



Серверные процессоры:

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И БОРЬБА ЗА РЫНОК

Игорь КИРИЛЛОВ

Сегмент серверных процессоров остается очень

динамичным как в технологическом, так и в маркетинговом плане.

Производители осваивают новые разработки и стремятся выйти на перспективные рынки, под которыми сейчас понимается Китай в частности и Азия в целом.

Технологии на процессорном рынке достигли просто фантастических пределов. Для серверов уже серийно производятся чипы, выполненные по 14-нм техпроцессу, на подходе 10-нм, 7-нм... А что дальше? Очевидно, придется переходить на совершенно новые принципы схемотехники. Но пока до исчерпания ресурса кремния довольно далеко. Так что в ближайшие годы мы вряд ли увидим резкую смену тренда. Сейчас наиболее интересные тенденции лежат в сфере технологий на базе ARM, а рыночный потенциал постепенно смещается в Азию.

Процессоры x86 — у одних ПЛИС, у других Дзэн

Начнем наш обзор с новостей, которые произошли в сегменте серверных процессоров на базе x86. Эта архитектура на сегодняшний день является гегемоном рынка, а основной производитель здесь, как известно, **Intel** и его семейство Xeon, которое в 2016 году существенно обновилось. В младшей серии появился новый 4-ядерный чип E3-1200 v6 для однопроцессорных конфигураций, работающий с тактовой частотой до 3,9 ГГц в штатном режиме. При этом максимальное энергопотребление процессора составляет 74–78 Вт. Также компания выпустила новые чипы для встраиваемых систем (главным образом микросерверов) Xeon D, выполненные по 14-нм техпроцессу. Самая мощная модель серии — D1571 содержит 16 двухпоточных вычислительных ядер с тактовой частотой 1,3 ГГц и 24 МБ кэш-памяти третьего уровня (L3). Оче-

видно, снижение скорости работы сделано по соображениям приемлемого уровня энергопотребления, которое у D1571 составляет 45 Вт (младшие 4-ядерные модели серии D потребляют 25 Вт).

Более мощная и самая популярная серия серверных процессоров Intel Xeon E5 тоже получила в 2016 году ряд важных обновлений, главным образом это касается чипов, предназначенных для двухпроцессорных конфигураций. Так, в марте вышла новая генерация семейства — E5-2600 v4 (Broadwell), для производства которой, в отличие от предыдущей серии v3, используется не 22-нм, а 14-нм техпроцесс. Обновление вышло достаточно масштабным — за короткое время появилось около тридцати разнообразных моделей чипа. Интересно, что E5-2600 v4 совместимы с чипсетом Intel C610, который также поддерживает процессоры предыдущего, третьего поколения (Haswell-EP), что позволяет обеспечить преемственность технологий вплоть до параллельной работы двух чипов на одной платформе. Оставшись в рамках энергопотребления от 60 до 160 Вт, как и процессоры предыдущего поколения, семейство E5 v4 обладает большим количеством двухпоточных вычислительных ядер (22 вместо 18) и объемом кэш-памяти L3 (55 МБ вместо 45 МБ). Поддерживается более производительная оперативная память и ряд фирменных технологий, оптимизирующих конвейер процессора, работу в сфере виртуализации, средства безопасности, энергоэффективности и т.д. Тактовая частота — 1,6–3,5 ГГц в зависимости от модели. Также вышли

обновления для чипов Xeon E5, предназначенных для работы в одно- и четырехпроцессорных конфигурациях (серии E5-1600 и E5-4600).

Несколько позднее обновилось и флагманское семейство — в июне на рынок вышли Xeon E7 v4 в версиях для четырех- и восьмипроцессорных конфигураций (E7-4800 и E7-8800). Как и E5, они построены на 14-нм ядрах Broadwell, которых в одном чипе может быть до 23 (ранее 18), потоков, соответственно, вдвое больше. Максимальный объем кэш-памяти также увеличен по сравнению с предыдущей версией — с 45 МБ до 60 МБ. Тем не менее E7 v4 совместимы с E7 v3 и, по заявлениям Intel, могут работать в составе одного сервера. Тактовые частоты колеблются в диапазоне 2–2,8 ГГц (исключение — 4-ядерная модель E7-8893 v4, обеспечивающая свыше 3,2–3,5 ГГц), энергопотребление — 115–165 Вт. Важным отличием от предыдущей, третьей версии является увеличенный вдвое объем поддерживаемой оперативной памяти — до 3 ТБ в расчете на процессор. Это особенно востребовано для вычислительных систем в современном бизнесе, где все большее число критически важных приложений переходят на принцип работы in-темогу (т.е. полностью в оперативной памяти).

