

Web-лаборатория «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры»

Ефим Баран, Пётр Захаров, Андрей Любенко

Рассматриваются структура и возможности Web-лаборатории, обсуждаются достоинства и недостатки организации дистанционного лабораторного практикума. Определены направления развития Web-лаборатории с учётом современной номенклатуры микропроцессорных средств систем автоматизации.

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка специалистов для проектирования и эксплуатации автоматизированных систем измерений, испытаний и управления требует организации лабораторных практикумов, позволяющих изучать компоненты этих систем, приобретать соответствующие практические навыки [1]. Огромная, непрерывно обновляющаяся номенклатура средств автоматизации и инструментария для интеграции их в системы ставит перед техническими вузами практически неразрешимые проблемы внедрения методик ускоренного обучения и постоянного совершенствования лабораторной базы. Создание современных учебных лабораторий требует значительных финансовых затрат на приобретение технических средств, поддер-

жание их в работоспособном состоянии, разработку методических материалов. Более перспективным представляется создание хорошо оснащённых центров коллективного пользования с возможностью удалённого доступа через глобальную информационную сеть. Известные примеры таких центров, называемых также Web-лабораториями, базируются, как правило, на программных симуляторах, реализованных на Java, или на технологии виртуальных инструментов LabVIEW (National Instruments), содержащих встроенный Web-сервер [2].

При разработке Web-лаборатории «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» наряду с виртуальными инструментами LabVIEW использованы и другие технологии, что обеспечило возможность организации удалённого эксперимента на реальном оборудовании при снижении требований к качеству каналов связи.

Известно, что дисциплина «Проектирование микропроцессорных систем» с учётом её аналогов с несколькими названиями является одной из самых распространённых в технических вузах, и на примере этой

дисциплины наглядно проявляются проблемы и перспективы дистанционного образования.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД

Вначале рассмотрим основу серверного компонента Web-лаборатории – виртуальный лабораторный стенд, состав и функциональные возможности которого представляют, по нашему мнению, самостоятельный интерес.

Как обычно выглядит (или должно выглядеть) рабочее место лаборатории проектирования микропроцессорных систем? Прежде всего рабочее место содержит комплект программных средств: редакторы, компиляторы, симуляторы, с помощью которых изучаются особенности архитектуры микропроцессорного устройства (например микроконтроллера), принципы проектирования и отладки прикладных программ на программно-логической модели объекта. Нередко функциональность рабочего места этим и ограничивается. При этом студенты лишаются возможностей оценить правильность функционирования периферийных узлов микроконтроллеров, понаблюдать сигналы, формируемые проектируемой системой, проконтролировать взаимодействие её с обслуживаемыми объектами, протестировать алгоритмы в реальном времени при различных сочетаниях внешних условий.

Дополнение рабочего места физическим прототипом проектируемой системы – оценочным модулем – создаёт предпосылки для более глубокого понимания процессов, протекающих в



Терминальный класс Web-лаборатории проектирования микропроцессорных систем: в классе только компьютеры и Интернет, оборудование — на сервере!

системе при выполнении решаемой задачи. Как правило, к оценочным модулям подключают простейшие элементы управления: клавиатуру, переключатели, устройства индикации и сигнализации. Имитация подобным способом внешних устройств облегчает усвоение простейших принципов ввода-вывода данных, но особенности разработки систем реального времени с интенсивным обменом данными между проектируемой микропроцессорной системой и объектом управления, проблемы тестирования на таком рабочем месте «прочувствовать» в полной мере невозможно.

Наибольшего эффекта можно достичь, если укомплектовать лабораторный стенд набором измерительных приборов, позволяющих контролировать сигналы, формируемые проектируемой микропроцессорной системой, и устройств, с помощью которых можно имитировать изменение состояния управляемого системой объекта (рис. 1). Кроме показанных на рис. 1 устройств, в состав стенда с учётом специфики отрасли, для которой готовятся специалисты, могут быть включены реальные исполнительные механизмы и датчики.

Однако очевидно, что даже без реальных датчиков и исполнительных механизмов стоимость «дополнительных» приборов может в несколько раз превышать стоимость базового комплекта стенда, состоящего из компьютера и оценочного модуля.

