

Процессоры Intel Skylake: многообразие и применение

Часть 1

Любовь Бабушкина (Москва)

В 2015 г. компания Intel, не без труда освоившая 14-нанометровый литографический процесс, вывела на рынок следующее поколение процессоров с новой микроархитектурой под кодовым названием Skylake. В рамках данной статьи рассмотрим отличия этой микроархитектуры от предшествующей (Haswell/Broadwell), познакомимся со структурой ассортимента нового поколения процессоров, подробнее остановимся на моделях для встраиваемых систем и промышленных рабочих станций.

Краткий экскурс в недавнее прошлое

Как известно, принятая в компании Intel с 2007 г. технологическая концепция «Тик-так» предусматривает чередование двух стадий обновления процессоров – перенос существующей микроархитектуры на техпроцесс с меньшими нормами («тик») и реализация на освоенном техпроцессе обновлённой микроархитектуры («так»). Эта концепция позволяет, с одной стороны, выводить на рынок следующее поколение процессоров каждые 12–18 месяцев, а с другой стороны, обеспечивать разработчикам и технологам двух- трёхлетний запас времени как для создания функциональных усовершенствований, так и для освоения новых литографических норм.

Незадолго до введения концепции «Тик-так» компания Intel решила отойти от стратегии развития, основанной на наращивании производительности процессоров путём увеличения тактовой частоты, и поставила во главу угла энергоэффективность, то есть удельную производительность на ватт потребляемой энергии [1]. Именно эта новая стратегия и легла в основу разработки процессоров Core, которые десять лет назад пришли на смену процессорам

Pentium 4 с архитектурой NetBurst. По мере совершенствования всех последующих поколений чипов, к реализации допускались только те методы повышения скорости работы, которые при этом давали вдвое больший выигрыш в экономичности. Поэтому за прошедшее десятилетие максимальная тактовая частота процессоров выросла незначительно (менее чем на 20%), однако производительность увеличилась в несколько раз за счёт целого ряда технологий, позволивших раскрыть потенциал параллельных вычислений на уровне инструкций, уровне данных и уровне задач.

Итак, начиная с архитектуры Core 2 Duo, разработчики Intel сфокусировались на способах наращивания производительности, не связанных с ростом тактовой частоты. Например, увеличивали число инструкций, исполняемых за один такт, добавляя в ядро дополнительные декодеры и исполнительные блоки. Кроме того, был использован такой метод повышения скорости работы процессоров, как уменьшение числа операций, необходимых для обработки одних и тех же объёмов данных. В частности, процессорная архитектура Core пополнилась наборами SIMD-инструкций – 128-битных SSE и 128/256-битных AVX, позволяю-

щими выполнять за один такт векторные операции [2] (последнее поколение процессоров поддерживает наборы инструкций SSE 4.1/4.2 и AVX 2.0). При этом, следуя стратегии увеличения энергоэффективности, инженеры Intel постоянно искали новые способы снижения энергопотребления процессоров. В частности, была реализована технология активации отдельных логических блоков кристалла только по мере необходимости.

С введением в 2010 г. классификации процессоров Intel Core на семейства i3, i5 и i7, была введена нумерация поколений. Процессоры с микроархитектурой Skylake представляют собой уже шестое поколение (см. табл. 1). Выпуск очередного поколения Core сопровождался обновлением семейств процессоров Xeon, Celeron и Pentium, а также появлением более функциональных моделей микросхем системной логики (чипсетов), поддерживающих новые процессоры.

Эволюция процессоров продолжалась: от поколения к поколению энергоэффективность чипов Intel Core постепенно увеличивалась, причём не только за счёт архитектурных ноу-хау, но и благодаря уменьшению технологических норм, поскольку микроминиатюризация транзисторов в интегральной схеме способствовала их быстрому переключению и снижению тепловыделения.

Недавно появившаяся микроархитектура Skylake не просто стала очередным витком развития процессоров Core. Она принесла рынку вычислительных систем целый ряд принципиально новых возможностей. Но не будем забегать вперёд, обо всём по порядку.

