

УДК 621.317.2

А.В. Богдан, А.И. Зазерин, А. Т. Орлов, канд. техн. наук

Программное обеспечение комплекса регистрации и обработки данных лабораторных экспериментов

В работе представлено программное обеспечение (ПО) комплекса сбора и обработки данных, предназначенного для решения образовательных, научных, и промышленных задач. Аппаратное обеспечение включает набор датчиков и устройство сбора, которое оцифровывает аналоговые сигналы и пересылает данные на устройство обработки, хранения и отображения цифровой информации. Программное обеспечение реализовано в среде разработки NI LabVIEW и обеспечивает различные функции: управление процессом сбора данных, отображение состояния и параметров системы, функциональную и математическую обработку снятых данных, сохранение и передачу результатов в сторонние программы для дальнейшей обработки.

This paper presents recently developed software for data acquisition and processing system, aimed primarily to educational, scientific and industrial solutions. Hardware is presented by a wide set of smart sensors and DataLogger device, which digitizes analog signals and transmits the data to a target device for digital processing, storage and displaying. Software is implemented using NI LabVIEW development environment and provides a variety of functions including data acquisition management, displaying system status and parameters, functional and mathematical processing of captured data, saving and transferring results to other applications for further processing.

Ключевые слова: программное обеспечение, регистрация данных, цифровая лаборатория, LabVIEW

Введение

По известным причинам, в последнее время широкую популярность в образовании приобрело компьютерное моделирование и виртуальные эксперименты. Тенденция замещения натурального эксперимента компьютерным моделированием является симптоматичной для современности. Если первоначально теория строилась на основе открытия некоего порядка, присутствующего вещам и процессам, то теперь вполне допустимо моделирование без выхода к реальным объектам, например компьютерные симу-

ляции естественных, технологических, биомедицинских процессов. Лабораторное моделирование применительно к образованию оценивается неоднозначно – ни один компьютер не может заменить наблюдение реального процесса [1].

В процессе виртуального эксперимента учащийся не получает навыков работы с лабораторным оборудованием и исследуемыми объектами, не использует сенсорные методы познания. Виртуальный эксперимент очень упрощен и схематичен, так как даже наиболее совершенные системы используют лишь аудио- и видеоряд. Компьютер также не в состоянии сформировать необходимые навыки измерения физических величин [2]. Таким образом, компьютер должен не вытеснять, а дополнять традиционные лабораторные эксперименты, поскольку он имеет специфические особенности, обеспечивающие более глубокое и разностороннее познание процесса.

Принимая во внимание вышеуказанные тезисы, была сформулирована цель данной работы – разработка ПО в среде NI LabVIEW для управления комплексом цифровой лаборатории, включающим блок сбора данных и широкий набор интеллектуальных датчиков для измерения различных физических величин.

Постановка задачи

Особенности применения подобной системы в различных лабораториях диктуют специфические требования к ПО – должны быть предусмотрены возможности тонкой настройки, модификации алгоритмов обработки, расширения функциональности программы в соответствии с применяемым оборудованием (включение новых разработанных датчиков в базу данных, их калибровка, добавление необходимых функций анализа). Иными словами, ПО должно легко адаптироваться под нужные требования.

Кроме необходимого минимума требований к аппаратной части (разрешение, частота выборки, количество входов) также была поставлена задача совместимости с другими цифровыми лабораториями, автоматическое определение датчиков, наличие беспроводного интерфейса для обеспечения возможности проведения эксперимента в труднодоступных местах,

например, для климатических и биомедицинских исследований [3].

Описание решения

Разработан широкий набор интеллектуальных датчиков физических величин, включающий датчики расстояния, силы, давления, влажности, температуры, освещенности, напряжения, силы тока, магнитного поля, микрофонный датчик, напряжения, тока, радиоактивности (Гейгера-Мюллера), датчик пересечения с фотоэлементом, угла поворота, уровня шума и др. Следующим этапом является разработка датчиков для химических, экологических, общеобразовательных и биомедицинских экспериментов.

Устройство сбора данных имеет 4 входа, с возможностью расширения до 8 с помощью аналогового мультиплексора, подключенного к АЦП. Соединение с ПК обеспечивается посредством интерфейса USB 2.0, без дополнительного разъема питания. Разрешение логгера – 12 бит, аналоговая частота выборки – 20 кГц.