По-видимому, немного найдётся сейчас в России университетов и кафедр, имеющих возможность создать лабораторию проектирования микропроцессорных систем, оборудованную хотя бы 4-6 подобными рабочими местами.

Сегодня уже кажется само собой разумеющимся принятое нами некоторое время назад решение заменить традиционные измерительные приборы и устройства виртуальными. Технология виртуальных инструментов LabVIEW позволяет создавать на базе встраиваемых в персональный компьютер модулей ввода-вывода полнофункциональные измерительные приборы, технические характеристики которых определяются характеристиками используемых модулей, а возможности обработки результатов измерений, визуализации, регистрации зачастую превосходят возможности традиционных приборов. Схема лабораторного стенда при этом существенно упрощается (рис. 2).

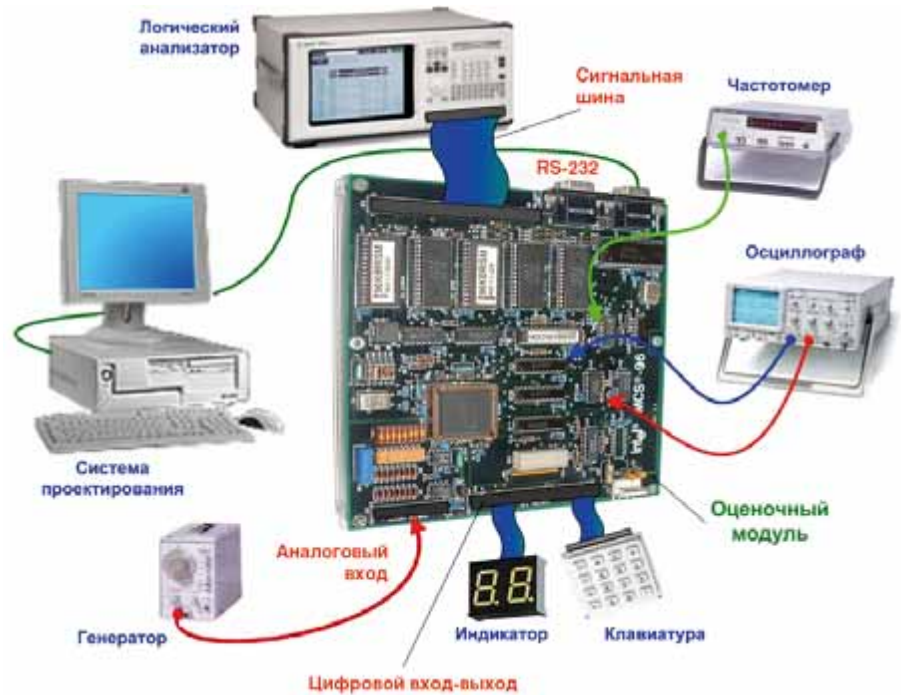


Рис. 1. Лабораторный стенд, укомплектованный традиционными приборами

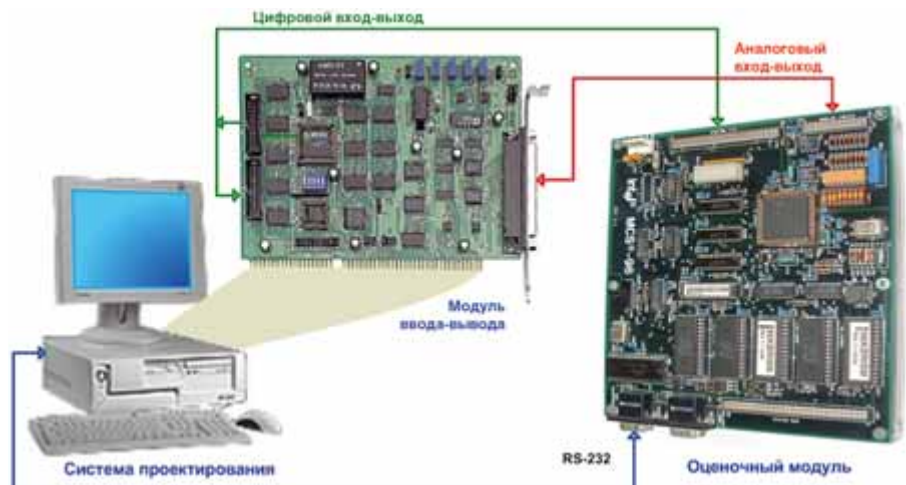


Рис. 2. Виртуальный лабораторный стенд

В первых экземплярах нашего виртуального стенда использованы недорогие модули ввода-вывода с частотой дискретизации 100 кГц и разрешающей способностью 12 бит (Advantech PCL-812PG и его аналоги). Но даже на этих простых модулях реализован вполне приемлемый набор контрольно-измерительных и управляющих устройств:

