется окно выбора места и имени сохраняемого файла.

Специфической задачей анализа 1/f шума является расчет параметров спектра A/f^{γ}. В данном анализаторе, в выбираемом пользователем диапазоне частот, рассчитывается параметр формы γ (1/f slope) и высота A на частоте 1 Гц (1/f intercept).

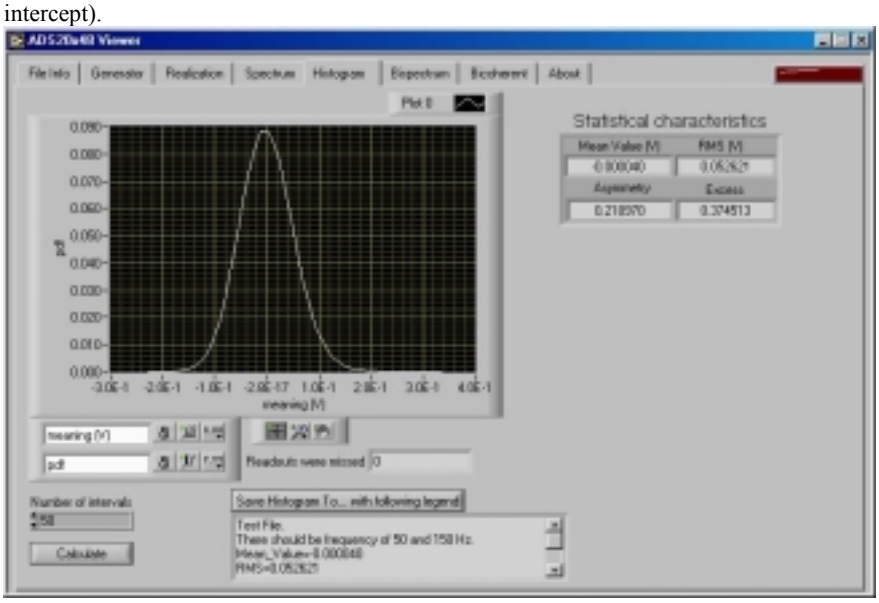

Рис.4

Анализ статистических характеристик шума осуществляется на страничке “Histogram” (рис.4). Здесь отображается гистограмма исследуемого процесса, причем число интервалов построения задается пользователем. Гистограмма может быть сохранена в текстовый файл для дальнейшего анализа.

Одновременно с построением гистограммы, рассчитываются такие статистические характеристики как среднее, стандартное отклонение от среднего, коэффици-

енты асимметрии и эксцесса. По мере необходимости на данной страничке может быть заказано вычисление других статистических характеристик.

На других страничках осуществляется биспектральный анализ шума (см., например, рис.5).

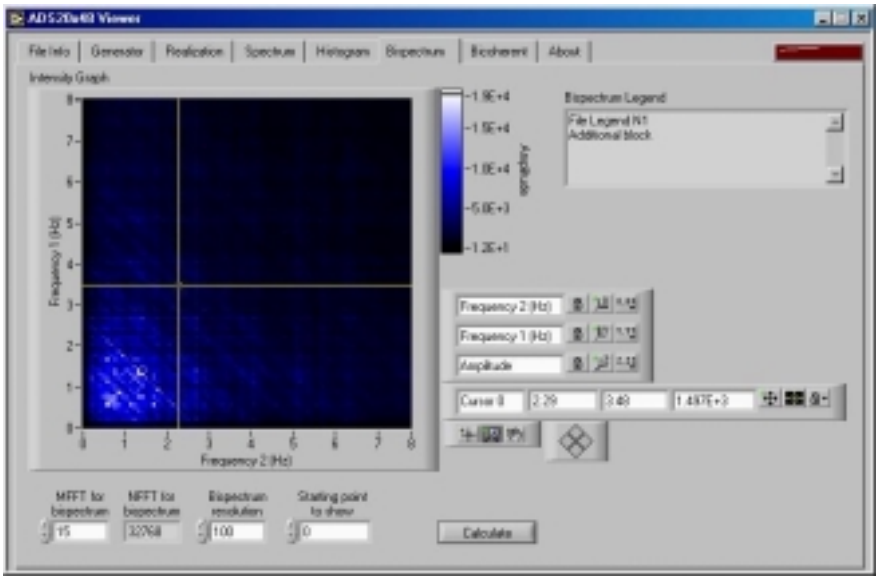

Рис.5

В динамически подключаемых библиотеках реализован расчет биспектра (закладка “Bispectrum”) и функции бикогерентности (закладка “Bicoherent”) исследуемого шума. Существует возможность изменения спектрального разрешения путем изменения размера БПФ. На график выводится участок биспектра, выбранный пользователем.

Многофункциональность, интуитивно понятный интерфейс, удобное представление данных, легкость адаптации для конкретных задач, быстрое внедрение новых способов анализа в данное приложение – все это делает его весьма полезным при анализе шумов.

