

**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

С.Г. Михальченко

АППАРАТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ

Раздел 1

Учебное пособие

ТОМСК — 2007

Федеральное агентство по образованию
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)**

Кафедра промышленной электроники

С.Г. Михальченко

АППАРАТНОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ

Раздел 1

Учебное пособие

2007

Михальченко С.Г.

Аппаратное и программное обеспечение ЭВМ: Учебное пособие.
В 2-х разделах. — Томск: Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники, 2007. — Раздел 1. — 178 с.

© Михальченко С.Г., 2007
© ТУСУР, 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 МИКРОПРОЦЕССОРЫ	5
1.1 Основы архитектуры семейства 8086	5
1.1.1 Тактовые частоты процессора и системной платы	7
1.1.2 Процессоры CISC и RISC	9
1.1.3 Разрядность процессора	9
1.1.4 Кэш-память	13
1.1.5 Режимы работы процессора	16
1.1.6 Модуль плавающей точкой	20
1.1.7 Технологии SIMD	20
1.1.8 Шестидесятичетырехразрядные приложения AMD64 и EM64T	24
1.1.9 Суперскалярное исполнение	25
1.1.10 Система управления питанием процессоров	28
1.1.11 Типы корпусов микросхем центрального процессора....	30
2 ПРОЦЕССОРЫ: ИСТОРИЯ	45
2.1 История развития процессоров семейства 8086 1978: начало эры x86.....	45
2.2 Двухъядерные процессоры	57
2.2.1 Двухъядерное процессорное ядро Smithfield (Intel) (Pentium D; Pentium Extreme Edition 840)	58
2.2.2 Процессоры Pentium D и Pentium Extreme Edition	60
2.2.3 Технологический процесс 65 нм	63
2.2.4 Двухъядерное процессорное ядро Presler (Intel) (Pentium D 920-950, Pentium Extreme Edition 955).....	65
2.2.5 Двухъядерный процессор Opteron 165 (Toledo) AMD....	72
2.2.6 Двухъядерные процессоры Athlon 64 X2 (AMD).....	73
2.2.7 Линейка Athlon 64 X2.....	75
2.3 Процессоры Core 2 Duo и Core 2 Extreme (Intel).....	80
2.4 Особенности взаимодействия процессоров в многопроцессорных системах	87
3 МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА	89
3.1 Пропускная способность.....	90
3.2 Чипсет	90
3.3 Магистральные интерфейсы (шины) PC	93
3.3.1 Универсальные (локальные) шины	94

3.3.2 PCI Express.....	97
3.3.3 Системные шины PC	100
3.3.4 Внутренние шины чипсета	101
3.3.5 Шины памяти	103
3.4 Информационные потоки	104
3.5 Чипсет Intel P965.....	106
4 СОВРЕМЕННЫЕ НАБОРЫ МИКРОСХЕМ INTEL	111
4.1 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 845, 848, 850	111
4.2 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 865, 875	118
4.3 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 910, 915	122
4.4 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 925X Express.....	127
4.5 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 945 Express и 955 Express.....	129
4.6 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 965 и Intel® 975 Express	133
5 МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ.....	139
5.1 Виртуальная память.....	142
5.2 Типы микросхем памяти	145
5.2.1 SRAM (статические микросхемы памяти).....	145
5.2.2 DRAM (динамические микросхемы памяти).....	147
5.2.3 DRAM-SRAM (комбинированные типы микросхем памяти).....	150
5.2.4 Обозначения корпусов микросхем и типов модулей памяти	153
5.2.5 SDRAM-память	154
5.2.6 Память PC 100/ PC 133.....	158
5.2.7 Память DDR 200/ DDR 266/ DDR 333	160
5.2.8 RDRAM-память.....	162
5.2.9 PC800 RDRAM.....	164
5.2.10 Память DDR2	165
5.3 Virtual Channel Memory	170
5.3.1 Virtual Channel SDRAM	174
5.3.2 Active Link	176
5.3.3 IRAM	177

1 МИКРОПРОЦЕССОРЫ

1.1 Основы архитектуры семейства 8086

«Мозгом» персонального компьютера является микропроцессор, или центральный процессор — *CPU (Central Processing Unit)* — это специальный чип (интегральная микросхема), который выполняет все основные вычислительные операции, необходимые персональному компьютеру. Центральный процессор осуществляет в персональном компьютере обработку всей информации, он работает под управлением программных средств, преобразуя входную информацию в выходную. Микропроцессор выполняет вычисления и обработку данных (за исключением некоторых математических операций, осуществляемых в компьютерах, имеющие сопроцессор). Во всех PC-совместимых компьютерах используются процессоры, совместимые с семейством *intel*, но выпускаются и проектируются они как самой фирмой *intel*, так и компаниями AMD (Analog Micro Device), Cyrix и др.¹

Процессоры можно классифицировать по двум основным параметрам: разрядности и быстродействию.

Быстродействие процессора определяет, сколько циклов (элементарных операций) он может произвести за секунду.

Быстродействие компьютера определяется **тактовой частотой**, обычно измеряемом герцах [$\text{Гц} = 1/\text{с}$]. Она задается параметрами кварцевого резонатора, представляющего собой кристалл кварца, заключенный в небольшой оловянный контейнер. Под воздействием электрического напряжения в кристалле кварца возникают колебания электрического тока с частой, определяемой формой и размером кристалла, Частота этого переменного тока и называется тактовой частотой.

Наименьшей единицей измерения времени (квантом) для процессора как логического устройства является **период тактовой частоты**, или просто такт. На каждую операцию затрачивается минимум один такт. Например, обмен данными с памятью

¹ Вторая лекция полностью посвящена поколениям процессоров, там же кратко перечисляются основные фирмы — производители процессоров и торговые марки их продукции.

процессор Intel выполняет за три такта плюс несколько циклов ожидания. (Цикл ожидания — это такт, в котором ничего не происходит; он необходим только для того, чтобы процессор не «убегал» вперед от менее быстродействующих узлов компьютера.)

Время, затрачиваемое на выполнение команд, также непостоянно. В процессорах 8086 и 8088 на выполнение одной команды уходит около 12 тактов. Использование в процессоре Pentium нескольких параллельных конвейеров и других ухищрений позволило сократить время выполнения среднестатистической команды до одного такта. В современных процессорах за один такт выполняется как минимум три команды.

Сравнивая относительную эффективность процессоров, можно увидеть, что производительность процессора Pentium III, работающего на тактовой частоте 600 МГц, теоретически равна производительности процессора Pentium, работающего на тактовой частоте 900 МГц, которая, в свою очередь, теоретически равна производительности процессора 486, работающего на тактовой частоте 1 800 МГц. Поэтому нельзя сравнивать производительность компьютеров, основываясь только на тактовой частоте; необходимо принимать во внимание тот факт, что на эффективность системы влияют и другие факторы. Оценивать эффективность центрального процессора довольно сложно. Центральные процессоры с различными внутренними архитектурами выполняют команды по-разному: одни и те же команды в разных процессорах могут выполняться либо быстрее, либо медленнее.

Чтобы найти удовлетворительную меру для сравнения центральных процессоров с различной архитектурой, работающих на разных тактовых частотах, Intel изобрела специфический ряд эталонных тестов, которые можно выполнить на микросхемах Intel, чтобы измерить относительную эффективность процессоров. Эта система тестов недавно была модифицирована с той целью, чтобы можно было измерять эффективность 32-разрядных процессоров; эта система называется индексом (или показателем) iCOMP 2.0 (*Intel Comparative Microprocessor Performance* — сравнительная эффективность микропроцессора фирмы Intel). Индекс iCOMP 2.0 вычисляется в результате нескольких независимых испытаний и довольно объективно характеризует относительную производительность процессора. При подсчете iCOMP-индексов учитыва-

ются операции с плавающей запятой и операции, необходимые для выполнения мультимедийных приложений. После выпуска процессоров Pentium III фирма Intel представила новый индекс iCOMP 3.0. При подсчете этого индекса учитывается работа с трехмерной графикой, мультимедиа и технологии Internet. По сути, индекс iCOMP 3.0 представляет собой комбинацию результатов измерений шести тестов: WinTune 98 Advanced CPU Integer, CPU Mark.99, 3D WinBench 99-3D, MultimediaMark 99, Jmark.2.0 и WinBench 99-FPU WinMark. В результатах этих тестов учитывается и новый набор команд SSE.

1.1.1 Тактовые частоты процессора и системной платы

Тактовая частота работы самого процессора, называемая **внутренней частотой**, существует лишь внутри него самого и соответственно определяет скорость его работы. Весь обмен данными с материнской платой он производит на другой, **внешней частоте** (тактовой частоте материнской платы), которая может быть получена из внутренней частоты путем деления на коэффициент (называемый **внутренним множителем процессора**) — **BF0** (Y-33), **BF1** (X-34) и **BF2** (W-35) — (**Bus Frequency/Bus Factor**). Например, процессор Celeron 466 работает на тактовой частоте, в семь раз превышающей тактовую частоту системной платы (66 МГц), а Pentium II 550 — на тактовой частоте, в пять с половиной раз превышающей тактовую частоту системной платы (100 МГц).

Обычно тактовую частоту системной платы и множитель можно установить с помощью переключков или процедур конфигурирования системной платы (например, с помощью выбора соответствующих значений в программе установки параметров BIOS). Для задания коэффициента умножения частоты в процессорах пятого поколения служат выводы делителей частоты Bus Frequency, приведенные в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Коэффициент	3.5/1.5	2.0	3.0	2.5	5.5	4.0	5.0	4.5
BF0	1	0	1	0	1	0	1	0
BF1	1	1	0	0	1	1	0	0
BF2	1	1	1	1	0	0	0	0

Если в документации на плату не выделены отдельно переключки установки частоты и множителей — их можно определить по таблице стандартных частот табл. 1.2.

Таблица 1.2

Внешняя частота процессора	75	90	100	120	133	150	166	180
	50x1.5	60x1.5	66x1.5	60x2	66x2	60x2.5	66x2.5	60x3

Продолжение табл. 1.2

200	233	266	300	333	400	450	500	550
66x3	66x3.5	66x4	66x4.5	66x5	100x4	100x4.5	100x5	100x5.5

На платах, разработанных до появления процессора Pentium, можно задавать только сигнал BF0 (1.5—2.0), а на современных платах — и BF1 / BF2 (2.5—5.5). Установка внешней и внутренней частоты производится на материнской плате.

При прочих равных условиях (типах процессоров, количестве циклов ожидания при обращении к памяти и разрядностях шин данных) два компьютера можно сравнивать по их тактовым частотам. Однако делать это надо осторожно: быстродействие компьютера зависит и от других факторов. Определяющим фактором при этом является архитектура, конструкция и элементная база оперативной памяти системы.

При изготовлении процессоров проводится тестирование при различных тактовых частотах, значениях температуры и давления. После этого на них наносится маркировка, где указывается максимальная рабочая частота во всем используемом диапазоне температур и давлений, которые могут встретиться в обычных условиях. Система обозначений довольно проста. Например, на процессоре компьютера написано A80486DX2-66, Буква А на микросхемах фирмы Intel обозначает тип корпуса, в данном случае это керамический корпус типа PGA (Pin Grid Array). 80486DX2 — тип микросхемы (процессор 486DX с удвоенной тактовой частотой). Число 66 означает, что максимальная тактовая частота равна 66 МГц. Поскольку в самом процессоре частота удваивается, рабочая частота системной платы не должна пре-

вышать 33 МГц. Процессор может работать и на более низких частотах; например, при частоте системной платы 25 МГц его собственная тактовая частота будет равна 50 МГц.

1.1.2 Процессоры CISC и RISC

Быстрый рост тактовой частоты позволил отказаться от архитектуры CISC. Ее отличало огромное количество узкоспециализированных команд, обеспечивавшее компактность кода в условиях ограниченности оперативной памяти и требовавшее сложного блока вычислений арифметико-логического устройства, *ALU* — выполняющего непосредственно CISC-инструкции за несколько тактов. Удалось перейти на RISC-архитектуру (небольшой набор быстро выполняемых простых команд), сохранив при этом компактность кода. Теперь сложные команды CISC-набора рассматривались процессором как вызовы внутренних микропрограмм, выполняемых непосредственно *ALU*. И хотя одна ассемблерная команда, как и раньше, выполняется не за пару тактов, суммарное время ее выполнения остается все равно таким же или даже меньшим, за счет более высокой частоты следования тактов. Кроме того, упрощение арифметико-логического устройства позволило увеличить его разрядность, что тоже сильно повысило эффективность вычислений. Если операция сложения двух 32-разрядных чисел на 32-разрядном процессоре требует двух тактов, то для того чтобы их сложить на 16-разрядном процессоре, нужна была целая программа, выполняющаяся за пару-тройку сотен тактов и использующая внешнюю память.

1.1.3 Разрядность процессора

Еще одной базовой характеристикой процессора является его разрядность. Суть этого понятия проста — сколько бит данных одновременно может быть передано (получено, обработано) процессором за один такт. На самом деле все несколько сложнее. В процессор входит три базовых устройства, основным параметром которых является разрядность:

- шина ввода и вывода данных;
- внутренние регистры;
- шина адреса памяти.

Шина данных

Одной из самых общих характеристик процессора является разрядность его шины данных и шины адреса. **Шина** — это набор соединений, по которым передаются различные сигналы. В обычном компьютере есть несколько внутренних и внешних шин, а в каждом процессоре — две основные шины для передачи данных и адресов памяти: шина данных и шина адреса.

Когда говорят о шине процессора, чаще всего имеют в виду шину данных, представленную как набор соединений (или выводов) для передачи или приема данных. Чем больше сигналов одновременно поступает на шину, тем больше данных передается по ней за определенный интервал времени и тем быстрее она работает.

Данные в компьютере передаются в виде **логического нуля** и **логической единицы** через одинаковые промежутки времени — **циклы**. Для передачи логической единицы в определенный временной интервал устанавливается высокий уровень напряжения (около 5 В), а для передачи логического нуля — сигнал напряжения низкого уровня (около 0 В). Чем больше линий (выводов) в шине, тем больше битов можно передать за одно и то же время. В процессорах 286 и 386 SX для передачи и приема двоичных данных используется 16 соединений, поэтому у них шина данных называется 16-разрядной. У 32-разрядного процессора, например 386 DX или 486, таких соединений вдвое больше, поэтому за единицу времени он передает вдвое больше данных, чем 16-разрядный процессор. Процессоры типа Pentium имеют 64-разрядные внешние шины данных. Это означает, что процессоры Pentium могут передавать в системную память (или получать из нее) одновременно 64 бита (8 байт) данных. Если в руководстве или техническом описании говорится о 16- или 32-разрядном компьютере, то обычно имеется в виду разрядность шины данных процессора. По ней можно приблизительно оценить производительность процессора, а значит, и всего компьютера.

Разрядность шины данных процессора определяет также разрядность банка памяти. Это означает, что 32-разрядный процессор, например класса 486, считывает из памяти или записывает в память 32 бита одновременно. Процессоры класса Pentium, включая Pentium II, считывают из памяти или записывают в па-

мять 64 бита одновременно. Поскольку разрядность стандартных 72-контактных модулей памяти SIMM равна всего лишь 32 разрядам, в большинстве систем класса 486 устанавливают по одному модулю, а в большинстве систем класса Pentium — по два модуля одновременно. Разрядность модулей памяти DIMM равна 64, поэтому в системах класса Pentium устанавливают по одному модулю, что облегчает процесс конфигурирования системы, так как эти модули можно устанавливать или удалять по одному. Каждый модуль DIMM имеет такую же производительность, как и целый банк памяти в системах Pentium.

Внутренние регистры

Количество битов данных, которые может обработать процессор за один прием, характеризуется разрядностью внутренних регистров. Регистр — это, по существу, ячейка памяти внутри процессора; например, процессор может складывать числа, записанные в двух различных регистрах, а результат сохранять в третьем регистре. Разрядность регистра определяет количество разрядов обрабатываемых процессором данных. Разрядность регистра также определяет характеристики программного обеспечения и команд, выполняемых чипом. Например, процессоры с 32-разрядными внутренними регистрами может выполнять 32-разрядные команды, которые обрабатывают данные 32-разрядными порциями, а процессоры с 16-разрядными регистрами этого делать не могут.

В некоторых процессорах разрядность внутренней шины данных (а шина состоит из линий передачи данных и регистров!) больше, чем разрядность внешней. Так, например, в процессорах 8088 и 386 SX разрядность внутренней шины только вдвое больше разрядности внешней шины. Такие процессоры (их часто называют половинчатыми или гибридными) обычно являются более дешевыми вариантами исходных. Например, в процессоре 386 SX внутренние операции 32-разрядные, а связь с внешним миром осуществляется через 16-разрядную внешнюю шину. Это позволяет разработчикам проектировать относительно дешевые системные платы с 16-разрядной шиной данных, сохраняя при этом совместимость с 32-разрядным процессором 386.

Если разрядность внутренних регистров больше разрядности внешней шины данных, то для их полной загрузки необходимо несколько циклов считывания. Например, в процессорах 386 DX и 386 SX внутренние регистры 32-разрядные, но процессору 386 SX для их загрузки необходимо выполнить два цикла считывания, а процессору 386 DX достаточно одного. Аналогично передаются данные от регистров к системной шине. В процессорах Pentium шина данных 64-разрядная, а регистры 32-разрядные. Такое построение, на первый взгляд, кажется странным, если не учитывать, что в этом процессоре для обработки информации служат два 32-разрядных параллельных конвейера. Pentium во многом подобен двум 32-разрядным процессорам, объединенным в одном корпусе, а 64-разрядная шина данных позволяет быстрее заполнить рабочие регистры. Архитектура процессора с несколькими конвейерами называется *суперскалярной*.

Современные процессоры шестого поколения, например Pentium Pro и Pentium II/III, имеют целых шесть внутренних конвейеров для выполняющихся команд. Хотя некоторые из указанных внутренних конвейеров специализированы (т.е. предназначены для выполнения специальных функций), эти процессоры могут все же выполнять три команды за один цикл.

Шина адреса

Шина адреса так же представляет собой набор проводников; по ним передается адрес ячейки памяти, в которую или из которой пересылаются данные. Как и в шине данных, по каждому проводнику передается один бит адреса, соответствующий одной цифре в адресе. Увеличение количества проводников (разрядов), используемых для формирования адреса, позволяет увеличить количество адресуемых ячеек. Разрядность шины адреса определяет максимальный объем памяти, адресуемой процессором.

Например, в процессорах 8086 и 8088 используется 20-разрядная шина адреса, поэтому они могут адресовать 1 048 576 байт (1 Мбайт) памяти.

Шины данных и адреса независимы, и разработчики микросхем выбирают их разрядность по своему усмотрению, но, чем больше разрядов в шине данных, тем больше их и в шине адреса. Разрядность этих шин является показателем возможностей про-

цессора: количество разрядов в шине данных определяет способность процессора обмениваться информацией, а разрядность шины адреса — объем памяти, с которым он может работать.

1.1.4 Кэш-память

Кэш (cache, запас) — это быстродействующая буферная память, находящаяся между процессором и основной памятью. Кэш первого уровня (*Level I*) служит для частичной компенсации разницы в скорости процессора и основной памяти — в него помещаются наиболее часто используемые данные. Когда процессор первый раз обращается к ячейке памяти, ее содержимое параллельно копируется в кэш, и в случае повторного обращения в скором времени может быть с гораздо большей скоростью выбрано из кэша. Обращения к встроенной кэш-памяти происходят без состояний ожидания, поскольку его быстродействие соответствует возможностям процессора. Благодаря этому обмен данными с относительно медленной системной памятью значительно ускоряется. Процессору не нужно ждать, пока очередная порция программного кода или данных поступит из основной области памяти, а это приводит к ощутимому повышению производительности компьютера. При отсутствии кэш-памяти такие паузы возникали бы довольно часто. В современных процессорах встроенный кэш играет еще более важную роль, потому что он часто является единственным типом памяти во всей системе, который может работать синхронно с процессором.

В большинстве современных процессоров используется множитель тактовой частоты, следовательно, они работают на частоте, в несколько раз превышающей тактовую частоту системной платы, к которой подключены эти процессоры. Например, тактовая частота 333 МГц, на которой работает процессор Pentium II, в пять раз превышает тактовую частоту системной платы, равную 66 МГц. Поскольку оперативная память подключена к системной плате, она также может работать только на тактовой частоте, не превышающей 66 МГц. В такой системе из всех видов памяти только встроенный кэш может работать на тактовой частоте 333 МГц. Рассмотренный в этом примере процессор

Pentium II на 333 МГц имеет встроенный кэш общим объемом 32 Кбайт (в двух отдельных блоках по 16 Кбайт).

Кэш первого уровня представляет собой интегрированный в процессор кэш-контроллер с быстродействующей статической кэш-памятью, доступ к которой обеспечивается за единицы наносекунд.

Очевидно, что кроме потока команд процессору своевременно нужен и поток данных, который обрабатывается по мере поступления, а не разбивается препроцессором в многотактовые последовательности микрокоманд для арифметического — логического устройства. Поэтому пришлось, наряду с большими массивами медленной динамической памяти, организовывать небольшие буферные статические массивы, широко известные как *кэш второго уровня (Level II)*. Последние поначалу располагались на плате и работали на внешней тактовой частоте через контроллер памяти. Но с приходом процессоров Pentium Pro их перенесли сначала поближе к кристаллу процессора, а потом вообще интегрировали в сам кристалл, заставив работать на внутренней тактовой частоте ядра.

Если необходимые данные в кэше первого уровня отсутствуют, процессор обращается за ними в кэш-память второго уровня или непосредственно к системной шине. Что позволяет обращаться к различным участкам памяти с максимальной скоростью (на частоте процессора), а к остальным участкам — на частоте системной платы.

В системах Pentium пятого поколения кэш-память второго уровня устанавливается на системной плате и работает на частоте системной платы. В процессорах шестого поколения кэш-память второго уровня устанавливается в корпусе процессора. В процессорах Xeon и Celeron кэш-память второго уровня работает на частоте процессора. В оригинальных процессорах Pentium II кэш-память второго уровня работает на половинной частоте процессора.

Архитектура Кэш-памяти

Память для кэша состоит из собственно области данных, разбитой на *блоки (строки)*, которые являются элементарными единицами информации при работе кэша, и области признаков (*tag*), описывающей состояние строк (свободна, занята, помечена

для дозаписи и т.п.). В основном используются две схемы организации кэша: с прямым отображением (*direct mapped*), когда каждый адрес памяти может кэшироваться только одной строкой (в этом случае номер строки определяется младшими разрядами адреса), и *n*-связный ассоциативный (*n-way associative*), когда каждый адрес может кэшироваться несколькими строками. Ассоциативный кэш более сложен, однако позволяет более гибко кэшировать данные. Наиболее распространены 4-связные системы кэширования: вся кэш-память разбивается на четыре блока (четырёхстраничный кэш), в каждом из которых хранятся копии различных фрагментов основной памяти.

Содержимое кэша всегда должно соответствовать содержимому основной памяти, чтобы процессор работал с самыми свежими данными. Поэтому в семействе процессоров 486 используется *кэш со сквозной записью* (*write-through*), при которой данные, записанные в кэш, автоматически записываются и в основную память.

В процессорах Pentium используется *двунаправленный кэш* (*write-back*), который работает при выполнении как операций считывания, так и операций записи. Это позволяет еще больше повысить производительность процессора. Хотя встроенный кэш в процессоре 486 используется только при чтении, внешний кэш в системе может быть двунаправленным. Кроме того, в процессорах 486 предусмотрен дополнительный 4-байтовый буфер, в котором можно хранить данные вплоть до передачи в память. Это необходимо в том случае, если шина памяти занята. Одной из функций встроенного кэш-контроллера является отслеживание состояния системной шины при передаче управления шиной другому устройству. Если устройство, управляющее шиной, записывает что-либо в область памяти, копия которой хранится во встроенном кэше, содержимое кэша перестает соответствовать содержимому основной памяти. В этом случае кэш-контроллер отмечает эти данные как ошибочные и при следующем обращении процессора к памяти обновляет содержимое кэша, поддерживая целостность системы.

Кэш второго уровня представляет собой быстродействующую статическую память, которая также позволяет сократить время простоя процессора при обращениях к системной памяти.

Он работает так же, как и кэш первого уровня: он хранит информацию, передаваемую в процессор, сокращая потери на ожидание. Время выборки данных из микросхем кэша второго уровня обычно не превышает 15 нс, что значительно меньше, чем у основной памяти.

Вторичный кэш для процессоров Pentium находится на системной плате, а для процессоров Pentium Pro и Pentium II (шестого поколения) — внутри корпуса процессора. Переместив вторичный кэш в процессор, можно заставить его работать с тактовой частотой, более высокой, чем у системной платы, — практически с такой же, как и сам процессор.

Итак, два уровня кэша между быстрым центральным процессором и значительно более медленной оперативной памятью помогают сократить время ожидания, которое потребовалось бы процессору для считывания и записи данных в оперативную память. Именно благодаря кэш-памяти процессор может работать с быстроедействием, приближенным к истинному.

1.1.5 Режимы работы процессора

Все 32-разрядные и более поздние процессоры Intel, начиная с 386, могут выполнять программы в нескольких режимах. Режимы процессора предназначены для выполнения программ в различных средах: в разных режимах возможности чипа неодинаковы, потому что команды выполняются по-разному. В зависимости от режима процессора изменяется схема управления памятью системы и задачами. Процессоры могут работать в трех режимах: *реальном, защищенном и виртуальном реальном* режиме (реальном внутри защищенного).

Реальный режим. В первоначальном IBM PC использовался процессор 8088, который мог выполнять 16-разрядные команды, используя 16-разрядные внутренние регистры, а адресовать только 1 Мбайт памяти, используя 20 разрядов для адреса. Все программное обеспечение первоначально было предназначено для этого процессора; оно было разработано на основе 16-разрядной системы команд и модели памяти объемом 1 Мбайт (например, DOS). Все программное обеспечение DOS, Windows от 1.x до 3.x и все их приложения написаны в расчете на

16-разрядные команды и для выполнения на первоначальном процессоре 8088.

Более поздние процессоры, например 286, могли также выполнять те же самые 16-разрядные команды, что и первоначальный 8088, но намного быстрее. Другими словами, процессор 286 был полностью совместим с первоначальным 8088 и мог выполнять все 16-разрядные программы точно так же, как 8088, но, конечно же, значительно быстрее. Шестнадцатиразрядный режим, в котором выполнялись команды процессоров 8088 и 286, был назван *реальным режимом*. Для программного обеспечения этого типа обычно используется однозадачный режим, т.е. одновременно может выполняться только одна программа. Нет никакой встроенной защиты для предотвращения перезаписи ячеек памяти одной программой или даже операционной системы другой программой; это означает, что при выполнении нескольких программ вполне могут быть испорчены данные или код одной из них.

Защищенный режим. Первым 32-разрядным процессором, предназначенным для РС, был 386-й. Этот чип мог выполнять абсолютно новую 32-разрядную систему команд. Чтобы полностью использовать преимущество 32-разрядной системы команд, были необходимы 32-разрядная операционная система и 32-разрядные приложения. Этот новый режим назывался *защищенным*, так как выполняющиеся в нем программы защищены от перезаписи своих областей памяти другими программами. Такая защита делает систему более надежной, поскольку ни одна программа с ошибками уже не сможет так легко повредить другие программы или операционную систему.

Зная, что разработка новых операционных систем и приложений, использующих преимущества 32-разрядного защищенного режима, займет некоторое время, Intel предусмотрела в процессоре 386 обратно совместимый реальный режим. Благодаря этому процессор 386 мог выполнять немодифицированные 16-разрядные операционные системы и приложения. Причем они выполнялись намного быстрее, чем на любом процессоре предыдущего поколения. Для большинства пользователей этого было достаточно; им не требовалось все 32-разрядное программное обеспечение — достаточно было того, чтобы имевшиеся у них 16-разрядные программы работали быстрее. К сожалению, из-за

этого процессор никогда не работал в 32-разрядном защищенном режиме, и все возможности такого режима не использовались.

Поэтому стали необходимы новые операционные системы и приложения, которые бы выполнялись на современных процессорах в 32-разрядном защищенном режиме. Однако некоторые пользователи поначалу сопротивлялись всем попыткам перехода к 32-разрядной среде. Сообщество пользователей оказалось весьма устойчивым в своих привязанностях и не желанием изменять привычек.

Из-за этого сопротивления 32-разрядные операционные системы типа Unix, OS/2 и даже Windows NT вначале очень вяло продвигались на рынке персональных компьютеров. Из всех перечисленных систем только Windows NT, вероятно, была близка к коммерческому успеху, да и то благодаря огромной популярности семейства операционных систем Windows 9x. Последней полностью 16-разрядной операционной системой была Windows 3.x (правда, на самом деле она не была полной операционной системой, а выполнялась как надстройка над DOS).

В августе 1995 года появилась ОС Windows 95 как промежуточная система для перехода в 32-разрядный мир. Windows 95 — в основном 32-разрядная операционная система, но в ней можно выполнять старые 16-разрядные приложения. Windows 95 появилась через 10 лет после появления первого 32-разрядного процессора для персонального компьютера.

Виртуальный реальный режим. Для обратной совместимости 32-разрядная система Windows 95 использует третий режим в процессоре — **виртуальный реальный режим**. Виртуальный реальный, по существу, является режимом выполнения 16-разрядной среды (реальный режим), которое реализовано внутри 32-разрядного защищенного режима (т.е. виртуально, а не реально). Выполняя команды в окне подсказки DOS внутри Windows 95/98, вы создаете виртуальный сеанс реального режима. Поскольку защищенный режим является подлинно многозадачным, фактически можно выполнять несколько сеансов реального режима, причем в каждом сеансе собственное программное обеспечение выполняется на виртуальном компьютере. И все эти приложения могут выполняться одновременно, даже во время выполнения других 32-разрядных программ. Обратите внимание,

что любая программа, выполняющаяся в виртуальном окне реального режима, может обращаться только к памяти объемом до 1 Мбайт, причем для каждой такой программы это будет первый и единственный мегабайт памяти в системе. Другими словами, если вы выполняете приложение DOS в виртуальном реальном окне, ему будет доступна память только объемом до 640 Кбайт. Так происходит потому, что имеется только 1 Мбайт общей оперативной памяти в 16-разрядной среде, а верхние 384 Кбайт зарезервированы для системы. Виртуальное реальное окно полностью имитирует среду процессора 8088, и, если не учитывать быстроедействие, программное обеспечение будет выполняться так, как оно выполнялось первым РС в реальном режиме. Каждая виртуальная машина получает собственный 1 Мбайт адресного пространства и собственный экземпляр реальных аппаратных подпрограмм управления аппаратурой (базовую систему ввода-вывода), причем при этом эмулируются все регистры и возможности реального режима.

Хотя реальный режим используется DOS и «стандартными» приложениями DOS, есть специальные программы, которые «расширяют» DOS и позволяют доступ к дополнительной памяти XMS (сверх 1 Мбайт). Они иногда называются расширителями DOS и обычно включаются как часть программного обеспечения DOS или Windows 3.x, в котором используется. Протокол, описывающий, как выполнять DOS в защищенном режиме, называется *DPMI (DOS protected mode interface* — интерфейс защищенного режима DOS). DPMI использовался в Windows 3.x для обращения к дополнительной памяти XMS при работе приложений для Windows 3.x. Этот протокол разрешал 16-разрядным приложениям использовать память, превышающую 1 Мбайт. Расширители DOS особенно часто применяются в играх DOS; именно благодаря им игровая программа может использовать намного больший объем памяти, чем стандартный (1 Мбайт), к которому может адресоваться большинство программ, работающих в реальном режиме. Эти расширители DOS переключают процессор в реальный режим и обратно, а в случае запуска под управлением Windows применяют интерфейс DPMI, встроенный в Windows, и тем самым позволяют другим программам совместно использовать часть дополнительной памяти XMS системы.

1.1.6 Модуль плавающей точкой

Вплоть до поколения 386 отдельно от процессора на материнскую плату мог устанавливаться математический сопроцессор (*floating-point unit* — *FPU*) — специальная микросхема для работы с числами с плавающей точкой, где числа представлены мантиссой и ординатой. Сам процессор содержал лишь целочисленную математику, и без сопроцессора работа с дробными числами (например, в электронных таблицах или научных расчетах) была очень медленна, а иногда вообще невозможна.

Начиная с 486 (кроме 486 SX) модуль плавающей точки включен в состав процессора. Он присутствует во всех современных процессорах. Но его производительность неодинакова в процессорах разных типов и не зависит от целочисленной производительности.

Не в пример центральному процессору, математический сопроцессор не держит под управлением основную массу цепей компьютера. Наоборот, вся деятельность математического сопроцессора определяется центральным процессором, который может посылать математическому сопроцессору команды на выполнение программ и формирование результатов.

Согласно данным компании Intel, математический сопроцессор может уменьшить время выполнения математических операций, таких, как умножение, деление и возведение в степень, на 80% и более. Скорость выполнения простых математических операций, таких, как сложение и вычитание, не изменяется.

1.1.7 Технологии SIMD

Сокращение *SIMD* (*Single Instruction Multiple Data*) обозначает инструкции, оперирующие большим количеством аргументов сразу. Основным направлением их использования являются мультимедийные приложения, которым необходимо выполнять однотипные операции над большими потоками цифровой информации.

Технология MMX (Intel). Технология MMX от Intel (*MultiMedia eXtension*) — это набор дополнительных возможностей процессора для работы multimedia-программ. Он существен-

но ускоряет программы, работающие со сложной графикой и анимационными эффектами, обрабатывающие звук, при условии, что в них встроена поддержка MMX-процессора. Мультимедийные команды использовались в старших моделях процессоров Pentium пятого поколения в качестве расширения, которое ускоряет сжатие/ декомпрессию видеопотока, манипулирование изображением, шифрование и выполнение операций ввода-вывода. Однако процессоры, имеющие MMX, не всегда могут быть установлены в многопроцессорный компьютер.

Первое применение SIMD инструкции нашли именно в различных программах обработки цифровой мультимедийной информации. Это объяснялось тем, что приложения было довольно легко оптимизировать — достаточно было переписать наиболее трудоемкий участок кода — библиотеки кодирования-декодирования — и сразу был виден значительный прирост скорости. Конечно, данные наборы инструкций можно применять и в программах научных расчетов, однако это сопряжено с большими сложностями по оптимизации кода. Да и первые наборы SIMD-инструкций умели работать только с целочисленными данными, поэтому их применение было ограничено.

В архитектуре процессоров, использующих технологию MMX, есть два основных усовершенствования. Первое, фундаментальное, состоит в том, что все микросхемы MMX имеют больший внутренний встроенный кэш, чем их собратья, не имеющие MMX. Это повышает эффективность выполнения каждой программы и всего программного обеспечения независимо от того, использует ли оно фактически команды MMX. Другое усовершенствование MMX состоит в расширении набора команд процессора 57 новыми командами, позволяющими обрабатывать множественный поток данных. Спецификация MMX определяла так же новые, 64-битные типы данных:

- *Packed byte*, 8 bytes packed into 64 bits.
- *Packed word*, 4 words packed into 64 bits.
- *Packed doubleword*, 2 doublewords packed into 64 bits.
- *Packed quadword*, 64 bits

и 57 новых инструкций, выполняемых над ними в новых, 64-битных регистрах процессора.

В современных мультимедийных и сетевых приложениях часто используются циклы; хотя они занимают около 10 % (или даже меньше) объема полного кода приложения, на их выполнение может уйти до 90 % общего времени выполнения. SIMD позволяет одной командой описать операцию над большим объемом данных. Технология SIMD позволяет ускорить выполнение циклов при обработке аудио-, видео-, графических и анимационных файлов; в противном случае эти циклы отнимали бы время у процессора.

В компьютерах пятого поколения MMX-процессоры выпускались только фирмой Intel (*Pentium MMX*), сейчас чипы фирмы IDT (*WinChip*) также имеет поддержку технологии MMX. Шестое поколение выглядит по-другому. Процессор *Pentium Pro*, с которого оно началось, MMX не имеет. И впервые в истории фирма AMD, а не Intel, первая выпустила процессор этого поколения с MMX — процессор *K6*. Через некоторое время после этого был представлен и *Pentium II* фирмы Intel, также имеющий MMX. После чего *Pentium Pro* был снят с производства, а все ныне производимые процессоры этого поколения имеют MMX. Микропроцессоры фирмы Cyrix — *6x86MX* и *M-II* также содержат поддержку MMX.

Технология 3DNow! (AMD). Технология MMX была разработана преимущественно для того, чтобы улучшить выполнение мультимедийных приложений, основывающихся на целочисленных операциях, что делает эту технологию недостаточной для эффективной работы с трехмерной графикой, интенсивно использующей операции с плавающей точкой. Широкое распространение приложений с 3D-графикой потребовало и более мощных процессоров для ускорения обработки трехмерных элементов.

В процессор AMD *K6-2* впервые вошел блок под названием **3DNow!** — следующий шаг после MMX, который позволяет в Multimedia, 3D и некоторых других задачах опередить *Pentium II* той же частоты в 3—4 раза, при условии, что программное обеспечение поддерживает это расширение. Кроме поддержки всех расширений MMX она включала 21 новую команду для работы с вещественными числами одинарной точности (*single precision*). При этом использовались те же дополнительные восемь 64-битных регистров, что и у *Pentium MMX*.

Преимущества технологии 3DNow! заключаются в повышении производительности при обработке трехмерных графических объектов, более реалистичном и жизненном их отображении. Кроме того, к преимуществам технологии 3DNow! следует отнести полноэкранное видео, звук и, конечно, превосходные возможности для работы в Internet.

Intel выпустил версии *Pentium II* и *Celeron* с таким же расширением, которое он называет **MMX2**.

Потоковое расширение SSE (Intel). Позже, в 1999 г., с процессорами Intel *Pentium III* был объявлен набор SSE, добавляющий к MMX еще 70 новых инструкций и возможность работать с вещественными данными одинарной точности (single precision). В основном новые инструкции были направлены на работу с потоковыми данными, отсюда и произошло название **SSE** — **Streaming SIMD Extensions**. Кроме того, было добавлено еще восемь 128-битных регистров.

Enhanced 3DNow! (AMD). В процессоре AMD *Athlon* компания реализовала еще 24 новые инструкции; получившийся набор был назван Enhanced 3DNow! Новые инструкции включали 19 команд для улучшения целочисленной арифметики MMX и дополнительных возможностей перемещения потоковых данных, а также 5 инструкций класса *digital signal processing (DSP)* для приложений типа программных модемов, Dolby Digital и обработки MP3.

В свой процессор *Athlon MP* специалисты компании AMD добавили и поддержку технологии SSE, а получившаяся комбинация из Enhanced 3DNow! и SSE была названа **3DNow! Professional**.

Потоковое расширение SSE2 (Intel). С созданием нового процессора *Pentium 4* в 2000 г. Intel объявил о дальнейшем расширении набора SIMD в своих процессорах — *Pentium 4* поддерживает набор инструкций **SSE2**, позволяющий теперь выполнять блочные операции над данными двойной точности (double precision). Ну и, конечно, увеличилось количество команд — еще на 144.

Для современных процессоров картина с поддержкой SIMD-инструкций выглядит следующим образом, как показано в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Processor	MMX	SSE	SSE2	3DNow!
<i>Intel Pentium III</i>	√	√		
<i>Intel Pentium 4</i>	√	√	√	
<i>AMD Athlon</i>	√			√
<i>AMD Athlon MP</i>	√	√		√

1.1.8 Шестидесятичетырехразрядные приложения AMD64 и EM64T

Шестидесятичетырехразрядные технологии AMD64 и EM64T позволяют работать с 64-битными приложениями и 64-битными процессорами с возможностью линейной адресации более 4 Гбайт памяти и более высокой производительности, обеспечиваемой увеличением количества регистров общего назначения и их разрядности.

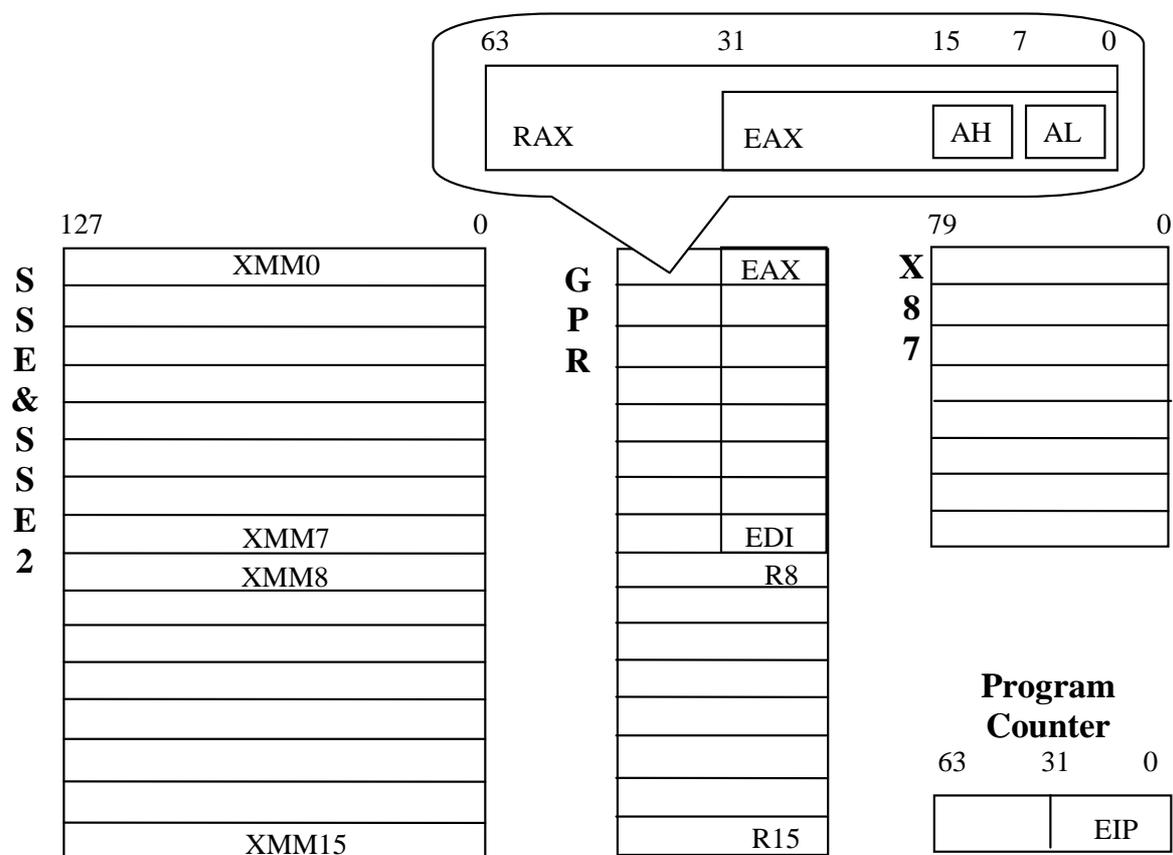


Рис. 1.1 — Шестидесятичетырехразрядное расширение EM64T

Следует отметить, что с микроархитектурной точки зрения реализация 64-битных расширений x86-64 классической архитектуры x86 не так уж и сложна:

- увеличение количества регистров общего назначения до шестнадцати и увеличение их разрядности до 64 бит,
- увеличение до шестнадцати количества 128-битных SSE регистров;
- ввод линейной 64-битной адресации.

При этом кардинальная переделка микроархитектуры всё-таки не нужна, что является несомненным плюсом x86-64 по сравнению с той же IA64, реализуемой Intel в процессорах семейства Itanium.

1.1.9 Суперскалярное исполнение

В процессорах *Pentium* пятого и более поздних поколений встроено несколько внутренних конвейеров, которые могут выполнять несколько команд одновременно. Процессор 486 и все предшествующие в течение определенного отрезка времени могли выполнять только одну команду. Технология одновременного выполнения нескольких команд называется *суперскалярной*. Благодаря использованию данной технологии и обеспечивается дополнительная эффективность по сравнению с процессором 486. Суперскалярная архитектура обычно ассоциируется с микросхемами *RISC (Reduced Instruction Set Computer* — компьютер с упрощенной системой команд). Процессор *Pentium* — одна из первых микросхем *CISC (Complex Instruction Set Computer* — компьютер со сложной системой команд), в которой применяется суперскалярная технология, реализованная во всех процессорах пятого и последующих поколений.

Одно исполнительное устройство (*ALU*) заменено на два — **U** и **V**, каждое — со своим собственным конвейером; оба параллельно ведут выборку, расшифровку и выполнение команд. Устройство **U** является основным и может выполнять все команды, устройство **V** — вспомогательным и выполняет только наиболее часто встречающиеся типы команд

Advanced Dynamic Execution

Этот метод впервые начал использоваться в процессорах шестого поколения. Динамическое выполнение представляет собой «творческую» комбинацию трех методов обработки данных в процессоре, таких как ***предсказание множественного перехода*** (ветвления) — (*branch prediction*), ***анализ потока команд*** (*dynamic data flow analysis*) и ***упреждающее (спекулятивное) выполнение инструкций*** (*out-of-order execution*). При динамическом выполнении более эффективно обрабатываются данные в процессоре, поскольку при этом учитывается логическая последовательность, а не просто обрабатывается поток команд. Способ написания программы значительно влияет на эффективность процессора. Например, неблагоприятное воздействие могут оказать частые прерывания выполняемых процессором операций и переходы (ветвления) к меткам в других местах программы. Задержки также происходят, когда процессор не может обрабатывать некую команду, пока не завершена текущая инструкция. Динамическое выполнение позволяет процессору не только динамически предсказывать порядок выполнения команд, но и при необходимости выполнять их внутри арифметико-логического устройства в другом порядке для повышения быстродействия. Динамическое выполнение — один из отличительных признаков всех процессоров шестого поколения.

Предсказание множественного перехода (ветвления). С помощью этого метода можно выяснить, каким будет поток управления программы через несколько команд ветвления. При использовании специального алгоритма процессор может предсказать переходы или ветвления в потоке команд. Это применяется для чтения следующих команд из памяти с вероятностью не менее 90 %. Это возможно потому, что во время выборки команд процессор просматривает также и те команды, которые следуют далее в программе, т.е. несколько «забегает» вперед.

Анализ потока команд. Это средство анализирует и планирует выполнение команд в оптимальной последовательности, независимо от их первоначального порядка в программе. Процессор рассматривает декодируемые команды программного обеспечения и определяет, доступны ли они для обработки или же зависят от других команд, которые следует выполнить предварительно.

Затем процессор определяет оптимальную последовательность обработки и выполняет команды наиболее эффективным способом.

Упреждающее выполнение. Этот метод повышает эффективность с помощью опережающего просмотра счетчика команд и выполнения тех из них, к которым, вероятно, потребуется обратиться позже. Поскольку обработка команд программного обеспечения основана на предсказании ветвлений, результаты сохраняются в пуле (накопителе) и могут быть использованы в дальнейшем. Если в результате обработки потока команд окажется, что эти команды должны быть выполнены, то уже завершённые команды пропускаются, а их результаты записываются в основные регистры процессора в первоначальном порядке выполнения команд программы. Эта методика, по существу, позволяет процессору завершать команды заранее, а затем использовать уже вычисленные результаты по мере необходимости.

Архитектура двойной независимой шины

Эта архитектура (*Dual Independent Bus* — *DIB*) впервые была реализована в процессорах *Pentium* шестого поколения и предназначалась для увеличения пропускной способности шины процессора и повышения производительности.

При наличии двух независимых шин данных для ввода-вывода процессор получает доступ к данным с любой из них одновременно и параллельно, а не последовательно, как в системе с одной шиной. Вторая, или фоновая (*backside*) входная шина процессора с *DIB* используется кэш-памятью второго уровня, что ускоряет представление данных для обработки процессором.

Поскольку частота, на которой работает фоновая шина, или шина кэш-памяти второго уровня, пропорциональна частоте, на которой работает ядро процессора, то с увеличением частоты в процессорах старше *Pentium II* должно увеличиться и быстродействие кэш-памяти второго уровня. Так же для этого потребовалось исполнять кэш-память второго уровня интегрированной в процессор. Это позволяет приблизить быстродействие кэш-памяти второго уровня к быстродействию кэш-памяти уровня I, для чего понадобилось модифицировать и гнездо центрального процессора.

1.1.10 Система управления питанием процессоров

Задавшись целью создания все более быстрых и мощных процессоров для портативных компьютеров, Intel разработала схему управления питанием. Эта схема дает возможность процессорам экономно использовать энергию батареи и таким образом продлить срок ее службы. Такая возможность впервые была реализована фирмой Intel в процессоре 486 *SL*, который является усовершенствованной версией процессора 486 *DX*. Впоследствии, когда возможности управления питанием стали более универсальными, их начали встраивать в Pentium и во все процессоры более поздних поколений. Система управления питанием процессоров называется *SMM* (*System Management Mode* — режим управления системой).

SMM физически интегрирована в процессор, но функционирует независимо. Благодаря этому она может управлять потреблением мощности, в зависимости от уровня активности процессора. Это позволяет пользователю определять интервалы времени, по истечении которых процессор будет частично или полностью выключен. Данная схема также поддерживает возможность приостановки/возобновления, которая позволяет мгновенно включать и отключать мощность, что обычно используется в портативных компьютерах. Соответствующие параметры устанавливаются в BIOS.

Совершенствование полупроводниковой технологии, переход на более совершенные литографические процессы, позволяющие уменьшить размеры логической ячейки, привели к постоянному росту тактовых частот процессоров. Уже в 1994 году был достигнут рубеж в 100 МГц, в 2001-м — 1 ГГц, в конце 2002-го — 3.06 ГГц

Экспоненциальный рост количества транзисторов на кристалле и тактовой частоты процессора не мог не встретить очередные физические преграды на пути дальнейшего увеличения. Мы помним, что комплементарная пара транзисторов большую часть времени ток не проводит, соответственно, энергия на ней не выделяется. Однако каждое переключение — это пусть мизерный, но импульс тока. Соответственно, когда таких пар миллионы, а переключения следуют друг за другом миллионы, а теперь

уже и миллиарды раз в секунду, то эти импульсы складываются в весьма существенный суммарный ток. Например, процессор *Xeon*, работающий на тактовой частоте 2.8 ГГц, потребляет (а значит, и выделяет) 74 Вт при напряжении питания процессорного ядра 1.5 В. Таким образом, в слой кремния площадью каких-то полтора квадратных сантиметра и толщиной в доли микрона «вгоняется» 50 А постоянного тока, и при этом он не выходит из строя!