Устройство сбора вместе с подключаемыми датчиками изображено на рисунке 1.

Совместимость физического интерфейса измерительной системы достигается применением универсальных разъемов MiniDIN8 для подключения датчиков. Благодаря использованному аналоговому интерфейсу подключения датчиков система совместима с другими широко распространенными учебными цифровыми лабораториями, такими как Fourier Systems Inc. и Vernier [4].

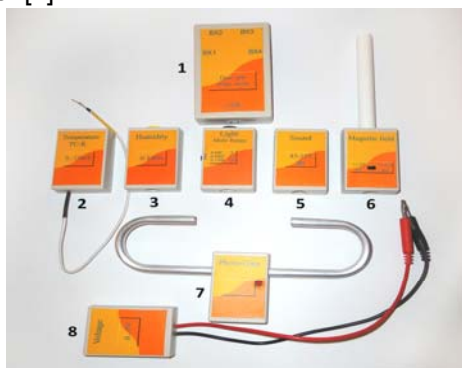


Рис. 1. Общий вид комплекса: 1 – устройство сбора данных, 2 – датчик температуры, 3 – датчик влажности, 4 – датчик освещенности, 5 – датчик уровня звука, 6 – датчик магнитного поля, 7 – датчик пересечения с фотоэлементом, 8 – измеритель напряжения

Для обеспечения расширенных возможностей визуализации и сбора данных, управления устройством используется программная среда NI LabVIEW. Связь между компьютером и уст-

ройством поддерживается с помощью разработанных алгоритмов управления и драйверов, которые делают возможным настройку устройства под необходимые условия измерения, управление процессом снятия данных, автоматическую проверку и диагностику ошибок в режиме реального времени, определение и калибровку датчиков. Благодаря встроенной поддержке различного оборудования могут быть подключены дополнительные измерительные приборы (осциллографы, мультиметры и др. приборы высокого уровня), если это необходимо.

Кроме дополнительно подключаемого оборудования предложено интегрировать сторонние программные модули в основную программу для расширения ее возможностей. Так, любой результат может быть сохранен в файле Excel, передан для анализа в Origin или сравнен с результатами вычислений Mathcad или симуляцией PSpice для лучшего восприятия и запоминания студентами теории.

С точки зрения процесса обучения и постановки лабораторных работ перспективной и эффективной выглядит возможность видеонаблюдения, записи и последующего воспроизведения эксперимента. Поэтому, для обеспечения этих функций были применены стандартные ActiveX структуры и динамические библиотеки. Особенностью такого подхода является поддержка большинства устройств захвата видео с использованием стандартных драйверов, без установки дополнительного ПО [5]. Также, в случае использования устройств видеозахвата с высокой разрешающей способностью или цифровых микроскопов предусмотрена возможность подключения NI-IMAQ к основной программе. На рисунке 2 изображено главное окно программы в процессе измерения температуры и напряжения.

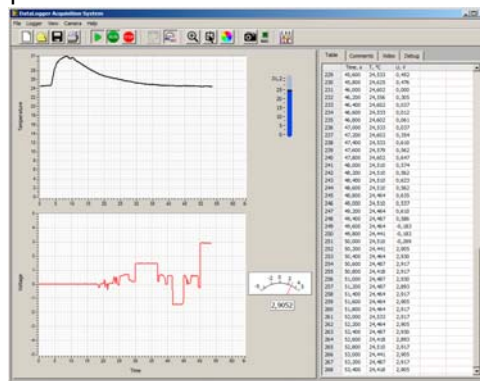


Рис. 2. Главное окно программы. Слева отображены графики измеряемых величин, аналоговые индикаторы – стрелочный и линейный. Правую часть интерфейса занимает таблица данных

Рисунок 3 – одна из вкладок боковой панели, отвечающая за видеоконтроль эксперимента.

