

УЧЕБНЫЙ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

Рыболовлев А.А., Трубицын В.Г., Афанасьев А.А., Рыболовлев Д.А.

Академия ФСО России

Быстрое внедрение цифровых технологий в сфере инфокоммуникаций во многом изменяет требования, предъявляемые к подготовке конкурентоспособных специалистов в этой области. Все более актуальными задачами для ВУЗов становятся как преподавание теоретических основ цифровой обработки сигналов (ЦОС), так и привитие обучаемым навыков практической работы с современной элементной базой, ориентированной на реализацию цифровых систем. На кафедре радиотехники и электроники Академии ФСО России накоплен опыт научного и методического обеспечения учебных дисциплин "Цифровая обработка сигналов" и "Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов" [1, 2] при подготовке специалистов по специальностям 201100, 201000, 200900 и 075600. Отдельного внимания заслуживает использование учебного аппаратно-программного комплекса (УАПК), позволяющего осуществлять полный цикл процедур разработки цифровых систем в соответствии с технологией eXpressDSP, используемой для цифровых процессоров обработки сигналов (ЦПОС) компании Texas Instruments.

Аппаратными средствами комплекса являются персональный компьютер класса Pentium с тактовой частотой не ниже 500 МГц и стартовый набор TMS320VC5416 DSK, производимый компанией Spectrum Digital. Стартовый набор в своем составе содержит ЦПОС TMS320VC5416PGE и набор периферийных устройств (логическое устройство на основе программируемой логической интегральной схемы, ИКМ-кодек, USB JTAG – контроллер, флэш-ПЗУ, ОЗУ, комплект портов и вспомогательных устройств), позволяющий реализовывать на базе модуля достаточно широкий перечень законченных систем ЦОС.

Программную часть УАПК составляют операционная среда Windows 98SE/ME/2000/XP, программные средства технологии eXpressDSP (интегрированная среда разработки Code Composer Studio, масштабируемое ядро реального времени DSP/BIOS и eXpressDSP-совместимые программные продукты) и программа технических расчетов MATLAB, поставляемая на рынок компанией MathWorks.

Необходимо отметить, что программа MATLAB в УАПК играет вспомогательную роль, обеспечивая обучающихся средствами моделирования цифровых систем и дискретных сигналов, виртуальными средствами измерения и графического отображения требуемых исследователю характеристик. Выбор среды MATLAB в качестве компонента УАПК не случаен, обусловлен ее назначением и способностью поддержки базового курса ЦОС. Существенно и то, что печатные издания, рекомендованные в последние годы Министерством образования РФ и Учебно-методическим объединением в области телекоммуникаций в качестве учебных пособий по цифровой обработке сигналов [3, 4], также используют MATLAB в качестве инструментария моделирования процедур ЦОС. Остается сожалеть, что приостановил свое функционирование научно-практический журнал "Exponenta Pro. Математика в приложениях", прилагавший большие усилия к популяризации применения среды MATLAB в целях изучения основ ЦОС.

Состав УАПК позволяет при проведении занятий использовать любой из доступных режимов эмуляции процессора: по JTAG-интерфейсу при работе с эмулятором или с помощью USB JTAG – контроллера, реализующего эмуляционную логику DSK, с обеспечением обмена данными в режиме реального времени (RTDX – Real-Time Data Exchange).

К основным возможностям УАПК следует отнести:

- моделирование реализуемой системы ЦОС средствами программы MATLAB;
- осуществление полного цикла разработки цифровых систем от алгоритмического решения до готового продукта в соответствии с технологией eXpressDSP;
- использование широкого набора стандартных пакетов инженерного моделирования и eXpressDSP-совместимых программных продуктов;
- конфигурирование системы на основе аппаратных средств или симуляторов;
- эмуляция процессора в режиме реального времени с использованием USB JTAG-контроллера и внутрикристального эмулятора;
- совместная оптимизирующая компиляция исходного файла, ассемблирование и линкование выполняемого COFF-файла с автоматическим дизассемблированием;
- оптимизация распределения памяти процессора при использовании визуального компоновщика;
- профилирование исполняемых программ в покомандном или позиционном режимах;
- анализ исполнения программы и отладка системы в режиме реального времени с помощью технологии RTDX;
- многорежимная визуализация состояния системы в режиме реального времени;
- функционирование в режиме категоризированной многозадачности.

Взаимодействие основных компонентов учебного аппаратно-программного комплекса разработки цифровых систем на основе процессора TMS320VC5416 в рамках технологии eXpressDSP при использовании программы технических расчетов MATLAB показано на рисунке 1.

