

**Иванов В.Э., Мироненко О.В., Гусев А.В., Плохих О.В.**

## **КОНЦЕПЦИЯ СКВОЗНОГО ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

*a.gusev@rtf.ustu.ru*

*УГТУ-УПИ*

*г. Екатеринбург*

Современные радиоэлектронные системы относятся к сложным изделиям. Эти системы используют цифровые методы обработки информации, реализуемые аппаратно-программными методами микропроцессорными системами и вычислительными средами на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС/PLD). Для связи с физической средой (прием и передача сигналов) применяются цифро-аналоговые преобразователи, кодеки и аналоговая системотехника.

В настоящее время такие сложные системы проектируются, изготавливаются и эксплуатируются с использованием технологий сопровождения изделия на всем жизненном цикле, так называемые CALS-технологии. (Continuous Acquisition and Life-cycle Support). Применение CALS-технологий позволяет эффективно, в едином ключе решать проблемы обеспечения качества выпускаемой продукции. Поэтому обучение методам сквозного проектирования от технического задания до разработки конструкторской документации, включая аппаратно-программное моделирование, отладку, контроль работоспособности и диагностирование изделия при изготовлении и эксплуатации, является исключительно важной задачей.

Обучение студентов на кафедре Технология и средства связи (ТиСС) проводится по специальностям: средства связи и системы коммутации

(200900), проектирование и технология ЭВС (220500), проектирование и технология РЭС (200800). В рамках этих специальностей должна проводиться подготовка инженеров владеющих методами проектирования, изготовления и эксплуатации современных радиоэлектронных и компьютерных систем (РЭС) в сочетании с проводной и беспроводной связной аппаратурой. Для этого на кафедре ТиСС созданы тематические лаборатории, а именно:

1. лаборатория микропроцессорной техники;
2. лаборатория информационных технологий;
3. лаборатория средств связи;
4. лаборатория СВЧ техники;
5. лаборатория систем автоматизированного проектирования (САПР).

К настоящему времени сложилась структура локальной сети кафедры, которая приведена на рисунке 1. Кроме учебных лабораторий в нее входят ПЭВМ, установленные в преподавательских комнатах и научно-исследовательских лабораториях.

Большинство сетевых ресурсов размещено на трех серверах, два из которых расположены в отдельной серверной комнате. Наиболее важные и часто используемые всеми категориями пользователей ресурсы размещены именно на этих серверах, доступ к которым строго ограничен. Серверная подключена к локальной сети через концентратор, позволяющий разделить транспортные потоки информации между различными узлами сети. Разделение транспортных потоков и повышенная пропускная способность концентратора (100 Мбит/с) позволяют повысить эффективность работы сети при сравнительно низкой пропускной способности некоторых хабов (10 Мбит/с). Часть редко используемых ресурсов размещена на рабочих станциях.

Имеющиеся информационные ресурсы сети можно разделить на несколько видов: личные папки студентов и преподавателей (каждому пользователю выделено место в сети, где он может хранить свои личные файлы); общие данные (как правило, с доступом только на чтение) для студентов, где содержится различная информация, используемая в процессе обучения; общие данные для преподавателей (используются для ведения совместных научно-исследовательских проектов, размещения справочной технической документации и т.п.); папки для временных данных (используются для обмена данными между пользователями); административные ресурсы (дистрибутивы программ и др.)