Таблица 1. Шесть поколений Intel Core

Поколение	1		2	3	4	5	6
Год выпуска	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Стадия обновления	«Так»	«ТИК»	«Так»	«ТИК»	«Так»	«ТИК»	«Так»
Кодовое название микроархитектуры	Nehalem		Sandy Bridge		Haswell		Skylake
Кодовое название процессоров	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Haswell	Broadwell	Skylake
Техпроцесс	45 нм	32 нм		22 нм		14 нм	

В САМОМ СЕРДЦЕ SKYLAKE

Начнём с самого глубокого уровня – ядра процессора. Здесь революционных изменений не ожидалось, и не произошло – основные принципы работы процессорных ядер остались прежними. Тем не менее, ядра Skylake превосходят по своим рабочим характеристикам ядра Haswell, поскольку инженерами Intel был сделан ряд количественных улучшений в их функциональных блоках. В частности, была расширена фронтальная часть конвейера, включающая блок предсказания ветвлений, а в самих исполнительных устройствах были увеличены буферы внеочередного выполнения [2]. Эти и другие усовершенствования в совокупности способны существенно повысить эффективность параллельной обработки команд.

Процесс автоматической регулировки тактовой частоты процессора в сторону уменьшения в зависимости от текущей нагрузки, который ранее осуществлялся с помощью программной технологии SpeedStep, в микроархитектуре Skylake впервые получил более эффективную аппаратную реализацию Intel Speed Shift.

Более заметные изменения относятся к следующему функциональному уровню – взаимодействию процессорных блоков и работе с данными. Здесь также выросли объёмы буферов, таких как буферы дескрипторов страниц виртуальной памяти. Также улучшена работа кэш-памяти второго уровня. В частности, уменьшились задержки при обработке промахов. Кроме того, известная технология Hyper-Threading стала более эффективной [3].

Отдельно стоит упомянуть впервые реализованную поддержку набо-

ра инструкций SGX (Software Guard Extension), предназначенного для создания изолированной области памяти для исполнения защищённого программного кода.

На уровне взаимодействия с памятью процессоры Skylake получили ещё более существенное обновление – удвоенную полосу пропускания кольцевой шины, связывающей ядра с кэш-памятью третьего уровня, контроллером оперативной памяти, графическим ядром и системным агентом. Немаловажно, что объём кэш-памяти третьего уровня впервые достиг 8 МБ. Это обстоятельство также внесло свой вклад в повышение производительности процессоров шестого поколения.

Для любых систем – от планшета до сервера

Новое развитие получила такая концептуальная особенность архитектуры Core, как адаптация под различные вычислительные платформы. Разрабатывая процессоры шестого поколения, компания Intel стремилась создать наиболее универсальную архитектуру, которая сможет удовлетворять потребностям платформ самого разного масштаба – от ультрамобильных и сверхэкономичных до высокопроизводительных. И эта идея была реализована в полной мере. Достаточно сказать, что среди моделей процессоров Skylake минимальный и максимальный тепловыделительный пакет отличается в 20 раз (см. табл. 2). Широкий ассортимент обеспечивается комбинацией из пяти конфигураций чипов и четырёх вариантов корпусировки, различающихся по площади в четыре раза.

Структура ассортимента, состоящего из серий Y, U, H и S, – традиционна:

основу составляют три семейства процессоров Core. Из них наибольшей производительностью в сериях H и S обладают модели семейства Core i7, содержащие четыре ядра и поддерживающие технологию удвоения потоков (Hyper-Threading) и авторегулировки тактовой частоты (Turbo Boost). При этом у большинства процессоров Core i7, принадлежащих к S- и H-сериям, высокая производительность обеспечивается, помимо всего прочего, максимальным объёмом кэш-памяти третьего уровня – 8 МБ. Второе место после i7 занимают процессоры семейства Core i5 с кэш-памятью до 6 МБ. Они также имеют четыре ядра и поддерживают авторегулировку тактовой частоты, но каждое ядро способно обрабатывать только один поток команд. Более скромное семейство двухъядерных моделей Core i3 с L3-кэшем 3–4 МБ, напротив, может похвастаться поддержкой технологии Hyper-Threading, сравнив счёт по числу потоков с четырёхъядерными Core i5, однако, в отличие от них, работает на фиксированной тактовой частоте.