- двухканальный цифровой осциллограф,
- двухканальный программируемый источник регулируемых напряжений,
- генератор импульсов,
- линейка сигнальных индикаторов и цифровой дисплей,
- блок переключателей и кнопок.

Реализованная схема соединений обеспечивает возможность изучения простого ввода (вывода) данных через

параллельные порты, обмена данными по прерыванию, формирования широко-модулированных сигналов и измерения частотно-временных параметров импульсных последовательностей с помощью таймерного блока микроконтроллера, измерения аналоговых напряжений с помощью встроенного в микроконтроллер аналого-цифрового преобразователя и др. Формирование тестовых сигналов и оценка результатов их обработки проектируемой системой осуществляются в реальном времени инструментами виртуального стенда, что облегчает не только отладку системы студентом, но и контроль преподавателем результатов выполнения задания.

Не может не возникнуть вопрос о характеристиках виртуальных приборов. Модуль ввода-вывода с частотой дискретизации аналоговых величин в

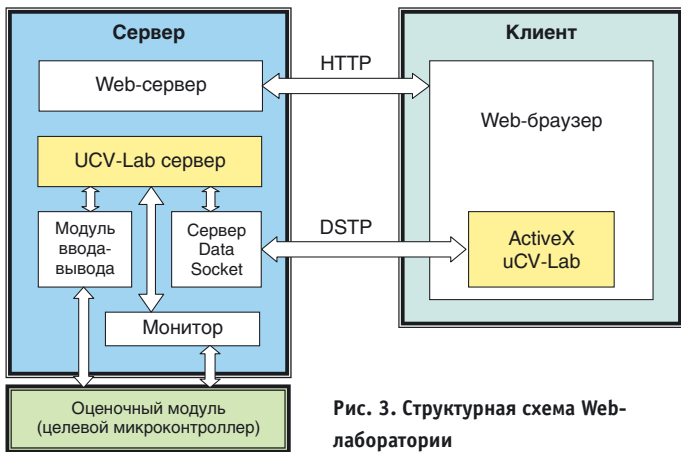


Рис. 3. Структурная схема Web-лаборатории

100 кГц позволяет создать осциллограф для визуального контроля сигналов, частотный спектр которых не превышает единиц килогерц. Но ведь и в реальных условиях микроконтроллеры нередко бывают предназначены для автоматизации процессов, динамические свойства которых лежат в ещё более низкочастотной области, так что для целей обучения достигнутого быстродействия вполне достаточно. С другой стороны, в определённых случаях метрологические характеристики виртуальных приборов оказываются даже выше требуемых: разрешающая способность 12 бит и соответствующая приведённая погрешность измерения и формирования сигналов 0,025% предоставляют возможность постановки таких экспериментов для инфранизкочастотных процессов, которые были бы невозможны при использовании обычных промышленных осциллографов и генераторов.

Важно отметить, что на одном и том же виртуальном лабораторном стенде можно изучать микропроцессорные устройства разных типов. Достаточно только изготовить комплект кабелей для подключения нового оценочного

модуля, и «перенастройка» стенда этим исчерпывается. Наконец, на том же самом рабочем месте можно проводить лабораторные занятия и по другим дисциплинам, заменив оценочный модуль на исследуемый объект соответствующего типа.

Таким образом, созданный стенд представляет собой оснащённое некоторым минимумом измерительных, индикаторных и управляющих устройств рабочее место учебной лаборатории. Благодаря сравнительно низкой стоимости такие стенды могут быть растражированы для оборудования различных лабораторий в любых вузах.

