

# Глава 6

## Микропроцессоры

Наиболее важными компонентами любого компьютера, обуславливающими его основные характеристики, являются микропроцессоры, системные чипсеты и интерфейсы.

*Микропроцессор* (МП), или Central Processing Unit (**СРU**), — функционально-завершенное программно управляемое устройство обработки информации, выполненное в виде одной или нескольких больших (**БИС**) или сверхбольших (**СБИС**) интегральных схем.

Микропроцессор выполняет следующие функции:

- вычисление адресов команд и операндов;
- выборку и дешифрацию команд из основной памяти (ОП);
- выборку данных из ОП, регистров МПП и регистров адаптеров внешних устройств (ВУ);
- прием и обработку запросов и команд от адаптеров на обслуживание ВУ;
- обработку данных и их запись в ОП, регистры МПП и регистры адаптеров ВУ;
- выработку управляющих сигналов для всех прочих узлов и блоков ПК;
- переход к следующей команде.

Основными параметрами микропроцессоров являются:

- разрядность;
- рабочая тактовая частота;
- виды и размер кэш-памяти;
- состав инструкций;
- конструктив;
- энергопотребление;
- рабочее напряжение и другие.

*Разрядность шины данных* микропроцессора определяет количество разрядов, над которыми одновременно могут выполняться операции; *разрядность шины адреса* МП определяет его адресное пространство.

*Адресное пространство* — это максимальное количество ячеек основной памяти, которое может быть непосредственно адресовано микропроцессором.

*Рабочая тактовая частота* МП во многом определяет его внутреннее быстродействие, поскольку каждая выполняется за определенное количество тактов. Быстродействие (производительность) ПК зависит также и от тактовой частоты шины системной платы, с которой работает (может работать) МП.

*Кэш-память*, устанавливаемая на плате МП, имеет два уровня:

L1 — память 1-го уровня, находящаяся внутри основной микросхемы (ядра) МП и работающая всегда на полной частоте МП (впервые кэш L1 был введен в МП i486 и у МП i386SLC).

L2 — память 2-го уровня, кристалл, размещаемый на плате МП и связанный с ядром внутренней микропроцессорной шиной (впервые введен в МП Pentium Pro). Память L2 может работать на полной или половинной частоте МП. Эффективность этой кэш-памяти зависит и от пропускной способности микропроцессорной шины.

*Состав инструкций* — перечень, вид и тип команд, автоматически исполняемых МП. От типа команд зависит классификационная группа МП (CISC, RISC, VLIW). Перечень и вид команд определяют непосредственно те процедуры, которые могут выполняться над данными в МП, и те категории данных, над которыми могут быть применены эти процедуры. Дополнительные инструкции в небольших количествах вводились во многих МП (286, 486, Pentium Pro и другие), но существенное изменение состава инструкций произошло в микропроцессорах i386 (этот состав далее принят за базовый), Pentium MMX, Pentium III, Pentium 4, Pentium D, Core Duo.

*Конструктив* — это те физические разъемные соединения, которые используются для установки МП, и которые определяют пригодность материнской платы для установки МП. Разъемы имеют разную конструкцию (Slot — щелевой разъем, Socket — разъем-гнездо), разное количество контактов, на которые подаются различные сигналы и рабочие напряжения.

*Рабочее(ие) напряжение(ия)* также является фактором пригодности материнской платы для установки МП.

Первый микропроцессор был выпущен в 1971 году компанией Intel (США) — МП 4004. В настоящее время разными фирмами (AMD, VIA Apollo, IBM и другими) выпускается много десятков различных микропроцессоров, но наиболее популярными и распространенными являются микропроцессоры компании Intel и Intel-подобные. В дальнейшем подробнее рассмотрим именно их.

Все микропроцессоры можно разделить на группы:

**CISC** (Complex Instruction Set Command) с набором системы полных команд;

**RISC** (Reduced Instruction Set Command) с набором системы усеченных команд;

**VLIW** (Very Length Instruction Word) со сверхдлинным командным словом.

## Микропроцессоры типа CISC

Большинство современных ПК типа IBM PC используют МП типа CISC, выпускаемые многими фирмами: Intel, AMD, Cyrix, IBM и т. д. Законодателем «мод» здесь выступает Intel, но ей «на пятки» наступает AMD, в последние годы создавшая МП по некоторым параметрам лучше «интеловских». Все же пока МП фирмы Intel имеют большее распространение; характеристики некоторых из них приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Характеристики некоторых типов CISC МП