Еще раз: несколько десятков миллионов транзисторных пар, сконцентрированных на паре квадратных сантиметров поверхности кремниевого кристалла, переключаются примерно 3 млрд. раз в секунду (ограниченных по температуре 75°C) и нуждаются в подаче порядка 50 А тока и отводе тепла. При невозможности подвести толстый медный провод, с задачей смогли справиться сотни тонких золотых проводников, подключенных к контактными площадкам на поверхности кристалла в непосредственной близости от «центров потребления».

Перегрев и охлаждение

С ростом температуры сопротивление полупроводника падает, соответственно, при постоянном напряжении питания ток растет, тепловыделение растет еще сильнее, повышая температуру до тех пор, пока кристалл не разрушится. Причем при тех плотностях тока, которые характерны для микропроцессоров, скорость роста локальной температуры разогреваемого участка может достигать 100—150 градусов в секунду.

При рабочей температуре 50 °C и допустимой — 75 °C у платы есть всего около одной десятой секунды, чтобы распознать перегрев и принять меры по защите процессора от разрушения.

Разработчики условились считать режим перегрева процессора штатным и реагировать на него «в рабочем порядке». Для этого термодатчики были размещены в наиболее греющихся областях ядра и снабжены схемными решениями, блокирующими прохождение синхроимпульсов (причем не всех подряд, а с чередованием) в перегревающиеся области. Теперь при нагреве некой локальной области выше дозированной температуры ее термодатчик начинает пропускать синхроимпульсы через один, уменьшая локальную тактовую частоту вычислительного блока, а соответ-

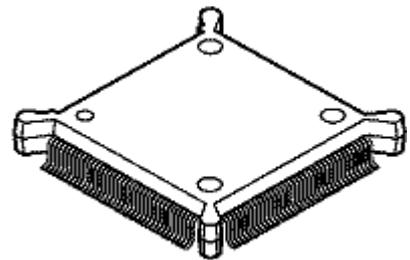
ственно, снижая и тепловыделение. При этом процессор не зависит от быстрогодействия внешних устройств, и даже окружающие перегретый блок соседние области процессорного ядра продолжают работать в своем штатном режиме. Система в целом продолжает функционировать как ни в чем не бывало. Единственное отличие перегревающегося процессора от работы в штатном режиме заключается в снижении быстрогодействия при исполнении команд, обрабатываемых перегревшимся блоком.

Естественно, необходим максимально эффективный отвод тепла с поверхности микросхем. Более быстродействующие процессоры потребляют большую мощность и соответственно выделяют больше тепла. Для отвода тепла необходимо принимать дополнительные меры, поскольку встроенного в корпус вентилятора может оказаться недостаточно. Для охлаждения процессора необходимо использовать дополнительный теплоотвод. В некоторых случаях может потребоваться нестандартный теплоотвод с большей площадью поверхности (с удлиненными ребрами). Теплоотводы бывают пассивными и активными. Пассивные теплоотводы являются простыми радиаторами, а активные содержат небольшой вентилятор, требующий дополнительного питания.

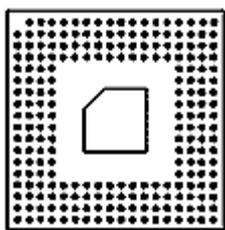
Теплоотводы могут быть прижатыми к микросхеме или приклеенными к ее корпусу. В первом случае для улучшения теплового контакта между радиатором и корпусом микросхемы их поверхности следует смазать теплопроводящей пастой. Она заполнит воздушный зазор, обеспечив лучшую передачу тепла.

1.1.11 Типы корпусов микросхем центрального процессора

PQFP (Plastic Quad Flat Package — плоский прямоугольный пластмассовый корпус с выводами по четырем сторонам) — корпус для установки методом поверхностного монтажа. Выводы сделаны по каждой из сторон в плоскости корпуса, при монтаже соответствующим образом изгибаются. В этих корпусах выпускалось большинство процессоров 386, часть U5S, а также варианты процессоров для *Notebook*.



SQFP (Shrink Quad Flat Package — корпус с выводами по четырем сторонам, загнутыми внутрь) — для установки методом поверхностного монтажа или вставки в разъем. За счет того, что выводы загнуты под корпус, уменьшается площадь, занимаемая корпусом на плате, а также увеличивается жесткость выводов, поскольку их концы упираются в специально сделанные выемки на нижней поверхности корпуса.



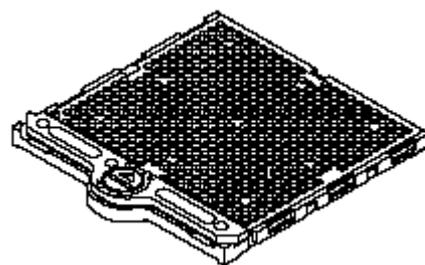
PGA (Pin Grid Array — «решетчатая» структура выводов) — керамический корпус с вертикальными выводами, расположенными по нижней поверхности корпуса в несколько рядов. Устанавливается преимущественно в разъем. В таких корпусах выпускалась часть процессоров 386 DX и подавляющее большинство процессоров 486.

PPGA (Plastic PGA — пластмассовый) он же **PLGA (Plastic Land Grid Array)**, — вариант PGA с металлическим корпусом для кристалла и пластмассовым обрамлением, в которое запрессованы выводы.

OLGA (Organic Land Grid Array) — массив выводов на органической основе — вид металлического корпуса для интегральных микросхем, в том числе процессоров. Несмотря на такое название, изготовлен на медной основе, что существенно улучшает теплоотвод по сравнению с PLGA. Применение OLGA оправдано для микросхем с высоким уровнем тепловыделения, т.е. с частотой 500 MHz и более.

SPGA (Scattered Pin Grid Array — модификация с «разбросанными» выводами) — вариант PGA, когда выводы расположены в шахматном порядке. В этих корпусах выпускаются процессоры пятого поколения.

μPGA (Micro Pin Grid Array) Для обеспечения требований к архитектуре следующего поколения 32- и 64-разрядных процессоров Intel компания **Tyco Electronics** создала новые 604- и 700-позиционные микрогнезда **Micro PGA**. 604-позиционное гнездо предназначено для следующего поколения серверов XEON и рабочих станций, оно меньше по размеру, чем существующая 603-позиционная мо-



дификация, которую оно призвано заместить. 700-позиционное гнездо предназначено для сервера и рабочей станции *Itanium*. Оба гнезда имеют кулачковый привод состыковки и расстыковки корпуса микропроцессора с нулевым усилием вставки (*ZIF*). Шаг между контактами 1,27 x 127 мм. В конструкции контактов используется надежная двойная точка касания с выводами процессора, а специальные технологические приемы изготовления сводят к минимуму влияние терморасширения.

SECC (Single Edge Contact Cartridge) — картридж процессоров Pentium II и Pentium III. Представляет собой печатную плату с установленными компонентами с выводами вдоль одной из ее сторон. К микросхемам ядра и кэша прилегает термопластина (*thermal plate*), распределяющая тепло, к которой снаружи крепится вентилятор (или иное охлаждающее устройство). Спереди картридж закрыт крышкой. Допустимая температура пластины +70 — +75 °С (в зависимости от частоты процессора).

SECC 2 — картридж для процессоров Pentium II и Pentium III, (начиная с частоты 350 МГц), отличается от *SECC* тем, что *не имеет термопластины* — внешние охладители прижимаются прямо к корпусам микросхем ядра и кэша, что снижает тепловое сопротивление и повышает эффективность охлаждения. Сами процессоры, устанавливаемые на *SECC 2*, могут быть как в корпусах PLGA (Plastic Land Grid Array), так и в OLGA (Organic Land Grid Array).

SEPP (Single Edge Processor Package) — картридж процессоров Celeron, не имеющий ни термопластины, ни крышки. Внешний радиатор прижимается прямо к корпусу ядра, а микросхем вторичного кэша у Celeron нет. Socket и Slot — виды разъемов для процессора и класс интерфейса процессора с системной платой. Socket — плоский разъем для установки микросхемы с выводами, перпендикулярными корпусу. Slot — щелевой разъем для установки платы с контактами по краю.

LIF (Low Insertion Force; no handle) — конструкция разъемов для установки интегральных микросхем (в том числе процессоров) с малым усилием сочленения.

ZIF (Zero Insertion Force) — конструктив с нулевой силой вставки; *with handle*) У такого гнезда есть рычажок, поворот

которого из одной крайней позиции в другую освобождает процессор или, наоборот, вставляет его в гнездо.

Описание типов корпусов микросхем центрального процессора. Совместимость

486 Socket (486 bus)

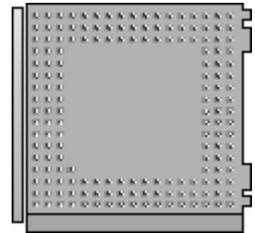
• Исполнение в виде 168 pin holes (17x17) PGA LIF (*Low Insertion Force socket — no handle*).

• Напряжение питания ядра процессора 5 В.

• Типовые внешние частоты 20 МГц/ 25 МГц/ 33 МГц.

• Внутренний множитель процессора 1.0x/ 2.0x/ 3.0x.

• Использовался для процессоров типа 486DX 20~33; 486DX2 50~66; 486DX4 75~120; 486DX2ODPR 50~66; 486DX4ODPR 75~100; Am5x86 133; Cx5x86 100~120; ComputerNerd RA4; Gainbery 5x86 133.



Socket 1 (486 bus)

• Исполнение в виде 168/ 169 pin holes (17x17) PGA LIF или ZIF (*Zero Insertion Force socket — with handle*).

• Напряжение питания ядра 5 В.

• Типовые внешние частоты процессора 16 МГц/ 20 МГц/ 25 МГц/ 33 МГц.

• Внутренний множитель процессора 1.0x/ 2.0x/ 3.0x.

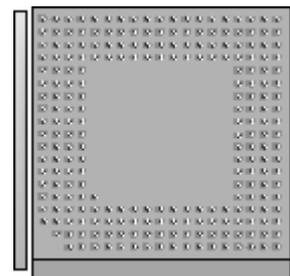
• Использовался с процессорами типа 486SX 16~33; 486SX2 50~66; 486SXODP 25~33; 486SX2ODP 50; 486DX 20~33; 486DX2 50~66; 486DX4 75~120; 486DXODP 25~33; 486DX2ODP 50~66; 486DX4ODP 75~100; 486DX2ODPR 50~66; 486DX4ODPR 75~100; Am5x86 133; Cx5x86 100~120; Evergreen 586 133; Gainbery 5x86 133; Kingston TurboChip 133; Madex 486; Trinity Works 5x86-133.

Socket 2 (486 bus)

• Исполнение в виде 238 pin holes (19x19) PGA LIF или ZIF.

• Напряжение питания ядра процессора 5 В.

• Типовые внешние частоты 25 МГц/ 33 МГц/ 40 МГц/ 50 МГц.

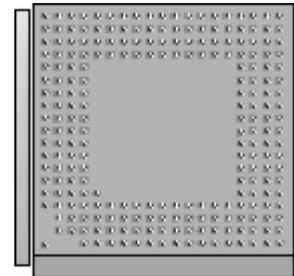


- Внутренний множитель процессора — 1.0x/ 2.0x/ 3.0x.
- Использовался в чипсетах Intel 420TX (Saturn) и VLSI 82C480 для процессоров типа 486SX 25~33; 486SX2 50~66; 486SXODP 25~33; 486SX2ODP 50; 486DX 25~50; 486DX2 50~80; 486DX4 75~120; 486DXODP 25~33; 486DX2ODP 50~66; 486DX4ODP 75~100; 486DX2ODPR 50~66; 486DX4ODPR 75~100; Pentium ODP 63~83; Am5x86 133; Cx5x86 100~120; ComputerNerd RA4; Evergreen 586 133; Gainbery 5x86 133; PowerLeap PL/586 133; PowerLeap PL-Renaissance/AT.

Socket 3 (486 bus)

- 237 pin LIF или 237 pin holes (19x19) PGA ZIF — исполнение.

- Напряжение питания ядра 3.3 В/ 5 В.
- Типовые внешние частоты 25 МГц/ 33 МГц/ 40 МГц/ 50 МГц при внутреннем множителе 1.0x/ 2.0x/ 3.0x.



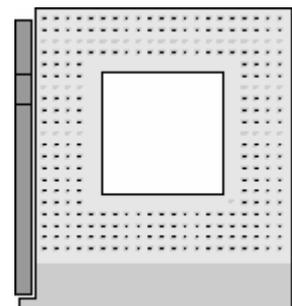
- Использовался в чипсетах ALi M1429; ALi M1439; ALi M1489 (FinALi); Intel 420EX (Aries); Intel 420TX (Saturn); Intel 420ZX (Saturn-II); OPTi 82C495; OPTi 82C895; SiS 85C406; SiS 85C461; SiS 85C471; SiS 85C49x; UMC UM8498; UMC UM888x; VIA 82C496 (Pluto).

- Предназначен для процессоров 486SX 25~33; 486SX2 50~66; 486SXODP 25~33; 486SX2ODP 50; 486DX 25~50; 486DX2 50~80; 486DX4 75~120; 486DXODP 25~33; 486DX2ODP 50~66; 486DX4ODP 75~100; 486DX2ODPR 50~66; 486DX4ODPR 75~100; Pentium ODP 63~83; Am5x86 133; Cx5x86 100~120; ComputerNerd RA4; Evergreen 586 133; Gainbery 5x86 133; Kingston TurboChip 133; Madex 486; PowerLeap PL/586 133; PowerLeap PL-Renaissance/AT; PowerLeap PL-Renaissance/PCI; Trinity Works 5x86-133.

Socket 4 (P5 bus)

- Исполнение в виде 273 pin holes (21x21) PGA LIF или ZIF.

- Напряжение питания ядра процессора 5 В.
- Внешние частоты процессора — 60 МГц и 66 МГц.

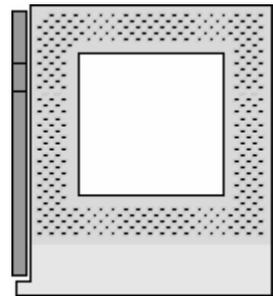


- Предназначен для наборов микросхем Intel 430LX (Mercury); OPTi 82C546 (Python); OPTi 82C596 (Cobra).
- Использовался с процессорами типа Pentium 60~66; Pentium OverDrive 120~133; Computer Nerd RA3; Evergreen AcceleraPCI; PowerLeap PL/54C; PowerLeap PL/54CMMX; PowerLeap PL-Renaissance/AT; PowerLeap PL-Renaissance/PCI; Trinity Works P6x.

Socket 5 (P54C bus)

- Исполнение в виде 296 pin (19x19) SPGA LIF/ ZIF или 320 pin LIF/ ZIF.

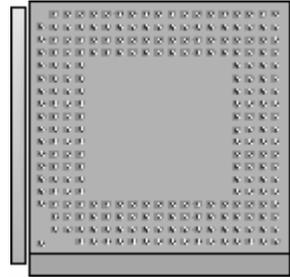
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами STD (3.3 В (3.135 В ~ 3.465 В) — Standard Voltage.), VR (3.38 В (3.300 В ~ 3.465 В) — Voltage Regulated.), VRE (3.52 В (3.450 В ~ 3.600 В) — (B-step) Voltage Regulated Extended), VRE — 3.5 В (3.400 В ~ 3.600 В) — (C2 step and later) Voltage Regulated).



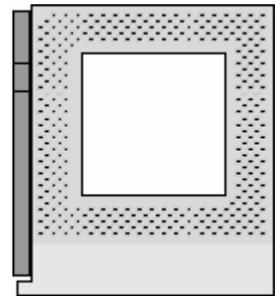
- Внешние частоты процессора — 50 МГц/ 60 МГц/ 66 МГц.
- Внутренний множитель процессора — 1.5x/ 2.0x.
- Предназначен для чипсетов ALi Aladdin III; ALi Genie; Intel 430FX (Triton I); Intel 430NX (Neptune); OPTi 82C546 (Python); OPTi 82C596 (Cobra); OPTi Vendetta; SiS 501/02/03; SiS 5511/12/13; SiS 5571 (Trinity); SiS 5581/82; SiS 5596 (Genesis); SiS 5597/98 (Jedi); UMC 881x; VIA Apollo Master; VLSI 82C59x.
- Использовался с процессорами типа K5 PR75~PR133; 6x86L PR120+~PR166+; Pentium 75~133; Pentium ODP 125~166; K6 166~300; K6-2 266~400; Winchip 180~200; Winchip-2 200~240; Winchip-2A 233; 6x86MX; PR166~PR233; Pentium ODP MMX 125~180; Pentium MMX 166~233; Concept Manuf. VA55C; Evergreen PR166; Evergreen MxPro; Evergreen AcceleraPCI; Evergreen Spectra; Kingston TurboChip; Madex 586; PNY QuickChip 200; PNY QuickChip-3D 200; PowerLeap PL/OD54C; PowerLeap PL-ProMMX; PowerLeap PL/K6-III; PowerLeap PL-Renaissance/AT; PowerLeap PL-Renaissance/PCI; Trinity Works P7x.

Socket 6 (486 bus)

- Реализован в виде 235 pin holes (19x19) PGA ZIF. Напряжение питания ядра процессора — 3.3 В. Рабочие частоты материнской платы — 25 МГц/ 33 МГц/ 40 МГц. Внутренний множитель процессора может быть задан 2.0x или 3.0x.

**Socket 7 (P54C bus/ P55C bus)**

- Исполнение в виде 296 pin holes (19x19) SPGA LIF или 321 pin ZIF — выводы расположены по сетке SPGA 21x21.



- Socket 7 содержит блок регулирования напряжения питания **VRM (Voltage Regulator Module)** — представляющий собой плату, содержащую схемы для регулирования напряжения, которые используются, чтобы понизить напряжение питания 5 В до величины, необходимой для питания процессора.

- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами STD (3.3 В (3.135 В ~ 3.465 В) — Standard Voltage.), VR (3.38 В (3.300 В ~ 3.465 В) — Voltage Regulated.), VRE (3.52 В (3.450 В ~ 3.600 В) — (B-step) Voltage Regulated Extended), VRE — 3.5 В (3.400 В ~ 3.600 В) — (C2 step and later) Voltage Regulated), Split (lower core with a 3.3 В I/O), VRT (2.9 В v_{core} / 3.3 В $v_{I/O}$ — Split Voltage Reduction Technology — mobile chips only).

- Внешние частоты процессора — 40 МГц/ 50 МГц/ 55 МГц/ 60 МГц/ 62 МГц/ 66 МГц/ 68 МГц/ 75 МГц/ 83 МГц/ 90 МГц/ 95 МГц/ 100 МГц/ 102 МГц/ 112 МГц/ 124 МГц.

- Внутренний множитель процессора — 1.5x/ 1.75x/ 2.0x/ 2.33x/ 2.5x/ 2.66x/ 3.0x/ 3.33x/ 3.5x/ 4.0x/ 4.5x/ 5.0x/ 5.5x/ 6.0x.

- Использовался в чипсетах ALi Aladdin III; ALi Aladdin IV; ALi Aladdin IV+; ALi Aladdin V; ALi Aladdin V+; ALi Aladdin 7; AMD 640; Intel 430FX (Triton I); Intel 430HX (Triton II); Intel m430MX (Ariel); Intel 430TX; Intel 430VX (Triton II/III); OPTi 82C556 (Viper); OPTi 82C566 (ViperMax); OPTi 82C576 (Viper Xpress); OPTi 82C750 (Vendetta); SiS 530 (Sinbad); SiS 540; SiS 5511/12/13; SiS 5571 (Trinity); SiS 5581/82; SiS 5591/92 (David); SiS 5596 (Genesis); SiS 5597/98 (Jedi); VIA Apollo Master; VIA

Apollo MVP3; VIA Apollo MVP4; VIA Apollo VP-1; VIA Apollo VP-2; VIA Apollo VP-2/97; VIA Apollo VP-3; VIA Apollo VPX; VIA Apollo VPX/97; VLSI 82C541 (Lynx).

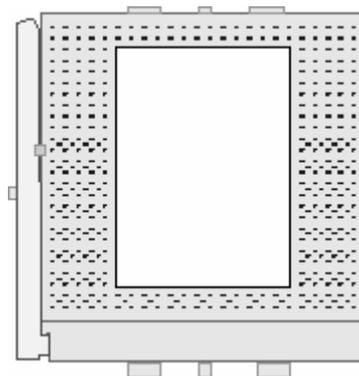
- Использовался с процессорами типа K5 PR75~PR200; 6x86 PR90+~PR200+; 6x86L PR120+~PR200+; Pentium 75~200; Pentium ODP 125~166; K6 166~300; K6-2 266~550; K6-2+ 450~550; K6-III 400~450; K6-III+ 450~500; Winchip 150~240; Winchip-2 200~240; Winchip-2A 200~266; 6x86MX PR166~PR333; M II 233~433; Pentium ODP MMX 125~200; Pentium MMX 166~233; mP6 166~266; Computer Nerd RA5; Concept Manuf. VA55C; Evergreen PR166; Evergreen MxPro; Evergreen AcceleraPCI; Evergreen Spectra; Kingston TurboChip; Madex 586; PNY QuickChip-3D 200; PowerLeap PL/OD54C; PowerLeap PL/ProMMX; PowerLeap PL/K6-III; PowerLeap PL-Renaissance/AT; PowerLeap PL-Renaissance/PCI.

Socket 8 (P6 bus)

- 387 pin holes (24x26) MSPGA LIF или ZIF — исполнение SPGA.

- Напряжение питания ядра процессора — VID, VRM (2.1 В~3.5 В).

- Внешняя частота процессора — 60 МГц/ 66 МГц/ 75 МГц при внутреннем множителе — 2.0x/ 2.5x/ 3.0x/ 4.5x/ 5.0x/ 5.5x/ 6.0x/ 6.5x/ 7.0x/ 7.5x/ 8.0x.



- Предназначен для наборов микросхем Corollary Profusion; Intel 440FX (Natoma); Intel 450GX (Orion); Intel 450KX (Mars); OPTi 650 (Discovery); VIA Apollo P6.

- Разработан специально для процессора Pentium Pro с интегрированной кэш-памятью второго уровня. Поддерживается также процессорами Pentium Pro 150~200; Pentium II OverDrive 300~333; Evergreen AcceleraPCI; PowerLeap PL-Pro/II; PowerLeap PL-Renaissance/AT; PowerLeap PL-Renaissance/PCI.

Slot 1 (P6 bus)

- 242 pin SECC, 242 pin SECC2 или 242 pin SEPP — исполнение.

- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.3v~3.3v).
- Внешние частоты процессора — 60 МГц/ 66 МГц/ 68 МГц/ 75 МГц/ 83 МГц/ 100 МГц/ 102 МГц/ 112 МГц/ 124 МГц/ 133 МГц.
- Внутренний множитель процессора — 3.5x/ 4.0x/ 4.5x/ 5.0x/ 5.5x/ 6.0x/ 6.5x/ 7.0x/ 7.5x/ 8.0x/ 8.5x/ 9.0x/ 9.5x/ 10.0x/ 10.5x/ 11.0x/ 11.5x.
- Предназначен для наборов микросхем — ALi Aladdin Pro I; ALi Aladdin Pro II; ALi Aladdin TNT2; ALi Aladdin Pro 4; Intel 440BX; Intel 440EX; Intel 440FX (Natoma); Intel 440GX; Intel 440LX; Intel 810 (Whitney); Intel 810e (Whitney); Intel 815 (Solano); Intel 815e (Solano-2); Intel 820 (Camino); Intel 820e (Camino-2); Intel 840 (Carmel); SiS 5600; SiS 600; SiS 620; SiS 630; SiS 630E; SiS 630S; VIA Apollo P6; VIA Apollo Pro; VIA Apollo Pro+; VIA Pro13VIA Pro133A; VIA Pro266; VIA PM-133; VIA PM601.
- Используется с процессорами типа — Celeron 266~300 (Covington); Celeron 300A~433 (Mendocino); Celeron 300A~533 (Mendocino PGA); Celeron 500A~1.1GHz (Coppermine-128); Pentium Pro 150~200; Pentium II 233~300 (Klamath); Pentium II 266~450 (Deschutes); Pentium III 450~600B (Katmai); Pentium III 533EB~1.13GHz (Coppermine); Evergreen Performa; PowerLeap PL/PII; PowerLeap PL-iP3; PowerLeap PL-iP3/T.

Slot 2 (P6 bus)

- 330 pin SECC — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.3v~3.3v).
- Внешние частоты процессора — 100 МГц/ 133 МГц.
- Внутренний множитель процессора — 4.0x/ 4.5x/ 5.0x/ 5.5x/ 6.0x/ 6.5x/ 7.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — Intel 440GX; Intel 450NX; Intel 840 (Carmel); Intel Profusion.
- Используется с процессорами типа — Pentium II Xeon 400~450 (Drake); Pentium III Xeon 500~550 (Tanner); Pentium III Xeon 600~1GHz (Cascades).

Socket 370 (P6 bus)

- В январе 1999 года Intel анонсировала новое гнездо для процессоров шестого поколения.
- 370 pin holes (19x19) SPGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.05v~2.1v).
- 66 МГц/ 100 МГц/ 133 МГц.
- Внутренний множитель процессора — 4.5x/ 5.0x/ 5.5x/ 6.0x/ 6.5x/ 7.0x/ 7.5x/ 8.0x/ 8.5x/ 9.0x/ 9.5x/ 10.0x/ 10.5x/ 11.0x/ 11.5x/ 12.0x/ 13.0x/ 14.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — ALi Aladdin TNT2; ALi Aladdin Pro 4; ALi Aladdin Pro 5; ALi Aladdin Pro 5T; Intel 440BX; Intel 440ZX; Intel 810 (Whitney); Intel 810e (Whitney); Intel 810e2 (Whitney); Intel 815 (Solano); Intel 815e (Solano-2); Intel 815eg (Solano-3); Intel 815ep (Solano-3); Intel 815g (Solano-3); Intel 815p (Solano-3); Intel 820 (Camino); Intel 820e (Camino-2); SiS 630; SiS 630E; SiS 630ET; SiS 630S; SiS 630ST; SiS 633; SiS 633T; SiS 635; SiS 635T; VIA Apollo Pro+; VIA Pro133A; VIA Pro133T; VIA Pro266; VIA Pro266T; VIA PL-133; VIA PL-133T; VIA PLE133 (PM601); VIA PLE133T; VIA PM-133; VIA PM-266T; VIA Pro333T.
- Используется с процессорами типа — Celeron 300A~533 (Mendocino); Celeron 500A~1.1GHz (Coppermine-128); Celeron 1.0A~1.4GHz (Tualatin); Pentium III 500E~1.13GHz (Coppermine); Pentium III 866~1.13GHz (Coppermine-T); Pentium III 1.0B~1.33GHz (Tualatin); Pentium III-S 700(Tualatin); Cyrix III 533~667 (Samuel); C3 733A~800A (Samuel 2); C3 800A~866A (Ezra); C3 800T (Ezra-T); PowerLeap PL Neo-S370.

Slot A (EV6 bus)

- 242 pin SECC — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.3v~2.05v).
- Внешние частоты процессора — 100 МГц (x2)/ 133 МГц (x2).
- Внутренний множитель процессора — 5.0x/ 5.5x/ 6.0x/ 6.5x/ 7.0x/ 7.5x/ 8.0x/ 8.5x/ 9.0x/ 9.5x/ 10.0x.

- Предназначен для наборов микросхем — AMD 750 (Irongate); VIA KX-133.
- Athlon 500~700 (K7); Athlon 550~1GHz (K75); Athlon 650~1GHz (Thunderbird).

Socket A (EV6 bus)

- 462 pin holes (19x19) SPGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.1v~2.05v).
- Внешние частоты процессора — 100 МГц (x2)/ 133 МГц (x2).
- Внутренний множитель процессора — 6.0x/ 6.5x/ 7.0x/ 7.5x/ 8.0x/ 8.5x/ 9.0x/ 9.5x/ 10.0x/ 10.5x/ 11.0x/ 11.5x/ 12.0x/ 12.5x/ 13.0x/ 13.5x/ 14.0x/ 14.5x/ 15.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — ALi MAGiK 1; AMD 750 (Irongate); AMD 760 (Irongate-4); AMD 760MP (Irongate-4)/ AMD 760MPX (Irongate-4); ATI IGP 320; NVidia nForce220 (Crush 11); NVidia nForce220D (Crush 11); NVidia nForce230 (Crush 11); NVidia nForce230-T (Crush 11); NVidia nForce415D (Crush 12); NVidia nForce420 (Crush 12); NVidia nForce420D (Crush 12); NVidia nForce430 (Crush 12); NVidia nForce430-T (Crush 12); NVidia nForce2-G IGP (Crush 18); NVidia nForce2-GT IGP (Crush 18); NVidia nForce2-S SPP (Crush 18); NVidia nForce2-ST SPP (Crush 18); NVidia nForce2 400 (Crush 18); NVidia nForce2 Ultra 400 (Crush 18); SiS 730S; SiS 733; SiS 735; SiS 740; SiS 741; SiS 745; SiS 746; SiS 746FX; SiS 748; SiS 760; VIA KL-133; VIA KL-133A; VIA KLE133; VIA KM-133; VIA KM-133A; VIA KM-266; VIA KM-400; VIA KT-133; VIA KT-133A; VIA KT-133E; VIA KT-266; VIA KT-266A; VIA KT-333; VIA KT-333A; VIA KT-400; VIA KT-400A; KT-600.
- Используется с процессорами типа — Duron 600~950 (Spitfire); Duron 1.0GHz~1.3GHz (Morgan); Duron 1.4GHz~1.8GHz (Applebred); Athlon 650~1.4GHz (Thunderbird); Athlon 4 850 (mobile Palomino); Athlon MP 1.0GHz~2100+ (Palomino); Athlon MP 2000+~2600+ (Thoroughbred); Athlon MP 2800+(Barton); Athlon XP 1500+~2100+ (Palomino); Athlon XP 1600+(Thoroughbred); Athlon XP 2500+(Barton).

Socket 423 (P6.8 bus)

- 423 pin holes (20x20) SPGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.0v~1.85v).
- Внешняя частота процессора 100 МГц (x4).
- Внутренний множитель процессора — 13.0x/ 14.0x/ 15.0x/ 16.0x/ 17.0x/ 18.0x/ 19.0x/ 20.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — Intel 845 (Brookdale); Intel 850 (Tehama); VIA P4X-266.
- Используется с процессорами типа — Pentium 4 1.3GHz~2.0GHz (Willamette); Pentium 4 1.6A(Northwood); Celeron 1.7GHz~1.8GHz (Willamette); Powerleap PL-P4/W; Powerleap PL-P4/N.

Socket 478 (P6.8 bus)

- 478 pin holes (26x26) μ PGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM.
- Внешние частоты процессора — 100 МГц (x4)/ 133 МГц (x4)/ 166 МГц (x4)/ 200 МГц (x4).
- Внутренний множитель процессора — 15.0x/ 16.0x/ 17.0x/ 18.0x/ 19.0x/ 20.0x/ 22.0x/ 24.0x/ 25.0x/ 26.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — ALi Aladdin P4; ALi Aladdin P4A; ALi M1672; ALi M1681; ALi M1741/ ATI IGP 330/ ATI IGP 340; ATI IGP (RS-250); Intel 845 (Brookdale); Intel 845B (Brookdale DDR); Intel 845E (Brookdale-E); Intel 845G (Brookdale-G); Intel 845GE (Brookdale-GE); Intel 845GL (Brookdale GL); Intel 845GV (Brookdale-GV); Intel 845PE (Brookdale-PE); Intel 850 (Tehama); Intel 850e (Tehama-E); Intel E7205 (Granite Bay); Intel 865P (Springdale-P); Intel 865PE (Springdale-PE); Intel 865G (Springdale-G); Intel 875P (Canterwood); SiS 645; SiS 645DX; SiS 648; SiS 648DX; SiS 648FX; SiS 650; SiS 650GX; SiS 651; SiS 655; SiS 655FX; SiS 661FX; SiS R658; SiS R659; VIA P4M-266; VIA P4M-266A; VIA P4M-333; VIA P4X-266; VIA P4X-266A; VIA P4X-266E; VIA P4X-333; VIA P4X-400; VIA P4X-400A; VIA PT-600; VIA PT-800.
- Используется с процессорами типа — Celeron 1.7GHz~1.8GHz (Willamette); Celeron 2.0GHz (Northwood-128);

Pentium 4 1.4GHz~2.0GHz (Willamette); Pentium 4 1.6A~??? (Northwood); Pentium 4 Extreme 3.2GHz (Gallatin); Pentium 4 2GHz+ (Prescott).

Socket T (P6.8 bus)

- 775 ball LGA — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM.
- Внешние частоты процессора — 200 МГц (x4)/ 266 МГц (x4).
- Предназначен для наборов микросхем — Intel (Grantsdale); Intel (Grantsdale-G); Intel (Copper River).
- Используется с процессорами типа — Pentium 4 3GHz+ (Prescott); Pentium 4 3GHz+ (Tejas); Pentium 4 3GHz+ (Nehalem).

Socket 603/ Socket 604 (P6.8 bus)

- 603/ 604 pin holes (31x25) µPGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (1.1v~1.85v).
- Внешние частоты процессора — 100 МГц (x4)/ 133 МГц (x4)/ 166 МГц (x4).
- Внутренний множитель процессора — 14.0x/ 15.0x/ 17.0x/ 18.0x/ 20.0x/ 22.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — IBM Summit; Intel 860 (Colusa); Intel 860E (Colusa-E); Intel E7500 (Plumas); Intel E7501 (Plumas 533); Intel (Plumas LE); Intel E7505 (Placer); Intel 870; Intel (Lindenhurst).
- Используется с процессорами типа — Xeon 1.4GHz~2.0GHz (Foster); LV Xeon 1.6GHz~2.0GHz (Prestonia); Xeon 1.8GHz~3.06GHz (Prestonia); Xeon 3.06GHz (Gallatin); Xeon MP 1.4GHz~1.6GHz (Foster MP); Xeon MP 1.5GHz (Gallatin); Xeon MP (Potomac).

PAC418 (P7 bus)

- 418 pin holes (2x(19x6)) VLIF (*Very Low Insertion Force; plus power slot*) — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM.

- Внешняя частота процессора — 133 МГц (x2).
- Внутренний множитель процессора — 5.5x/ 6.0x.
- Предназначен для набора микросхем — Intel 460GX.
- Используется с процессорами типа — Itanium 733~800 (Merced).

PAC611 (P7 bus)

- 611 pin holes (25x28) VLIF (*Very Low Insertion Force*; plus power slot) — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM.
- Внешняя частота процессора — 200 МГц (x2).
- Внутренний множитель процессора — 4.5x/ 5.0x.
- Предназначен для наборов микросхем — IBM Summit; Intel 460GX; Intel E8870.
- Используется с процессорами типа — Itanium 2 900 МГц~1.0GHz (McKinley); Itanium 2 1.3GHz(Madison); Itanium 2 1GHz+ (Deerfield); Itanium 2 1GHz+ (Montecito); Itanium 2 1GHz+ (Shavano); Itanium 2 1GHz+ (Tanglewood).

Socket 754(HT bus)

- 754 pin holes (29x29) μ PGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (0.8v~1.55v).
- Внешняя частота процессора — 200 МГц (x2).
- Предназначен для наборов микросхем — ALi M1687; ALi M1688; AMD 8000 (Golem); AMD Lokar; NVidia nForce3; NVidia CK8; SiS 755; SiS 760; VIA K8M-800; VIA K8T-800.
- Используется с процессорами типа — Athlon 64 3200+ (Clawhammer); Athlon 64 1GHz+ (Paris); Athlon 64 1GHz+ (San Diego); Athlon 64 1GHz+ (Victoria).

Socket 940 (HT bus)

- 940 pin holes (31x31) μ PGA ZIF — исполнение.
- Напряжение питания ядра процессора описывается стандартами VID VRM (0.8v~1.55v).
- Внешняя частота процессора — 200 МГц (x2).
- Внутренний множитель процессора — 7.0x/ 8.0x/ 9.0x.

- Предназначен для наборов микросхем — ALi M1687; ALi M1688; AMD 8000 (Golem); AMD Lokar; NVidia nForce3; NVidia nForce3 Pro 150; NVidia nForce3 Pro 250; SiS 755; SiS 760; VIA K8T-400M; VIA K8T-800.

- Используется с процессорами типа — Athlon FX-51 (Sledgehammer); Opteron (Clawhammer DP); Opteron 140 (Sledgehammer); Opteron 240 (Sledgehammer); Opteron 840 (Sledgehammer); Opteron (Athens).

2 ПРОЦЕССОРЫ: ИСТОРИЯ

2.1 История развития процессоров семейства 8086 1978: начало эры x86

Эра x86 началась не так давно — но для компьютерной индустрии 26 лет кажутся вечностью. В 1978 году Intel представила процессор 8086, который послужил основой для всех x86-совместимых CPU. Тогда европейской штаб-квартиры, которая располагается рядом с Мюнхеном, не было даже в проекте. Позднее процессор послужил основой ПК «ХТ», работая на частоте 4,77 МГц (а позднее и 8 МГц). Максимальный объём памяти составлял 1 Мбайт.

Прародитель всех процессоров x86. CPU Intel 8086 работал на частоте 4,77 МГц. В то время память всё ещё считали килобайтами. Хорошо оснащённой системой считался компьютер с 256 Кбайт памяти, разбитой по нескольким чипам. Если же компьютер оснащался 320 Кбайт, то он мог запускать Windows 1.0. С другой стороны, жёсткие диски тогда были слишком дороги и встречались редко. Шиком считался компьютер с двумя жёсткими дисками. Некоторые пользователи вспомнят большие 8» мягкие дискеты — предшественницы формата 5,25». В 1982 году Intel анонсировала компьютер 286, который содержал 16-битный слот ISA. Максимальный размер памяти, набиваемой теперь уже модулями SIMM, вырос до 1 Мбайт. Три года спустя (в 1985) появился процессор 386, который, теоретически, мог работать с гигантским объёмом памяти — 4 Гбайт. Но материнские платы для подобных объёмов (и технологии, собственно) ещё не существовали.

Типичная система на 386 процессоре имела 4 мегабайта памяти, кроме того, впервые MS Windows могла использовать виртуальную память с жёсткого диска (в режиме 386). Первые процессоры 386 работали на частоте 16 МГц, а через четыре года появилась модель с удвоенной тактовой частотой — на 32 МГц.

1989: Socket 1, 2 и 3

В 1989 году Intel анонсировала процессор 486DX для Socket 1, который работал с частотой 25 МГц, а в последующие годы час-

тота увеличилась до 133 МГц. За этим процессором последовал бум ПК в начале 90-х. В то время многие пользователи сменили свой домашний компьютер (в мире это были Commodore C64, Commodore Amiga или Atari ST, в России — «БК», «Вектор», «Корвет» и «Спектрум»).

1993: Socket 4 для первого Pentium

В 1993 и 1994 годах продавались не только новые системы 486 (AMD и Intel), но и первые компьютеры Pentium. До открытия перед магазинами собирались очереди, которые сметали новые компьютеры за несколько минут. Рынок рос сумасшедшими темпами. В то время, появлялись многие мелкие фирмы, собиравшие компьютеры и продававшие их под своей маркой. Системы 486DX 100 часто стоили столько же, сколько компьютеры с Pentium 60.

Socket 4 был представлен в 1993 и предназначался для двух процессоров: Intel Pentium 60 и Pentium 66. Низкочастотная версия работала с системной шиной 30 МГц и, по сравнению со скоростными процессорами 486, CPU была иногда медленнее. С другой стороны, Pentium 66 оказался удачнее, но многие пользователи предпочитали покупать дополнительную тактовую частоту и брали 486DX 100.

С 1996 по 1998: Socket 5 — AMD и Intel

В платформе CPU вновь произошли изменения: на рынке появился преемник Socket 4, Socket 5, которому сопутствовал процессор Pentium 75. Опционально на материнские платы устанавливался пакетно-конвейерный кэш, существенно повышавший производительность. Потратив немалую сумму денег, можно было купить модули кэш-памяти по 256 или 512 Кбайт. Asus стала одной из первых компаний, предложивших материнские платы с разъёмом COAST (cache on a stick), причём, разница в цене между конкурентами была не очень велика.

С 1998 по 2000: Socket 7 — AMD, С 1994 по 1997: Socket 7 — Intel

С процессором Pentium 166 MMX компания Intel впервые предложила набор команд **MMX** (multimedia expansions), причём

новые CPU требовали отдельного напряжения на материнских платах (2,8 и 3,3 В). Всем владельцам систем Socket 5 можно было докупить адаптер.

После того, как Intel выпустила на рынок Pentium MMX, AMD представила K6, который работал на частотах до 166 МГц и также обеспечивал инструкции MMX. Впервые на материнских платах стали поддерживаться модули SDRAM, благодаря которым скорость обмена с памятью существенно возросла. На рынок вышли 60-нс модули (EDO) и 70-нс (Fast Page). Скорость обмена с памятью возросла до 90 Мбайт/с, причём, максимальный размер памяти составил 384 Мбайт, а позднее он вырос до 768 Мбайт. Почти в то же время появился форм-фактор ATX. Кроме всего прочего, новый блок питания позволял компьютеру входить в режим ожидания, а также программно включаться и выключаться. Внедрение интерфейса **AGP** обеспечило дополнительный прирост производительности по сравнению с шиной PCI (не сразу, конечно). В те времена память была очень медленной и дорогой, поэтому Intel решила обеспечить графическим картам прямой доступ к памяти.

Intel завершила эпоху Socket 7 выпуском Pentium 233 MMX, который имел максимальное тепловыделение в 17 Вт. Компания планировала выпустить Pentium 266 MMX, но появилась только мобильная версия этого процессора. В отличие от Intel, перешедшей на Slot 1, AMD продолжала поддерживать Socket 7 ещё два года. Последними процессорами для Socket 7 стали AMD K6-III 500 и AMD K6-2+ 550. Что касается производительности, то AMD K6-III 500 во многих тестах обгонял Pentium III (!). Какова же причина? Дело в том, что K6-III имел 256 Кбайт встроенного кэша L2, который дополнял 2 Мбайт кэша L3 на материнской плате. Так что процессор иногда показывал весьма неплохую производительность. А Intel в то время ответить было нечем. Особенно, учитывая тот факт, что CPU от AMD (K6-III 450) стоил существенно дешевле.

Обратная сторона медали: после выпуска 500-МГц версии K6-III AMD срочно отозвала процессор. Ещё необычная особенность: только OEM-производители получали K6-2+, произведённые по 180-нм техпроцессу. Конечно, процессоры появились и в рознице, но работали они не на всех материнских платах. Иногда

К6-III находили применение в ноутбуках. С этого момента пути AMD и Intel разошлись. Intel перешла на Slot 1, а AMD решила выбрать похожий по виду, но логически несовместимый Slot A.

Slot 1: с мая 1997 по март 2000

Компания Intel в своих действиях во многом руководствуется маркетинговыми соображениями, что было подчёркнуто переходом в 1997 году с Socket 7 на Slot 1. В любом случае, единственным техническим обоснованием подобного перехода было то, что кэш L2 не может разместиться на процессоре, поэтому его нужно вынести отдельно, на маленькую плату (картридж). Но Intel утверждала, что подобное слотовое решение является самым перспективным. В конце концов, кэш L2 перешёл на ядро процессора — в результате постоянного снижения техпроцесса. В начале эпохи Slot 1 Intel выпустила Celeron без встроенного кэша L2.

Он показывал настолько слабую производительность, что покупатели предпочитали Pentium II. Но Intel долила масла в огонь, представив модель Celeron 300A, оснащённую кэшем L2. «Изюминкой» процессора являлась 66-МГц системная шина, которую обычно без проблем можно было увеличить до 100 МГц, в результате чего CPU работал на 450 МГц. Собственно, именно по этой причине процессор стал абсолютным хитом продаж на розничном рынке. Процессор Celeron 300A, «разогнанный» до 450 МГц, неплохо показывал себя даже по сравнению с намного более дорогим Pentium II/400. В то время самой эффективной считалась память SDRAM на 100 МГц, обеспечивавшая пропускную способность 800 Мбайт/с. Intel представила Pentium II/300 в германской штаб-квартире около Мюнхена, впервые показав декодирование фильма с DVD в реальном времени.

Вскоре после этого Intel провозгласила отход от параллельной архитектуры памяти, сделав ставку на Rambus — единственного «спасителя» DRAM. Даже такие большие компании, как Siemens, Compaq, HP и Dell, неожиданно встали на сторону Rambus. К сожалению, это было большой ошибкой. Рынок требовал DDR SDRAM, что стало очевидным на выставке Computex 2000 в Тайбэе.

Socket 370: с апреля 1998 по июль 2001

Многие пользователи решили не переходить на платформу Slot 1 из-за цены. Дело в том, что в начале 1998 года на рынке появилась новая разработка: **Socket 370**, для которой вышли две версии упаковки — PPGA и FC-PGA. Версия PPGA использовалась, главным образом, в OEM-системах, поскольку она обходилась дешевле в производстве. Как уже было упомянуто выше, только процессоры Celeron использовали пластиковую упаковку. Процессоры Pentium III выпускались уже в более дорогой упаковке FC-PGA. Но здесь есть одно исключение: процессор Celeron на ядре Mendocino можно было использовать как на системах Socket 370, так и на Slot 1. С помощью специального адаптера процессор в упаковке PPGA можно было установить в Slot 1. А вот для версии FC-PGA адаптер так и не появился.

Долгое время процессоры для Slot 1 и Socket 370 продавались и изготавливались бок о бок, но последним процессором для Slot 1 стал Pentium III (Coppermine) на частоте 1 ГГц.

Последним ядром для Socket 370 стало Tualatin, которое уменьшилось со 180-нм до 130-нм техпроцесса. Pentium III-S производился на частотах до 1,4 ГГц с кэшем L2 512 Кбайт/с. Кроме того, этот процессор имел расширения по предварительной выборке — предшественника микроопераций современного Pentium 4.

Socket 423: с ноября 2000 по август 2001

По сравнению даже со Slot 1, платформа Socket 423 прожила недолго: с ноября 2000 по август 2001. Большинство пользователей задел дальнейший переход на Socket 478, поскольку вложения превратились в пыль. Для Socket 423 вышло только одно процессорное ядро — Willamette. Уровень продаж оказался намного ниже предположений, но вот акции подскочили. Вывод на рынок Intel Pentium 4 и архитектуры Netburst стал важным шагом в будущее. Даже сегодняшний Pentium 4 570 на 3,8 ГГц по-прежнему работает на этой архитектуре, продемонстрировавшей впечатляющий рост тактовых частот. Многие годы Intel провозглашала, что тактовая частота — самый важный параметр процессора. В то же время в процессорах появилась технология троттлинга (Thermal Monitor 1). Она позволяет CPU пропускать

тактовые импульсы, защищая себя от тепловой смерти при плохом охлаждении.

По мере роста частоты и числа транзисторов увеличилось и тепловыделение. Чтобы с ним справиться, материнские платы обзавелись дополнительными электрическими контактами — ведь Pentium 4 достиг тепловыделения в 72 Вт. Параллельно появились и различные технологические улучшения: инструкции SSE2 обеспечивали быстрое кодирование видео, став как преимуществом, так и важным маркетинговым плюсом процессора. Однако с выпуском SSE2 потребовались приложения, которые смогли бы использовать эти инструкции. В целом, всё это усложнило модернизацию: помимо новой материнской платы, требовались блок питания, кулер и память Rambus. С выпуском чипсета 850 (Tehama) Intel поставила новый рекорд, поскольку двухканальная память RD800 обеспечила пропускную способность до 2,5 Гбайт/с. Однако цена подобных систем была слишком высока — в том числе и из-за памяти, поэтому на рынке они распространились не слишком широко. К тому же, Rambus наложила на производителей лицензионные сборы.

Socket 478: с июля 2001 по март 2004

Socket 478 был анонсирован параллельно с новым ядром **Pentium 4 Northwood**, которое обзавелось 512 Кбайт кэша L2, в два раза больше предшествующей модели. Новая платформа потенциально могла использовать память RD-RAM (Rambus), SDRAM и DDR-RAM. Но первой в списке значится Rambus (RD-RAM). В 2,4-ГГц модели Pentium 4 появилась 133-МГц FSB (533 QDR), а производители памяти представили RD-1066 с пропускной способностью 3,3 Гбайт/с. В результате мы получили рекордный уровень производительности по кодированию видео.

Но финансовый успех был весьма скромным. В частности, из-за использования RD-RAM платформа была очень дорогой. С уровнем продаж и распространением процессоров P4 нужно было что-то делать. Поэтому Intel выпустила SDRAM-решение — новый **чипсет 845**, который, по лицензионным соображениям, поначалу работал без поддержки DDR. Подобное решение оказалось существенно дешевле, однако пропускная способность памяти составляла всего треть от систем с Rambus. Но продавать-то

надо, поэтому многие инструменты для кодирования видео, включая легендарный *FlaskMPEG*, были оптимизированы под *SSE2*, что обеспечило немалый прирост производительности. Теперь кодирование могло производиться даже в реальном режиме времени.

После долгожданного завершения лицензионного соглашения с *Rambus* Intel представила чипсет *845D*, а чуть позднее *845GD*. Оба варианта поддерживали память *DDR*, а оптимизации чипсета *845GD* позволили ему немного обогнать «*D*», хотя он поставлялся только в версии с интегрированной графикой. Однако пропускная способность памяти в *2 Гбайт/с* была по-прежнему существенно меньше, чем у решения *Rambus*.

С выходом *Pentium 4 3,06 ГГц* на технологии *Hyper-Threading*. Вместе с чипсетами *875 (Canterwood)* и *865 (Springdale)* появилась *FSB800 (QDR, реально 200 МГц)*. Чипсеты обзавелись поддержкой двухканальной памяти *DDR400*, в результате чего пропускная способность возросла до *5 Гбайт/с!* *Rambus* настал конец.

Это решение вывело *Pentium 4* на новый виток популярности, а первые материнские платы стоили около *\$350* и выше.

