

Практический курс сквозного проектирования цифровых устройств на основе ПЛИС фирмы Xilinx

(часть 15)

Валерий Зотов (Москва)

В очередной части курса описан процесс выполнения этапа реализации (implementation) разрабатываемого устройства на базе кристаллов с архитектурой CPLD. Приводится краткое описание структуры отчётов о выполнении этапа размещения и трассировки, а также результатов статического временного анализа. Рассматриваются параметры и выполнение этапа полного (временного) моделирования проектируемого устройства. Приводятся необходимые сведения о создании конфигурационной последовательности для разрабатываемого проекта и программировании ПЛИС семейств CPLD с помощью модуля iMPACT пакета САПР серии Xilinx ISE.

Установка значений параметров полного (временного) моделирования проектируемого устройства, реализуемого на базе ПЛИС семейств CPLD

После успешного завершения процесса размещения и трассировки проекта в кристалле ПЛИС рекомендуется выполнить его верификацию методом полного (временного) моделирования. В этом случае необходимо, прежде всего, указать требуемые значения параметров этого процесса. Чтобы открыть доступ к строке запуска процесса полного (временного) моделирования проектируемого устройства, следует в окне исходных модулей *Sources Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*) выбрать режим отображения файлов исходных описаний, предназначенных для выполнения данного этапа. Для этого необходимо в выпадающем списке поля *Sources for:* выбрать строку *Post-Fit Simulation*. При этом в окне исходных модулей *Sources Window* открывается список всех созданных тестовых модулей проекта, которые могут использоваться в процессе временного моделирования разрабатываемого устройства. Далее в появившемся списке необходимо выделить строку с названием используемого тестового файла, поместив на неё курсор мы-

ши и щёлкнув левой кнопкой. В результате этих действий в окне процессов *Processes Window* появляется раздел, название которого соответствует выбранному средству моделирования Xilinx ISE Simulator или ModelSim Simulator. Чтобы открыть данный раздел, следует поместить курсор на знак «+», расположенный перед его названием, и щёлкнуть левой кнопкой мыши.

Для контроля и установки требуемых значений параметров временного моделирования необходимо в окне процессов *Processes Window* щелчком левой кнопки мыши выделить строку *Simulate Post-Fit Model*, после чего нажать кнопку , расположенную на оперативной панели Навигатора проекта, или воспользоваться командой *Properties* контекстно-зависимого всплывающего меню, которое выводится при щелчке правой кнопки мыши. Отображаемая после этого диалоговая панель параметров временного моделирования (в отличие от функционального) при использовании системы моделирования ModelSim содержит три страницы: *Simulation Properties*, *Display Properties* и *Simulation Model*. Если для верификации разрабатываемого устройства выбраны встроенные средства моделирования Xilinx ISE Simulator, то диалоговая панель параметров процесса временного моде-

лирования в этом случае будет содержать только две страницы с заголовками *ISE Simulator Properties* и *Simulation Model*.

Страница *Simulation Properties* включает в себя все параметры инициализации программы ModelSim и процесса моделирования, присутствующие на одноименной странице в случае функциональной верификации. Назначение этих параметров и их возможные значения были достаточно подробно рассмотрены в одной из предыдущих частей цикла. Кроме того, страница *Simulation Properties* для процесса временного моделирования содержит три дополнительных параметра.

Параметр *Delay Values To Be Read From SDF* предназначен для выбора одного из двух вариантов значений задержек распространения сигналов, представленных в файле SDF (Standard Format Delay), при осуществлении временного моделирования. В выпадающем списке возможных значений этого параметра представлены следующие варианты: *Setup Time* и *Hold Time*. При использовании значения *Setup Time*, установленного по умолчанию, проектируемое устройство моделируется с учётом максимальных значений задержек, указанных в соответствующем файле SDF. Значение *Hold Time* соответствует режиму моделирования при минимальных задержках распространения сигналов в разрабатываемом устройстве.

Значение параметра *UUT Instance Name* определяет название объекта верхнего уровня иерархии в тестовом модуле проекта. По умолчанию в качестве названия объекта, описывающего испытательный стенд, используется *UUT*. Если необходимо изменить идентификатор, предлагаемый по умолчанию, то следует активизировать поле редактирования параметра *UUT Instance Name* и

вести требуемое название с помощью клавиатуры.

С помощью параметра *Generate VCD File* осуществляется управление формированием файла результатов в формате VCD (Value Change Dump) в процессе временного моделирования. Этот файл может использоваться, в частности, программой оценки потребляемой мощности XPower. При использовании значения «выключено», установленного по умолчанию, автоматическое создание файла VCD в процессе временного моделирования не производится.

Страница *Display Properties* панели процесса временного моделирования содержит те же параметры, что и для этапа функционального моделирования. Значение каждого параметра, расположенного на этой странице, определяет режим отображения соответствующего дочернего окна системы моделирования ModelSim.

