

КОМПАНИИ

ТЕХНОЛОГИИ

НОВЫЕ РУБЕЖИ ЗАО «МЦСТ»

СОВРЕМЕННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ РОССИЙСКОЙ АРМИИ

Рубеж 2004–2005 гг. ознаменовался важными событиями для отечественной вычислительной техники. Успешно завершены государственные испытания микропроцессора «МЦСТ-R500» и типовые испытания построенных на его основе пяти новых модификаций современного высокопроизводительного микропроцессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-90микро». На текущий момент эти изделия представляют собой самый высокий современный уровень отечественной вычислительной техники, выпускаемой серийно. Впервые в открытой печати на страницах этого номера «ВПК» читатели могут увидеть новейший отечественный микропроцессор «Эльбрус».

Александр КИМ

Как микропроцессор, так и вычислительные комплексы разработаны в ЗАО «МЦСТ» при тесном взаимодействии с Институтом микропроцессорных вычислительных систем РАН по заказу Министерства обороны РФ и изготавливаются по отечественной документации. Микропроцессор «МЦСТ-R500» является самой совершенной модификацией первых современных отечественных универсальных микропроцессоров семейства «МЦСТ-R». Комплексы комплектуются также современными устройствами ввода-вывода и интерфейсными адаптерами, обеспечивающими работу компьютеров в сетях и системах связи. Они построены по модульному принципу, используют самые передовые конструктивные и изготавливаются на отечественных предприятиях. Знаковым фактом является и то, что вычислительный комплекс «Эльбрус-90микро» – первая современная отечественная универсальная ЭВМ, на которой превзойден миллиардный порог производительности. Впервые за более чем десятилетний период в российские Вооруженные Силы стала поступать вычислительная техника, отвечающая современным требованиям. ЗАО «МЦСТ» продолжает дальнейшее развитие вычислительных средств этого направления с целью повышения их технических характеристик и расширения сфер применения. Другим важным событием явились завершение разработки и передача в производство микропроцессора «Эльбрус», современного, построенного по передовой отечественной архитектуре, созданной под руководством научного руководителя ЗАО «МЦСТ», член-корреспондента РАН Б. Бабаяна. В этом ряду стоит также и завершение проектирования сверхвысокопроизводительного микропроцессорного вычислительного комплекса «Эльбрус-3М» на основе этого новейшего микропроцессора. Внедрение подобных вычислительных средств в государственные и оборонные информационно-вычислительные системы позволит Российской Федерации достойно представлять поколение новейшей техники XXI века.

Представляется, что читателям «ВПК» будет интересно более подробно узнать об этих и других разработках ЗАО «МЦСТ», проводимых в интересах Вооруженных Сил РФ.

«ЭЛЬБРУС-90МИКРО» – ПЕРВЫЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС С МИЛЛЯРДНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ
История современного вычислительного комплекса (БК) «Эльбрус-90микро» начинается с 1986 г., когда вышло постановление правительства СССР о начале его разработки. Обязательным условием ставилось использование в новой разработке только отечественных решений, элементной базы и математики. Основу будущей машины должен был составлять микропроцессор «Электроника Эль-90», который за короткий срок был разработан в Институте точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева, и уже к 1990 г. началась подготовка к его производству на предпри-

Александр Кирилович Ким – генеральный директор ЗАО «МЦСТ», лауреат Государственной премии СССР

ятиях г. Зеленограда. Но вскоре стали происходить политические и экономические преобразования, а финансирование оборонной тематики практически сводилось к нулю, и ни о какой закупке современной технологии для производства микропроцессоров с микронными и субмикронными технологическими размерами не могло быть и речи.

Между тем потенциальные потребители отечественных вычислительных средств – Вооруженные Силы РФ и предприятия «обороны» – требовали технику нового поколения, понимая, что без нее у отечественного вооружения не будет будущего. Составляющие на тот момент основу стратегических оборонных систем вычислительные комплексы «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» не только стремительно устаревали, но и требовали все возрастающих расходов на эксплуатацию.

С другой стороны, для противодействия хлынувшему потоком зарубежной техники руководством страны был принят ряд законодательных актов, направленных на обеспечение информационной безопасности и технологической независимости, особенно в критических отраслях, таких как оборона, атомная энергетика, транспорт и пр.