В контексте специализированных решений Intel показала новые процессоры Xeon с интегрированным ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема). Новинка была представлена в апреле 2016 года. Подобное решение стало результатом недавнего приобретения специализированной компании *Altera*, известной своими разработками

в области ПЛИС (напомним, сделка стоимостью \$16,7 млрд произошла в течение почти всей второй половины 2015 года). В прошлом году Intel начала поставки тестовых образцов процессоров Xeon E5-2600 v4, совмещенных со схемами ПЛИС Altera Arria 10 (рис. 1). Как ожидается, подобные решения могут найти применение в сфере кибербезопасности, обработки «больших данных», распознавания изображений и т.д.

Компания *AMD* хотя уже давно и не является серьезным конкурентом Intel на процессорном рынке, все же не оставляет попыток хотя бы немного нарастить свою долю в сегменте. В 2016 году производитель много рассказывал о своей новой микроархитектуре под кодовым названием Zen (Дзэн) (рис. 2), которая должна лечь в основу большого семейства x86-процессоров, физические поставки которых, очевидно, начнутся не ранее весны текущего года.

Чипы будут производиться по нормам 14-нм техпроцесса, что позволит размещать на кристалле до 32 вычислительных двухпоточных ядер. Судя по доступным деталям технического описания, встроенный контроллер памяти будет восьмиканальным. Кроме того, в чипе ожидается поддержка интерфейса PCI Express 3.0. По заявлениям руководства компании, параллельно с разработкой новых процессоров ведутся работы над созданием микроархитектуры Zen следующих поколений — на основе 7-нм техпроцесса, которая позволит разместить на кристалле до 48 вычислительных ядер.



Рис. 1. ПЛИС Altera Arria 10 в составе вычислителя

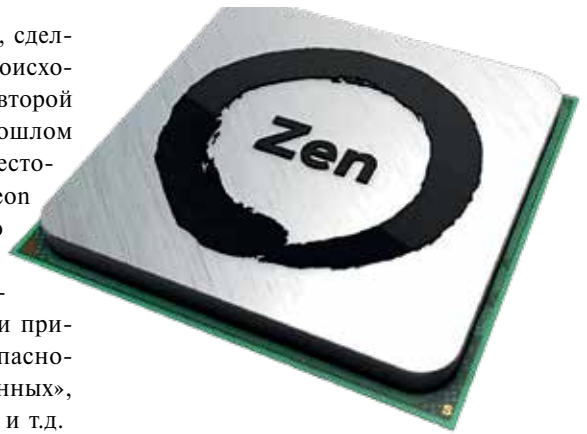


Рис. 2. Похоже, в AMD решили создать процессор на основе принципов Дзэн. Будем надеяться, новому чипу не будет свойственна глубокая медитация

«Классический» RISC

Несмотря на то что x86-процессоры не только доминируют на серверном рынке, но и продолжают наращивать свою долю, полностью подвинуть чипы на базе RISC-архитектуры им вряд ли удастся. Более того, в будущем благодаря разработкам на основе достижений *ARM* возможна даже ситуация, при которой RISC-системы начнут понемногу отыгрывать утраченные позиции. К тому же традиционные лидеры сегмента продолжают развивать свои фирменные архитектуры. Так, в конце 2016 года компания *Oracle* предложила рынку новый 8-ядерный чип SPARC M7 (рис. 3), выполненный по нормам 20-нм техпроцесса, который является младшей модификацией 32-ядерной модели S7, выпущенной в августе 2014-го.

Каждое ядро поддерживает возможность обработки до восьми независимых потоков (т.е. суммарно 64 потока). Что касается кэш-памяти, то она организована достаточно замысловато — 16 КБ первого уровня на ядро для инструкций и столько же для данных, каждые четыре ядра делят 256 КБ памяти L2 для инструкций, а каждые два — имеют столько же для данных. К тому же процессор снабжен общей кэш-памятью третьего уровня объемом 16 МБ. Кроме того, на чипе имеется встроенный двухканальный контроллер оперативной памяти DDR4.