На странице *Simulation Model* представлены параметры, предназначенные для управления процедурами формирования полной временной модели разрабатываемого устройства, создаваемой после размещения и трассировки проекта в кристалле. Назначение этих параметров было подробно рассмотрено в предыдущей статье данного цикла. Состав параметров, представленных на странице *Simulation Model*, не зависит от выбора системы моделирования.

При использовании встроенных средств моделирования Xilinx ISE Simulator страница *ISE Simulator Properties* диалоговой панели параметров процесса временного моделирования включает в себя те же параметры, что и при функциональном моделировании. Состав и назначение этих параметров было рассмотрено в разделе, посвящённом функциональной верификации разрабатываемого устройства. Кроме того, при временном моделировании страница *ISE Simulator Properties* содержит ещё четыре параметра: *Generate VCD File for Power Estimation*, *VCD File Name*, *Delay Values To Be Read From SDF* и *UUT Instance Name*.

Значение параметра *Generate VCD File for Power Estimation* разрешает или запрещает создание файла результатов в формате VCD (Value Change Dump) при осуществлении процесса временного моделирования. По умолчанию для данного параметра предлагается значение «вы-

ключено», блокирующее автоматическое создание файла VCD в процессе временного моделирования.

Параметр *VCD File Name* предназначен для определения названия и места расположения файла результатов временного моделирования в формате VCD. Данный параметр доступен только при выборе разрешающего значения для параметра *Generate VCD File for Power Estimation*. По умолчанию в качестве названия создаваемого файла VCD предлагается идентификатор *xpower:vcd*, который записывается в рабочий каталог проекта. Для изменения предлагаемого названия файла и каталога необходимо воспользоваться кнопкой с пиктограммой в виде многоточия, представленной в поле редактирования рассматриваемого параметра. При нажатии на эту кнопку на экране появляется стандартная диалоговая панель открытия файла. С помощью этой диалоговой панели необходимо выбрать требуемую папку и указать новое название файла. В поле редактирования параметра *VCD File Name* можно сразу задать полное имя файла, включающее путь доступа к нему, используя клавиатуру.

Параметры *Delay Values To Be Read From SDF* и *UUT Instance Name* имеют то же назначение, что и при использовании системы моделирования ModelSim.

После установки требуемых значений параметров процесса временного моделирования необходимо подтвердить их нажатием клавиш *Apply* или *OK*, которые расположены в нижней части диалоговой панели параметров.

ПОЛНОЕ (ВРЕМЕННОЕ) МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD

Запуск процесса временного моделирования проекта осуществляется двойным щелчком левой кнопки мыши на строке *Simulate Post-Fit Model* в окне процессов *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*). Если этапы синтеза, размещения и трассировки были проведены успешно, то далее автоматически создаётся командный файл сеанса временной верификации и производится запуск выбранной среды моделирования (системы

ModelSim или средств Xilinx ISE Simulator), которая сразу же после инициализации исполняет этот пакетный файл. При отсутствии окончательных результатов этапа реализации проекта (например, в случае их удаления с помощью команды *Cleanup Project Files* из всплывающего меню *Project* или если размещение и трассировка не проводились) программные средства САПР серии Xilinx ISE автоматически выполняют все необходимые процедуры, после чего будет активизирован непосредственно процесс временного моделирования.

Для проекта, в котором правильно учтены все временные факторы (выбран кристалл с необходимым быстродействием, заданы и выполнены соответствующие ограничения), результаты временного моделирования отличаются от итогов функциональной верификации только наличием задержек между входными и выходными сигналами.

Если полученные результаты временного моделирования не удовлетворяют предъявляемым требованиям, то следует проанализировать выполнение ограничений, установленных в проекте. Кроме того, рекомендуется обратить внимание на критерии оптимизации, которые были установлены для процессов синтеза и реализации (Implementation) проекта. При необходимости следует внести коррективы во временные и топологические ограничения проекта и/или изменить критерии оптимизации, которая выполняется на этапах синтеза и реализации. После этого необходимо повторить все необходимые этапы проектирования, включая полное временное моделирование. Если указанные действия не приносят желаемого результата, то следует выбрать кристалл с более высоким быстродействием.


При получении удовлетворительных результатов временного моделирования можно перейти к завершающему этапу процесса разработки цифровых устройств на базе ПЛИС семейств CPLD – загрузке разработанного проекта в кристалл.

СОДЕРЖАНИЕ ЭТАПА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD В САПР СЕРИИ XILINX ISE

На этапе программирования ПЛИС семейств CPLD фирмы Xilinx осуществ-

вляется конфигурирование кристалла, предназначенного для реализации алгоритма функционирования проектируемого устройства. Рассматриваемый этап включает в себя две фазы: создание конфигурационной последовательности для разрабатываемого проекта и её загрузку в кристалл с помощью программных средств, входящих в состав пакета САПР серии Xilinx ISE.