Модели Core серии U, существующие уже несколько поколений, представляют собой особую линейку процессоров. Все они, независимо от принадлежности к семействам i3, i5 или i7, содержат два ядра и обрабатывают четыре потока команд. Кроме того, по сравнению с другими моделями из семейств Core, они имеют несколько небольших ограничений. В частности, объём кэш-памяти процессоров с литерой U составляет 3–4 МБ, пропускная способность системной шины не превышает 5 ГТ/с (DMI 2.0), а каналов PCIe поддерживается только 12. На такие «жертвы» разработчики Intel

Таблица 2. Структура ассортимента процессоров Intel на базе микроархитектуры Skylake

Серия	Y		U		H		S	
Назначение	Для микрокомпьютеров и планшетов		Для ультрабуков, моноблоков, миникомпьютеров		Для производительных мобильных устройств и портативных рабочих станций и мобильных серверов		Для настольных ПК с максимальной производительностью и серверов начального уровня	
Корпус	BGA 1515 – напаивается		BGA 1356 – напаивается		BGA 1440 – напаивается		LGA 1151 – для сокета	
TDP, Вт	4,5 или 6		15 или 28		25...45		25...91	
Чипсет	Интегрированный		Интегрированный		Для чипсета 100-й серии		Для чипсета 100-й серии	
Количество моделей* (в скобках – в т.ч. встраиваемых)	Всего	5 (0)	Всего	17 (4)	Всего	33 (13)	Всего	42 (13)
	Core m3	1 (0)	Core i3	2 (1)	Core i3	3 (2)	Core i3	7 (2)
	Core m5	2 (0)	Core i5	6 (1)	Core i5	7 (2)	Core i5	9 (2)
	Core m7	1 (0)	Core i7	6 (1)	Core i7	10 (2)	Core i7	4 (2)
	Pentium	1 (0)	Pentium	1 (0)	–	–	Pentium G	6 (2)
	–	–	Celeron	2 (1)	Celeron	2 (2)	Celeron	4 (2)
	–	–	–	–	Xeon E3	11 (5)	Xeon E3	12 (3)
Литеры в названии моделей Core/Pentium/Celeron (в скобках – у встраиваемых)	Y (–)		U (U)		E, EQ, R, HQ, HK, H (E, EQ)		P, TE, T, K, без литеры (TE, без литеры)	
Литеры в названии моделей Xeon перед «v5» (в скобках – у встраиваемых)	–		–		L, M, без литеры (L, M)		L, без литеры (L, без литеры)	

* По состоянию на июль 2016 г.

идут не напрасно: в результате теплораспределения процессоров удаётся снизить до рекордного для Core значения в 15 Вт (а на пониженной частоте – даже до 7,5 Вт, то есть практически на уровне процессоров Intel Atom). При этом все модели U-серии выполнены в едином конструктиве с чипсетом. А поскольку предназначены эти процессоры для ультракомпактных устройств с пассивным охлаждением, функционал «полноценных» Core всё равно был бы для них избыточен.

В S-серии, которая отличается от остальных исполнением в корпусах LGA 1151 для установки в соответствующий сокет, помимо Core выпущены также недорогие двухъядерные процессоры Pentium, обрабатывающие только два потока инструкций на фиксированной тактовой частоте (и не поддерживающие векторные инструкции AVX 2.0). Объём кэш-памяти третьего уровня у этих процессоров составляет 3 МБ. Ещё более низкую стоимость имеют процессоры семейства Celeron. Они также имеют 2 ядра, не поддерживают технологии Hyper-Threading и Turbo Boost. В отличие от моделей семей-

ства Pentium, модели Celeron имеют кэш-память всего 2 МБ и работают на более низких частотах.

В сериях U и Y тоже есть по одному процессору Pentium. От процессоров S-серии (Pentium G) они отличаются, главным образом, поддержкой удвоенных чисел потоков и кэш-памятью 2 МБ. Существуют также модели Celeron, относящиеся к сериям H и U.

Во избежание путаницы нужно оговориться, что наименования Pentium и Celeron сегодня также носят некоторые процессоры Intel, не имеющие отношения к ядрам Core (и, соответственно, не рассматриваемые в рамках этой статьи), а разработанные на базе ядер Atom (микроархитектуры Bay Trail, Braswell, Apollo Lake). Номера моделей у таких процессоров, как правило, начинаются с литеры J или N.

Семейство Xeon E3 v5 предназначено для однопроцессорных серверов начального уровня и высокопроизводительных рабочих станций. По производительности эти процессоры близки к моделям семейства Core i7, но отличаются поддержкой оперативной памяти с функцией контроля чётности и кор-

рекции ошибок (ECC), повышающей отказоустойчивость системы.