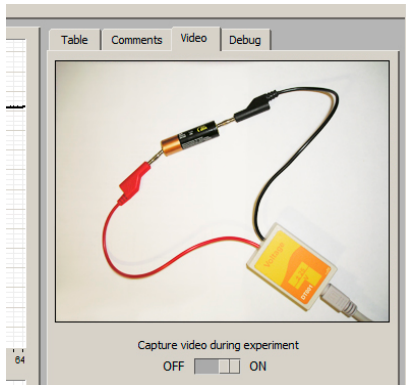


Рис. 3. Вкладка видеонаблюдения, записи и воспроизведения. Изображен процесс измерения напряжения с помощью датчика-вольтметра

Высокие значения разрешения и частоты дискретизации устройства сбора данных могут быть не только преимуществом, но и часто приводят к возникновению некоторых сложностей. В нормальном режиме работы процесс снятия данных не приводит к каким-либо ошибкам, но во время длительной работы объем данных в памяти возрастает до значительных величин, приводя к замедлению работы программы и, в конечном итоге, к ошибке переполнения памяти. По умолчанию LabVIEW не оптимизирован под работу с большими массивами данных [6], поэтому были разработаны и внедрены в основной код несколько решений и алгоритмов, позволяющих решить указанную проблему и устранить ошибку переполнения.

В разработанной системе измерения реализована функция автоматического определения типа датчиков путем считывания их параметров и сравнения со значениями в базе данных (БД). Эта функция осуществляется открытой программой, содержащей данные, необходимые для опознавания и работы с датчиками: их рабочие параметры, пределы, коэффициенты калибровки и краткое описание. Добавление пользователем нового датчика в систему производится путем занесения его параметров в БД (рис. 4).

Отдельная подпрограмма (рис. 5) выполняет функции обработки и анализа снятых данных – аппроксимацию, экстраполяцию, дифференцирование, интегрирование и другие, необходимые для работы в каждом конкретном случае.

Для реализации потенциала LabVIEW при одновременном решении множества задач и обработки множества потоков данных, структура программы была спроектирована таким об-

разом, что различные задачи выполняются параллельно. Так, взаимодействие с устройством, снятие данных и визуализация результатов, обработка прерываний интерфейса, видеонаблюдение и базовая обработка сигналов происходят одновременно, не вызывая ошибок и накладений. Совместно с возможностью глубокой настройки программы (включая конфигурацию методов отображения данных, коэффициентов децимации, частот обновления графиков, таблиц, индикаторов), позволяющей осуществить тонкую адаптацию под производительность компьютера, это, безусловно, является большим преимуществом.

№	R	Short	Y low	Y high	EN
3	38200	T, °C	0,000	150,000	Temperature 0...+750
4	36500	T, °C	0,000	1,000	Temperature -200...+400
5	3320	U, V	-2,500	2,500	Voltage ±2,5V
6	4990	U, mV	-50,000	50,000	Voltage ±50mV
7	200	U, V	-5,000	5,000	Voltage ±25V
8	19100	I, A	-2,500	2,500	Current ±2,5A
9	17400	I, mA	-250,000	250,000	Current ±250mA
10	22100	I, A	-0,020	0,020	Current ±0...20mA
11	140000	F, N	-10,000	10,000	Force ±10N
12	182000	F, N	-50,000	50,000	Force ±50N
13	147000	B, mT	-10,000	10,000	Magnetic ±10mT

Рис. 4. База данных зарегистрированных в системе датчиков. Представлены основные функции программы – чтение и запись, а также несколько внесенных в БД датчиков

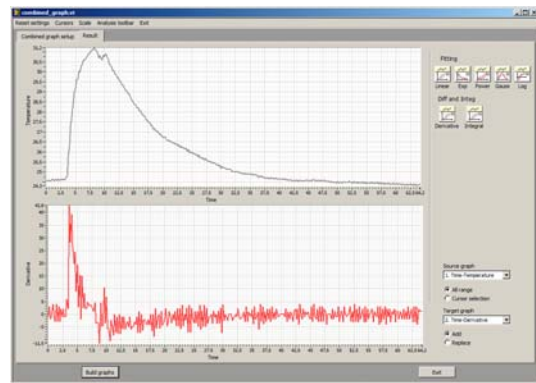


Рис. 5. Программа обработки данных. На верхнем графике – снятые данные, на нижнем результат дифференцирования. Правая часть интерфейса включает функции обработки и их настройки

Особое внимание уделено требованиям открытости и модифицируемости ПО. Структура программы представляет собой иерархическое дерево подпрограмм и модулей, каждый из которых является логически завершенным звеном, выполняющим конкретную функцию. Для примера, на рисунке 6 приведена подпрограмма обработки первичных данных, поступающих с устройства сбора, которая в зависимости от выбранного датчика использует тот или иной ал-

горитм обработки для преобразования в физическую величину. В данном примере – 1D интерполяция по двум массивам, отражающим нелинейную зависимость термопары.