СОЗДАНИЕ КОНФИГУРАЦИОННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD

Результаты, полученные на этапе размещения и трассировки проекта в кристалле, не могут непосредственно использоваться для конфигурирования ПЛИС. Их необходимо преобразовать в формат, воспринимаемый средствами программирования. Для загрузки разработанного проекта в кристаллы семейств CPLD с использованием JTAG-интерфейса создаётся конфигурационная последовательность (файл программирования) в формате JEDEC. Перед активизацией процесса генерации файла программирования необходимо проверить и установить необходимые значения его параметров. Для этого следует в окне процессов *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*) щелчком левой кнопки мыши выделить строку *Generate Programming File*, после чего нажать кнопку , расположенную на оперативной панели, или воспользоваться командой *Properties* контекстно-зависимого всплывающего меню, которое выводится при щелчке правой кнопки мыши. В результате выполненных действий на экране монитора отображается диалоговая панель параметров процесса генерации конфигурационной последовательности с заголовком *Programming*. В зависимости от семейства ПЛИС, выбранного для реализации разрабатываемого устройства, в состав этой диалоговой панели входят три или четыре параметра.

С помощью параметра *Autosignature Generation* выбирается способ определения сигнатуры, которая ставится в соответствие генерируемой конфигурационной последовательности и записывается в файл программирования. После загрузки

конфигурационной последовательности проекта в кристалл эта сигнатура может быть считана с помощью средств программирования. Таким образом, разработчик может при необходимости уточнить, какому проекту (варианту проекта) соответствует конфигурационная последовательность, загруженная в каждый кристалл ПЛИС. При использовании значения «включено» для параметра *Autosignature Generation* средства САПР серии Xilinx ISE автоматически формируют соответствующую строку кода. Значение «выключено», установленное по умолчанию, позволяет использовать сигнатуру, указанную разработчиком с помощью параметра *Signature/User Code*.

В случае использования кристаллов семейств XC9500, XC9500XL и XC9500XV для реализации проектируемого устройства параметр *Signature/User Code* позволяет разработчику задать уникальную сигнатуру (код пользователя) в виде строки, включающей не более четырёх алфавитно-цифровых символов, которая идентифицирует создаваемую конфигурационную последовательность каждого проекта. Для определения сигнатуры следует щелчком левой кнопки мыши активизировать соответствующее поле редактирования в диалоговой панели, после чего ввести с помощью клавиатуры требуемую последовательность символов. По умолчанию в качестве сигнатуры используется название (первые четыре символа) исходного модуля верхнего уровня иерархии проекта.

При создании файла конфигурационной последовательности для проектов, реализуемых на базе ПЛИС семейств CoolRunner-II и CoolRunner XPLA3, вместо сигнатуры указывается пользовательский код *User Code*. Этот код, в отличие от сигнатуры, не включается в состав файла программирования, а записывается в специальный регистр кристалла при его конфигурировании.

Значение параметра *Create IEEE 1532 Configuration File* разрешает или запрещает создание файла программирования ISC, соответствующего новому стандарту конфигурирования ПЛИС IEEE Standard 1532. По умолчанию для этого параметра используется значение «выключено», запрещающее генерацию файла программирования ISC.

С помощью параметра *Other Programming Command Line Options* пользователь может задать дополнительные параметры командной строки для программных средств генерации конфигурационной последовательности.

Выполнив все необходимые изменения значений параметров процесса генерации конфигурационной последовательности, следует подтвердить их нажатием клавиши *OK* в нижней части диалоговой панели *Programming*. После этого необходимо активизировать процесс формирования файла программирования двойным щелчком левой кнопки мыши на строке *Generate Programming File*, расположенной в окне процессов *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Информация о ходе его выполнения отображается в окне консольных сообщений *Transcript Window* и строке состояния управляющей оболочки Навигатора проекта. После успешного завершения этого процесса, отмеченного соответствующей пиктограммой в строке *Generate Programming File*, можно приступить непосредственно к программированию ПЛИС.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD ФИРМЫ XILINX

ПЛИС с архитектурой CPLD, выпускаемые фирмой Xilinx, являются программируемыми в системе (in-system programmable, ISP). Для их конфигурирования не требуется специальных аппаратных средств, хотя их использование также возможно (например, программатора HW-130). Конфигурационная последовательность разрабатываемого проекта может быть загружена из компьютера через специальный кабель JTAG-интерфейса. Для программирования ПЛИС семейств CPLD фирмы Xilinx используются только четыре сигнала из совокупности, описанной в спецификации стандарта JTAG (IEEE Standard 1149.1):

- Test Data In (TDI);
- Test Mode Select (TMS);
- Test Clock (TCK);
- Test Data Out (TDO).