Итак, в общей сложности, по состоянию на июль 2016 г. под кодовым названием Skylake компанией Intel выпущено 97 моделей процессоров (см. табл. 2) и 11 вариантов дискретных микросхем системной логики (чипсеты выполнены по технологическим нормам 22 нм). Из этого ассортимента 30 процессоров (см. табл. 3) [4] и 6 чипсетов относятся к группе Embedded, то есть имеют длительный жизненный цикл – 7 лет. В течение этого срока, начиная с даты выпуска, производитель обеспечивает гарантированную доступность и полную техническую поддержку чипов. Процессоры и чипсеты с увеличенным жизненным циклом предназначены не только для коммерческого рынка, но и для рынка встраиваемых систем и промышленных компьютеров, на котором высоко ценится многолетняя доступность и техподдержка электронных компонентов и модулей.

Структура ассортимента группы Embedded позволяет удовлетворить любые потребности разработчиков встраиваемых систем, промышлен-

Таблица 3. Сравнение 30 моделей процессоров Skylake, имеющих длительный жизненный цикл (группа Embedded)

Процессор Intel	Количество ядер	Количество потоков	Базовая тактовая частота, ГГц	Максимальная тактовая частота (Turbo Boost), ГГц	Кэш-память, МБ	Расчётная тепловая мощность (TDP), Вт	Интегрированная графика	Максимальный объём оперативной памяти, ГБ	Технологии удалённого администрирования vPro (в т.ч. AMT 11.0)	Серия / тип монтажа на материнскую плату	Рекомендуемая цена, \$
Core i7-6700	4	8	3,4	4	8	65	HD Graphics 530	64	Да	S / сокет	303–312
Core i7-6700TE	4	8	2,4	3,4	8	35	HD Graphics 530	64	Да	S / сокет	303
Core i7-6820EQ	4	8	2,8	3,5	8	45	HD Graphics 530	64	Да	H / пайка	378
Core i7-6822EQ	4	8	2	2,8	8	25	HD Graphics 530	64	Да	H / пайка	378
Core i7-6600U	2	4	2,6	3,4	4	15	HD Graphics 520	32	Да	U / пайка	393
Core i5-6440EQ	4	4	2,7	3,4	6	45	HD Graphics 530	64	Да	H / пайка	250
Core i5-6442EQ	4	4	1,9	2,7	6	25	HD Graphics 530	64	Да	H / пайка	250
Core i5-6500	4	4	3,2	3,6	6	65	HD Graphics 530	64	Да	S / сокет	192–202
Core i5-6500TE	4	4	2,3	3,3	6	35	HD Graphics 530	64	Да	S / сокет	192
Core i5-6300U	2	4	2,4	3	3	15	HD Graphics 520	32	Да	U / пайка	281
Core i3-6100	2	4	3,7	–	3	51	HD Graphics 530	64	Нет	S / сокет	117
Core i3-6100E	2	4	2,7	–	3	35	HD Graphics 530	64	Нет	H / пайка	225
Core i3-6100TE	2	4	2,7	–	4	35	HD Graphics 530	64	Нет	S / сокет	117
Core i3-6102E	2	4	1,9	–	3	25	HD Graphics 530	64	Нет	H / пайка	225
Core i3-6100U	2	4	2,3	–	3	15	HD Graphics 520	32	Нет	U / пайка	281
Pentium G4400	2	2	3,3	–	3	54	HD Graphics 510	64	Нет	S / сокет	64
Pentium G4400TE	2	2	2,4	–	3	35	HD Graphics 510	64	Нет	S / сокет	70
Celeron G3955U	2	2	2	–	2	15	HD Graphics 510	32	Нет	U / пайка	107
Celeron G3900	2	2	2,8	–	2	51	HD Graphics 510	64	Нет	S / сокет	42
Celeron G3900E	2	2	2,4	–	2	35	HD Graphics 510	64	Нет	H / пайка	107
Celeron G3900TE	2	2	2,3	–	2	35	HD Graphics 510	64	Нет	S / сокет	42
Celeron G3902E	2	2	1,6	–	2	25	HD Graphics 510	64	Нет	H / пайка	107
Xeon E3-1225V5	4	4	3,3	3,7	8	80	HD Graphics P530	64	Да	S / сокет	213–224
Xeon E3-1268LV5	4	8	2,4	3,4	8	35	HD Graphics P530	64	Да	S / сокет	377
Xeon E3-1275V5	4	8	3,6	4	8	80	HD Graphics P530	64	Да	S / сокет	339–350
Xeon E3-1505LV5	4	8	2	2,8	8	25	HD Graphics P530	64	Да	H / пайка	433
Xeon E3-1505MV5	4	8	2,8	3,7	8	45	HD Graphics P530	64	Да	H / пайка	434
Xeon E3-1515MV5	4	8	2,8	3,7	8	45	Iris Pro Graphics P580	64	Да	H / пайка	489
Xeon E3-1558LV5	4	8	1,9	3,3	8	45	Iris Pro Graphics P555	64	Да	H / пайка	396
Xeon E3-1578LV5	4	8	2	3,4	8	45	Iris Pro Graphics P580	64	Да	H / пайка	449