А ВЕДЬ МОЖНО И НЕ СОЗДАВАТЬ ЛАБОРАТОРИИ В КАЖДОМ ВУЗЕ!

Действительно, все контрольно-измерительные и управляющие устройства находятся «внутри» компьютера и их можно сделать доступными из любой точки земного шара, куда дотянулась «всемирная паутина». LabVIEW предоставляет несколько способов организации удалённого доступа к виртуальным приборам [3]. Для снижения требований к Интернет-трафику и обеспечения повышенной устойчивости связи нами реализована следующая схема Web-лаборатории (рис. 3).

Сервер uCV-Lab спроектирован на языке графического программирования G в среде LabVIEW и представляет

собой рассмотренный ранее виртуальный лабораторный стенд, программное обеспечение которого дополнено функциями поддержки протокола DSTP (Data Socket Transfer Protocol, сетевой протокол обмена динамически изменяющимися данными), а также простейшими функциями взаимодействия с оценочным модулем. Данные публикуются в сети Data Socket сервером и принимаются подписчиками-клиентами. В сущности, Data Socket – это независимая от платформы технология проектирования сетевых приложений, не требующая использования элементов низкого уровня. Компактный и быстрый протокол DSTP используется только для обмена данными между серверным и клиентским приложениями. В состав серверного программного обеспечения входит также программа «Монитор», которая выполняет функции управления оценочным модулем (загрузка и запуск на исполнение проектируемых программ, их отладка в различных режимах и т.п.). Клиентское приложение выполнено как ActiveX-компонент, который при первом обращении к серверу загружается из стандартного браузера и регистрируется в операционной системе клиента, а в последующем запускается, не требуя времени для повторной загрузки. На рис. 4 представлена копия экрана, в которой на фоне главной страницы сайта Web-лаборатории показана панель стенда с осциллограммами, а также видна часть окна специально разработанного терминала для удалённой загрузки программ и управления контроллером Octagon Systems.

Кроме собственно виртуального стенда, в распоряжении обучающихся – справочные и методические мате-

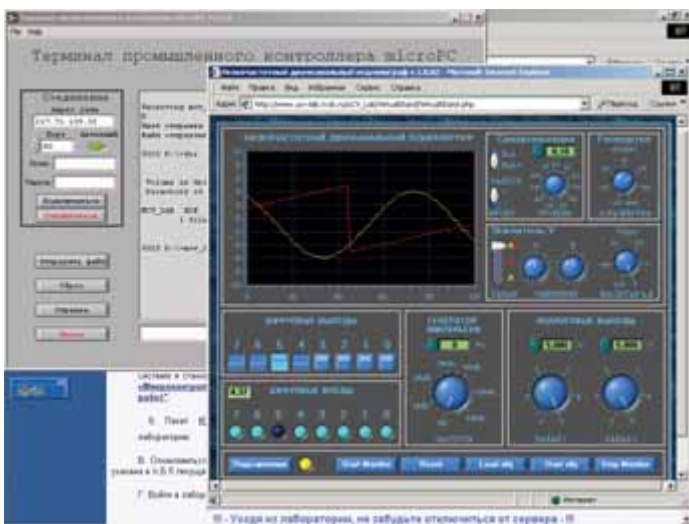


Рис. 4. Рабочая панель виртуального стенда на компьютере клиента



Рис. 5. «Сервер Octagon Systems» с модулем ввода-вывода Advantech PCL-812PG и контроллером MicroPC

риалы, дистрибутивы программного обеспечения, в том числе и программные средства проектирования микропроцессорных систем. Все вместе они и образуют Web-лабораторию.

В настоящее время в лаборатории функционируют два сервера, позволяющие изучать, разрабатывать и тестировать системы на основе микроконтроллеров 80C196KC/KD семейства MCS-196 компании Intel и промышленных контроллеров семейства MicroPC компании Octagon Systems. В составе первого сервера используются оценочный модуль EV80C196KC Evaluation Board (или 80C196KD Development Board) с платой ввода-вывода ACL-8112PG. Во втором сервере к плате ввода-вывода PCL-812PG подключён контроллер Octagon Systems, состоящий из модуля центрального процессора 5025A и модуля аналогового ввода-вывода 5700, установленных в каркас 5274 с блоком питания 5101 (рис. 5). Готовятся к запуску серверы для изучения микроконтроллеров и других производителей.