Внедрение аппаратно-программных решений National Instruments в образовательные программы Радиофизического факультета ННГУ, а также в научные исследования проводится с 2001 г. при поддержке Проекта НАТО “SfP–973799 Semiconductors”, а также Учебно-Научного Центра “Фундаментальная радиофизика” Федеральной целевой программы “Интеграция”.

The interactive visual development of applications of automation scientific and industrial measuring and control systems by means of LabVIEW 6i National Instruments[+)]

A.A.Andronov[1)], A.V.Belyakov[2)], V.A.Guryev[3)], A.V.Yakimov[4)]

Nizhni Novgorod State University, Gagarin Avenue 23, Nizhni Novgorod 603950, Russia

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) is a development environment based on graphical programming. LabVIEW uses terminology, icons, and ideas familiar to technicians, scientists, and engineers, and relies on graphical symbols rather than textual language to describe programming actions. In contrast to text-based programming languages, where instructions determine program execution, LabVIEW uses dataflow programming, where the flow of data determines execution.

LabVIEW is integrated fully for communication with hardware such as GPIB, VXI, RS-232, RS-485, and plug-in data acquisition boards. LabVIEW also has built-in libraries for using software standards such as TCP/IP Networking and ActiveX.

Complex noise analyzer is being developed for proposes of NATO project "SfP–973799 Semiconductors". Based on LabVIEW graphical libraries it allows, in particular, to investigate noise at low frequencies, to study spectrum and bispectrum, to calculate other statistical characteristics.

Analyzer is a stand-alone application for Windows® 9x/NT/2000.

Analog input-output module ADS224x48 (Instrumental Systems Corporation, Moscow, Russia) is used as a source of digitized data. Noise from the ADC is stored in binary file. This file is a data source for the noise analyzer.

The main window of the analyzer consists of pages and tabs. Tab is used as the selector to display each page that is a functional unit of analyzer. On the first page common file information is placed such as quantity of readouts, sampling frequency, updateable file legend. Input data can be represented in integer numbers provided by the ADC or can be scaled in physical units.

A decimation routine control is also placed on the first page. It makes possible more precise studying of noise at low frequencies.

A number of pseudo random generators are used to become sure that analyzer works properly. These generators can be found on the second page with tab "Generator". The LabVIEW library provides some of these generators and some of them were written in C++ and compiled into dynamic-linked library (dll). Each page of analyzer can be easily upgraded with new elements required by the user.

On the next page the waveform of studied process is shown. Different kinds of zooming are available for detailed research of the process. It is possible to use: Zoom to Rectangles, X-zooms to zoom in on an area of the graph along the X-axis, Y-zooms to

[+)] Proc. NATO Project SfP–973799 Semiconductors 2nd Workshop. Nizhni Novgorod, 2002

[1)] Phone: +7-8312-67-50-62; E-mail: andron@ipm.sci-nnov.ru

[2)] Phone: +7-8312-656153; Fax: +7-8312-656416; E-mail: belyakov@rf.unn.ru

[3)] Phone: +7-8312-656152; Fax: +7-8312-656416; E-mail: guryev@rf.unn.ru

[4)] Phone: +7-8312-656153; Fax: +7-8312-656416; E-mail: yakimov@rf.unn.ru

zoom in on an area of the graph along the Y-axis, Zoom Out, Zoom In, Undo Zooms to return to the previous view.

Scales of all graphs in the analyzer have an ability to change into more convenient for user form. You can format the X and Y scales of a graph with the special dialog box. Multifunctional cursor shows coordinates of its current position (in the status line). Such cursors essentially simplify the analysis of signals. The way of data representation on the graphs can be changed at any moment in the analyzer run-time.

The next bookmark of the analyzer deals with the spectral analysis. There are also zooming and cursor on the spectrum graph.

Varied parameter of the signal analysis is the quantity of readouts used in the Fast Fourier Transform (FFT), which is used for the measurement of the spectrum. The quantity of averaged spectrograms, depending on the FFT size and quantity of readouts stored in the binary file, also is mapped in the window of spectrum analyzer.

There is a possibility to save a calculated spectrum as a text file with full legend.

The specific task of the 1/f noise low-frequency analysis is the A/f^{γ} spectrum parameters calculation. In the analyzer (at the frequency range specified by the user) the exponent γ and intercept A are evaluated.

The analysis of statistical characteristics of the noise is carried out on page “Histogram”. A histogram of the researched process is placed here. The user sets the quantity of intervals for the histogram. The histogram can be saved in a text file for the further analysis.

Statistical characteristics are calculated simultaneously with the histogram evaluation: mean value, root mean square, skewness and excess. The estimate of other required statistical characteristics can be added on this page.

Next two pages are used for the analysis of the bispectrum.

Routines for bispectrum calculation are implemented in dynamic-link libraries. There is a possibility to change the bispectral frequency resolution by the modification of FFT length.

Multifunctional operation, convenient representation of data, fast adaptation for the concrete tasks, implementation of new means of the analysis – all these features make the analyzer to be useful in the noise analysis.