

# Проблемы образования и подготовки специалистов в области радиотехнических и телекоммуникационных систем

УДК 681.3: 681.2.08

## РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА

### НА ОСНОВЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА LESO1 В СРЕДЕ LABVIEW

#### **Кулигин Михаил Николаевич**

доцент, кандидат физико-математических наук Муромского института (филиала) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

#### **Овчинников Роман Вадимович**

студент Муромского института (филиала) ФГОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

#### **Бурик Кирилл Николаевич**

студент Муромского института (филиала) ФГОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых».

*E-mail:* kaf-eivt@yandex.ru.

*Адрес:* 602264, г. Муром, ул. Орловская, 23.

*Аннотация:* В статье рассмотрены аппаратные возможности учебного стенда LESO1 с целью создания на его основе и программной среды LabVIEW виртуальных приборов. Благодаря аппаратным особенностям этого стенда (в схему стенда LESO1 встроена микросхема FT232RL - преобразователь интерфейса USB в интерфейс последовательного порта UART микроконтроллера ADuC842) – скорость обмена данными с компьютером может достигать 460800 бит в секунду. Представлены алгоритмы и программное обеспечение, как для стенда, так и для компьютера, приведены фрагменты программного обеспечения разработанного прибора в программной среде LabVIEW. В заключительной части статьи приведены результаты тестирования разработанного прибора.

*Ключевые слова:* виртуальный прибор, программная среда LabVIEW, интерфейс разрабатываемого прибора, протоколом обмена, учебный стенд LESO1, измеряемый сигнал, алгоритм работы.

### **Введение**

Разработка программного обеспечения для компьютера, работающего под управлением какой-либо операционной системы, требует навыка профессионального программиста, знающего особенности операционных систем и языков программирования. Но существует способ создания профессионального программного обеспечения без участия высококвалифицированного программиста – технология виртуальных приборов. Эта технология позволяет создавать системы измерения, управления и диагностики различного назначения практически любой сложности, включая

математическое моделирование и тестирование этих систем. Суть этой технологии состоит в компьютерной имитации с помощью программы реальных физических приборов, измерительных и управляющих систем. Программная среда LabVIEW является именно таким инструментарием технологии виртуальных приборов [1,2].

Виртуальные приборы (*virtual instruments, vi*) – компьютерные программы, визуализирующие сигнал, выполняющие его преобразование и анализ. Слово «виртуальный» не должно вводить в заблуждение, поскольку приборы, реализованные по этой технологии, на самом

деле являются реальными, работающие с реальными физическими входными сигналами. Виртуальность здесь понимается в смысле виртуальной имитации функций прибора математическими и программными методами. Например, виртуальный осциллограф по функциям эквивалентен реальному осциллографу, поскольку имеет физический вход для электрического сигнала. Преобразование сигнала в цифровой сигнал осуществляется АЦП. Дальнейшая обработка и управление сигналом его отображение для наблюдения осуществляются программным способом.

Цель данной работы – показать возможность создания (разработки) виртуального измерительного прибора на основе учебного стенда LESO1. Стенд LESO1 представляет собой микропроцессорную систему, способную взаимодействовать с персональным компьютером через интерфейс USB в программной среде LabVIEW. Это стало возможным благодаря аппаратным особенностям этого стенда, в схему стенда LESO1 встроена микросхема FT232RL (преобразователь интерфейса USB в последовательный порт UART микроконтроллера ADuC842) – разработка компании FTDI. Вопросы организации полноценного узла USB выполняет микросхема FT232RL на аппаратном уровне, а программное обеспечение для компьютера базируется на драйвере и одной динамической библиотеке с набором простых и достаточно прозрачных функций. Всё это можно свободно получить на сайте фирмы FTDI (<http://www.ftdichip.com/>).

Учебный лабораторный стенд LESO1 построен на базе микроконтроллера ADuC842 фирмы Analog Devices. Микроконтроллер содержит 12-разрядные прецизионные АЦП и ЦАП, прецизионный источник опорного напряжения 2.5В. Диапазон измеряемого сигнала, подаваемого на вход АЦП стенда, однополярный - от 0 до 5В, поскольку на входе АЦП стенда стоит делитель напряжения на два. С помощью быстродействующего АЦП, встроеного в стенд, входной измеряемый сиг-

нал преобразуется в цифровой и передается в компьютер через USB порт.

