

УДК 681.324

М.И. Глухих (гр. 6081/4), С.Л. Максименко (асп.), В.Ф. Мелехин, д.т.н., проф.

МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СОЗДАНИЯ ПРОТОТИПОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОРОВ

Современная промышленность выпускает широкий спектр микропроцессоров, как универсального применения, так и ориентированных на решение отдельных классов задач. Несмотря на обилие разнообразной продукции этого рода в ряде случаев необходимо проектирование собственного микропроцессора. Необходимость решения такой задачи может быть вызвана наличием особых требований, предъявляемых к микропроцессору. В частности, задачи проектирования спецпроцессоров возникают при разработке систем управления, контроля, связи специального назначения, эксплуатируемых в сложных климатических условиях, а также в условиях повышенной вибрации, динамических нагрузок и т.п. В вычислительных комплексах (ВК), входящих в состав таких систем, применяются различные виды резервирования процессорных элементов, шин, периферийных устройств. Особые ситуации в программах, связанные со сбоями или отказами устройств, разрешаются на аппаратном или микропрограммном уровне. Организация и набор команд процессора выбираются с учетом специфики задач и архитектуры ВК.

В настоящее время ряд зарубежных фирм предлагает синтезируемые ядра микропроцессоров, а также типовые решения по совмещению на кристалле ядра и необходимых периферийных устройств. Развивающаяся технология SoC (System-on-Chip) за счет интеграции на одном кристалле микропроцессорного ядра и программируемой логики позволяет создавать системы с гибкой структурой. Такого рода микросхемы выпущены за последний год фирмами Atmel, Triscend, Altera, Xilinx. Однако описанная задача не может быть решена с помощью названных технологий, так как требует, помимо прочего, проектирования специализированного ядра процессора. Следовательно, при решении нашей задачи необходимо пройти полный путь проектирования микропроцессора от создания отдельных его узлов до системной отладки.

Тиражируемость специализированных систем невелика, что обуславливает высокий вклад стоимости проектирования в стоимость изделия. Это делает актуальной задачу создания методологических и инструментальных средств, позволяющих снизить стоимость и сроки проектирования. При создании таких средств необходимо использовать современные технологии проектирования, развивать и интегрировать их.

Процесс проектирования можно разделить на этап архитектурного синтеза, синтеза и отладки отдельных блоков, отладки системы в целом.

Архитектурный синтез процессора производится с применением программных средств высокоуровневого моделирования. На этом этапе выбирается архитектура процессора и детализируются функции его узлов.

Проверка корректности выполнения программ важна еще до синтеза отдельных узлов. Для ее проведения применяется моделирование на уровне инструкций (instruction set architecture modeling). При этом изначально производится абстрагирование от всех деталей реализации аппаратуры, и моделируется только ход исполнения инструкций.

Синтез отдельных узлов процессора выполняется с использованием языка описания аппаратуры VHDL, что позволяет выполнить моделирование и верификацию блоков с помощью существующих программных симуляторов.

Моделирование работы процессора в целом на уровне логических операций с помощью традиционных технологий затруднительно. Для этого требуется моделировать на высоком уровне детализации взаимодействие с внешними устройствами, реакцию последних, и суммарная сложность модели слишком велика. Применение аппаратных ускорителей моделирования позволяет ослабить влияние этой проблемы. С другой

стороны, эти аппаратные средства не годятся для дальнейшей работы с прототипом.

Для современных технологий проектирования ВК характерно комплексирование последних типовыми устройствами, имеющими стандартные интерфейсы. Это позволяет снизить сроки и стоимость проектирования, а также снизить вероятность ошибок проектирования. С другой стороны, создание моделей таких устройств с должной степенью детализации трудоемко и порождает проблему адекватности модели реальному образцу. Вследствие этого важным этапом создания микропроцессора является построение прототипа, то есть физической модели, способной выполнять все функции реального процессора, взаимодействуя с реальной "окружающей средой" в реальном масштабе времени, и снабженной необходимыми средствами отладки и мониторинга. Для изготовления специализированных процессоров, в силу особых требований к ним, как правило, используются заказные или полузаказные СБИС. Цикл разработки таких СБИС требует значительных временных и финансовых затрат. Поэтому для изготовления прототипа целесообразно применять СБИС программируемой логики (ПЛ). Современные СБИС ПЛ позволяют на одном кристалле разместить устройство сложностью более 1 млн. эквивалентных логических вентилях, обеспечивая при этом быстродействие, сравнимое с быстродействием заказных ИС.

Применение СБИС ПЛ как для построения прототипа, так и для моделирования позволяет легко реконфигурировать прототип, поэтапно преобразуя программные модели в физические. В первую очередь реализуется поведенческая модель внешней по отношению к процессору аппаратуры. Затем эта модель переносится на СБИС ПЛ прототипа. На той же СБИС (сети СБИС) реализуются интерфейсные узлы проектируемого процессора. Выполняется соединение программной модели уровня инструкций с моделью остальной системы при помощи высокопроизводительного интерфейса (использующего шину PCI). Такая программно-аппаратная модель позволит проконтролировать работу процессора с точностью до такта. Когда проектирование интерфейсной части процессора закончено, несмотря на наличие программной модели ядра, можно использовать вместо упрощенной поведенческой модели реальную аппаратуру. Далее по мере разработки отдельных узлов процессора происходит их перенос из программной части модели в аппаратную. По завершении этого процесса мы получим физический прототип процессора с отладочным интерфейсом. Функции интерфейса сводятся к передаче в рабочую станцию информации о процессах в модели и управлению ходом моделирования.

По завершении тестирования прототипа, построенного на FPGA, выполняется его перенос на целевую элементную базу. Даже при грамотном проектировании возможно возникновение ошибок, связанных с другими временными характеристиками новой элементной базы. Для локализации и исправления таких ошибок можно применять те же инструментальные аппаратно-программные средства. В данном случае они выполняют функцию мониторинга или заменяют физической моделью часть аппаратуры системы для более детального изучения протекающих процессов.

Выводы. Предложена методика проектирования специализированных процессоров, основанная на использовании СБИС ПЛ в качестве элементной базы построения прототипа и средств аппаратной поддержки моделирования. Методика позволяет использовать один набор инструментальных средств на этапах проектирования от поведенческого моделирования процессора до системной отладки и тестирования опытного образца.