Представленные сигналы в процессе конфигурирования подаются на одноименные выводы ПЛИС. Если в


состав разрабатываемой системы входят несколько кристаллов ПЛИС, то их специальные выводы, используемые для программирования и периферийного сканирования, могут быть соединены в соответствии со схемой, показанной на рисунке 9. Таким образом, формируется последовательная цепочка периферийного сканирования кристаллов ПЛИС, подключенных к соответствующей группе контактов JTAG-интерфейса.

Модуль программирования *iMPACT*, входящий в состав пакета САПР серии Xilinx ISE, позволяет выполнить не только операции конфигурирования и периферийного сканирования для ПЛИС семейств CPLD, FPGA и ISP ППЗУ семейства XC18V00, но и формировать файлы «прошивки» ПЗУ и ППЗУ в стандартных промышленных форматах, поддерживаемых различными аппаратными программаторами.

УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ МОДУЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПЛИС *iMPACT* САПР СЕРИИ XILINX ISE

Прежде чем приступить непосредственно к работе с модулем программирования ПЛИС *iMPACT*, рекомендуется присоединить загрузочный кабель к соответствующему порту ПК и специальным контактам платы проектируемого устройства, предназначенным для конфигурирования кристаллов (JTAG-порту). После этого следует подать напряжение питания на разработанное устройство. Такая последовательность обеспечивает возможность автоматического обнаружения и инициализации загрузочного кабеля и цепочки периферийного сканирования кристаллов ПЛИС при активизации программы *iMPACT*. Если загрузочный кабель подключается после запуска модуля программирования, то в этом случае необходимо выполнить «вручную» операции установки типа и параметров используемого кабеля и инициализации цепочки периферийного сканирования кристаллов.

При активизации программы *iMPACT* непосредственно в среде управляющей оболочки САПР серии Xilinx ISE – Навигатора проекта (*Project Navigator*) – рекомендуется предварительно проконтролировать и при необходимости установить тре-

буемые значения параметров инициализации. Для этого в окне процессов *Processes Window* щелчком левой кнопки мыши следует выделить строку *Configure Device (iMPACT)*, после чего нажать кнопку , расположенную на оперативной панели Навигатора проекта, или воспользоваться командой *Properties* контекстно-зависимого всплывающего меню, которое выводится при щелчке правой кнопки мыши. В результате выполненных действий на экране монитора отображается диалоговая панель параметров инициализации программы *iMPACT*, которая имеет заголовок *iMPACT Programming Tool Properties*. Назначение параметров, представленных в этой диалоговой панели, поясняется ниже.

Параметр *Port to be used* позволяет разработчику выбрать порт ПК, который используется для подключения загрузочного кабеля. Выпадающий список содержит следующие значения: *Auto*, *LPT1*, *LPT2*, *LPT3*, *COM1*, *COM2*, *COM3*, *USB0*, *USB1*, *USB2*. Разработчик может указать порт, к которому подключен соответствующий загрузочный кабель. Значение *Auto* позволяет программе *iMPACT* автоматически определить порт ПК, к которому присоединён загрузочный кабель.

Значение параметра *Baud rate* определяет скорость передачи данных (бит/с) между ПК и выбранным загрузочным кабелем. Выпадающий список возможных значений этого параметра содержит пять вариантов: *Auto*, *9600*, *19200*, *38400*, *57600*. При использовании значения *Auto* осуществляется автоматический выбор скорости передачи данных, соответствующей применяемому типу загрузочного кабеля и порту ПК.

Параметр *Configuration Mode* задаёт режим конфигурирования ПЛИС, который будет автоматически установлен при запуске программы *iMPACT*. Содержание выпадающего списка возможных значений этого параметра зависит от семейства ПЛИС, выбранного для реализации проектируемого устройства. Для конфигурирования кристаллов семейств CPLD следует установить режим периферийного сканирования *Boundary Scan*.

По умолчанию для этих трёх перечисленных параметров установлено неопределённое значение *None*.

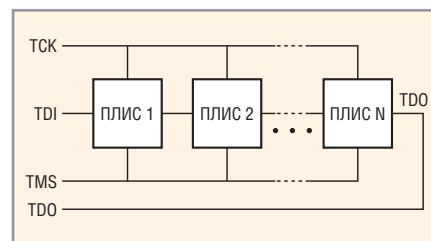



Рис. 9. Схема соединения выводов ПЛИС, используемая для программирования и периферийного сканирования

С помощью параметра *Configuration Filename* определяется название файла программирования, который будет использован в процессе конфигурирования. Название файла может быть введено непосредственно с клавиатуры после активизации поля редактирования значения этого параметра или выбрано при использовании стандартной диалоговой панели открытия файла, которая выводится на экран при нажатии кнопки с пиктограммой в виде многоточия «...». По умолчанию значение этого параметра не определено.

