

УДК 681.324

С.Л. Максименко (асп.), В.Ф. Мелехин, д.т.н., проф.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ПОДДЕРЖКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

В процессе проектирования вычислительных комплексов можно выделить этапы проектирования архитектуры, синтеза блоков, системной отладки. На первом этапе производится декомпозиция проектируемой системы на отдельные блоки, определяются их функциональные спецификации, в соответствии с которыми далее выполняется синтез блоков. Из-за того, что спецификации создаются, в основном, вручную и лишь частично формализованы, они могут содержать противоречия, допускать неоднозначность толкования. Процессы взаимодействия блоков происходят в реальном времени, и особенности аппаратной реализации блоков могут приводить к ошибкам обмена. Указанные факторы придают особую важность этапу системной отладки. Необходимость моделирования на этапе системной отладки определяется тем, что: изготовление опытных образцов аппаратуры – процесс длительный и дорогостоящий; реальная аппаратура имеет минимум встроенных средств мониторинга.

Требования к срокам и стоимости разработки вычислительных комплексов определяют необходимость широкого использования типовых блоков, изготовленных другими производителями. Создание имитационных моделей таких блоков с детализацией, достаточной для системной отладки, неоправданно трудоемко, а также порождает проблему адекватности модели реальному образцу. Использование же реальных компонентов наряду с моделями требует моделирования в реальном времени. В силу этого применение чисто программных моделей затруднительно.

Использование средств аппаратной поддержки моделирования (САП) уже вошло в практику проектирования аппаратуры ВК. Однако существующие типовые средства не могут быть использованы для решения поставленных задач.

Следует назвать два основных направления развития САП.

1. Аппаратные ускорители моделирования. Это спецвычислители со структурой, оптимизированной для решения задач моделирования. Они выполняют функцию "сопроцессора" для ПО моделирования, выполняющегося на рабочей станции. Названный тип САП не рассчитан на работу в реальном времени и на стыковку с реальной аппаратурой.
2. Аппаратные средства построения прототипов. Это платы или наборы плат с ПЛИС большой емкости и, возможно, микропроцессорами и памятью, имеющие средства для подключения дополнительного оборудования. Такие платы могут комплектоваться ПО мониторинга. Хотя подобные средства имеются в коммерческом исполнении, вопросы оптимизации их структуры, методика их использования не освещены.

Среди разработок второго типа можно назвать систему Transmogriffer, разработанную в Университете Торонто. Другая система близкого класса – "Rapid Prototyping Environment for Advanced Real-Time Systems" (REAR) Мюнхенского Технического Университета.

Предлагаемые нами средства поддержки моделирования ориентированы на решение задач системной отладки вычислительных комплексов с применением сочетания моделей и реальной аппаратуры. Второе направление использования данных средств – разработка и отладка индивидуальных компонент комплекса.

Аппаратуру САП целесообразно организовать в виде набора модулей. Модули специализируются для подключения различной внешней аппаратуры, а также несут на себе различный набор средств реализации аппаратных моделей. Основным элементом предлагаемых САП является модельный модуль (ММ). Это плата с настраиваемыми вычислительными ресурсами. Основу составляет ПЛИС большой логической емкости.

Для конфигурирования ММ, управления моделированием, мониторинга, модуль имеет интерфейс с рабочей станцией. Набор интерфейсов для сопряжения с реальной аппаратурой определяется конкретной решаемой задачей: шина VME, PCI, последовательные порты и т.д. Унификация модуля ограничивается, в частности, требованиями к физической реализации интерфейсов. Модули соединяются между собой системой каналов, что позволяет с одной стороны наращивать логическую емкость, доступную для размещения аппаратных моделей, а с другой – подключать новые виды оборудования.

На ММ располагаются также ОЗУ и процессорные элементы (ПЭ). ПЭ в составе модели используются для программного моделирования сложного поведения периферийной аппаратуры. Если реальная аппаратура уже есть в наличии, но ее использование почему-либо невозможно (требуется пошаговая работа, дополнительные средства мониторинга), то построение синтезируемой спецификации только для моделирования зачастую неоправданно. Для обеспечения приемлемого быстродействия и ликвидации сложных интерфейсов целесообразно выполнять программные модели тут же на плате ММ. Существуют несколько путей включения ПЭ в состав модуля. В одном варианте ИС микропроцессора размещается на плате модуля. Альтернативой является размещение микропроцессора на ресурсах ПЛИС. Это может быть типовой микропроцессор, например NIOS фирмы Altera, или же специальный, оптимизированный для выполнения имитационных моделей. Развивающаяся технология System-on-Chip позволяет интегрировать на кристалле программируемую логику и аппаратно реализованные ПЭ, со структурой связей между этими компонентами, позволяющей достичь наибольшей производительности обмена.

Одной из подзадач, решаемых САП, является мониторинг, то есть отслеживание поведения имитационных моделей и реальной аппаратуры в ходе эксперимента. Мониторинг процессов, протекающих в ВК в реальном времени требует накопления информации с огромной скоростью. Передача в реальном времени на рабочую станцию возможна только по единичным каналам. Следовательно, необходим механизм буферизации и последующей "докачки". Реализация этого механизма требует наличия на ММ буферной памяти для хранения результатов эксперимента. Механизм управления буферизацией должен обеспечивать возможность управления сбором данных, в том числе его включение и отключение при наступлении определенных событий в системе. За основу такого механизма может быть взят SignalTap, разработанный фирмой Altera. Наличие настраиваемой подсистемы мониторинга позволяет использовать тот же набор САП для диагностирования существующих систем, например, в качестве анализатора протокола.

ПО управления моделированием и мониторинга, наряду с ПО синтеза аппаратуры, конфигурации ПЛИС модельных модулей, выполняется на рабочей станции. В качестве средств наблюдения и анализа записанных результатов моделирования целесообразно использование существующих программных средств. В этом случае необходимо лишь создать ПО конвертации данных. К сожалению, известные САПР не поддерживают наблюдение процессов в реальном времени и управление аппаратным моделированием. Для этих целей необходимо разработать собственное ПО.