

СОВРЕМЕННОЕ ЖЕЛЕЗО

НАСТОЛЬНЫЕ, МОБИЛЬНЫЕ И ВСТРАИВАЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

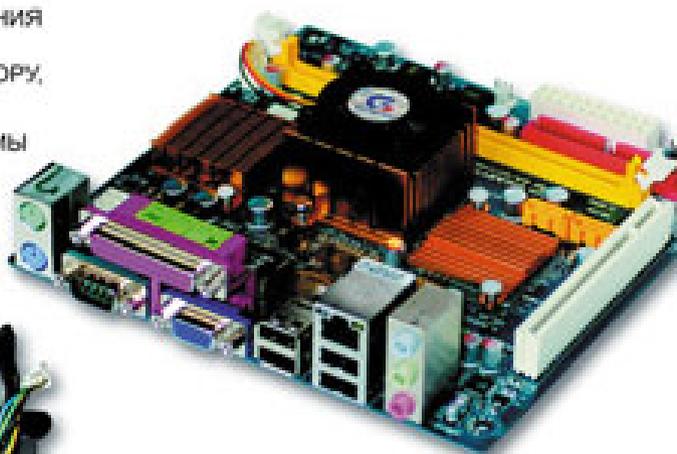
НАСТОЛЬНЫЕ ПК, НОУТБУКИ, НЕТБУКИ,
НЕТТОПЫ И ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССОРОВ,
ЧИПСЕТОВ, МАТЕРИНСКИХ ПЛАТ
И ДРУГИХ КОМПОНЕНТОВ

АППАРАТНЫЕ ПЛАТФОРМЫ INTEL, AMD И ДР.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ,
МОДЕРНИЗАЦИИ
И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ



АППАРАТНЫЕ
СРЕДСТВА

Евгений Рудометов

СОВРЕМЕННОЕ ЖЕЛЕЗО

**НАСТОЛЬНЫЕ, МОБИЛЬНЫЕ
И ВСТРАИВАЕМЫЕ
КОМПЬЮТЕРЫ**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2010

Рудометов Е. А.

P83 Современное железо: настольные, мобильные и встраиваемые компьютеры. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 464 с.: ил. — (Аппаратные средства)

ISBN 978-5-9775-0456-0

Рассмотрены современные настольные, мобильные (ноутбуки, нетбуки, неттопы и др.) и встраиваемые компьютеры. Приведены характеристики процессоров, чипсетов, материнских плат и других основных компонентов. Представлены результаты их тестирования и даны рекомендации по выбору, модернизации и оптимизации работы. Показано использование сходных и одинаковых архитектур и компонентов для различных аппаратных платформ (Intel, AMD и др.). Приведены только проверенные данные, рекомендованные производителем. Дан прогноз развития на последующие несколько лет.

Книга является не только справочным пособием по архитектуре, технологии и компонентам современных компьютерных систем, но и руководством по их выбору, настройке и модернизации.

Для широкого круга пользователей ПК

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Игорь Шишигин</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Редактор	<i>Юрий Якубович</i>
Компьютерная верстка	<i>Ольги Сергиенко</i>
Корректор	<i>Зинаида Дмитриева</i>
Дизайн серии	<i>Инны Тачиной</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 27.11.09.

Формат 70×100^{1/16}. Печать офсетная. Усл. печ. л. 37,41.

Тираж 1500 экз. Заказ №

"БХВ-Петербург", 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.60.953.Д.005770.05.09 от 26.05.2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП "Типография "Наука"
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

Оглавление

Введение	5
ГЛАВА 1. Настольные системы	9
1.1. Основные компоненты	9
1.1.1. Ограничения частотного роста	9
1.1.2. Процессоры	18
1.1.3. Память	46
1.1.4. Видео	54
1.2. Наборы микросхем	59
1.2.1. Чипсеты Intel	60
1.2.2. Чипсеты AMD, Nvidia, VIA, SiS	95
1.3. Материнские платы.....	108
1.3.1. Характеристики материнских плат.....	108
1.3.2. Архитектура, дизайн и технологии.....	110
1.4. Энергопитание.....	126
1.5. Управление производительностью.....	136
1.6. Примеры материнских плат	146
1.6.1. Производство материнских плат	146
1.6.2. Перспективные модели.....	153
1.7. Особенности модернизации	171
ГЛАВА 2. Мобильные системы	177
2.1. Ноутбуки.....	177
2.1.1. Критерии и компоненты	179
2.1.2. История развития	201
2.1.3. Платформы Centrino	218
2.1.4. Альтернативные решения.....	241
2.1.5. Примеры перспективных решений.....	265
2.2. Нетбуки и неттопы.....	277
2.2.1. Нетбуки	277
2.2.2. Неттопы.....	309
2.3. КПК, навигаторы и MID.....	319
2.3.1. КПК	320
2.3.2. GPS-навигаторы	339
2.3.3. MID.....	355

ГЛАВА 1



Настольные системы

Хотя доля настольных ПК постепенно снижается, среди бытовых и офисных компьютеров они остаются непревзойденными по производительности и функциональным возможностям. Лидерство этому классу ПК обеспечивает использование соответствующих комплектующих, технологий и архитектур.