За два дня до выхода *AMD Athlon 64 FX*, Intel пришлось доказывать превосходство над конкурентом, придумывая новый трюк: *Xeon* на ядре *Prestonia* (а позднее и на ядре *Gallatin*), предназначенный для серверного рынка, был переброшен на рынок настольных ПК и *Socket 478* в виде *Pentium 4 Extreme Edition*. Главной особенностью этого процессора стали дополнительные *2 Мбайт* кэша *L3*. На тот момент процессор стоил около *\$1000*. В целом, *Athlon 64 FX* оказался более привлекательным. Анонс Intel стал разочарованием, и пользователи предпочли более дешёвые и мощные процессоры *Athlon 64*.

Ранний переход на технологию *90 нм* стоил Intel многих проблем. Новые процессоры *Pentium 4* на ядре *Prescott* получили *1 Мбайт* кэша *L2* и инструкции *SSE3*, однако они так и не показали убедительного отрыва в производительности, вместо этого превратившись в нагревательный прибор. Новые процессоры доставили Intel немало головных болей очень высоким тепловыделением.

3,4-ГГц версия Pentium 4 и Extreme Edition на той же частоте ознаменовали конец эпохи Socket 478.

Socket 775: с июня 2004

Перейдя с Socket 478 на Socket LGA775, Intel сделала серьёзный шаг. У сокета **LGA (Land Grid Array)** ножки перенесены с процессора на сокет, так что Intel перенесла проблему ножек на производителей материнских плат. В то же время, Intel представила чипсеты 915 и 925X. Помимо модулей **DDR2**, чипсет 915 поддерживает также и обычную память DDR. Новый сокет опять поставил рекорд по тепловыделению: 3,8-ГГц процессор достиг максимального уровня в 104 Вт. Что касается дизайна, то максимальное тепловыделение составляет 115 Вт (TDP 115).

AMD подала пример — и Intel взяла его на вооружение. Новая схема модельных номеров призвана отвлечь пользователей от тактовой частоты. Но цель понятна: соревнуясь с AMD, Intel представила систему модельных номеров, которая позволит искусственно завышать производительность для потребителя. К примеру, линейке Celeron назначены номера 300, а Pentium 4 — 500. Довольно скоро выйдет следующая линейка — 600.

Для нового сокета был также анонсирован Pentium 4 Extreme Edition 3,4 ГГц, но базируется он на старом ядре Gallatin. Он смог обойти Pentium 4 3,8 ГГц, который тоже поддерживает SSE3, в некоторых тестах — так что последний стал весьма сомнительной моделью. Intel планировала выпустить Pentium 4 на 4 ГГц, но отказалась от этого. Тесты показывают, что проблемы с перегревом возникают даже у 3,6-ГГц версии в паре с коробочным кулером. Повышение FSB до 266 МГц (1066 QDR), ставшее причиной выхода нового чипсета 925XE, не смогло обеспечить Pentium 4 Extreme Edition заметный прирост производительности. Возможно, архитектура достигла своего предела.

Даже для платформы LGA775 мы вновь видим Celeron (с приставкой «D»), работающий на 133-МГц FSB и оснащённый 256 Кбайт кэша L2.

С начала 2005 года Intel планирует выпустить Pentium 4 с 2 Мбайт кэша L2, а чуть позднее — и двоядерные процессоры.

Slot A: с августа 1999 по май 2000

Почти через год после дебюта Intel Slot 1 произошло знаменательное событие: Дирк Мейер (Dirk Meyer) из AMD представил архитектуру Athlon на Microprocessor Forum 1998, которая потрясла многих, особенно представителей Intel, тоже присутствовавших на мероприятии. Athlon использовал шинный протокол Alpha EV6 и имел многочисленные инновации, отсутствовавшие у конкурентов.

Intel была шокирована высокой производительностью процессора, а акции AMD стремительно взлетели вверх. Тогда многие издательства опубликовали ключевые спецификации для так называемого «золотого пальца» (Gold Finger) нового процессора, который, с помощью дополнительной платы, позволял выставлять напряжение и множитель AMD Athlon. Но для этого процессор необходимо было вскрыть, что означало потерю гарантии.

Как и в случае с первыми процессорами Intel Pentium II/III, кэш находился в картридже на одной плате с процессором и работал на 1/2, 2/3 или 3/4 скорости CPU. Первые платы были построены на собственном чипсете AMD, поскольку у VIA не было в наличии готовых продуктов. Через некоторое время кэш перешёл с платы на ядро процессора, и Slot A стал уже никому не нужным. В то же время внимание привлёк новый завод «Fab 30» в немецком городе Дрездене. Тогда же пользователи впервые начали использовать системы водяного охлаждения для процессоров AMD. На последней ступени разработки Athlon для Slot A техпроцесс перешёл на 180 нм. В этом процессоре, который предназначался для OEM-клиентов, кэш был интегрирован на ядро.

Socket A: с июня 2000

С выпуском в 2000 году Socket 462, также известного как Socket A, AMD осуществила большой задел на будущее. Эта платформа до сих пор используется в недорогих ПК. Но ни одна другая платформа не повлияла столь сильно на рынок, как Socket 462.

Многие пользователи остаются на платформе Socket A, даже если её производительность уже отстаёт от топовых систем. Но здесь всё в порядке: классический Athlon Thunderbird производился по 180-нм техпроцессу и использовал керамическую упа-

ковку. С тепловыделением в 72 ватта он требовал особо хорошего охлаждения.

В то время TNG как раз начала сравнивать кулеры, а на рынке появилась продукция бесчисленного числа мелких компаний. Чипсеты для новой платформы AMD представили *AMD, VIA, SiS и ALI*. Позднее к ним присоединились *ATi и nVidia*. Так что выбор материнских плат оказался весьма широк.

С чипсетом KT133 от VIA стало возможно использовать память SDRAM PC133, которая обеспечила пропускную способность до 1 Гбайт/с. Тогда проводились эксперименты с протоколом виртуального канала от VIA, но, за исключением нескольких экземпляров для прессы, эта память так и не поступила в широкую продажу. Память DDR появилась на рынке одновременно с AMD760. Народ начал ждать Athlon XP.

Процессор Duron с ядром Morgan впервые получил поддержку SSE. Однако он по-прежнему производился по «старому» 180-нм техпроцессу, поэтому тепловыделение составляло до 60 Вт.

Новый процессор Athlon пришёлся по вкусу сообществу энтузиастов, а название Athlon XP означает «расширенную производительность» (extended performance). Ядро производилось по 130-нм техпроцессу. В то же время AMD отказалась от керамического корпуса и перешла на органику. Наконец, отметим поддержку расширений SSE.

AMD вновь вернулась к модельным номерам, которые внесли немалую путаницу. Первый процессор XP получил номер 1800+, но работал он всего на 1533 МГц. Модельные номера, по информации AMD, соответствуют частоте гипотетического Athlon Thunderbird с аналогичной производительностью, однако они явно направлены против конкурента Intel, для сравнения с Pentium 4. В итоге на рынке возникла путаница, а споры не утихают по сей день. Частоты процессора и FSB увеличились, но не так драматично, как у Intel. Скорость ядра линейки XP выросла с 1333 до 2250 МГц, в то время как Athlon XP 2800+ с максимальной частотой предназначался только для прессы и так и не поступил в розничную продажу. Частота FSB составила от 133 до 200 МГц.

Самым быстрым процессором Athlon XP стал Barton 3200+, оснащённый 512 Кбайт кэша L2. Линейка Athlon XP слишком расширилась, поэтому было решено вывести на рынок новую торговую марку — Sempron. Он имеет ту же архитектуру, что и стареющий Athlon XP.

Socket 940: с сентября 2003 по март 2004

Вероятно, Socket 940 прожил меньше всех других сокетов для настольных систем AMD. Первый 64-битный процессор от AMD для настольных ПК был представлен в сентябре 2003, после 18-месячной задержки. С этого момента AMD начинает терять репутацию производителя дешёвых процессоров.

Если Socket 754 предназначался для настольных ПК, то Socket 940, как планировалось, должен был стать уделом серверов и рабочих станций. Но из-за больших задержек производительности Socket 754 стало не хватать, поэтому пришлось срочно перебрасывать Socket 940 с двухканальной памятью на рынок настольных ПК. Довольно любопытно, но Athlon 64, поддерживающий SSE2, стал поставляться в керамической упаковке. В качестве особой функции, этот процессор имеет канал HyperTransport, позволяющий обмениваться информацией с чипсетом или другим CPU, — с пропускной способностью до 3,2 Гбайт/с.

Но, к большому сожалению пользователей, процессор работал только с регистровой памятью, а наличие плат оставляло желать лучшего. Для нового процессора были предложены два чипсета: nVidia nForce 3 150 и VIA K8T800. В марте 2004 вышел последний Athlon64 FX для Socket 940. Оба процессора базируются на 130-нм технологии.

Socket 754: с сентября 2003 по июнь 2004

Когда Athlon 64 выходил на рынок, для Socket 754 были представлены три версии процессора: оригинальное ядро Clawhammer с 1 Мбайт кэша L2, то же самое ядро с уполовиненным кэшем и ядро Newcastle с 512 Кбайт кэша L2 и меньшей площадью кристалла. Начиная с 2005 года, к Socket 754 присоединятся и новые модели Sempron, но только с кэшем L2 256 Кбайт.

Все процессоры для Socket 754 используют одноканальный интерфейс памяти DDR400, в результате чего максимальная пропускная способность памяти составляет 3 Гбайт/с. А объём памяти свыше одного гигабайта может привести к ряду проблем. Процессоры работают с 200-МГц каналом HyperTransport, максимальное тепловыделение составляет 89 Вт, а тактовые частоты меняются от 1,8 до 2,4 ГГц. Дальнейший рост частоты для Socket 754 не планируется. На рынке присутствуют чипсеты от nVidia (nForce 3 150/250), VIA K8T800 и SiS 755 FX. Все процессоры изготавливаются по 130-нм техпроцессу.

Socket 939: с июня 2004

Socket 939 был введён в роли преемника Socket 940 для рынка настольных ПК. Пока здесь существуют четыре разных версии процессора. Ядро Newcastle производится по 130-нм техпроцессу и оснащено 512 Кбайт кэша L2, в то время как Athlon 64 3400+ является единственным ядром с 200-МГц каналом HyperTransport. Все остальные процессоры могут использовать более скоростной интерфейс 250 МГц, обеспечивающий передачу данных со скоростью 4 Гбайт/с. Кроме того, недавно появилось ядро Winchester. Оно оснащено 512 Кбайт кэша L2 и производится по 90-нм техпроцессу. Во многом благодаря технологии Cool'n'Quiet процессор Athlon смог обеспечить сенсационно минимальное тепловыделение — всего 3 Вт. При максимальной нагрузке оно возрастает до 33 Вт, что тоже весьма немного.

Четвёртой вариацией стал Athlon 64 FX на классическом ядре Clawhammer. Он производится для Socket 939 с частотами 2,4 и 2,6 ГГц — в виде FX-53 и FX-55. Эти очень дорогие процессоры оснащены 1 Мбайт кэша L2.

Некоторую путаницу внёс Athlon 64 4000+, идентичный FX-53. Единственное отличие заключается в том, что множитель FX можно свободно менять (увеличивать и уменьшать), а у процессоров Athlon 64 его можно только уменьшать. Хорошей основой для повышения производительности стал двухканальный интерфейс небуферизованной памяти — у всех процессоров. AMD планирует и дальше развивать 90-нм технологии и в 2005 году представила двоядерные процессоры.

Таблица 1 — История развития CPU

Год	Модель CPU	Шины данные/адрес, bit	Частота, МГц
1970	4004	4/4	
1973	8008	8/8	2
1974	8080	8/8	
1978	8086(7)	16/20	4.77 / 8
1979	8088	16/8	4.77
1980	186/188	16/16/8	4.77
1981	286	16/20	6—8—20
1985	386DX	32/32	40
1986	386SX	16/24	16—33
1987	386SL	32/32	25
1989	486DX	32/32	25—50
1991	486SX	32/32	16—33
1992	486DX2	32/32	23—80
1993	486DX4	32/32	40—120
1993	Pentium	64/32	60—200
1995	Pentium Pro	64/36	150—200
1997	Pentium II	64/36	233—600
1998	AMD K6	64/36	233—500
1998	Pentium II Xeon	64/36	400—500
1998	Celeron	64/36	266—1100
1999	Pentium III	64/36	533—1260
1999	Pentium III Xeon	64/36	500—900
1999	AMD K7 Athlon	64/36	600—1100
2000	AMD Athlon, Duron	64/36	600—1400
2001	Athlon XP	64/36	1200—1800
2001	Pentium 4	64/36	1400—2530
2002	Pentium 4 Celeron	64/36	>1700

2.2 Двухъядерные процессоры

Внедрение *двухъядерности* — это ещё один, весьма очевидный, путь увеличения производительности CPU. Поскольку в общем случае производительность представляет собой произведение частоты процессора на количество выполняемых им инструкций за один такт, внедрение двухъядерной архитектуры способно поднять эту характеристику вдвое, так как добавление вто-

рого ядра увеличивает в два раза число исполнительных устройств.

Внедрению двухъядерных архитектур объясняется тем, что иные методы для наращивания производительности себя уже исчерпали. Рост тактовых частот даётся очень тяжело, а увеличение скорости шины и размера кэш-памяти не приводит к ощутимому результату. В то же время совершенствование 90 нм технологического процесса дошло до той точки, когда производство гигантских кристаллов с площадью порядка 200 кв.мм стало рентабельным. Именно этот факт дал возможность производителям CPU начать кампанию по внедрению двухъядерных архитектур.

Двухъядерные процессоры представляют собой два расположенных на одной кремниевой пластине полноценных процессорных ядра с полным набором ресурсов, в том числе с кэш-памятью первого уровня (L1). Кэш-память второго уровня (L2) может быть отдельной для каждого ядра или общей для обоих ядер. На той же подложке может располагаться контроллер шины памяти, контроллер межъядерных коммуникаций, коммутатор и т.п. Многочисленные тестирования показывают преимущества двухъядерных процессоров над одноядерными в ряде задач, поддерживающих многопоточную работу.

2.2.1 Двухъядерное процессорное ядро *Smithfield* (Intel) (Pentium D; Pentium Extreme Edition 840)

Процессорное ядро ***Smithfield*** представляет собой конкатенацию двух ядер ***Prescott*** с архитектурой ***NetBurst***, выполненную на одном полупроводниковом кристалле. Также, на это же кристалл помещается и арбитр, позволяющий двум CPU разделять между собой процессорную шину. То есть, фактически, всё взаимодействие между ядрами в ***Smithfield*** происходит только на уровне системной шины. Поскольку процессорные ядра ***Prescott*** и ***Prescott-2M*** имеют крайне небольшой запас по тактовым частотам, ограниченный сверху величиной 4 ГГц, так что тактовая частота процессоров на ядре ***Smithfield*** сильно понижена по сравнению с максимальными частотами процессоров в одноядерных линейках. Встает выбор между реальной многопоточностью (на заниженных частотах) и высокими тактовыми частотами.

Следствием такого объединения стало удвоение размеров процессорного ядра Smithfield по сравнению с процессорным ядром Prescott. Так, число транзисторов в двухъядерных процессорах Intel равно 230 млн, а площадь ядра составляет 206 кв. мм.

Суммарный размер его кеш-памяти второго уровня составляет 2 Мбайта. Однако эта кеш-память разделяется пополам между двумя ядрами таким образом, что каждое из них оперирует с собственным мегабайтным L2 кешем.

Smithfield наследует от Prescott весь спектр технологий, включая поддержку *64-битных расширений EM64T*, технологию безопасности *Execute Disable Bit*, а также полный набор средств *Demand Based Switching* для управления тепловыделением и энергопотреблением, включающий технологии *C1E*, *TM2* и *EIST*.

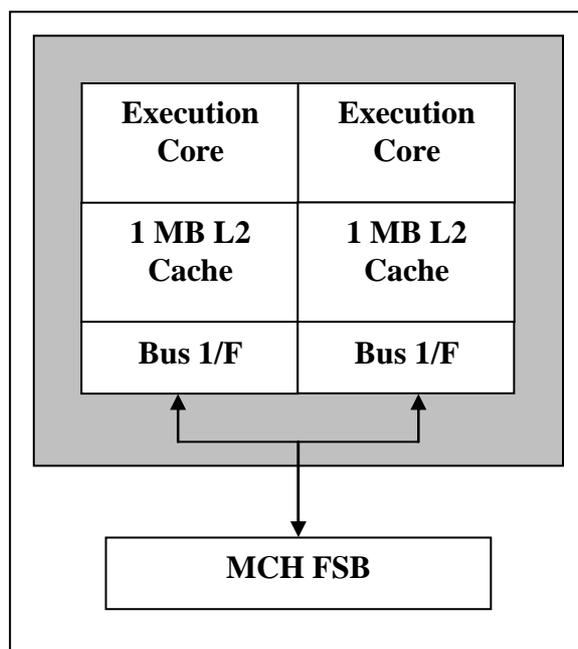


Рис. 2.1

Объединение двух ядер на одном кристалле приводит к значительному росту характеристик тепловыделения и энергопотребления процессоров, поэтому, двухъядерные процессоры Smithfield имеют гораздо более низкую тактовую частоту, чем CPU, основанные на ядрах Prescott.

2.2.2 Процессоры *Pentium D* и *Pentium Extreme Edition*

На базе ядра Smithfield Intel выпускает два типа процессоров: общеупотребительные *Pentium D* и элитные *Pentium Extreme Edition*. Двухъядерные CPU Pentium D, подобно обычным Pentium 4 упаковываются в *LGA775* корпусировку и работают с частотой шины 800 МГц. Правда, совместимы с данными CPU далеко не все материнские платы: используются платы, основанные на современных чипсетах, поддерживающих двухъядерность (*NVIDIA nForce4 SLI Intel Edition* или *Intel 955X*). В старых же материнских платах двухъядерные процессоры Intel не работают.

Линейка CPU Pentium D представлена тремя моделями: с частотами 2.8, 3.0 и 3.2 ГГц с процессорными номерами 820, 830 и 840 соответственно. В них отключена технология *Hyper-Threading*. То есть Pentium D, подобно привычным Pentium 4 представляется в операционной системе двумя процессорами. Процессоры же *Pentium Extreme Edition* — это логическое продолжение линейки Pentium 4 Extreme Edition, ориентированной на высокообеспеченных энтузиастов.

Таблица 2.1

	Тактовая частота	Частота шины	Размер L2 кеша	Hyper-Threading	Demand Based Switching
Pentium Extreme Edition 840	3.2 ГГц	800 МГц	2 Мб (1 Мб на ядро)	Есть	Есть
Pentium D 840	3.2 ГГц	800 МГц	2 Мб (1 Мб на ядро)	Нет	Есть
Pentium D 830	3.0 ГГц	800 МГц	2 Мб (1 Мб на ядро)	Нет	Есть
Pentium D 820	2.8 ГГц	800 МГц	2 Мб (1 Мб на ядро)	Нет	Нет

Таблица 2.2

	Intel Pentium 4 Extreme Edition	Pentium Extreme Edition	Pentium D	Intel Pentium 4 6XX	Intel Pentium 4 5XX
Процессорное ядро	Prescott-2М	Smithfield	Smithfield	Prescott-2М	Prescott
Socket	LGA77	LGA77	LGA77	LGA77	LGA775
Число ядер	1	2	2	1	1
Частоты	3.73 ГГц	3.2 ГГц	До 3.2 ГГц	До 3.6 ГГц	До 3.8 ГГц
Частота шины	1066 МГц	800 МГц	800 МГц	800 МГц	800 МГц
Технология про- изводства	0.09 мкм, «рас- тянутый» крем- ний	0.09 мкм, «рас- тянутый» крем- ний	0.09 мкм, «растя- нутый» кремний	0.09 мкм, «растя- нутый» кремний	0.09 мкм, «растя- нутый» кремний
Число транзисто- ров	169 млн	230 млн	230 млн	169 млн	125 млн
Площадь ядра	135 кв. мм	206 кв. мм	206 кв. мм	135 кв. мм	112 кв. мм
L1 кеш данных	16 Кбайт	2x16 Кбайт	2x16 Кбайт	16 Кбайт	16 Кбайт
L1 кеш инструкций	12000 uops	2x12000 uops	2x12000 uops	12000 uops	12000 uops
L2 кеш	2048 Кбайт	2x1024 Кбайт	2x1024 Кбайт	2048 Кбайт	1024Кбайт
L3 кеш	–	–	–	–	–
Наборы SIMD ин- струкций	SSE3/SSE2/SSE	SSE3/SSE2/SSE	SSE3/SSE2/SSE	SSE3/SSE2/SSE	SSE3/SSE2/SSE
EM64T	+	+	+	+	Опционально
Hyper-Threading	+	+	–	+	+
Execute Disable Bit	+	+	+	+	+
Intel Enhanced SpeedStep	–	+	+	+	–

Первая и единственная модель процессора Pentium Extreme Edition 840 также представляет собой двухъядерный Smithfield, работающий на частоте 3.2 ГГц. Со включённой технологией Hyper-Threading, то есть, Pentium Extreme Edition 840 представляется в операционной системе четырьмя логическими CPU. Pentium Extreme Edition 840 (в отличие от Pentium 4 Extreme Edition 3.73 ГГц) рассчитан на 800 МГц шину. Уже существующая системная шина с частотой 1067 МГц, оставлена для будущих модификаций двухъядерных CPU.

Напряжение питания 1.25 В — 1.388 В; тепловделение — 130 Вт; макс. температура корпуса — 69.8 °С, в связи с чем материнская плата должна иметь качественный конвертер питания процессора, и мощный блок питания.

Как видно на диаграмме ниже, Pentium Extreme Edition 840 — чемпион по энергопотреблению, этот процессор более прожорлив, чем старший из Athlon 64 X2 (на 86 %). Напомним, что при этом частота Pentium Extreme Edition 840 снижена до 3.2 ГГц, а частота Athlon 64 X2 4800+ составляет 2.4 ГГц, как и у старших CPU семейства Athlon 64.

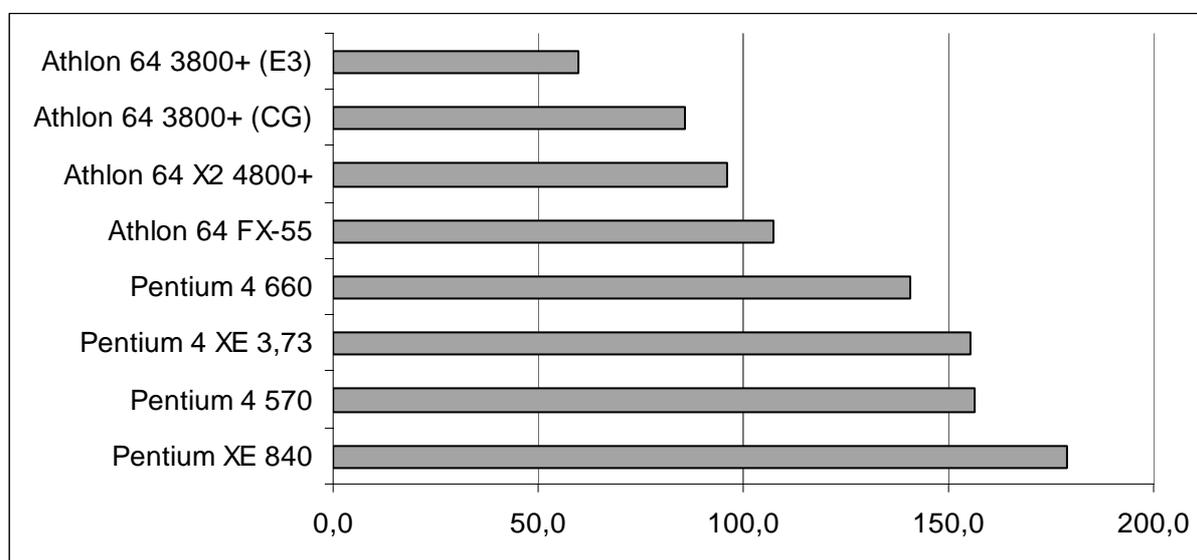


Рис. 2.2 — Энергопотребление

На настоящий момент целиком снято с производства всё семейство процессоров Intel Pentium D 8XX.

2.2.3 Технологический процесс 65 нм

Архитектура NetBurst изначально представлялась Intel как архитектура с огромным запасом производительности, который со временем можно будет задействовать путём постепенного наращивания тактовых частот. Однако на практике оказалось, что увеличение тактовой частоты процессора влечёт за собой и возрастание его тепловыделения и энергопотребления. Что показало несостоятельность идеологии NetBurst. Отказавшись от вкладывания сил в развитие NetBurst, компания Intel не отказалась от создания процессоров на основе этой архитектуры, по крайней мере, до тех пор, пока ей не появится достойной альтернативы. Связано это с внедрением нового технологического процесса с нормами 65 нм. Не изменились по сравнению с 90 нм технологическим процессом используемые для создания транзисторов материалы, новые ядра выращиваются на 300 мм пластинах (как и при выпуске 90 нм процессоров); UV литография с длиной волны 193 нм, комбинируемая с технологией фазового сдвига. Произошло плановое уменьшение до 35 нм эффективной ширины затвора транзисторов (на 30 % меньше, чем при 90 нм технологии).

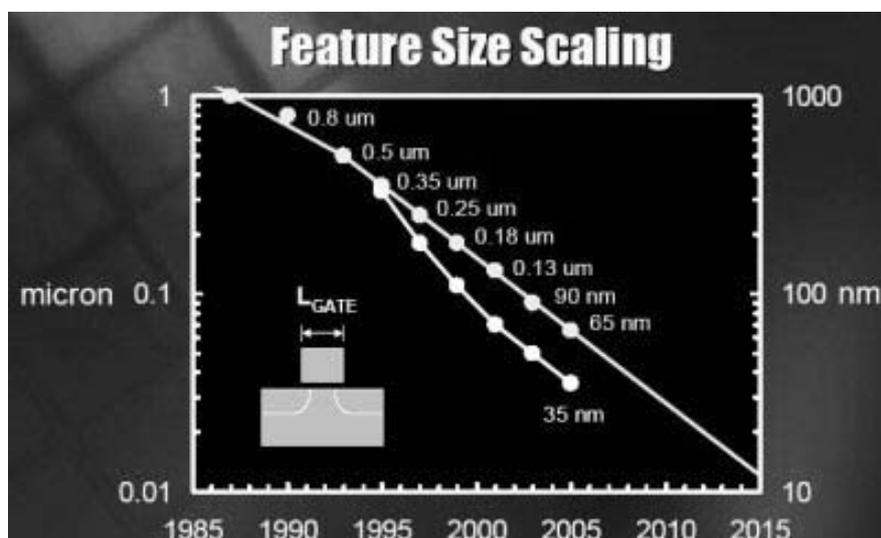


Рис. 2.3 — Уменьшение ширины затвора транзисторов до 35 нм

Применяемая для борьбы с токами утечки технология напряжённого кремния обрела в 65 нм производстве свою усовершенствованную версию. В ней при сохранении толщины изоля-

сионного слоя затвора на уровне 1.2 нм примерно на 15 % увеличилась деформация каналов транзисторов. Это дало четырёхкратное уменьшение токов утечки, которое, в конечном итоге, выливается в возможность примерно 30 % увеличения частоты срабатывания транзисторов без возрастания их тепловыделения.

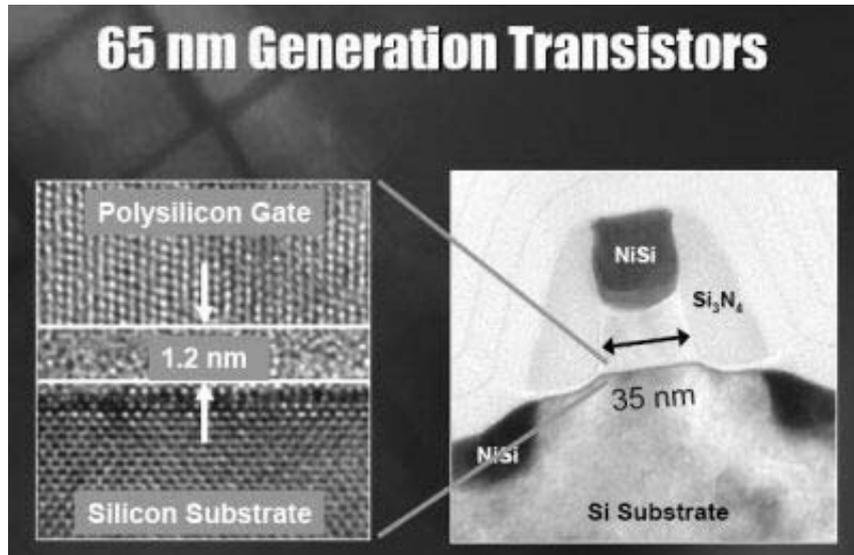


Рис. 2.4 — Изоляционный слой затвора

Увеличение числа слоёв медных соединений, в новом процессе их восемь, (что на один больше, чем в ядрах, 90 нм техпроцесса) упростит проектирование будущих кристаллов.

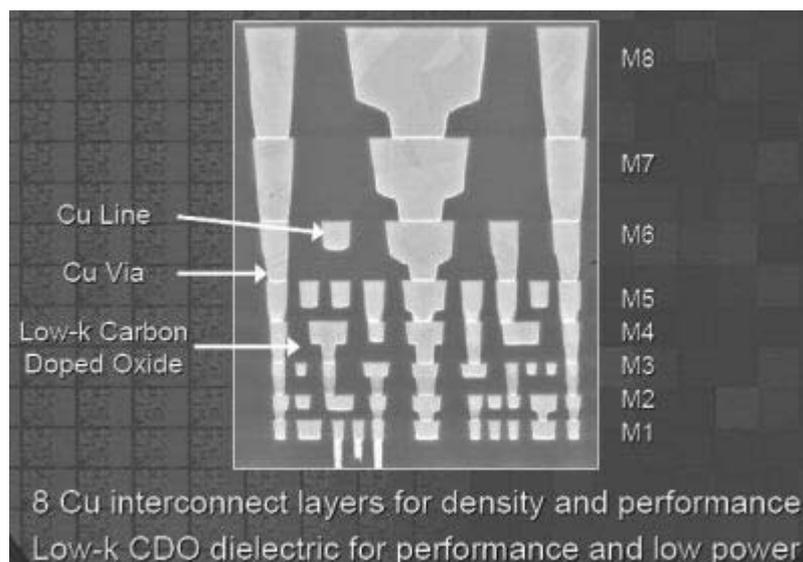


Рис. 2.5 — Восемь слоёв медных соединений

Таким образом, никаких революционных нововведений в новом технологическом процессе нет, как нет их и в архитектуре новых CPU Presler и Cedar Mill. Тем не менее, кое-какие интересные детали в реализации Presler всё же присутствуют.

2.2.4 Двухъядерное процессорное ядро Presler (Intel) (Pentium D 920-950, Pentium Extreme Edition 955)

Как уже было сказано выше, глобальных улучшений в Presler добиться невозможно, а сама архитектура NetBurst усовершенствованию также не подлежит. Так что Presler следует воспринимать, как попытку улучшить Smithfield наиболее простыми методами, не требующими вложений инженерных ресурсов.

1. Первым методом, естественно, является смена технологии производства. Внедрение более совершенного техпроцесса позволяет уменьшить площадь ядра процессора с одной стороны и увеличить его тактовые частоты (либо уменьшить тепловыделение или энергопотребление) — с другой. Действительно, максимальная частота процессоров Smithfield составляла 3.2 ГГц, а процессоры Presler смогут покорить отметку в 3.46 ГГц.

2. Возможность увеличить количество транзисторов в процессоре. Вполне естественным шагом на этом фоне стало увеличение объёма кеш-памяти второго уровня. Процессоры Presler имеют два модуля L2 кеш-памяти по 2 Мбайта каждый. По сути, в основе новых двухъядерных CPU лежит два ядра Cedar Mill, которые можно считать 65 нм аналогами ядер Prescott-2М.

3. Изменение схемы производства двухъядерных процессоров Presler состоит в том, что (в отличие от Smithfield, в основе которых лежало цельное ядро) они будут конструироваться из двух независимых процессорных кристаллов и объединяться в корпусе только на этапе упаковки. То есть, для Presler больше подходит название не «двухъядерный», а «сдвоенный» процессор.

Целиком линейка процессоров Presler состоит из нескольких процессоров Pentium D 9XX и процессора Pentium Extreme Edition 955. Различия между этими процессорами состоят в тактовых частотах, разной частоте используемой системной шины и наличии либо отсутствии технологии Hyper-Threading.

Intel Pentium D 9XX

Двухъядерные процессоры Intel Pentium D, основанные на новом 65 нм ядре Presler по сравнению со старыми CPU этого семейства, в основе которых лежало ядро Smithfield, получили существенное усовершенствование — увеличенную кеш-память второго уровня. Они имеют частоты от 2.8 до 3.4 ГГц. Кроме того, CPU семейства Pentium D не поддерживают технологию Hyper-Threading, а значит представляются в операционной системе двумя логическими процессорами.

Таблица 2.3

	PentiumD 920	Pentium D 930
Частота	2.8 ГГц	3.0 ГГц
Упаковка	775-pin PLGA	775-pin PLGA
Напряжение питания	1.25—1.4 В	1.25—1.4 В
Частота шины	800 МГц	800 МГц
Типичное тепловыделение	95 Вт	95 Вт
Степпинг ядра	B1	B1
Макс. типичная температура корпуса	63.4 град.	63.4 град.
Размер L2 кеша	2 МВ + 2 МВ	2 МВ + 2 МВ
Технология производства	65 нм	65 нм
Поддержка Hyper-Threading Technology	Нет	Нет
Поддержка EM64T (Enhanced Memory 64 Technology)	Есть	Есть
Поддержка EIST (Enhanced Intel SpeedStep Technology)	Нет	Нет
Поддержка VT (Virtualization Technology)	Есть	Есть

Процессоры используют системную шину с частотой 800 МГц, что даёт возможность использовать их в любых материнских платах, совместимых с двухъядерными CPU в принципе. Следует отметить, что тепловыделение этих процессоров сравнительно невысоко. Благодаря 65нм технологическому процессу модели Pentium D стали значительно менее прожорливы, нежели их предшественники. Однако в сравнении с конкурирующими процессорами AMD они всё ещё проигрывают. Вот, например,

результаты измерения энергопотребления младших двухъядерных процессоров AMD и Intel:

Таблица 2.4

	Энергопотребление в покое	Энергопотребление под нагрузкой
AMD Athlon 64 3800	11.4 Вт	65.0 Вт
Intel Pentium D 930	40.8 Вт	103.2 Вт
Intel Pentium D 920	39.6 Вт	100.2 Вт

Зато тепловыделение Pentium D 920 и Pentium D 930 заметно уступает тепловыделению старших моделей Pentium 4 на базе ядра Prescott. Таким образом, никаких особых требований на аппаратную платформу Pentium D 920 и Pentium D 930 не накладывают.

Из особенностей рассматриваемых CPU следует отметить кеш-память второго уровня общим объёмом 4 Мбайта, по 2 Мбайта на каждое из ядер. Напомним, что общая кеш-память в двухъядерных процессорах Pentium D не применяется. Ещё одна особенность Pentium D — отсутствие поддержки технологии Hyper-Threading. Хотя теоретически её реализация присутствует в ядре Presler, фактически она активирована лишь в экстремально дорогих процессорах семейства Pentium Extreme Edition. Зато, Pentium D 920 и Pentium D 930 в полной мере поддерживают 64-битные расширения x86-64, а также и технологию виртуализации.

Отдельно следует обратить внимание на тот факт, что в процессорах на базе ядре Presler нет поддержки технологии Intel Enhanced SpeedStep. Вместе с ней в этих CPU не поддерживается и весь комплекс Demand Based Switching, то есть Enhanced HALT State и Thermal Monitor 2.

Процессоры Presler, в отличие от их предшественников на ядре Smithfield, имеют гораздо более высокий разгонный потенциал, который позволяет им легко достигать частот порядка 4 ГГц, благодаря чему существенно обгонять по производительности старшие процессоры семейства Pentium D, работающие в штатном режиме. Стабильность системы в разгонном состоянии подтверждается тестированием без включения теплового тротлинга.

Младшие процессоры семейства Pentium D, построенные на новом ядре Presler, возложенных на них надежд не оправдали. Несмотря на то, что они были усовершенствованы производителем благодаря увеличению кеш-памяти второго уровня, это всё равно не позволило им соперничать с процессорами конкурента соответствующей ценовой категории в большинстве распространённых приложений. Очевидно, что возможность разгона существующих процессоров Pentium D до частот порядка 4 ГГц также неспособна стать весомым аргументом в их пользу.

Pentium Extreme Edition 955

Что же касается Pentium Extreme Edition 955, то этот CPU использует системную шину с частотой 1066 МГц, имеет тактовую частоту 3.46 ГГц и поддерживает технологию Hyper-Threading. Соответственно, операционная система воспринимает этот процессор как четыре логических CPU. Именно этими признаками и определяется его позиционирование в качестве решения для систем самого верхнего ценового диапазона.

Также следует заметить, что все процессоры Presler имеют поддержку 64-битных расширений архитектуры x86 EM64T, технологии для управления питанием EIST, а также технологии виртуализации Intel Virtualization Technology.

Полностью линейка процессоров, принадлежащих к семейству Presler, выглядит так:

Таблица 2.5

	Тактовая частота	Частота шины	Размер L2 кеша	Hyper-Threading	Enhanced Intel SpeedStep	EM64T	Virtualization Technology
Pentium Extreme Edition 955	3.46 ГГц	1600 МГц	2x2 Мбайта	Есть	Есть	Есть	Есть
Pentium 950	3.4 ГГц	800 МГц	2x2 Мбайта	Нет	Есть	Есть	Есть
Pentium 940	3.2 ГГц	800 МГц	2x2 Мбайта	Нет	Есть	Есть	Есть
Pentium 930	3.0 ГГц	800 МГц	2x2 Мбайта	Нет	Есть	Есть	Есть
Pentium 920	2.8 ГГц	800 МГц	2x2 Мбайта	Нет	Есть	Есть	Есть

Формальные спецификации процессора Pentium Extreme Edition 955 выглядят следующим образом:

Таблица 2.6

Pentium Extreme Edition 955	
Частота	3.46 GHz
Корпусировка	775-pin PLGA
Напряжение питания	1.25V—1.3375V
Частота шины	1066 MHz
Типичное тепловыделение	130W
Степпинг ядра	
Макс. типичная температура корпуса	68.6 °C
Размер L2 кеша	2MB + 2MB
Технология производства	65 nm
Поддержка Hyper-Threading Technology	Есть
Поддержка Intel Extended Memory 64 Technology (EM64T)	Есть
Поддержка Execute Disable Bit Feature (NX)	Есть
Поддержка Enhanced Intel SpeedStep (EIST)	Есть
Поддержка Intel Virtualization Technology (VT)	Есть

Сразу бросается в глаза, что перевод двухъядерных процессоров на 65 нм технологический процесс мало повлиял на тепловые и электрические характеристики. Так, рабочее напряжение понизилось менее чем на 5 %, а тепловыделение и максимальная температура практически не изменилась по сравнению с аналогичными CPU, производимыми по 90 нм технологии.

С вводом в строй новой технологии Presler процессор Cedar Mill получили поддержку множителей от 12х и выше. Помимо возможности выпуска процессора с частотой 3.46 ГГц с частотой шины 1066 МГц это дало возможность реализовать технологию Intel Enhanced SpeedStep во всех новых моделях CPU, включая как процессоры с частотой 2.8 ГГц, так и рассматриваемый сегодня CPU. Соответственно, при активизации технологии энергосбережения частота процессоров с 800 МГц шиной сбрасывается до 2.4 ГГц, а частота процессора с частотой 1066 МГц уменьшается до 3.2 ГГц.

В первую очередь следует отметить, что те процессоры, которые рассчитаны на использование с 800-мегагерцовой шиной, могут без проблем работать в материнских платах, совместимых с Pentium D, выполненными на основе 90 нм технологического процесса. Процессор Pentium Extreme Edition 955 наоборот работает при частоте шины 1066 МГц, которая не была предусмотрена в старых чипсетах для двухъядерных процессоров. Поэтому, выход Pentium Extreme Edition 955 сопровождается появлением материнских плат на базе нового чипсета Intel 975X Express.

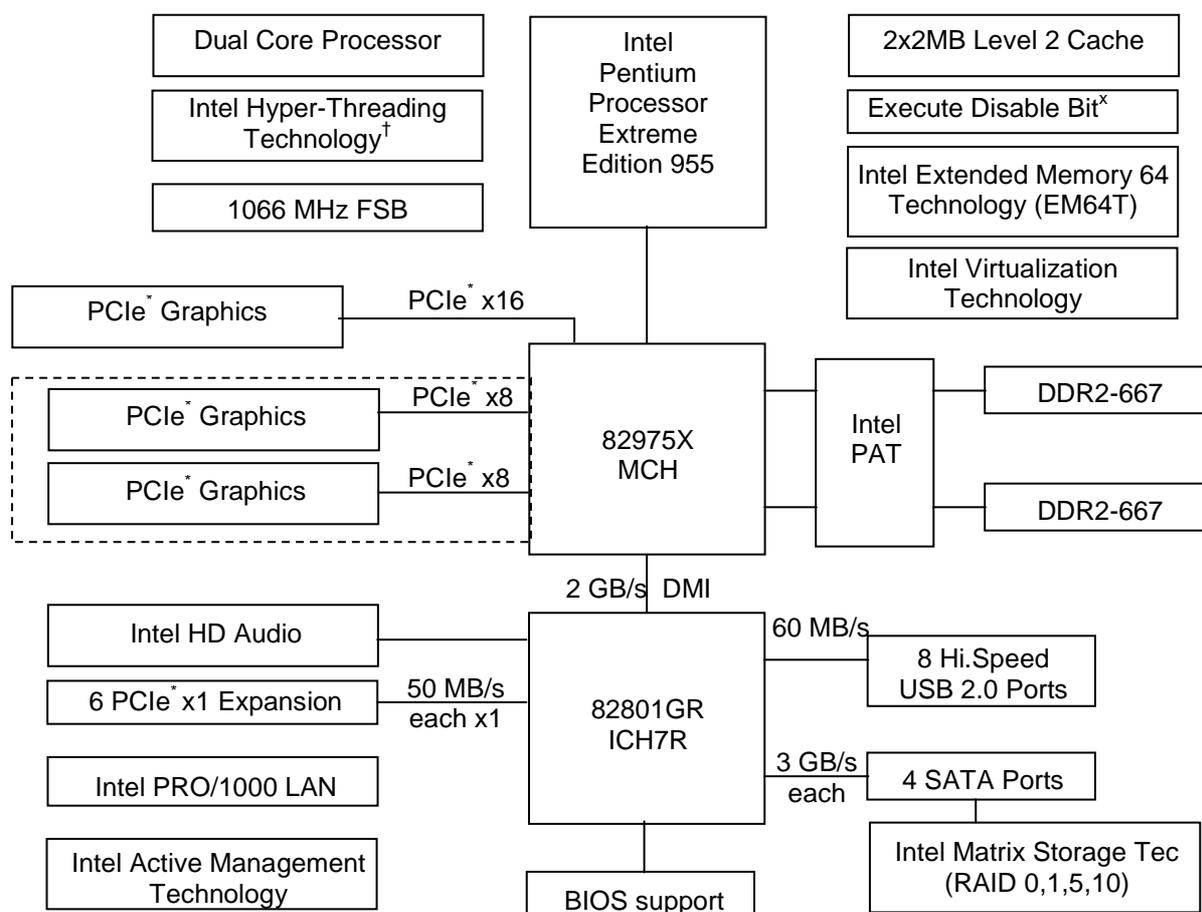


Рис. 2.6 — Чипсет Intel 975X Express

У чипсета лишь два отличия от Intel 955X Express. Во-первых, он официально поддерживает Pentium Extreme Edition 955, а во-вторых, позволяет разделять графическую шину PCI Express x16 на две шины PCI Express x8. Это даёт возможность организовать на платах, основанных на новом наборе логики, как работу с многомониторными конфигурациями.

Intel установил для Pentium Extreme Edition 955 тот же уровень типичного тепловыделения, который указывался и для Pentium Extreme Edition 840 — 130 Вт.

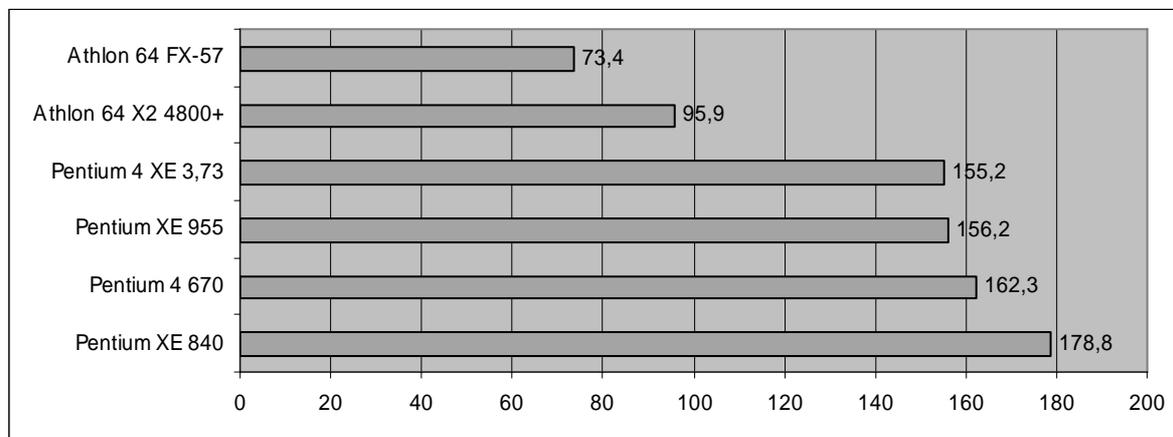


Рис. 2.7 — Сравнительная таблица энергопотребления процессоров

Процессоры Presler стали действительно экономичнее своих предшественников. Конечно, о качественном скачке речь не идёт, но работающий на более высокой частоте, чем Smithfield, процессор Presler, который к тому же обладает и большим объёмом кеш-памяти, демонстрирует примерно на 13 % более низкий уровень энергопотребления. С другой стороны, весь энтузиазм по поводу энергопотребления 65 нм ядер процессоров Intel сразу проходит, если их сравнивать с предложениями AMD. Что уж поделаться, таковы особенности архитектуры NetBurst: экономичности от неё ждать не приходится.

Помимо возросшей производительности, новое ядро двухъядерных процессоров Intel, Presler, может похвастать и очень хорошим разгонным потенциалом. Без применения специальных методов охлаждения легко удастся повысить частоту Pentium Extreme Edition 955 до 4.26 ГГц, а при высокотехнологичном теплоотводе — и до 5.5 ГГц.

Не следует забывать и о недостатках архитектуры NetBurst, которые остались унаследованы и в 65 нм процессорах Presler. Это — высокое тепловыделение и энергопотребление данных CPU.

2.2.5 Двухъядерный процессор Opteron 165 (Toledo) AMD

Opteron 165 (90 нм ядро Toledo ревизии E6) ориентирован на использование в составе Socket 939 систем и поддерживает обычную DDR SDRAM память, обладает кеш-памятью второго уровня объемом 2 Мбайта (по 1 Мбайту на каждое ядро). Невысокая же стоимость Opteron 165 обусловлена его пониженной тактовой частотой, составляющей всего лишь 1.8 ГГц. То есть, это — самый низкочастотный двухъядерный процессор AMD.

Таблица 2.7

Opteron 165	
Маркировка	OSA165DAA6CD
Частота	1.8 ГГц
Тип упаковки	939-pin organic micro-PGA
Размер L2 кеша	2 x 1 Мбайт
Контроллер памяти	128-бит, двухканальный
Поддерживаемые типы памяти	DDR400 SDRAM
Частота шины Hypertransport	1 ГГц
Степпинг ядра	E6
Технология производства	90 нм, SOI
Число транзисторов	233.2 млн
Площадь ядра	199 кв. мм
Типичное тепловыделение	110 Вт
Максимальная температура корпуса	49—65 град.
Напряжение питания ядра	1.30—1.35 В
Поддержка технологии AMD64	Есть
Поддержка NX-bit	Есть
Поддержка технологии Cool'n'Quiet	Есть

Приравняв Opteron 165 к процессорам для настольных компьютеров, можно сравнить его производительность с другими сравнительно дешёвыми CPU с двухъядерной архитектурой (AMD Athlon 64 X2 3800+, Pentium D 920 и Pentium D 930).

Производительность Opteron 165 лежит между быстродействием Pentium D 920 и Pentium D 930. В игровых же приложениях (преимущества увеличенной кеш-памяти второго уровня) Opteron 165 несколько выигрывает.

2.2.6 Двухъядерные процессоры Athlon 64 X2 (AMD)

Линейка двухъядерных процессоров от AMD получила название Athlon 64 X2. Это наименование отражает как тот факт, что новые двухъядерные CPU имеют архитектуру AMD64, так и то, что в них присутствует два вычислительных ядра. Семейство Athlon 64 X2 на момент его появления на прилавках магазинов включает четыре процессора с рейтингами 4200+, 4400+, 4600+ и 4800+.

Следует отметить, что реализация двухъядерности в процессорах AMD несколько отличается от реализации Intel. Хотя, как и Pentium D и Pentium Extreme Edition, Athlon 64 X2 по сути представляет собой два процессора Athlon 64, объединённых на одном кристалле, двухъядерный процессор от AMD предлагает несколько иной способ взаимодействия ядер между собой. Дело в том, что подход Intel заключается в простом помещении на один кристалл двух ядер Prescott. При такой организации двухъядерности процессор не имеет никаких специальных механизмов для осуществления взаимодействия между ядрами. То есть, как и в обычных двухпроцессорных системах на базе Xeon, ядра в Smithfield общаются (например, для решения проблем с когерентностью кэшей) посредством системной шины. Соответственно, системная шина разделяется между ядрами процессора и при работе с памятью, что приводит к увеличению задержек при обращении к памяти обоих ядер одновременно. Инженеры AMD предусмотрели возможность создания многоядерных процессоров ещё на этапе разработки архитектуры AMD64. Благодаря этому, в двухъядерных Athlon 64 X2 некоторые узкие места удалось обойти. Во-первых, дублированы в новых процессорах AMD далеко не все ресурсы. Хотя каждое из ядер Athlon 64 X2 обладает собственным набором исполнительных устройств и выделенной кэш-памятью второго уровня, контроллер памяти и контроллер шины Hyper-Transport на оба ядра общий. Взаимодействие каждого из ядер с разделяемыми ресурсами осуществляется посредством специального Crossbar-переключателя и очереди системных запросов (System Request Queue). На этом же уровне организовано и взаимодействие ядер между собой, благодаря чему вопросы когерентности кэшей решаются без дополнительной нагрузки на системную шину и шину памяти.