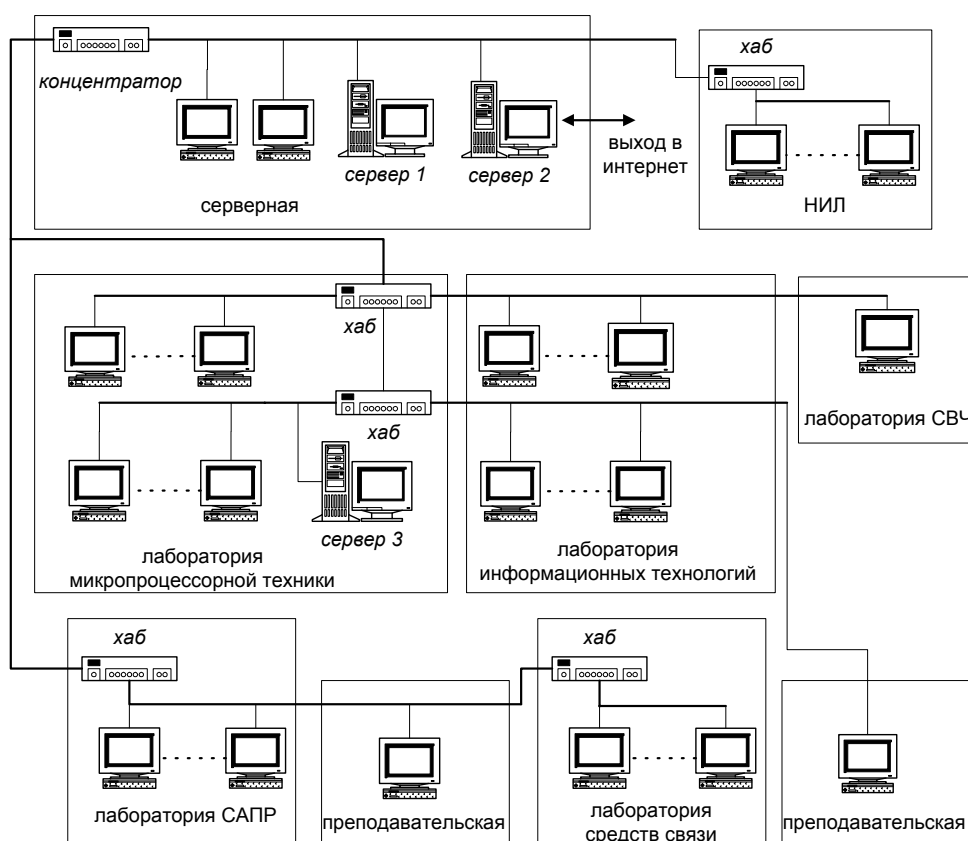


Рисунок 1. Структура локальной сети кафедры

Локальная сеть эффективно используется в учебном процессе практически во всех дисциплинах, преподаваемых на кафедре. Большинство методических указаний и необходимая техническая документация доступ-

ны в электронном виде. Упрощается процедура приема-сдачи практических работ. Преподаватели размещают в сети задания, заготовки к лабораторным работам, а также вопросы и литературу для подготовки к экзаменам по теоретическим курсам. При проведении занятий есть возможность транслировать на экраны компьютеров студентов текстовую и графическую информацию, отображаемую на мониторе преподавателя. Структура сети развивается, дополняются ее ресурсы. Следующим шагом в развитии планируется создание Интернет-сайта кафедры.

Опыт разработки, производства и сопровождения РЭС показал эффективность применения универсального автоматизированного рабочего места (АРМ) для проектирования и диагностики систем на основе 8, 16, 24, 32 разрядных микроконтроллеров и цифровых сигнальных процессоров (ЦСП/DSP) и обучения этому студентов. Применение в АРМ возможностей современных моделирующих пакетов и пакетов САПР, интеграция целевых плат ведущих фирм (Intel, Motorola, Texas Ins.) по интерфейсам RS-232, USB, Ethernet позволяет создать универсальное АРМ. Выбор структуры АРМ осуществлялся по следующим критериям:

- Использование на этапах системного моделирования и проектирования популярных пакетов для разработки реальных микропроцессорных систем (MatLab, Simulink, MAX Plus II, Quartus, PCAD200x, ACAD200x, языка C++ и среды LabVIEW);
- минимальная трудоемкость подключения к системе (аппаратная и программная) нового 8, 16, 24 или 32-разрядного управляющего микроконтроллера или DSP;
- максимальная производительность системы при минимальной цене;
- минимальные затраты на модернизацию и исправление ошибок, выявленных в процессе опытной эксплуатации;

- максимальное использование условно бесплатного программного обеспечения и стандартного оборудования.

Обобщенная структурная схема показана на рисунке 2.