За несколько десятилетий развития компьютеров многократно возросла их вычислительная мощь и увеличились их функциональные возможности. Некогда гигантские комплексы, требующие особых условий обслуживания и эксплуатации, благодаря успехам полупроводниковых технологий постепенно превратились в компактные и недорогие стационарные вычислительные системы. Эти системы были названы настольными персональными компьютерами (Desktop PC). Они обладают высокой производительностью и широкими функциональными возможностями.

1.1. Основные компоненты

Производительные компьютеры создаются на основе современных компонентов, важнейшими из которых являются процессоры, оперативная память, видеоадаптеры, жесткие диски и, конечно, материнские платы.

1.1.1. Ограничения частотного роста

Безудержному росту тактовых частот препятствуют объективные физические законы, определяющие работу элементов, а также особенности дизайна компонентов и устройств.

С точки зрения пользователя, быстродействие процессора характеризуется временем выполнения определенного набора команд, последовательность

которых образует компьютерную программу. Чем оно меньше, тем выше производительность. Иными словами,

Производительность = (Количество микрокоманд за такт) × (Тактовая частота).

Количество команд, выполняемых за такт, в значительной степени зависит от микроархитектуры процессора, определяющей, с каким набором машинных команд способен работать процессор и как осуществляется эта работа. На уровне процессора одна команда программы преобразуется в несколько машинных инструкций или элементарных команд, причем эффективность такого преобразования зависит и от микроархитектуры процессора, и от оптимизации кода. Кроме того, в современных микроархитектурах элементарные команды могут исполняться параллельно.

Из вышесказанного следует, что некорректно сравнивать производительность процессоров, имеющих различную микроархитектуру, основываясь только на тактовой частоте процессоров. Вот почему при одной и той же тактовой частоте одни приложения более эффективно могут выполняться на процессорах, например, от компании Intel, а другие — на процессорах от AMD. Но если рассматривать одно и то же семейство процессоров, представленных моделями одинаковой микроархитектуры, то сравнивать их производительность, исходя из тактовой частоты процессора, будет вполне корректно. Модели процессоров одного семейства, имеющие большие величины тактовых частот, обладают и большей производительностью. Именно поэтому на протяжении сравнительно длительного времени повышение производительности процессора достигалось путем увеличения тактовых частот, на которых работают полупроводниковые ядра процессоров.

Однако безудержному росту тактовых частот препятствуют объективные физические законы, определяющие работу элементов уже нанометровых размеров. В ряду таких элементов нужно назвать, прежде всего, полупроводниковые транзисторы, изготовленные по технологии КМОП (CMOS). Здесь необходимо напомнить, что КМОП означает комплементарную логику на основе технологии металл-окисел-полупроводник.

Параметры этих транзисторов, десятки миллионов которых составляют основу ядер процессоров, в значительной степени зависят от типоразмеров. Их изменение определяется эволюцией технологических процессов, в соответствии с которыми осуществляется выпуск процессоров. Основным параметром, характеризующим техпроцесс, является уменьшаемый каждые два года масштаб производства полупроводниковых элементов.

Эволюция технологических процессов фирмы Intel представлена в табл. 1.1 и на рис. 1.1.

Таблица 1.1. Эволюция технологических процессов фирмы Intel

Наименование процесса	P854	P856	P858	Px60	P1262	P1264	P1266	P1268	P1270
Внедрение, год	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009	2011
Масштаб, нм	350	250	180	130	90	65	45	32	22
Пластина Si, мм	200	200	200	200/300	300	300	300	300	300
Межсоединения	Al	Al	Al	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu
Диэлектрик затвора	SiO ₂	High-k	High-k	High-k					
Канал	Si	Si	Si	Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si	Strained Si



Рис. 1.1. Эволюция технологических процессов компании Intel

Совершенствование технологии и постепенное уменьшение размеров транзисторов способствуют улучшению их параметров, важнейшими из которых являются скоростные свойства. Благодаря уменьшению длины затвора в M раз пропорциональным образом возрастают частотные параметры и плотность размещения транзисторов. Изменение параметров транзисторов в зависимости от их типоразмеров представлено в табл. 1.2.

Таблица 1.2. Изменение параметров транзисторов в зависимости от их типоразмеров

Параметр	Коэффициент
Длина затвора (X)	$1/M$
Ширина затвора (Y)	$1/M$
Толщина затвора (Z)	$1/M$

Таблица 1.2 (окончание)

Параметр	Коэффициент
Плотность размещения	$M \cdot M$
Частота работы	M
Напряжение	$1/M$

Однако работающие на высоких частотах транзисторы, уже нередко сотни миллионов которых расположены на очень малой площади полупроводникового кристалла, оказывают друг на друга негативное влияние. Это влияние можно легко проиллюстрировать на примере расположенных рядом проводников, соединяющих элементы в ядре процессора (рис. 1.2).

