

УДК 621.317.7

В.М. Дмитриев, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа

## Методика сопряжения системы виртуальных инструментов и приборов с универсальным контроллером X-Mega

Рассмотрена методика сопряжения системы виртуальных инструментов и приборов, основанная на компонентном многоуровневом представлении виртуальных генераторов и измерительных приборов, с реальным объектом с помощью универсального контроллера X-Mega. С помощью реализованных компонентов осуществляется взаимодействие программного обеспечения с контроллером, управляющим аппаратно-программным комплексом «Лабораторное автоматизированное рабочее место», который применяется для реализации виртуально-физических лабораторий по различным техническим дисциплинам, а также для научных исследований и разработки систем измерения и управления различными техническими объектами.

**Ключевые слова:** аппаратно-программный комплекс, контроллер, виртуальный прибор, многоуровневая модель.

В современном образовании осуществляется переход от существующих методов проведения лабораторных исследований учебного и научно-исследовательского характера к более совершенным образовательным технологиям – информационно-коммуникационным, на основе которых формируется современное информационное общество. На сегодняшний день в процесс обучения техническим дисциплинам внедряются различные средства автоматизации выполнения учебных и научно-исследовательских экспериментов над техническими объектами. Рынок наполняется дорогостоящим измерительным оборудованием, которое сложно для освоения при выполнении лабораторных работ учебного характера и исследований в рамках научной работы студентов и развиваемого группового проектного обучения. На смену такому оборудованию приходит специализированное программное обеспечение, позволяющее из графических компонентов и примитивов и интегрированных с ними математических блоков обработки результатов измерений сформировать виртуальные инструменты и приборы для автоматизации экспериментальных исследований. Одним из таких комплексов является система LabView [1] фирмы National Instrument. Обладая достаточным набором компонентов для построения виртуальных приборов, данная система сложна для освоения студентами, позволяет интегрироваться только с аппаратно-программным комплексом Elvis и системой датчиков, установленных на нем, а также обладает достаточно большой стоимостью пакета, позволяющего формировать виртуальные инструменты и приборы. Для интеграции виртуальных приборов системы LabView с контроллерами других фирм необходимо разработать соответствующий язык и его интерпретатор, что является нетривиальной задачей.

В качестве альтернативы системе LabView разработана система виртуальных инструментов и приборов (СВИП) [2]. В ее основе лежит многоуровневый компонентный подход создания виртуального прибора, обладающего легким и функционально достаточным интерфейсом для автоматизированного выполнения лабораторных исследований. Созданные с помощью СВИП виртуальные приборы допускают интеграцию с различными аппаратно-программными комплексами, функционирующими под управлением программ, написанных на разработанном языке программирования контроллеров X-Robot [3]. Эта интеграция реализована в виде набора определенных согласующих компонентов, осуществляющих чтение данных с контроллера комплекса «Лабораторное автоматизированное рабочее место» (ЛАРМ) и управление параметрами встроенных в него источников и генераторов сигналов. В качестве примера в данной работе рассматривается набор компонентов, предназначенных для интеграции СВИП с измерительно-управляющим контроллером X-Mega, работа которого основана на универсальном драйвере FTDI [4]. На базе такой интеграции создана новая версия аппаратно-программного комплекса ЛАРМ [5].

**Сопряжение среды многоуровневого компьютерного моделирования с универсальным контроллером.** Схема взаимодействия аппаратно-программного комплекса ЛАРМ с системой виртуальных инструментов и приборов приведена на рис. 1, которая включает в себя:

