

# ГАЗПРОМ

№6 2014 ● КОРПОРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ ОАО «ГАЗПРОМ» ● WWW.GAZPROM.RU

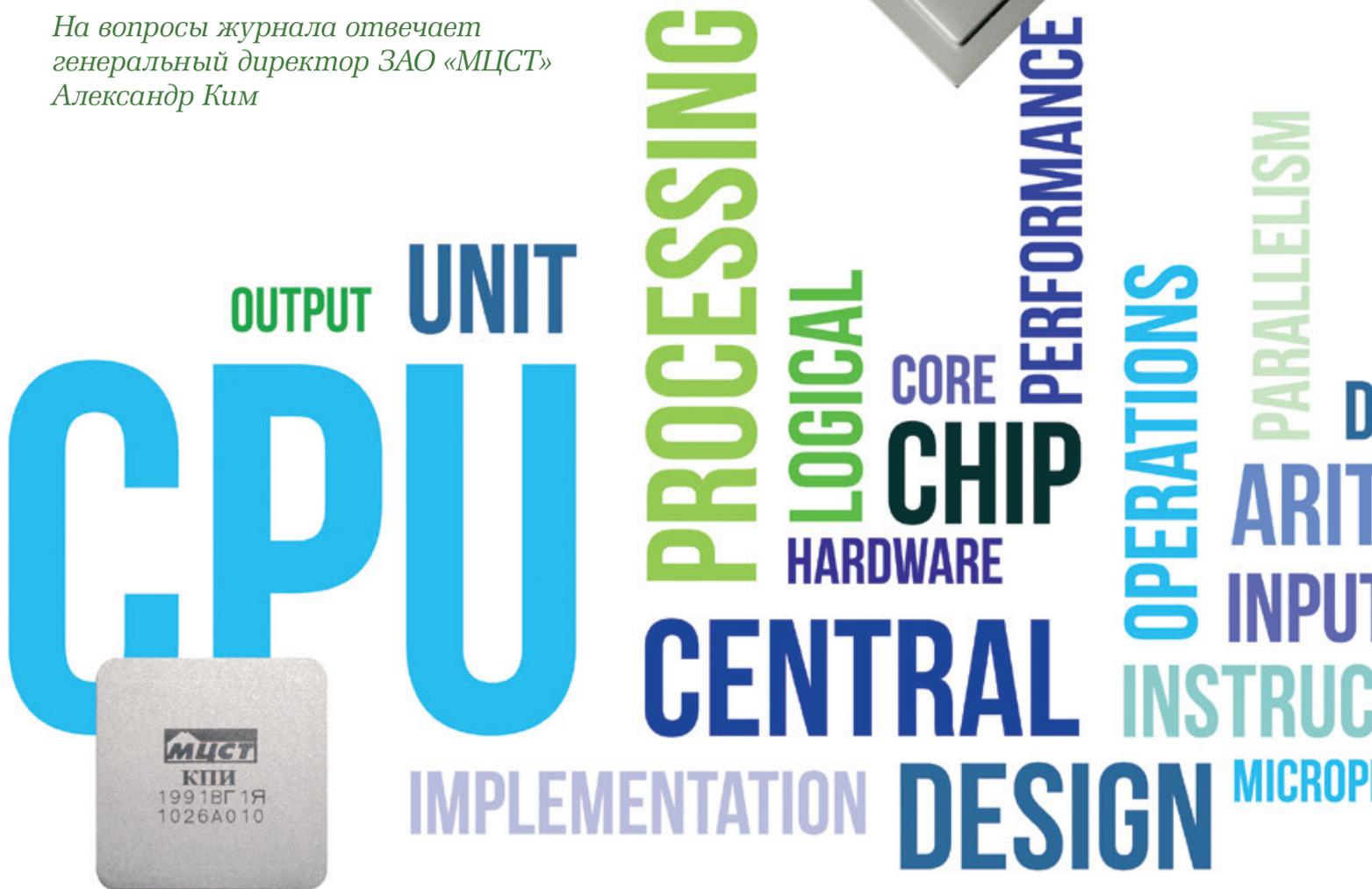


## ЗАПАД И ВОСТОК

**«Газпром» увеличил экспорт газа в Европу и договорился о начале поставок в Китай**

# ПОКОРЕНИЕ «ЭЛЬБРУСА»

На вопросы журнала отвечает  
генеральный директор ЗАО «МЦСТ»  
Александр Ким



## SUN и «Эльбрус»

– Александр Кирикович, как в вашей компании возникла идея разработки собственного процессора?