### **Постановка задачи**

Разрабатываемый прибор должен представлять собой измерительный программно-аппаратный комплекс, предназначенный для измерения и визуализации электрического сигнала в определённом диапазоне частот. Аппаратная часть прибора - лабораторный стенд LESO1 и компьютер с установленной средой программирования LabVIEW. Необходимо разработать соответствующее программное обеспечение, как для стенда, так и для ПК. Для реализации поставленной задачи необходимо решить следующие задачи:

- исследовать структуру стенда с целью реализации поставленной задачи;
- разработать блок-диаграммы в программной среде LabVIEW;
- сформировать интерфейс разрабатываемого прибора в среде LabVIEW;
- провести испытания созданного прибора, убедиться в его работоспособности.

### **Анализ архитектуры стенда ЛЭСО1**

Стенд LESO1 является разработкой лаборатории электронных средств обучения (LESO) - г. Новосибирск. Лабораторный стенд предназначен для освоения студентами архитектуры и методов разработки микропроцессорных систем различного назначения. Стенд может стать основой дипломного проектирования студентов, а также базой исследовательской работы бакалавров и магистров. На базе стенда возможна разработка промышленных автоматизированных систем.

Особенности микропроцессорного стенда LESO1 [3]:

- программирование осуществляется через порт USB (не нужен программатор);
- не требуется дополнительно источника питания, питание стенда осуществляется также через USB (+5В);

— простота реализации и программирования (все периферийные устройства стенда подключены непосредственно к микроконтроллеру ADuC842);

— возможность взаимодействия учебного стенда с компьютером в программной среде LabVIEW.

Микроконтроллер ADUC842 тактируется от внешнего часового кварца с частотой 32,768 кГц. Интегрированная система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) умножает эту частоту на 512, получая 16,78 МГц. Ядро может работать непосредственно от этой частоты, либо от частот, полученных делением 16,78 МГц на кратные двоичные числа. По умолчанию ядро работает на частоте 2 МГц.

Стенд содержит следующую периферию: жидкокристаллический символьный индикатор 8x2; матричную клавиатуру 4x3; часы реального времени PCF8583; излучатель звука; датчик температуры DS18B20; инфракрасный фотоприёмник TSOP1736; четыре красных светодиода; микросхему преобразования интерфейсов фирмы FTDI.

В стенде LESO1 для подключения внешних сигналов предусмотрен четырнадцать контактный разъём, где контакты 3, 5 и 7 соответствуют разрядам P1.6, P1.5 и P1.4 параллельного порта P1 (входы АЦП в МК ADuC842) [1]. Следовательно, аналоговых каналов регистрации стенд LESO1 может иметь только 3. Порт P1 по умолчанию настроен на ввод аналоговых сигналов (функция АЦП). Для того чтобы перевести порт в режим цифрового входа, в соответствующий бит порта необходимо записать логический ноль. Сделать это нужно один раз при

инициализации микроконтроллера.

Диапазон измеряемого сигнала, подаваемого на вход АЦП стенда, однополярный - от 0 до 5В. Из этого следует, что, например, для измерения параметров двухполярного синусоидального сигнала, аппаратную часть разрабатываемого прибора необходимо дополнить схемой нормирования измеряемого сигнала. Один из возможных вариантов такой схемы показан на рис.1. В зависимости от амплитуды и полярности входного сигнала блок усиления и фильтрации позволяет согласовать динамический диапазон измеряемого сигнала с возможностями используемого АЦП.

### Программа для микроконтроллера

Программа стенда загружается во внутреннюю энергонезависимую память микроконтроллера ADuC842, её задача обеспечить работу АЦП и его мультиплексора, генератора тестового сигнала, обеспечить взаимодействия микроконтроллера с компьютером. Кроме того, на программное обеспечение стенда возлагается задача первичной обработки оцифрованного сигнала; дальнейшая обработка и визуализация осуществляется в программной среде LabVIEW компьютера. Микроконтроллерная программа выполняется циклически, поскольку прекращает работать только тогда, когда этого захочет пользователь. Программное обеспечение стенда состоит из инициализации и настройки режимов работы АЦП, ЦАП, таймеров, последовательного порта UART и основной программы. В основной программе осуществляется преобразование сигнала в цифровой и передача полученных данных в