ОСНОВНЫЕ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПРОЦЕССОРА «МЦСТ R500»

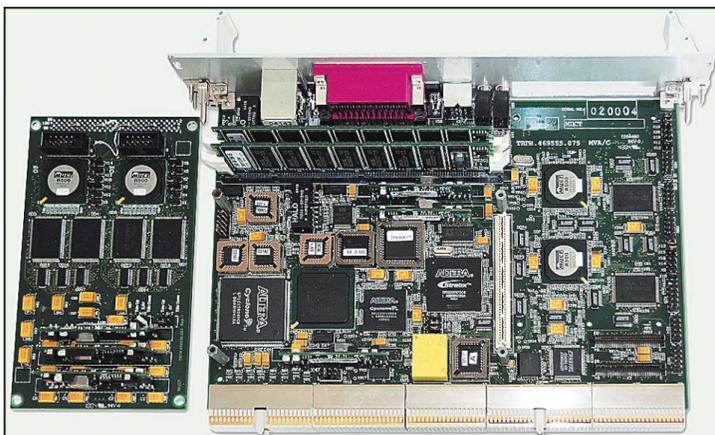
Тактовая частота	500 МГц;
Производительность	450 MIPS, 170 MFLOPS;
Формат чисел с плавающей запятой	32/64 разряда;
Внешний интерфейс	64-разрядная MBUS шина.
Технология	0,13 мкм;
Число транзисторов	4,2 млн;
Площадь кристалла	5 x 5 мм;
Рассеиваемая мощность	< 1 Вт;
Напряжение питания	1 В/2,5 В;
Корпус	LBGA, 356 выводов.

В этих противоречивых условиях Министерством обороны было найдено компромиссное решение, основанное на заимствовании какой-либо западной архитектуры и создании на ее основе вычислительного комплекса (БК) и необходимых его элементов, способных в кратчайшие сроки удовлетворить потребности систем вооружения. Решение этой задачи в 1997 г. было возложено также и на ЗАО «МЦСТ».

За основу будущего комплекса была взята SPARC-архитектура. Этот выбор обосновывался следующими факторами:

- относительно широким распространением и развитой программной поддержкой;
- возможностью получения лицензии на архитектуру, что необходимо для разработки, производства и продажи;
- потенциальной возможностью воспроизводства микропроцессора на отечественной базе;
- возможностью официального приобретения текстов ОС Solaris.

Поставленная Министерством обороны задача была решена в рекордные сроки, и уже в 1998 г. отечественный вычислительный комплекс нового поколения «Эльбрус-90микро» успешно выдержал



Микропроцессорный модуль MV/C в конструктиве с PCI – функционально одноплатная ЭВМ с двумя микропроцессорами «МЦСТ-R500». После установки микропроцессорной ячейки (показана слева) производительность модуля превышает миллиардный порог. Фото ЗАО «МЦСТ»

Государственные испытания. При этом инженеры и конструкторы ЗАО отказались от тривиального копирования западных аналогов и решили проблему комплексно, т.е. разработали не только стыковочные узлы, но и все системнообразующие модули, что позволило постепенно отказаться от использования импортных процессоров и контроллеров. Параллельно разрабатывался первый отечественный RISC-микропроцессор «МЦСТ-R100» с тактовой частотой 50 МГц, разработка и испытания которого были успешно завершены в 1998 г. В итоге в 2001 г. постановлением правительства РФ БК «Эльбрус-90микро» был принят на снабжение Вооруженных Сил РФ.

Несмотря на достигнутые результаты, разработчики БК «Эльбрус-90микро» прекрасно понимали, что от комплексов ждут новых, более высоких технических и эксплуатационных характеристик.

Эти работы велись по нескольким направлениям:

- разработан новый микропроцессор с тактовой частотой 150 МГц (2001 г.);
- постепенно заменялись на отечественные основные конструктивные элементы – системная плата, контроллеры, каналы и т.д., стали использоваться экраны, клавиатура отечественного исполнения;
- решена задача создания материнской платы с одновременным размещением до 4-х процессоров;
- наращивались возможности программного обеспечения, в состав введены: сертифицированный компилятор C, графическая система «Open Windows»;
- повышена защищенность ОС до уровня 2/2;
- расширен состав внешних интерфейсов;
- разработаны новые шкафные конструктивы, позволяющие использовать комплекс в мобильных (перезагружаемых) системах.

Подтверждением высоких технических характеристик БК «Эльбрус-90микро» стала успешная его работа в условиях натурных испытаний модернизируемых систем ПРО.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ RISC-МИКРОПРОЦЕССОР «МЦСТ-R500»
В начале этого года были успешно завершены Государственные испытания нового, разработанного ЗАО «МЦСТ» микропроцессора «МЦСТ-R500» и модуля центрального процессора.

