

## ТЕМА ДОКЛАДА: «ПЛАТФОРМА «ЭЛЬБРУС» - ШАГ К ОТЕЧЕСТВЕННОМУ СУПЕРКОМПЬЮТЕРУ»

Аннотация: В докладе проводится обзор архитектуры Эльбрус, актуальных моделей процессоров с архитектурой Эльбрус и многопроцессорных вычислительных модулей. Приводятся результаты измерений производительности на различных задачах. Рассматриваются возможности применения платформы Эльбрус в суперкомпьютерах. Описываются планы выпуска следующих поколений процессоров Эльбрус и возможности локализации производства.

Тезисы:

Построение суперкомпьютера на собственной элементной базе – задача, практически неразрешимая в современных реалиях, прежде всего из-за глобализации технологических цепочек. Однако это не уменьшает её принципиальной важности, а сегодня она особенно актуальна для России из-за общего возрастания политической напряжённости и усиления экспортного контроля со стороны иностранных государств, прежде всего США. Поэтому важны любые шаги в направлении локализации разработки и производства элементной базы суперкомпьютеров, прежде всего ключевых компонентов – микропроцессоров, интерфейсных контроллеров, интерконнекта.

Наиболее уязвимым к экспортным ограничениям из этого списка является высокоскоростной интерконнект, как специфический нишевый продукт. Разработки отечественного интерконнекта проводятся несколькими компаниями, и достигнуты хорошие результаты. Однако процессоры также являются предметом экспортного контроля, и этот контроль применяется на практике. Одним из примеров успешных российских разработок микропроцессоров является процессорная линейка Эльбрус. Процессоры архитектуры Эльбрус, принадлежащие к классу VLIW процессоров, являются одной из альтернатив процессорам с традиционной архитектурой RISC.

Ключевой идеей построения архитектуры Эльбрус является явное указание процессору параллельно исполняемых инструкций, при этом анализ независимости и планирование инструкций выполняет компилятор. Текущая реализация архитектуры Эльбрус позволяет запускать на исполнение в каждом такте до 4 независимых операций с плавающей запятой с двойной точностью (в том числе четырёхоперандных типа FMA), одновременно осуществляя целочисленные вычисления, загрузку операндов из памяти, проверку логических условий, подготовку и осуществление переходов – всего до 18 операций в одной широкой команде на линейных участках кода и до 23 операций при выполнении циклов.

Наличие компилятора с богатым набором оптимизаций и качественным планировщиком является ключевым условием для успеха процессоров класса VLIW. Такой компилятор для языков C, C++, Fortran 77 разработан и постоянно развивается. С точки зрения высокопроизводительных вычислений, особенно важны его возможности по оптимизации расчётных программ, использующих вычисления с плавающей запятой. На наборе из 10 «вещественных» задач пакета SPEC 2000 компилятор смог обеспечить заполнение широкой команды в среднем более чем 5 операциями (максимум – более 11 операций).

В настоящее время серийно производится процессор Эльбрус-2С+, содержащий 2 ядра архитектуры Эльбрус и работающий на частоте 500 МГц. Результаты замеров его

производительности показывают, что, в среднем, на задачах SPEC2000 FP производительность 500-МГц процессора сравнима с производительностью процессоров линейки Core2 Duo с рабочей частотой 1.25 ГГц. Однако при возможности адаптировать исходный код удаётся достичь гораздо более высокой производительности.

Для процессора Эльбрус-2С+ разработан или находится в стадии завершения ОКР ряд модулей, представляющих практический интерес для производителей высокопроизводительных ЭВМ. Будут описаны модули в форматах блейд, Евромеханика 6U (VPX), а также варианты малогабаритных модулей и developer board.

Одной из важных проблем при переходе на новую архитектуру является перенос ПО. Для переноса программ с архитектуры x86 на архитектуру Эльбрус реализована программная прослойка, позволяющая исполнять двоичные файлы x86 на аппаратуре Эльбрус без перекомпиляции с высокой скоростью, достаточной для практического применения как средства обеспечения совместимости.

В октябре 2013 года были получены инженерные образцы очередного процессора архитектуры Эльбрус – «Эльбрус-4С», имеющего 4 ядра и работающего на частоте 1 ГГц. Результаты практических измерений его характеристик будут представлены в докладе.

В заключение следует ответить на вопрос – насколько легко можно организовать производство разработанной линейки процессоров «Эльбрус» на отечественных фабриках. В качестве ответа будут представлены характеристики инженерного образца микропроцессора «Эльбрус», выпущенного на зеленоградской фабрике «Микрон».