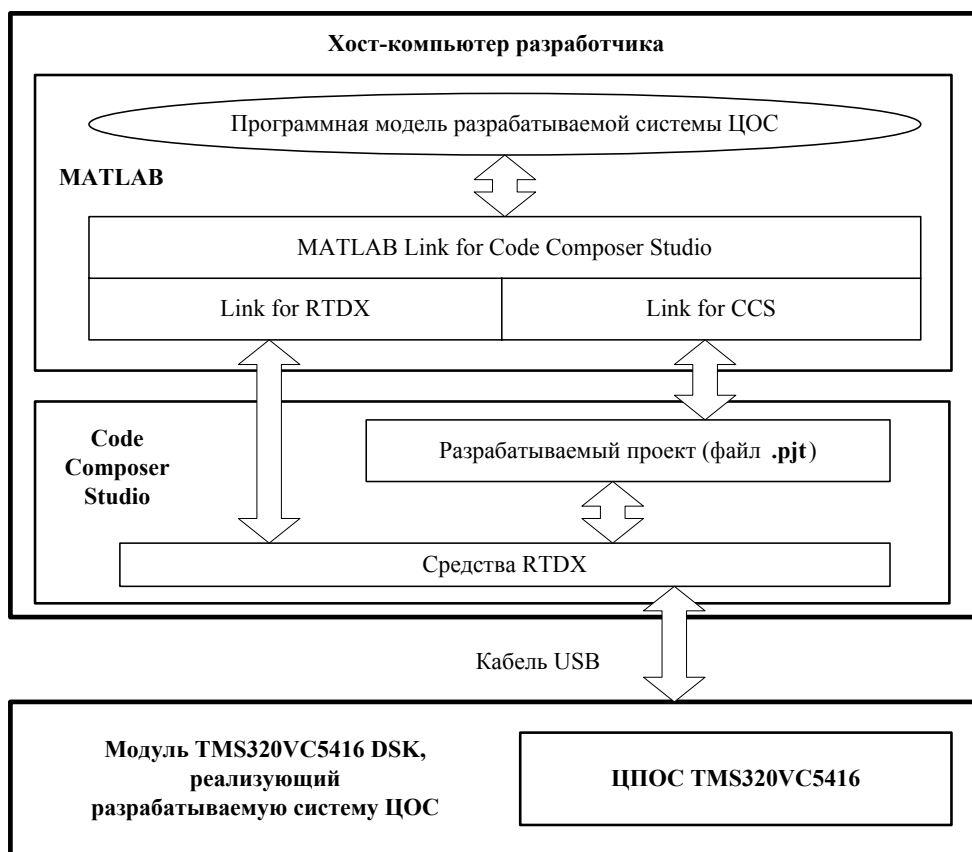


Рис. 1. Взаимодействие основных компонентов УАПК

Сопряжение программы технических расчетов MATLAB со средствами интегрированной среды разработки Code Composer Studio обеспечивается расширением MATLAB Link for Code Composer Studio. Основные функции данного расширения предназначены для решения двух главных задач:

- обеспечения возможности применения вычислительных и графических средств MATLAB при разработке и отладке систем ЦОС посредством осуществления интерактивного обмена данными между командными окнами MATLAB и CCS (на рисунке 1 группа этих функций обозначена как "Link for CCS");

- обеспечения возможности обмена данными между MATLAB и каналами RTDX с целью взаимодействия с ЦПОС TMS320VC5416 без остановки приложения, исполняемого на процессоре (на рисунке 1 группа этих функций обозначена как "Link for RTDX"), что позволяет осуществлять мониторинг процессора и оценку характеристик разрабатываемой цифровой системы средствами MATLAB.

Существенно, что средства RTDX обеспечивают режим двустороннего обмена данными между хост-компьютером разработчика и TMS320VC5416 стартового набора в реальном масштабе времени, не мешающий функционированию разрабатываемой системы (исполняемого приложения).

Ниже приведен перечень основных операций по разработке цифровых систем на основе УАПК, используемых в ходе занятий.

1. Сборка УАПК, инсталляция программного обеспечения.
2. Диагностика TMS320VC5416 DSK.
3. Подключение к УАПК вспомогательного оборудования, необходимого для функционирования разрабатываемой системы
4. Конфигурирование системы.
5. Создание проекта.
 - 5.1. Моделирование разрабатываемой системы в программе MATLAB.
 - 5.2. Создание файла **.pjt** папки **Project** (выбор или создание исходного файла, комплектация вспомогательных файлов).
 - 5.3. Компиляция исходного файла **.c**.
 - 5.4. Загрузка выполняемого файла **.out** в модуль TMS320VC5416 DSK.
6. Отладка системы.
 - 6.1. Контроль процедуры дизассемблирования.
 - 6.2. Запуск выполняемого файла.
 - 6.3. Использование точек останова и точек подключения.

- 6.4. Профилирование программы в различных режимах (создание сеанса профилирования, профилирование по файлам, по функциям и по диапазонам).
- 6.5. Контроль загрузки процессора и распределения памяти.
- 6.6. Контроль состояния регистров процессора.
- 6.7. Контроль состояния стека.
- 6.8. Контроль локальных и глобальных переменных.
- 6.9. Тестирование системы.
- 6.9.1. Формирование тестового сигнала.
- 6.9.2. Анализ результата обработки тестового сигнала разработанной системой.
- 7. Диагностика TMS320VC5416 DSK.
- 8. Разборка учебного аппаратно-программного комплекса и вспомогательного оборудования, деинсталляция программного обеспечения.

Литература

- 1. Рыболовлев А. А. Опыт постановки учебных дисциплин "Цифровая обработка сигналов" и "Микропроцессоры и цифровая обработка сигналов" для подготовки специалистов инфокоммуникационных специальностей // Труды РНТОРЭС им. Попова. Серия: цифровая обработка сигналов и ее применение. Выпуск VII–1. Доклады 7-й Международной конференции "Цифровая обработка сигналов и ее применение". – М.: РНТОРЭС, 2005. – С. 41 – 44.
- 2. Рыболовлев А. А. Опыт и научно-методические особенности обучения основам цифровой обработки сигналов в условиях динамичного развития цифровых инфокоммуникационных технологий // Актуальные проблемы профессионального образования в условиях модернизации высшей школы: Сборник научных докладов и тезисов межвузовской научно-практической конференции. 6 – 7 апреля 2004 г. – Орел: Академия Спецсвязи России, 2004. – С. 247 – 248.
- 3. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
- 4. Солонина А. И., Улахович Д. А., Арбузов С. М., Соловьева Е. Б., Гук И. И. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.