Все выполненные изменения параметров инициализации программы *iMPACT* вступают в силу только после нажатия клавиши *OK* в нижней части диалоговой панели *iMPACT Programming Tool Properties*. Далее следует активизировать модуль программирования ПЛИС двойным щелчком левой кнопки мыши на строке *Configure Device (iMPACT)* в окне процедур *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Если в диалоговой панели инициализации были оставлены значения, установленные по умолчанию, то после активизации модуля программирования автоматически запускается «мастер», который позволяет определить эти параметры в интерактивном режиме.

Работа «мастера» начинается с вывода на экран диалоговой панели *Welcome to iMPACT*, в которой необходимо выбрать режим работы программы *iMPACT*. Требуемый режим указывается с помощью группы кнопок с зависимой фиксацией, которые представлены на этой панели. Для конфигурирования ПЛИС семейств CPLD необходимо выбрать режим периферийного сканирования *Boundary-Scan (JTAG) Mode*, зафиксировав в нажатом положении кнопку *Configure devices using Boundary-Scan (JTAG)*. При этом становится доступ-

ным поле выбора способа обнаружения подключенного загрузочного кабеля и инициализации цепочки периферийного сканирования. Рекомендуется установить режим автоматического обнаружения подключенного загрузочного кабеля и цепочки периферийного сканирования. Для этого в выпадающем списке этого поля выбора следует указать строку *Automatically connect to cable and identify Boundary-Scan chain*.

При выборе варианта *Enter a Boundary-Scan chain manually* для определения и инициализации цепочки периферийного сканирования будет использоваться «ручной» способ. В этом случае после завершения работы «мастера» необходимо выполнить команду *Initialize Chain* из всплывающего меню *Operations* или контекстно-зависимого всплывающего меню. Можно также воспользоваться кнопкой . При этом на экран выводится стандартная панель открытия файла, в которой необходимо указать название cdf-файла. Информация, описывающая цепочку периферийного сканирования, сохраняется в файле cdf (Chain Description File). Работа «мастера» завершается нажатием кнопки «Готово» (*Finish*) в нижней части диалоговой панели *Welcome to iMPACT*.

Функционирование собственно программы *iMPACT* начинается с открытия нового окна в области расположения рабочих окон Навигатора проекта, на закладке которого отображается название выбранного режима работы (*Boundary-Scan*) и обнаружения загрузочного кабеля. Ход этого процесса отображается на экране дисплея с помощью всплывающего окна индикации и сопровождается соответствующей информацией в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Если программе не удастся автоматически идентифицировать загрузочный кабель, то в окне появляется следующее предупреждение: **WARNING:iMPACT:923 – Can not find cable, check cable setup!**

В этом случае необходимо проверить правильность подключения загрузочного кабеля или указать его параметры «вручную», используя команду *Cable Setup* из всплывающего меню *Output* или контекстно-зависимого всплывающего меню, открываемого щелчком правой кнопки мыши.

В результате на экран выводится диалоговая панель с заголовком *Cable Communication Setup*, предназначенная для «ручной» установки параметров загрузочного кабеля.

В этой панели необходимо последовательно установить следующие параметры:

- *Communication Mode* – вид интерфейса, используемого для коммутации с ПК (тип загрузочного кабеля): *Parallel III, Parallel IV, MultiPRO, Xilinx USB Cable*;
- *TCK Speed/Baud Rate* – скорость передачи данных;
- *Port* – номер порта, к которому подключен кабель загрузки;
- *Cable Location* – способ доступа к подключению загрузочного кабеля (локальный *Local* или удаленный *Remote*).


Тип используемого интерфейса устанавливается щелчком левой кнопки мыши на изображении кнопки с соответствующим названием. Значения параметров *Port* и *TCK Speed/Baud Rate* выбираются из соответствующих выпадающих списков, для доступа к которым следует использовать кнопку, расположенную в правой части каждого поля выбора. Способ доступа к загрузочному кабелю указывается с помощью двух кнопок с зависимой фиксацией *Local* и *Remote*. При выборе удаленного способа доступа необходимо указать IP-адрес компьютера, к которому подключен загрузочный кабель. Этот адрес задается в поле редактирования *Host Name*, которое становится доступным при нажатии кнопки *Remote*.

При успешном обнаружении присоединенного загрузочного кабеля производится автоматический поиск и инициализация цепочки периферийного сканирования ПЛИС, подключенной к выбранному порту JTAG-интерфейса.


ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ iMPACT

Информация об обнаруженной цепочке периферийного сканирования ПЛИС отображается в графической форме в рабочем окне программы *iMPACT* и – в текстовом виде – в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*). Если в параметрах инициализации программы *iMPACT* не было опреде-

лено название файла программирования, то после обнаружения цепочки периферийного сканирования выводится соответствующий запрос и открывается стандартная панель выбора файла, в которой необходимо указать имя файла (с расширением .jed), используемого для конфигурирования выбранного кристалла.