Тактовая частота нового процессора составляет 4,27 ГГц — один из наиболее высоких показателей в отрасли. При этом, как отмечают разработчики, производительность в расчете на ядро выросла более чем на 10% по сравне-



Рис. 3. Новый 8-ядерный чип SPARC M7 является младшей модификацией 32-ядерной модели S7

нию с аналогичным показателем старшей модели M7. В то же время очевидно, что максимальные преимущества процессора достижимы только с программными продуктами Oracle, в частности, операционной системой Solaris OS, которая оптимизирована для работы с развитой многопоточностью вычислительных ядер.

Чип оснащен целой серией фирменных технологий. Например, каждое ядро сопровождается криптографическим сопроцессором, что значительно ускоряет обработку защищенных транзакций. В числе поддерживаемых алгоритмов — AES/Camellia/CRC32s/DES/MD5/RSA/SHA и др. Для повышения производительности при работе с БД используется аппаратный ускоритель Data Analytics Accelerator (DAX).

Что касается другого апологета RISC-технологий — компании **IBM**, то ее новые чипы POWER9 запланированы к появлению в 2017 году, но в 2016-м уже были раскрыты технические подробности будущих процессоров. Если все задуманное удастся реализовать, то чип должен получиться действительно интересным. Так, планируется, что производство по 14-нм технологии позволит разместить на кристалле до 8 млрд транзисторов. Количество ядер будет равно 12 или 24 при общем числе потоков 96, к тому же ожидается поддержка технологии PCI Express 4.0 (48 линий). Для повышения производительности предполагается использовать новые фирменные алгоритмы предсказания ветвлений. Еще одним существенным достижением должно стать размещение 120 МБ кэш-памяти L3 в каждом процессоре. Отметим, что альянс Google и Rackspace уже анонсировал серверную платформу под POWER9.

ARM, EPIC и китайские СП

Однако наибольшие перспективы RISC-систем на массовом серверном рынке сейчас связывают с разработками на базе архитектуры ARM. Пока доля рынка подобных систем в мировом сегменте чрезвычайно мала — доли процента. Это и неудивительно, ведь первые более-менее коммерчески применимые разработки появились чуть более двух лет назад. Тем не менее, в отличие от традиционных RISC-систем, стоимость вывода на рынок серверных ARM-платформ относительно невысока, что дает потенциальную возможность большому количеству компаний развивать свой бизнес в серверном направлении.

Наибольших успехов на данный момент здесь достигли компании **Qualcomm, Cavium, AMD, Socionext, Applied Micro**. Первая из них представила в конце 2015 года 24-ядерный 64-разрядный ARM-процессор для серверов. В 2016-м образцы этих чипов были разосланы ключевым партнерам, а компания Linaro даже создала специальную облачную платформу для разработчиков, желающих попробовать новые чипы в действии. Эксперимент, судя по всему, оказался удачным, поскольку уже в конце 2016 года Qualcomm показала первый в отрасли серверный чип ARM Centriq 2400, изготовленный по техпроцессу 10-нм, появление которого ожидается на рынке не ранее середины 2017 года. В основе процессора — собственные ядра Qualcomm Falkor CPU на основе архитектуры ARM v8. На данный момент технические детали новинки официально не сообщаются, однако, скорее всего, чип будет иметь 48 ядер, а его непосредственным производством займется компания Samsung.

Также отметим, что в мае 2016 года Qualcomm создала совместное предприятие с властями китайской провинции Гуйчжоу (которой принадлежит 55% фирмы). Целью СП, получившего название Huaxintong Semiconductor Technology, является разработка и производство серверных процессоров для внутреннего рынка КНР. Первая информация о новой компании появилась еще в 2015 году, но образцы продукции должны увидеть свет только в 2017-м. Оба участника совместно

вложили в проект около \$300 млн, но, похоже, общий объем инвестиций будет значительно больше, ведь, как заявил президент американской компании Дерек Аберле, речь идет о выстраивании регионального бизнеса в области дата-центров. Отметим, что развитие бизнеса в КНР стало приоритетным направлением для многих высокотехнологичных компаний, в т.ч. производителей процессоров.