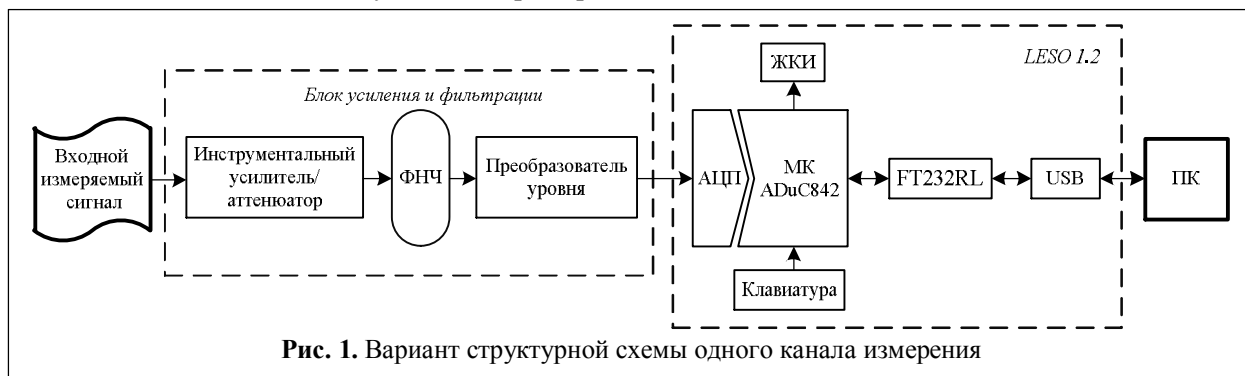


Рис. 1. Вариант структурной схемы одного канала измерения

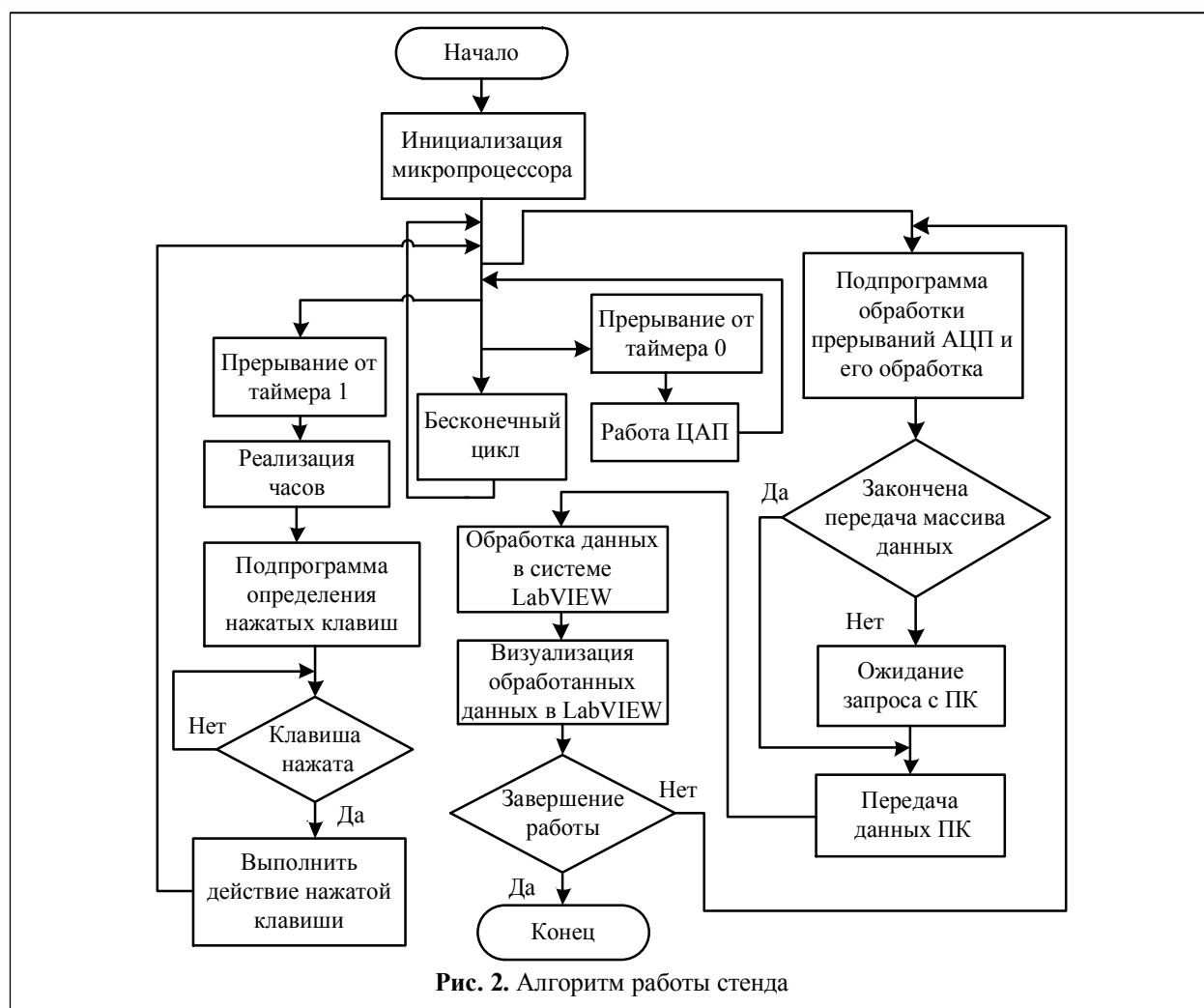


Рис. 2. Алгоритм работы стенда

соответствии с протоколом обмена программной среде LabVIEW компьютера. Кроме основного ПО в стенде программно реализованы часы. Программное обеспечение стенда разработано на языке ассемблера A51 в среде программирования Keil  $\mu$ Vision4.

#### Алгоритм работы стенда

Сначала происходит конфигурирование встроенного АЦП, ЦАП, последовательного порта UART и таймеров, подготовка и запуск циклического преобразования АЦП измерительного устройства. Один из таймеров задаёт частоту тестируемого сигнала, формируемого с помощью ЦАП. Второй таймер определяет частоту опроса АЦП, а третий – скорость работы последовательного порта UART. С помощью четвёртого таймера в стенде формируется текущее время. После подключения измеритель-

ного устройства к ПК операционная система компьютера находит устройство, инициализирует его, подключает необходимые драйвера и передает управление в программу виртуального прибора.

#### Программа для компьютера - описание программы на LabVIEW

LabVIEW имеет собственную мощную математическую поддержку. Кроме того, LabVIEW может интегрировать в себя программы, написанные в среде MATLAB. Большое количество встроенных алгоритмов цифровой обработки одномерных и двумерных массивов данных позволяет осуществлять весьма сложную обработку сигнала, а также осуществлять отображение экспериментальных данных во временной и спектральной областях. Программная среда LabVIEW постоянно расширяется

новыми средствами обработки сигналов на основе вейвлет анализа, алгоритмов нечёткой логики, сетевых технологий и т.д. Роль программных сред, подобных LabVIEW, в научных исследованиях и технических экспериментах весьма велика [1,2].