В рабочем окне программы *iMPACT* под каждым условным графическим образом (УГО) ПЛИС приведен её тип и название соответствующего файла, содержащего конфигурационную последовательность. Если эта информация отсутствует или необходимо изменить название файла программирования, то следует выделить требуемый УГО, поместив на него курсор и щёлкнув левой кнопкой мыши, после чего воспользоваться командой *Assign Configuration File* из всплывающего меню *Edit* или кнопкой , расположенной на оперативной панели управления Навигатора проекта. Можно также использовать команду *Assign New Configuration File* из всплывающего контекстно-зависимого меню, активизируемого щелчком правой кнопки мыши на соответствующем УГО в рабочем окне программы *iMPACT*. В результате выполненных действий на экране отображается стандартное окно открытия файла, с помощью которого производится выбор требуемого файла программирования.

Выполнение всех операций программирования и периферийного сканирования, поддерживаемых модулем *iMPACT*, осуществляется с помощью команд всплывающего меню *Operations* или контекстно-зависимого всплывающего меню. Кроме того, доступ к этим же командам предоставляет страница *Configuration Operations*, которая автоматически открывается в окне процессов *Processes Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Чтобы воспользоваться командами, содержащимися на этой странице или во всплывающем меню *Operations*, необходимо предварительно выбрать кристалл, поместив на его УГО курсор и щёлкнув левой кнопкой мыши. Для активизации контекстно-зависимого всплывающего меню следует расположить указатель на условное изображение соответствующей ПЛИС и щёлкнуть правой кнопкой мыши.

Запуск процесса программирования выбранного кристалла осуществляется с помощью кнопки быстрого доступа  или команды *Program* в меню *Operations*, а также контекстно-зависимого всплывающего меню, после активизации которого на экран выводится диалоговая панель параметров процесса загрузки конфигурации с заголовком *Programming Properties*. Эта панель содержит группу общих параметров программирования кристаллов и группы опций, относящихся к конкретным семействам ПЛИС. Большинство из этих параметров может принимать одно из двух возможных значений: разрешающее («включено») и запрещающее («выключено»). Ниже рассматриваются общие параметры процесса конфигурирования кристаллов семейств CPLD, представленные во встроенной панели *General CPLD and PROM Properties*.

Параметр *Erase Before Programming* позволяет разработчику установить режим предварительного «стирания» конфигурационных данных, находящихся во внутренней («теневой») энергонезависимой памяти кристалла, перед его программированием. Значение «включено», установленное по умолчанию, указывает на необходимость выполнения операции «стирания» перед загрузкой новой конфигурационной последовательности.

Значение параметра *Verify* определяет необходимость использования операции контроля конфигурационных данных в ходе программирования ПЛИС. Выбор значения «включено» устанавливает режим проверки конфигурационной последовательности после её загрузки в кристалл. По умолчанию установлено значение «выключено», при котором верификация загруженных конфигурационных данных не выполняется.

Параметр *Read Protect* предназначен для установки защиты загружаемых конфигурационных данных от несанкционированного чтения (копирования). Программирование ПЛИС с использованием защиты от чтения устанавливает код секретности, который сбрасывается только при выполнении операции полного «стирания». По умолчанию этот параметр принимает значение «выключено», запрещающее использование кода секретности.

Параметр *PROM/CoolRunner-II Usercode (8 Hex Digits)* позволяет задать пользовательский код при программировании ПЛИС семейства CoolRunner-II. По умолчанию для данного параметра используется значение «выключено», запрещающее определение пользовательского кода, записываемого в соответствующий регистр кристалла. В случае выбора для параметра *PROM/CoolRunner-II Usercode (8 Hex Digits)* значения «включено», становится доступным поле редактирования, в котором указывается требуемое значение кода, содержащего восемь шестнадцатеричных символов.

Встроенная панель *CPLD Specific Properties* содержит специализированные параметры программирования ПЛИС с архитектурой CPLD. С помощью параметра *Write Protect* разработчику предоставляется возможность установки защиты от случайного перепрограммирования ПЛИС. При значении «выключено», установленном по умолчанию, защита от записи не используется.

Значение параметра *Functional Test* разрешает или запрещает выполнение процедуры функционального тестирования для выбранного компонента в составе цепочки периферийного сканирования.

Параметр *On-The-Fly Program* позволяет активизировать в программируемой ПЛИС опцию конфигурирования кристалла в динамическом режиме. По умолчанию для этого параметра задано значение «выключено».

С помощью параметра *XPLA UES Enter up to <number> characters* разрешается или запрещается запись последовательности символов, указанной в соответствующем поле редактирования, в регистр UES ПЛИС семейства CoolRunner XPLA3.