Например, в начале 2016 года Intel нашла новых партнеров на местном рынке для создания СП — компанию Montage Technology Global Holdings и государственный университет Цинхуа (среди выпускников которого, кстати, нынешний президент страны Си Цзиньпин). Новое предприятие с 2017 года займется производством специальных разработок на основе x86-чипов Intel Xeon по заказу китайских коммерческих и государственных организаций. При этом американская компания вложит в СП \$100 млн. Отметим также, что Montage Technology принадлежит SEC — крупнейшей государственной ИТ-компании КНР. Лицензию на производство x86-совместимых чипов передала китайскому СП Tianjin Haiguang Advanced Technology Investment и компания AMD, а процессоры на базе архитектуры IBM POWER уже создает китайская Suzhou PowerCore Technology.

Но вернемся к сегменту ARM-решений. Все крупные игроки на этом пока еще небольшом рынке серверных систем эволюционируют довольно быстро. Qualcomm далеко не единственный наглядный пример. Летом 2016 года на рынке появились первые серийные образцы 32-ядерных процессоров Applied Micro X-Gene 2 и 48-ядерных Cavium ThunderX, произведенных по нормам 28-нм. В этом году ожидается выход еще более прогрессивных чипов — X-Gene 3 и ThunderX2, использующих 16-нм и 14-нм техпроцессы соответственно. При этом будет увеличено и число ядер на чипе, например у ThunderX2. Как ожидается, их будет 54. В ноябре 2016 года о разработке 24-ядерного чипа сообщила японская компания **Socionext** (СП Panasonic и Fujitsu, созданное в марте 2015-го). Базой для процессора послужили 64-битные вычислительные ядра ARM Cortex-A53 с тактовой частотой 1 ГГц (**рис. 4**).

Ставку на архитектуру ARM делает и AMD. В январе 2016 года компания представила процессоры Opteron A1100, ориентированные на сегмент дата-центров. За основу взяты 64-рядные ядра Cortex-A57, которых помещается до восьми штук на одном чипе. Максимальная тактовая частота составляет 1,7–2 ГГц. Модель снабжена 4 МБ кэш-памяти второго уровня (1 МБ на два ядра) и 8 МБ общей памяти L3. Также здесь имеется встроенный двухканальный контроллер оперативной памяти (поддерживающий до 64 ГБ ОЗУ DDR 4 на канал), интегрированная подсистема ввода/вывода включает в себя интерфейсы PCIe, SATA3 и 10GbE. Имеется также встроенный криптографический сопроцессор (рис. 5).

В процессорную гонку, похоже, включилась и компания *Huawei*, по неофициальным данным, создавшая в середине 2016 года собственный 16-ядерный процессор Hi1612a на базе ARMv8-A, выпуском которого займется тайванский чипмейкер Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC). Отметим, что Huawei давно и успешно использует собственные ARM-процессоры в своих мобильных устройствах, но выход на серверный рынок (если информация подтвердится) — это совсем другой уровень разработки и продвижения продукции.

Отметим, что открытость технологий ARM открывает широкие возможности для национальных компаний во многих странах. Потенциально этим могла бы воспользоваться и Украина. Приобретение лицензий на разработку позволило бы нам создать

собственные чипы. По такому пути пошли, например, российские компании. Проект «Эльбрус», с которым местные разработчики возились много лет, с технологической точки зрения можно признать неудачным. Процессор получился откровенно слабым и устаревшим уже на момент выпуска. Другое дело *Baikal*, построенный на ядрах ARM. Чипы выпускает «Байкал Электроникс» (принадлежит компании «Т-Платформы»), и сейчас доступны лишь версии для потребительской электроники. Но в 2017 году должен выйти *Baikal-M* для серверов с 32 ядрами ARMv8-A, который будет выпускаться по 16-нм технологии на тайванских заводах чипмейкера TSMC.

Таким образом, очевидно, что процессоры на базе архитектуры ARM получают все большую поддержку, причем год от года она становится все шире, а комплексные платформы и готовые серверы на базе ARM-процессоров уже предлагают Dell, HPE, Gigabyte и другие мировые производители вычислительных систем.