ных рабочих станций и промышленных серверов начального уровня (см. табл. 4).

Ассортимент чипсетов Skylake будет представлен далее, а сейчас перейдём к рассмотрению особенностей графических контроллеров, интегрированных в процессоры нового поколения.

Графическая подсистема и поддержка памяти

Интегрированная графика процессоров Intel в рамках микроархитектуры Skylake получила новую реализацию – пятисотую серию, благодаря которой процессоры шестого поколения способны без применения дискретной графики поддерживать работу с изображением формата 4K (разрешение 4096×2304 точек, частота кадров до 60 Гц), по-прежнему обеспечивая поддержку до трёх независимых дисплеев.

В списке видеовыходов, поддерживаемых процессором, помимо eDP, DP и HDMI появился интерфейс DVI. А вот старый добрый интерфейс VGA благополучно ушёл в историю. Компания Intel справедливо отказалась от его дальнейшей поддержки, поскольку аналоговые мониторы в современных системах практически не используют-

ся, а при необходимости поддержка VGA может быть реализована на уровне материнской платы с помощью дискретного контроллера.

С 2010 г. интегрированные графические контроллеры Intel эволюционировали значительно сильнее, чем сами вычислительные ядра. За шесть лет максимальная графическая производительность процессоров выросла в 25 раз [5] и достигла впечатляющего значения 1152 ГФлопс, соизмеримого с аналогичным показателем для дискретных видеопроцессоров.

Серия HD Graphics 5xx включает 10 модификаций контроллеров (см. табл. 5). Самые производительные графические подсистемы содержат рекордное для интегрированного контроллера количество исполнительных устройств – 72 (3 микромодуля по 24 EU) [6]. Для сравнения, у процессоров Haswell их было не более 40 (2 микромодуля по 20 EU), соответственно, и производительность обработки графики была почти вдвое ниже, чем у Skylake.

Высокая производительность некоторых модификаций графических контроллеров обеспечивается также применением дополнительного буфера eDRAM, выполненного на отдельном

кристалле. Важно отметить, что впервые таким буфером оснащены некоторые процессоры U-серии. Это новшество позволяет создавать ультракомпактные системы с расширенными графическими возможностями [7].

Контроллер оперативной памяти, который когда-то располагался в «северном мосту» чипсета, с 2008 г. является частью процессора и развивается вместе с ним. Выпуск процессоров с микроархитектурой Skylake ознаменовался переходом к применению памяти DDR4, работающей на частотах до 2133 МГц. Поддержка нового типа памяти реализована во всех процессорах шестого поколения, кроме моделей Y-серии.

При этом максимальный объём памяти, поддерживаемый процессорами, вырос в два раза – с 32 до 64 ГБ у моделей S- и H-серий и с 16 до 32 ГБ у моделей U-серии. Некоторые варианты эффективного использования столь значительного объёма ОЗУ будут перечислены во второй части статьи. Следует отметить, что в процессорах сохранилась поддержка памяти DDR3L, поэтому окончательный выбор в пользу применения в системе нового или традиционного типа ОЗУ остаётся за производителем материнской платы.