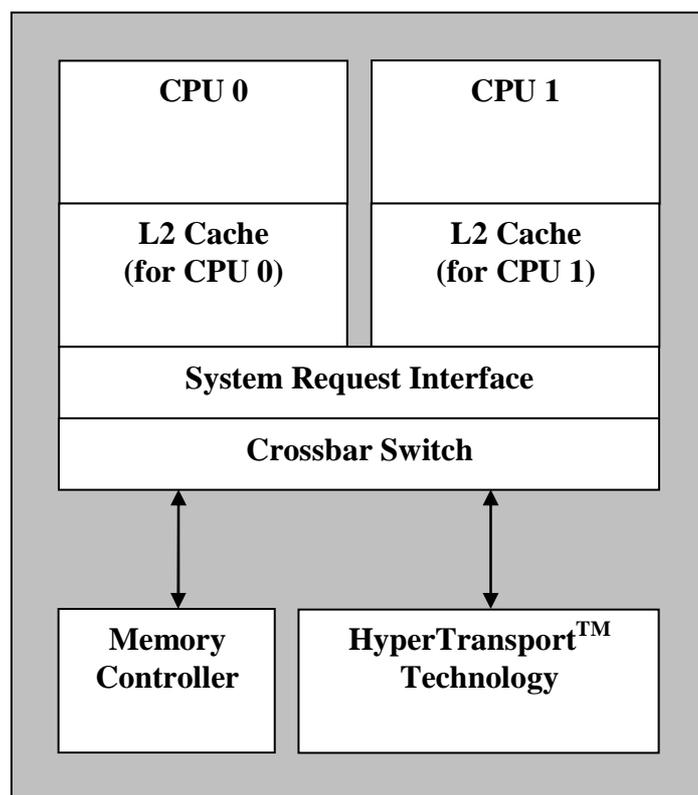


Рис. 2.8 — Архитектура двухъядерных процессоров Athlon

Таким образом, единственное узкое место, имеющееся в архитектуре Athlon 64 X2 — это пропускная способность подсистемы памяти 6.4 Гбайт в секунду, которая делится между процессорными ядрами. Впрочем, в будущем году AMD планирует перейти на использование более скоростных типов памяти, в частности двухканальной DDR2-667 SDRAM. Этот шаг должен положительно сказаться на увеличении производительности именно двухъядерных CPU.

Отсутствие поддержки современных типов памяти с высокой пропускной способностью новыми двухъядерными процессорами объясняется тем, что AMD в первую очередь стремилась сохранить совместимость Athlon 64 X2 с существующими платформами. В результате, эти процессоры могут использоваться в тех же самых материнских платах, что и обычные Athlon 64. Поэтому, Athlon 64 X2 имеют Socket 939 корпусировку, двухканальный контроллер памяти с поддержкой DDR400 SDRAM и работают с шиной HyperTransport с частотой до 1 ГГц. Благодаря этому единственное, что требуется для поддержки двухъядерных

CPU от AMD современными Socket 939 материнскими платами, — это обновление BIOS. Следует отметить, что без необходимой поддержки со стороны BIOS, Athlon 64 X2 в любой материнской плате превосходно работает в одноядерном режиме. То есть, без обновлённой прошивки наш Athlon 64 X2 4800+ работал как Athlon 64 4000+.

В этой связи примечательно, что, к счастью, инженерам AMD удалось вписать в ранее установленные рамки и энергопотребление Athlon 64 X2. Таким образом, в части совместимости с существующей инфраструктурой двухъядерные процессоры от AMD оказались лучше конкурирующих продуктов Intel. Smithfield совместим лишь с новыми чипсетами i955X и NVIDIA nFroce4 (Intel Edition), а также предъявляет повышенные требования к конвертеру питания материнской платы.

В основе процессоров Athlon 64 X2 использованы ядра с кодовыми именами Toledo и Manchester степпинга E, то есть по своему функционалу (за исключением возможности обработки двух вычислительных потоков одновременно) новые CPU подобны Athlon 64 на базе ядер San Diego и Venice. Так, Athlon 64 X2 поддерживают набор инструкций SSE3, а также имеют усовершенствованный контроллер памяти. Среди особенностей контроллера памяти Athlon 64 X2 следует упомянуть возможность использования разномастных модулей DIMM в различных каналах (вплоть до установки в оба канала памяти модулей разного объёма) и возможность работы с четырьмя двухсторонними модулями DIMM в режиме DDR400.

Процессоры Athlon 64 X2 (Toledo), содержащие два ядра с кэш-памятью второго уровня по 1 Мбайту на каждое ядро, состоят из примерно 233.2 млн транзисторов и имеет площадь около 199 кв. мм. Таким образом, как того и следовало ожидать, кристалл и сложность двухъядерного процессора оказывается примерно вдвое больше кристалла соответствующего одноядерного CPU.

2.2.7 Линейка Athlon 64 X2

Линейка процессоров Athlon 64 X2 включает в себя четыре модели CPU с рейтингами 4800+, 4600+, 4400+ и 4200+. В их основе могут использоваться ядра с кодовыми именами Toledo и

Manchester. Различия между ними заключаются в размере кэш-памяти второго уровня. Процессоры с кодовым именем Toledo, которые обладают рейтингами 4800+ и 4400+, имеют два L2 кэша (на каждое из ядер) объемом 1 Мбайт. CPU же с кодовым именем Manchester располагают вдвое меньшим объемом кэш-памяти: два раза по 512 Кбайт.

Частоты двухъядерных процессоров AMD достаточно высоки и равны 2.2 или 2.4 ГГц. То есть, тактовая частота старшей модели двухъядерного процессора AMD соответствует частоте старшего процессора в линейке Athlon 64. Это означает, что даже в приложениях, не поддерживающих многопоточность, Athlon 64 X2 сможет демонстрировать очень хороший уровень производительности.

Что же касается электрических и тепловых характеристик, то, несмотря на достаточно высокие частоты Athlon 64 X2, они мало отличаются от соответствующих характеристик одноядерных CPU. Максимальное тепловыделение новых процессоров с двумя ядрами составляет 110 Вт против 89 Вт у обычных Athlon 64, а ток питания возрос до 80 А против 57.4 А. Впрочем, если сравнивать электрические характеристики Athlon 64 X2 с спецификациями Athlon 64 FX-55, то рост максимального тепловыделения составит всего лишь 6Вт, а предельный ток и вовсе не изменится. Таким образом, можно говорить о том, что процессоры Athlon 64 X2 предъявляют к конвертеру питания материнских плат примерно такие же требования, как и Athlon 64 FX-55.

Целиком характеристики линейки процессоров Athlon 64 X2 выглядят следующим образом:

Таблица 2.8

Модель	4800+	4600+	4400+	4200+
Ревизия ядра	E6	E4	E6	E4
Тактовая частота	2400МГц		2200МГц	
Частота шины	1ГГц			
Напряжение питания	1.35—1.40 В			
Макс. температура	65 °С			

Окончание табл. 2.8

Модель	4800+	4600+	4400+	4200+
Ревизия ядра	E6	E4	E6	E4
Макс. тепло-выделение	110Вт			
L1 кеш	128КБ			
L2 кеш	1МБ + 1МБ	512КБ + 512КБ	1МБ + 1МБ	512КБ + 512КБ
Технология производства	90нм SOI			
Корпусировка	Socket 939			

Следует отметить, что AMD позиционирует Athlon 64 X2 как совершенно независимую линейку, отвечающую своим целям. Процессоры этого семейства предназначаются той группе продвинутых пользователей, для которой важна возможность использования нескольких ресурсоёмких приложений одновременно, либо применяющих в повседневной работе приложения для создания цифрового контента, большинство из которых эффективно поддерживает многопоточность. То есть, Athlon 64 X2 представляется неким аналогом Athlon 64 FX, но не для игроков, а для энтузиастов, использующих PC для работы.

При этом выпуск Athlon 64 X2 не отменяет существование остальных линеек: Athlon 64 FX, Athlon 64 и Sempron. Все они продолжают мирно сосуществовать на рынке.

Но, отдельно следует отметить тот факт, что линейки Athlon 64 X2 и Athlon 64 имеют унифицированную систему рейтингов. Это значит, что процессоры Athlon 64 с рейтингами выше 4000+ на рынке не появятся. В то же время семейство одноядерных процессоров Athlon 64 FX будет продолжать развиваться, поскольку данные CPU востребованы геймерами.

Тепловые и электрические характеристики. На рисунке сравнивается температура Athlon 64 X2 4800+ с температурой других Socket 939 процессоров (Idle time — период времени, в течение которого процессор, находясь в рабочем состоянии, не выполняет полезной работы; burn-in period — электротермотренировка, ЭТТ).

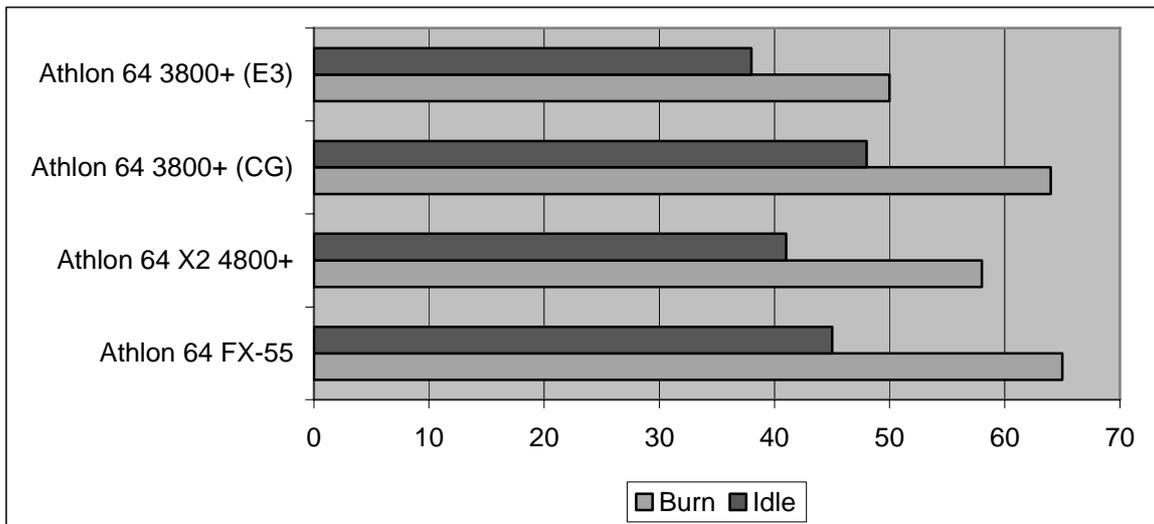


Рис. 2.9 — Температурные режимы процессоров Athlon

В состоянии покоя температура Athlon 64 X2 оказывается несколько выше температуры процессоров Athlon 64 на ядре Venice. Однако, несмотря на наличие в нём двух ядер, этот CPU не горячее чем одноядерные процессоры, производимые по 130 нм технологическому процессу. Причём, такая же картина наблюдается и при максимальной нагрузке CPU работой. Температура Athlon 64 X2 при 100-процентной загрузке оказывается меньше температуры Athlon 64 и Athlon 64 FX, в которых используются 130 нм ядра. Таким образом, благодаря пониженному напряжению питания и использованию ядра ревизии E инженерам AMD действительно удалось добиться приемлемого тепловыделения своих двухъядерных процессоров.

Сравнение Athlon 64 X2 с соответствующей характеристикой одноядерных Socket 939 CPU и старших процессоров Intel.

Как это ни покажется удивительным, но энергопотребление Athlon 64 X2 4800+ оказывается ниже энергопотребления Athlon 64 FX-55. Объясняется это тем, что в основе Athlon 64 FX-55 лежит старое 130 нм ядро, так что в этом нет ничего странного. Основной же вывод заключается в другом: те материнские платы, которые были совместимы с Athlon 64 FX-55, способны (с точки зрения мощности конвертера питания) поддерживать и новые двухъядерные процессоры AMD.

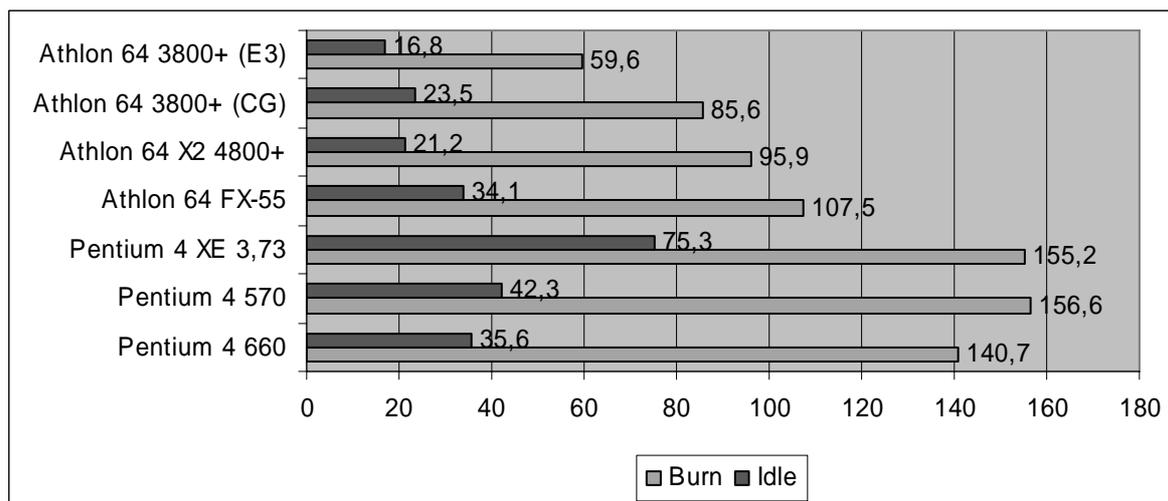


Рис. 2.10 — Режимы энергопотребления процессоров Athlon

Вместо (Socket 939 системах от AMD) AMD предлагает в настоящее время более скоростные процессоры под платформу Socket AM2 с поддержкой DDR2 памяти. Сняты с производства процессоры Athlon 64 X2, снабжённые кэш-памятью второго уровня общим объёмом 2 Мбайта.

Таблица 2.9

	Athlon 64 FX Athlon 64 X2	Athlon 64 FX Athlon 64 X2
Кодовое имя	Windsor	Toledo/Manchester
Процессорный номер	FX-62, 5000+, 4800+, 4600+, 4400+, 4200+, 4000+, 3800+	FX-60, 4800+, 4600+, 4400+, 4200+, 3800+
Тактовая частота	2.0—2.8 ГГц	2.0—2.6 ГГц
Микроархитектура	K8	K8
Технологический процесс	90нм	90нм
Процессорный разъем	Socket AM2	Socket 939
Процессорная шина	8 Гбайт/сек Hyper Transport	8 Гбайт/сек Hyper Transport
Поддерживаемые типы памяти	DDR2-800/667/533 SDRAM	DDR 400/333 SDRAM
Число транзисторов	227.4 млн/153.8 млн	233.2 млн/154 млн
Площадь кристалла	230 кв. мм/183 кв.мм	199 кв. мм/147 кв. мм
L1 кеш инструкций	2 x 64 Кбайт	2 x 64 Кбайт

Окончание табл. 2.9

	Athlon 64 FX Athlon 64 X2	Athlon 64 FX Athlon 64 X2
L1 кеш данных	2 x 64 Кбайт	2 x 64 Кбайт
L2 кеш	2 x 1024/512 Кбайт	2 x 1024/512 Кбайт
Технологии энерго- сбережения	Cool'n'Quiet	Cool'n'Quiet
64-битные расшире- ния	AMD64	AMD64
Технология виртуали- зации	Есть(Pacifica)	Нет
SIMD инструкции	SSE3	SSE3

2.3 Процессоры Core 2 Duo и Core 2 Extreme (Intel)

На настоящее время процессоры Core 2 Duo и Core 2 Extreme (Intel) предлагают самый высокий уровень быстродействия.

Помимо впечатляющего быстродействия Core 2 Duo могут похвастать не только сравнительно невысоким тепловыделением и энергопотреблением, но и значительным оверклокерским потенциалом.

Микроархитектура Core среди прочих возможностей предполагает поддержку 64-битных расширений Enhanced Memory 64 Technology (EM64T). Процессоры Core 2 Duo — первые CPU с поддержкой x86-64 в эволюционном ряду Pentium III — Pentium M — Core Duo — Core 2 Duo.

EM64T в Core 2 Duo

Поддержка EM64T в микроархитектуре Core имеет два ограничения: во-первых, при работе в 64-битных режимах процессорами Core 2 Duo не поддерживается технология Macrofusion, во-вторых, применений инструкций, работающих с дополнительными регистрами, доступными только при активации EM64T, снижает темп декодирования процессором исполняемого кода.

Технология Macrofusion — это одна из ключевых особенностей новой микроархитектуры Core, направленная на увеличение числа исполняемых процессором за такт команд и заключается в том, что ряд пар связанных между собой последовательных x86

инструкций, таких как сравнение со следующим за ним условным переходом, представляются внутри процессора одной микроинструкцией. Такая микроинструкция рассматривается планировщиком и выполняется на исполнительных устройствах как одна команда. Этим путём достигается увеличение темпа исполнения кода, позволяющее, при удачном стечении обстоятельств, обрабатывать процессору до 5 команд за такт.

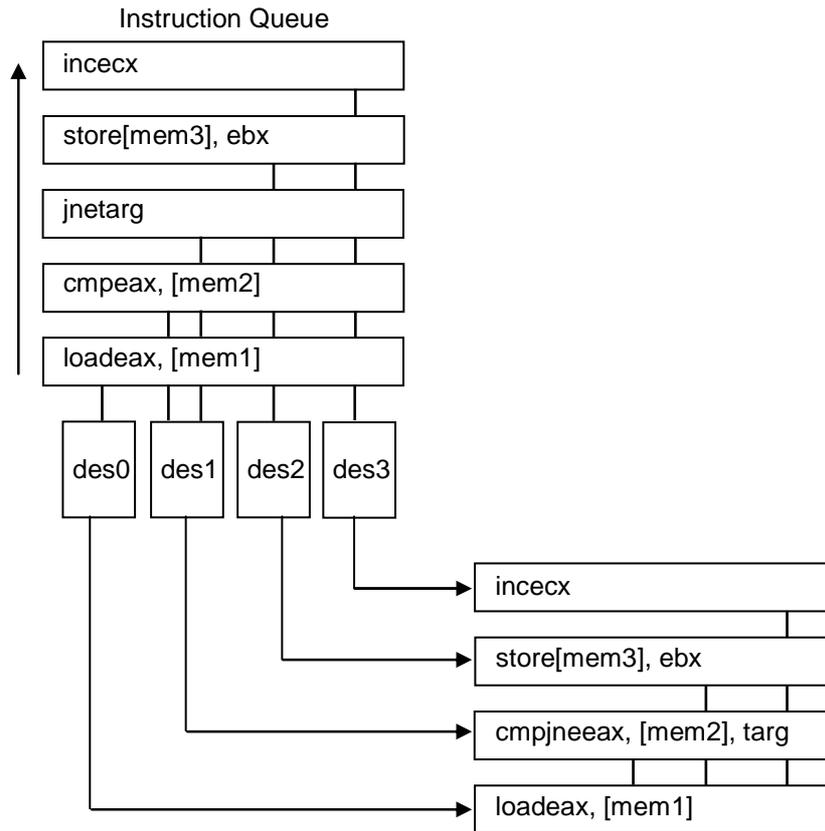


Рис. 2.11 — Технология Macrofusion

Однако неработоспособность Macrofusion в 64-битном режиме вряд ли может драматически повлиять на скорость работы процессора. В идеальном случае, при наличии в исходном коде одной инструкции условного перехода на каждые пять x86 команд, и при попадании всех этих пяти последовательных инструкций в 16-байтовую выборку, обрабатываемую процессором за один такт, теоретическое ускорение составит 25%. Но в реальных условиях данная технология даёт устойчивый положительный эффект лишь при соблюдении целого ряда условий. Как минимум потому, что данная частота условных переходов на прак-

тике, естественно, не встречается. Более того, технология Macrofusion эффективна только при средней длине инструкций в коде не более 4 байт. В результате, по оценке специалистов, данная технология сама по себе вряд ли может приносить выигрыш в быстродействии более 3—5 %. Иными словами, одно лишь отсутствие технологии Macrofusion при активации EM64T не может служить поводом для паники: на производительность она влияет не так уж и сильно.

Что же касается замедления работы, вызванного использованием инструкций, работающих с дополнительными регистрами, то обуславливается оно появлением в коде дополнительного однобайтового префикса REX, добавляемого при всех 64-битовых операциях. Этот префикс, очевидно, влияет на среднюю длину инструкций, обрабатываемых процессором в 64-битных режимах, что в конечном итоге может вызвать уменьшение числа инструкций, попадающих в 16-байтовую выборку из L1 кэша, обрабатываемую CPU за один такт. Иными словами, в то время как средняя длина инструкции в x86 коде равна порядка 2.5—3.5 байт, при переходе в 64-битный режим она увеличивается из-за необходимости применения префикса REX. При её возрастании до более чем 4 байт, процессор может утратить свою способность выполнять 4 инструкции за такт.

Полностью аналогичный 32-битному код выполняется на процессорах Core 2 Duo лишь чуть медленнее из-за неработоспособности Macrofusion, а падение скорости работы при наличии в коде 64-битных операций, очевидно, будет компенсироваться дополнительными возможностями по работе с большим числом регистров и увеличением их разрядности.

Таблица 2.10

	Core 2 Extreme Core 2 Duo	Pentium Extreme Edition 9XX Pentium D 9XX	Pentium Extreme Edition 8X Pentium D 8X
Кодовое имя	Conroe/Allendale	Presler	Smithfield
Тактовая частота	1.86—2.93 ГГц	2.8—3.73 ГГц	2.8—3.2 ГГц
Микроархитектура	Core	NetBurst	NetBurst

Окончание табл. 2.10

	Core 2 Extreme Core 2 Duo	Pentium Ex- treme Edition 9XX Pentium D 9XX	Pentium Ex- treme Edition 8X Pentium D 8X
Технологический процесс	65 нм	65 нм	90 нм
Корпус	LGA775	LGA775	LGA775
Частота сист ши- ны	1067 МГц	1067/800 МГц	800/533 МГц
Число транзисто- ров	291 млн/167 млн	376 млн	230 млн
Площадь кристал- ла	143 кв. мм/111кв.мм	162 кв. мм	206 кв. мм
L1 кеш инструк- ций	2 x 32 Кбайт	2 x 12000 uops	2 x 12000 uops
L1 кеш данных	2 x 32 Кбайт	2 x 16 Кбайт	2 x 16 Кбайт
L2 кеш	4096/2048 Кбайт	2 x 2048 Кбайт	2 x 1024 Кбайт
Технология Hyper- Threading	Нет	Опционально, у XE моделей	Опционально, у XE моделей
Технология энер- госбережения	C1E, EIST	C1E, EIST	C1E, EIST
64-битные расши- рения	EM64T	EM64T	EM64T
Технология вир- туализации	Есть(Vaderpool)	Опционально (Vaderpool)	Нет
SIMD инструкции	SSE3	SSE3	SSE3

Энергопотребление

Энергопотребление по мнению Intel, в скором времени должно стать основным мерилом потребительских качеств процессоров.

При высокой производительности новые процессоры Intel, основанные на микроархитектуре Core, могут похвастать и блестящей экономичностью. Пока что им не видно реальных соперников и по этому параметру.

Процессоры Core 2 Duo сочетают высокую производительность и низкое энергопотребление. Pentium D, наоборот, имеют низкую производительность при высоком энергопотреблении.

Athlon 64 X2 пока что занимают промежуточную позицию. Однако данный результат, видимо, следует признать лишь предварительным. С намеченным на ближайшее время внедрением Energy Efficient процессоров AMD приведённая картинка, очевидно, претерпит значительные изменения.

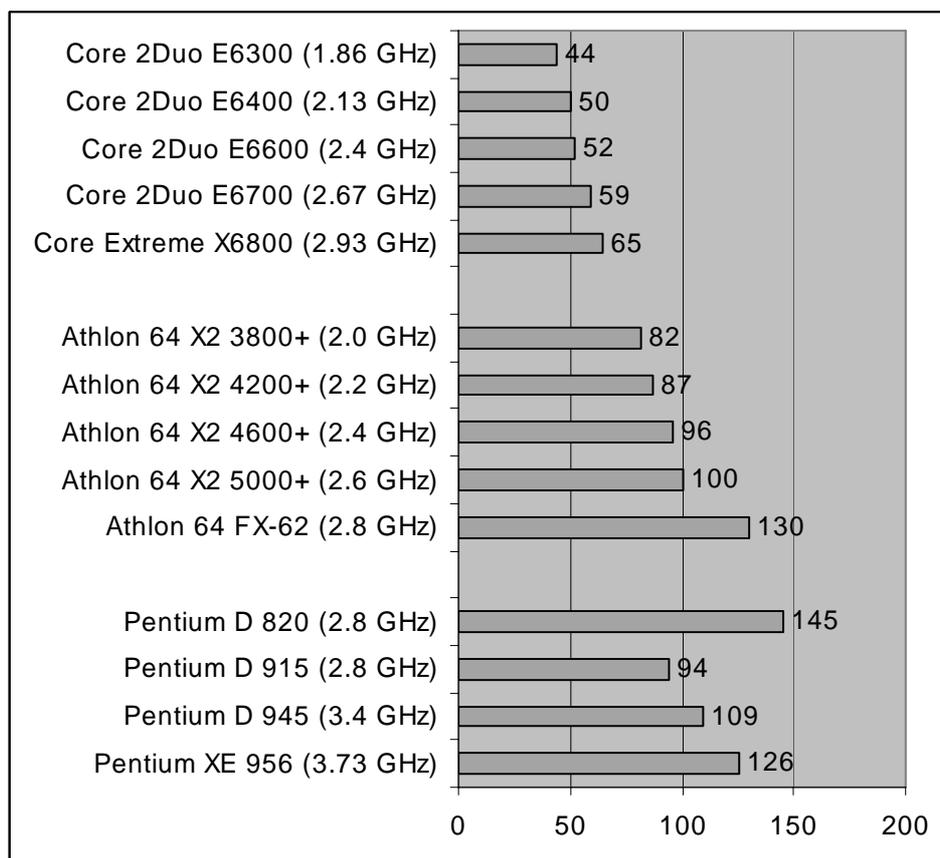


Рис. 2.12 — Энергопотребление при полной загрузке процессоров

Рывок Intel спровоцировал падение цен на процессоры. Для наглядности восприятия новой ценовой политики ниже предлагается график, на котором стоимость процессоров и их усреднённый уровень быстродействия показан одновременно.

Почти все точки на графике практически точно ложатся на единую кривую. Это означает, что любой из двухъядерных процессоров имеет полностью оправданное соотношение цены и производительности. Иными словами, стоимость CPU вполне соответствует его быстродействию, несмотря на то, о каком из

двухъядерных процессоров идёт речь. При этом, стоимость процессоров AMD оказывается слегка завышенной.

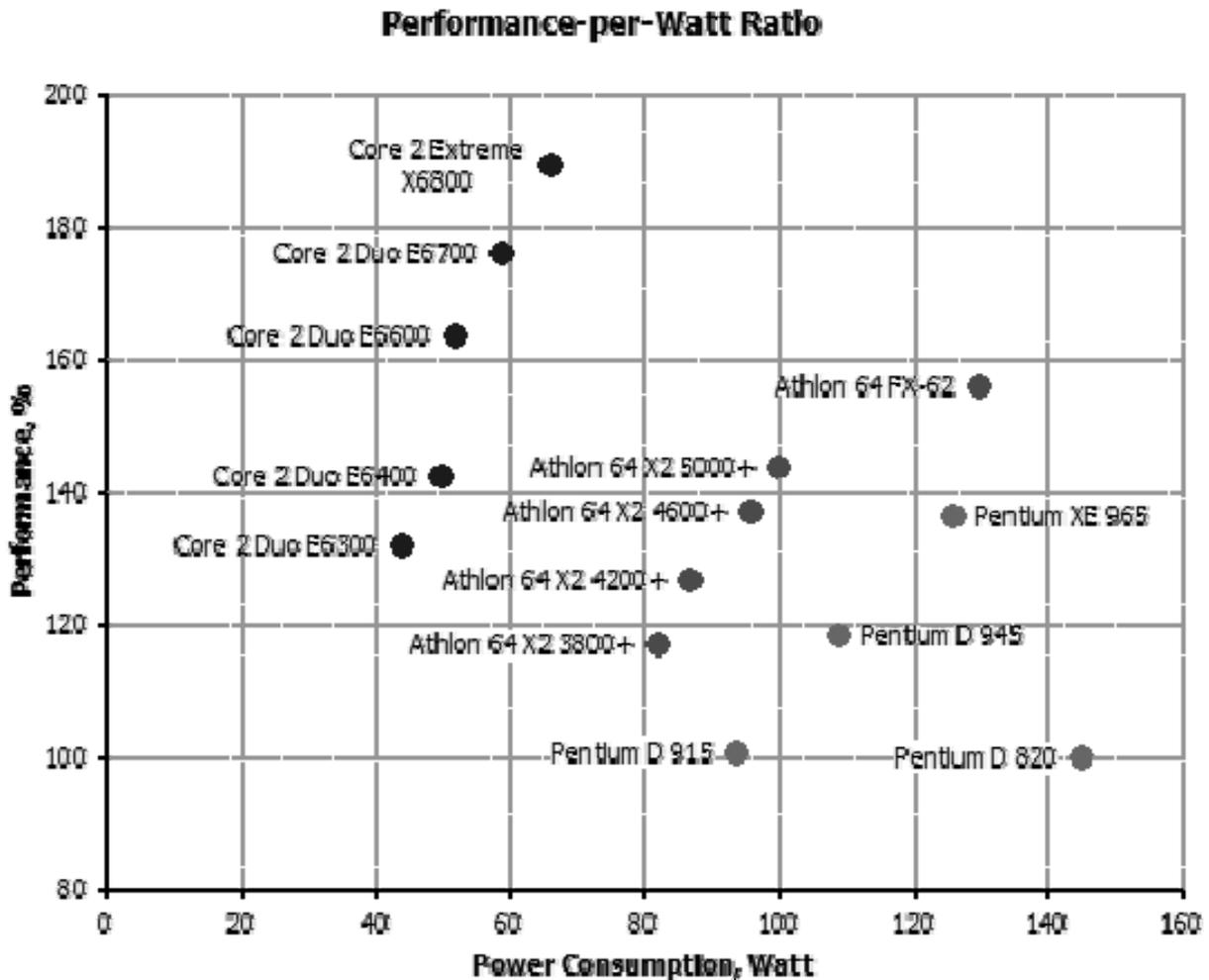


Рис. 2.13 — Соотношение производительность на Ватт

Для каждой модели Athlon 64 X2, начиная с 4200+, существует чуть более дорогой процессор Core 2 Duo, обладающий ощутимо более высокой производительностью. Однако такое ценообразование со стороны AMD может быть вполне компенсировано тем фактом, что процессоры с микроархитектурой Core требуют в данное время применения более дорогих LGA775 материнских плат.

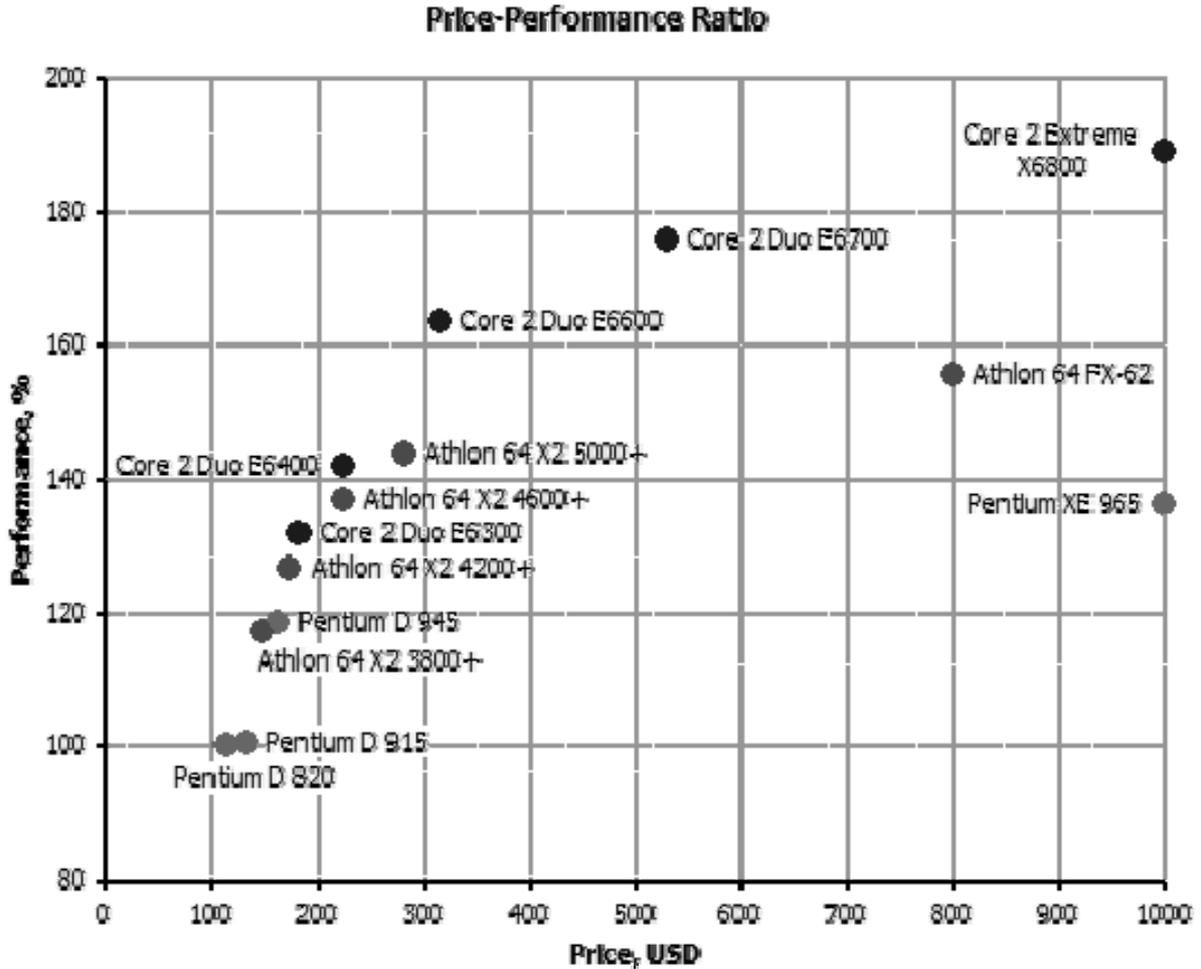


Рис. 2.14 — Соотношение производительность на стоимость

Интересно сравнить частоты процессоров различных семейств, имеющих одинаковую производительность (рис.2.15). Так, для достижения уровня производительности некоего процессора Core 2 Duo, процессор Athlon 64 X2 должен обладать примерно на 20 % более высокой тактовой частотой, а частота процессора Pentium D должна быть выше на 90 %. Это соотношение даёт возможность оценить не только примерную относительную скорость современных CPU, но и получить приблизительное понимание о перспективах будущих CPU в линейках Core 2 Duo и Athlon 64 X2.

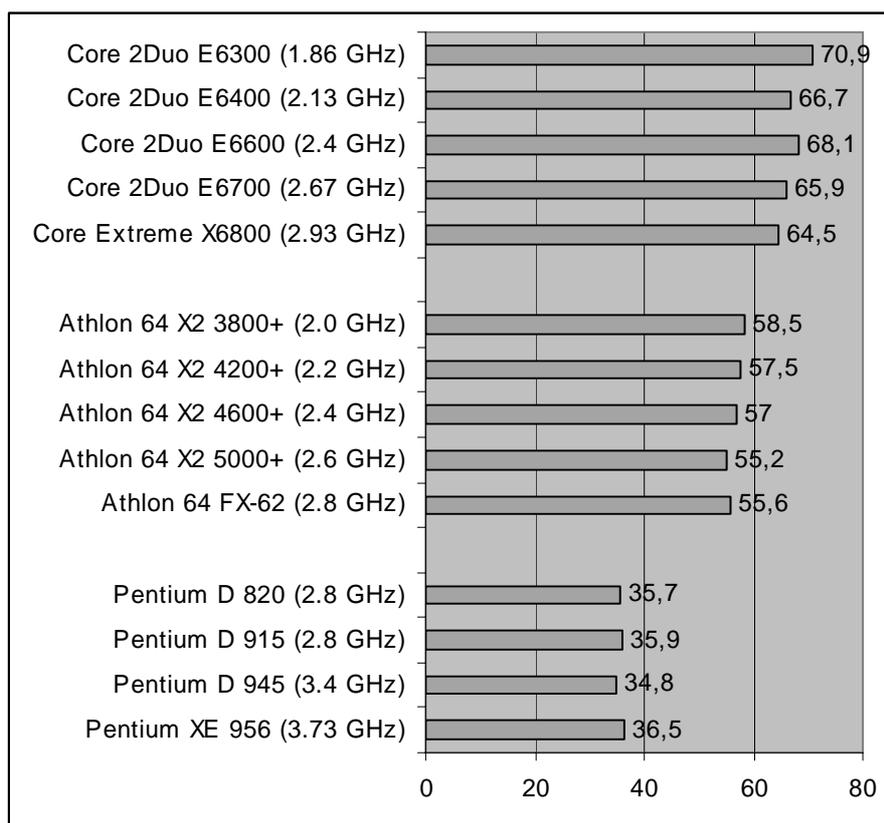


Рис. 2.15 — Соотношение производительность на гигагерц

2.4 Особенности взаимодействия процессоров в многопроцессорных системах

Процессоры работают с данными, которые читаются из оперативной памяти, изменяются и записываются назад в память. Данные, прочитанные из оперативной памяти, кэшируются в процессоре, что значительно ускоряет обработку данных. В многопроцессорной системе к одним и тем же данным может одновременно обращаться более чем один процессор. Если оба процессора читают данные, то проблем не возникает, так как оба процессора получают последние действительные данные из оперативной памяти. Если хоть один из процессоров данные меняет, то данные сначала изменяются в кэш-памяти и лишь много позже могут быть выгружены в оперативную память. При этом возникают потенциальные конфликтные ситуации, если один из процессоров пытается считывать из оперативной памяти данные, которые изменены и находятся в кэш-памяти другого процессора.

Методы решения конфликтов, происходящих при обращении к общим данным, называются протоколами поддержания когерентности кэш-памяти.

Все разновидности протоколов поддержания когерентности кэш-памяти для обмена изменившимися данными между процессорами обычно используют оперативную память. Но ядра в двухъядерных процессорах расположены на одной подложке в непосредственной близости друг от друга, что предоставляет потенциальную возможность прямой передачи данных из кэша одного ядра в кэш другого, то есть обмен данными между ними должен происходить максимально быстро.

Только процессоры Intel Core Duo (Yonah) и Congoe, каждый из которых обладает общим для двух ядер кэшем второго уровня, позволяют быструю одновременную работу обоих ядер с общим блоком данных, но и у них наблюдаются серьёзные ограничения в скорости работы в случаях, когда общие данные модифицируются. Таким образом, наиболее эффективное использование ресурсов двухъядерных процессоров будет происходить только при работе вычислительных потоков с различными участками памяти или с одним участком памяти, но без модификации общих данных. Также для увеличения эффективности разработчикам рекомендуется жёстко привязывать вычислительные потоки к ядрам, так как при переключении задач операционная система может менять местами потоки, что увеличивает процент кэш-промахов.

3 МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА

Материнская (или **системная**) **плата** — (*motherboard*) один из важнейших компонентов компьютера, так как она отвечает за производительность компьютера не менее чем процессор. Материнская плата представляет собой лист стеклотекстолита с несколькими слоями печатных проводников, и обеспечивает электрическое соединение практически всех устанавливаемых на нее компонентов компьютера: процессора, оперативной памяти, набора специальных микросхем (чипсета), базовой системы ввода-вывода (BIOS), плат расширения и т.п.

Форм-фактор материнской платы. Форм-фактор — одна из характеристик материнской платы — определяет ее габариты, места установки на ней различных компонентов, а также задает тип корпуса, в который материнская плата устанавливается. На сегодняшний день существует два основных форм-фактора материнских плат: ATX и AT, а также их модификации: Baby-AT (BAT) и MiniATX.

Одной из основных характеристик материнской платы является ее геометрический размер в плане, от которого, как правило, зависят число разъемов расширения и соответственно количество дополнительно подключаемых устройств. В настоящее время прослеживается устойчивая тенденция к переходу на платы меньшего размера. Наиболее известными являются следующие базовые размеры системных плат: Full-size AT (12 на 13,8 дюйма), Baby-AT (8,57 на 13,04 дюйма), MiniAT (8,57 на 9,85 дюйма) и LPX — Low Profile X (9 на 13 или 8,2 на 10,4 дюйма).

Частота платы и внутренний множитель процессора. Тактовая частота работы самого процессора, называемая внутренней частотой, существует лишь внутри него самого и соответственно определяет скорость его работы, весь обмен данными с материнской платой он производит на другой тактовой частоте материнской платы. Тактовая частота системной платы задается кварцевым резонатором. Коэффициент пересчета частоты материнской платы, исходя из внутренней частоты процессора, — (*Bus Frequency/ Bus Factor*) обсуждался нами на первой лекции.

3.1 Пропускная способность

Для оценки скоростных параметров элементов архитектуры компьютера, участвующих в передаче данных между его компонентами, был введен такой параметр, как *Bandwidth*, обозначающий скорость передачи информации, определяемой в килобитах, мегабитах и гигабитах в секунду. Термин *Bandwidth* часто переводится как пропускная способность, поток и т. п. Для оценки максимальных значений потока информации используется параметр *Peak Bandwidth* — пиковая полоса пропускания, или пиковый поток. *Bandwidth* и *Peak Bandwidth* являются важными характеристиками системы, показывающими ее способность к совместной обработке информации, основную долю которой порождает центральный процессор компьютера.

В соответствии скорости обработки данных и интенсивности информационных потоков и заключается эффективность работы процессора, оперативной памяти и остальных компонентов компьютера. В противном случае компоненты, чья производительность превышает возможности остальных элементов, участвующих в обработке информации и в процессах передачи данных, будут простаивать, ожидая готовности других элементов. В результате такого дисбаланса потенциальные возможности системы компьютера не могут быть реализованы в полной мере. К слову сказать, компоненты и архитектура современного компьютера проектируются таким образом, чтобы все его подсистемы работали с наибольшей эффективностью. И центральным звеном, влияющим на согласованность работы и определяющим общую производительность системы, является материнская плата, основным элементом которой является чипсет, оказывающий влияние не только на производительность отдельных компонентов, но и на пропускную способность шин, то есть на информационные потоки.

3.2 Чипсет

Чипсет (*chipset*) — одна из характеристик материнской платы — представляет собой *набор интегральных микросхем (ИМС)*, управляющих потоками данных между всеми компонен-

тами компьютера. Именно чипсет определяет тип устанавливаемого на материнскую плату процессора, частоту и разрядность системной шины, режимы работы устанавливаемых на материнскую плату компонентов компьютера.

Чипсет содержит в себе контроллеры прерываний, прямого доступа к памяти, таймеры, систему управления памятью и шиной — все те компоненты, которые в оригинальной IBM PC были собраны на отдельных микросхемах. Обычно в одну из микросхем набора входят также часы реального времени с CMOS-памятью и иногда — клавиатурный контроллер, однако эти блоки могут присутствовать и в виде отдельных чипов. В последних разработках в состав микросхем наборов для интегрированных плат стали включаться и контроллеры внешних устройств.

Тип набора в основном определяет функциональные возможности платы: типы поддерживаемых процессоров, структуру и объем кэша, возможные сочетания типов и объемов модулей памяти, поддержка режимов энергосбережения, возможность программной настройки параметров и т.п. На одном и том же наборе может выпускаться несколько моделей системных плат, от простейших до довольно сложных с интегрированными контроллерами портов, дисков, видео и т.п.

Архитектура наборов микросхем. Фактически любой набор микросхем для компьютера представляет собой совокупность различных контроллеров, логически разделенных на две части. Исторически сложилось так, что у первых чипсетов эти две части были названы северным мостом (*North Bridge*) и южным мостом (*South Bridge*) по их расположению на блок-схеме, а данные между ними передавались по 32-битной PCI-шине. Такая архитектура получила название *мостовой*.

В состав северного моста, как правило, включены контроллеры системной шины (соединяющей чипсет с процессором), шины памяти, шины PCI, а позднее — шины AGP (иногда к этому списку добавляется еще и графический контроллер). В южный мост обычно входят контроллеры шины IDE, клавиатуры и мыши PS/2, прямого доступа к памяти DMA, прерываний и часов реального времени. Позднее, по мере развития архитектуры компьютера, к этому стандартному списку добавились два-три контроллера USB, сетевой контроллер и контроллер шин AC'97, LPC

и SMBus. В последнее время в южный мост встраиваются контроллер Super I/O, обеспечивающий поддержку низкоскоростных интерфейсов ввода-вывода — двух последовательных портов (в том числе инфракрасного порта), одного параллельного порта и интерфейса для подключения флоппи-дисководов. Так же южный мост может включать звуковой контроллер и контроллер IEEE-1394. Как правило, физически северный и южный мосты реализуются в виде отдельных микросхем — в этом случае чипсет состоит из двух микросхем, соединенным между собой посредством PCI-интерфейса. Однако оба моста могут быть «упакованы» и в одну микросхему.

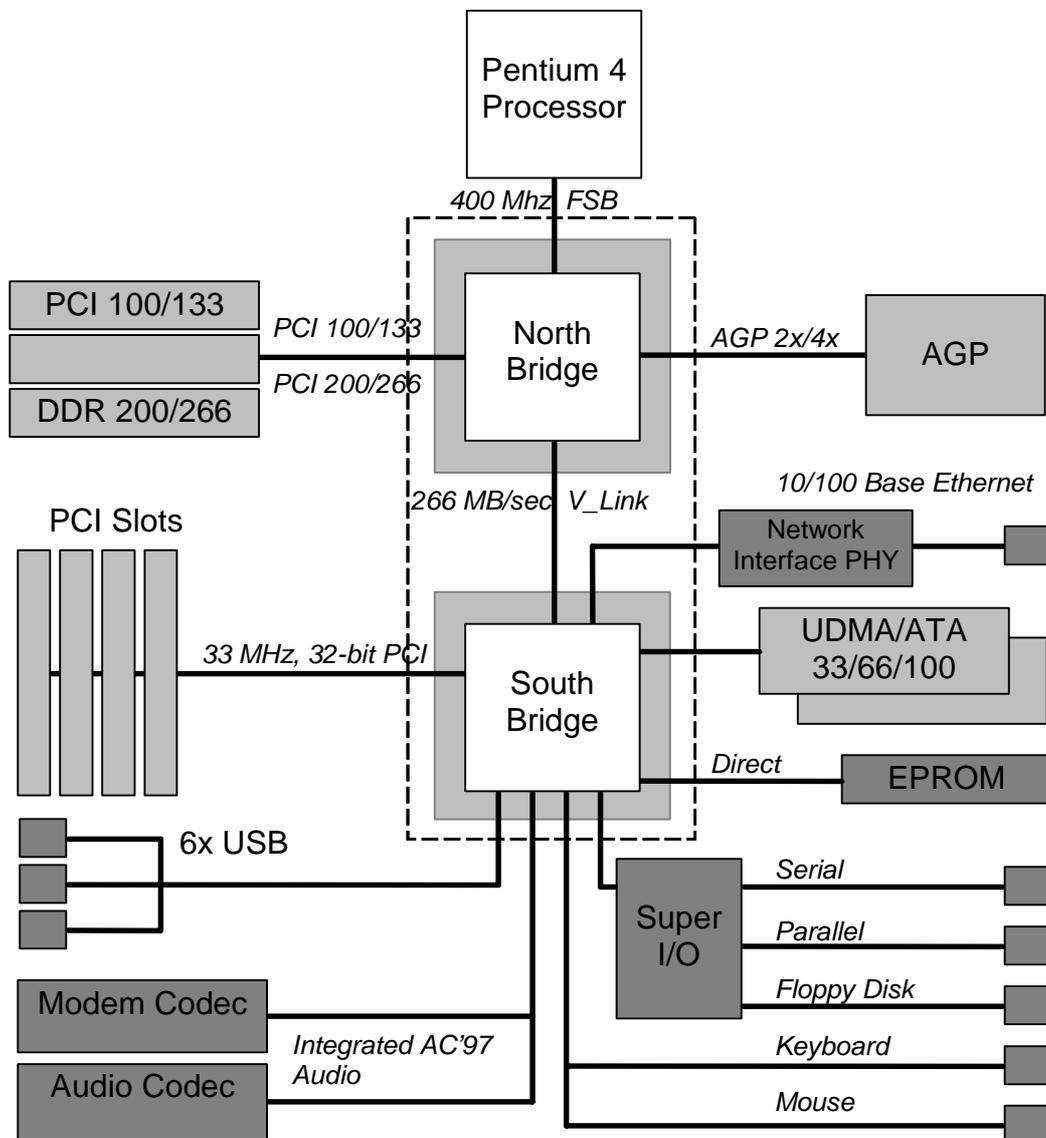


Рис. 3.1 — Мостовая архитектура чипсета

На смену наборам микросхем с мостовой архитектурой в последнее время применяются чипсеты с *концентраторной архитектурой*. Разница между этими типами нмС заключается в том, что в последних PCI-контроллер включен в состав южного моста, а данные между мостами передаются по специальному *внутреннему интерфейсу* с более высокой пропускной способностью (на сегодня — 266, 533 Мбайт/с или, 1,2 Гбайт/с), чем у PCI-шины (133 Мбайт/с). Кроме того, северный мост у них стал называться *главным концентратором (Graphics and Memory Controller Hub)*, а южный — *концентратором ввода-вывода (Integrated I/O Controller Hub)*. Впрочем, новой терминологии строго придерживается практически только ее автор — корпорация Intel. Другие производители чипсетов по-прежнему часто называют концентраторы мостами.