После установки всех необходимых значений параметров программирования в диалоговой панели *Programming Properties* следует подтвердить их нажатием кнопки ОК в нижней части этой панели, что приводит к запуску операции программирования выбранного кристалла. Состояние процесса программирования отображается во всплывающем окне индикации. Завершение процесса конфигурирования отмечается соответствующими сообщениями в области рабочего окна программы

iMPACT и в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. В качестве примера ниже приведён протокол выполнения операций загрузки конфигурационной последовательности для проекта счётчика Джонсона, разработка которого была рассмотрена в предыдущих частях данного цикла статей. В протоколе отражено выполнение всех фаз процесса конфигурирования: проверки цепочки периферийного сканирования, стирания, программирования и контроля загруженных данных.

Протокол выполнения процесса программирования ПЛИС семейства CoolRunner-II:

```
// *** BATCH CMD : Program -p 1
-e -v -r -u 1234ABCD
-defaultVersion 0
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
INFO:iMPACT:452 - The device
'xc2c256' is in 'read-protect'
mode. The device contents cannot
be read.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'1': Erasing device...
'1': Erasure completed success-
fully.
'1': Programming device...
done.
'1': Verifying device...
done.
'1': Usercode is 'fffffff'
INFO:iMPACT - Is it blank?
fffffff
'1': Programming UES...done
'1': Setting ISC done
bits...done
'1': Setting security
bits...done
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
INFO:iMPACT:452 - The device
'xc2c256' is in 'read-protect'
mode. The device contents cannot
be read.
'1': Programming completed suc-
cessfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 3 sec.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
```

В представленном протоколе также содержится информация об установке защиты конфигурационных данных, записываемых в ПЛИС, от несанкционированного чтения (копирования).

ЧТЕНИЕ КОНФИГУРАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ИЗ КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Реализация всех операций, рассматриваемых в настоящем и последующих разделах, осуществляется с помощью команд, которые представлены на странице *Configuration Operations* окна процессов *Processes Window*, в меню *Operations* и контекстно-зависимом всплывающем меню. Для получения доступа к ним необходимо выполнить ту же последовательность действий, что и при инициировании процесса программирования ПЛИС, рассмотренного выше. Полученные результаты отображаются в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*).

Для считывания конфигурационных данных из запрограммированного кристалла, выделенного в цепочке периферийного сканирования, которая представлена в рабочем окне программы *IMPACT*, предназначена команда *Readback*. Считанная конфигурационная последовательность сохраняется в виде файла на диске в формате JEDEC, который может использоваться для программирования других ПЛИС. Поэтому выполнение команды *Readback* начинается с вывода стандартной диалоговой панели определения названия создаваемого файла. Дальнейший ход процесса отображается на экране дисплея с помощью всплывающего окна индикации и сопровождается информацией в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта. Процедуру выполнения операции обратного считывания иллюстрирует протокол чтения конфигурационных данных из кристалла, реализующего проект счётчика Джонсона, программирование которого, в отличие от конфигурирования, рассмотренного в предыдущем разделе, осуществлялось без защиты от несанкционированного копирования. Операция чтения кон-

фигурационных данных может быть успешно выполнена только при отсутствии защиты от копирования (установленного кода секретности).

Ниже представлен протокол обратного чтения конфигурационных данных из кристалла, реализующего проект счётчика Джонсона:

```
// *** BATCH CMD :
ReadbackToFile -p 1 -file
"D:/PRJ/jc2vh/jc2_vhd/readback.jed"
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': Performing readback on
device...PROGRESS_START -
Starting Operation.
done.
'1': Read-back completed suc-
cessfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 1 sec.
```

Процесс обратного чтения конфигурационных данных из кристалла начинается с контроля цепочки периферийного сканирования. Затем определяется идентификационный код выбранной ПЛИС. После этого осуществляется собственно считывание конфигурационной информации из кристалла.

ВЫЧИСЛЕНИЕ КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ КОНФИГУРАЦИОННОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ, ЗАГРУЖЕННОЙ В КРИСТАЛЛЫ СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Вычисление контрольной суммы конфигурационной последовательности, загруженной в кристалл, осуществляется с помощью команды *Get Device Checksum*. Полученный результат сравнивается с контрольной суммой файла программирования, который указан в рабочем окне программы *IMPACT* для выбранной ПЛИС. Результаты вычисления контрольной суммы и сопоставления с исходными данными отображаются

в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*). Структура информации, отображаемой в окне консольных сообщений *Transcript Window*, демонстрируется на примере протокола чтения контрольной суммы конфигурационной последовательности кристалла, реализующего проект счётчика Джонсона.