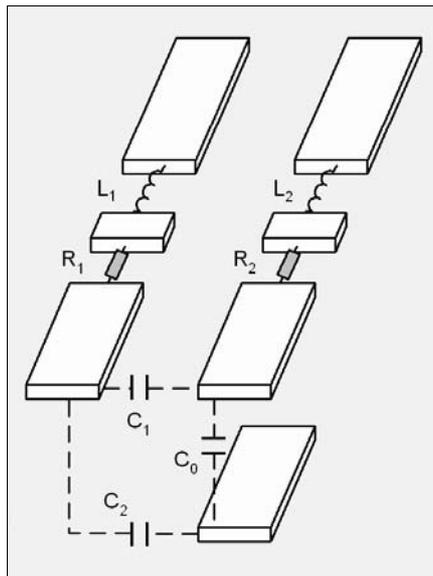


Рис. 1.2. Взаимное влияние проводников, соединяющих элементы в микросхемах

Данные проводники обладают взаимной емкостью, которая, как известно, зависит от расстояния между проводниками и площади обращенных друг к другу сторон и вычисляется по формуле

$$C = k \times S / d,$$

где C — емкость; S — площадь; d — расстояние; k — коэффициент диэлектрической проницаемости среды.

Взаимная емкость способствует появлению неконтролируемых токов: на высоких частотах образованный проводниками конденсатор обладает проводимостью.

мостью. Оценивая поведение приведенной схемы на высоких частотах, нельзя не заметить, что размеры проводников малы, но мало и расстояние между ними. Учитывая же величины частот, а также количество таких проводников, составляющее многие миллионы, можно утверждать, что их влиянием на частотные свойства внутренних структур процессорного ядра нельзя пренебрегать. Особенно если принять во внимание то обстоятельство, что каждый проводник обладает еще и активным сопротивлением, и индуктивностью (см. рис. 1.2).

К тому же и активные (резисторы), и реактивные (емкости, индуктивности) составляющие полного импеданса являются распределенными по всей длине проводников, что многократно усложняет описание и поведение подобных систем на высоких частотах. Однако ситуация является еще более сложной, т. к. описанная система находится не в вакууме, а между проводниками находятся вещества, обладающие определенными диэлектрическими свойствами, влияющими на величины взаимных емкостей (рис. 1.3).

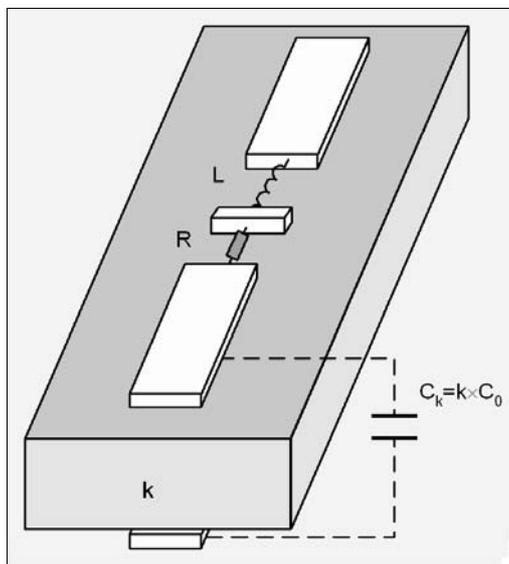


Рис. 1.3. Вариант двух проводников, учитывающий влияние диэлектриков

Из приведенного рисунка должно быть понятно, почему конструкторы стремятся использовать для изоляции элементов полупроводниковых микросхем материалы с меньшей величиной диэлектрической проницаемости (k).

Следует отметить, что высокочастотные параметры описанных схем зависят от многих факторов. Достаточно перечислить, например, геометрические размеры проводников, их взаимное расположение, состав металлов и окру-

жающих диэлектриков, микроскопические дефекты. Любые вариации этих параметров порождают соответствующие изменения в частотных свойствах. Кстати, это одна из причин необходимости закладывать «запас прочности» в сложные высокочастотные изделия.

Кроме топологии проводников, необходимо учитывать и влияние самих транзисторов. Каждый из них, обладая собственными емкостными и индуктивными характеристиками, искажает высокочастотные сигналы и способствует росту токов утечки. Кроме того, транзисторы являются активными элементами: оказывая электромагнитное воздействие на близлежащие элементы, они в свою очередь сами испытывают аналогичное влияние от соседних цепей. Входящие же в состав транзисторов р-п-переходы способны осуществлять непредусмотренное детектирование наведенных токов, их усиление и последующую передачу.

Структура КМОП-транзистора показана на рис. 1.4.

Общая картина многократно усложняется, если учесть, что размеры транзисторов уже достигли тех значений, когда все большее влияние начинают оказывать квантовые эффекты. Миниатюризация полупроводниковых элементов, работающих на сверхвысоких частотах в условиях значительных электромагнитных помех, обуславливает стремительный рост неуправляемой составляющей токов в электронных схемах. Их общий поток складывается из токов, порождаемых неидеальностью изоляции, а также утечками различной природы через межэлементные емкости и даже за счет туннельного эффекта.