Микропроцессор «МЦСТ-R500» – это RISC-микропроцессор универсального типа архитектуры SPARC. Он имеет тактовую частоту 500 МГц и изготовлен по технологическим нормам 0,13 мкм.

«МЦСТ-R500» значительно отличается от более ранних представителей этого семейства микропроцессоров. В нем применены новые технологические и схемотехнические решения, достигнуто значительное увеличение производительности при одновременном повышении отказоустойчивости.

Существенным улучшением является заметное снижение энергопотребления. В нормальных условиях эксплуатации рассеиваемая мощность составляет менее 1 Вт, а при критическом повышении температуры – не более 1,2 Вт. Это открывает новые перспективы для применения микропроцессора в мобильных устройствах, начиная от малогабаритных бортовых ЭВМ и до носимых устройств типа «Notebook».

Модульный принцип построения БК «Эльбрус-90микро» на основе современных конструктивов (Евромеханика, стандарт cPCI) обеспечивает не только гибкость в формировании состава оборудования БК под требования кон-

кретного заказа, но допускает автономное использование модулей комплекса в других вычислительных системах. В частности, особое внимание заслуживает вычислительный модуль MV/C (см. фото сверху). Фактически это – многопроцессорная одноплатная высокопроизводительная ЭВМ для встраиваемых применений. Действительно, модуль содержит четыре микропроцессора «МЦСТ-R500» (два на материнской плате модуля и два на дополнительном микропроцессорном модуле мезонинной конструкции), два модуля быстродействующей памяти с общим объемом 1 Гбайт и необходимые системные контроллеры. На материнской плате модуля имеются слоты для установки дополнительного мезонинного модуля (конструктив PMC), на котором может быть размещено дополнительное оборудование, например, видеокарты, аудио- или быстродействующая интерфейсная аппаратура.

Создание микропроцессора «МЦСТ-R500» и оборудование им вычислительного комплекса «Эльбрус-90микро» привело и к значительному качественному результату. Впервые в нашей стране на одной вычислительной машине отечественной разработки и производства была достигнута производительность более 1 млрд. оп/с, что, несомненно, является достижением для всей отечественной отрасли информационных технологий.

НОВОЕ СЕМЕЙСТВО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ «ЭЛЬБРУС-90МИКРО»
Практически одновременно с завершением работ по микропроцессору «МЦСТ R500» наше предприятие успешно провело типовые испытания пяти модификаций БК «Эльбрус-90микро» в различном исполнении. К новому ряду комплексов принадлежит:

- перебазируемый вычислительный комплекс в шкафом исполнении для мобильных (перезагружаемых) систем управления и обработки информации (Группа 1.3);
- перебазируемый вычислительный комплекс в конструктиве sPC (два типа на 4 и 8 слотов) для мобильных систем, рассчитанных на жесткие условия эксплуатации (Группа 1.3);
- вычислительные комплексы в конструктиве «Евромеханика» (исполнение Compaq cPCI (сPCI) для использования в стационарных системах управления и обработки информации в качестве основных вычислительных средств (варианты – встраиваемый и настольный);
- вычислительный комплекс в конструктиве АРМ оператора с периферийной шиной SBUS для использования в качестве рабочих мест операторов однородных вычислительных сетей для управляющих и информационных систем;
- вычислительный комплекс в конструктиве РС с периферийными шинами PCI и SBUS для обеспечения многопользовательского режима в составе стационарных управляющих и информационных систем.

Достаточно полное представление о функциональных возможностях БК «Эльбрус-90микро» дает приводимая здесь таблица характеристик БК в конструктиве «Евромеханика» и исполнении по стандарту Compaq cPCI.

БК «Эльбрус-90микро» обладает развитой системой внешних интерфейсов, обеспечиваемой наличием в составе БК периферийных шин sBUS и PCI, а также широкой номенклатурой разработанных в ЗАО «МЦСТ» интерфейсных модулей, что позволяет использовать интерфейсы «Манчестер-2», стандартного канала «канал-канал» и «канал-абонент», оптического быстрого и других каналов. Разрабатываются модули интерфейсов USB, IDE и IVDS Links.

Одновременно с появлением новых конструктивов достигнуты и новые результаты по расширению и улучшению качества внеш-

них интерфейсов. В частности, значительно повышены характеристики аудио- и видеоподдержки. Завершаются работы по созданию нового оптимизирующего компилятора, обеспечивающего автоматическое распараллеливание исполняемых программ.