Каковы преимущества проведения лабораторных практикумов с использованием виртуальных стендов и виртуальной лаборатории?

1. Эксперименты выполняются *на реальном оборудовании* с использованием комплекта контрольно-измерительных и управляющих устройств.
2. На каждый тип архитектуры микропроцессорного семейства в Web-лаборатории достаточно иметь *по одному серверу*.
3. Стоимость серверного оборудования сведена к минимуму.
4. Клиентская часть виртуальной лаборатории может быть организована в обычном терминальном классе, какие есть практически на каждой кафедре и даже в средних школах. Доступ в Internet и несложное программное обеспечение превращают терминальный класс в специализированную лабораторию, на создание, содержание и обслуживание которой клиенту не приходится тратить.
5. Один сервер круглосуточно работающей виртуальной лаборатории может обслуживать большое число учебных групп факультета, вуза и даже нескольких вузов, находящихся в разных городах.
6. Создаются уникальные условия для активизации самостоятельной работы студентов с дорогостоящим оборудованием в любое удобное для них

время, из любого места (даже ночью из дома!).

7. Облегчается и труд преподавателя! Он может со своего рабочего места подключиться к серверу, на котором производится демонстрация спроектированной системы, и проконтролировать правильность выполнения задания.
 8. Важной представляется и потенциальная возможность унификации учебных программ, учебных пособий и прочего методического обеспечения, разработка которых во многих вузах и кафедрах для одних и тех же типов микропроцессорных устройств дублируется, требуя неоправданных затрат времени и других ресурсов.
 9. Упрощается обслуживание дорогостоящего оборудования. Практически отпадает необходимость перекоммутации компонентов стенда (все подключения фиксированы). Кроме того, исчезает фактор «луддизма» со стороны студентов.
- Не будем далее перечислять преимущества, должны быть и недостатки. Мы обнаружили пока только два, причем это, скорее, непривычные особенности коллективной работы, а не недостатки.

- Одновременно доступ к управлению приборами стенда и оценочным модулям получает только один клиент. Другими словами, группа студентов может пользоваться аппаратными ресурсами сервера только поочередно. Однако этот недостаток легко устраним организационными мерами. Например, вся группа со своих рабочих мест может наблюдать поочередное тестирование каждой из спроектированных систем, и если организовать обсуждение результатов проектов, то это будет способствовать ускоренному усвоению материала, расширению кругозора обучающихся.

- Студент не видит у себя на столе «живую» микропроцессорную систему и «живые» приборы, не касается щупом осциллографа или пробника вывода микросхемы. Но ведь и транзисторов или регистров внутри микроконтроллера чипа он не видит тоже. А поддержать в своих руках настоящие приборы и щупы, пощелкать реальными тумблерами и переключателями он сможет и на производстве, уже хорошо представляя, для чего они нужны и как правильно ими пользоваться.

Кстати, а почему на производстве обязательно должны быть только «живые» приборы? – Не вызывает сомнений, что разработка и применение виртуальных стендов и лабораторий, подобных рассмотренным в данной статье, весьма эффективны при решении задачи обновления приборного парка для многих подразделений заводов, исследовательских и проектных лабораторий, конструкторских бюро.

контроллерах Texas Instruments, сигнальных процессорах ADSP-21xx компании Analog Devices (рис. 6).

- *Доработка клиентского приложения.* Клиентское приложение планируется доработать в части обеспечения возможностей использования полного набора функций отладки на оценочном модуле не только в автономном режиме, но и в режиме удалённого доступа.

- *Модернизация сервера лабораторного стенда.* Функциональные возможности сервера во многом определяются характеристиками модуля ввода-вывода, поэтому для перспективных стендов мы разрабатываем специальный модуль ввода-вывода. Главные его отличия – наличие буфера FIFO и анализатора логических состояний, а также возможность варьировать микросхемы АЦП (до 1 МГц). Уже изготовлены два опытных образца. С использованием этого модуля созданы следующие виртуальные приборы:

- 4-канальный осциллограф,
- 2-канальный генератор сигналов произвольной формы,
- цифровой частотомер,
- 16-канальный анализатор логических состояний,
- 16-канальный генератор цифровых последовательностей,
- универсальный цифровой вольтметр и др.