Таблица 4. Структура ассортимента и обозначение моделей встраиваемых процессоров Skylake (группа Embedded)

Серия (тип монтажа)	Обозначение моделей – литера после bxxx	Количество моделей (из 30)	Принадлежность к семействам	Расчётная тепловая мощность (TDP), Вт
<i>Настольные и мобильные процессоры группы Embedded</i>				
S-серия (сокет)	Без литеры	5	Core i3/i5/i7 / Pentium / Celeron	51...65 Вт в зависимости от тактовой частоты и количества ядер
	TE	5	Core i3/i5/i7 / Pentium / Celeron	35
H-серия (пайка)	E	4	Двухъядерные – Core i3 / Celeron	25 или 35 в зависимости от тактовой частоты
	EQ	4	Четырёхъядерные – Core i5/i7	25 или 45 в зависимости от тактовой частоты
U-серия (пайка)	U	4	Core i3/i5/i7 / Celeron	15
<i>Серверные процессоры группы Embedded</i>				
S-серия (сокет)	v5	2	Xeon E3	80
S-серия (сокет), H-серия (пайка)	Lv5	4		25...45 в зависимости от тактовой частоты и варианта интегрированной графики
H-серия (пайка)	Mv5	2		45

Таблица 5. Модификации интегрированного графического контроллера в процессорах на базе микроархитектуры Skylake (серия 5xx)

Наименование	Класс	Количество исполнительных устройств	eDRAM, МБ	Максимальная производительность, ГФлопс	Максимальная частота, ГГц	Используется в процессорах
HD Graphics 510	GT1	12	–	182,4	0,95	S-серия (Celeron, Pentium, Core i3/i5) H-серия (Celeron) U-серия (Celeron, Pentium)
HD Graphics 515	GT2	24	–	384	1	Y-серия
HD Graphics 520	GT2	24	–	403,2	1,05	U-серия (Core i3/i5/i7)
HD Graphics 530	GT2	24	–	441,6	1,15	S-серия (Core i3/i5/i7, Pentium) H-серия (Core i3/i5/i7, Pentium)
HD Graphics P530	GT2	24	–	н/д	1,15	S-серия (Xeon) H-серия (Xeon)
Iris Graphics 540	GT3e	48	64	806,4	1,05	U-серия (Core i5/i7)
Iris Graphics 550	GT3e	48	64	844,8	1,1	U-серия (Core i3/i5/i7 с TDP 28 Вт)
Iris Pro Graphics P555	GT3e	48	128	н/д	1	H-серия (Xeon)
Iris Pro Graphics 580	GT4e	72	128	1152	1	H-серия (Core i5/i7)
Iris Pro Graphics P580	GT4e	72	128	н/д	1,15	H-серия (Xeon)

Что касается поддержки шины PCI Express на уровне процессора, то речь по-прежнему идёт о высокоскоростной шине PCIe 3.0: модели S- и H-серий имеют 16 каналов, U-серии – 12 каналов и Y-серии – 10. Исключение составляют лишь две модели Celeron и Pentium серии U, поддерживающие 10 каналов PCIe 2.0.

В дополнение стоит отметить такое любопытное новшество микроархитектуры Skylake, как интегрированный процессор обработки изображений ISP (Image Signal Processing), поддерживающий до четырёх внешних цифровых камер с интерфейсом CSI (Camera Sensor Interface) и разрешением до 13 МП (возможна одновременная работа двух камер). Новый сигнальный процессор обеспечивает возможность видеосъёмки в формате 4K с частотой 30 кадров/с или в формате Full HD с частотой 60 кадров/с, а также обладает целым рядом полезных функций обработки изображений [8].

Чипсеты 100-й серии

Разумеется, для нового поколения процессоров компания Intel выпустила соответствующую серию чипсетов. Однако обновлённые модели микросхем системной логики разработаны не просто для обеспечения поддержки процессоров Skylake: их функциональность дополнительно расширяет возможности вычислительных систем по сравнению с системами на базе чипов предыдущего поколения.

Как известно, современный чипсет выполнен на одной микросхеме и представляет собой контроллер интерфейсов PCN (Platform Controller Hub), то есть бывший «южный мост». Интерфейс с процессором организован посредством многоканальной системной шины DMI. Принципиальное отличие микроархитектуры Skylake от предыдущего поколения состоит в том, что эта шина была обновлена с версии 2.0 до версии 3.0 и получила почти вдвое большую пропускную способность –

8 ГТ/с. Столь существенное ускорение обмена данными между процессором и чипсетом потребовалось для обеспечения работы шины PCIe 3.0, поскольку контроллер этой шины впервые включён не только в сам процессор, но и в чипсет. Исключение составляет упрощённый чипсет H110, который по-прежнему работает на шине DMI 2.0 (5 ГТ/с) и поддерживает только PCIe 2.0.