Продолжается перевод элементной базы на отечественную. Теперь уровень отечественной элементной базы составляет 90%.

Все типы БК «Эльбрус-90микро» могут работать не только под управлением собственной ОС, базирующейся на ОС Solaris, но и под управлением операционных систем MCBS и Linux.

Подводя итоги выполнения проекта «Эльбрус-90микро», следует отметить, что основным результатом работ следует считать тот факт, что Российская армия и оборонная промышленность получили современный вычислительный комплекс, превышающий миллиардный порог производительности, отвечающий требованиям заказчика по информационной безопасности и технологической независимости.

«Эльбрус» (в научно-технической литературе Е2К) имеет следующие основные характеристики:

- проектные нормы – 0,13 мкм;
- количество транзисторов – 50 млн.;
- производительность – 1–2 млрд. оп/с в зависимости от решаемых задач;
- производительность на маломощных операциях – до 20 млрд. оп/с;
- разрядность представления чисел – до 64.

В микропроцессоре «Эльбрус» реализованы новые отечественные технологии:

- технология явного параллелизма на основе широкого командного слова (до 23 команд за один такт);
- технология битовой компиляции;
- технология защищенного программирования;
- аппаратная поддержка технологии защищенного программирования и битовой совместимости.

Микропроцессор обеспечивает возможность создания

ОСВОЕНИЕ НОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ СЕРИИ «ЭЛЬБРУС»
Успешное завершение работ по созданию микропроцессора «R-500» и его высокие технические характеристики, к которым, в первую очередь, относятся производительность, габариты, энергопотребление, надежность, позволили инженерам и конструкторам ЗАО «МЦСТ» обратить свой взгляд на еще одну область потенциального применения этой новой техники. Речь идет о высокопроизводительных вычислительных средствах для носимых и встраиваемых применений.

Тенденции развития оружия, равно как и боевых действий, опыт последних войн и локальных вооруженных конфликтов показывают, что вычислительные средства уже необходимы командирам нижних командных звеньев, а в некоторых случаях и персоналу рядовому бойцу. Речь идет о таких технических средствах, как ноутбук, лэптопы, «наладонники», GPS и пр. По-

ХАРАКТЕРИСТИКИ БК «ЭЛЬБРУС-90МИКРО» (КОНСТРУКТИВ «ЕВРОМЕХАНИКА», ИСПОЛНЕНИЕ COMPAQCPCI)			
Характеристика	Значение	Характеристики	Значение
Число процессоров	1–4	Система хранения и считывания данных	
Производительность для 4-процессорной конфигурации	1800/800 (MIPS/MFLOPS)	НЖМД	Два SCSI диска по 36 Гбайт
Системная шина	MBUS, 800 Мбайт/с	Накопители на оптических дисках	Один SCSI DVD ROM
Объем оперативной памяти	1 Гбайт	Накопитель на гибком диске	Один
Стандартные интерфейсы			
Последовательный	Два порта RS-232/423	Ethernet	Два порта 10/100 Мбайт/с, витая пара (BaseT)
Параллельный	Один – Centronix	SCSI	Один порт 20 Мбайт/с SCSI-2
SBUS	32 разряда, 25 МГц	Audio	Один порт на плате
PCI	32 разряда, 33 МГц, возможность обслуживания до 8-ми слотов	Video	Один порт на PMC модуле
Порт клавиатуры и мыши	Один на систему		

К настоящему времени заказчиком поставлено более 200 комплексов «Эльбрус-90микро». В кооперацию изготовителей входит ФГУП «ЭЗАН», ОАО «Защита САМ», Институт точной механики и вычислительной техники им. С.А. Лебедева.

«ЭЛЬБРУС-3М» – ПОКОЛЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ XXI ВЕКА
Результатом проработанной ЗАО «МЦСТ» работы, как об этом было сказано выше, явилось решение главной стратегической задачи по скорейшему созданию вычис-

многопроцессорной микропроцессорной системы.