– ЗАО «МЦСТ» было создано в 1992 году группой специалистов Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева, родоначальника отечественной вычислительной техники. Здесь были разработаны ЭВМ серии БЭСМ и высокопроизводительные вычислительные комплексы «Эльбрус» нескольких поколений.

Первые годы наша компания работала на Sun Microsystems – одного из мировых лидеров высоко-

производительной микропроцессорной индустрии в 1990-х годах. В 1997 году мы создали универсальный микропроцессор с открытой архитектурой SPARC, которую с 1985 года продвигала Sun. Это был скромный по нынешним меркам 32-разрядный микропроцессор (МП), но полнофункциональный: он позволял создавать средства вычислительной техники различного назначения на собственной микропроцессорной базе.

– А как выглядит эта цепочка разработки?

– Есть компании, которые разрабатывают архитектуру микро-

процессора, и те, которые производят сам микропроцессор. Это могут быть разные фирмы. К примеру, возьмем понятное всем устройство – смартфон. Внутри него есть микропроцессор, разработчиком которого является, скажем, MediaTek, но архитектуру ядра этого процессора разработала фирма ARM. Это ядро в неизменном виде используют многие фирмы, но есть несколько компаний, лицензирующих у ARM только систему команд и выполняющих свою реализацию архитектуры микропроцессора. Среди таких лицензиатов – Apple, AMD, Qualcomm,



CLOCK  
 EXECUTE  
 INTEGRATED  
 DECODE  
 EXECUTE  
 CIRCUIT  
 ALU  
 CONTROL  
 EXTRACT  
 OPERATIONS  
 COMPUTER  
 PROCESSOR  
 ALU

### «ШИРОКОЕ КОМАНДНОЕ СЛОВО»

– Несмотря на относительно невысокую тактовую частоту, ваши процессоры показывают производительность (в гигафлопсах) на уровне современных решений Intel и AMD. Как это получилось?

– Здесь мы перейдем к разработке микропроцессора с собственной отечественной архитектурой. Архитектура и система команд будущего микропроцессора «Эльбрус» была в постоянной разработке под руководством выдающегося и всемирно признанного российского архитектора микропроцессоров Бориса Бабаяна.

Он был главным архитектором, а затем главным конструктором советского проекта «Эльбрус-3»,

NVIDIA и другие крупные корпорации. Это очень сложно – сделать полностью свою реализацию архитектуры. Сотрудничая с Sun, мы выступили в том же качестве – разработали свой 32-разрядный микропроцессор, совместимый с архитектурой и системой команд SPARC V8. У первой нашей разработки не было официального названия, но она

» Нарращивание производительности на такт в современных процессорах имеет предел порядка 6–8 операций. А в архитектуре «Эльбрус» кодируется

## до 23 операций



дала начало линейке процессоров МЦСТ-R.

– Она развивается сейчас?

– Да. Последняя разработка – МЦСТ-R1000 (2011 год) на базе системы команд SPARC V9. Вполне современное решение: четырехъядерный, 64-разрядный, рабочая тактовая частота 1 ГГц, достойная вычислительная мощность. На его базе, в частности, мы выпускаем высокопроизводительные носимые терминалы промышленного применения. Они предназначены для работы в качестве автоматизированного рабочего места оператора в жестких условиях эксплуатации.

под его руководством была разработана уникальная отечественная параллельная архитектура, позволяющая создавать процессоры с производительностью, близкой к предельной на заданном объеме оборудования.

Но нам не хватало знаний в технологии и опыта для создания высокопроизводительных микропроцессоров на физическом уровне. Работая с фирмой Sun, уже в 1990-е годы мы ставили перед собой главную задачу – освоить передовые технологии проектирования микропроцессоров на уровне кремния или физического уровня, которые ранее были нам малодоступны. В 2000 году

## » Мы делаем фундаментальные разработки, проектируя всё вплоть до топологии элементов на уровне транзисторов. Вся интеллектуальная собственность остается у нас

начали разработку микропроцессора с архитектурой «Эльбрус». Созданная архитектура относится к типу VLIW (Very long instruction word – «Широкое командное слово»). Большинство современных процессоров выполняют инструкции одну за другой: команда запустилась, завершилась, сохранила результаты, запустилась следующая команда. Плюс заключается в том, что проще писать компиляторы. Что такое компилятор? По сути, это программа-переводчик с языка, на котором пишут программисты (C++, C#, JavaScript, PHP, Perl и т. д.), на язык машины. Но наращивание производительности на такт в современных процессорах типа RISC имеет предел порядка 6–8 операций. А в архитектуре «Эльбрус» «широкая команда» в одной инструкции кодирует до 23 операций в такт, и при сравнительно низкой тактовой частоте мы получаем очень высокую производительность. Первый одноядерный МП с архитектурой «Эльбрус» выпустили в 2004 году. Следующий, двухядерный «Эльбрус-2С+», – в 2010-м. В этом году мы запустили в серийное производство четырехядерный «Эльбрус-4С», производительность которого сопоставима с современными МП Intel Core i5 и i7 (50 гигафлопс).