При постановке лабораторных работ на АРМ преподавателями кафедры был использован опыт разработки цифровых радиоэлектронных систем. На кафедре была спроектирована аэрологические РЛС “БРИЗ”, ведутся работы по проектированию РЛС “ВЕКТОР-М”.

На начальном этапе проектирования разрабатываются и моделируются алгоритмы, реализуемые устройствами РЭС, составляются технические требования к устройству. При этом используются пакеты MatCad, MatLab с системой моделирования Simulink и пакетами расширения, а также программирование на языках С и С++ в пакете Microsoft Visual Studio 6.0. Студенты изучают язык С в лаборатории информационных технологий, начиная с первого курса. На третьем курсе изучают основы объектно-ориентированных языков программирования. Полученные знания используются на протяжении всего обучения дисциплинах, связанных с разработкой систем цифровой обработки сигналов и встраиваемых систем управления.

Выбор микроконтроллеров (МК) и DSP под конкретные технические требования производится с использованием информации из Internet, с сайтов фирм производителей (информация хранится на сервере лаборатории и оперативно обновляется). Из Internet можно получить симуляторы и простейшие системы разработки программ (обычно ассемблерные). Они, как правило, являются условно бесплатными. Программная симуляция выбранного МК позволяет провести оценочное программирование алгоритмов работы и оптимальное распределение функций между программной и аппаратной частями. В настоящее время в состав программного обеспече-

ния (ПО) АРМ учебной лаборатории включены программные средства фирм Intel, Motorola, Texas Instruments.

Основой для обучения методам проектирования микропроцессорных устройств на АРМ являются целевые (отладочные) платы (target board, evaluation board) для выбранного типа МК. В состав АРМ входят:

- целевые платы на основе микроконтроллеров семейства MCS-196, разработанные в лаборатории кафедры ,
- целевые платы для микроконтроллеров 68HC11 (3шт.), и DSP56002 (3шт.) фирмы Motorola получены по университетской программе этой фирмы.
- целевые платы (starter kit) 16 разрядных микроконтроллеров семейства MSP430. Представитель фирмы Texas Instruments фирма "Скан-ти" предоставила по университетской программе 10 таких плат, что позволило оснастить все рабочие места платами с современными МК (MSP430F449, MSP430F149).

К фирменным платам были разработаны согласующие схемы для включения в АРМ. Платы имеют аналоговые и цифровые входы-выходы, дополнительный последовательный интерфейс (RS232) для обмена с аппаратурой и программно - аппаратными моделями, реализованными в РС. Разработчик может использовать периферийные устройства компьютера в своей программе на МК через дополнительный интерфейс (RS232, USB, Ethernet), например, для моделирования периферийных устройств.

Управление целевой платой при отладке алгоритмов МК производится универсальной интегрированной средой MSCmaster (разработана на кафедре), которая имеет единый интерфейс пользователя для всех типов процессоров. Интегрированная среда MSCmaster включает в себя редактор, подсистемы получения исполняемого кода, подсистему отладки и диагностирования. Настройка MSCmaster на конкретный тип процессора

осуществляется с помощью динамических библиотек. Библиотека является своеобразным драйвером. Взаимодействие программы-отладчика и библиотек осуществляется по единому интерфейсу, который является открытым. Современные МК таких фирм как Motorola, Texas Instruments, Philips и т.д. имеют отладочные мониторы во внутреннем теновом ПЗУ и специальные интерфейсы связи (BDM, JTAG), что существенно упрощает задачу подключения этих МК к MCSmaster.

АРМ используется для обучения разработке и отладке программного обеспечения и аппаратуры многопроцессорной системы и её узлов. Отладка проектируемого устройства начинается до изготовления экспериментального образца устройства. Целевая плата моделирует процессорное ядро, остальные компоненты устройства моделируются программно-аппаратно. MCSmaster позволяет проводить отладку программы на целевой плате или диагностику неисправностей самой платы на тестовой программе в различных режимах: запуск, пошаговое выполнение, установка точек останова, просмотр и изменение содержимого ячеек памяти и регистров, оценка времени выполнения участков программы, графический ввод аналоговых сигналов, графическое отображение аналоговых сигналов, связь с моделирующими пакетами и т.д.