Что касается самой компании ARM, то в 2016 году она представила несколько новых интересных разработок. В частности, когерентную ячеистую архитектуру, сочетающую в себе технологию CMN-600 (Coherent Mesh Network, когерентная ячеистая сеть) и контроллер динамической памяти CoreLink DMC-620. Такой подход позволит повысить производительность чипов не только в серверах, но и в сетях мобильной связи 5G, промышленных системах и т.д. Технологии будут использованы в процессорах новой архитектуры ARMv8-A.

Как ожидается, это даст возможность создавать системы с количеством ядер до 128 и одновременно повысить тактовую частоту чипов до 2,5 ГГц или даже больше.

В завершение раздела стоит сказать несколько слов также о процессорах Intel Itanium (на базе архитектуры EPIC), спрос на которые весьма невелик, но

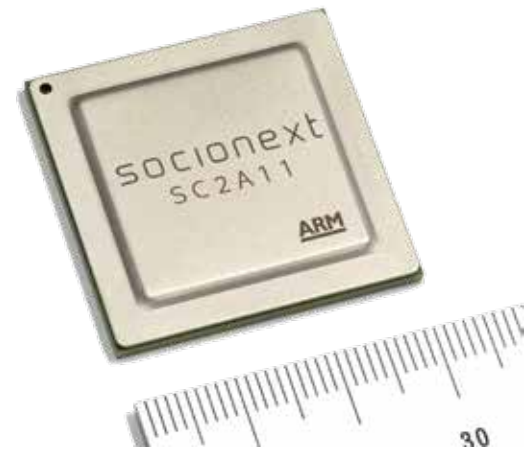


Рис. 4. Новый 24-ядерный чип Socionext на базе ARM

все же сохраняется на достаточно стабильном уровне уже много лет. Последний раз обновление этих чипов происходило пять лет назад — в 2012 году на свет появилась модель серии 9500 (Poulson), в 2014-м должна была появиться следующая итерация (Kittson), но ее до сих пор нет. Тем не менее ожидается, что новая версия Itanium появится в 2017-м, хотя никаких подтвержденных технических деталей нового чипа не сообщается. В то же время HPE (ранее HP) — единственный крупный серверный производитель систем на базе Itanium — заявил о поддержке архитектуры в своих серверах до 2025 года, а значит, новые чипы рано или поздно должны увидеть свет.

Рынок серверных процессоров вряд ли можно назвать «застойным». Здесь не только постоянно обновляются существующие модели, но и активно внедряются новые технологии. Сейчас за место под солнцем активно борется архитектура ARM, которая потенциально способна перекроить рынок в долгосрочной перспективе, особенно за счет азиатского сегмента. Но вместе с тем на подходе и совершенно новые разработки, например, на одной из прошлогодних международных ИТ-конференций был показан действующий прототип фотонного компьютера. Из более прикладных решений можно упомянуть новые процессоры с количеством ядер 1000 и более — KlioCore и Eriphany V, которые появились в 2016 году. Так что через пять-десять лет сегмент серверных процессоров может измениться до неузнаваемости.

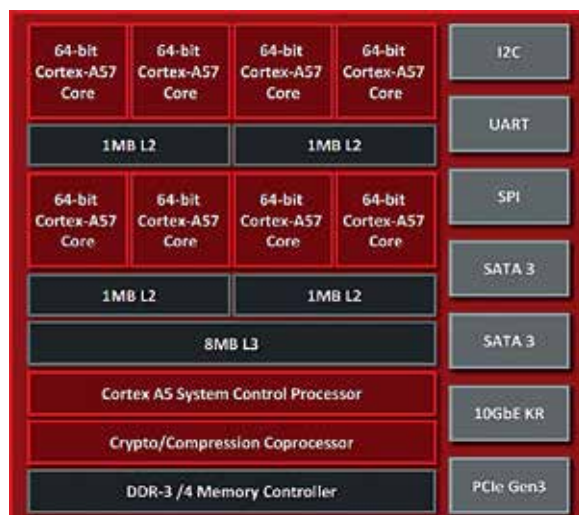


Рис. 5. Архитектура ARM-процессора AMD Opteron A1100

Игорь КИРИЛЛОВ, СИБ