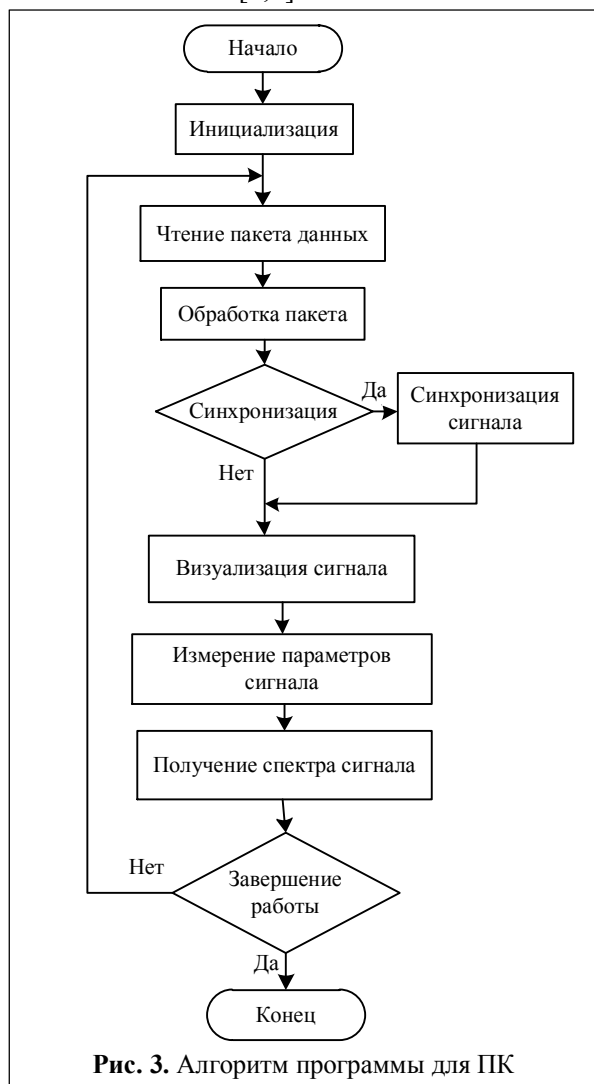


Рис. 3. Алгоритм программы для ПК

Для начала обмена данными между LESO1 и ПК необходимо произвести инициализацию подключённого стенда [4]. Работать будем непосредственно с драйвером FTDI. Драйвер представляет собой динамическую библиотеку `ftd2xx.dll` [5], которая находится в директории Windows, как правило, `C:\Windows\System32`. Естественно, в системе должен быть установлен драйвер FTDI D2XX. В LabVIEW работа с динамическими библиотеками `dll` осуществляется с помощью узла Call Library Function (па-

литра Connectivity ->Libraries & Executables) [6]. Этот узел позволяет вызвать определенную функцию из `dll`, для этого нужно указать путь к библиотеке, выбрать функцию, определить типы входных и выходных переменных, назначить буфера для ввода-вывода.

На первом этапе инициализации мы получаем название подключенного устройства работающего с драйвером микросхемы FT232RL (FTDI). Для этого вызываем подпрограмму `FT_ListDevices`, результатом выполнения которой будет название устройства. В нашем случае это LESO1.

На втором этапе по названию устройства получаем его дескриптор, с помощью которого будем в дальнейшем работать со стендом LESO1. Для этого вызываем подпрограмму `FT_OpenEx`, которая по полученному названию (LESO1) получает дескриптор USB устройства.

На третьем этапе работы сбросим устройство и установим скорость обмена данными между стендом и ПК. Для этого вызовем соответствующие подпрограммы драйвера микросхемы FTDI. Для сброса устройства вызовем подпрограмму `FT_ResetDevice`. Для установки скорости обмена данными между ПК и устройством вызовем подпрограмму `FT_SetBaudRate`.

После этого устройство готово к обмену данными и можно начинать считывать данные со стенда LESO1 по дескриптору полученному ранее. Для чтения данных от устройства вызываем подпрограмму `FT_Read` и передаем ей размер считываемого пакета. Обмен данными будет происходить пакетами размером 400 байт. В пакете будет содержаться 200 выборок оцифрованного сигнала полученных от АЦП, т.к. одна выборка передается в виде последовательности из 2 байт (АЦП 12-разрядное).

После получения пакета данных необходимо преобразовать его в поток отдельных отсчётов и перейти к его обработке. Данные с АЦП приходят в виде последовательности байтов, первый содержит номер канала в верхних 4-х битах и старшие 4 бита данных, второй – остальную часть данных – младший байт.