В результате мы создаем свои изделия на базе МП МЦСТ-R с архитектурой SPARC – для тех, кому нужны компактные вычислители с малым потреблением энергии, и на базе МП «Эльбрус», которые «заточены» под вычислительные задачи с большим объемом вычислений.

**– Если разработанный вами подход так прост и хорош, то почему никто из крупных производителей до него не додумался?**

– Были попытки сделать нечто подобное, но проблема оказалась в существующем программном обеспечении

(ПО). Intel в 2001 году создала 64-разрядный микропроцессор Itanium (архитектура IA-64). Проект был очень интересным, но против него сыграли два негативных фактора: конкурентное давление и инерция рынка. Intel знаменита своей системой команд x86. Под эту систему написано очень много программного обеспечения. Сделав новый процессор с новой системой команд, компания начала конкурировать сама с собой. Под новый процессор программ было мало, что снизило его привлекательность. А тем временем конкуренты из AMD выпустили 64-разрядную версию процессора на архитектуре x86. Intel могла упустить огромную долю рынка, а добьется ли успеха новая архитектура – большой вопрос. Поэтому Intel сосредоточилась на x86. В конце концов Itanium нашел себя в сегменте высоконадежных систем: научная среда, ВПК, базы данных.

Мы с самого начала понимали, что нужно создавать рыночный продукт и что придется решать проблему совместимости с имеющимся ПО. Самая массовая платформа была и остается x86, но эта система команд находится в собственности Intel, и аппаратный эмулятор мы делать не могли, в том числе по патентным причинам. Поэтому изначально был выбран подход программной двоичной трансляции, а в архитектуру заложили поддержку для ее эффективной реализации. Упор сделали на технологии оптимизации, чтобы код получался такой же быстрый, как в «родных» кодах x86. В результате сегодня под двоичным транслятором запускается Windows XP и в ней можно комфортно работать. Более свежие версии Windows тоже можно запускать, технология позво-

ляет, но нужно дорабатывать BIOS под стандарт UEFI. Технологию двоичной трансляции мы постоянно развиваем, и в нашем новом процессоре «Эльбрус-4С» мы реализовали многопоточную двоичную трансляцию. Такого нет ни у кого в мире.

### Всё сами

**– Несколько лет назад в России пытались запустить производство процессоров. Но тогда были закуплены устаревшие технологии у AMD. Чем отличается ваш подход?**

– Здесь нет противоречия. Закупили оборудование на фабрику для изготовления процессоров, но эти процессоры кто-то должен разработать. Мы – разработчики процессоров и пользуемся услугами фабрик. Мы знаем про переоснащение двух фабрик в Зеленограде – «Микрон» и «Ангстрем». На «Микроне» сейчас смонтировано оборудование по технологии 90 нанометров, это уже очень неплохой уровень, хотя лучшие зарубежные фабрики ушли на три-четыре поколения вперед. Модернизация зеленоградских фабрик продолжается. «Микрон» обещает скоро освоить технологию 65 нанометров. Мы готовы по мере освоения технологий фабриками выпускать на них свои процессоры.

**– Куда сейчас идет проектная документация? Где продукт производится?**

– Наши фабрики все-таки заметно отстают от зарубежных. А продукция должна быть на уровне. Поэтому до появления отечественной технологии производим микросхемы за рубежом. Но сейчас мы локализуем производство «Эльбрус-2С+» в Зеленограде совместно с компанией «Микрон». В этом году «Микрон» будет готов к серийному выпуску МП «Эльбрус-2С».





– А в чем разница с тем же Yota-Phone, который разрабатывали в России, а производили в Азии?

– Там речь шла о разработке на другом уровне сложности. Разработчики взяли уже существующие на рынке компоненты, удачно объединили их и создали дизайн, то есть придумали внешний вид корпуса и как разместить в нем комплектующие, плюс доработали стандартное программное обеспечение. Мы же делаем фундаментальные разработки, проектируя всё вплоть до топологии элементов на уровне транзисторов. Вся интеллектуальная собственность остается у нас. Мало сделать процессор, ему нужен южный мост, то есть микросхема, которая позволяет общаться с «внешним миром», и мы разработали собственный южный мост КПИ. В программном обеспечении мы делаем свой BIOS (базовая система ввода-вывода), мы пишем компиляторы (с языка C, C++, Fortran и т.д.), мы портировали Linux на нашу архитектуру, и теперь есть наш собственный дистрибутив под названием ОС «Эльбрус». Это большая работа, но ее не избежать. Зато появляется возможность максимально оптимизировать конечный продукт. Мы производим и готовые решения: вычислительные комплексы, моноблоки и защищенные ноутбуки, встроенные системы.