- 1) реальный исследуемый объект, который формируется из реальных компонентов на коммутационной плате;
- 2) приборы аппаратно-программного комплекса ЛАРМ [5], в которые входят источники и генераторы сигналов, а также измерительные приборы. ЛАРМ оснащен источником изменяемого напряжения в диапазоне от 0 до 12 В, а также генератором сигналов, позволяющим генерировать сигналы основных трех форм (синусоидальной, прямоугольной и треугольной), а также программируемой формой сигнала, один период которого формируется по точкам в компьютере и пересылается в ЛАРМ. Сигналы перечисленных форм могут иметь частоту от 50 Гц до 2 МГц. К измерительным приборам относятся вольтметр, осуществляющий измерения напряжения относительно общей для всех приборов Земли в диапазоне от 0 до 12 В, амперметр, производящий измерение тока в диапазоне от 0 до 100 мА, а также двухканальный осциллограф, позволяющий исследовать два сигнала переменного напряжения с размахом 20 В;
- 3) измерительно-управляющий контроллер X-Mega, работающий под управлением программы, написанной на языке управления механизмами X-Robot [3]. В отличие от существующих языков программирования контроллеров, он поддерживает до 254 параллельных процессов, обеспечивая их синхронизацию. Управление каждым процессом может осуществляться из компьютера в виде кадра определенного вида, включающего в себя идентификатор команды и ее один целочисленный атрибут;
- 4) в качестве драйвера используется универсальный драйвер FTDI [4], позволяющий организовать дуплексный обмен данными между аппаратно-программным комплексом ЛАРМ и функционирующим на компьютере программным обеспечением с достаточной скоростью;
- 5) виртуальный прибор (ВП), представляющий собой реализованный на компьютере оконный интерфейс, имитирующий на компьютере логику работы реального прибора и предназначенный для генерации сигналов на реальный объект и для отображения результатов измерения.

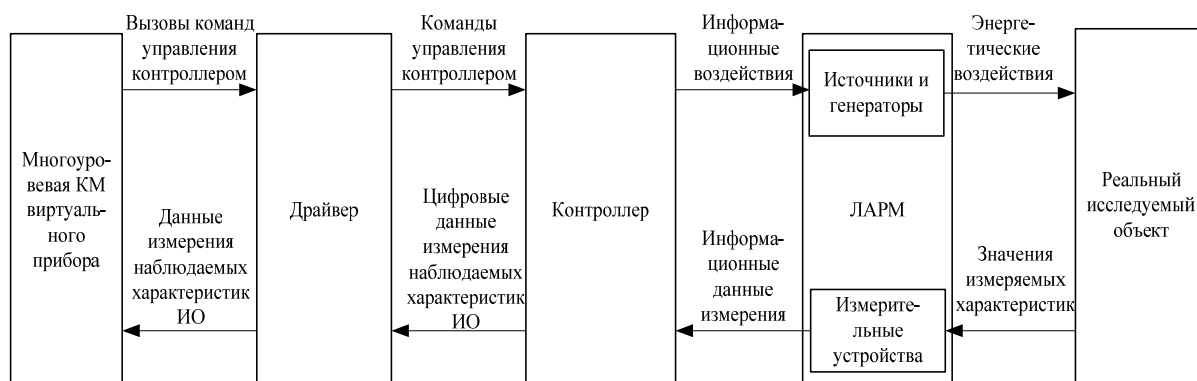


Рис. 1. Схема взаимодействия реального объекта, аппаратно-программного комплекса ЛАРМ и системы виртуальных инструментов и приборов

**Многоуровневое представление виртуального прибора.** Для формирования ВП, позволяющего осуществлять взаимодействие с аппаратно-программным комплексом ЛАРМ, используется система виртуальных инструментов и приборов [2]. Создаваемый в ней на основе компонентного подхода виртуальный прибор включает в себя:

- лицевую панель, представляющую собой оконный интерфейс в виде замкнутой экранной области, в которой с помощью визуальных компонентов осуществляется визуализация результатов измерений, а также располагаются органы управления параметрами прибора;
- схему алгоритма функционирования прибора, содержащую блоки приема и математической обработки данных измерения приборами комплекса ЛАРМ для их визуализации, алгоритмы анализа событий-действий пользователя с визуальными компонентами и блоки формирования команд управления контроллером, представленные в виде соответствующих кадров;
- интерфейс взаимодействия с исследуемым объектом, реализуемый в виде программы, написанной на языке X-Robot и записанной в контроллер X-Mega, входящий в состав аппаратно-программного комплекса ЛАРМ.

Формирование виртуальных приборов осуществляется в графическом редакторе СВИП из компонентов, включенных в библиотеку компонентов. При этом для отделения лицевой панели прибора от схемы алгоритма его функционирования и интерфейса связи с исследуемым объектом графический редактор разделен на два слоя (визуальный и логический). Взаимодействие между ними осуществляется путем отображения визуальных компонентов на двух слоях одновременно. Взаимодействие виртуального прибора с исследуемым объектом осуществляется путем формирования и отправки команд, сформированных в формате языка X-Robot, а также приема массива данных в режиме реального времени. Для осуществления этого в реальном масштабе времени в рамках системы ВИП реализован многопоточный режим. В нем выделяются и реализуются взаимосвязанные два потока:

- 1) поток чтения данных с контроллера;
- 2) поток отображения данных и формирования управляющих команд, отправляемых в контроллер.