Здесь следует напомнить, что для сохранения устойчивости работы электронных схем токи, контролируемые работающими элементами, должны быть больше неуправляемых токов утечки. В результате негативных явлений, порождаемых процессами миниатюризации, неуправляемые токи, основу которых составляют токи утечки, а также паразитные токи, связанные с ростом частоты переключения транзисторов, препятствуют снижению теплообразования процессоров за счет миниатюризации элементов. Это означает, что ожидаемого существенного снижения теплообразования не происходит, несмотря на уменьшение напряжения питания, достигнутое благодаря уменьшению размеров транзисторов. Доля указанной неконтролируемой части электрического тока, и без того довольно значительная, еще более увеличивается с ростом частоты.

В борьбе с ростом негативных тенденций, происходящих в электронных схемах, реализованных в кристаллах процессоров и других микросхемах, специалисты внедряют новые технологии. В качестве примеров можно привести использование медных проводников вместо алюминиевых или применение материалов с низкими показателями диэлектрической проницаемости (low k), технологий напряженного кремния (strained Si) и кремний-на-изоляторе (SOI).

Замена алюминия медью для соединяющих транзисторы проводников обеспечило снижение потерь при передаче сигналов, т. к. медь обладает лучшей проводимостью по сравнению с алюминием. В результате это в целом уменьшило тепловыделение и позволило увеличить тактовые частоты процессора.

Те же цели преследовали разработчики, применяя материалы low k и strained Si. Первые, используемые для изоляции внутренних цепей, включая соединяющие проводники, снижают значения паразитных межэлементных емкостей, препятствующих росту тактовых частот. Вторые же предназначены для уменьшения сопротивления канала исток-сток. Связано это с тем, что напряженный кремний характеризуется большим расстоянием между атомами его кристаллической решетки, и это обеспечивает меньшее сопротивление потоку электронов. Для областей с дырочной проводимостью используется напряженный кремний с уменьшенным расстоянием между атомами. Все это уменьшает тепловыделение и позволяет несколько увеличить тактовые частоты.

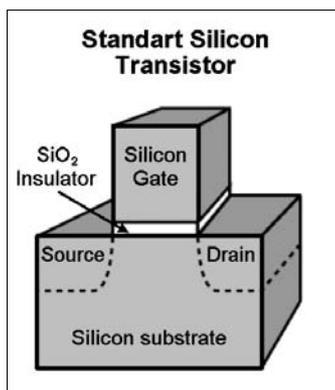


Рис. 1.4. Структура традиционного КМОП-транзистора

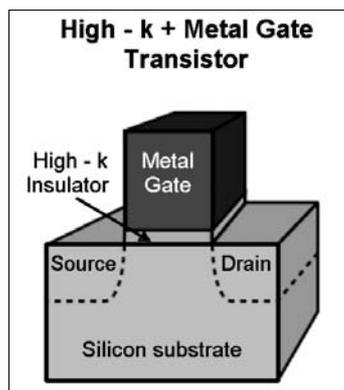


Рис. 1.5. Структура улучшенного КМОП-транзистора

Следует отметить, что для борьбы с тепловыделением используется и такая технология, как SOI. Она обеспечивает снижение паразитных токов через подложку.

Аналогичной цели, но только для цепей затворов, служит и применение материалов с high k. Эти материалы используются в качестве изолирующих слоев затворов транзисторов взамен традиционно применяемой пленки окиси кремния (рис. 1.5).

Толщина этой пленки составляет менее десяти атомов, что вызывает значительный неуправляемый ток утечки. Использование же новых материалов

позволяет увеличить толщину данной пленки и уменьшить ток утечки примерно в тысячу раз. Это значительно уменьшает тепловыделение и позволяет наращивать тактовые частоты.

С той же целью в дополнение к использованию материалов high k осуществляется замена поликристаллических затворов на металлические.

Еще одной мерой, призванной уменьшить потери энергии, является использование напряженного кремния. С помощью специальных технологий изменяют параметры кристаллической решетки кремния в области канала транзистора: увеличение для области n и уменьшение — для области p, что облегчает прохождение электронов и дырок. Это улучшает частотные параметры транзисторов и уменьшает уровень потерь.

В дальнейшем же планируется применение более совершенных транзисторов (рис. 1.6).