3.3 Магистральные интерфейсы (шины) PC

Функционально наборы микросхем — та база, которая объединяет разрозненные электронные компоненты (процессор, ОЗУ, видеоадаптер, платы расширения, накопители и т.д.) в единую компьютерную систему, коротко и привычно называемую нами «ПК». Чипсет обеспечивает обмен информацией между этими компонентами посредством *системных шин*, следовательно, то одно из главных требований, предъявляемых к ним, — обеспечение максимально быстрой передачи данных между составными частями компьютера, чтобы производительность последних не ограничивалась быстродействием среды передачи данных, т. е. собственно НМС.

В свою очередь, быстродействие чипсета определяется скоростью работы используемых в них магистральных интерфейсов, по которым передаются основные потоки данных: системной шины, шины памяти, шины AGP и внутренней шины (она соединяет главный концентратор и концентратор ввода-вывода или северный и южный мосты набора микросхем).

3.3.1 Универсальные (локальные) шины

XT-Bus — шина архитектуры XT — первая в семействе IBM PC. Относительно проста, поддерживала обмен 8-разрядными данными внутри 20-разрядного (1 Мбайт) адресного пространства, работала на частоте 4.77 МГц. Совместное использование линий IRQ в общем случае невозможно. Конструктивно оформлена в виде 62-контактных разъемах.

ISA (Industry Standard Architecture — архитектура промышленного стандарта) — основная шина на компьютерах типа PC AT (другое название — AT-Bus). Является расширением XT-Bus, разрядность — 16/24 бит (16 Мбайт адресного пространства), тактовая частота — 8 МГц, предельная пропускная способность — 5.55 Мбайт/с. Разделение линий IRQ также невозможно. Возможна нестандартная организация Bus Mastering (независимого управления устройствами), но для этого нужен запрограммированный 16-разрядный канал DMA (прямого доступа к памяти). Исполнена в виде 62-контактного разъема XT-Bus с прилегающим к нему 36-контактным разъемом расширения.

EISA (Enhanced ISA — расширенная ISA) — функциональное и конструктивное расширение ISA. Внешне разъемы имеют такой же вид, как и ISA, и в них могут вставляться платы ISA, но в глубине разъема находятся дополнительные ряды контактов EISA, а платы EISA имеют более высокую ножевую часть разъема с дополнительными рядами контактов. Разрядность — 32/32 бит (адресное пространство — 4 Гб), работает также на частоте 8 МГц. Предельная пропускная способность — 32 Мбайт/с. Поддерживает **Bus Mastering** — режим независимого управления шиной со стороны любого из устройств на шине, имеет систему арбитража для управления доступом устройств к шине, позволяет автоматически настраивать параметры устройств, возможно разделение каналов IRQ и DMA.

MCA (Micro Channel Architecture — микроканальная архитектура) — шина компьютеров PS/2 фирмы IBM. Не совместима ни с одной другой, разрядность — 32/32 бит, (базовая — 8/24 бит, остальные — в качестве расширений). Поддерживает Bus Mastering, имеет арбитраж и автоматическую конфигурацию, синхронная (жестко фиксирована длительность цикла обмена),

предельная пропускная способность — 40 Мб/с.

Конструктив — одно-трехсекционный разъем (такой же, как у VLB). Первая, основная, секция — 8-разрядная (90 контактов), вторая — 16-разрядное расширение (22 контакта), третья — 32-разрядное расширение (52 контакта). В основной секции предусмотрены линии для передачи звуковых сигналов. Дополнительно рядом с одним из разъемов может устанавливаться разъем видеорасширения (20 контактов). EISA и MCA во многом параллельны, появление EISA было обусловлено собственностью IBM на архитектуру MCA.

VLB (*VESA Local Bus*) — локальная шина стандарта VESA) — 32-разрядное дополнение к шине ISA. Конструктивно представляет собой дополнительный разъем (116-контактный, как у MCA) при разьеме ISA. Разрядность — 32/32 бит, тактовая частота — 25—50 МГц, предельная скорость обмена — 130 Мбайт/с.

Электрически выполнена не совсем корректно — в виде расширения локальной шины процессора — большинство входных и выходных сигналов процессора передаются непосредственно VLB-платам без промежуточной буферизации. Из-за этого возрастает нагрузка на выходные каскады процессора, ухудшается качество сигналов на локальной шине и снижается надежность обмена по ней. Поэтому VLB имеет жесткое ограничение на количество устанавливаемых устройств: при 33 МГц — три, 40 МГц — два, и при 50 МГц — одно, причем желательно — интегрированное в системную плату.

PCMCIA (*PC Card*) — (Personal Computer Memory Card International Association) — внешняя шина компьютеров класса NoteBook. Предельно проста, разрядность — 16/26 бит (адресное пространство — 64 Мб), поддерживает автоконфигурацию, возможно подключение и отключение устройств в процессе работы компьютера. Конструктив — миниатюрный 68-контактный разъем. Контакты питания сделаны более длинными, что позволяет вставлять и вынимать карту при включенном питании компьютера.

PCI (*Peripheral Component Interconnect*) — соединение внешних компонент) — развитие VLB в сторону EISA/MCA. Не совместима ни с какими другими.

Конструктивно количество разъемов шины на одном сегменте ограничено четырьмя. Сегментов может быть несколько,

они соединяются друг с другом посредством мостов (bridge). Сегменты могут объединяться в различные топологии (дерево, звезда и т.п.). Самая популярная шина в настоящее время, используется также на других компьютерах. Разъем похожа на MCA/VLB, но чуть длиннее (124 контакта). 64-разрядный разъем имеет дополнительную 64-контактную секцию с собственным ключом. Все разъемы и карты к ним делятся на поддерживающие уровни сигналов 5 В, 3.3 В и универсальные; первые два типа должны соответствовать друг другу, универсальные карты ставятся в любой разъем.

PCI (IEEE P1386.1): тактовая частота шины 33 МГц, используется синхронная передача данных; пиковая пропускная способность 133 МБ в секунду; параллельная шина данных шириной 32-бита; адресное пространство 32-бита (4 Гб); сигнальный уровень 3.3 или 5 вольт.

Позже появляются следующие ключевые модификации шины:

PCI 2.2 — допускается 64-бит ширина шины и/или тактовая частота 66 МГц, т.е. пиковая пропускная способность до 533 МБ/сек.;

PCI-X, 64-бит версия PCI 2.2 с увеличенной до 133 МГц частотой (пиковая пропускная полоса 1066 МБ/сек);

PCI-X 266 (PCI-X DDR), DDR версия PCI-X (эффективная частота 266 МГц, реальная 133 МГц с передачей по обоим фронтам тактового сигнала, пиковая пропускная полоса 2.1 Гб/сек);

PCI-X 533 (PCI-X QDR), QDR версия PCI-X (эффективная частота 533 МГц, пиковая пропускная полоса 4.3 Гб/сек);

Mini PCI — PCI с разъемом в стиле SO-DIMM, применяется преимущественно для миниатюрных сетевых, модемных и прочих карточек в ноутбуках;

Compact PCI — стандарт на форм фактор (модули вставляются с торца в шкаф с общей шиной на задней плоскости) и разъем, предназначенные в первую очередь для промышленных компьютеров и других критических применений;

Accelerated Graphics Port (AGP) — высокоскоростная версия PCI оптимизированная для графических ускорителей. Отсутствует арбитраж шины (т.е. допустимо только одно устройство, за исключением последней, 3.0 версии стандарта AGP, где устройств и слотов может быть два). Передачи в сторону ускорителя

оптимизированы, есть набор специальных дополнительных возможностей специфических для графики. Впервые данная шина появилась вместе с первыми чипсетами для процессора Pentium II. Существует три базовых версии AGP, дополнительная спецификация на питание (AGP Pro) и 4 скорости передачи — от 1x (266 МБ/сек) до 8x (2 Гб/сек), в допустим сигнальные уровни 1.5, 1.0 и 0.8 вольт.

3.3.2 PCI Express

Последовательная системная шина общего назначения. PCI Express, на стадии проектирования была также известна как 3GIO (Ввод-вывод третьего поколения) или по кодовому имени рабочей группы и проекта «Арапаго», причем оба названия (3GIO и PCI Express) являются зарегистрированными торговыми марками PCISIG.

Сигнальный уровень 0.8 вольт. Каждый канал состоит из двух дифференциальных сигнальных пар (необходимо только 4 контакта).

Используется избыточное защищенное от помех кодирование — каждый байт при передаче представляется десятью битами.

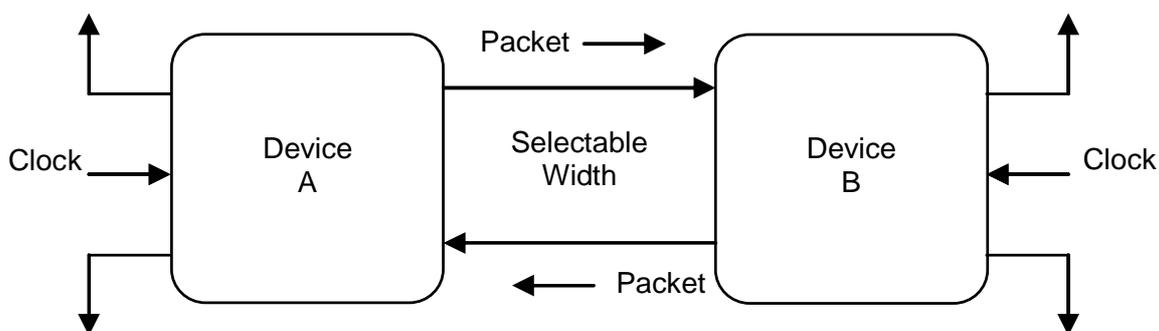


Рис. 3.2 — Дуплексный канал PCI Express

Пропускная способность 2.5 Гигабита (250 МБ) в секунду для одного канала в каждом направлении одновременно (полный дуплекс), однако, следует учесть, что эффективная скорость передачи данных за вычетом избыточного кодирования составляет 2 Гигабита (200 МБ) ровно.

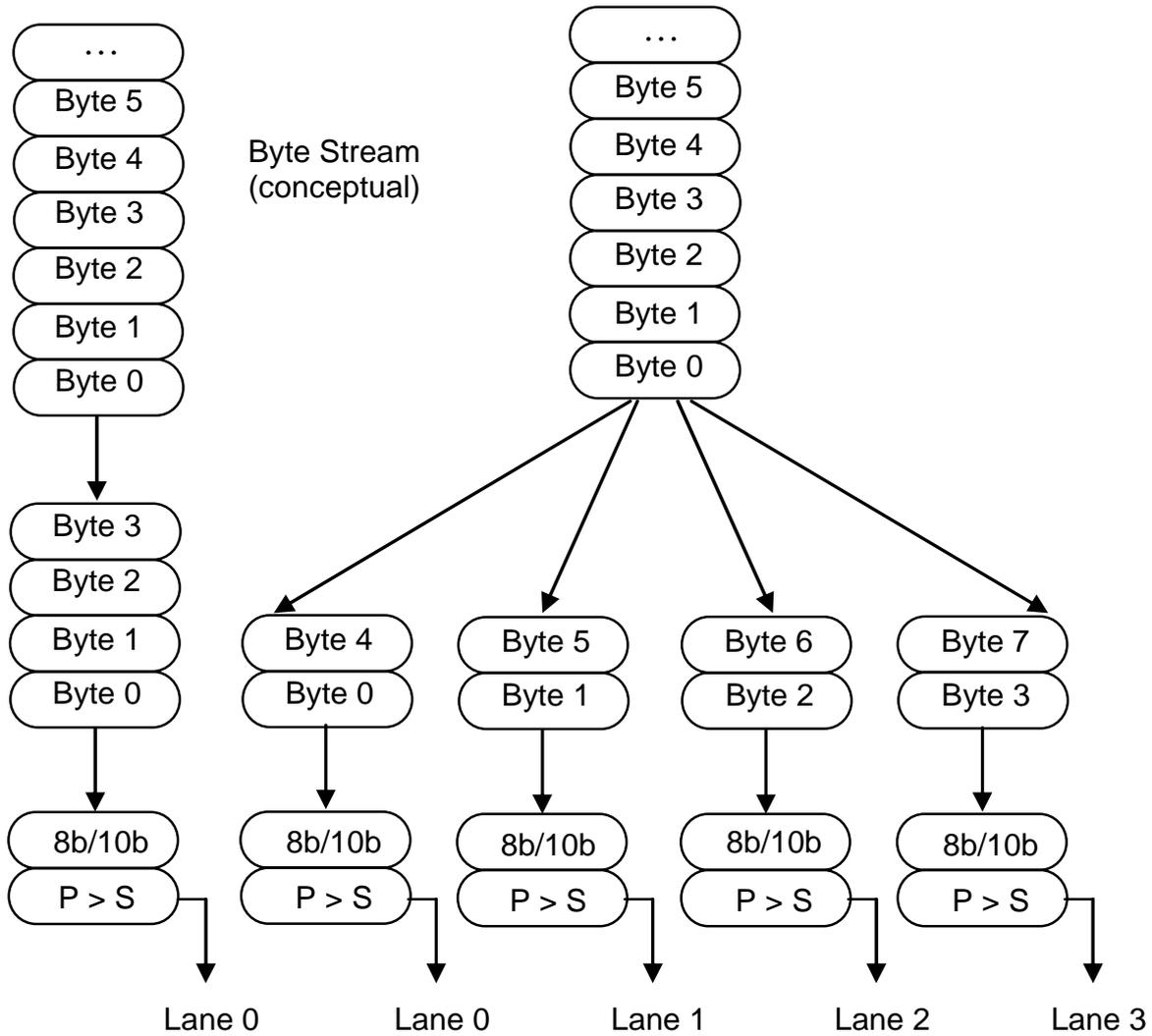


Рис. 3.3 — Распараллеливание каналов PCI Express

Стандартизированы 1, 2, 4, 8, 16 и 32 канальные варианты (до 6.4 эффективных Гигабайт в секунду соответственно, при передаче в одну сторону и вдвое больше при передаче в обоих направлениях). При передаче данных они передаются параллельно (но не синхронно) по всем доступным каналам:

Вся контрольная информация передается по тем же линиям что и данные, используется стек протоколов, из нескольких уровней, включая маршрутизацию данных.

Стандарт предусматривает и альтернативные носители сигнала, такие как оптические волноводы.

Возможность динамического подключения и конфигурации устройств. Возможность распознавания и использования альтернативных (улучшенных) протоколов обмена. Как уже неодно-

кратно упоминалось — новая шина последовательна, а не параллельна. Основные преимущества — снижение стоимости, миниатюризация, лучшее масштабирование, более выгодные электрические и частотные параметры (нет необходимости синхронизировать все сигнальные линии).

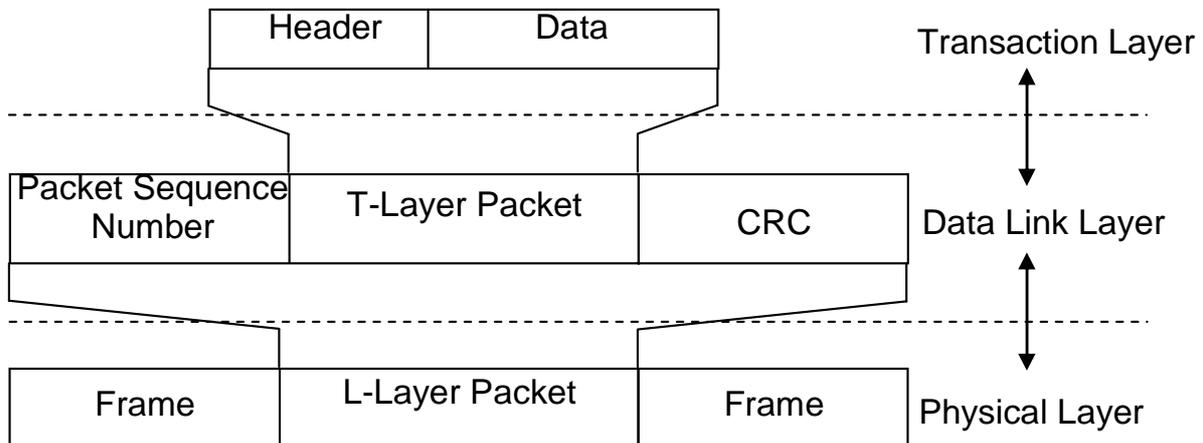


Рис. 3.4 — Трехуровневая модель PCI Express

Спецификация разделена на целый стек протоколов, каждый уровень которого может быть усовершенствован, упрощен или заменен не сказываясь на остальных. Например — может быть использован иной носитель сигнала или может быть упразднена маршрутизация в случае выделенного канала только для одного устройства. Могут быть добавлены дополнительные контрольные возможности. Развитие такой шины будет происходить гораздо менее болезненно — увеличение пропускной способности не потребует изменять контрольный протокол и наоборот. Быстро и удобно разрабатывать адаптированные варианты специального назначения.

В изначальной спецификации заложены возможности горячей замены карт. Заложены возможности создания виртуальных каналов, гарантирования пропускной полосы и времени отклика, сбора статистики QoS (Quality of Service — Качество Обслуживания). В изначальной спецификации заложены возможности контроля целостности передаваемых данных (CRC). В изначальной спецификации заложены возможности управления питанием.

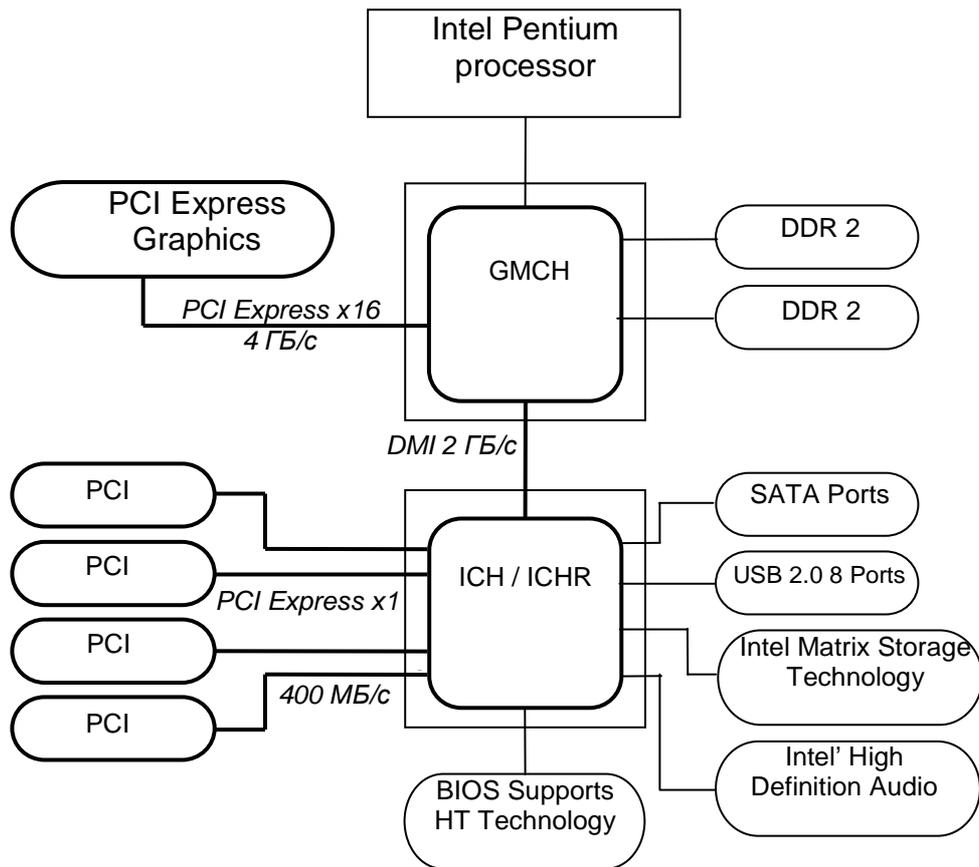


Рис. 3.5

Типичный простой вариант использования PCI Express для стандартных по архитектуре настольных систем выглядит так:

- PCI Express x16 каналов — в северном мосту для графического интерфейса PCI Express Graphics.
- Несколько PCI Express x1 каналов в южном мосту для универсальных PCI устройств.
- PCI Express x8 канал специализированного внутреннего интерфейса DMI.

3.3.3 Системные шины PC

Системная шина или **шина процессора** соединяет процессор с компонентом набора микросхем *North Bridge*. Она работает на частотах 66, 75, 100 или 133 МГц — на частоте системной платы. Шина процессора используется для передачи между процессором и основной системной шиной или между процессором и

внешней кэш-памятью в системах на базе процессоров пятого поколения (где кэш второго уровня внешний).

Тактовая частота, используемая для передачи данных по шине процессора, соответствует внешней частоте процессора. Это следует учитывать, поскольку в большинстве процессоров внутренняя тактовая частота, определяющая скорость работы внутренних блоков, может превышать внешнюю. Так, например, Pentium 266 имеет внутреннюю частоту процессора 266 МГц, в то время как внешняя частота составляет всего 66,6 МГц. Процессор Pentium II 450 имеет внутреннюю частоту 450 МГц, в то время как внешняя частота составляет всего 100 МГц.

Системная шина EV6 для процессоров AMD Athlon, Athlon XP, Morgan и Duron. Рассчитана на один или два процессора Athlon или Athlon XP и один процессор Morgan или Duron. Физическая тактовая частота шины 100 или 133 МГц, эффективная соответственно 200 или 266 МГц (двукратное ускорение), ширина 64 бит, пропускная способность 1,6 или 2,1 Гбайт/с.

Системная шина AGTL+ для процессоров Intel Pentium 4. Рассчитана на один процессор Intel Pentium 4. Физическая тактовая частота шины 100 МГц, эффективная — 400 МГц (четырёхкратное ускорение за счет использования технологии Quad Pumping). Ширина шины 64 бит, пропускная способность 3.2 Гбайт/с.

На сегодня это самая производительная системная шина из используемых в ПК, но уже появился вариант этой шины, обеспечивающий физическую тактовую частоту 133 МГц (эффективная — 533 МГц) с пропускной способностью в 4.3 Гбайт/с.

Системная шина AGTL/AGTL+ для процессоров Intel Pentium III и Celeron. Рассчитана на один или два процессора Pentium III или один Celeron. Физическая тактовая частота шины (совпадает с эффективной) 66, 100 или 133 МГц, ширина 64 бит, максимальная пропускная способность соответственно 533, 800 или 1066 Мбайт/с.

3.3.4 Внутренние шины чипсета

Внутренний интерфейс соединяет главный концентратор и концентратор ввода-вывода (или северный и южный мосты набора микросхем).

Внутренний 32-бит PCI-интерфейс. Физическая частота шины 33 МГц, ширина 32 бит, пропускная способность 133 Мбайт/с. Исторически PCI-шина была первым интерфейсом, примененным для соединения северного и южного мостов в НМС, построенных по мостовой архитектуре. В этом качестве она иногда используется и до сих пор, хотя на сегодня пропускной способности этого интерфейса уже недостаточно для обеспечения эффективного обмена данными с подсистемой ввода-вывода.

Следует отметить также, что существует 64-бит версия PCI-интерфейса с вдвое большей пропускной способностью (266 Мбайт/с), однако изготовители предпочли не использовать его для соединения северного и южного мостов, а разработать НМС с концентраторной архитектурой, применив оригинальный внутренний интерфейс.

Внутренняя шина MuTIOL от SiS. Используется для соединения северного и южного мостов в НМС (компания SiS так же называет их *главный концентратор* и *концентратор ввода-вывода*), эти концентраторы могут быть реализованы в виде внутреннего (в составе одной микросхемы) или внешнего исполнения. Шина **MuTIOL (MultiThreaded I/O Link)** имеет два независимых контроллера интерфейса MuTIOL, она выделяет для каждого контроллера ввода-вывода свой собственный независимый канал с постоянной пропускной способностью для обмена данными с северным мостом и обеспечивает параллельную передачу данных в обоих направлениях — от северного моста к южному и наоборот.

Каждая из двух «половинок» интерфейса MuTIOL имеет ширину 8 бит, физически тактируется частотой 133 МГц во внешнем исполнении (во внутреннем — примерно 300 МГц). Шина работает в режиме двукратного ускорения, вследствие чего эффективная тактовая частота составляет 266 МГц (соответственно около 600 МГц для совмещенных мостов), и имеет максимальную пропускную способность 266 Мбайт/с для каждого канала. А в сумме максимальная пропускная способность интерфейса MuTIOL составляет 533 Мбайт/с (1,2 Гбайт/с) при общей ширине шины 16 бит.

Внутренняя шина V-Link от VIA. Используется для соединения северного и южного мостов в НМС производства VIA (несмотря на то что они имеют концентраторную архитектуру, главный концентратор и концентратор ввода-вывода в них по традиции называют соответственно северным и южным мостом). Физическая тактовая частота шины 66 МГц, эффективная — 266 МГц (четырёхкратное ускорение), ширина 8 бит, максимальная пропускная способность 266 Мбайт/с. В ближайшем будущем VIA планирует увеличить пропускную способность V-Link до 533 Мбайт/с.

Внутренняя шина Hub Interface от Intel. Используется для соединения главного концентратора и концентратора ввода-вывода в НМС производства Intel. Физическая тактовая частота шины 66 МГц, эффективная — 266 МГц (четырёхкратное ускорение), ширина 8 бит, пропускная способность 266 Мбайт/с.

Внутренний интерфейс DMI — последовательная шина точка-точка обеспечивает скорость обмена данными между памятью и контроллерами ввода/вывода до **2,0 Гб/с**. Применяется, начиная с Intel 9XX серии чипсетов, представляет собой модификацию восьмиканальной шины PCI Express.

3.3.5 Шины памяти

Шина памяти предназначена для передачи информации между процессором и основной памятью. Эта шина реализована с помощью компонента *North Bridge* набора микросхем системной логики. В старых системах память, чаще всего типа FPM и EDO, работала на частоте 16 МГц (время доступа 60 нс). В современных системах используются описанные ниже типы памяти и интерфейсы доступа к ним.²

Шина SDR SDRAM-памяти. Физическая тактовая частота шины (совпадает с эффективной) 66, 100 или 133 МГц, ширина шины 64 бит, максимальная пропускная способность соответственно 533, 800 или 1066 Мбайт/с. Модули SDR SDRAM памяти, работающие на тактовой частоте 66/100/133 МГц, обозначаются как «PC 66/ 100/ 133 SIMM-модули».

² Более подробно собственно микросхемы памяти и их интерфейсы изучаются в последующих лекциях.

Шина DDR SDRAM-памяти. Физическая тактовая частота шины 100, 133 или 166 МГц, эффективная соответственно 200, 266 или 333 МГц (двукратное ускорение), ширина шины памяти 64 бит, максимальная пропускная способность 1,6, 2,1 или 2,7 Гбайт/с. Модули DDR SDRAM-памяти, работающие на физической тактовой частоте 100/ 133/ 166 МГц, обозначаются как «DDR 200/ 266/ 333 (PC 1600/ 2100/ 2700) DIMM-модули».

Шина RDRAM-памяти. Физическая тактовая частота шины 300 или 400 МГц, эффективная соответственно 600 или 800 МГц (двукратное ускорение), ширина шины 32 бит, максимальная пропускная способность 1,6 Гбайт/с. Необходимо отметить, что в НМС, работающих с RDRAM-памятью, встраиваются двухканальные RDRAM-контроллеры, работающие с двумя RDRAM-шинами одновременно, так что общая пропускная способность подсистемы памяти составляет 3,2 Гбайт/с. Модули RDRAM-памяти, работающие на физической тактовой частоте 300/ 400 МГц, обозначаются как «PC 600/ 800 RIMM-модули».

ACPI (*Advanced Configuration Power Interface* — интерфейс расширенной конфигурации по питанию) — предложенная Microsoft единая система управления питанием для всех компьютеров, наподобие используемой в NoteBook. В частности, позволяет предусмотрено сохранение состояния системы перед отключением питания, с последующим его восстановлением без полной перезагрузки.

3.4 Информационные потоки

Кроме обработки информации различными элементами и подсистемами компьютера необходимо обеспечить своевременную передачу информации между компонентами системы. И если тактовая частота процессора за последние несколько лет возросла в десятки раз, то подобного нельзя сказать о шинах компьютера, с помощью которых и осуществляется передача данных и управляющих сигналов. Тем не менее, именно шины обеспечивают основной поток информации между элементами и подсистемами компьютера, включая процессор, оперативную память, видеоадаптер, контроллеры периферийных устройств. Именно от того, как быстро осуществляется обмен необходимой информацией, и

зависит в значительной степени общая производительность всей системы.

Итак, магистральные интерфейсы, применяемые в современных чипсетах, строятся по разным технологиям и обладают различной производительностью, а потому возникает вопрос об их *сбалансированности* по пропускной способности. Это значит, что магистральные шины, с одной стороны, должны быть достаточно быстрыми для того, чтобы обеспечить необходимую скорость обмена данными между компонентами системы, а с другой — быстрые шины, большую часть времени простаивающие без нагрузки не оправдывают своей стоимости.

На самом деле сбалансированность чипсета определяется не только пропускной способностью отдельно взятых шин, но также логикой их работы и взаимодействия друг с другом, однако грамотно сбалансированный НМС должен как минимум соответствовать следующим требованиям.

- Во-первых, пропускная способность системной шины и шины памяти должна быть одинаковой — в противном случае либо системная шина, либо шина памяти будет тормозить работу системы в целом.

В качестве примеров хорошо сбалансированных по этим параметрам НМС можно привести Intel 850 (максимальная пропускная способность системной шины и шины RDRAM-памяти — 3.2 Гбайт/с), Intel 815E BO Stepping (системная шина и шина SDR SDRAM-памяти — 1.066 Гбайт/с) и VIA Apollo KT266A (системная шина и шина DDR SDRAM-памяти — 2.1 Гбайт/с). А в качестве их антиподов — Intel 845 (системная шина — 3.2 Гбайт/с, шина SDR SDRAM-памяти — 1.066 Гбайт/с, шина памяти замедляет работу системы) и VIA Apollo P40266T (системная шина — 1.066 Гбайт/с, шина DDR SDRAM-памяти — 2.1 Гбайт/с; системная шина замедляет работу системы).

- Во-вторых, шина памяти не должна быть медленнее шины AGP, иначе шина памяти будет замедлять скорость работы видеоподсистемы при обработке больших массивов графических данных.

Например, чипсет с AGP 4X-шиной (1.066 Гбайт/с) не превосходит максимальной пропускной способности шины SDR SDRAM-памяти — самой медленной из трех типов памяти, ис-

пользуемых на данный момент в ПК. Однако, при использовании графических адаптеров с интерфейсом AGP 8X (пропускная способность — до 2.1 Гбайт/с) уже появляется возможность нарушения баланса по скорости работы шин AGP и памяти, чего допустить нельзя.

- В-третьих, пропускная способность внутреннего интерфейса должна быть такой, чтобы при параллельной работе устройства ввода-вывода (PCI-адаптеры/контроллеры, жесткие диски, IEEE-1394 и USB-устройства и т. д.) не простаивали из-за задержек в обмене данными с главным концентратором или северным мостом.

Сейчас считается, что для этого достаточно использовать внутренний интерфейс с пропускной способностью в 266 Мбайт/с (V-Link от VIA, Hub Interface от Intel), однако и этого уже становится мало. Так что в перспективе пропускная способность этих шин должна быть увеличена до 0,5—1 Гбайт/с (что и сделала компания SiS, опередив всех со своей шиной MuTIOL). И конечно, НМС со старой мостовой архитектурой (например, ALi ALADDiN-P4/ Pro 5T, ALi ALiMAGiK 1/1, AMD-760/ 761) оказываются здесь в проигрыше, поскольку у них данные между северным и южным мостами передаются по 32-разрядной PCI-шине с пропускной способностью всего 133 Мбайт/с.

3.5 Чипсет Intel P965

Чипсет Intel P965 Express (Broadwater P)

Северный мост чипсета, или как его называют официально «контроллер-концентратор графической системы и памяти Intel 82P965, выполнен в 1202-контактном корпусе FCBGA (Flip Chip Ball Grid Array). Подразумевается, что новый производительный чипсет Intel P965 Express будет использоваться в связке как с новыми процессорами Intel Core2 Duo, так и с привычными Pentium D, Pentium 4 HT, Pentium 4 и Celeron под разъем LGA775. Основное позиционирование чипсета — в качестве базового комплекта для создания развлекательных ПК на базе платформы Intel Viiv, хотя, разумеется, дискретный северный мост традиционно станет достаточно популярен как у системных интеграторов, так и у любителей самостоятельной сборки сбалансированных по цене ПК.

Системная шина чипсета Intel P965 Express работает с тактовой частотой 1066, 800 и 533 МГц, поддерживается интерфейс PCI Express x16 и до шести линий PCI Express x1 и до шести слотов PCI. Чипсет поддерживает технологию Intel Fast Memory Access, благодаря которой оптимизируется использование доступной пропускной способности и сокращается задержки при доступе к памяти. Чипсет поддерживает 2-канальную память DDR2-800, обеспечивает пропускную способность до 12,8 Гб/с. Ещё одна ключевая особенность чипсета — технология Intel Flex Memory, предоставляющая гибкий выбор возможностей наращивания оперативной памяти, позволяя устанавливать различные объемы и поддерживая при этом двухканальный режим.

Среди возможностей чипсета P965 также можно отметить уже знакомую нам по предыдущим сериям поддержку технологии Intel Matrix Storage, обеспечивающую быструю обработку медиа данных с помощью RAID-массивов уровней 0, 5 и 10, а также защиту данных жесткого диска с помощью RAID-массивов уровней 1, 5 и 10. Интереснейшая возможность, реализованная во всей серии i96x и, кстати, отсутствующая в i975X — поддержка внешнего интерфейса SATA (eSATA), что обеспечивает пропускную способность вне корпуса до 3 Гб/с.

Интеллектуальные алгоритмы управления системным вентилятором, заложенные благодаря технологии Intel Quiet System, позволяют эффективно использовать заданные диапазоны рабочих температур для снижения шума системы за счёт минимизации изменений скорости вращения вентилятора.

Помимо этого также стоит отметить возможность отключения портов USB в зависимости от необходимости, что обеспечивает дополнительную защиту данных, предотвращая незаконное изъятие или внесение данных при помощи портов USB. В дополнение — уже успевшая стать традиционной встроенная аудиоподсистема Intel High Definition Audio, с поддержкой воспроизведения нескольких аудиопотоков, изменения назначения разъемов, технологией Dolby PC Entertainment Experience.

Отдельно отмечу, что уже по традиции, в отличие от Extreme High-End чипсетов, P965 не поддерживает модули памяти с ECC.

Intel G965 Express (Broadwater GC)

Чипсет Intel G965 Express (Intel 82G965) выполнен в 1202-контактном корпусе FCBGA и представляет собой решение со встроенной графической подсистемой Intel Graphics Media Accelerator X3000. Этот чипсет позиционируется как основа для создания ПК класса «цифровой дом» на базе технологии Intel Viiv.

Чипсет поддерживает системную шину 1066/800/533 МГц и предназначен для работы с процессорами Core2 Duo, Pentium 4 HT, Pentium D серии 900, и другими процессорами Intel под разъём LGA775. Среди достоинств чипсета Intel G965 Express — поддержка интерфейса PCI Express x16, шин PCI Express x1, технологии Intel Fast Memory Access, двухканальных модулей памяти DDR2-800.

Помимо этого также стоит упомянуть реализацию ряда технологий, роднящих G965 с дискретной версией: технологию Intel Matrix Storage, поддержку интерфейса Serial ATA 3 Гбит/с и внешнего интерфейса eSATA, возможность отключения портов USB, технологию Intel Quiet System и Intel High Definition Audio с поддержкой Dolby PC Entertainment Experience.

Отдельного подробного рассказа заслуживает интегрированный графический адаптер нового поколения — Intel Graphics Media Accelerator X3000, или просто GMA3000. С реализацией этого графического контроллера четвёртого поколения Intel заявила улучшенную поддержку 3D графики, совместимость с новыми играми благодаря аппаратной поддержке T&L, модели шейдеров Microsoft DirectX 9.0c Shader Model 3.0, OpenGL 1.5 и операций с плавающей запятой.

Ключевые усовершенствования, реализованные в архитектуре Intel Graphics Media Accelerator 3000 — это прежде всего программируемость, благодаря применению структуры из массива симметричных программируемых исполнительных блоков — EU (execution units), для обработки потоков графики и видео. В отличие от архитектуры прежнего поколения, где функции каждого модуля были ограничены определёнными задачами, новый чип позволяет обеспечивать динамическую обработку данных и легко переключается или на обработку графики, или видео контента (декодирование и пост-обработку). Тактовая частота чипов семейства Graphics Media Accelerator 3000—667 МГц.

В дополнение к выше перечисленным возможностям GMA3000 необходимо упомянуть реализацию технологии Intel Clear Video Technology — программно-аппаратного решения для обработки видео с улучшенным качеством воспроизведения видео высокой четкости, улучшенным преобразованием чересстрочной развертки и расширенными возможностями управления цветом ProcAmp.

Технология Intel Clear Video Technology обеспечивает декодирование MPEG-2 (iDCT + компенсация движения) с поддержкой до двух потоков — одного HD и одного SD; адаптивный по-пиксельный деинтерлейсинг (SD/HD-1080i), управление настройками яркости, насыщенности, контрастности (ProcAmp), поддержку дисплеев RGB (QXGA), HDMI, UDI, DVI, HDTV (1080i/p, 720p); композитного, компонентного, S-Video (через Intel Serial Digital Video Out), ТВ выходов. Поддерживаемые соотношения сторон экрана — 16:9, 4:3, максимально поддерживаемое разрешение — 2048 x 1536 @ 75 Гц, RGB (QXGA), гарантирована работа в системах под управлением Microsoft Windows Vista, Microsoft Windows XP, 64-битной Windows XP, Media Center Edition, Windows 2000, Linux (XFree86).

Впервые в интегрированной графике Intel заявлена встроенная поддержка интерфейса High Definition Multimedia Interface (HDMI) обеспечивающего передачу несжатого видеосигнала в формате HD и несжатого многоканального звука по одному кабелю, с поддержкой всех HD форматов, в том числе 720p, 1080i и 1080p. Типичные южные мосты, рекомендуемые для чипсета G965 — ICH8, ICH8 RAID (ICH8R) и ICH8 Digital Home (ICH8DH).

Intel Q965 (Broadwater G) и Q963 Express (Broadwater GF)

Наборы логики Intel Q965 и Q963 Express, как и другие в серии, выполнены в 1202-контактном корпусе FCBGA, обладают большинством схожих функциональных возможностей, однако специфическое позиционирование этих чипсетов в качестве основы для корпоративных ПК с технологией Intel vPro обуславливают наличие уникальных характеристик вроде поддержки технологии Intel Virtualization.

Чипсеты Intel Q965 Express и Intel Q963 Express рекомендованы для использования с процессорами Intel Core2 Duo с технологией VT, Pentium D серии 900 с технологией VT, Pentium 4 с технологией HT, а также с другими чипами Intel Pentium и Celeron под разъём LGA775. По аналогии с другими чипсетами серии, логика Q965 и Q963 поддерживает FSB 1066/800/533 МГц, двухканальные модули памяти DDR2 800/667/533 (4 модуля DIMM, 2 модуля на канал), до 8 Гб; технологии Intel Fast Memory Access, Intel Flex Memory, Intel Quiet System и возможность отключать порты USB; звук Intel High Definition Audio; в комплекте с южными мостами ICH8R и ICH8DO поддерживается Intel Matrix Storage (6 SATA 3 Гбит/с и eSATA).

Оба чипсета оснащены интегрированной графикой Intel Graphics Media Accelerator 3000 (Intel GMA 3000) с поддержкой подключения двух независимых дисплеев и мультимедийных карт расширения, при этом ключевое различие между чипсетами в том, что Q965 обладает интерфейсом PCI Express x16 для поддержки внешней графики, а Q963 этого интерфейса лишён.

Ещё одно ключевое отличие Q965 — поддержка технологии Intel Active Management (Intel AMT), в сочетании с южным мостом ICH8DO — также с функцией защиты системы. Технология Intel AMT подразумевает поддержку дистанционного управления сетевыми системами в любом состоянии, позволяет повысить эффективность IT-инфраструктуры и управления активами, а также безопасность и готовность системы. Функция защиты системы помогает блокировать программные атаки, изолировать инфицированные клиентские ПК от сети и заранее оповещать IT-специалистов об отсутствии важных программных агентов.

4 СОВРЕМЕННЫЕ НАБОРЫ МИКРОСХЕМ INTEL

4.1 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 845, 848, 850

Процессоры **Pentium® 4** изготовленные по **0.13-** или **0.18-**микронным технологиям (478 Flip Chip Pin Grid Array — FCPGA) с применением мультимедийные технологии микроархитектуры **Intel® NetBurst®**.

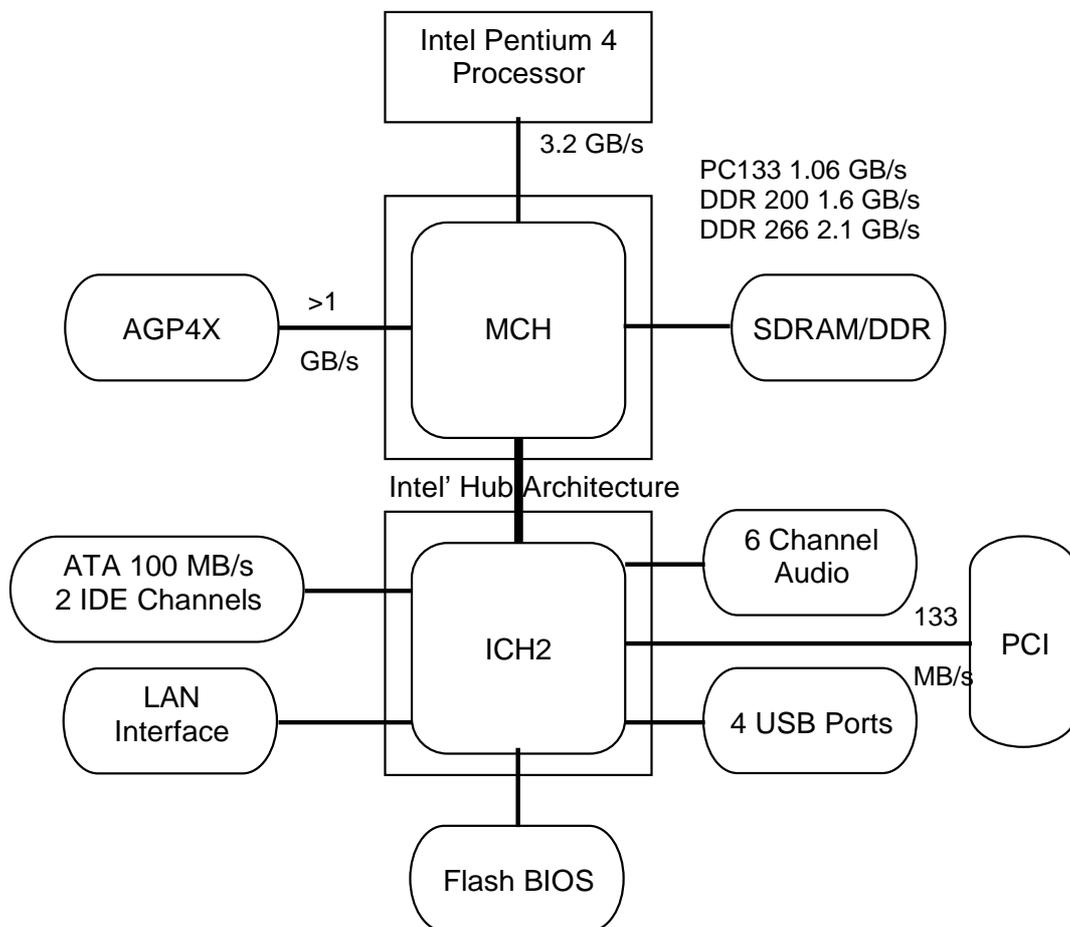


Рис. 4.1

Набор микросхем Intel® 845 построен по хабовой архитектуре Intel и состоит из двух контроллер-концентраторов:

Контроллер-концентратор памяти 82845 (MCH) обеспечивает поддержку памяти типа **PC133/ DDR200/ DDR266 SDRAM** с частотой системной шины **400 МГц** (256 битная внутренняя система обмена данными) и **1.5-вольтовой** шины

AGP 4X. Исполнение — (593 Flip Chip Ball Grid Array — FCBGA).

Контроллер-концентратор ввода/вывода 82801BA (ICH2) устанавливает прямой канал связи с графической системой и памятью для более быстрого доступа к периферийным устройствам (ICH2 уже широко распространен в ПК — в наборах микросхем Intel® 815, Intel® 810 и Intel® 850). Исполнение — (360 Enhanced Ball Grid Array — EBGA).

Новая корпусная технология позволяет добиться снижения тепловыделения обеспечивая надежное охлаждение.

Два контроллера USB позволяют повысить скорость обмена данными с периферийными устройствами до 24 Мбит/с при поддержке четырех портов USB.

Контроллер AC97 имеет 6 звуковых каналов, поддерживает объемное звучание.

Интерфейс подключения к локальной сети (LCI) обеспечивает гибкие сетевые решения, такие как возможность управления домашней телефонной линией, работой с сетью 10/100 Ethernet и объединенной сетью 10/100 Ethernet с LAN.

Технология Intel® SingleDriver™ поддерживает множество различных продуктов для упрощения подключения к сети и облегчает их внедрение.

Функция Alert on LAN 1.0 Генерирует сообщение в случае отказа ПО или при несанкционированном вторжении в систему, даже при отсутствии ОС или отказе системы.

Два контроллера Ultra ATA/100 в сочетании с набором драйверов Intel® Application Accelerator обеспечивают высокую скорость обмена данными с накопительными устройствами IDE.

ПО Intel® Application Accelerator позволяет повысить производительность системы за счет сокращения времени начальной загрузки и ускорения дискового ввода/вывода.

Плата-расширитель сети и коммуникационных каналов (CNR — Communications Network Riser Card) обеспечивает гибкость конфигурации системы, позволяя подключать аудио-, сетевую карту или модем.

Режим пониженного энергопотребления (sleep mode).

Набор микросхем Intel® 845 E

- Системная шина с частотой 533 и 400 МГц.
- Архитектура Intel® на основе концентратора.
- Память **DDR 200/ 266 SDRAM**.
- Интерфейс AGP4X.
- Гибкие варианты подключения к сети с использованием технологии **Intel® SingleDriver™**.
- **Alert on LAN* 1.0**.
- Высокоскоростная шина **USB 2.0** (6 портов) с пропускной способностью 480 Мбит/с.
- Интерфейс **Ultra ATA/100** жестких дисков.
- **Intel® Application Accelerator**. Программное обеспечение, ускоряющее загрузку операционной системы и приложений.
- Контроллер **AC'97** шести звуковых каналов.
- Два блока обработки звука, работающих в режиме **DMA**.
- Плата **Communications Network Riser**.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.
- Набор микросхем Intel® 845E-**82801DB ICH4** исполнения **421-pin Micro Ball Grid Array (µBGA)**.

Набор микросхем Intel® 845 PE

Имеет следующие отличия:

- Набор микросхем Intel® 845PE для процессора Intel® Pentium® 4 без встроенного графического ядра рассчитан на совместную работу с памятью типа **DDR 333**.
- Системная шина с частотой **533 и 400 МГц**.
- Поддержка технологии **Hyper-Threading**.
- Память типа **DDR 333/266 SDRAM**.
- Функция **Alert on LAN 2.0**.
- Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — шесть портов — 480 МБ/с.
- Контроллер **AC97** имеет 6 звуковых каналов, поддерживает **Dolby Digital 5.1**.
- Карта **CNR** — Communications Network Riser Card дает широкие возможности выбора конфигураций благодаря совмещению на одной плате расширения интерфейсов **USB**, локальной сети и звуковой подсистемы.

- Контроллер-концентратор Intel® 82801DB (ICH4) выполнен в корпусе **421 MBGA**.

Набор микросхем Intel® 845 G

- Системная шина с частотой 533 и 400 МГц.
- Технология Intel® Extreme Graphics.
- Архитектура Intel® на основе концентратора Раздельные каналы передачи данных.
- Память **DDR 266/ 200** или **PC133 SDRAM**.
- Интерфейс **Intel® Dynamic Video Output** возможности вывода изображения (цифровое, ЭЛТ или ТВ) на одном разъеме AGP.4X.
- Гибкие варианты подключения к сети с использованием технологии **Intel® SingleDriver™**.
- **Alert on LAN* 2.0** — Формирует предупредительный сигнал при отказе ПО или вскрытии системы, даже в отсутствие ОС или в режиме ожидания.
- Высокоскоростная шина **USB 2.0** (6 портов).
- Интерфейс **Ultra ATA/100** жестких дисков.
- **Intel® Application Accelerator** ускоряет загрузку операционной системы и приложений.
- Контроллер **AC'97** шести звуковых каналов одновременно с модемным соединением.
- Плата **Communications Network Riser**.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.
- Контроллер-концентратор памяти **82845G GMCH** исполнение — **760 Flip Chip Ball Grid Array (FCBGA)**.

Набор микросхем Intel® 845 GL

- Поддерживает работу процессоров **Intel® Celeron®** с частотой системной шины **400 МГц**. Будет также поддерживать процессоры **Intel® Pentium® 4** с частотой системной шины **400 МГц**.
- Технология **Intel® Extreme Graphics** — графическая архитектура, поддерживающая интерфейсы программирования, открывающие возможность для создания реалистических сред и персонажей.