АРМ позволяет обучать методам настройки и диагностирования плат с использованием тестового программного обеспечения, а так же разработке тестовых программ. В этих случаях вместо целевой платы подключается диагностируемый объект (аналоговая или цифровая плата или устройство), управление диагностированием осуществляет подсистема отладки и диагностирования MCSmaster [5].

Проектирование и моделирование работы цифровых узлов на основе микросхем программируемой логики (PLD) производится с использованием пакета MAX Plus II (Quartus) фирмы Altera. Изучение современных ме-

тодик проектирования высокоскоростных цифровых устройств с использованием микросхем программируемой логики позволяет продемонстрировать все сильные стороны этих методов: простота описания поведения цифрового устройства, полномасштабное (с учетом всех временных задержек) моделирование, возможность оперативной коррекции поведения устройства в готовом изделии, защита встроенного программного обеспечения от несанкционированного доступа. Наличие в составе АРМ-а микросхемы программируемой логики большой степени интеграции позволяет оперативно загрузить разработанное программное обеспечение в данную микросхему и проверить правильность функционирования устройства уже на реальной плате.



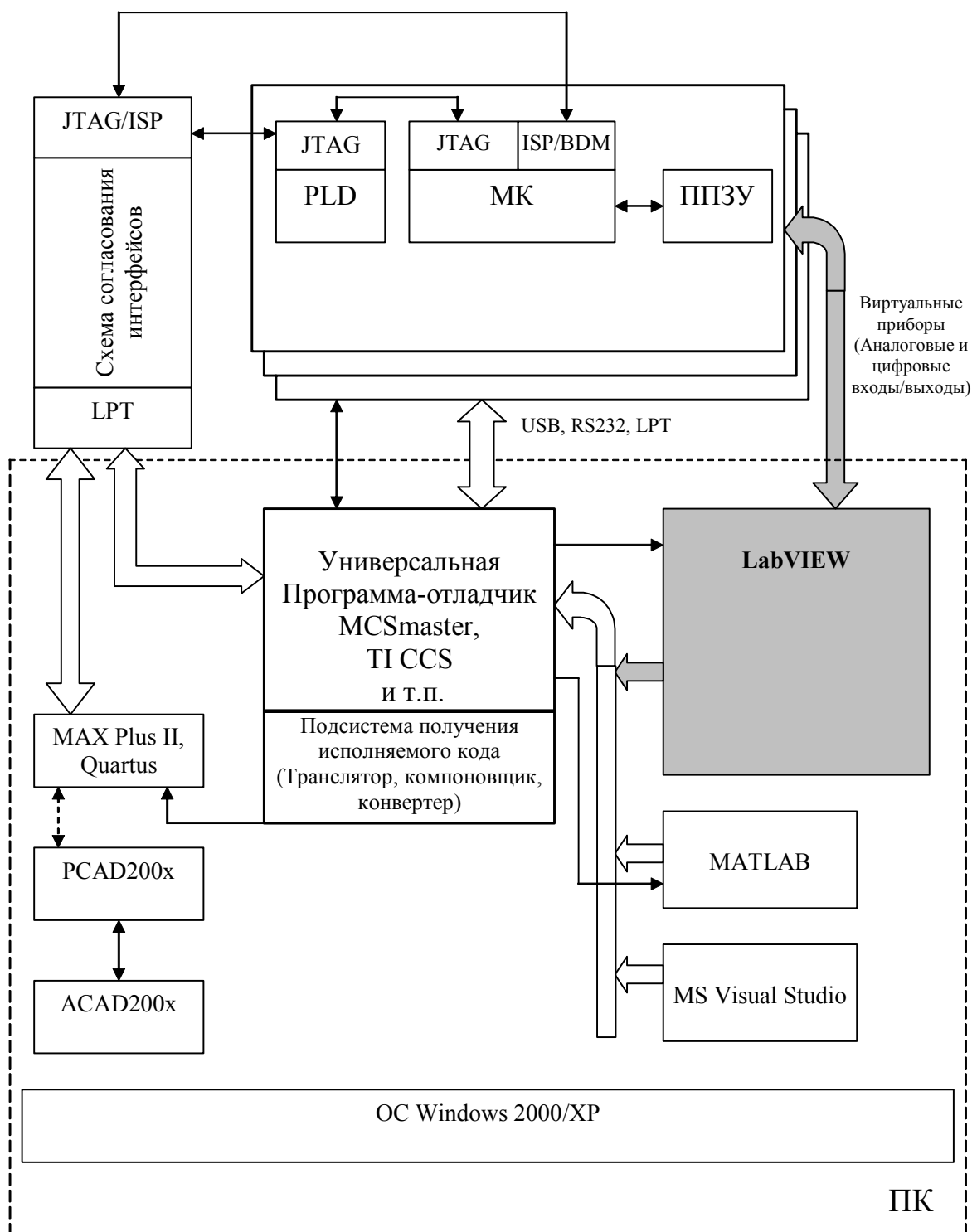


Рисунок 2. Обобщенная структурная схема АРМ

Такие АРМ требуют современных, высокоскоростных измерительных приборов, реальных или виртуальных, дополнительного развития

средств аппаратно- программного моделирования, отладки и диагностирования. Эти возможности дает среда графического программирования LabVIEW и модули фирмы National Instruments, подключаемые к PC. В настоящее время в систему Labview интегрированы по интерфейсу RS-232 лабораторные установки на основе микроконтроллеров фирмы Texas Instruments MSP430. Разрабатываются АРМ проверки цифровых и аналоговых модулей и каналов СВЧ связи.

На кафедре работает Уральский Региональный центр National Instruments. Он имеет 10 АРМ с программным комплексом LabVIEW FDS, комплект оборудования ввода-вывода сигналов (карта PCI-6014E -на 6 АРМ, карта PCI-6259M- 1АРМ, карта PCI6040E –1 АРМ, имитатор GPIB-1АРМ). Начато обучение студентов технологиям Labview в 4 учебных курсах. Обучения технологиям NI введено в тематику факультета повышения квалификации УГТУ-УПИ