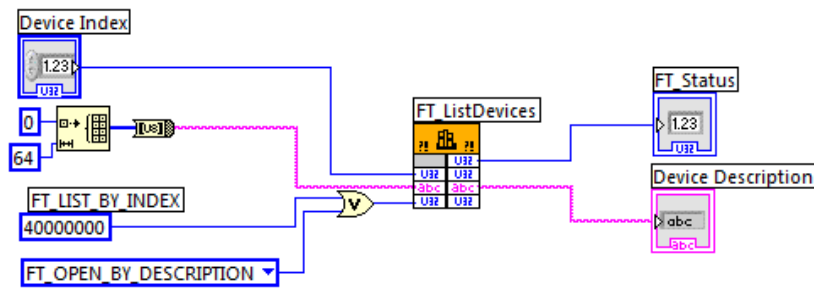


Рис. 4. Вызов подпрограммы FT\_ListDevices драйвера FTDI

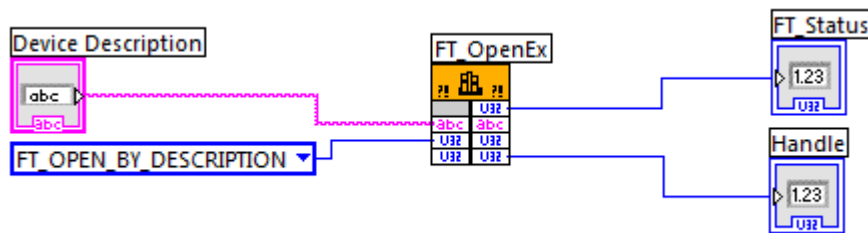


Рис. 5. Вызов подпрограммы FT\_OpenEx драйвера FTDI

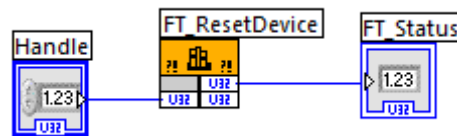


Рис. 6. Вызов подпрограммы FT\_ResetDevice драйвера FTDI

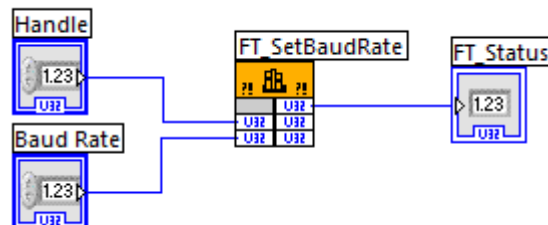


Рис. 7. Вызов подпрограммы FT\_SetBaudRate драйвера FTDI

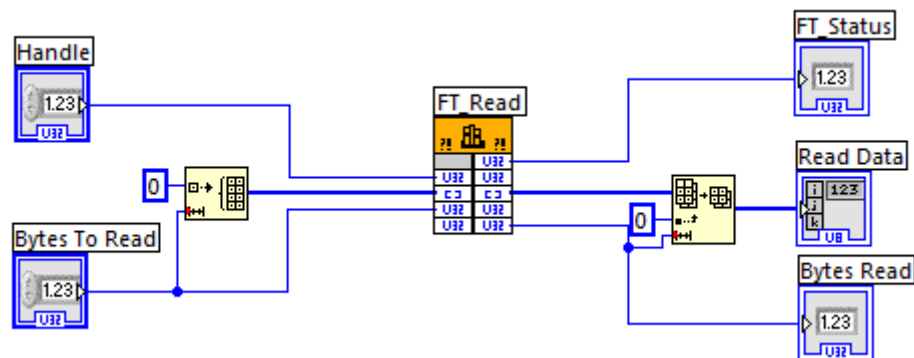


Рис. 8. Вызов подпрограммы FT\_Read драйвера FTDI

В роли программного обеспечения персонального компьютера для синхронизации устройств, измерения параметров сигналов, их

обработки и обмена данными со стендом используем визуальную среду программирования LabVIEW. в результате чего получили про-