В архитектуре «Эльбруса» высокая производительность микропроцессора достигается за счет параллельного выполнения независимых операций (до 23) внутри широкой команды. Автоматическое распараллеливание программ (статическое планирование параллельной работы исполнительных устройств микропроцессора) в соответствии с имеющимися аппаратными возможностями и оптимизация компилируемых программ обеспечиваются компилятором. Аппаратная реализация высокопроизводительной архи-

тектурной техники для нужд Министерства обороны. Вместе с тем коллектив ЗАО «МЦСТ» прекрасно понимал, что концентрация усилий только на адаптации и совершенствовании вычислительных средств, базирующихся на западных аналогах, является хотя и быстрым, но в перспективе далеко не самым оптимальным путем развития отечественной вычислительной техники. Остаться в когорте ведущих стран в области информационных технологий можно только на условиях собственных разработок, имеющих «ноу-хау», которое обеспечивает превосходство разрабатываемой техники по сравнению с перспективными зарубежными аналогами. А таким делом наши ученые и конструкторы обладают в полной мере. Так, например, в первых советских суперкомпьютерах «Эльбрус-1» и «Эльбрус-2» передовые архитектурные решения были реализованы намного раньше (лет на 10) американских. Ведущие специалисты ЗАО «МЦСТ» продолжали работать по сохранению передовых позиций в области компьютерных архитектур. По этой причине на рубеже XXI века ЗАО «МЦСТ» выступило с инициативой нового вычислительного комплекса «Эльбрус-3М», которая была поддержана Министерством обороны и потенциальными потребителями. Основу будущей машины составляет микропроцессор отечественной разработки с архитектурой EPIC (архитектура явного параллелизма). Новый микропроцессор

не имея, что уже через несколько лет такие средства будут необходимы войскам, ЗАО «МЦСТ» при поддержке Министерства обороны в 2005 г. приступило к разработке на базе микропроцессорного ядра «МЦСТ R-500» двухпроцессорной системы на кристалле (СНК). Планируется, что СНК будет включать до двух ядер микропроцессора «МЦСТ R-500» со всеми необходимыми контроллерами, обеспечивающими ее функционирование как самостоятельной однокристальной ЭВМ. Разработчики предприятия считают вполне достижимыми предельные габаритные размеры СНК 10x10 мм, при энерговыделении не более 5 Вт.

Параллельно с микросхемой СНК для нее разрабатывается процессорный модуль, который позволит технологично встраивать ее в модули БК «Эльбрус-90микро» с наращиванием общего количества схем до двух. В итоге максимальная производительность такого комплекса будет основана на использовании 4-х микропроцессоров. На базе микропроцессорного модуля может быть реализован высокопроизводительный сервер с производительностью более 10 млрд. оп/с (при комплектовании четырьмя модулями). Для повышения эффективности вычислительного процесса и отказоустойчивости разрабатываются специальные программные средства, включающие подсистему автоматической реконфигурации и оптимизирующий компилятор C/C++, обеспечивающий возможность автоматического распараллеливания компилируемых программ. Существенным представляется и тот факт, что в комплексе, реализованных на СНК с процессорным модулем, будет обеспечена программная совместимость с БК «Эльбрус-90микро».

Технология защищенного программирования основана на контектной защите, поддержанной аппаратной типизацией данных, реализованной при помощи тегов. Применение этой технологии решает проблему защиты информации от несанкционированного воздействия в ходе вычислительного процесса, а также обеспечивает эффективные средства отладки, что позволяет значительно повысить надежность информационных систем и сократить сроки их разработки.

Серьезными новациями характеризуются общее программное обеспечение БК «Эльбрус-3М». Наряду с традиционными возможностями комплексов серии «Эльбрус» (функциональное в многопользовательском режиме и режиме реального времени, в локальных и глобальных вычислительных сетях и пр.) разрабатываемое ОПО обеспечивает:

- битовую совместимость с вычислительной платформой «Intel»;
- переносимость программ с вычислительных средств типа «Эльбрус-90микро» и вычислительных комплексов «Эльбрус» предыдущих поколений.

Разработка предусматривает также работу БК «Эльбрус-3М» под управлением ОС MCBS.

В заключение следует сказать, что за десять лет (чуть больше) существования коллектива ЗАО «МЦСТ» удалось решить главные задачи по предоставлению Российской армии современных средств отечественной вычислительной техники. Уже освоенные отечественной промышленностью вычислительные средства разработки ЗАО «МЦСТ» открывают широкие возможности по модернизации существующих и созданию новых видов систем вооружения. Внедрение разработанных на завершающей стадии, позволит перевести вычислительные средства на качественно новый уровень, полностью отвечающий требованиям наступившего столетия и открывающий новые возможности для создания самой современной военной техники.



Два двухплатных вычислительных комплекса «Эльбрус-90микро» в конструктиве «Евромеханика», стандарт cPCI, встраиваемое исполнение. Фото ЗАО «МЦСТ»