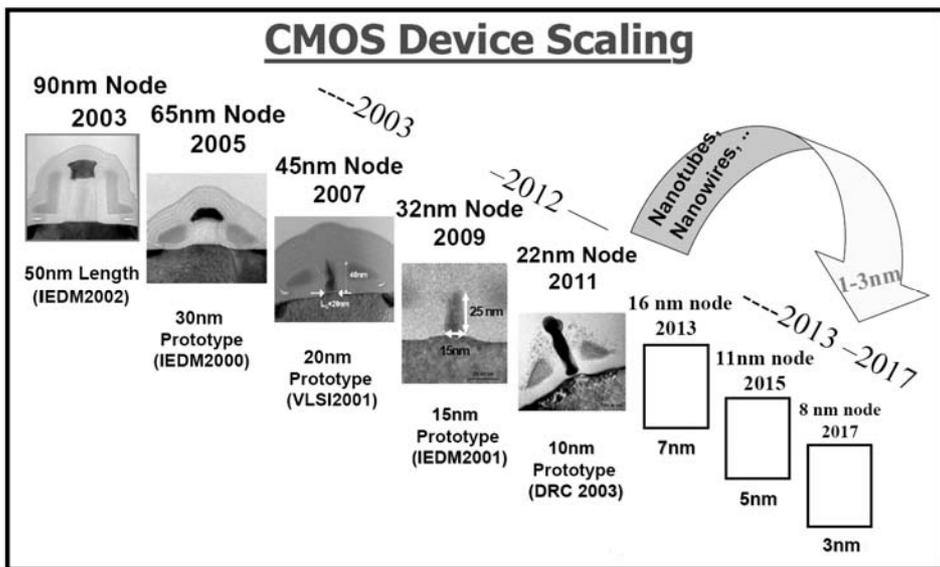


Рис. 1.6. Эволюция процессов и транзисторов

Внедрение указанных нововведений позволяет продолжить процесс миниатюризации элементов, наращивая их частотный потенциал и плотность размещения транзисторов на полупроводниковых кристаллах. Последний параметр позволяет увеличивать от поколения к поколению количество транзисторов, составляющих ядро процессора. Данный массив является ресурсом разработчиков и соответственно источником увеличения потенциальных возможностей компьютерных комплектующих и, следовательно, создаваемых изделий.

Рост же массива транзисторов происходит в соответствии с эмпирическим законом Мура, означающим регулярное удвоение числа (точнее было бы говорить о регулярном удвоении плотности) транзисторов на кристаллах микросхем. С этим законом уже несколько десятков лет осуществляется стремительная эволюция микросхем и совершенствование микроархитектуры процессоров (рис. 1.7 и 1.8).



Рис. 1.7. Гордон Мур и его закон



Рис. 1.8. Изменение плотности микросхем

Совершенствование микроархитектуры процессоров и технологических процессов их производства обеспечивает рост тактовых частот и вычислительной мощности процессоров (рис. 1.9).

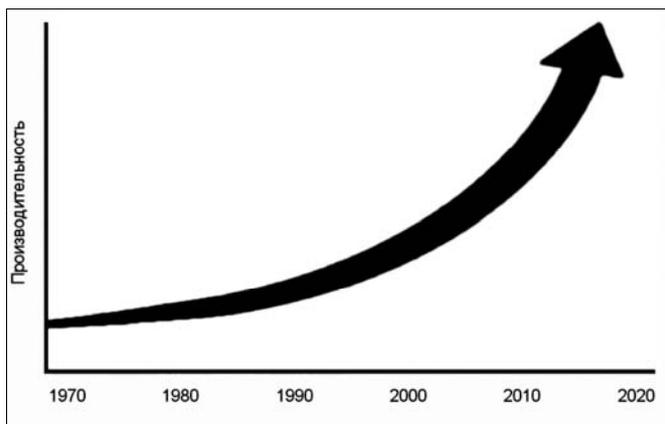


Рис. 1.9. Экспоненциальный рост производительности процессоров

К сожалению, обратной стороной этого роста, опять же, является сравнительно быстрое увеличение теплообразования высокосложных микросхем, к которым относятся процессоры.

1.1.2. Процессоры

Невозможность неограниченного роста тактовой частоты с одной стороны и необходимость повышения производительности с другой потребовали новых идей в области процессорных микроархитектур.

Решение было найдено в многоядерных структурах, позволяющих реализовать параллельные вычисления. Процессоры с несколькими ядрами обеспечили дальнейший рост производительности при снижении показателя Energy per Instruction — энергии, затраченной на выполнение одной инструкции.

Регулирование энергопотребления

В попытках решить проблему снижения энергопотребления своих изделий конструкторы принялись встраивать в ядра специальные цепи (их функционирование поддержано системным программным обеспечением), которые регулируют работу процессоров и обеспечивают, в зависимости от вычислительной нагрузки и условий эксплуатации, установку оптимальных электрических и частотных режимов. То есть в случае снижения вычислительной нагрузки происходит уменьшение тактовой частоты работы ядра.

Кстати, при снижении тактовой частоты процессора ниже штатной величины напряжение питания его ядра может быть соответствующим образом снижено без нарушения устойчивости работы системы, и это позволяет снизить теплообразование процессора. Будучи стандартными для портативных компьютеров, такие операции, выполняемые в автоматическом режиме аппаратно-программным обеспечением, предназначены для экономии энергии батарей. Однако понижение напряжения и частоты уже используется и для моделей серверного сектора, и сектора настольных компьютеров, что позволяет не только уменьшить энергопотребление, но и существенно снизить тепловую нагрузку на полупроводниковые кристаллы ядер процессоров.