С таким набором приборов можно не только расширить круг задач, решаемых в рамках дисциплины «Проектирование микропроцессорных систем», и повысить качество обучения, но так-

же создавать развитые лабораторные практикумы по другим дисциплинам. Уже ведется разработка виртуальных стендов и лабораторных практикумов по дисциплинам «Аналоговая схемотехника», «Цифровая схемотехника», «Основы измерительной техники» и др., так что, возможно, уже в новом учебном году наши студенты смогут выполнять многие лабораторные работы, не выходя из дома, в удобное для себя время.

Web-лаборатория «Микроконтроллеры и сигнальные процессоры» открыта для всех. Введите в адресной строке вашего браузера <http://www.ucv-lab.n-sk.ru> – вход свободный! ●

ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин Ю., Шарнин Л., Баран Е., Липницкий А., Лысов Н., Маслов А., Федоряк Р. Микропроцессорная техника для вузов// Современные технологии автоматизации. — 2001. — № 3.
2. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments// Труды международной научно-практической конференции. — М., 2003.
3. Тревис Д. LabVIEW для всех. — М.: ДМК Пресс, 2004.

Авторы — сотрудники Новосибирского государственного технического университета
Телефон/ факс: (3832) 460-855/ 460-846

О ПЕРСПЕКТИВАХ

Перечислим ближайшие задачи, намеченные в плане развития нашего проекта.

- *Расширение номенклатуры изучаемых архитектур микропроцессорных устройств.* Дополнительно к существующим серверам, позволяющим разрабатывать системы на основе микроконтроллеров Intel и промышленных контроллеров Octagon Systems, создаются серверы лабораторных стендов на микроконтроллерах MC68HC11 (Motorola), измерительных микро-

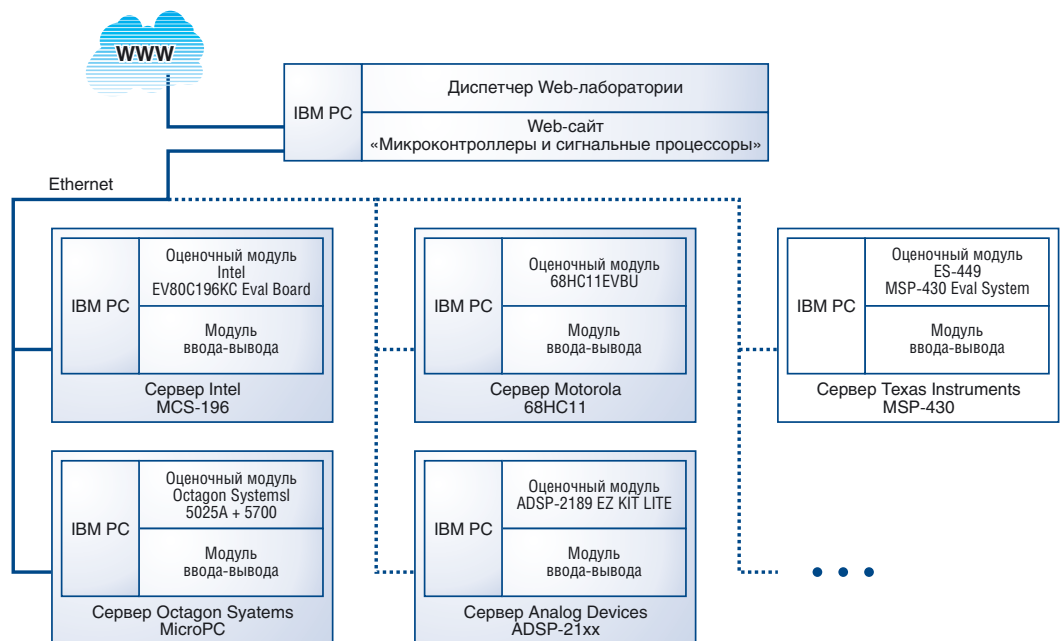


Рис. 6. Перспективная Web-лаборатория (действующие компоненты Web-лаборатории выделены синим цветом)