- Архитектура Intel® на основе концентратора. Раздельные каналы передачи данных.
- **Intel® SingleDriver™** — Гибкие варианты подключения к локальной сети с использованием технологии.
- **Alert on LAN 2.0** формирует предупредительный сигнал при отказе ПО или вскрытии системы, даже в отсутствие ОС или в режиме ожидания.
- Высокоскоростная шина **USB 2.0**.
- Интерфейс **Ultra ATA/100**.
- **Intel® Application Accelerator** — программное обеспечение, специально разработанное для ускорения загрузки операционной системы и приложений.
- Контроллер **AC'97** — пространственное звучание благодаря поддержке шести звуковых каналов одновременно с модемным соединением.
- Карта **Communications Network Riser** совмещает на одной плате расширения интерфейсы USB, локальной сети и звуковой подсистемы.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801DB (ICH4) выполнен в корпусе **421 MBGA**.

Набор микросхем Intel® 845 GV

- Системная шина с частотой **533 и 400 МГц**.
- Поддержка технологии **Hyper-Threading**.
- Поддержка памяти **DDR 266/200/PC133 SDRAM**.
- Новейшая графическая подсистема **Intel® Extreme Graphics** устраняет необходимость во внешней графической карте.
- **Функция Alert on LAN 2.0** Генерирует сообщение в случае отказа ПО или при несанкционированном вторжении в систему, даже при отсутствии ОС, отказе системы или в режиме ожидания.
- Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — шесть портов обеспечивают передачу данных со скоростью до **480 МБ/с** для ресурсоемких устройств ввода/вывода.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801DB (ICH4) выполнен в корпусе **421 MBGA**.

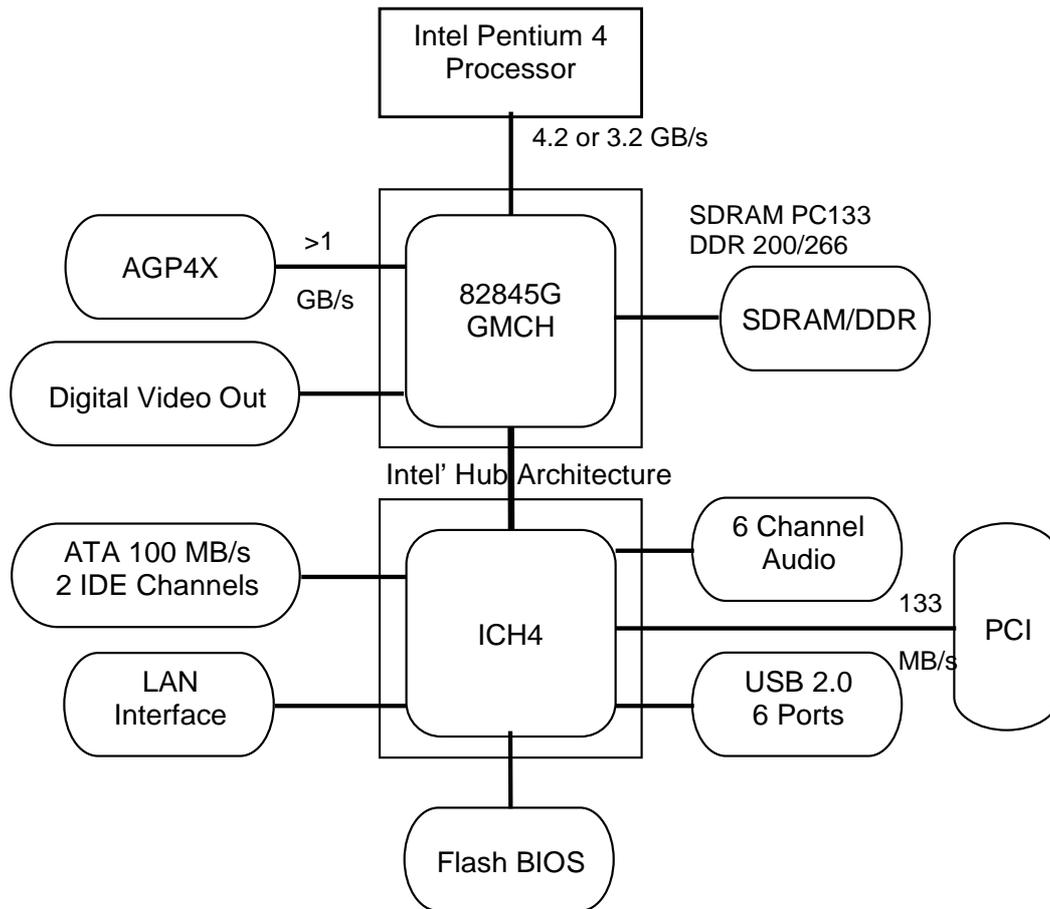


Рис. 4.2

Набор микросхем Intel® 845 GE

- Системная шина с частотой **533 и 400 МГц**.
- Поддержка технологии **Hyper-Threading**.
- Технология **Intel® Extreme Graphics**.
- Память типа **DDR 333/ 266 SDRAM**.
- **DVO-интерфейс Intel®** Максимальные возможности вывода изображения (цифровое, ЭЛТ или ТВ) на одном разъеме **AGP 4X**.
- **Alert on LAN 2.0**.
- Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — 6 портов.
- Интерфейс **Ultra ATA/100**.
- **Intel® Application Accelerator**.
- **AC'97** — оддержка объемного звука Dolby Digital 5.1; 6 каналов.
- Карта **Communications Network Riser**.

- Контроллер-концентратор памяти Intel® 82845GE (GMCH) выполнен в корпусе **760-pin FCBGA**.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801DB (ICH4) — **421-pin MBGA**.

Набор микросхем Intel® 848P

- Системная шина 800/ 533/ 400 МГц.
- Поддержка технологии Hyper-Threading.
- Хаб-архитектура Intel®.
- Раздельные каналы передачи данных.
- Память типа DDR 400/ 333/ 266 SDRAM.
- Интерфейс AGP 8X.
- Встроенная высокоскоростная шина USB 2.0 — 8 портов
- Два независимых контроллера Serial ATA и классический интерфейс Ultra ATA/100.
- Контроллер AC '97 — поддержка объемного звука Dolby* Digital 5.1, шесть каналов.
- Архитектура Intel® Communication Streaming.
- Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта Gigabit Ethernet на основе медного кабеля.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.
- Процессор Intel® Pentium® 4 (478-pin FCPGA).
- Контроллер-концентратор памяти Intel® 82848P — 932-pin FCBGA.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801EB (ICH5)/ 82801ER (ICH5R) — 460-pin BGA.

Характеристики набора микросхем Intel® 850

- Для процессора Intel® Pentium® 4 с частотой системной шины **400 МГц**.
- Хаб-архитектура Intel® NetBurst®.
- Двухканальная память **PC800 RDRAM** обеспечивает пропускную способность до **4,0 Гб/с**.
- Интерфейс **AGP4X**.
- Интерфейс подключения к локальным сетям Intel® **SingleDriver™**.
- Функция **Alert on LAN 2.0**.

- Два контроллера **USB** обеспечивают повышение пропускной способности до 24 Мбит/с — на 4 портах.
- **Ultra ATA/100.**
- **Intel® Application Accelerator** повышает производительность дисков АТА по сравнению со стандартными драйверами.
- **Контроллер АС'97** использует 6 каналов.
- Плата-расширитель сети и коммуникационных каналов (**Communications Network Riser Card**).
- Режим пониженного энергопотребления (**sleep mode**).
- Северный мост **82850 MCH** (615-контактный OLGA).
- Южный мост **82801BA ICH2** (360-контактный EBGA).

4.2 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 865, 875

Набор микросхем Intel® 865P

- Процессор Intel® Pentium® 4 (478-pinFCPGA).
- Контроллер-концентратор памяти и графической подсистемы Intel® 82865P — 760-pin FCBGA.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801EB (ICH5)/82801ER (ICH5R) — 460-pin BGA.
- Системная шина с частотой 533/ 400 МГц.
- Поддерживает процессор Intel® Pentium® 4.
- Поддержка технологии Intel® Hyper-Threading.
- Хаб-архитектура Intel®.
- Двухканальная память типа DDR 333/ 266 SDRAM.
- Интерфейс AGP 8X.
- Встроенная высокоскоростная шина USB 2.0 — 8 портов.
- Два независимых контроллера Serial ATA и классический Ultra ATA/100.
- Технология Intel® RAID.
- Контроллер АС '97 — Поддержка объемного звука Dolby Digital 5.1, шесть каналов.
- Архитектура Intel® Communication Streaming.
- Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта Gigabit Ethernet.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.

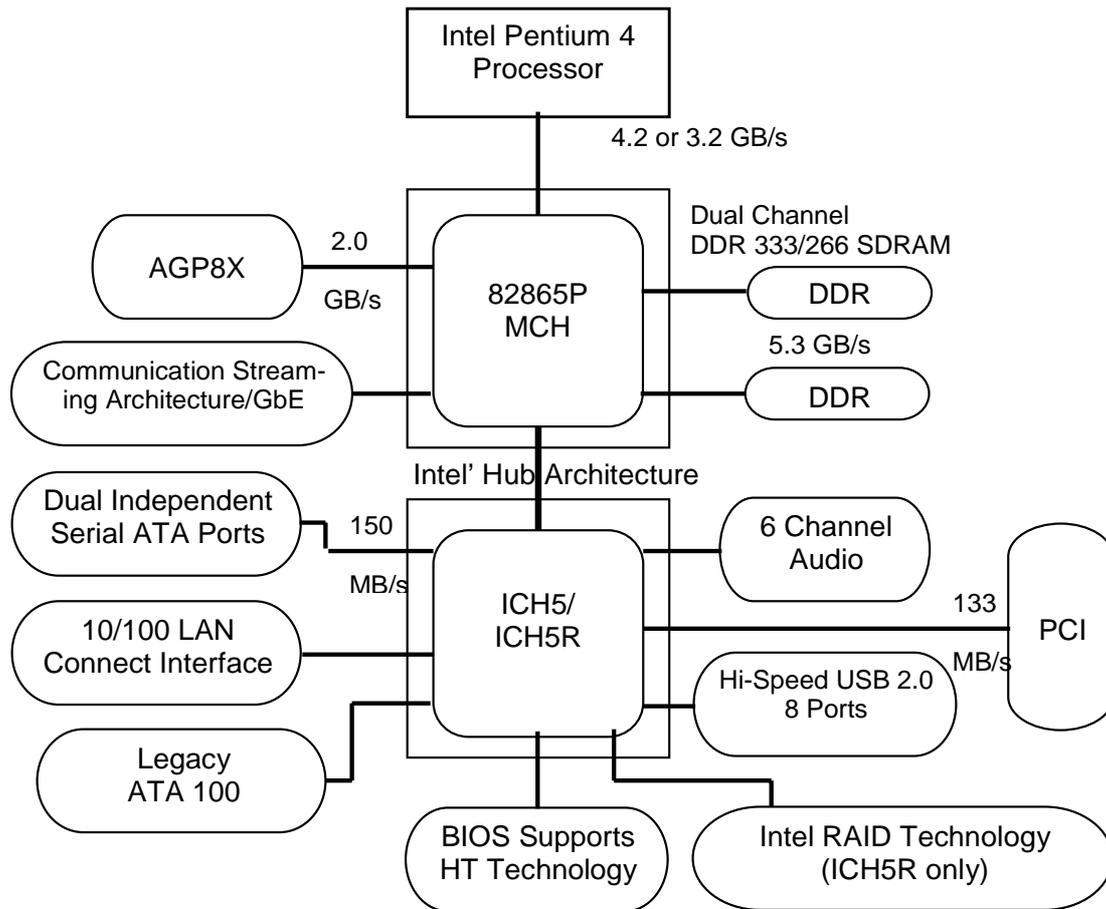


Рис. 4.3

Набор микросхем Intel® 865PE

- Процессор Intel® Pentium® 4 (478-pinFCPGA).
- Контроллер-концентратор памяти и графической подсистемы Intel® 82865PE — 760-pin FCBGA.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801EB (ICH5)/82801ER (ICH5R) — 460-pin BGA.
- Системная шина с частотой 800/ 533/ 400 МГц.
- Поддержка технологии Intel® Hyper-Threading.
- Хаб-архитектура Intel®.
- Двухканальная память типа DDR 400/ 333/ 266 SDRAM.
- Интерфейс AGP 8X.
- Встроенная высокоскоростная шина USB 2.0 — 8 портов.
- Два независимых контроллера Serial ATA.
- Интерфейс Ultra ATA/100.
- Контроллер AC '97 — Поддержка объемного звука Dolby Digital 5.1, шесть каналов.

- Архитектура Intel® Communication Streaming.
- Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта Gigabit Ethernet.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.

Набор микросхем Intel® 865G

- Процессор Intel® Pentium® 4 — 478-pin FCPGA.
- Контроллер-концентратор памяти и графической подсистемы Intel® 82865G — 760-pin FCBGA.
- Контроллер-концентратор Intel® 82801EB (ICH5)/ 82801ER (ICH5R) — 460-pin BGA.
- Системная шина с частотой 800/ 533/ 400 МГц.
- Поддержка технологии Intel® Hyper-Threading.
- Технология Intel® Extreme Graphics 2 — графическая подсистема с архитектурой четвертого поколения.
- Хаб-архитектура Intel®.

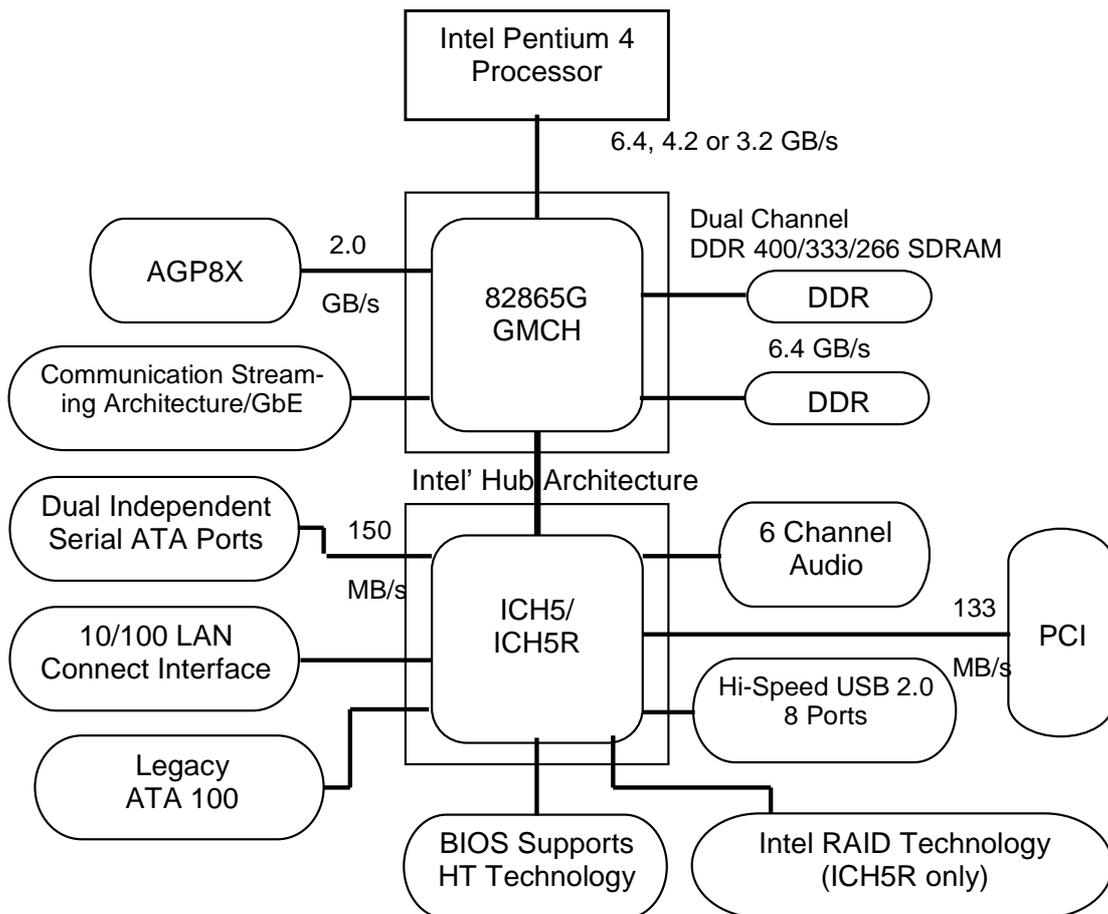


Рис. 4.4

- Двухканальная память типа **DDR 400/ 333/ 266 SDRAM**.
- Интерфейс **Intel® Dynamic Video Output** — два порта **DVO** обеспечивают отображение информации (на мониторе или экране ТВ) через стандартный разъем AGP.
- Интерфейс **AGP 8X**.
- Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов.
- Два независимых контроллера **Serial ATA** и классический **Ultra ATA/100**.
- Технология **Intel® RAID**.
- Контроллер АС '97 — поддержка объемного звука **Dolby Digital 5.1**, шесть каналов.
- Архитектура **Intel® Communication Streaming**.
- Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта **Gigabit Ethernet**.
- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.

Набор микросхем Intel® 865GV

- Процессор **Intel® Pentium® 4** — 478-pin FCPGA.
- Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82865GV** — 932-pin FCBGA.
- Контроллер-концентратор **Intel® 82801EB (ICH5)/82801ER (ICH5R)** — pin BGA.
- Системная шина с частотой **800/ 533/ 400 МГц**.
- Поддержка технологии **Intel® Hyper-Threading**.
- Технология **Intel® Extreme Graphics 2** — графическая подсистема с архитектурой четвертого поколения.
- Хаб-архитектура Intel®.
- Двухканальная память типа **DDR 400/ 333/ 266 SDRAM**.
- Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов устройств.
- Два независимых контроллера **Serial ATA** и классический **Ultra ATA/100**.
- Технология **Intel® RAID**.
- Контроллер АС '97 — поддержка объемного звука **Dolby Digital 5.1**, шесть каналов.
- Архитектура **Intel® Communication Streaming**.
- Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта **Gigabit Ethernet**.

- Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.

Набор микросхем Intel® 875P

- Поддерживает **800-МГц системную шину** и технологию Intel® Performance Acceleration Technology (PAT) с двухканальной памятью.
 - Процессор **Intel® Pentium® 4** — 478-pin FCPGA.
 - Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82875P MCH** — 1005-pin FCBGA.
 - Контроллер-концентратор **Intel® 82801EB (ICH5)/82801ER (ICH5R)** — pin BGA.
 - Системная шина с частотой **800 и 533 МГц**.
 - Поддержка технологии **Intel® Hyper-Threading**.
 - Технология **Intel® Performance Acceleration** — повышенная производительность памяти и всей системы в целом благодаря оптимизации каналов памяти.
 - Хаб-архитектура Intel®.
 - Двухканальная память типа **DDR 400/ 333 SDRAM** с поддержкой функции **ECC**.
 - Интерфейс **AGP 8X**.
 - Встроенная высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов.
 - Два независимых контроллера **Serial ATA** и классический **Ultra ATA/100**.
 - Технология **Intel® RAID**.
 - Контроллер **AC '97** — поддержка объемного звука **Dolby Digital 5.1**, шесть каналов.
 - Архитектура **Intel® Communication Streaming**.
 - Выделенная сетевая шина для производительных сетей стандарта **Gigabit Ethernet**.
 - Режим ожидания с пониженным энергопотреблением.

4.3 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 910, 915

Набор микросхем Intel® 910GL Express

- Процессор **Intel® Pentium® 4** в корпусе **LGA 775**—478-pin (FCPGA).

- Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82910G GMCH** — 1210-pin (FCBGA).
- Контроллеры-концентраторы **Intel® ICH6, ICH6R** — 609-pin (mBGA).
- Системная шина с частотой **533 МГц**.
- Поддержка технологии **Hyper-Threading**.
- Графический адаптер **Intel® Graphics Media Accelerator 900** (GMA 900).
- Интерфейс **PCI Express x1** обеспечивает скорость более чем в **500 МБ/с**.
- Двухканальная память типа **DDR 400/ 333** в конфигурациях с объемом ОЗУ до **2 Гб**.
- Интерфейс **DMI** — последовательная шина точка-точка обеспечивает скорость обмена данными между памятью и контроллерами ввода/вывода до **2,0 Гб/с**.

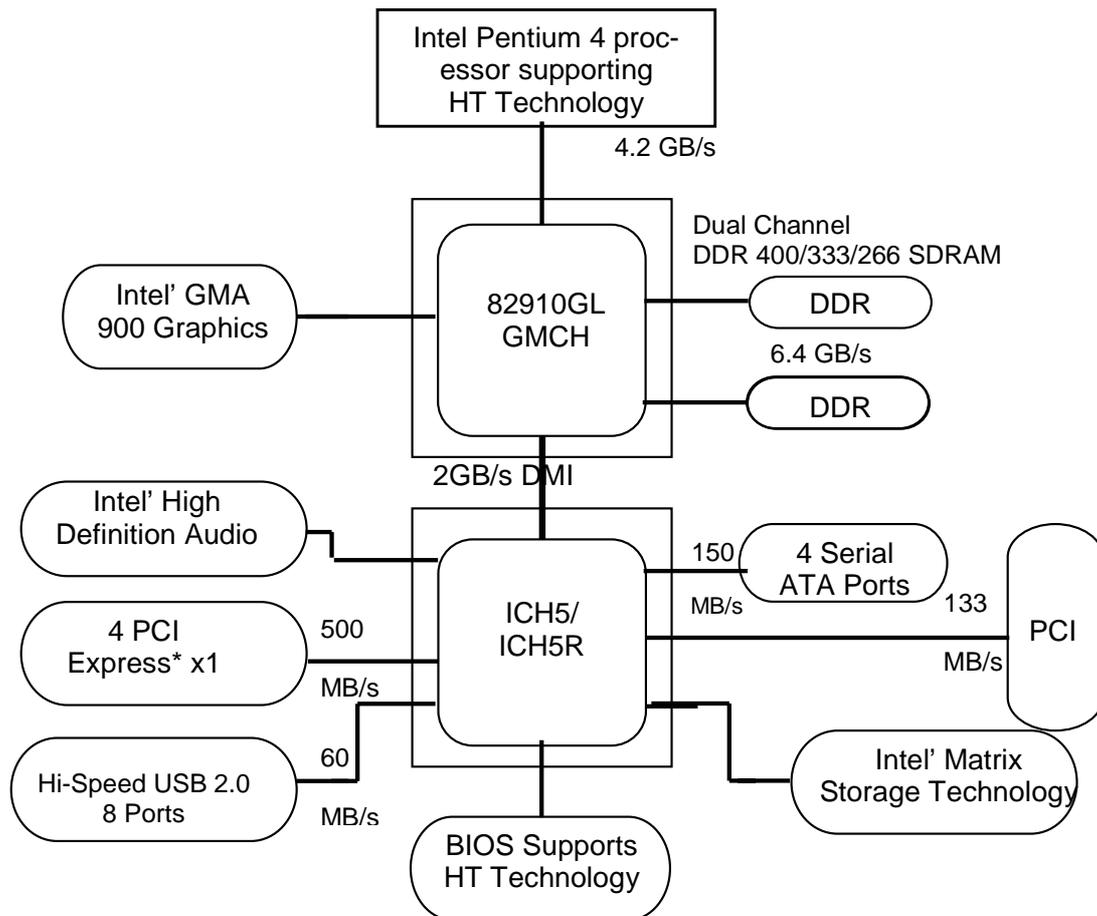


Рис. 4.5

- Технология **Intel® High Definition Audio** — поддержка мультимедийных форматов, в том числе **7-канального** формата **Dolby Digital** и **DTS**. Поддержка аудиокодеков, обеспечивающих качество звука до **192 кГц**, поддержка воспроизведения нескольких потоков, улучшенное качество ввода речи для система распознавания речи и IP-телефонии.

- Технология **Intel® Matrix Storage** с контроллером **ICH6R** — увеличение производительности подсистемы хранения данных с помощью массива **RAID 0** и защита электронных материалов с помощью массива **RAID 1** на одних и тех же жестких дисках. Улучшенный интерфейс **AHCI** еще больше увеличивает производительность благодаря встроенной функции определения очередности команд, а также поддерживает горячую замену жестких дисков.

- **4 порта Serial ATA (SATA/150)** обеспечивает скорость передачи данных до **150 МБ/с** на каждом из четырех портов. Интерфейс **Ultra ATA/100** — поддерживает жесткие и оптические диски.

- Высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов.

- Два порта **Intel® SDVO** обеспечивают возможность подключения самых разнообразных дисплеев (в том числе цифровых мониторов с электронно-лучевой трубкой и телевизоров) к разъему **PCI Express x16**.

Набор микросхем Intel® 915P Express

- Процессор **Intel® Pentium® 4** (Корпус LGA 775).
- Системная шина с частотой **800/533 МГц**.
- Поддержка технологии **Intel® Hyper-Threading**.
- Контроллер-концентратор **Intel® 82915P MCH** (1210-pin FCBGA).

- Контроллеры-концентраторы **Intel® ICH6, ICH6R** (609-pin MBGA).

- Графическое решение **PCI Express x16** обеспечивает скорость до **4 Гб/с** в каждом направлении.

- Подсистема ввода/вывода **PCI Express x1** обеспечивает скорость более чем в **500 МБ/с**.

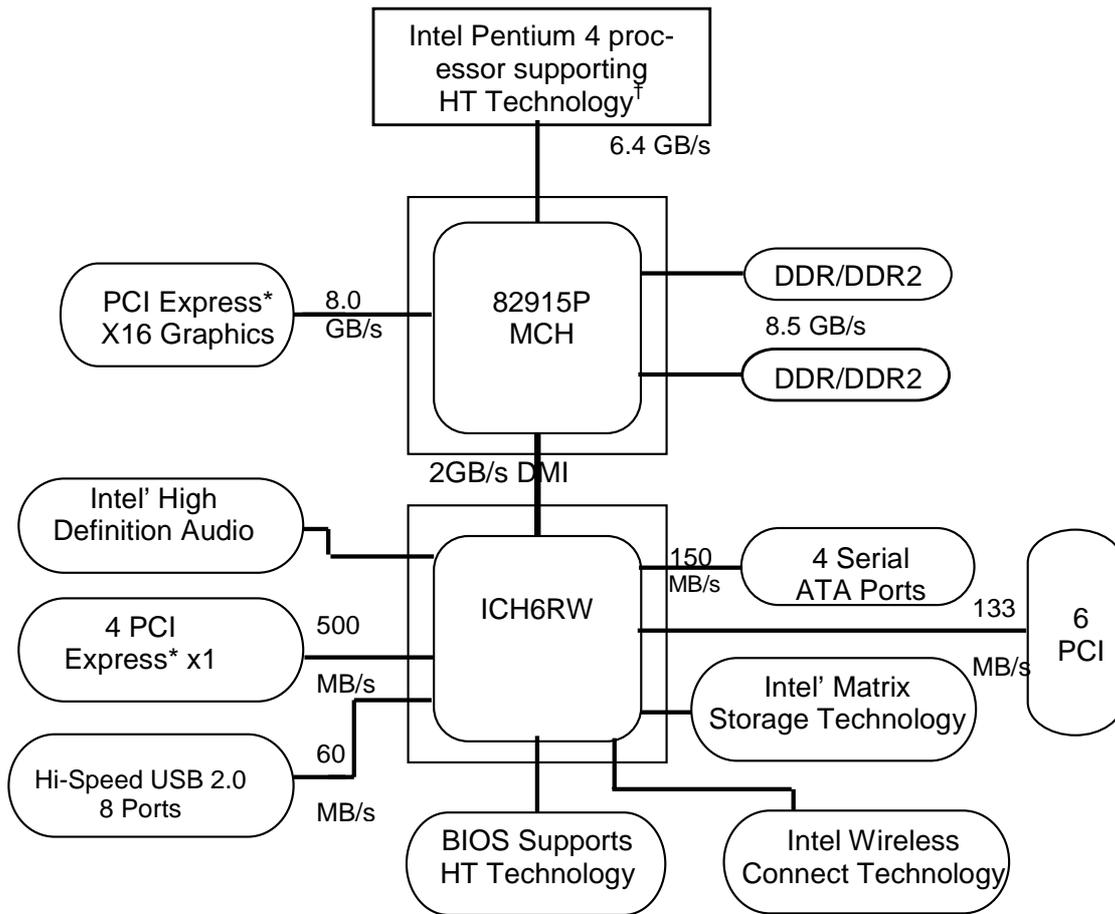


Рис. 4.6

- Двухканальная память типа **DDR2 533/ DDR2 400** или **DDR400/ DDR333** в конфигурациях с объемом оперативной памяти до **4 Гб**.

- **Интерфейс DMI** Новая последовательная шина точка-точка обеспечивает скорость обмена данными между памятью и контроллерами ввода/вывода до **2,0 Гб/с** в обоих направлениях.

- Технология Intel® **High Definition Audio** — поддержка новых мультимедийных форматов: 7.1-канального формата объемного звучания, **Dolby Digital** и **DTS**, поддержка аудиокодеков, обеспечивающих качество звука до **192 кГц**, поддержка воспроизведения нескольких потоков.

- Технология **Intel® Matrix Storage** только с контроллерами ICH6R или RW.

- Увеличивает производительность жестких дисков с помощью технологии **RAID 0** и защищает данные с помощью технологии **RAID 1**, применяя их на одних и тех же дисках. Интер-

фейс **АНСИ** повышает производительность благодаря интеграции очередности команд и обеспечивает поддержку горячей установки и замены жестких дисков.

- 4 порта **Serial ATA (SATA/150)** обеспечивает скорость передачи данных до **150 МБ/с** на каждом из четырех портов. Упрощает установку новых дисков и поддерживает оптические диски SATA с четырьмя портами SATA/150.

- Интерфейс **Ultra ATA/100** Поддерживает стандартные жесткие диски и оптические диски.

- Высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов.

Набор микросхем Intel® 915G Express

- Гибкость **графических решений** данного чипсета обеспечивается благодаря поддержке интегрированных графических адаптеров **Intel® Graphics Media Accelerator (GMA) 900**, поддерживающих широкоэкранные жидко-кристаллические дисплеи и ускорение трехмерной графики **DirectX* 9 3D**, а также поддержке установки внешних графических адаптеров с интерфейсом **PCI Express**.

- Чипсет 915G Express отличается от модели 915P Express добавлением графических устройств:

- 1) в контроллер-концентратор памяти **Intel® 82915G GMCH** (1210-pin FCBGA) интегрирован графический адаптер **Intel® Graphics Media Accelerator 900** (Графическое решение **Intel® GMA 900**);

- 2) он также содержит два порта **Intel® SDVO**, обеспечивающих возможность подключения самых разнообразных дисплеев (в том числе цифровых мониторов с электронно-лучевой трубкой и телевизоров) к разъему PCI Express x16.

Набор микросхем Intel® 915GV Express

- Контроллер-концентратор Intel® 82915GV GMCH (1210-pin FCBGA) содержит вместо графического решения **PCI Express x16** (со скоростью до **4 Гб/с** в каждом направлении) более простой графический адаптер **Intel® Graphics Media Accelerator 900** (Графическое решение **Intel® GMA 900**).

4.4 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 925X Express

Набор микросхем Intel® 925X Express

- Относится к классу наборов микросхем для производительных настольных ПК благодаря поддержке чипсетом Intel® 925X Express технологии **Intel® Extended Memory 64 Technology (Intel® EM64T)**, что позволяет использовать 64-разрядную адресацию памяти, являющуюся расширением архитектуры Intel IA-32 для рабочих станций.
- Процессор **Intel® Pentium® 4** (Корпус LGA 775).
- Системная шина с частотой **800 МГц**.
- Поддержка технологии **Intel® Hyper-Threading**.
- Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82925X MCH** (1210-pin FCBGA).
- Контроллеры-концентраторы ввода-вывода **Intel® ICH6, ICH6R** (609-pin MBGA).

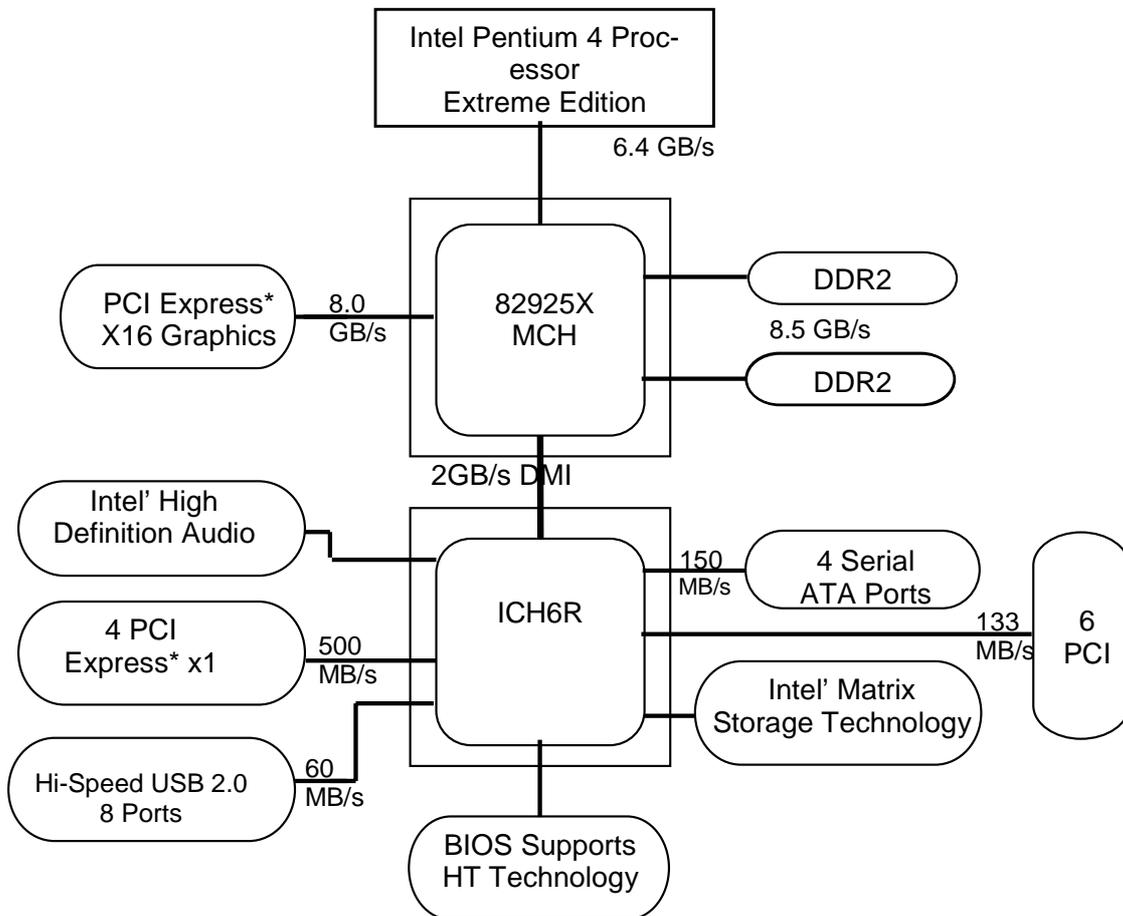


Рис. 4.7

- Графическое решение PCI Express x16 обеспечивает скорость до 4 Гб/с в каждом направлении.
- Подсистема ввода/вывода PCI Express x1 обеспечивает скорость более чем в 500 МБ/с.
- Поддержка двухканальной памяти DDR2 533/ DDR2 400 с пропускной способностью до 8,5 Гб/с, в конфигурациях с объемом оперативной памяти до 4 Гб.
- Внутренний интерфейс DMI — обмен данными между памятью и контроллерами ввода/вывода до 2,0 Гб/с в обоих направлениях.
- Технология Intel® **High Definition Audio** — поддержка новых мультимедийных форматов: 7.1-канального формата объемного звучания, **Dolby Digital** и **DTS**, поддержка аудиокодеков, обеспечивающих качество звука до **192 кГц**, поддержка воспроизведения нескольких потоков.
- Технология **Intel® Matrix Storage** только с контроллерами ICH6R или RW.
- Увеличивает производительность жестких дисков с помощью технологии **RAID 0** и защищает данные с помощью технологии **RAID 1**, применяя их на одних и тех же дисках. Интерфейс **AHCI** повышает производительность благодаря интеграции очередности команд и обеспечивает поддержку горячей установки и замены жестких дисков.
- 4 порта **Serial ATA (SATA/150)** обеспечивает скорость передачи данных до **150 МБ/с** на каждом из четырех портов. Упрощает установку новых дисков и поддерживает оптические диски SATA с четырьмя портами SATA/150.
- Интерфейс **Ultra ATA/100** Поддерживает стандартные жесткие диски и оптические диски.
- Высокоскоростная шина **USB 2.0** — 8 портов.

Набор микросхем Intel® 925X Express

- Процессор **Intel® Pentium® 4** (в корпусах LGA 775 и FCPGA 478).
- Системная шина с частотой **1066 МГц** обеспечивает поддержку новейших процессоров Intel® **Pentium® 4 Extreme Edition** с технологией HT с тактовой частотой **3,46 ГГц** и выше.

- Системная шина с частотой **800 МГц** обеспечивает поддержку процессоров Intel® Pentium® 4 с технологией НТ.
- Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82925XE GMCH** (1210-pin FCBGA)
- Контроллеры-концентраторы **Intel® семейства ICH6** (609-pin mBGA).
- **Гибкая система управления памятью**, с поддержкой двухканальной памяти типов **DDR2 533/ DDR2 400**, обеспечивает пропускную способность памяти до **8,53 Гб/сек**. Максимальный возможный объем оперативной памяти составляет **4 Гб**.

4.5 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 945 Express и 955 Express

Набор микросхем Intel® 945P Express

- Системная шина 1066/ 800/ 533 МГц.
- Поддерживает процессоры Intel® Pentium® D, Intel® Pentium® 4 с поддержкой: технологии НТ и все другие процессоры Intel® Pentium и Intel® Celeron® для разъема LGA 775.
- Контроллер-концентратор графической системы и памяти Intel® 82945P (1202-pin FCBGA).
- PCI Express интерфейс x16 обеспечивает скорость до 4 Гб/с в каждом направлении.
- Intel® High Definition (HD) Audio — интегрированная поддержка аудио позволяет добиться высококачественного звука в домашнем кинотеатре и обеспечивает такие современные возможности, как параллельное воспроизведение нескольких потоков звука и перестраиваемые входные разъемы. Инициатива Dolby* PC Entertainment Experience1 поддерживается исключительно системами с Intel High Definition Audio.
- Технология Intel® Matrix Storage обеспечивает более быстрый доступ к цифровым фото-, видеофайлам и деловой информации с помощью RAID 0, 5 и 10, а также сохранность информации при отказе жесткого диска с помощью RAID 1, 5 и 10.
- Технология Intel® Active Management позволяет использовать удаленное управление по сети вспомогательными сетевыми устройствами вне зависимости от состояния системы.
- Serial ATA (SATA) 3 Гбит/с.

- Поддержка двухканальных модулей памяти DDR2 с частотой 667 МГц. Пропускная способность до 10,7 Гб/с; адресуемый объем оперативной памяти до 4 Гб для обеспечения быстрого отклика системы и поддержки 64-разрядных вычислений.
- Технология Intel® Flex Memory позволяет устанавливать различные объемы памяти и поддерживая двухканальный режим работы/функционирования.

Набор микросхем Intel® 945G Express

• Платформы на базе набора микросхем **Intel® 945G Express** в сочетании с процессором **Intel® Pentium® D** или **Intel® Pentium® 4** с поддержкой технологии **Hyper-Threading** и все другие процессоры **Intel® Pentium** и **Intel® Celeron®** для разъема **LGA775**.

- Системная шина **1066/ 800/ 533 МГц**.

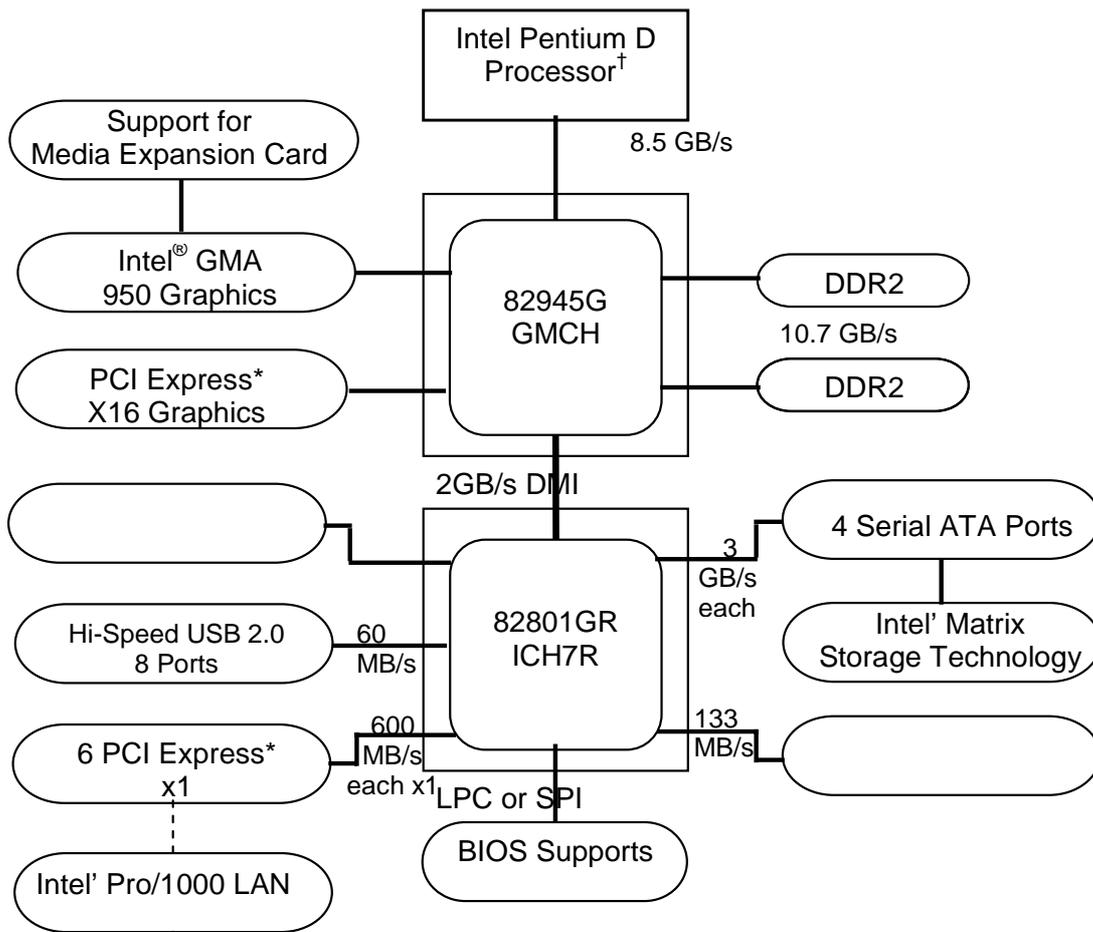


Рис. 4.8

- Контроллер-концентратор графической системы и памяти **Intel® 82945P** (1202-pin FCBGA).
- Контроллер-концентратор ввода/вывода **Intel® 82801GR** (652-pin Micro Ball Grid Array mBGA).
- **PCI Express*** интерфейс **x16** — графический канал.
- Графический адаптер **Intel® Graphics Media Accelerator 950** (GMA 950).
- **PCI Express*** интерфейс **x1** — универсальная шина 6 каналов.
- **Intel® High Definition (HD) Audio** — интегрированная поддержка аудио.
- Технология **Intel® Matrix Storage** обеспечивает сохранность информации при отказе жесткого диска благодаря поддержке **NCQ** и **RAID 0, 1, 5 и 10**.
- Технология **Intel® Active Management** позволяет использовать удаленное управление по сети вспомогательными сетевыми устройствами вне зависимости от состояния системы.
- **Serial ATA (SATA) 3 Гбит/с**.
- Поддержка двухканальных модулей памяти **DDR2** с частотой **667 МГц** и с пропускной способностью до **10,7 Гб/с** и адресуемый объем оперативной памяти до **4 ГБ** для обеспечения быстрого отклика системы и поддержки 64-разрядных вычислений.
- Технология **Intel® Flex Memory** — более гибкий выбор в наращивании оперативной памяти, позволяя устанавливать различные объемы памяти и поддерживая двухканальный режим работы/функционирования.
- Два порта **Intel Serial Digital Video Output (SDVO)** расширяют возможности вывода изображения (на цифровой монитор или телевизор) посредством существующего разъема **PCI Express* x16** с использованием интегрированного графического решения или карт расширения сторонних производителей. Карта **ADD2** расширяет возможности передачи изображения на обычный телевизор, цифровой монитор или одновременно на два монитора.

Набор микросхем Intel® 946PL/GZ Express

- Системная шина **800/533 МГц**.

- Новые наборы микросхем поддерживают процессоры **Intel® Core™2 Duo** с технологией виртуализации **Intel®**, процессоры **Intel® Pentium® D** серии **9xx**, процессоры **Intel® Pentium® 4** с технологией **Hyper-Threading** и все другие процессоры **Intel®**, устанавливаемые в разъем **LGA 775**.

- Графический интерфейс **PCI Express x16** поддерживает новейшие высокопроизводительные видеокарты и обеспечивает скорость до **4 ГБ/с** в каждом направлении.

- Поддержка двухканальной памяти **DDR2** с частотой **667 МГц** обеспечивает пропускную способность до **10,7 ГБ/с** и адресацию памяти до **8 ГБ** для получения более быстрого отклика системы и поддержки 64-разрядных вычислений.

- Порты ввода/вывода **PCI Express x1** имеют пропускную способность по **500 МБ/с** на каждый канал.

- **Intel® Graphics Media Accelerator 3000** (только в наборе микросхем **Intel® 946GZ Express**) — улучшенные возможности трехмерной графики (программные трансформы и подсветка (T&L)).

- Технология **Intel® High Definition Audio (Intel® HD Audio)**.

- Технология **Intel® Matrix Storage**.

- **Serial ATA (SATA) 3 Гб/сек.**

- Контроллер-концентратор графической системы и памяти **Intel® 82946PL/GZ** в корпусе 1202 Flip Chip Ball Grid Array (FCBGA).

Набор микросхем Intel® 955X Express

- Для двухъядерных процессоров **Intel® Pentium® Extreme Edition** (в корпусе LGA775) с технологией **Hyper-Threading**.

- Поддерживает технологию **Intel® Memory Pipeline (Intel® MPT)**, адресацию до **8 ГБ** памяти для поддержки 64-разрядных вычислительных систем и код коррекции ошибок памяти.

- Блок контроллеров памяти **Intel® 82955X** (1202 FCBGA).

- Блок контроллеров ввода/вывода **Intel® 82801GB/GR** (652 mBGA).

- Частота системной шины **800** или **1066 МГц**.

- Обеспечивает возможность **одновременного управления четырьмя потоками команд ПО**, повышая быстродействие системы и производительность в многозадачных средах.
- Интерфейс **PCI Express x16** поддерживает новейшие высокопроизводительные видеокарты и обеспечивает скорость до **4 ГБ/с** в каждом направлении.
- Порты ввода/вывода **PCI Express x1** имеют пропускную способность по **500 МБ/с** на каждый канал.
- Технология **Intel® Matrix Storage** использует технологии **RAID 0, 1, 5 и 10**.
- Технология **Intel® High Definition(HD) Audio**.
- Технология **Intel® Memory Pipeline** — расширение магистрали памяти позволяет более эффективно использовать каждый канал памяти, ускоряя обмен данными между процессором и системной памятью и повышая производительность системы.
- Поддержка двухканальной памяти **DDR2 с частотой 667 МГц** обеспечивает пропускную способность до **10,7 ГБ/с** и адресацию памяти до **8 ГБ** для получения более быстрого отклика системы и поддержки 64-разрядных вычислений.
- Технология **Intel® Flex Memory** упрощает модернизацию, позволяя использовать модули памяти разной емкости и при этом использовать двухканальный режим.
- Полный набор драйверов платформы обеспечивает высокую производительность и помогает сократить совокупную стоимость владения.
- Технология **Intel® Active Management** — поддерживает удаленное управление по сети отключенными системами, вне зависимости от их состояния. Позволяет повысить эффективность ИТ-инфраструктуры, эффективность управления ресурсами, безопасность и доступность системы.
- **Serial ATA (SATA) 3 ГБ/с**.

4.6 Обзор платформы на базе набора микросхем Intel® 965 и Intel® 975 Express

Набор микросхем Intel® 975X Express

- Набор микросхем **Intel® 975X Express** обеспечивает поддержку новейших двухъядерных процессоров, за счет **многопо-**

точного управления четырьмя потоками, получаемыми от процессора и установления приоритетов этих потоков.

- В дополнение к поддержке многопоточности, набор микросхем Intel® 975X Express обеспечивает функции **оптимизации производительности**, например, поддержку нескольких видеокарт 2x8, технологии **Intel® MPT**, адресацию до 8 ГБ памяти с поддержкой 64-разрядного режима, а также поддержку кода коррекции ошибок памяти.

- Поддерживает технологию **Intel® Viiv™** для мультимедиа приложений.

- Частота системной шины **1066 /800 МГц**.

- Поддерживает процессоры **Intel® Core™2 Extreme, Intel® Core™2 Duo, Intel® Pentium® Extreme Edition** и **Intel® Pentium® D**.

