

**Микроконтроллерный модуль на базе ПЛИС  
для лабораторных занятий по дисциплине  
«Программируемые цифровые устройства»**

Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Шмаков В.Ю., Исаев А.В.  
Белорусский национальный технический университет  
Борисовский государственный политехнический колледж

Развитие электроники наряду с ростом быстродействия, функциональности и степени интеграции приводит к появлению новых типов интегральных схем. Таким примером могут служить микроконтроллеры и ПЛИС [1]. Их широкое использование при построении систем съема измерительной информации, сигнализации и защиты информации открывает новые возможности, не достижимые при использовании традиционных электронных компонентов.

Знание современных микропроцессоров и ПЛИС возможностей, особенностей их применения, программирования позволяет более эффективно разрабатывать приборы для самых разнообразных областей применения от стиральной машины до космической техники, избегать неоправданных трат времени и сил.

В электронной промышленности наблюдается тенденция перехода к проектированию на уровне кристалла, а не на уровне платы [2]. При применении микроконтроллеров и ПЛИС такое проектирование позволяет создавать законченные электронные системы практически на одном универсальном кристалле. Разработка конкретного прибора на их основе заключается в написании и отладке некоторой программы или в создании описания конфигурации ее внутренних элементов.

Микроконтроллер представляет собой итог интеграции в одной микросхеме классического микропроцессора, примыкающих к нему цифровых вспомогательных блоков обеспечения его работы и наборов программно управляемых периферийных модулей, обеспечивающих решение типовых практических задач информационно-измерительной техники.

ПЛИС – это результат своеобразного «симбиоза» запоминающего устройства и элементной базы схемотехники малых и средних интегральных схем. Проектирование прибора с применением ПЛИС образно выглядит как сборка схемы из элементов

некоторого конструктора. Соединения этих элементов задаются программно с помощью отдельного блока элементов постоянной памяти. Инженер-электронщик фактически задает соединения блоков на микросхеме, в результате чего ПЛИС становится конкретным электронным прибором – микроконтроллером, цифровым фильтром, кодеком и т.п. Данный класс ПЛИС называется «составными программируемыми логическими устройствами» или CPLD (Complex Programmable Logical Device) и часто используется для реализации управляющих и интерфейсных цепей более сложного электронного микропроцессорного прибора.

Средства формирования конфигурационной кодировки ПЛИС наряду с традиционным проектированием на основе схемного редактора включают специальные языки описания дискретных устройств или HDL (Hardware Description Language) с соответствующими средами разработками. К последним относятся VHDL (по синтаксису подобный на язык программирования Ада), Verilog (более похожий на C) и некоторые другие [3].

В рамках дисциплины «Программируемые цифровые устройства» на кафедре «Информационно-измерительная техника и технологии» БНТУ производится обучение устройству и применению микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). С целью совершенствования учебного процесса для курсового проектирования и обеспечения лабораторного практикума по данной дисциплине разработан электронный модуль на базе БИС микроконтроллера семейства MCS-51 и ПЛИС типа CPLD.

Модуль представляет собой печатную плату формата РС104 (примерно 90х96 мм), включающую микроконтроллер и ПЛИС, а также входные и выходные буферы аналоговых и цифровых сигналов, согласователи уровней интерфейса RS-232 (для мониторинга на персональном компьютере) и коммутационные элементы.

Самостоятельная разработка данного устройства вызвана тем, что аналогичные так называемые платы разработчика, во-первых, достаточно дороги, во-вторых, рассчитаны на применение профессионалом (без должной отработки обучающих элементов), и, в-третьих, не выпускаются в требуемой комбинации «микроконтроллер-ПЛИС».

Микроконтроллер C8051F121 полностью совместим с исходной микросхемой 8051АН фирмы Intel, он имеет на два порядка большую производительность ядра (которая составляет 100 MIPS), а также многочисленные дополнительные устройства цифровой и аналоговой периферий, включая встроенные 12-разрядные АЦП и ЦАП. Несомненным достоинством выбранного микроконтроллера является наличие FLASH-памяти программ и встроенного аппаратного внутрисхемного отладчика. Особым преимуществом выбранного микроконтроллера является то, что отладочные средства реализованы аппаратно и не требуют дополнительных ресурсов (регистров, памяти данных и программ). Кроме того, он позволяет проверять работу программы в режиме реального времени.

Из ПЛИС выбрана микросхема XCR3128XL-10VQ100C семейства CoolRunner фирмы Xilinx. Это малопотребляющая современная (разработки 2000 г.) микросхема типа CPLD, включающая 128 макроячеек и имеющая задержку 10 нс, что позволяет реализовывать на ней широкий класс цифровых электронных устройств, применяемых в современной схемотехнике.

В ходе разработки определилась следующая функциональная организация данного модуля.

Микроконтроллер подключается к персональному компьютеру через адаптер последовательных интерфейсов RS-232 – JTAG. Наличие разнообразных внутренних периферийных модулей позволяет использовать данный микроконтроллер в целом ряде учебных тем. Наряду с ознакомительными занятиями по работе с программной кросс-средой разработки несомненно полезным является практика программной настройки и применения встроенных ЦАП, АЦП, компараторов, счетчиков-таймеров в программных режимах, последовательных интерфейсов UART, SPI, I<sup>2</sup>C, а также эмуляция подобных интерфейсов с помощью стандартных каналов портов ввода-вывода.

Примененная ПЛИС подключается к среде разработки Xilinx ISE через параллельный порт. Созданная программно и записанная в ПЛИС электронная цифровая схема своими входами и выходами соединена с портами микроконтроллера (до 32 линий), что позволяет осуществлять тесное взаимодействие этих двух программируемых микросхем.

Модуль рассчитан на использование в двух семестрах. В первом семестре основное внимание уделяется применению (программированию) микроконтроллера, для которого ПЛИС является внешним (программируемым преподавателем) объектом. Во втором семестре выполняется обучение работе с ПЛИС, при этом микроконтроллер с защитой в него тестовой программой осуществляет мониторинг ряда контактов микросхемы ПЛИС, задавая на них входные воздействия и считывая состояния выходов. Для большей гибкости в управлении микроконтроллером реализован наглядный графический диалоговый интерфейс микроконтроллера и персонального компьютера по последовательному порту.

При внедрении в учебный процесс разработанного многофункционального контроллера решаются разноплановые задачи обучения студента применению соответствующих сред разработки (Keil, ISE), языков программирования микроконтроллеров и описания дискретных устройств, закрепления учебного материала по дисциплине «схемотехника».

Вместе с тем, разработанный модуль по своим рабочим параметрам оказался успешно применим не только в учебной практике, но и в проводимых научно-исследовательских работах. Так, например, на нем реализован модуль съема и первичной обработки данных с лазерного датчика угловых перемещений. Выходной информацией такого датчика является парафазный сигнал биений частотой до мегагерца. Для его ввода и дальнейшей обработки применяется схема выделения знака с реверсивным счетчиком импульсов биений. Эти блоки были реализованы на ПЛИС, а микроконтроллер запрограммирован на съем данных со счетчика, пересылку их в компьютер, а также на обеспечение функционирования лазерного датчика (настройку на контуре усиления, формирование сигнала подставки и т.п.).

1. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.: ЭКОМ, 2002.
2. Дж. Ф. Уэйкерли. Проектирование цифровых устройств, том.1. – М.: Постмаркет, 2002.
3. Грушвицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.