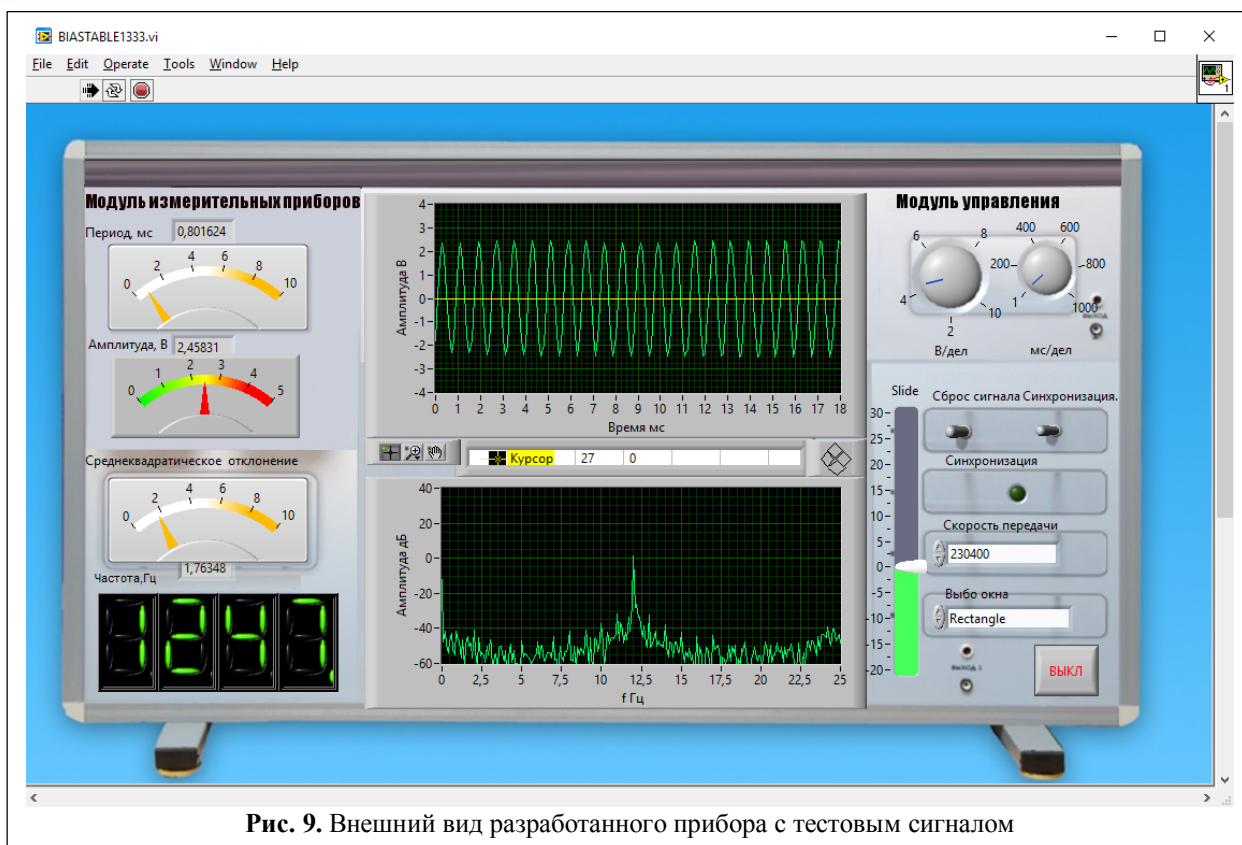


Рис. 9. Внешний вид разработанного прибора с тестовым сигналом

граммный продукт в виде виртуального прибора (ВП), позволяющего отображать и сохранять принимаемые данные на ПК в удобной для оператора форме.

#### Тестирование разработанного прибора

Для проверки разработанного прибора (рис. 9) в стенд поочередно записывались ассемблерные программы, моделирующие синусоидальный сигнал разной частоты и с разной скоростью передачи данных. Эталонные сигналы для тестирования разработаны с помощью ЦАП на языке ассемблера в среде программирования Keil  $\mu$ Vision4, параметры сигнала получены с помощью встроенного графического анализатора в программу отладки среды Keil  $\mu$ Vision4 [7]. Сигнал с выхода ЦАП программно подключается к входу АЦП стенда, Оцифрованный сигнал передается из стенда в компьютер через USB порт.

Графический интерактивный интерфейс прибора состоит из трех модулей: модуль измерительных приборов, модуль визуализации и модуль управления. Модуль измерительных

приборов – представляет собой совокупность индикаторов, наглядно показывающих параметры измеряемого сигнала. Основной модуль состоит из двух графических индикаторов. Верхний индикатор показывает визуальную форму сигнала, а нижний его частотный спектр. В верхнем графическом индикаторе во временной области есть курсор с цифровым отображением, который можно передвигать и снимать характеристики сигнала. Модуль управления включает в себя:

- два регулятора развертки сигнала для верхнего индикатора;
- для нижнего графического индикатора есть ползунок, с помощью которого можно подстраивать относительный уровень сигнала;
- два тумблера, один отвечает за синхронизацию, при активации которой загорится зеленый светодиод, а другой за сброс сигнала при его искажении.

Кроме того, в модули управления имеется окно для задания скорости передачи данных между стендом и ПК и есть возможность выбора окна фильтрации, что позволяет пользо-

вателю исследовать влияние различных сглаживающих окон на характер сигнала в нижнем графическом индикаторе.

Быстродействие разработанного прибора определяется, прежде всего, скоростью обмена данными по последовательному интерфейсу стенда LESO1. Благодаря аппаратным особенностям этого стенда (в схему стенда LESO1 встроена микросхема FT232RL - преобразователь интерфейса USB в интерфейс последовательного порта UART микроконтроллера ADuC842) – скорость обмена данными может достигать 460800 бит в секунду. При скорости обмена 230400 бит в секунду байтовая скорость составляет около 28800 байт в секунду, или около 14000 двухбайтовых слов в секунду. Т.е. максимальная частота измерения для скорости обмена 230400 составляет немного более 14000 замеров в секунду. При более высокой частоте измерений стенд не

успевает передавать данные и синхронизация передачи нарушается.