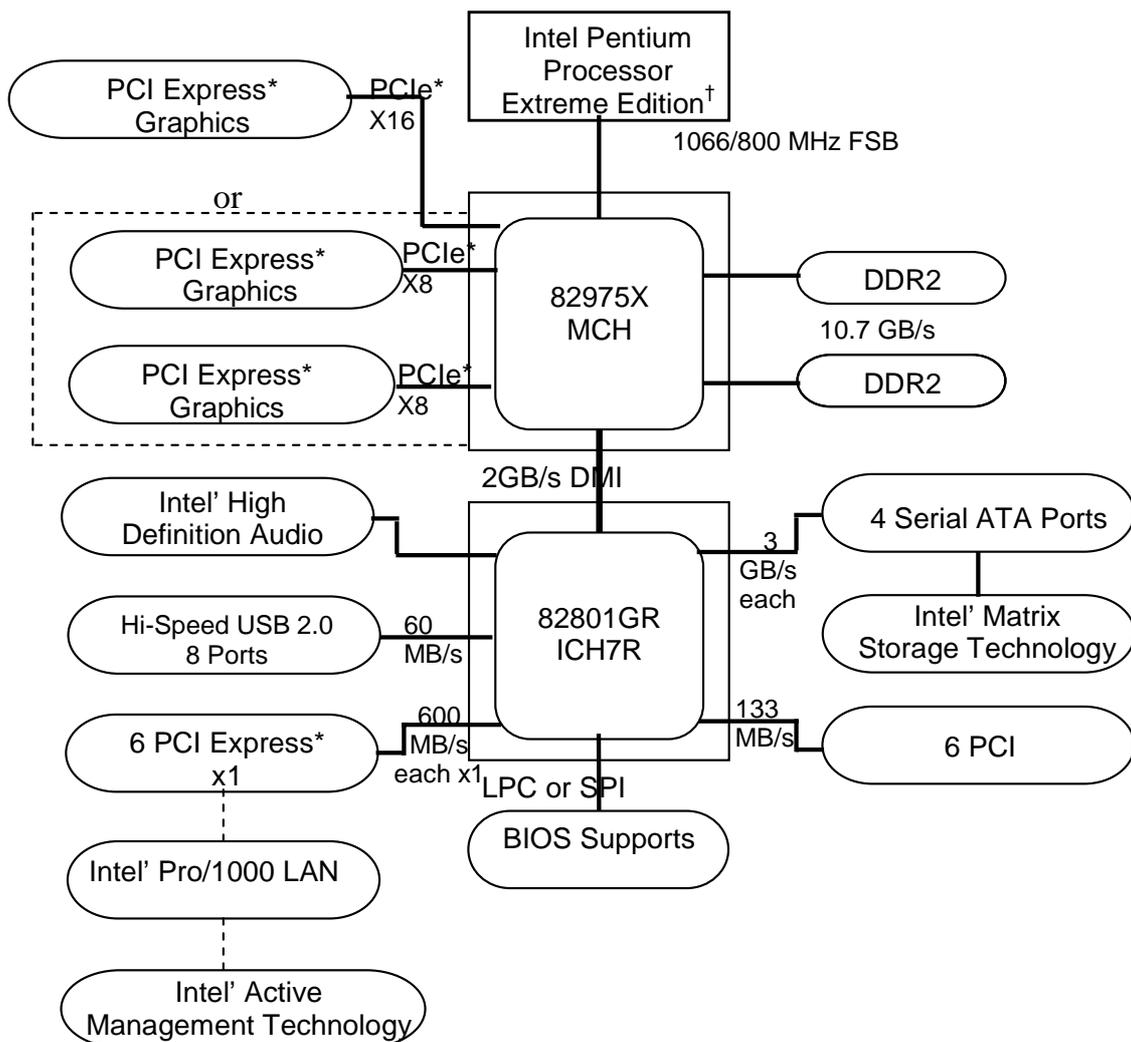


Рис. 4.9

- Контроллер-концентратор памяти **Intel® 82975X** (1202 FCBGA).
- Контроллер-концентратор ввода/вывода **Intel® 82801GB/GR/ GDH** (652 mBGA).
- Технология **Intel® MPT** — создание магистральной памяти, обеспечивающих эффективное использование каждого канала памяти и повышение скорости обмена данными между процессором и системной памятью.
- Технология **Intel® High Definition Audio** — интегрированная поддержка популярных форматов электронного звука, улучшенное качество звука и поддержка нескольких звуковых потоков.
- Интерфейс PCI Express.
- **16 дорожек PCI Express** в блоке контроллеров памяти (MCH) поддерживает новейшие высокопроизводительные видеокарты и обеспечивает скорость до **4 ГБ/с** в каждом направлении.
- **6 дорожек PCI x1** в блоке контроллеров ввода/вывода поддерживают широкий диапазон приложений и карт ввода/вывода.
- Гибкая конфигурация PCI Express: **2 контроллера PCI Express** в блоке контроллеров памяти (MCH) обеспечивают работу в режиме 1x16 или 2x8 для 16 дорожек PCI Express.
- Технология **Intel® Matrix Storage** обеспечивает улучшенный доступ к цифровым фотографиям, видеозаписям и документам с помощью массивов RAID 0, 5 и 10, а также защиту данных от неисправности жестких дисков с помощью массивов RAID 1, 5 и 10.
- **Serial ATA (SATA) 3 Гбит/с.**
- Поддержка двухканальной памяти DDR2 с пропускной способностью до 10,7 ГБ/с и адресация до **8 ГБ** памяти для улучшения быстродействия системы.
- Технология **Intel® Flex Memory** упрощает обновления, позволяя устанавливать модули памяти разной емкости, сохраняя возможность работы в двухканальном режиме.

Набор микросхем Intel® P965 Express

- Процессоры Intel® Core™2 Duo или Intel® Pentium® D и Intel® Pentium® 4 с поддержкой технологии Hyper-Threading для разъема LGA 775.

- В наборе микросхем Intel® P965 Express реализована технология Intel® Fast Memory Access и усовершенствованная магистральная архитектура контроллера-концентратора памяти (Memory Controller Hub, MCH), которая позволяет значительно повысить общую производительность системы благодаря оптимизации использования доступной пропускной способности и сокращению времени задержки при доступе к памяти. Эта усовершенствованная архитектура MCH с технологией Fast Memory Access также включает более широкие внутренние шины данных, которые поддерживают технологию двухканальной памяти DDR2 на частоте 800 МГц (пиковая пропускная способность памяти до 12,8 ГБ/сек), что обеспечивает увеличенную производительность платформы и гибкость памяти.

- Поддерживает технологию Intel® Viiv™ для мультимедиа приложений.

- Системная шина 1066/ 800/ 533 МГц.

- Интерфейс PCI Express x16 поддерживает новейшие высокопроизводительные видеокарты и обеспечивает скорость до 4 ГБ/с в каждом направлении.

- Порты ввода/вывода PCI Express x1 имеют пропускную способность по 500 МБ/с на каждый канал.

- Технология Intel® Fast Memory Access.

- Усовершенствованная магистральная архитектура контроллера-концентратора графической памяти (Graphics Memory Controller Hub, GMCH) позволяет повысить производительность системы благодаря оптимизации использования доступной пропускной способности и сокращению времени задержки при доступе к памяти.

- Позволяет включать и отключать порты USB в зависимости от необходимости. Данная функция обеспечивает дополнительную защиту данных, предотвращая незаконное изъятие или внесение данных при помощи портов USB.

- Аудиоподсистема Intel® High Definition Audio.

- Технология Intel® Matrix Storage.

- С добавлением дополнительного жесткого диска обеспечивает более быстрый доступ к цифровым фотографиям, аудио- и видеофайлам с помощью RAID-массивов уровней 0, 5 и 10, а также защиту данных жесткого диска с помощью RAID-массивов уровней 1, 5 и 10.
- Поддержка внешнего интерфейса SATA (eSATA) обеспечивает полную пропускную способность вне корпуса — до 3 ГБ/сек.
- Технология Intel® Flex Memory предоставляет пользователям более гибкий выбор в наращивании оперативной памяти, позволяя устанавливать различные объемы памяти и поддерживая двухканальный режим работы/функционирования
 - Технология Intel® Quiet System интеллектуальные алгоритмы управления системным вентилятором.
 - Контроллер-концентратор графической системы и памяти Intel® 82P965 (1202 Flip Chip Ball Grid Array FCBGA).

Набор микросхем Intel® G965 Express

- Процессор Intel® Core™2 Duo с технологией виртуализации Intel®4 или процессор Intel® Pentium® D серии 9xx, процессоры Intel® Pentium® 4 с технологией Hyper-Threading в разьеме LGA 775.
 - Контроллер-концентратор графической системы и памяти Intel® 82G965 (1202 FCBGA).
 - Поддерживает технологию Intel® Viiv™ для мультимедиа приложений.
 - **Системная шина 1066/ 800/ 533 МГц.**
 - Интерфейс **PCI Express x16** поддерживает новейшие высокопроизводительные видеокарты и обеспечивает скорость до **4 ГБ/с** в каждом направлении.
 - **Технология Intel® Fast Memory Access.**
 - Усовершенствованная **магистральная архитектура** контроллера-концентратора графической памяти (**Graphics Memory Controller Hub, GMCH**) позволяет повысить производительность системы благодаря оптимизации использования доступной пропускной способности и сокращению времени задержки при доступе к памяти.

- Поддержка двухканальных модулей памяти **DDR2** с пропускной способностью до **12,8 ГБ/с** и адресацию памяти до **8 ГБ**.
- Графический адаптер **Intel® Graphics Media Accelerator X3000** — поддержка T&L на аппаратном уровне, модели шейдеров Microsoft DirectX* 9.0с Shader Model 3.0, OpenGL* 1.5 и операций с плавающей запятой. Кроме того, графические технологии Intel поддерживают самый высокий уровень качества **Microsoft Vista* Aero**.
- Технология **Intel® Clear Video** — аппаратное и программное обеспечение для обработки видео с расширенными возможностями управления цветом **ProcAmp**.
- Поддержка интерфейса **High Definition Multimedia Interface (HDMI)** для передачи несжатого видеосигнала в формате HD и несжатого многоканального звука по одному кабелю, а также поддерживает все форматы HD, в том числе 720p, 1080i и 1080p.
- Технология **Intel® High Definition Audio** — встроенная аудиоподсистема с несколькими аудиопотоками и изменение назначения разъемов. Инициатива **Dolby PC Entertainment Experience*5**.
- Технология **Intel® Matrix Storage** с добавлением дополнительного жесткого диска обеспечивает более быстрый доступ к цифровым фотографиям, аудио- и видеофайлам с помощью RAID-массивов уровней **0, 5 и 10**, а также защиту данных жесткого диска с помощью RAID-массивов уровней **1, 5 и 10**.
- Поддержка внешнего интерфейса **SATA* (eSATA)** обеспечивает полную пропускную способность вне корпуса — до **3 ГБ/сек**.
- Позволяет **включать и отключать порты USB** в зависимости от необходимости. Данная функция обеспечивает дополнительную защиту данных, предотвращая незаконное изъятие или внесение данных при помощи портов USB.
- Технология **Intel® Quiet System** — интеллектуальные алгоритмы управления системным вентилятором.

5 МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ

Из микросхем памяти (*RAM* — *Random Access Memory*, память с произвольным доступом) используется два основных типа: статическая (*SRAM* — *Static RAM*) и динамическая (*DRAM* — *Dynamic RAM*).

В статической памяти элементы (ячейки) построены на различных вариантах триггеров — схем с двумя устойчивыми состояниями. После записи бита в такую ячейку она может пребывать в этом состоянии столь угодно долго, необходимо только наличие питания. При обращении к микросхеме статической памяти на нее подается полный адрес, который при помощи внутреннего дешифратора преобразуется в сигналы выборки конкретных ячеек. Ячейки статической памяти имеют малое время срабатывания (единицы-десятки наносекунд), однако микросхемы на их основе имеют низкую удельную плотность данных (порядка единиц Мбит на корпус) и высокое энергопотребление. Поэтому статическая память используется в основном в качестве буферной (кэш) памяти.

В динамической памяти ячейки построены на основе областей с накоплением зарядов, занимающих гораздо меньшую площадь, нежели триггеры, и практически не потребляющих энергии при хранении. При записи бита в такую ячейку в ней формируется электрический заряд, который сохраняется в течение нескольких миллисекунд; для постоянного сохранения заряда ячейки необходимо регенерировать — перезаписывать содержимое для восстановления зарядов. Ячейки микросхем динамической памяти организованы в виде прямоугольной (обычно — квадратной) матрицы; при обращении к микросхеме на ее входы вначале подается адрес строки матрицы, сопровождаемый сигналом **RAS** (*Row Address Strobe* — строб адреса строки), затем, через некоторое время — адрес столбца, сопровождаемый сигналом **CAS** (*Column Address Strobe* — строб адреса столбца). При каждом обращении к ячейке регенерируют все ячейки выбранной строки, поэтому для полной регенерации матрицы достаточно перебрать адреса строк. Ячейки динамической памяти имеют большее время срабатывания (десятки-сотни наносекунд), но большую удельную плотность (порядка десятков Мбит на корпус) и мень-

шее энергопотребление. Динамическая память используется в качестве основной памяти.

Обычные виды *SRAM* и *DRAM* называют также асинхронными — потому, что установка адреса, подача управляющих сигналов и чтение/запись данных могут выполняться в произвольные моменты времени — необходимо только соблюдение временных соотношений между этими сигналами. В эти временные соотношения включены так называемые *охранные интервалы*, необходимые для стабилизации сигналов, которые не позволяют достичь теоретически возможного быстродействия памяти. Существуют также синхронные виды памяти, получающие внешний синхросигнал, к импульсам которого жестко привязаны моменты подачи адресов и обмена данными; помимо экономии времени на охранных интервалах, они позволяют более полно использовать внутреннюю конвейеризацию и блочный доступ.

Микросхемы памяти имеют четыре основные характеристики — тип, объем, структуру и время доступа. **Тип** обозначает статическую или динамическую память, **объем** показывает общую емкость микросхемы, а **структура** — количество ячеек памяти и разрядность каждой ячейки. Например, 28/32-выводные DIP-микросхемы *SRAM* имеют восьмиразрядную структуру (8k*8, 16k*8, 32k*8, 64k*8, 128k*8), и кэш для 80486 процессора объемом 256 кБ будет состоять из восьми микросхем 32k*8 или четырех микросхем 64k*8. Две микросхемы по 128k*8 поставить уже нельзя, так как нужна 32-разрядная шина данных, что могут дать только четыре параллельных микросхемы. Распространенные *SRAM* в 100-выводных корпусах *PQFP* имеют 32-разрядную структуру 32k*32 или 64k*32 и используются по две или по четыре в платах для Pentium. Аналогично, 30-контактные SIMM имеют 8-разрядную структуру и ставятся с процессорами 80286, 80386SX и 80486SLC по два, а с 80386DX, 80486DLC и обычными 80486 — по четыре. 72-контактные SIMM имеют 32-разрядную структуру и могут ставиться с 80486 по одному, а с Pentium и Pentium Pro — по два. 168-контактные DIMM имеют 64-разрядную структуры и ставятся в Pentium и Pentium Pro по одному. Установка модулей памяти или микросхем кэша в количестве больше минимального позволяет некоторым платам уско-

ритель работу с ними, используя принцип расслоения (Interleave — чередование).

Время доступа характеризует скорость работы микросхемы и обычно указывается в наносекундах через тире в конце наименования. Часто на микросхемах указывается минимальное из всех возможных времен доступа — например, распространена маркировка 70 нс EDO DRAM, как 50, или 60 нс EDO DRAM — как 45, хотя такой цикл достижим только в блочном режиме, а в одиночном режиме микросхема по-прежнему срабатывает за 70 или 60 нс. Аналогичная ситуация имеет место в маркировке PB SRAM: 6 нс вместо 12, и 7 нс — вместо 15. Микросхемы SDRAM обычно маркируются временем доступа в блочном режиме (10 нс или 12 нс).

Модули динамической памяти, помимо памяти для данных, могут иметь дополнительную память для хранения битов четности (**Parity**) для байтов данных — такие SIMM иногда называют 9- и 36-разрядными модулями (по одному биту четности на байт данных). Биты четности служат для контроля правильности считывания данных из модуля, позволяя обнаружить часть ошибок (но не все ошибки).

Другой разновидностью контроля является **ECC** (*Error Correction Code*) — специальный дополнительный код, обнаруживающий и исправляющий большую часть ошибок в основной памяти. Для хранения ECC обычно требуется больше памяти, однако для несложных типов ECC могут использоваться биты четности.

72-контактные SIMM имеют четыре специальных линии PD (Presence Detect — обнаружение наличия), на которых при помощи перемычек может быть установлено до 16 комбинаций сигналов. Линии PD используются некоторыми платами для определения наличия модулей в разъемах и их параметров (объема и быстродействия). В модулях DIMM, в соответствии со спецификацией JEDEC, технология PD реализуется при помощи перезаписываемого ПЗУ с последовательным доступом (Serial EEPROM) и носит название Serial Presence Detect (SPD). ПЗУ представляет собой 8-выводную микросхему, размещенную в углу платы DIMM, а его содержимое описывает конфигурацию и параметры модуля. Системные платы с чипсетами 440LX/BX и выше могут

использовать SPD для настройки системы управления памятью. Некоторые системные платы могут обходиться без SPD, определяя конфигурацию модулей обычным путем — это стимулирует выпуск рядом производителей DIMM без ПЗУ, не удовлетворяющих спецификации JEDEC.

5.1 Виртуальная память

Очевидно, что объем памяти, напрямую адресуемый 16-разрядным словом не может превысить 216 Б, или 64 кБ. И естественно, что с увеличением сложности и требовательности к ресурсам программного обеспечения стал увеличиваться реальный объем оперативной памяти ПК. Возникла проблема организации доступа к памяти, лежащей за пределом адресного пространства, доступного размеру данного машинного слова. Для решения этой проблемы использовался ряд подходов.

Под *виртуальной памятью* будем понимать память, построенную аппаратно-программными средствами.

Самый простой подход в организации виртуальной памяти (см. рис. 5.1) состоит в том, что память строится банками (*конструктивные разделы памяти*) или страницами (*логические разделы*) и с помощью некоторого аппаратного или программного переключателя выбирается нужный раздел фиксированного (64 кБ) объема. Физический адрес команды или операнда в этом случае будет определяться по формуле:

$$A_{\text{физ}} = A_{\text{прог}} + N_{\text{стр}} \cdot Z,$$

где Z — размер страницы в байтах.

Для организация расширенной памяти используется дополнительная физическая память, дополнительные разряды в адресной шине и некоторая программная система, управляющая аппаратным переключателем. Общий объем памяти при 16-разрядном переключателе может достигать очень большого размера: $64^{64\text{К}}$ кБ. Этот подход легко реализуется и на аппаратном и на программном уровнях, но он не позволяет отдельной программе выделить объем больше 64 кБ без дополнительного аппаратно-программного механизма.

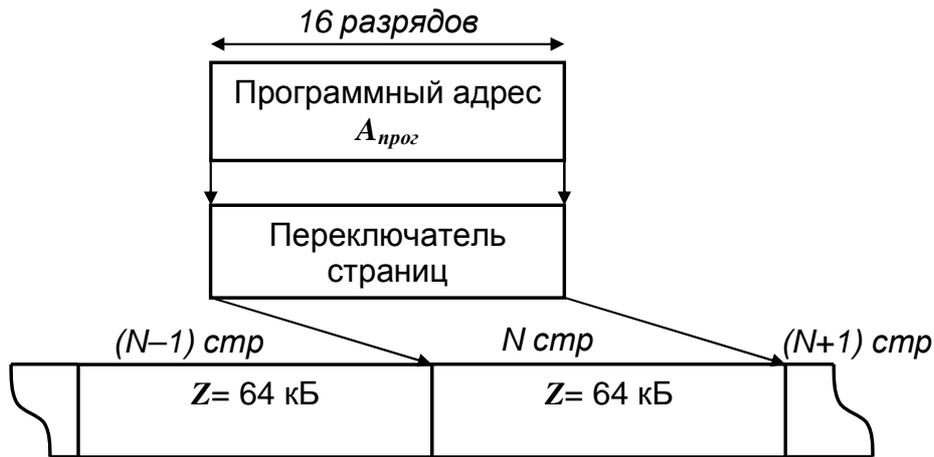


Рис. 5.1 — Страничная организация памяти

В современных машинах вместо переключателя страниц, обеспечивающего переключение памяти фиксированными по объему разделами, используются специальные базовые или сегментные регистры. Содержимое регистра определяет начало сегмента или раздела, выделенного программе (рис. 5.2). Адрес сегмента фактически задает смещение физического адреса относительно адреса, заданного в программе. Размер сегмента выделяется задаче программно, обычно операционной системой. Физический адрес определяется:

$$A_{\text{физ}} = A_{\text{прог}} + A_{\text{сегм}} \cdot K,$$

где K — некоторый коэффициент, лежащий для различных семейств машин в пределах 4..64. Этот коэффициент определяет минимальное взаимное смещение сегментов. На рис. 13 в двух младших восьмеричных разрядах записаны 0, что эквивалентно умножению адреса сегмента на $100_{(8)}$ или $64_{(10)}$.

Существование банков памяти по 64 кБ каждый означает деление памяти на конструктивные разделы, в то время как логические разделы — сегменты — могут иметь произвольный размер и не совпадать с конструктивными.

При дефиците оперативной памяти виртуальная память может использовать дисковое пространство, динамически считывая с диска необходимый фрагмент выполняемой программы или, наоборот, удаляя не используемую в данный момент часть программы в специальную область на жестком диске, которая называется областью свопинга (*swap space*). Этот процесс называется

свопинг (swapping) или *подкачка* — временное хранение активной задачи на жестком диске.

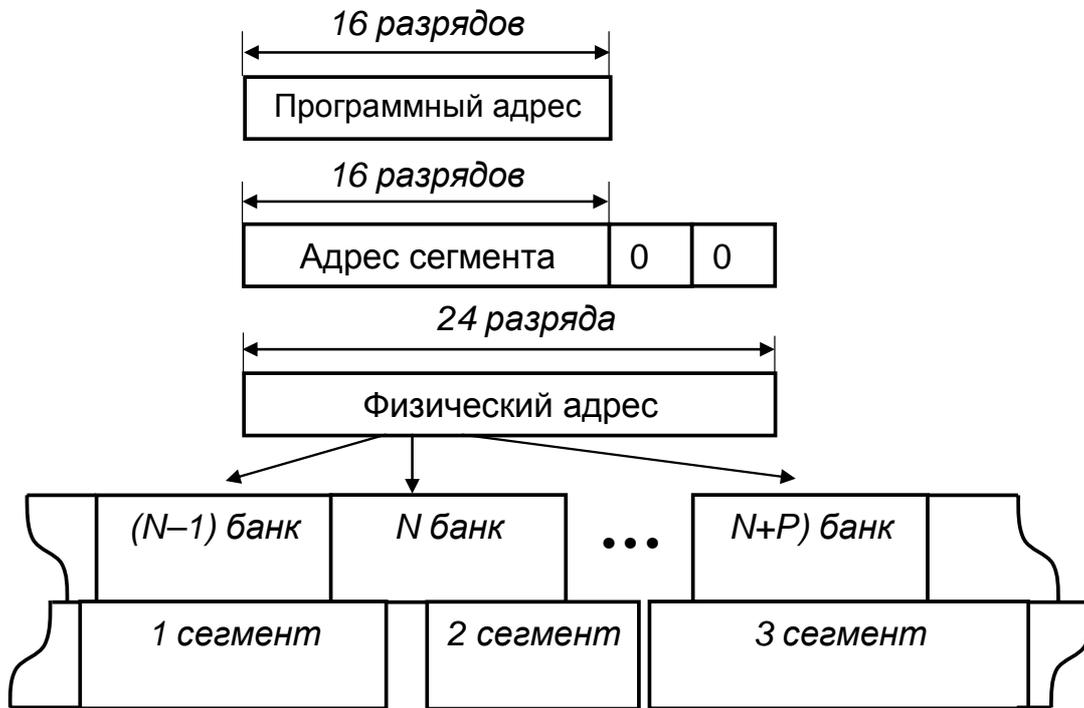


Рис. 5.2 — Странично-сегментная организация виртуальной памяти

Виртуальная организация памяти позволяет существенно увеличить объем доступной программам памяти (реально — до десятков ГБайт). Таким образом, идея виртуальной памяти (в том смысле, который используется сейчас) позволяет расширить адресное пространство или просто заменить оперативную память более медленной и дешевой дисковой, причем это будет происходить «прозрачно» от прикладной программы.

Как уже говорилось, дисковая память несколько дешевле и медленнее оперативной. На сравнении быстродействия и среднего объема различных видов памяти основано понятие «иерархия памяти». На самом вершине иерархической лестницы расположена сверхоперативная память — регистры процессора. Обращение к ним самое быстрое, т.к. они входят в состав процессора. Но количество их невелико — от одного до 128 аккумуляторов.

Следующий уровень — внутренний кэш объемом от 32 Б до 2 МБ. Это память без произвольного доступа, работа с ней происходит на аппаратной уровне. В ней хранятся наиболее часто

используемые данные и команды. Время доступа к ней измеряется 1—2 наносекундами.

Конструктивно в корпусе процессора сложно разместить кэш большой емкости, поэтому используется кэш второго (и третьего) уровня. Время доступа к данным в этих областях памяти около 10 нс, но объем возрастает до 512 МБ. В современных процессорах кэш-память делится на кэш данных и кэш команд, связана с процессором двумя отдельными шинами, что позволяет считывать одновременно команду и два операнда. Конструктивно кэш представляется в виде микросхем статической памяти (SRAM).

Следующий уровень — оперативная память компьютера — ОЗУ. Объем ОЗУ от 8 кБ до 4 ГБ, а время доступа около 40 нс. Реализована оперативная память в виде банков динамических микросхем памяти (DRAM), смонтированных на платах различных типов: SDRAM, DDR SDRAM или RDRAM.

И, наконец, в самом низу иерархической лестницы памяти находятся накопители на магнитных или оптических дисках со скоростью чтения в десятки мегабайт в секунду. Объем накопителей от 120 МБ до 180 Гб, но рост максимального объема продолжается и на настоящее время удваивается каждый год.

5.2 Типы микросхем памяти

5.2.1 SRAM (статические микросхемы памяти)

Asynchronous SRAM (асинхронная статическая память). Это кэш-память, которая используется в течение многих лет с тех пор, как появился первый 386-й компьютер с кэш-памятью второго уровня. Особенность этой кэш-памяти состоит в том, что обращение к ней производится быстрее, чем к DRAM: в зависимости от скорости используемого процессора, допускается применение варианта с 20, 15 или 10 нс на доступ. Очевидно, что чем меньше время обращения к данным, тем быстрее память и тем короче может быть пакетный доступ к ней. Тем не менее, как видно из названия, эта память является недостаточно быстрой для синхронного доступа, что означает, что для обращения CPU

все-таки требуется ожидание, хотя и меньшее, чем при использовании DRAM.

SyncBurst SRAM (синхронная пакетная статическая память). При частотах шины, не превышающих 66 МГц, синхронная пакетная SRAM является наиболее быстрой из существующих видов памяти. Причина этого в том, что, если CPU работает на не слишком большой частоте, синхронная пакетная SRAM может обеспечить полностью синхронную выдачу данных, что означает отсутствие задержки при пакетном чтении CPU 2-1-1-1, т.е. синхронная пакетная SRAM выдает данные в пакетном цикле 2-1-1-1. Когда частота CPU становится больше 66 МГц, синхронная пакетная SRAM не справляется с нагрузкой и выдает данные пакетами по 3-2-2-2, что существенно медленнее, чем при использовании конвейерной пакетной SRAM. К недостаткам относится и то, что синхронная пакетная SRAM производится меньшим числом компаний и поэтому стоит дороже. Синхронная пакетная SRAM имеет время доступа адрес/данные от 8.5 до 12 нс.

PB SRAM (Pipelined Burst SRAM — статическая память с блочным конвейерным доступом) — разновидность синхронных SRAM с внутренней конвейеризацией, за счет которой примерно вдвое повышается скорость обмена блоками данных. Здесь конвейер — это распараллеливание операций SRAM с использованием входных и выходных регистров. Заполнение регистров требует дополнительного начального цикла, но, будучи однажды заполненными, регистры обеспечивают быстрый переход к следующему адресу за то время, пока по текущему адресу считываются данные.

Благодаря этому такая память является наиболее быстрой кэш-памятью для новых систем с производительностью шины более 75 МГц. PB SRAM может работать при частоте шины до 133 МГц. Она, кроме того, работает не намного медленнее, чем синхронная пакетная SRAM при использовании в медленных системах: она выдает данные пакетами по 3-1-1-1 все время. Насколько высока производительность этой памяти, можно видеть по времени доступа адрес/данные, которое составляет от 4.5 до 8 нс.

5.2.2 DRAM (динамические микросхемы памяти)

PM DRAM (*Page Mode DRAM* — динамическая память со страничным доступом)

FPM DRAM (*Fast Page Mode DRAM* — динамическая память с быстрым страничным доступом) активно использовалась в середине 90-х годов. Память со страничным доступом отличается от обычной динамической памяти тем, что после выбора строки матрицы и удержании RAS допускает многократную установку адреса столбца, стробируемого CAS, а также быструю регенерацию по схеме «CAS прежде RAS». Первое позволяет ускорить блочные передачи, когда весь блок данных или его часть находятся внутри одной строки матрицы, называемой в этой системе страницей, а второе — снизить накладные расходы на регенерацию памяти.

EDO (*Extended Data Out* — расширенное время удержания данных на выходе) фактически представляют собой обычные микросхемы FPM, на выходе которых установлены регистры-защелки данных. При страничном обмене такие микросхемы работают в режиме простого конвейера: удерживают на выходах данных содержимое последней выбранной ячейки, в то время как на их входы уже подается адрес следующей выбираемой ячейки. Это позволяет примерно на 15 % по сравнению с FPM ускорить процесс считывания последовательных массивов данных. При случайной адресации такая память ничем не отличается от обычной.

BEDO (*Burst EDO* — EDO с блочным доступом) — память на основе EDO, работающая не одиночными, а пакетными циклами чтения/записи. Современные процессоры, благодаря внутреннему и внешнему кэшированию команд и данных, обмениваются с основной памятью преимущественно блоками слов максимальной ширины. В случае памяти BEDO отпадает необходимость постоянной подачи последовательных адресов на входы микросхем с соблюдением необходимых временных задержек — достаточно стробировать переход к очередному слову отдельным сигналом.

SDRAM (*Synchronous DRAM* — синхронная динамическая память) — память с синхронным доступом, работающая быстрее обычной асинхронной памяти (FPM/EDO/BEDO). Помимо син-

хронного метода доступа, SDRAM использует внутреннее разделение массива памяти на два независимых банка, что позволяет совмещать выборку из одного банка с установкой адреса в другом банке. SDRAM также поддерживает блочный обмен. Основная выгода от использования SDRAM состоит в поддержке последовательного доступа в синхронном режиме, где не требуется дополнительных тактов ожидания. При случайном доступе SDRAM работает практически с той же скоростью, что и FPM/EDO.

HSDRAM. В компании *Enhanced Memory Systems* разработаны также интегральные схемы **High Speed SDRAM (HSDRAM)**, имеющие время доступа в 35 нс, работоспособные на тактовой частоте более 133 МГц и похожие по архитектуре на обычные четырехбанковые SDRAM.

DDR SDRAM (Double Data Rate — удвоенная скорость передачи данных) — следующее поколение существующей SDRAM. DDR основана на тех же самых принципах, что и SDRAM, однако включает некоторые усовершенствования, позволяющие увеличить быстродействие. Основные отличия от стандартного SDRAM:

- используется более совершенная синхронизация, отсутствующая в SDRAM;
- включен **DLL (delay-locked loop** — цикл с фиксированной задержкой) для выдачи сигнала *DataStrobe*, означающего доступность данных на выходных контактах. Используя один сигнал *DataStrobe* на каждые 16 выводов, контроллер может осуществлять доступ к данным более точно и синхронизировать входящие данные, поступающие из разных модулей, находящихся в одном банке. DDR фактически увеличивает скорость доступа вдвое, по сравнению с SDRAM, используя при этом ту же частоту. В результате, DDR позволяет читать данные по восходящему и падающему уровню таймера, выполняя два доступа за время одного обращения стандартной SDRAM. Таким образом, за один такт передаются сразу два пакета данных. В случае с используемой сегодня 64-бит шиной — это два 8-байтных пакета, 16 байт за такт. Или, в случае с той же 133 МГц шиной, уже не 1,064, а 2,128 Мбайт/с.

Дополнительно, DDR может работать на большей частоте благодаря замене сигналов TTL/LVTTL на SSTL3.

RDRAM. (*Direct Rambus DRAM*), разработана компанией Rambus.

Direct Rambus DRAM — последовательная память, т.е. в каждый отдельно взятый момент времени шина памяти читает данные только из одной микросхемы RDRAM или записывает в нее (таких микросхем на одном канале памяти может быть до 32).

У RDRAM — узкая шина данных, всего 16 бит. Это позволяет упростить конструкцию модулей памяти, кроме того, появляется возможность повысить тактовую частоту.

Используется два канала передачи данных, которые работают и разводятся на системной плате независимо друг от друга. Выпускаемые на сегодня системные платы, работающие с RDRAM, оснащаются, как правило, четырьмя разъемами для модулей памяти (которые сокращенно называются *RIMM-модулями* и имеют по 184 контакта).

SLDRAM (*Linked SDRAM*). Этот тип устройств разрабатывается консорциумом крупнейших производителей модулей памяти — *SLDRAM Consortium* (<http://www.sldram.com/>). При использовании технологии SLDRAM не требуется обязательных отчислений фирмам-разработчикам, что делает ее весьма привлекательной для сторонних производителей. Считается, что применение SLDRAM экономически выгодно при объеме ОЗУ не менее 256 Мб. Этот тип памяти выбрал все прогрессивные технологии, заложенные в его предшественниках — SDRAM и DDR SDRAM. Еще большее повышение производительности достигается за счет распространения пакетного протокола передачи данных (*Linked SDRAM*) на сигналы управления. В SLDRAM адреса, команды, а также сигналы управления передаются в пакетном режиме по однонаправленной шине **Command Link**.

Одновременно с ними по другой, двунаправленной шине **Data Link**, и тоже в пакетном режиме, передаются данные, причем передача происходит на обоих фронтах тактовых импульсов, как и в случае с DDR SDRAM. Величина всего пакета данных может равняться целой странице (строке ядра). Поскольку пропускная способность обеих шин (команд и данных) одинакова,

можно переключаться на любую страницу памяти без потери производительности.

По сравнению со SDRAM набор команд у SLDRAM значительно увеличен, что очень облегчает работу контроллера. Команда представляет собой четыре 10-битных пакета (*Link*) и содержит всю информацию для проведения следующей операции. Таким образом, возрастает эффективность управления памятью — всего за 4 такта передается вся информация, описывающая целый массив данных. Это вызывает скачок в производительности SLDRAM.

Максимальная достижимая нынешним поколением SLDRAM скорость передачи превышает 1 Гб/с на каждый разряд при частоте 400 МГц. Надо заметить, что при такой частоте очень важно, чтобы все сигналы точно синхронизировались с тактовыми импульсами системной шины, и чтобы все микросхемы памяти в пределах одного модуля имели близкие временные задержки. Для этого контроллер программирует все чипы модуля памяти так, чтобы они выдавали данные на шину одновременно, независимо от разброса их параметров и степени удаленности микросхем от контроллера. В результате самая удаленная микросхема выдает данные без задержки, а самая близкая — через промежуток времени, нужный, чтобы сигнал распространился от самой удаленной до самой близкой. Эти значения определяются в момент подачи питания на ИС и постоянно корректируются во время работы.

5.2.3 DRAM-SRAM (комбинированные типы микросхем памяти)

ESDRAM (*Enhanced SDRAM* — улучшенная SDRAM) — более быстрая версия SDRAM, сделанная в соответствии со стандартом JEDEC компанией *Enhanced Memory Systems*, по имени которой и микросхема названа Enhanced DRAM Исторически раньше появился EDRAM (с асинхронным интерфейсом), который не нашел широкого применения, а затем, с появлением SDRAM, был разработан ESDRAM (с синхронным).

Основные его отличия от SDRAM — более быстрое ядро (время доступа — 27 нс вместо стандартных 60 нс); производи-

тельность, повышенная почти до уровня статического ОЗУ, по цене динамического; свой кэш у каждого банка памяти; скрытая регенерация; гибкое использование кэш-памяти для обеспечения максимальной производительности при различных типах обращений. В большинстве приложений ESDRAM, благодаря более быстрому времени доступа к массиву SDRAM и наличию кэша, обеспечивает даже большую производительность, чем DDR SDRAM.

Важнейшее отличие ESDRAM от других DRAM в том, что в ней сочетаются два типа памяти — динамический (из него состоит ядро) и статический (для кэш-памяти). Принцип работы ESDRAM в том, что из динамической в кэш-память целиком переносится вся строка, в которой находится считываемая ячейка. После этого считывание производится уже из кэш-памяти, а в ядре в это время можно выбирать нужную строку или производить регенерацию. Перенос почти не сказывается на быстродействии, поскольку происходит всего за один такт. Благодаря встроенной в ESDRAM кэш-памяти скорость извлечения данных по сравнению с обычной динамической памятью увеличивается в пять раз (12 нс против 60 нс). Что же до операции записи, то она, в отличие от чтения, происходит в обход кэш-памяти, что увеличивает производительность ESDRAM при возобновлении чтения из ранее уже загруженной в кэш строки. При этом скорость работы ячеек ESDRAM составляет 22 нс в отличие от стандартной скорости работы ячеек SDRAM, имеющей значения 50—60 нс.

ESDRAM может работать в режиме *«упреждающего обращения»* к массиву динамических данных, в результате следующий цикл записи или чтения может начаться в момент, когда выполнение текущего цикла не завершено. Возможность использовать такой режим напрямую зависит от центрального процессора, управляющего работой конвейера адресации.

При этом стоит заметить, что память ESDRAM полностью совместима со стандартной памятью JEDEC SDRAM на уровне компонентов и модулей, по количеству контактов и функциональности. Однако чтобы использовать все преимущества этого типа памяти, необходимо использовать специальный контроллер (чипсет).

Недостаток ESDRAM — усложнение контроллера: он должен учитывать возможность подготовки к чтению новой строки ядра. Кроме того, при произвольных адресах чтения кэш-память используется крайне неэффективно, поскольку чтение строки ядра целиком происходит очень редко. Этого недостатка нет у другого типа памяти — CDRAM.

CDRAM (*Cached DRAM*) Этот тип ОЗУ разработан корпорацией *Mitsubishi* (<http://www.mitsubishichips.com>). Он представляет собой переработанный вариант ESDRAM. Изменения коснулись кэш-памяти — ее объема, принципа размещения данных, средств доступа. Прежде всего, нужно отметить, что микросхема *Cached DRAM* имеет отдельные адресные линии для статического кэша и динамического ядра. Необходимость управлять разнородными типами памяти еще больше усложняет контроллер, однако эффективность кэш-памяти, размещенной внутри микросхемы, выше, чем при традиционной архитектуре ПК, так как перенос в кэш осуществляется блоками, в восемь раз большими, чем на выходе микросхемы обычной DRAM. В CDRAM объем одного блока данных, помещаемого в кэш, уменьшен до 128 битов. Это позволяет использовать кэш-память гораздо эффективнее, чем в ESDRAM. Ведь в этом случае в 16-килобитном кэше могут одновременно храниться данные из 128 различных участков памяти. Затирание первого помещенного в кэш участка памяти начнется лишь при обращении к сто двадцать девятому. Поскольку перенос из DRAM в SRAM совмещен с выдачей данных на шину, то частые, но короткие пересылки не снижают производительности всей микросхемы при перекачке больших объемов информации и уравнивают CDRAM с EDRAM, а при выборочном чтении преимущество остается за CDRAM.

Данный тип памяти используется крайне редко и в основном в дорогих системах для работы с визуализацией данных и видео, когда время ожидания является критическим аспектом для компьютерной системы.

В компании *Enhanced Memory Systems* разработаны также интегральные схемы **High Speed SDRAM** (**HSDRAM**), имеющие время доступа в 35 нс, работоспособные на тактовой частоте более 133 МГц и похожие по архитектуре на обычные четырехбанковые SDRAM.

5.2.4 Обозначения корпусов микросхем и типов модулей памяти

DIP (*Dual In line Package* — корпус с двумя рядами выводов) — классические микросхемы, применявшиеся в блоках основной памяти XT и ранних AT, а сейчас — в блоках кэш-памяти.

SIP (*Single In line Package* — корпус с одним рядом выводов) — микросхема с одним рядом выводов, устанавливаемая вертикально.

SIPP (*Single In line Pinned Package* — модуль с одним рядом проволочных выводов) — модуль памяти, вставляемый в панель наподобие микросхем DIP/SIP; применялся в ранних AT.

SIMM (*Single In line Memory Module* — модуль памяти с одним рядом контактов) — модуль памяти, вставляемый в зажимающий разъем; применяется во всех современных платах, а также во многих адаптерах, принтерах и прочих устройствах. SIMM имеет контакты с двух сторон модуля, но все они соединены между собой, образуя как бы один ряд контактов.

DIMM (*Dual In line Memory Module* — модуль памяти с двумя рядами контактов) — модуль памяти, похожий на SIMM, но с отдельными контактами (обычно 2×84), за счет чего увеличивается разрядность или число банков памяти в модуле.

На SIMM в настоящее время устанавливаются преимущественно микросхемы FPM/EDO/BEDO, а на DIMM — EDO/BEDO/SDRAM.

CELP, COAST (*CELP* — *Card Edge Low Profile* — невысокая карта с ножевым разъемом на краю) — модуль внешней кэш-памяти, собранный на микросхемах SRAM (асинхронный) или PB SRAM (синхронный). По внешнему виду похож на 72-контактный SIMM, имеет емкость 256 или 512 кб. Другое название — **COAST** (*Cache On A STick* — буквально «кэш на палочке»).

RIMM (*Direct Rambus RIMM*) — это модуль памяти, который включает один или более Direct RDRAM-чипов и организует непрерывность канала. Канал входит в модуль на одном конце, проходит через все чипы DRAM и выходит на другом. По существу RIMM образует непрерывный канал на пути от одного разъема к другому. Недопустимо оставлять свободными разъемы, потому что это приведет к разрыву канала с терминатором, находящимся на системной плате в конце канала. Для решения этой

проблемы разработаны модули только с каналом (чипы памяти отсутствуют). Они называются *continuity modules* и предназначены для заполнения свободных посадочных мест.

Модули *RIMM* имеют геометрические размеры, сходные с размерами *SDRAM DIMM*. Это позволяет вставлять их во все материнские платы с соответствующим форм-фактором. Модули имеют 168 контактов. Кроме того модули *RIMM* поддерживают *SPD*, который используется на *DIMM SDRAM*. *Direct Rambus* может содержать любое целое число чипов *Direct RDRAM* (до максимально возможного). *Direct Rambus RIMM* могут быть как односторонние, так и двухсторонние. Односторонние *RIMM* используют шестислойную плату и могут содержать от одного до восьми чипов *Direct RDRAM*. Двухсторонние *RIMM* используют восьмислойную плату и могут содержать до 16-ти чипов *Direct DRAM*. Для гарантии совместимости различных товаров *Rambus Inc.* обеспечивает некоторые правила конструирования.

5.2.5 SDRAM-память

Любая динамическая память с произвольным доступом *DRAM* (*Dynamic Random Access Memory*) физически представляет собой массив микроскопических конденсаторов, «упакованных» в микросхемы памяти, которые обмениваются данными с внешними устройствами через буферные усилители (они усиливают сигнал, считанный с конденсаторов, и буферизуют данные при их чтении-записи из/в микросхемы памяти, последнее делается для ускорения работы памяти). Логически каждый конденсатор есть не что иное, как элементарная однобитовая информационная ячейка с двумя состояниями: «0» — если конденсатор не заряжен, «1» — если заряжен. Эти ячейки объединяются в двумерную матрицу, где каждая ячейка адресуется номерами строки и столбца, на пересечении которых она находится. К микросхемам *DRAM*-памяти подводятся командная и адресная шины и шина данных, которые используются для передачи соответственно команд, управляющих работой микросхем памяти, адресов строк и столбцов и данных, все три синхронизируются импульсами одной и той же частоты, например для памяти *PC 100 SDRAM* — частотой 100 МГц.

Первоначально микросхемы DRAM-памяти, например FRM или EDO, работали независимо от тактовых импульсов, передаваемых по шине, т.е. асинхронно. При работе памяти этих типов обычна ситуация, когда микросхемы памяти уже подготовили данные, запрошенные контроллером, и готовы начать их передачу, но ждут для этого прохождения по шине очередного тактового импульса. Причем контроллер памяти не управляет временными параметрами этого процесса и не в состоянии определить, сколько времени нужно микросхемам памяти, чтобы подготовить данные для передачи, и на каком такте она начнется.

SDRAM — это синхронная память. Ее работа построена так, что все операции выполняются по тактовым импульсам. И в этом случае контроллер памяти, например, точно знает, в течение скольких тактов микросхемы памяти будут готовить запрошенные данные для передачи, и на каком такте начнется собственно их передача. Жесткая синхронизация с тактовым сигналом упрощает логику управления работой подсистемы памяти, сокращает расход времени на передачу служебной информации и, в конечном счете, повышает скорость работы памяти.

В SDRAM-памяти цикл чтения-записи данных осуществляется за несколько шагов.

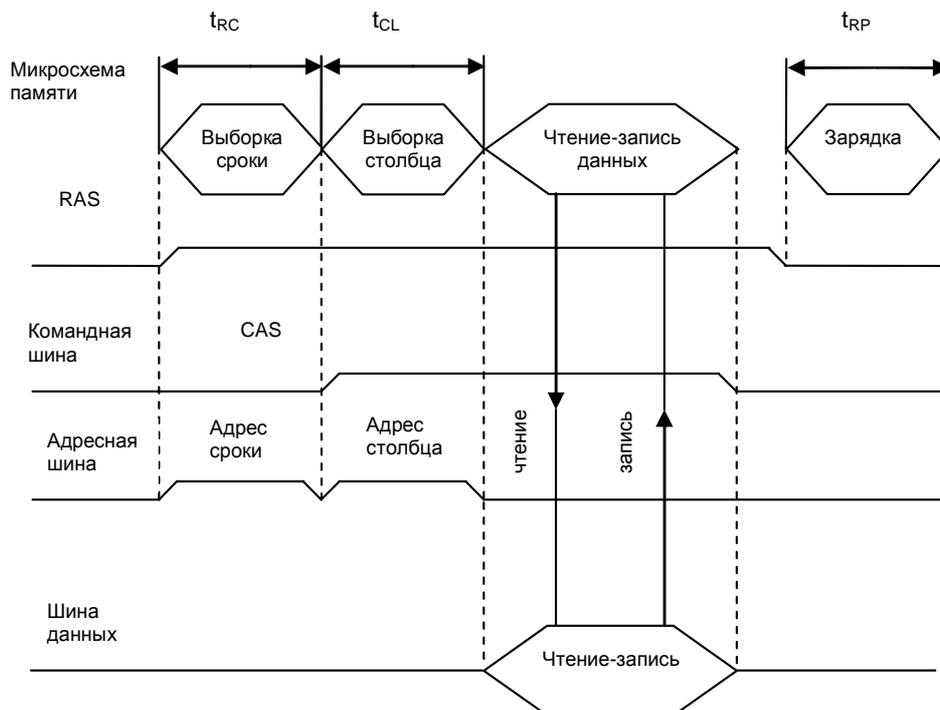


Рис. 5.3

1. На адресной шине выставляется адрес строки, а на командной активируется стробирующий сигнал строк *RAS* (*Row Address Strobe*).

2. Приняв сигнал *RAS*, микросхема памяти определяет, что на адресной шине выставлен адрес строки, с которой ей предстоит работать, и записывает его в свой внутренний регистр, после чего необходимость в удержании последнего на адресной шине пропадает.

3. Микросхема считывает данные с конденсаторов нужной строки и записывает их в буферный усилитель. Естественно, что для выполнения этой операции ей требуется какое-то время, называемое *RAS-to-CAS Delay* (задержка сигнала *CAS* после сигнала *RAS*), которое обычно составляет 2—3 тактовых цикла и обозначается t_{RCD} .

4. На адресной шине выставляется адрес столбца (или столбцов), а на командной активируется стробирующий сигнал столбцов *CAS* (*Column Address Strobe*).

5. Микросхема памяти, приняв сигнал *CAS*, определяет, с каким элементом (или элементами) строки данных, записанной ранее в буферный усилитель, ей предстоит работать, и готовится к тому, чтобы выдать его (их) значения на шину данных. Для совершения этой операции ей так же требуется время, называемое *CAS Latency* (задержка после сигнала *CAS*), которое, как правило, составляет 2—3 цикла и обозначается t_{CL} .

6. Чтение или запись данных. При чтении данные, ранее подготовленные микросхемой к выдаче, подаются на шину данных и считываются контроллером памяти. При записи данные, выданные ранее контроллером памяти на шину данных, записываются в соответствующие ячейки строки, находящейся в буферном усилителе.

7. Снятие сигнала *CAS*. Исчезновение сигнала *CAS* с командной шины означает, что все операции ввода-вывода данных закончились.

8. Снятие сигнала *RAS*. Исчезновение сигнала *RAS* означает, что прекращена работа со строкой данных, находящейся в буферном усилителе.

9. Зарядка конденсаторов. На этом этапе значения ячеек строки, находящейся в буферном усилителе, записываются в со-

ответствующие конденсаторы в микросхеме памяти, после чего микросхема будет снова готова к выполнению очередного цикла чтения-записи данных. Длительность этого этапа называется *RAS Precharge Time* (время заряда до сигнала RAS), поскольку, как только он завершится, на командную шину можно снова подавать сигнал RAS. Она составляет 2—3 тактовых цикла и обозначается t_{RP} .

В последнее время все рабочие характеристики модулей SDRAM-памяти записываются в установленные на них *SPD*-микросхемы (*Serial Presence Detect*). Системная плата может считать данные, прошитые в SPD-микросхемах, и в соответствии с ними автоматически установить режим работы с модулями SDRAM-памяти. Однако ряд рабочих параметров SDRAM-памяти все же можно настроить средствами программ настройки BIOS современных системных плат, что можно использовать для разгона или, наоборот, замедления памяти — в том случае, если она работает неустойчиво. Отметим наиболее важные из них.

DRAM Clock. Частота тактового сигнала шины памяти. Стандартно — 100, 133 МГц или *By SPD* (в соответствии со значением, хранящимся в SPD-микросхеме).

SDRAM RAS-to-CAS Delay. Время задержки сигнала CAS после сигнала RAS — 2 или 3 тактовых цикла.

SDRAM CAS Latency. Время задержки после сигнала CAS — 2, 2,5 или 3 тактовых цикла.