Для оценки эффективности подобных технологий снижения тепловой нагрузки на ядро процессора целесообразно воспользоваться следующей формулой:

$$P \approx C \cdot V^2 \cdot F,$$

где P — тепловая мощность процессора; C — коэффициент, учитывающий взаимную емкость элементов ядра процессора и зависящий от микроархитектуры его ядра (обычно возрастает с увеличением плотности размещения элементов на кристалле микросхемы); V — напряжение питания ядра; F — тактовая частота.

Данное выражение легко приводится к следующему виду:

$$P_k = P_0 \left(\frac{V_k}{V_0} \right)^2 \left(\frac{F_k}{F_0} \right).$$

В этом уравнении, связывающем основные характеристики теплообразования, переменные с индексом k обозначают соответствующие параметры изменяемых режимов, а переменные с нулевым индексом — параметры штатного режима.

Приведенная формула показывает, что уменьшение тактовой частоты и, как следствие, возможность уменьшения напряжения питания обеспечивают значительное снижение мощности теплообразования. Так, например, уменьшение тактовой частоты и напряжения на 20% уменьшает теплообразование в два раза. Снижение же производительности можно компенсировать использованием нескольких ядер. В результате, как показывают расчеты и практическая реализация, замена верхних моделей на процессоры с несколькими ядрами способна обеспечить существенный прирост производительности при приемлемом теплообразовании. Кстати, первые такие процессоры, ориентированные на сектор настольных компьютеров и созданные на основе микроархитектуры NetBurst, вывела на рынок Intel.

Дальнейшего снижения энергопотребления можно достичь простым переходом на микроархитектуру процессоров Intel Pentium M или более совершен-

ную Intel Core Duo с соответствующим увеличением тактовых частот до уровня производительности Intel Pentium 4. Но конструкторы корпорации Intel пошли другим путем.

Микроархитектура Intel Core

Специалисты Intel предложили новую микроархитектуру, обеспечивающую эффективное снижение показателя Energy per Instruction (энергии, затраченной на выполнение одной инструкции). Данная микроархитектура, предоставляющая возможность реализации производительных экономичных многоядерных процессоров, получила наименование микроархитектура Intel Core (Intel Core Microarchitecture). Создана она группой конструкторов, ранее разработавших микроархитектуру ядра Banias. И хотя новинка, по мнению многих специалистов, ведет свою родословную от микроархитектуры P6, реализованной в Intel Pentium Pro и Pentium II/III, она является отдельной разработкой (рис. 1.10).

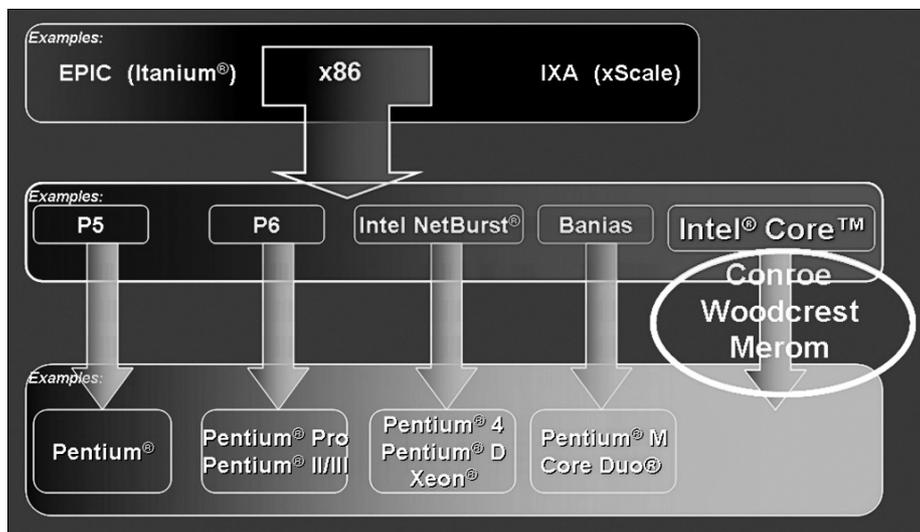


Рис. 1.10. Эволюция микроархитектуры x86

В продуктах, созданных на основе микроархитектуры Intel Core, нашли свое воплощение многие инновационные технологии, в частности Intel Wide Dynamic Execution, Intel Advanced Smart Cache, Intel Smart Memory Access, Intel Advanced Digital Media Boost, Intel 64 Technology, Intel Intelligent Power Capability.

Технология Intel Wide Dynamic Execution повышает производительность и эффективность работы процессора, позволяя каждому ядру исполнять до че-

тырех инструкций за такт с использованием эффективного 14-этапного конвейера.

Технология Intel Advanced Smart Cache связана с наличием общей кэш-памяти 2-го уровня, что сокращает энергопотребление, сводя к минимуму объем «трафика» в подсистеме памяти, и повышает производительность системы, обеспечивая одному из ядер доступ ко всей кэш-памяти при простое другого ядра.