Таким образом, методика взаимодействия системы виртуальных инструментов и приборов с универсальным контроллером X-Mega, на базе которого реализуется аппаратно-программный комплекс ЛАРМ, включает в себя язык программирования контроллеров X-Robot и набор компонентов взаимодействия созданных в СВИП виртуальных приборов с универсальным контроллером X-Mega. Это взаимодействие реализовано с помощью компонентов, выполняющих следующие команды:

- запуск измерительно-управляющего контроллера;
- чтение кадров со значениями наблюдаемых переменных реального ИО с измерительных устройств (датчиков) в режиме реального времени;
- запись команд управления контроллером, преобразующим их в информационные воздействия, передаваемые исполнительным устройствам, осуществляющим энергетические воздействия на реальный ИО.

**Компоненты взаимодействия системы ВИП с универсальным контроллером X-Mega.** Перечисленные команды взаимодействия системы ВИП с измерительно-управляющим контроллером, функционирующим на базе языка управления механизмами X-Robot [8], реализованы в виде набора компонентов, входящих в схему алгоритма функционирования прибора:

1. Компонент «Запуск/остановка контроллера» (рис. 2) по сигналу  $C_1$ , поступающему на узел  $n_1$ , производит инициализацию и запуск измерительно-управляющего контроллера. По сигналу  $C_2$ , приходящему на узел  $n_2$ , производится завершение работы контроллера и его останов.

2. Компонент «Чтение данных» (рис. 3) осуществляет чтение данных измерения наблюдаемых характеристик реального СТО. Он начинает считывать данные с  $N$  датчиков одновременно после того, как на узел  $n_0$  поступит сообщение с истинным значением. Результаты измерений с помощью узлов  $n_1, n_2, \dots, n_N$  будут передаваться на средства обработки и визуализации результатов, представленные компонентами.

3. Компонент «Запись команды в контроллер» (рис. 4) реализован с учетом того, что каждая команда контроллера, обозначаемая некоторым двухбайтовым шестнадцатеричным числом, включает в себя один целочисленный параметр, задаваемый в виде шестнадцатеричного числа, которое может задаваться соответствующим источником. Команда  $C$  поступает в компонент с помощью узла  $n_1$ , а ее аргумент  $P_1$  – с помощью узла  $n_2$ . Запись сформированной в компоненте команды в контроллер осуществляется по разрешающему сигналу, поступающему в компонент через узел  $n_3$ .

На рис. 5 приведена алгоритмическая компонентная цепь виртуального прибора, в которой фрагментами показаны подцепи пуска и останова контроллера (рис. 5, а), чтения данных и отправки их на средства обработки и визуализации (рис. 5, б) и формирование команды изменения частоты генератора синусоидального сигнала (рис. 5, в).

Аналогичным образом с помощью реализованных математических, логических и алгоритмических компонентов можно формировать любую команду управления и записывать ее в контроллер для выполнения им в требуемый момент с помощью сигнала, поступающего на узел  $n_3$  (см. рис. 4).

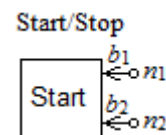


Рис. 2. Компонент «Запуск/остановка контроллера»

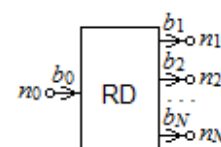


Рис. 3. Компонент «Чтение данных»

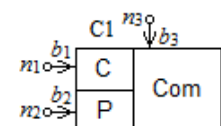


Рис. 4. Компонент «Запись команды в контроллер»