Поскольку естественный ход прогресса постепенно оставляет в прошлом устаревающие стандарты (например, как было сказано ранее, в историю уходит интерфейс VGA), в новом поколении чипсетов отсутствует поддержка шины PCI, которая уступила место шине PCIe. Однако производители материнских плат могут реализовать традиционную шину с помощью дискретного контроллера, как это сделала, например, компания iBASE (на примере разработок которой во второй части статьи будут рассмотрены промышленные платы и системы на базе Skylake).

Ещё один приятный сюрприз, который чипсеты для процессоров шестого поколения преподносят разработчикам вычислительных систем, – расширенная поддержка стандарта USB 3.0. Теперь в одной системе можно использовать до 10 таких портов, отличающихся от интерфейсов стандарта USB 2.0 на порядок большей скоростью передачи данных и почти вдвое большей мощностью электропитания, подводимого к периферийному устройству.

Но на этом новшества платформы Skylake не заканчиваются. Теперь она способна без дополнительных контроллеров обеспечить до 6 высокоскоростных интерфейсов SATA III (6 Гбит/с) для подключения соответствующих накопителей, а с чипсетом серверного класса – до 8. Кроме того, аппаратная поддержка организации RAID-массивов (0, 1, 5, 10) теперь реализована не только для SATA-накопителей, но и для тех, которые подключены по

шине PCIe. Например, для миниатюрных накопителей M.2.

Как было сказано ранее, всего компания Intel выпустила 11 новых чипсетов. Из них наиболее интересны 6 моделей, имеющие длительный жизненный цикл (см. табл. 6). Модели чипсетов различаются, в основном, количеством поддерживаемых каналов PCIe, SATA- и USB-портов, а также допустимым соотношением между количеством портов USB 2.0 и USB 3.0.

Как и в предыдущих поколениях платформ Intel, мобильные чипсеты (HM170, QM170 и CM236) предназначены для использования с процессорами H-серии, а чипсеты серверного класса (C236 и CM236) поддерживают процессоры Xeon.

Во второй части статьи преимущества процессоров Intel Core нового поколения будут рассмотрены с точки зрения их практического применения в вычислительных системах промышленного класса. Также будут приведены примеры новых плат и систем на базе процессоров Skylake.

Окончание статьи читайте в следующем номере.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mab Ung Gordon*. Why Intel Calls Skylake a 6th-Generation CPU. PCWorld. 2015.
2. *Гавриченко Илья*. Intel Skylake: подробности о микроархитектуре. 3DNews – Daily Digital Digest. 2015.
3. *Shrout Ryan*. Intel Skylake Processor Architecture Overview - Scaling from Tablets to Servers. PC Perspective. 2015.
4. www.ark.intel.com.
5. *Hruska Joel*. IDF 2015: Intel Unveils Skylake's New GPU Architecture. ExtremeTech. 2015.
6. *Гавриченко Илья*. Обзор Intel HD Graphics 530: интегрированная графика Skylake. Ф-Центр. 2016.
7. *Schönborn Till*. Intel: 28 New Skylake Processors for Notebooks and Tablets. Notebookcheck. 2015.
8. Intel Skylake: процессорная архитектура революционного масштаба. Tom's Hardware Guide. 2015.



Таблица 6. Сравнение 6 моделей дискретных чипсетов Skylake, имеющих длительный жизненный цикл (группа Embedded)

Название чипсета	TDP, Вт	Максимальное количество каналов PCI Express	Количество портов USB (всего)	USB 3.0	USB 2.0	Максимальное количество портов SATA III (6,0 Гбит/с)	Рекомендуемая цена, \$
C236	6	20	14	До 10	4	8	49
Q170	6	20	14	До 10	До 14	6	47
H110*	6	6	10	До 4	До 10	4	26
CM236	3,67	20	14	До 10	До 14	8	50
QM170	2,6	16	14	До 8	До 14	4	48
HM170**	2,6	16	14	До 8	До 14	4	48

* Чипсет H110 отличается от прочих ограниченной функциональностью: системная шина – DMI 2.0 (5 ГТ/с), количество поддерживаемых дисплеев – 2, версия шины PCI Express – 2.0, нет поддержки RAID-массивов.

** Чипсет HM170, в отличие от QM170, не поддерживает технологии удалённого администрирования vPro.