Технология Intel Smart Memory Access повышает производительность системы путем снижения задержек при доступе к памяти. Это повышает пропускную способность, благодаря чему процессор получает данные тогда, когда они требуются.

Технология Intel Advanced Digital Media Boost удваивает скорость выполнения команд, часто используемых в мультимедийных и графических приложениях.

Технология Intel Intelligent Power Capability активизирует отдельные узлы чипа только по мере необходимости, что значительно снижает энергопотребление системы в целом. В дополнение к этому в микроархитектуре реализованы механизмы, уменьшающие тактовую частоту работы и напряжение питания ядер при снижении вычислительной нагрузки.

К перечисленным нововведениям необходимо добавить также и поддержку 64-разрядных вычислений, которую обеспечивает Intel 64 Technology. В частности, она предоставляет процессору доступ к существенно большему объему памяти по сравнению с предельным уровнем в 4 Гбайт у традиционных 32-разрядных моделей.

Остается добавить, что микроархитектура Intel Core стала основой не только для двухъядерных процессоров всех сегментов рынка ПК, но и последующих многоядерных разработок.

Многоядерность

Как было отмечено выше, безудержному росту тактовых частот препятствуют объективные физические законы. Ограничение роста частоты связано с уменьшением транзисторов, достигших уже нанометровых размеров, а также увеличением плотности их размещения на полупроводниковом кристалле. В результате работе элементов мешают помехи и паразитные токи. Причем их негативное влияние увеличивается с ростом тактовых частот, вызывая повышенные энергопотребление и теплообразование. Все это наглядно проявилось в старших процессорах семейства Intel Pentium 4, требовавших не только мощных источников питания, но и больших кулеров для их охлаждения. Указанные особенности ограничили развитие процессоров путем подъема такто-

вой частоты, и инженерная мысль переключилась на разработку многоядерных моделей.

Действительно, для многоядерных моделей приведенная выше формула превращается в следующее выражение:

$$\text{Производительность} = (\text{Количество ядер}) \times (\text{Количество микрокоманд за такт}) \times (\text{Тактовая частота})$$

Эта идея была успешно опробована в моделях Intel Pentium D, обеспечивших значительный рост производительности при умеренных значениях тактовых частот, энергопотребления и теплообразования. В дальнейшем накопленный опыт и идея многопроцессорности получили свое развитие в следующих разработках.

На основе Intel Core Microarchitecture для рынка настольных компьютеров корпорация выпустила ряд моделей двухъядерных процессоров, получивших наименование Intel Core 2 Duo (ранее известных как Conroe).

Intel Core 2 Duo/Quad

Основные компоненты ядер процессора Intel Core 2 Duo представлены на рис. 1.11.

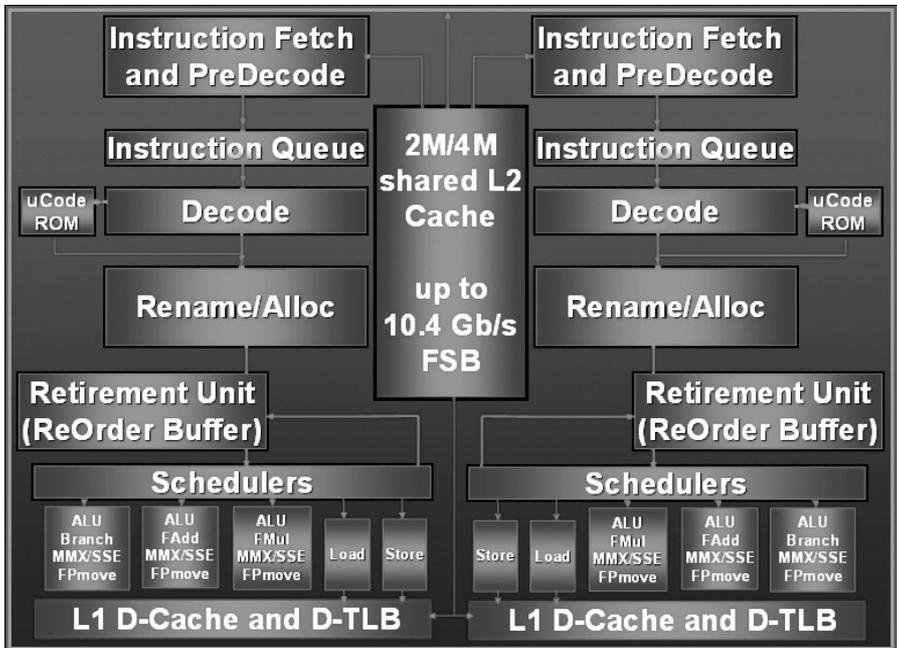


Рис. 1.11. Основные компоненты ядер процессора Intel Core 2 Duo

Intel Core 2 Duo стала третьем поколением двухъядерных процессоров Intel для ПК. Здесь следует отметить, что к первому поколению относятся модели Intel Pentium D, разработанные для настольных решений, а ко второму — Intel Core Duo для мобильных ПК (см. рис. 1.10).