#### Литература

1. Трэвис Дж. LabVIEW для всех: пер. с англ. / Под ред. П.М. Михеева.- М.: ДМК Пресс, 2011. - 904 с.
2. Евдокимов Ю.К. LabVIEW в научных исследованиях. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 400 с.
3. Документация и методические указания по учебному стенду LESO1. - URL: <http://www.labfor.ru/guidance/mpu-leso1>.
4. Кудрин А.В. Использование программной среды LabVIEW для автоматизации проведения физических экспериментов. Электронное учебно-методическое пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 68 с.
5. Документация по микросхемам FTDI/ - URL: <http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX>.
6. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007.- 536 с.
7. Кулигин М.Н. Цифровой генератор сверхнизких частот, реализованный на базе стенда SDK-1.1 // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2012. - №1.- С. 16-18.

Поступила 25 апреля 2016 г.

English

#### Development of virtual instrument using LESO1 training simulator in LabView environment

**Mikhail Nikolaevich Kuligin** - Cand. Sc., Associate Professor Murom Institute (branch) Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov.

**Roman Vadimovich Ovchinnikov** – Student, Murom Institute (branch) Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov.

**Kirill Nikolaevich Burik** – Student, Murom Institute (branch) Vladimir State University named after Alexander and Nickolay Stoletov.

*E-mail:* kaf-eivt@yandex.ru.

*Address:* 602264, Murom, Orlovskaya 23.

*Abstract:* The article in question is aimed at revealing possibility for creating virtual measuring instrument using LESO1 training simulator. LESO1 training simulator is a microprocessor system able to interact with a personal computer via USB interface in LabVIEW environment. It became possible due to hardware features of this simulator; LESO1 circuit has a built-in microchip FT232RL (USB to COM port UART interface converter of ADuC842 microcontroller) developed by FTDI. Microchip FT232RL acts as fully featured USB hub at the hardware level, and the software for a computer is based on the driver and one dynamic library with a set of simple and rather transparent functions. All this can be obtained freely in the website of FTDI company (<http://www.ftdichip.com/>). The instrument under development has to be a measuring hardware&software appliance intended for measurement and visualization of an electrical signal in a certain frequency band. The instrument hardware comprises LESO1 laboratory simulator and the computer with installed LabVIEW programming environment. It is necessary to develop suitable software, both for a simulator, and for a PC. The article introduces the algorithms and the software, both for a simulator, and for a computer; pieces of software of the developed instrument are presented in LabVIEW software environment. Results of the developed instrument testing are given in the final part of the article. Graphic interactive interface of the instrument consists of three modules: the module of measuring instruments, the visualization module and the control module. High-speed performance of the developed instrument is determined, first of all, by data exchange rate via COM interface of LESO1 simulator. Data exchange rate can be up to 460800 bits per second owing to hardware features of



this simulator (LESO1 simulator has a built-in FT232RL microchip - USB to COM port UART interface converter of ADuC842 microcontroller). The range of the measured signal fed to simulator's ADC input is unidirectional - from 0 to 5B. It means, for example, that a scheme for the measured signal limitation needs to be added to the hardware of the developed instrument for measurement of bidirectional signal parameters.

*Key words:* the virtual device, software environment of LabVIEW, the interface of the developed device, the exchange protocol, the educational LESO1 stand, the measured signal, algorithm of work.

### **References**

1. Travis Jef. LabVIEW for everyone: transl. from Eng. / Ed. by P. M. Mikheyev. - M.: DMK Press, 2011. - 904 p.
2. Evdokimov Yu.K. LabVIEW in scientific research. - M.: DMK Press, 2012. - 400 p.
3. Documentation and methodical instructions on LESO1 training simulator <URL:<http://www.labfor.ru/guidance/mpu-leso1>>.
4. Kudrin A.V. LabVIEW environment application for automation of physics experiments implementation. Electronic study guide. - Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2014. - 68 p.
5. Documentation on FTDI microchips <URL:<http://www.ftdichip.com/Drivers/D2XX>>.
6. Suranov A.Ya. LabVIEW 8.20: Reference guide on functions. - M.: DMK Press, 2007. - 536 p.
7. Kuligin M. N. SDK-1.1 simulator based digital oscillator of ultralow frequencies // Radiotekhnicheskiye i telekommunikatsionnye sistemy. - 2012. - No. 1. – P. 16-18.