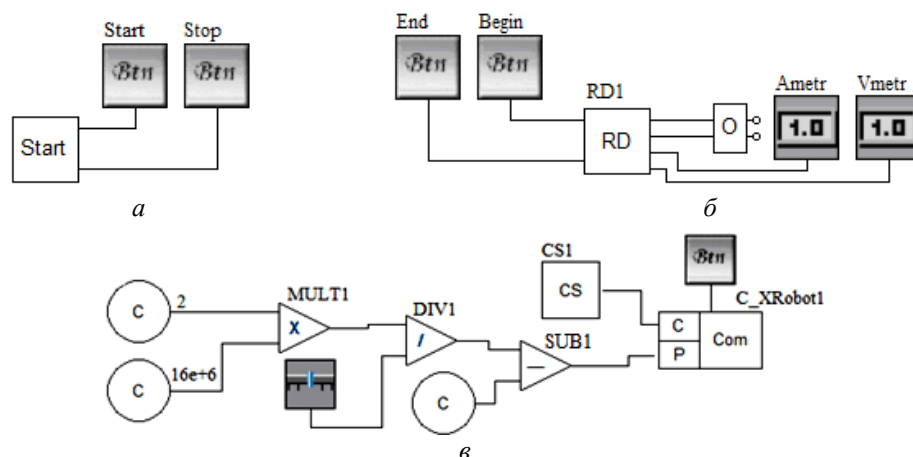


Рис. 5. Алгоритмическая компонентная цепь формирования команды изменения частоты генератора синусоидального сигнала

**Заключение.** Предложенная методика сопряжения системы виртуальных инструментов и приборов с контроллером X-Mega открывает возможности быстрого и легкого создания виртуальных приборов для целей автоматизации лабораторных экспериментов учебного и научного характера. В настоящее время для исследования электрических цепей и электронных схем на базе данного контроллера со встроенным в него интерпретатором X-Robot реализован аппаратно-программный комплекс ЛАРМ, включающий в себя соответствующий набор источников, генераторов и измерительных приборов.

С их помощью любой пользователь получает возможности формирования виртуальных приборов и написания управляющих программ для их взаимодействия с измерительно-управляющим контроллером, на котором установлен интерпретатор языка X-Robot, для целей исследования и разработки алгоритмов управления техническими объектами.

#### Литература

1. Пейч Л.И. LabView для новичков и специалистов / Л.И. Пейч, Д.А. Точилин, Б.П. Поллак. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.
2. СВИП – система виртуальных инструментов и приборов / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, В.В. Ганджа, Ю.И. Мальцев. – Томск: В-Спектр, 2014. – 216 с.
3. Мальцев Ю.И. Язык управления механизмами X-Robot // Электронные средства и системы управления: матер. докл. IX Междунар. науч.-практ. Конф. (30–31 октября 2013 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2013. – С. 114–118.
4. FTDI Chip Home Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ftdichip.com/>, свободный (дата обращения: 20.02.2015).
5. Дмитриев В.М. Концепция лабораторного автоматизированного рабочего места на архитектуре ARM / В.М. Дмитриев, В.В. Ганджа // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – № 1 (31). – С. 171–173.
6. Дмитриев В.М. Система визуализации и управления вычислительным экспериментом в среде многоуровневого моделирования MAPS / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Т.Ю. Коротина // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2010. – № 1 (21). – Ч. 2. – С. 149–155.
7. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. – 2013. – № 2 (36). – С. 24–35.
8. Ганджа Т.В. MARS-Engine – средство использования виртуальных приборов // Современное образование: практико-ориентированные технологии подготовки инженерных кадров: материалы междунар. науч.-метод. конф., 29–30 января 2015 г., Россия, Томск. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2015. – С. 49–50.

**Дмитриев Вячеслав Михайлович**

Д-р техн. наук, профессор, зав. каф. моделирования и системного анализа (МиСА) ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 41-39-15

Эл. почта: dmitriewvm@gmail.com

**Зайченко Татьяна Николаевна**

Д-р техн. наук, профессор каф. МиСА ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 41-39-15

Эл. почта: ztntomsk@rambler.ru

**Ганджа Тарас Викторович**

Канд. техн. наук, доцент каф. МиСА ТУСУРа

Тел.: 8 (382-2) 41-39-15

Эл. почта: gandgatv@gmail.com

**Ганджа Василий Викторович**

Аспирант каф. МиСА ТУСУР

Тел. 8 (382-2) 41-39-15

Эл. почта: vasivik@gmail.com

Dmitriev V.M., Zaychenko T.N., Gandzha T.V., Gandzha V.V.

**Interface of visual instruments and devices with a universal X-Mega controller**

The article describes the method of conjugation system of virtual instruments and devices based on multilevel representation of the components generators and virtual instruments, a real object using a universal X-Mega controller. With the implementation of the components, the software interacts with the controller which controls the hardware complex «Laboratory Workstation», which is used for the implementation of virtual-physical laboratories in various technical disciplines, and also can be used for research and development of measurement and control of various technical objects.

**Keywords:** hardware-software system, controller, virtual instrument, multilevel model.