– Не боитесь знаменитого китайского «реинжиниринга»?

– Нет. Разобраться в устройстве нашего чипа по маскам трудно – там же около миллиарда транзисторов! Кроме того, процессор требует определенной программной поддержки. Как я уже говорил: нужны ОС, компилятор, BIOS и т.д. Допустим, скопировали они этот процессор – что дальше? Они получают кусок кремния, с которым непонятно что делать.

Архитектура «Эльбрус» развивается в последующих проектах. Принята «дорожная карта», согласно которой в 2015 году запланирован выпуск восьми-ядерного решения по технологии 28 нм («Эльбрус-8С») с еще большей вычислительной мощностью (250 гигафлопс). К 2019 году запланировано создание 32-ядерного МП с производительностью порядка 2 терафлопс.

### Linux с человеческим лицом

– Расскажите о своей версии операционной системы GNU/Linux.

– У нас единая база исходных кодов и для семейства «Эльбрус», и для процессоров МЦСТ-R. Современный Linux – это очень удобная система для широкого круга пользователей. Его можно изначально настроить таким образом, что большинство людей даже не заметят, что сидят не в привычной Windows. Мы используем дистрибутив на основе Debian. От человека, севшего за наш компьютер на базе «Эльбруса», не потребуется слишком сильно менять свои пользовательские навыки. Но правильнее рассматривать то, что мы делаем, как базовую технологическую платформу.

– А могут ли ваши разработки пригодиться, скажем, в автопроме, и что для этого нужно?

– Сейчас появляется массовая потребность в цифровой обработке сигналов и анализе изображений на потребительском рынке. Это электронные помощники водителя, интеллектуальные системы охраны, радары, сонары, робототехника. Здесь «Эльбрус» может очень хорошо себя показать. Мы поставляем универсальную технологию. Она годится, например,

для задач слежения за автопотоком и шире – при построении «умного города». Но тут нужна кооперация с компаниями, которые непосредственно занимаются разработкой таких систем.

– А в России есть такие компании?

– Довольно много, но они сейчас используют импортные вычислители. Мы ищем сотрудничество с компаниями, которые разрабатывают собственные алгоритмы (для слежения за потоком, детектирования номеров автомобилей, охранные системы с видеоаналитикой и т.п.). С авторами программ мы легко находим общий язык.

– Насколько это сложная задача?

– Поиск партнеров для конкретного продукта – это трудоемкая задача, а конечный продукт – год-полтора. Наш «Эльбрус» – универсальный процессор, для него есть мощный компилятор, поэтому адаптация проходит быстро. Примеры подобного сотрудничества у нас есть. Сейчас МЦСТ создает кооперацию, есть контакты в области конференц-связи, геоинформационных систем и т.д.

### Тупик и гигагерцы

– А какие существуют проблемы в отрасли?

– Есть предел в существующей линии развития процессоров. Все крупнейшие производители фактически работают в одной парадигме (RISC).

Конечно, возможности для роста производительности еще есть. Но на этом пути уже заходили в тупик. Возьмем процессор Pentium 4. Intel стремилась ради маркетинга достичь высоких значений тактовой частоты в гигагерцах. Там заметили, что широкая аудитория смотрит практически только на эту характеристику при определении того, какой продукт лучше, какой предпочтительней. Одна цифра очень понятна. Но в итоге процессоры получились очень горячими и недостаточно производительными. От этой архитектуры отказались, вернулись на шаг назад, провели хорошую работу над ошибками и выдали Intel Core – очень серьезную архитектуру. Но впереди всё равно ждет новый тупик, только он будет носить не «идеологический», а принципиальный, физический характер – очень сложно стало наращивать частоту. Это значит, что без разработки новых параллельных архитектур производительность одного ядра уже сильно поднять не получится.

А из-за того, что все понимают: тупик близок, активизировался поиск альтернатив. Есть экстенсивные решения: например, ARM предлагает делать кластеры из большого количества слабых, но дешевых процессоров с низким энергопотреблением. Такой подход годится только под определенные задачи. Но фундаментально вопрос о росте производительности он не решает.

