

УДК 004.414.23

Мешков А.Н.

ЗАО «МЦСТ»

Разработка модели вычислительного комплекса «Эльбрус-S»

В настоящее время, моделирование новых компьютерных архитектур является незаменимым средством при их разработке. Возрастающая сложность аппаратуры затрудняет понимание поведения как отдельных устройств, так и системы в целом, ее особенностей и нововведений. Моделирование позволяет помочь в разработке как программного обеспечения, так и в проектировании некоторых архитектурных особенностей и, кроме того, оно незаменимо когда проектируемая аппаратура еще не готова.

Симуляторы вычислительного комплекса [1] целиком моделируют целевой компьютер с момента загрузки, что позволяет исполнять системные приложения, такие как программа начальной загрузки и операционная система. Возможность загрузки немодифицированной операционной системы и пользовательских приложений крайне важна, поскольку она позволяет исследовать широкий спектр задач.

Архитектурная линия «Эльбрус» представлена в составе текущих разработок системой на кристалле «Эльбрус-S». С точки зрения реализации, моделирующий комплекс представляет собой развитие модели вычислительного комплекса «Эльбрус-3М1» [2,3].

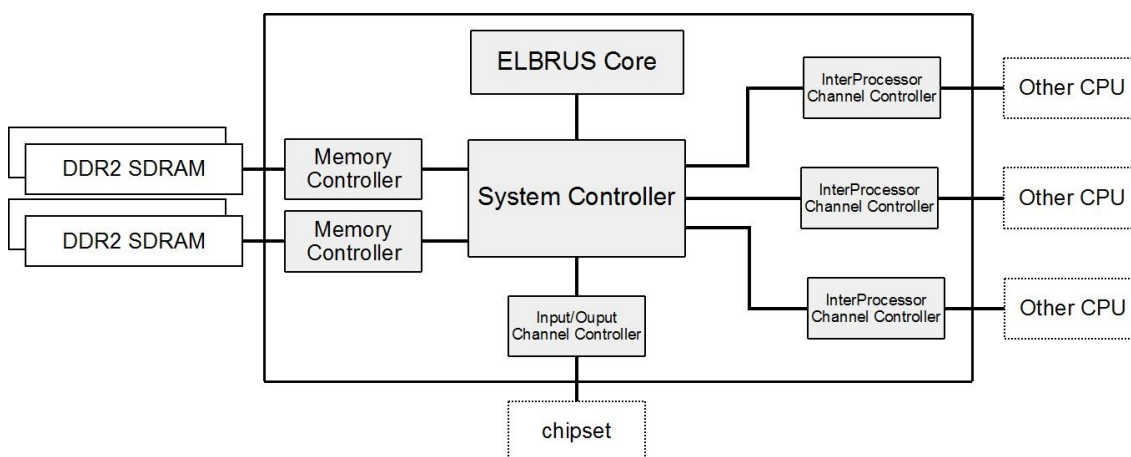


Рис. 1. Структурная схема системы на кристалле «Эльбрус-S»

Микросхема «Эльбрус-S» представляет собой одноядерную систему на

кристалле (System-on-Chip, СнК), структурная схема которой представлена на рис. 1. На одном кристалле размещаются процессорное ядро «Эльбрус» с кэшем второго уровня (Elbrus Core), системный контроллер (System Controller), 2 контроллера памяти (Memory Controller) для микросхем памяти DDR2 SDRAM, контроллеры каналов доступа к другим процессорам (InterProcessor Channel Controller), контроллер канала ввода-вывода (Input/Output Channel Controller) [4]. Поскольку модули памяти принадлежат каждому процессору по отдельности, то многопроцессорный вычислительный комплекс на основе «Эльбрус-S», в отличие от вычислительного комплекса «Эльбрус-3М1», является системой с неоднородным доступом в память (NUMA – Non-Uniform Memory Architecture), т.е. время доступа процессора к локальной и удаленной памяти различно [5].

Для поддержки описанной архитектурной особенности в модели было реализовано программно-видимое представление системного коммутатора. В него включены:

- поддержка маршрутизации запросов между абонентами кристалла, такими как процессорное ядро, канал ввода-вывода, контроллеры памяти и внутренние ресурсы системного коммутатора;
- поддержка доступа во внешние по отношению к расположению запросчика кристаллы;
- собственно внутренние ресурсы кристалла, такие как регистры.

Другим отличием является внесение в систему команд «Эльбрус» некоторых изменений. Был добавлен ряд новых регистров, а существующие регистры были дополнены новыми полями. Появились новые арифметические целочисленные, вещественные и упакованные операции, а также операции преобразования. У отдельных существующих инструкций были внесены изменения в контроль операндов, изменились условия выдачи прерываний при обращении в память и т.д. Все это потребовало внесения изменений и в устройство моделирующего комплекса.

Помимо вышеперечисленного, в вычислительном комплексе на базе СнК «Эльбрус-S» была существенно изменена структура и набор устройств ввода-вывода. Моделирование полного перечня устройств, присутствующих в вычислительном комплексе необходимо для того, чтобы сделать программную

модель полностью неотличимой от аппаратной с точки зрения системного программного обеспечения для широкого класса различных задач. Поэтому потребовалась разработка с нуля моделей ряда устройств, таких как: обычный и виртуальный корневого pci-мосты, контроллер ethernet, контроллер шин i2c и spi, контроллеры USB и SATA и т.д. Некоторые другие устройства, такие как контроллер последовательного интерфейса, IDE-контроллеры а также контроллеры прерываний (PIC, IOAPIC) были позаимствованы из других проектов и доработаны.

На основании вышеописанных принципов была разработана программная модель вычислительного комплекса на базе СнК «Эльбрус-S». Модель активно применяется в разработке поставляемого ЗАО «МЦСТ» системного программного обеспечения, на ней успешно загружаются и работают операционные системы семейства Linux, а также Windows с использованием системы двоичной динамической трансляции.

Литература

1. Herrod S.A., Using Complete Machine Simulation to Understand Computer System Behavior // Doctoral dissertation, Stanford Univ., 1998.
2. Щербаков Е.С., Разработка эталонной потактовой модели микропроцессорной системы "Эльбрус-3М" на базе функциональной модели // Сборник трудов XXXI Международной научной конференции «Гагаринские чтения». - 2006.
3. Щербаков Е.С., Единый структурный подход к объектно-ориентированному проектированию программного моделирующего комплекса. Моделирование новой процессорной архитектуры // Сборник трудов ИМВС РАН № 4. - 2003. - С. 119-122.
4. Волконский В.Ю., Ким А.К., Развитие идей параллелизма в архитектуре вычислительных комплексов серии «Эльбрус» // Институт проблем управления РАН. Четвертая Международная конференция «Параллельные вычисления и задачи управления» РАСО. - 2008.
5. Шерстнёв А.Е., Зайцев А.И., Организация межпроцессорного обмена в многокластерных системах на базе микропроцессоров «Эльбрус-S» и «МЦСТ-4R» // Вопросы радиоэлектроники. - 2009.