SDRAM RAS Precharge Time. Время заряда до сигнала RAS — 2 или 3 тактовых цикла.

DRAM Timing. Схема работы SDRAM-памяти в пакетном режиме. Характерные значения — 5-1-1-1, 5-2-2-2.

Данные из SDRAM-памяти могут читаться в режиме произвольного или пакетного (*burst*) доступа. При произвольном доступе по шине данных однократно передается один элемент данных (например, одно слово), после чего цикл чтения заканчивается. При этом от момента подачи сигнала RAS до момента начала передачи данных по шине в идеальном случае проходит пять тактовых циклов: ожидание в течение времени t_{RCD} — 2 такта, подача на адресную шину адреса столбца (или столбцов) и активирование на командной шине сигнала CAS — 1 такт, ожидание в течение времени t_{CL} — 2 такта.

При пакетном доступе после передачи по шине первого элемента данных цикл чтения не заканчивается, а продолжается. При этом каждый последующий такт контроллер памяти считывает еще один элемент данных, который находился в той же строке данных, что и первый, и вместе с ним был «выдан» микросхемой памяти на шину данных. Как правило, при пакетном доступе за один цикл чтения обрабатывается до четырех или восьми элементов. В идеальном случае при передаче четырех элементов эта схема обозначается как «5-1-1-1», а при восьми — «5-1-1-1 — 1-1-1-1».

DRAM Burst Length. Количество элементов, передаваемых за один цикл в пакетном режиме, — 4 или 8.

Bank Interleave. Чередование банков памяти. Стандартно: *Disabled* — не использовать чередование банков, *2 Bank* — чередование между двумя банками, *4 Bank* — между четырьмя банками.

Отдельные микросхемы памяти объединяются в логические банки, с которыми можно работать одновременно. Такой прием называется «чередованием банков» (*Bank Interleaving*) и ускоряет работу памяти. Например, если требуется последовательно считать данные сначала из первого банка, а потом из второго, то контроллер памяти может начать считывать данные из второго банка, не дожидаясь окончания цикла чтения из первого.

5.2.6 Память PC 100/PC 133

PC 133. Из всех широко используемых в настоящее время типов ОЗУ память ***SDRAM*** (*Synchronous Dynamic RAM*) — самая старая. Ширина шины данных SDRAM — **64 бит**, выпускается она в виде *168-контактных DIMM-модулей* (*Dual In-line Memory Module*).

Тактовая частота первой памяти этого типа (она обозначалась как PC 66 SDRAM) — 66 МГц, пропускная способность — 533 Мбайт/с. По мере совершенствования технологии производства тактовая частота шины SDRAM-памяти увеличивалась сначала до 100 МГц (PC 100, пропускная способность — 800 Мбайт/с), а потом и до 133 МГц (PC 133, пропускная способность — 1066 Мбайт/с).

Если сравнивать память PC 133 с современными типами ОЗУ — DDR SDRAM и RDRAM — по пропускной способности, то с первого взгляда можно прийти к выводу, что у PC 133, проигрывающей по этому параметру в 2—3 раза, нет никаких перспектив на рынке памяти для современных ПК. Однако, как показали проведенные испытания, это совершенно не так. PC 133 вполне конкурентоспособна при построении систем, предназначенных для работы с офисными программами (проигрыш по сравнению с DDR SDRAM и RDRAM составил всего лишь 1—4 %), двумерной графикой (2—10/6—10 %), мультимедийными пакетами (5—11/5—12 %) и даже 3D-приложениями (5—9/6—11 %).

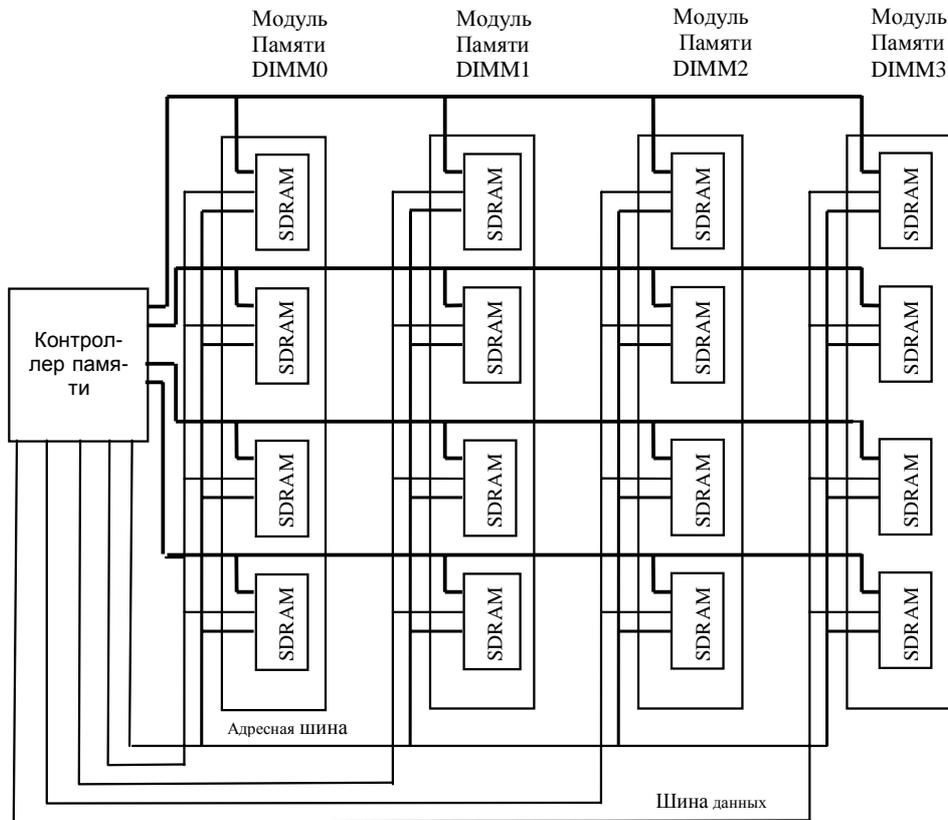


Рис. 5.4

Более того, как ни мощны современные процессоры, но и они не всегда могут в полной мере реализовать возможности, казалось бы, такой медленной памяти, как PC 133. Так, если в приложении работа ЦП с ОЗУ никак не оптимизируется, то очень часто шина памяти PC 133 для Pentium 4 2,0 ГГц будет задействована чуть больше чем наполовину (56 %), для Athlon XP 1900+ —

на три четверти (74 %), а для Pentium III 1,0 ГГц — всего лишь на одну треть (29 %). Агрессивная оптимизация кода «заставляет» Pentium 4 максимально использовать PC 133 — на 96 %, в то время как Pentium III — только на 80 %. И лишь при сверхоптимизации PC 133 становится узким местом для всех трех ЦП — 93 %, 94 % и 97 %. Из этого видно, что в принципе «запас прочности» PC 133 уже исчерпан, но в реальной жизни она далеко не всегда будет работать на пределе возможностей.

К тому же PC 133 выигрывает в цене по сравнению с DDR SDRAM и RDRAM, поэтому ее можно смело рекомендовать для недорогих офисных или домашних компьютеров.

PC 100. В свою очередь, при модернизации старых ПК заменять память PC 100 на PC 133 имеет смысл только тогда, когда система предназначена для выполнения интенсивных вычислительных задач, поскольку при испытаниях разница между ОЗУ этих типов при работе с офисными (4 %) и мультимедийными (6 %) приложениями, в двумерных графических (2—4 %) и 3D-тестах (3—5 %) была незначительной и проявилась только при решении системы нелинейных дифференциальных уравнений (8 %), архивации файлов (9—12 %) и конвертировании видеоролика (10 %).

Отметим также, что в ПК на базе ЦП Celeron необязательно устанавливать память PC 133 (если, конечно, компьютер не предполагается «разгонять»), поскольку в этом случае скорость ее работы будет ограничиваться 100 МГц системной шиной, и производительности памяти PC 100 здесь вполне достаточно для работы в штатном режиме.

5.2.7 Память DDR 200/ DDR 266/ DDR 333

DDR 266. По сути, память **DDR SDRAM** (*Double Data Rate*, двойная скорость передачи данных) — это модификация обычной SDRAM-памяти (которую после появления DDR стали называть **SDR** (*Single Data Rate*) **SDRAM**), и отличается она от последней тем, что в ней запись и чтение данных происходят не по уровню тактового импульса, а по его переднему и заднему фронтам. Поэтому за один такт по шине можно передать в два раза больше данных, и эффективная частота DDR SDRAM оказывает-

ся вдвое больше физической. Внешне ее легко отличить от SDR SDRAM, поскольку она изготавливается в виде *184-контактных DIMM-модулей*.

DDR 200 SDRAM была первой разновидностью DDR-памяти, запущенной в серийное производство, тактовая частота ее шины 100 МГц, эффективная тактовая частота 200 МГц, а пропускная способность — 1600 Мбайт/с (поэтому ее часто обозначают PC 1600). Позднее на рынке появилась память DDR 266 (физическая/эффективная частота 133/266 МГц, пропускная способность 2133 Мбайт/с, также может обозначаться PC2100), а совсем недавно — DDR 333 SDRAM (физическая/эффективная тактовая частота — 166/333 МГц, пропускная способность 2666 Мбайт/с, обозначается PC 2700).

По скорости работы и цене DDR 266 SDRAM — самая популярная на сегодня разновидность DDR-памяти для ПК — она располагается между PC 133 SDRAM и PC 800 RDRAM, немного уступая последней в офисных (2 %), графических (1—2 %) и мультимедийных (7 %) приложениях и довольно значительно — при обработке больших массивов данных (архивация 10—15 %).

В связи с этим ее применение в паре с процессором Pentium 4 довольно неопределенное. С одной стороны, есть более дешевая память PC 133, которую можно успешно использовать в недорогих офисных и домашних ПК, с другой — в скоростных системах, несомненно, предпочтительнее PC 800 RDRAM.

А вот положение DDR 266 среди платформ для ЦП Athlon XP более выгодное. В отсутствие наборов микросхем для системных плат для этого процессора, которые обеспечивали бы работу с RDRAM, позиции DDR 266 выглядят лучше, и здесь ее назначение определено четко: для дешевых и относительно медленных машин — PC 133, для быстрых и дорогих — DDR 266.

Что же касается ЦП Pentium III (и тем более Celeron), то с ними нет никакого смысла использовать DDR 266, поскольку производительность от этого не увеличивается из-за низкой пропускной способности системной шины.

DDR 333. Скорость работы DDR 333, конечно, выше, чем DDR 266, и производительность ее сравнима с производительностью памяти PC 800 RDRAM, кроме случаев, когда обрабатываются большие массивы данных (при архивации отставание

DDR 333 составило 9—11 %). Но по ценовым показателям DDR 333 дороже PC 800 RDRAM, и, следовательно, сейчас в ПК с Pentium 4 выгоднее использовать PC 800 RDRAM. На настоящий момент назначение DDR 333 пока одно — мощные системы на базе Athlon XP. Со временем, однако, цена DDR 333 может стать меньше, чем PC 800 RDRAM, и, если разрыв достигнет хотя бы 15 %, то конкуренция между этими видами ОЗУ может стать очень острой. В целом недавно появившаяся на рынке DDR 333 зарекомендовала себя как весьма перспективное ОЗУ.

DDR 200. Тестирование DDR 200 показало, что при модернизации ЦП в офисных и домашних ПК с ОЗУ этого типа менять память на более скоростную совсем не обязательно, поскольку разница между DDR 200 и DDR 266 в офисных приложениях (4 %), тестах двумерной графики (3—4 %), 3D-тестах и играх (7—8 %) была настолько небольшой, что пользователь ее не заметит. В то же время при интенсивной работе с мультимедийными пакетами (9 %), видеоданными (13 %) и выполнении объемных расчетов (20—22 %) все же предпочтительнее использовать DDR 266.

Что же касается «запаса прочности» DDR-памяти, то при сверхоптимизации исполняемого кода можно добиться полной загрузки шины памяти DDR 266 (использование шины — 96 %), в то время как у DDR 333 еще есть небольшой запас (86 % для Pentium 4 2,0 ГГц), который на платформах с Pentium 4, будет исчерпан при тактовой частоте процессора 2,3 ГГц.

На практике, однако, дело обстоит намного лучше: если в ПО работа ЦП с ОЗУ никак не оптимизируется, что верно для большинства наиболее распространенных программ, то загрузка шины памяти DDR 266/ DDR 333 для Pentium 4 2,0 ГГц составляет всего 48 %/ 41 %, а при агрессивной оптимизации — 87 %/ 70 % (2,3 ГГц/ 2,9 ГГц). Следовательно, DDR-память, более быстрая, чем DDR 333, реально понадобится на ПК с Pentium 4 только при тактовых частотах процессора около 3 ГГц.

5.2.8 RDRAM-память

Direct Rambus DRAM (RDRAM) — это память принципиально нового типа, разработанная компанией Rambus.

- Первое важное отличие ее архитектуры от SDRAM в том, что RDRAM — последовательная память, т.е. в каждый отдельно взятый момент времени шина памяти читает данные только из одной микросхемы RDRAM или записывает в нее, таких микросхем на одном канале памяти может быть до 32. SDRAM же организована таким образом, что ее шина одновременно работает с несколькими микросхемами памяти. Такой подход позволяет упростить логику работы памяти.

- Второе отличие RDRAM — узкая шина данных, всего 16 бит. Это позволяет упростить конструкцию модулей памяти, кроме того, появляется возможность повысить тактовую частоту.

- И, наконец, третье отличие — использование двух каналов передачи данных, которые работают и разводятся на системной плате независимо друг от друга. Выпускаемые на сегодня системные платы, работающие с RDRAM, оснащаются, как правило, четырьмя разъемами для модулей памяти (которые сокращенно называются *RIMM-модулями* и имеют по 184 контакта). Первый и второй модули располагаются на первом канале, а третий и четвертый — на втором. Причем конфигурация обоих каналов должна быть абсолютно идентичной, иначе система не заработает, поэтому RIMM-модули нужно покупать и устанавливать обязательно парами — по одному или два модуля на каждый канал.

Кроме того, если на канал устанавливается только один RIMM-модуль памяти, то второй разъем нельзя оставлять пустым — для «продолжения» канала в него нужно обязательно устанавливать модуль *C-RIMM (Continuity RIMM)*, в противном случае канал будет «разорван» и не заработает. При этом возможны две существенно различные ситуации. Первая — C-RIMM устанавливается в начале канала. В этом случае функция C-RIMM — обеспечить прохождение сигнала от контроллера памяти до модуля RIMM. Вторая — C-RIMM устанавливается в конце канала. В этом случае C-RIMM обеспечивает прохождение сигнала от модуля RIMM до согласующего блока, расположенного на конце канала (особенность канала RDRAM в том, что к нему обязательно должны быть подключены оконечные резисторы). Отметим, что вне зависимости от расположения модуля C-RIMM канал будет работать нормально, однако для минимизации помех при передаче сигналов модуль RIMM лучше располагать в начале, а модуль C-RIMM соответственно в конце канала.

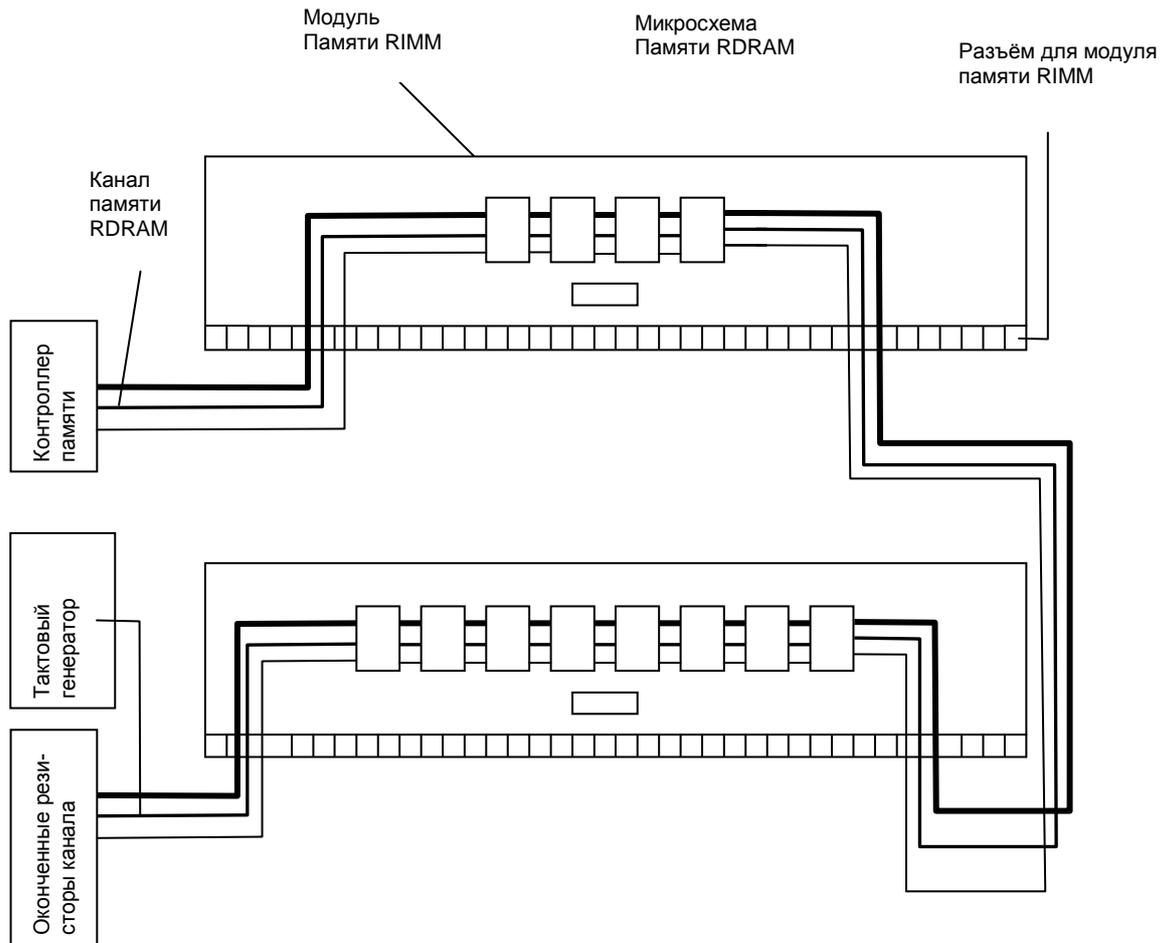


Рис. 5.5

Таким образом, концепция памяти RDRAM строится на двух идеях — поднять тактовую частоту шины путем упрощения логики работы памяти и конструкции модулей памяти и распараллелить обмен данными между двумя независимыми каналами.

5.2.9 PC800 RDRAM

Первая память RDRAM, появившаяся на рынке, обозначалась как PC 600 RDRAM, ее тактовая частота 300 МГц (эффективная — 600 МГц, благодаря работе по обоим фронтам тактового импульса), а пропускная способность — 2,4 Гбайт/с (по 1,2 Гбайт/с на каждый канал). Позже стали выпускать память PC 711 (частоты — 355/ 711 МГц, пропускная способность — 1,4/2,8 Гбайт/с) и PC 800 RDRAM (400/ 800 МГц, 1,6/3,2 Гбайт/с).

PC 800 RDRAM оказалась самой быстрой памятью среди протестированных типов ОЗУ. Ее ближайший конкурент — память DDR 333 SDRAM — почти не уступает PC 800 в производительности, за исключением приложений, активно работающих с большими объемами данных, проигрывая здесь на 7—16 %. С учетом более низкой стоимости модулей памяти PC 800 RDRAM, она пока остается лучшим выбором для мощных систем на базе ЦП Pentium 4.

Кроме того, PC 800 RDRAM имеет лучший запас по наращиванию тактовой частоты процессора, и предел ее производительности для программ, в которых не оптимизируется работа ЦП с ОЗУ, будет достигнут при частоте Pentium 4 в 4,3 ГГц (использование шины памяти для 2,0 ГГц Pentium 4 составляет 46 %). При агрессивной оптимизации предел производительности программ для Pentium 4 будет достигнут при частотах порядка 3,4 ГГц, так как для Pentium 4 с частотой 2,0 ГГц загрузка составляет 58 %, при сверхагрессивном способе оптимизации взаимодействия ОЗУ и процессора (что на реальных приложениях недостижимо) предел производительности программ будет достигнут при 2,5 ГГц (79 %). В действительности PC800 начнет замедлять работу системы только при тактовой частоте ЦП около 3,5 ГГц и выше.

В итоге PC 800 RDRAM, несмотря на свой возраст, все еще остается самой быстрой и перспективной памятью для высокопроизводительных ПК.

5.2.10 Память DDR2

Для понимания основных плюсов и минусов использования DDR2 SDRAM по сравнению с традиционной DDR SDRAM, необходимо кратко познакомиться с её архитектурой. Прежде всего, заметим, что по сути DDR2 память не имеет кардинальных отличий от DDR SDRAM. Однако в то время как DDR SDRAM осуществляет две передачи данных по шине за такт, DDR2 SDRAM выполняет четыре таких передачи. При этом построена DDR2 память из таких же ячеек памяти, что и DDR SDRAM, а для удвоения пропускной способности используется техника мультиплексирования.

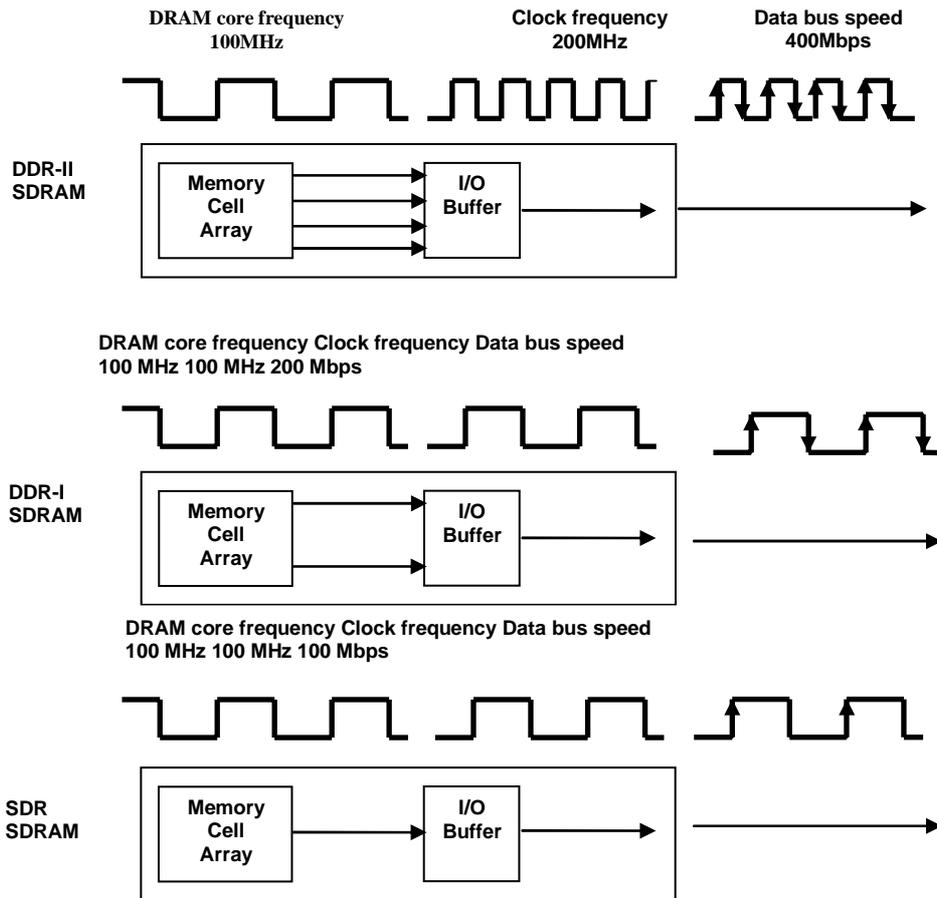


Рис. 5.6

Само по себе ядро чипов памяти DDR2 продолжает работать на той же самой частоте, на которой оно работало и в DDR и в SDR SDRAM. Однако в DDR2 SDRAM увеличилась частота работы буферов ввода вывода, а также по сравнению с обычной DDR в два раза расширилась шина, связывающая ядро памяти с буферами. Таким образом, на буфера ввода-вывода возлагается задача мультиплексирования. Данные, поступающие из ячеек памяти по широкой шине, уходят из них по шине обычной ширины, но с частотой вдвое превышающей частоту шины DDR SDRAM. Таким нехитрым способом достигается возможность очередного увеличения пропускной способности памяти без увеличения частоты работы самих ячеек памяти. То есть, фактически, ячейки памяти DDR2-533 работают с той же частотой, что ячейки памяти DDR266 SDRAM или PC133 SDRAM, а переход от DDR SDRAM к DDR2 SDRAM по сути аналогичен переходу от SDR SDRAM к DDR SDRAM.

Однако столь простой метод увеличения пропускной способности памяти имеет и свои отрицательные стороны. В первую очередь — это рост латентности. Очевидно, что латентность не определяется ни частотой работы буферов ввода-вывода, ни шириной шины, по которой данные поступают из ячеек памяти. Первоочередной фактор, определяющий латентность — это латентность самих ячеек памяти. Таким образом, латентность DDR2-533 сравнима с латентностью DDR266 или PC133 SDRAM и, очевидно, уступает латентности DDR памяти, работающей с частотой 400 МГц и более. Таким образом, DDR2 SDRAM, хотя и обеспечивает более высокую пропускную способность, чем DDR SDRAM, её латентность оказывается несколько выше латентности предшественницы. Именно этим и обуславливается тот факт, что в реальных приложениях системы, снабжённые DDR2 памятью, нередко проигрывают по быстродействию системам с DDR SDRAM. Большинство приложений критично относится не только к скорости поступления данных для обработки, но и ко времени выборки этих данных. Помимо увеличения частоты работы буферов ввода-вывода и использования вдвое большего коэффициента мультиплексирования, есть у DDR2 памяти и другие отличия, которые, впрочем, не имеют такого же ключевого значения. Поэтому, просто приведём их в виде таблицы:

Таблица 5.1

	DDR SDRAM	DDR2 SDRAM
Частота передачи данных	200, 266, 333, 400 МГц	400, 533 (667, 800) МГц
Упаковка чипов	TSOP и FBGA	FBGA
Напряжение питания	2,5 В	1,8 В
Ёмкость чипов	64 Мбит — 1 Гбит	256 Мбит — 4 Гбит
Внутренние банки	4	4 и 8
Prefetch (MIN Write Burst)	2	4
CAS Latency(CL)	2, 2.5, 3	3, 4, 5
Additive Latency(AL)	Не поддерживает	0, 1, 2, 3, 4
Латентность чтения	CL	CL+AL
Латентность записи	1	Латентность чтения — 1
Burst Lengths	2, 4, 8	4, 8

Фактически, среди перечисленных нововведений выделить особо стоит лишь механизм Additive Latency и встроенную в чипы терминацию шины. Благодаря механизму Additive Latency несколько увеличивается эффективность передачи данных: данный алгоритм решает изредка встречающуюся с DDR SDRAM проблему с невозможностью одновременной подачи команд на чтение инициализированного банка памяти и инициализацию следующего банка. Впрочем, на реальной производительности данное нововведение сказывается совсем незначительно. Что же касается on-die termination, то теперь терминирующие шину резисторы, предназначенные для гашения отраженных от конца шины сигналов, располагаются не на материнской плате, а непосредственно в чипах. С одной стороны это позволяет улучшить саму терминацию, а с другой — несколько удешевить материнские платы благодаря отсутствию необходимости установки большого числа резисторов в окрестности слотов DIMM.

Чипы DDR2 SDRAM имеют FBGA упаковку — это явно оговаривается на уровне спецификации. Использование корпусировки такого типа позволяет более эффективно организовать теплоотвод, а также минимизировать взаимное электромагнитное влияние чипов друг на друга. Помимо сменившегося типа упаковки чипов (напомним, что большинство чипов DDR SDRAM упаковывалось в TSOP), чипы DDR2 SDRAM имеют меньшее напряжение питания, и, как следствие, примерно на 30 % меньшее тепловыделение. В частности, именно поэтому вполне реальным становится создание чипов DDR2 большей ёмкости и частоты, чем в случае с DDR SDRAM.

Таким образом, слабым местом технологии DDR2, из-за которого системы, снабжённые памятью этого типа, проигрывают системам с DDR памятью, является более высокая латентность. Именно поэтому основным направлением, на котором сосредоточили свои усилия производители памяти, заинтересованные в популяризации DDR2 SDRAM, стало уменьшение латентности. И, надо сказать, определённые успехи на этом поприще были достигнуты.

Первые модули DDR2-533 SDRAM, которые были доступны с момента анонса чипсетов семейств i925 и i915, имели тайминги 4-4-4 (CAS Latency — RAS to CAS Delay — RAS Precharge Time).

Сегодня же многие производители памяти, в особенности производители модулей для энтузиастов, такие как Corsair или OCZ, предлагают модели DDR2 SDRAM, способные работать при частоте 533 МГц с таймингами 3-3-3. Причём, это не разгон, а официально утверждённый JEDEC стандарт. В рамках официально утверждённой спецификации предусмотрена модификация DDR2-533 с таймингами 3-3-3, но с повышенным до 1.9В напряжением питания. Использование в LGA775 системах DDR2-533 SDRAM с таймингами 3-3-3 было одобрено и Intel. Компания официально подтвердила совместимость своих новых чипсетов с такой памятью и специально подчеркнула, что эта память будет являться наилучшим выбором для энтузиастов, стремящихся достичь наивысший уровень производительности. Понять Intel несложно: даже с теоретических позиций совершенно понятно, что уменьшение латентности CAS DDR2-533 до 3 циклов может позволить значительно усилить параметры DDR2.

Таблица 5.2

Память	Тайминги	Латентность	Пропускная способность в двухканальном режиме
DDR400SDRAM	2.5-3-3	12.5 нс	6.4 Гбайт/сек
DDR400SDRAM	2-3-2	10 нс	6.4 Гбайт/сек
DDR533SDRAM	3-4-4	11.2 нс	8.5 Гбайт/сек
DDR533SDRAM	2.5-3-3	9.4 нс	8.5 Гбайт/сек
DDR2-533SDRAM	5-5-5	18.8 нс	8.5 Гбайт/сек
DDR2-533SDRAM	4-4-4	15 нс	8.5 Гбайт/сек
DDR2-533SDRAM	3-3-3	11.2 нс	8.5 Гбайт/сек
DDR2-600SDRAM	5-5-5	16.6 нс	9.6 Гбайт/сек
DDR2-600SDRAM	4-4-4	13.3 нс	9.6 Гбайт/сек

Как видим, DDR2-533 SDRAM с таймингами 4-4-4 с точки зрения латентности проигрывает повсеместно распространённой DDR400 SDRAM в полтора раза. Сомнительно, что 30-процентный рост пропускной способности способен компенсировать такое ухудшение времени выборки. Однако уменьшение таймингов DDR2-533 до 3-3-3 значительно снижает латентность и она становится лишь на 12 % хуже латентности DDR400

SDRAM с таймингами 2-3-2. В итоге, учитывая что пропускная способность DDR2-533 SDRAM превышает пропускную способность DDR400 SDRAM, можно ожидать, что системы с DDR2 памятью с пониженными таймингами уже не будут проигрывать системам с памятью стандарта DDR1.

Также хочется отметить, что на достижении таймингов 3-3-3 эволюция DDR2-533 не закончилась. Компания OCZ, например, освоила выпуск DDR2 памяти с ещё более агрессивными задержками. Их новый продукт, PC2 4200 Enhanced Bandwidth Platinum, имеет тайминги 3-2-2. Очевидно, что LGA775 платформы с такой памятью могут составить очень серьёзную конкуренцию платформам, в которых используется обычная DDR SDRAM.

Кроме того, ещё один шаг в сторону увеличения скорости LGA775 сделали и производители материнских плат. Многие платы для энтузиастов на базе наборов логики i915/i925, производимые такими компаниями как ASUS, ABIT и пр. позволяют использовать DDR2 память на частоте 600 МГц вместо 533 МГц. Реализуется эта возможность путём задействования недокументированных делителей для частоты памяти, заложенных в чипсетах i925/i915. Хотя утверждённого стандарта на DDR2-600 не существует, использование памяти в таком режиме может позволить не только увеличить пропускную способность подсистемы памяти, но и несколько снизить её латентность по сравнению с DDR2-533 с таймингами 4-4-4.

5.3 Virtual Channel Memory

VCM (Virtual Channel Memory) — разработанная NEC и Siemens технология, позволяющая оптимизировать доступ к оперативной памяти нескольких «процессов» (насколько можно судить, в качестве отдельных процессов могут быть рассмотрены, например, запись данных центральным процессором, перенос содержимого оперативной памяти на жесткий диск, обращения графического процессора и т.п.), таким образом, что переключение между процессами не приводит к падению производительности. В отличие от традиционной схемы, когда все процессы делят одну и ту же шину ввода-вывода, в технологии VCM каждый из них использует «виртуальную» шину. Организованное на уровне

чипа взаимодействие «виртуальных» и реальной шины позволяет достичь прироста производительности системы до 25 %. Схема VCM может быть реализована в рамках уже существующей технологии.

VCM была анонсирована компанией NEC Electronics, фирма определила новый протокол и схемные решения, разрешающие подсистемам, обращающимся к памяти, управлять виртуальными каналами (VC) — независимыми интерфейсными блоками DRAM. Любой прибор, скажем, L2-контроллер или графический процессор, должен иметь свой виртуальный канал. Каждый канал содержит статический буфер страниц. Прибор может читать или писать в буферы, копировать их или загружать из накопителя DRAM. Операционная система, распознающая архитектуру VCM, могла бы назначить и собственный виртуальный канал.

В современных системах доступ к памяти разных контроллеров, установленных на шине PCI, обычно чередуется в трудно предсказуемом порядке. Доступ к разным участкам основной памяти провоцируется и программными приложениями, разработанными с помощью модульных языков, и многозадачными операционными системами. Поэтому микросхемы DRAM вынуждены работать с разными страницами. Эта задержка требуется для предзаряда битовых шин накопителя и передачи информации от ячеек памяти через усилители считывания к блоку ввода/вывода. Часто это приводит к значительному замедлению работы всей системы.

При разработке VCM основными целями являлись снижение длительности задержки, а также снижение энергопотребления модулей памяти. Добиться выполнения этой задачи, невыполнимой, если судить по опыту Direct RDRAM, где механизм управления питанием является одним из основных источников задержек, удалось следующим образом. Как работает обычная память?

Memory Master (любое системное устройство, которому по какой-то причине понадобился доступ к системной памяти — контроллер PCI или AGP, кэш процессора L2, видеокарта, и тому подобные вещи) делает запрос, обладающий уникальными характеристиками — адресом, размером блока данных, и т.д. Причем вся эта игра в морской бой ведется на одной доске и несколькими игроками одновременно: грубо говоря, процессору срочно пона-

добились данные по одному адресу, а видеокарте так же позарез надо подгрузить текстуру, которая находится вообще в другом банке памяти.

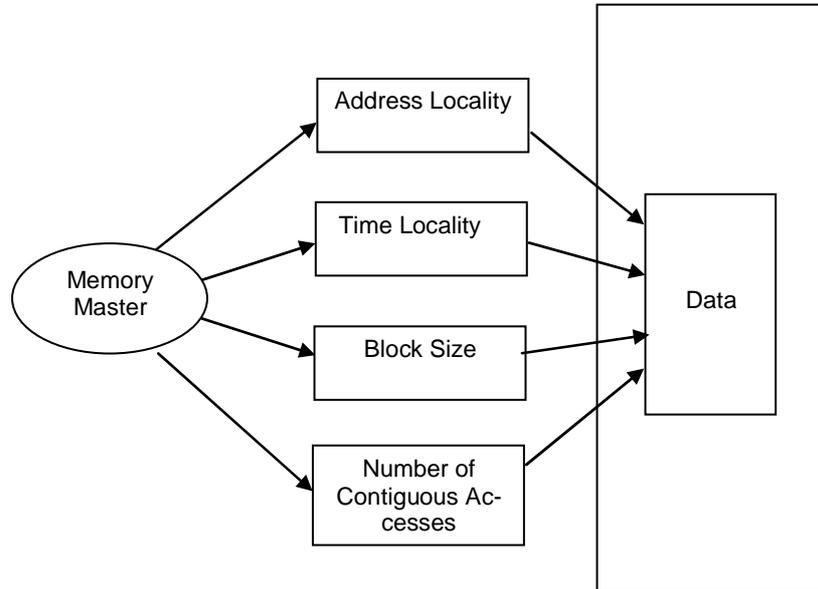


Рис. 5.7

Понятно, что при нескольких устройствах, одновременно выполняющих запросы в разные области памяти (причем доступ то в один момент времени может иметь только одно из них), о большой эффективности работы говорить не придется. Как же предлагает выйти из положения NEC?

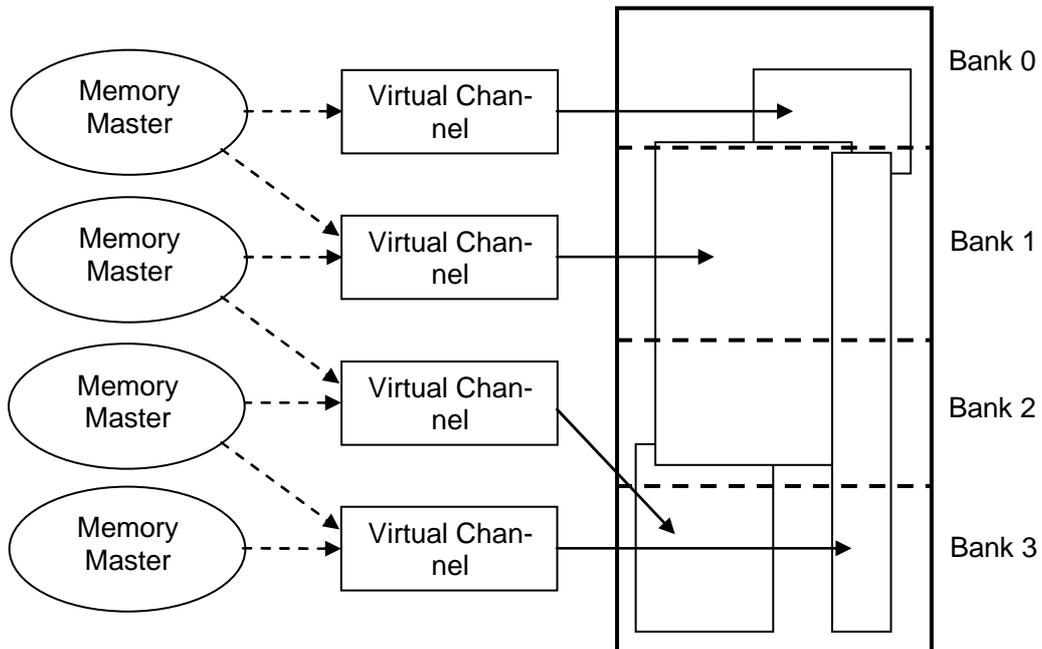


Рис. 5.8

Каждому устройству назначается свой высокоскоростной виртуальный канал, учитывающий специфические характеристики его запросов. В том числе, функцией виртуальных каналов является и кэширование — Memory Master посылает каналу приказ на запись или чтение, а тот уже занимается его выполнением со всеми сопутствующими деталями, вроде задержек между циклами, нахождением блоков, и т.д. В результате чего внешние и внутренние операции абсолютно независимы друг от друга и могут исполняться параллельно.

Виртуальный канал может отфильтровывать большинство пропусков страниц. Когда процесс обращается к каналу, он все еще находит SRAM-буфер страниц неизменным после последнего обращения к нему. Вставленные непосредственно в периферию DRAM, буферизированные контроллеры виртуального канала позволяют уменьшить паузы в работе системы при обращении ее подсистем к разным страницам памяти.

В итоге, эффективность доступа к памяти значительно повышается, особенно если учесть, что ничто не мешает, например, той же видеокарте открыть, допустим, три таких канала — один для загрузки вершин треугольников, второй для загрузки текстур, третий для системного обмена с памятью.

По данным NEC увеличение эффективности может достичь до 90 %, а вообще по тестам VCM133 SDRAM превосходит PC133 процентов на 10—30. Это и уменьшившиеся задержки, и более высокая пропускная способность, и уменьшение энергопотребления (примерно на те же 30 процентов) за счет того, что в тот момент, когда происходит передача результатов приказа системному устройству, вся фоновая активность по другую сторону виртуального канала может быть заморожена.

Теперь, уже традиционный вопрос о стоимости. А что стоимость? По выводам чипы VCM полностью аналогичны обычным чипам SDRAM, совместимы они с ними и по используемому интерфейсу, BIOS может легко распознать модули VCM SDRAM путем использования SPD. Модули, естественно, абсолютно взаимозаменяемы с обычными SDRAM DIMM, причем все последние чипсеты от SiS, ALI, и, разумеется, VIA, VCM полностью поддерживают. Увеличение площади чипа по сравнению с тем же SDRAM составляет всего 1—3 %, при этом используется

то же производственное и тестовое оборудование, что и для обычного SDRAM, а за счет несколько более высокого выхода, себестоимость, скажем, VCM133 для производителей должна быть примерно равна себестоимости PC133 SDRAM. Причем VCM полностью независима от типа памяти, и с легкостью может быть в дальнейшем встроена, например, в DDR SDRAM

Концепция VCM совершенно отличается от той, которая использовалась в CDRAM компании Mitsubishi (www.mitsubishichips.com) или ESDRAM компании Enhanced Memory Systems (<http://www.ramtron.com/>). Те приборы используют SRAM как кэш, управляемый только схемой, размещенной внутри кристалла DRAM. Динамическая память фирмы NEC требует, чтобы контроллер памяти явно заказал все перемещения между SRAM-буферами и DRAM-массивом. Это позволит достаточно «умному» контроллеру полностью скрыть большинство тактов ожидания, выполняя перемещение данных, в то время как другие каналы используют буферы ввода/вывода. В результате DRAM улучшает производительность системы — без увеличения тактовой частоты работы шины.

NEC обещает поддержку производителям чипсетов. Чтобы сделать новую технологию более привлекательной, NEC планирует предлагать VCM всем заинтересованным фирмам без лицензий, проводимых через JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council — <http://www.eia.org/jedec/www.eia.org/jedec/>) Примером использования данной технологии является будущий стандарт DDR II SDRAM.

5.3.1 Virtual Channel SDRAM

О выпуске этого типа памяти корпорацией NEC (<http://www.ic.nec.co.jp/memory/vcmemory/english/index.html>) было объявлено только в конце прошлого года, поэтому он еще не завоевал «места под солнцем» (его поддержка в единственном пока чипсете MVP4 от VIA не в счет). Он преподносится как революционное новшество для создания новых типов ОЗУ, рассчитанных на многозадачные системы, в которых чередуются обращения различных процессов к разным участкам памяти и построен на основе технологии VCM.

В соответствии с технологией VCM в VCSDRAM любое системное устройство (Memory Master) может сделать запрос, обладающий уникальными характеристиками — адресом, размером блока данных к памяти, по средством виртуальных каналов. По идее системный контроллер памяти ассоциирует каналы с процессами, что ускоряет работу системы, как если бы каждому процессу выделялся отдельный ресурс доступ к памяти. Каждый канал может выполнить обмен данными с любой строкой любого банка ядра.

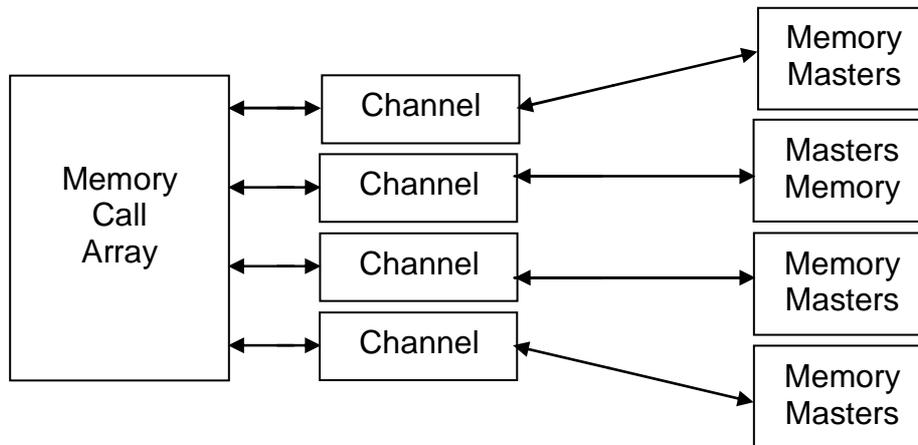


Рис. 5.9

По этой технологии при записи данные не сразу заносятся в ядро, а помещаются в буфер — виртуальный канал — и хранятся там до тех пор, пока ядро не будет готово их принять не будет готово их принять (оно, например, может быть занято регенерацией или обменом с другим устройством).

Запись данных в VCSDRAM выполняется следующим образом: вначале данные записываются в виртуальный канал, а потом по мере освобождения контроллера DRAM — происходит запись непосредственно в ячейки памяти SDRAM.

Чтение данных осуществляется путем запроса данных у виртуального канала, который в соответствии с запросом напрямую считывает содержимое блока ячеек SDRAM, содержащий необходимые данные, и дополнительно выполнит упреждающее чтение.

Чтобы при одновременном обращении к памяти нескольких процессов не снизилась производительность, число каналов доведено до 16 по 1024 бита каждый (в модулях по 256 Мб каждый

канал может передавать до 2048 бит). Работает VC SDRAM при частоте вплоть до 143 МГц. Тип корпуса — стандартный, совместимый по контактам и набору команд («сверху вниз») с SDRAM.

Перспективы.

Таким образом, изменения в VC SDRAM коснулись только принципа размещения данных в ядре, что позволяет использовать его как базу для создания любых микросхем памяти, будь то SDRAM или же DDR RAM (кстати, технология VCM уже будет использоваться в новом стандарте DDR II). Компания уже выпускает по новой технологии 64Mb, 128Mb и 256 Mb ОЗУ и планирует еще в этом году перейти к их массовому производству, сделав эту технологию стандартом de-facto.

5.3.2 Active Link

Последняя архитектурная новинка ActiveLink от специалистов NEC нагрузила DRAM новыми функциями. Известно, насколько успешными на рынке оказались некоторые программы, резидентно выполняющие архивацию информации хранимой на винчестере. NEC предложила распространить архивацию и на основную память. Почему бы не сохранять в сжатом виде информацию в самих DRAM? Чтобы не загружать рутинной работой процессор, функция компрессии/декомпрессии возлагается на сам чип DRAM. В результате несколько расширилось обрамление кристалла, но зато не надо хранить лишнего! Налицо двойной выигрыш: нужна меньшая по количеству ячеек микросхема DRAM, и доступ к информации происходит быстрее, чем обычно.

В самом деле, если все больше информации в компьютерах имеет мультимедийную природу, то и алгоритм компрессии можно выбрать соответствующий. Как написано в пресс-релизе NEC, процессор будет иметь возможность управлять DRAM (например, для выбора алгоритма компрессии) не только обычным образом через контроллер памяти, но и непосредственно. По утверждениям NEC, видеоданные сжимаются в изготовленном прототипном чипе ActiveLink в четыре раза.

Получили ли новые технологии NEC поддержку у производителей DRAM? Сомнения на этот счет имелись уже на момент анонсирования данной технологии: виртуальные каналы и ком-

прессоры/декомпрессоры требуют внедрения в DRAM и в контроллеры динамической памяти (для VCM) дополнительной периферии. По оценкам специалистов, она может насчитывать несколько тысяч логических вентилях. Конечно, для нынешних DRAM и контроллеров — копейки, но площадь кристалла DRAM еще больше увеличится, что не приведет в восторг их изготовителей. Новшества от NEC, даже не найдя понимания в мире (хотя, как нам сообщили представители NEC, переговоры со многими фирмами-производителями интенсивно ведутся), способны поднять производительность собственных системных разработок. Благо фирма производит и DRAM, и микропроцессоры. Пожалуй, кроме NEC, не один крупный производитель не попытался реализовать данную технологию.

5.3.3 IRAM

Главная идея IRAM (Intellectual Random Access Memory) — в размещении процессора и DRAM в одном чипе. Ее вот уже 6 лет развивает группа профессора Дэвида Паттерсона (David Patterson) из Калифорнийского университета в Беркли (iram.cs.berkeley.edu) и многие компании-производители уже поддержали их в этом стремлении. Такие компании как Sun, Compaq и другие производители процессоров уже создают прототипы микросхем нового типа памяти.

Почему это хорошо? Прежде всего, потому, что писать и читать можно длинными словами (где-то в пределах 128—16384 бит — по выводам разработчиков из Беркли), обеспечивая очень высокую пропускную способность памяти. Раньше это было невозможно — все упиралось в неприемлемо большое число выводов микросхемы. Представим, что некто решил приспособить обычные чипы DRAM для широченной шины данных в основной памяти, чтобы достичь пропускной способности хотя бы 1,6 Гбайт/с. Число выводов у чипа, содержащего контроллер памяти, и сейчас составляет около 500. Дополнительное увеличение их числа на сотню-другую (для увеличения шины данных) сделает всю затею невыносимой для конструкторов.

Средняя скорость RAS/CAS равна приблизительно 10—30 ns для модулей 64—256 Mb IRAM. При этом снизится энергопотребление и уменьшится место, занимаемое микросхемами памяти.

Возможно, в будущем одной микросхемы DRAM для PC будет хватать. Если экстраполировать график зависимости числа чипов DRAM в основной памяти то это случится уже в 2002—2004 году. Тогда городить огород с SIMM, DIMM и, может, даже RIMM будет неинтересно. Если технология не остановится, то идея совмещения CPU и DRAM на одном чипе станет очевидной. К этому сейчас идет техническая общественность под популярным лозунгом «System On Chip». Вдруг покупка Alpha 21264 компанией Samsung связана с одночипным CPU+DRAM? Это лохматое предположение извиняет то, что гибриды процессоров и динамической памяти на одном кристалле уже существуют не только на бумаге. Их уже выпускает ряд фирм, занятых современными связными, сенсорными технологиями.