Мы делаем упор на создание архитектур с высокой однопоточной производительностью, то есть не на увеличение числа ядер, а на повышение производительности самого ядра с развитием компиляторов и проектированием аппаратуры «под компилятор». Проблема такого подхода в том, что придется перекомпилировать и, возможно, переписывать программное обеспечение. Но оно всё равно со временем переписывается, адаптируется под новые платформы. Большая подвижка произошла после начала бурного развития носимой электроники, особенно смартфонов. Архитектура x86 здесь оказалась скорее экзотикой, и производителям пришлось переписывать свои программные продукты под требования все того же ARM. Это нормальный процесс. В этом отношении возможны компромиссы.

У нас, к примеру, есть двоичный транслятор, который позволяет запускать на наших машинах и Windows, и программные продукты, написанные под эту ОС. Я уже говорил, что технологию двоичной трансляции мы продолжаем развивать, вводим поддержку новых расширений системы команд x86, поддержали 64-разрядные расширения, многопоточную трансляцию.

**– Но это наверняка негативно сказывается на производительности.**

– Конечно. На то он и компромисс. По сравнению с работой процессора в «родных» кодах получаем замедление приблизительно на 20–30%. Но если по каким-то причинам вы не можете использовать западные процессоры, а ОС Windows вам необходима, то есть принципиальная возможность запустить ее на полностью российском «железе». Можно, кстати, задействовать штатную программу Linux – Wine, эмулятор Windows API, который позволяет запускать Windows-приложения поверх Linux. Мы проверяли – двоичный транслятор «тянет» связку Wine плюс Microsoft Office. В общем, путей решения проблемы адаптации программного обеспечения много.

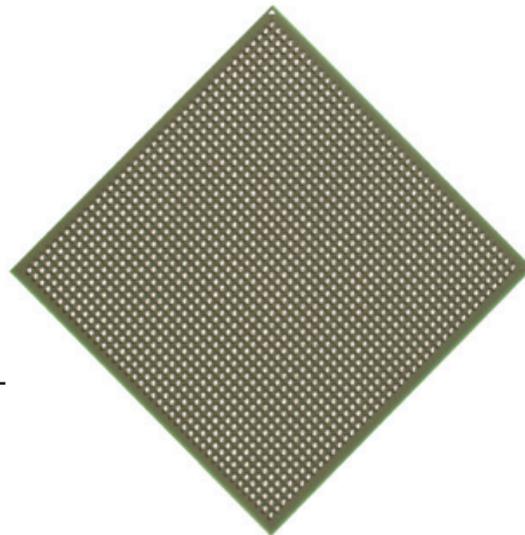
### ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**– Как обстоят дела с себестоимостью ваших продуктов?**

– Себестоимость выше, чем у западных аналогов из пользовательского сегмента, из-за объемов производства. Но что касается готовых решений, то наш «Монокуб-РС» стоит сейчас порядка 100 тыс. рублей, так как выпущена очень малая серия, а при большой серии продукт будет в разы дешевле. Для рядового потребителя это очень дорого, но для компаний и организаций с повышенными требованиями к информационной безопасности – вполне приемлемо. В сегменте промышленных вычислительных систем, где требуется надежность и широкий диапазон рабочих температур, мы вполне на уровне мировых аналогов как по цене, так и по качеству.

**– А чем ваши решения выгоднее в плане информационной безопасности?**

– Как устроена современная индустрия атак и взломов? У атакую-



щего есть набор инструментов, своего рода отмычек к типичным уязвимостям. При атаке он делает запрос к той или иной службе на компьютере-жертве, этот запрос содержит специальный код, позволяющий взять систему под контроль и получить нужную информацию. А наша система для атакующих – как новая планета. Существующие отмычки на уровне команд не заработают. Надо подбирать новые, это сложно и требует времени. А на уровне операционной системы у нас есть все средства защиты, в том числе мандатная (разграничивающая доступ пользователей к объектам на основании меток конфиденциальности и уровней конфиденциальности).

Я уже говорил про технологию защищенных вычислений. При этом потребуется переписать что-то из пользовательского программного обеспечения из-за наличия в них ошибок – это затратно, но безопасность дороже. С формальной точки зрения у нас также всё в порядке, есть сертификат на ОС по второму классу защищенности от несанкционированного доступа.

**– Насколько востребовано то, что вы делаете?**

– Нужно различать потребности ситуационные и стратегические. Уже сегодня мы получаем в день десятки писем и запросов. Люди интересуются нашей техникой – и организации, и частные лица, энтузиасты, хотят приобрести машины для тестирования. И это мы еще не вкладывались в рекламу. Для очень многих задач характеристики наших