Первыми выпущенными процессорами Intel Core 2 Duo, ориентированными на рынок настольных систем, стали модели, выпущенные в 2006 г. по технологии 65 нм. Все они использовали процессорную шину, унаследованную от своих предшественников. Для данных процессоров тактовая частота шины составила 266 МГц, что обеспечило передачу данных с частотой 1066 МГц и пиковый поток 8,5 Гбайт/с. За исключением процессоров начального уровня все модели были оснащены 4 Мбайт кэш-памяти второго уровня (L2). Весь объем памяти доступен обоим ядрам, интегрированным в состав каждого из процессоров. Кэш-память первого уровня (L1) у всех моделей одинакова и составила 32 Кбайт для инструкций (L1 Code) и 32 Кбайт для данных (L1 Data). Все модели поддерживали 64-разрядные расширения Intel Enhanced Memory 64 Technology (EM64T); SIMD инструкции SSE, SSE2 и SSE3; технологию виртуализации — Intel Virtualization Technology (VT) и бит Execute Disable, участвующий в системе информационной защиты. Кроме того, они поддерживали технологии управления энергопотреблением Enhanced Intel SpeedStep и Thermal Monitor 2. Процессорный разъем — LGA775.

Основные параметры первых моделей для настольных систем представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Процессоры микроархитектуры Intel Core для настольных ПК

Модель процессора	Тактовая частота ядра, ГГц	Частота системной шины, ГГц	Кэш-память L2, Мбайт
Intel Core 2 Extreme X6800	2,93	1066	4
Intel Core 2 Duo E6700	2,66	1066	4
Intel Core 2 Duo E6600	2,40	1066	4
Intel Core 2 Duo E6400	2,13	1066	2
Intel Core 2 Duo E6300	1,86	1066	2

Процессоры Intel Core 2 Duo, разработанные для настольных ПК, поддерживаются рядом наборов микросхем системной логики (чипсетам). Первыми чипсетам стали Intel 965 и 975X.

Семейство наборов микросхем Intel 965 Express, ориентированное на массовые компьютеры (Mainstream Desktop), включает в себя варианты с графическим решением GMA3000, поддерживающим технологию Intel Clear Video.

Чипсет Intel 975X, разработанный для высокопроизводительных систем (Performance Desktop), поддерживает частоту передачи данных 1066 МГц, технологии повышения производительности подсистемы оперативной памяти и две видеокарты PCI Express x8/x16, способные работать параллельно. Данные наборы микросхем соответствуют требованиям ОС Microsoft Windows Vista Premium.

Процессорная архитектура, реализующая перечисленные выше технологии, обеспечивает двухъядерным процессорам высокий уровень производительности при значительном сокращении энергопотребления, а следовательно, и теплообразования.

Теплообразование, как известно, определяется показателем TDP (Thermal Design Power — максимальная мощность теплообразования микросхемы). Для верхней модели первой волны процессоров оно составило 75 Вт, для остальных — 65 Вт. Эти значения существенно ниже аналогичных показателей двухъядерных предшественников, в которых TDP достигал 130 Вт.

Что же касается роста производительности Intel Core 2 Duo, то ее иллюстрируют представленные ниже оценки. В качестве объекта тестирования была использована модель Intel Core 2 Extreme X6800, являющаяся топовой моделью среди первых процессоров Intel Core 2 Duo. Внешний вид инженерного образца двухъядерного процессора Intel Core 2 Extreme X6800 приведен на рис. 1.12.

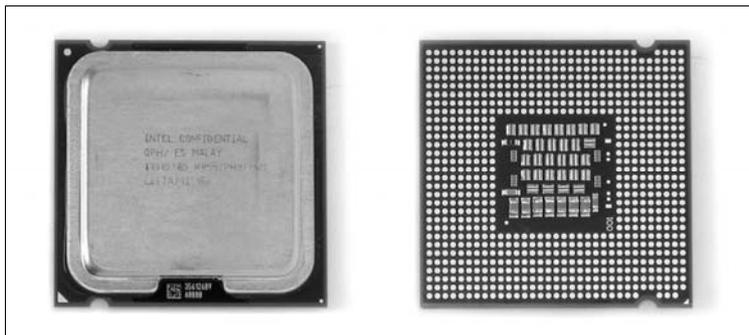


Рис. 1.12. Процессор Intel Core 2 Extreme X6800

В роли эталона в исследовании выступил Intel Pentium D 820 на базе микроархитектуры NetBurst, относящийся к предыдущему поколению двухъядерных процессоров, разработанных для настольных компьютеров. Эта модель входит в группу продуктов с кодовым именем Smithfield и создана по технологии 90 нм. Тактовая частота работы ядер — 2,8 ГГц, кэш-память L1 Data имеет объем 16 Кбайт, L1 Trace — 12 Кμops (микроопераций), L2 — 1024 Кбайт.