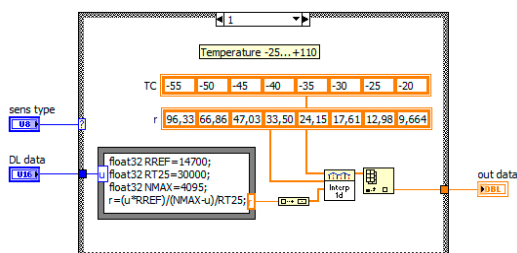


Рис. 6. Подпрограмма перевода первичных данных АЦП в физическую величину.

Таким образом, подпрограмма содержит лишь набор функций для всех датчиков и ничего более, что делает добавление новых датчиков и модификацию существующих достаточно простыми. Аналогичным образом, для облегчения восприятия, реализовано параллельное выполнение программы – используются три главных цикла обработки прерываний, снятия данных и вывода данных. Каждый из них, в зависимости от рабочего режима, переключается на свой источник (устройство сбора, файл, сторонняя программа) и терминал вывода (экран компьютера, файл, устройство печати и др.). Соответственно, пользователь, обладающий достаточными знаниями, может при необходимости добавлять свои устройства ввода/вывода.

Иерархически простые программы связаны с более сложными – с базой данных датчиков, модулем обработки прерываний, алгоритмами взаимодействия с устройством и другими, которые по умолчанию закрыты для редактирования и не представляют интереса в плане улучшения или расширения функциональности.

Перспективы внедрения и развития

Предполагается внедрение в ряде вузов I-IV уровней аккредитации, Малой академии наук Украины. Среди перспектив развития – расширение ряда биомедицинских, климатических и электрических датчиков, добавление новых функций обработки и анализа данных, разработка адаптеров беспроводного интерфейса датчиков дальнего (до 100 м) и ближнего радиуса действия с возможностью приема на мобильные телекоммуникационные и вычислительные устройства типа iPhone, iPad и др.

Выводы

Разработанное программное обеспечение учебной цифровой электронной лаборатории, использующее среду LabVIEW, обеспечивает функции взаимодействия между пользователем и аппаратурой, снятия данных, визуализации, обработки данных и управления устройством. Важной особенностью программы является то, что она не представляет собой закрытый продукт, выполняющий ограниченные функции. Как сама цифровая лаборатория, так и программа являются предметом для дальнейшего исследования, улучшения и модернизации. Благодаря ее открытости, прозрачности структуры и модульному дизайну, она может применяться в вузах для ознакомления студентов с возможностями среды разработки LabVIEW и последними технологиями NI. Студентами и преподавателями могут разрабатываться новые датчики, алгоритмы, функции и методы обработки данных и включаться в основную программу по требованиям каждой отдельной лабораторной работы или исследовательского эксперимента.

Использование интегрированных первичных преобразователей и современных электронных компонентов для датчиков, регистратора данных и устройств беспроводного интерфейса также позволило предложить экономичное и эффективное решение для модернизации существующих или создания новых лабораторных курсов.

Представленное ПО прошло успешную апробацию в промышленно-экономическом колледже Национального Авиационного Университета, г.Киев, при методической поддержке Института информатизации и содержания образования Министерства образования, науки, молодежи и спорта Украины (новый цикл лабораторных работ по охране труда), Институте энергосбережения и энергоменеджмента (IEE) НТУУ «КПИ» (модернизация цикла лабораторных работ).

Разработка выполнена при финансовой поддержке Государственного агентства по вопросам науки, инноваций и информатизации Украины № государственной регистрации НИР 0111U008786.

Литература

1. Д.В. Иванов. Виртуализация общества: Монография. – СПб.: "Петербургское Востоковедение", 2000. – 96 с.
2. Baudrillard J. Simulacra and Simulation: Monography. – Ann Arbor: University of Michigan Press, 1994. – 154 p.

3. А.И. Минович, В.А. Романюк. Методы множественного доступа в мобильных радиосетях. Связь, 2004. - № 2, стр. 22-29.
4. Instruction. Multilab CE v3 userguide. Fourier Systems Ltd. 2011, pp. 18-19
5. Деннинг А. ActiveX для профессионалов. – СПб.: Питер, 1998. – 624 с.
6. National Instruments. Managing large data sets tutorial. National Instruments Corporate, Austin, TX.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»*

Поступила в редакцию 18 октября 2012 г.