Протокол выполнения операции вычисления контрольной суммы конфигурационных данных, считанных из кристалла:

```
// *** BATCH CMD : Checksum -p 1
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': Reading device contents...
PROGRESS_START - Starting
Operation.
done.
'1': Calculated checksum is 78dd
'1': Calculated checksum matches
the file checksum
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 1 sec.
```

ЧТЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО КОДА ИЛИ СИГНАТУРЫ ЗАПРОГРАММИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Для чтения пользовательского кода или сигнатуры запрограммированного кристалла следует использовать команду *Get Device Signature/Usercode*. Считанный код (или сигнатура) в символьном (или шестнадцатеричном) виде отображается в окне консольных сообщений *Transcript Window*. При использовании семейства CoolRunner XPLA3 для реализации проектируемого устройства рассматриваемая операция выполняется с помощью команды *Get XPLA device UES*. В качестве примера далее представлен протокол выполнения операции чтения пользовательского кода из кристалла, реализующего проект счётчика Джонсона, для которого при программировании была указа-

на кодовая последовательность символов '1234abcd'.

Результаты процесса чтения пользовательского кода кристалла, реализующего проект счётчика Джонсона:

```
// *** BATCH CMD : ReadUserCode
-p 1 -u 1234ABCD
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': Usercode is '1234abcd'
```


СЧИТЫВАНИЕ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ КОДОВ КРИСТАЛЛОВ СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Команда *Get Device ID* позволяет считать идентификационный код кристалла, установленный производителем. Этот код используется средствами программирования для определения типов ПЛИС, представленных в цепочке периферийного сканирования. Полученный результат отображается в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*) в двоичном и шестнадцатеричном виде. Формат идентификационного кода содержит 32 двоичных разряда. Первые четыре разряда определяют тип корпуса; следующие семь разрядов составляют код семейства кристаллов; предпоследние 11 разрядов представляют собой код фирмы-производителя (для фирмы Xilinx он имеет вид 000 0100 1001); последний разряд всегда принимает единичное значение. Форму представления информации в окне консольных сообщений *Transcript Window* при выполнении команды *Get Device ID* демонстрирует следующий протокол чтения идентификационного кода ПЛИС семейства CoolRunner-II:

```
// *** BATCH CMD : ReadIdcode -p 1
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
```

```
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': IDCODE is
'00000110110101001100000010010011
'
'1': IDCODE is '06d4c093' (in
hex).
'1': : Manufacturer's ID =Xilinx
xc2c256, Version : 0
```


КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ДАННЫХ, ЗАГРУЖЕННЫХ В ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Проверка достоверности конфигурационных данных, загруженных в выбранный кристалл, производится с помощью команды *Verify*. Для этого же предназначена кнопка быстрого доступа . В процессе контроля выполняется обратное чтение конфигурационных данных из запрограммированной ПЛИС и их сравнение с содержимым соответствующего файла программирования, который указан для выбранного элемента цепочки периферийного сканирования. Информация о результатах проверки выводится в рабочем окне программного модуля *iMPACT* и в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*). Содержание отображаемой информации показано на примере протокола выполнения операции контроля достоверности конфигурационных данных, загруженных в кристалл, реализующий проект счётчика Джонсона:

```
// *** BATCH CMD : Verify -p 1
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': Verifying device...
done.
Bit count is 123249.
```

```
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
'1': Verification completed suc-
cessfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 2 sec.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
```

ЧТЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ КРИСТАЛЛА И СТИРАНИЕ КОНФИГУРАЦИОННЫХ ДАННЫХ В ПЛИС СЕМЕЙСТВ CPLD С ПОМОЩЬЮ МОДУЛЯ IMPACT

Чтобы получить информацию о состоянии выбранного элемента цепочки периферийного сканирования (запрограммирован или нет), следует использовать команду *Blank Check*. Данные о состоянии соответствующего кристалла отображаются в виде всплывающего сообщения в рабочем окне программы *iMPACT*. Перевод кристалла в незапрограммированное состояние осуществляется с помощью команды стирания *Erase* или кнопки быстрого доступа . Если данная операция выполняется для кристалла с установленной защитой от записи, то необходимо в диалоговой панели, которая выводится на экран при выборе команды *Erase*, установить параметр *Override Write Protect* в состояние «включено». Последовательность уведомлений, отображаемых в окне консольных сообщений *Transcript Window* управляющей оболочки Навигатора проекта (*Project Navigator*) при выполнении команды *Erase*, демонстрирует приведённый ниже протокол стирания конфигурационной информации в ПЛИС семейства CoolRunner-II:

```
// *** BATCH CMD : Erase -p 1
Bit count is 123249.
Idcode is
00000110110101001100000010010011.
Maximum TCK operating frequency
for this device chain: 0.
Validating chain...
Boundary-scan chain validated
successfully.
'1': Erasing device...
'1': Erasure completed suc-
cessfully.
PROGRESS_END - End Operation.
Elapsed time = 0 sec.
PROGRESS_START - Starting
Operation.
```



Продолжение следует