Модули фирмы National Instruments (NI) и среда графического программирования LabVIEW позволяют решить ряд задач в подготовке инженеров, владеющих современными компьютерными методами моделирования и программирования. А именно, задач:

- управления, измерения и обмена информации с конкретными устройствами или их моделями – виртуальными приборами;
- создания графических оболочек (передних панелей виртуальных приборов);
- подключение виртуальных приборов к сети, удаленный доступ к ресурсам LabVIEW (например, к уникальным стендам) через локальную сеть Internet многих студентов.

Использование этой среды позволяет расширить возможности лаборатории. Изучить принципы построения автоматических испытательных и диагностических систем, систем АСУТП (заменить дорогие промышлен-

ные SCADA системы), проводить измерения конкретных параметров датчиков, аналоговых и цифровых модулей и т. п. с последующей математической обработкой результатов измерений. А также научиться проектировать и создавать графические системные интерфейсы с оператором, осуществлять подключение приборов к локальной сети и т.п. с использованием графического языка программирования G (ДЖЕЙ). Этот язык аналогичен языкам измерения и управления фирм Siemens, ABB, выполненным по требованиям стандартов МЭК.

Применение АРМ на основе целевых плат, виртуальных приборов в системе Labview, а также возможности современных моделирующих пакетов и пакетов САПР позволяют интегрировать знания студентов в теоретических и практических дисциплинах для создания современных систем на основе микроконтроллеров, DSP и ПЛИС. Таким образом, по нашему мнению, можно реализовать концепцию сквозного обучения методам системотехнического и схемотехнического автоматизированного проектирования. Включение в АРМ конструкторских пакетов PCAD200x, ACAD2000x, Solid Works позволяет обучать студентов ведению безбумажной технологии разработки полной конструкторской документации на изделие: начиная от разработки схемы электрической принципиальной, создания перечня элементов, трассировки печатной платы и заканчивая проработкой конструкции будущего изделия с использованием трехмерной модели и автоматическим получением всех необходимых чертежей деталей и спецификаций.