Модель МП Intel	Разрядность данных/ адреса, бит	Тактовая частота, МГц	Адресное простран- ство, байт	Состав команд <sup>1</sup>	Число элементов; технология	Кэш L1 и L2, Кбайт	Напряжение питания; конструктив	Год выпуска
4004	4	0,108	$4 \cdot 10^3$		2300; 10 мкм			1971
8080	8	2,0	$64 \cdot 10^3$		10 000; 6 мкм			1974
8086	16	4,77 и 8	$10^6$		70 000; 3 мкм			1979
8088	8, 16	4,77 и 8	$10^6$		70 000; 3 мкм			1978
80186	16	8 и 10	$10^6$		140 000			1981
80286	16	8–20	$16 \cdot 10^6$		180 000; 1,5 мкм			1982
80386	32	16–50	$4 \cdot 10^9$	Базовый	275 000; 1 мкм	8		1985
486	32	32	$4 \cdot 10^9$	Базовый	$1,2 \cdot 10^6$ ; 1 мкм	8		1989
Pentium	64	32	$4 \cdot 10^9$	Базовый	$3,3 \cdot 10^6$ ; 0,5, 0,35 мкм	8 + 8	5 В; Socket 5	1993
Pentium Pro	64	150–200	$4 \cdot 10^9$	Базовый	$5,5 \cdot 10^6$ ; 0,5, 0,35 мкм	8 + 8 256F	3,3 В; Socket 8	1995
PentiumMMX	64	166–300	$64 \cdot 10^9$	Базовый + 57 (MMX)	$5 \cdot 10^6$ ; 0,35 мкм	16+16	2,8 В; Socket 7	1997
Pentium II (Katmai)	64	233–600	$64 \cdot 10^9$	MMX + (SSE)	$7,5 \cdot 10^6$ ; 0,25 мкм	16+16 512F/2	2,0 В; Slot 1	1997
Celeron (Mendocino)	64	300–800	$4 \cdot 10^9$	SSE	$19 \cdot 10^6$ ; 0,25, 0,22 мкм	16+16 128F	2,0 В; Slot 1, Socket 370	1998
Pentium III (Coppermine)	64	500–1000	$64 \cdot 10^9$	MMX + 70	$28 \cdot 10^6$ ; 0,18 мкм	16+16 256F	1,65 В; Slot 1, Socket 370	1999
Pentium III Xeon	64	500–1000	$64 \cdot 10^9$	SSE	$30 \cdot 10^6$ ; 0,18, 0,13 мкм	16+16 256–2048F	1,65 В; Slot 2	1999
Pentium 4 (Willamette)	64	1000–3500	$64 \cdot 10^9$	SSE+144 (SSE2)	$42 \cdot 10^6$ ; 0,13 мкм	8+8 256F 478	1,4–1,85 В Socket 423, 2000 478	2000
Pentium 4 Northwood	64	36	$64 \cdot 10^9$	SSE2	$55 \cdot 10^6$ ; 0,13 мкм			2001
Pentium 4E (Prescott)	64	2800–3600	$64 \cdot 10^9$	SSE2+13 (SSE3)	$125 \cdot 10^6$ ; 0,09 мкм	16+16 1024 F	Socket 478, LGA 775 Strained, SOI, Cu	2003
Pentium 4XE	64	3200–3600	$64 \cdot 10^9$	SSE3	$178 \cdot 10^6$ ; 0,09 мкм	16+16 2048 F	Socket LGA 775 Strained, SOI, Cu	2004
Pentium D 2 ядра	64	2800–3200	$64 \cdot 10^9$	SSE3+	$275 \cdot 10^6$ ; 0,09 мкм	16+16 2x1024	Socket LGA 775 Strained, SOI, Cu	2005

<sup>1</sup> Условные обозначения в столбце «Состав команд»: «Базовый +», «MMX +», «SSE+» означают, что имеется несколько дополнительных команд, в частности, инструкций группы SSE (Streaming SIMD Extension). Символ F у кэш-памяти уровня L2 означает, что память работает на частоте процессора; обозначение F/2 — на половинной частоте процессора.

Следует знать, что:

- ❑ у микропроцессоров 80386, 80486 есть модификации с буквами SX, DX, SL и другими, отличающиеся от базовой модели разрядностью шины, тактовой частотой, надежностью, габаритами, потреблением энергии, амплитудой напряжения и другими параметрами;
- ❑ микропроцессоры Pentium–Pentium 4 имеют много различных модификаций, некоторые из них будут названы ниже;
- ❑ число элементов — это количество элементарных полупроводниковых переходов, размещенное в интегральной схеме МП. Технология обычно характеризуется размером элемента в микронах (микронная технология);
- ❑ микропроцессоры 80486DX и выше имеют встроенный математический сопроцессор, могут работать с *умножением внутренней частоты*. С увеличенной частотой работают только *внутренние* схемы МП, все внешние по отношению к МП схемы, в том числе расположенные и на системной плате, работают на обычной частоте;
- ❑ у МП 80286 и выше конвейерное выполнение команд. В МП 286 предусмотрены регистры для очереди команд общим размером 6 байтов, в МП 486 — 16 байтов и т. д. *Конвейерное выполнение команд* — это одновременное выполнение разных тактов последовательных команд в разных частях МП при непосредственной передаче результатов из одной части МП в другую. Конвейерное выполнение команд увеличивает эффективное быстродействие ПК в 2–5 раз;
- ❑ у МП 80286 и выше есть возможность работы в *вычислительной сети*;
- ❑ у МП 80286 и выше имеется возможность *многозадачной работы* (многопрограммность) и сопутствующая ей защита памяти;
- ❑ современные микропроцессоры имеют два режима работы:
  - реальный (однозадачный, Real Address Mode), в котором возможно выполнение только одной программы, и непосредственно адресоваться могут только (1024 + 64) Кбайт основной памяти компьютера, а остальная память (расширенная) доступна лишь при подключении специальных драйверов;
  - защищенный (многозадачный, Protected Virtual Address Mode), обеспечивающий выполнение одновременно нескольких программ, непосредственную адресацию и прямой доступ (без дополнительных драйверов) к расширенной основной памяти. Предоставляется доступ к памяти емкостью 16 Мбайт для МП 286; 4 Гбайт для процессоров 386, 486, Celeron; 128 Гбайт для МП Pentium Xeon и 64 Гбайт для остальных процессоров Pentium, а при страничной организации памяти — к 16 Тбайт виртуальной памяти каждой задаче. В этом режиме осуществляется автоматическое распределение памяти между выполняемыми программами и соответствующая ее защита от обращений со стороны чужих программ. Защищенный режим поддерживается операционными системами Windows, OS/2, UNIX и другими.
- ❑ в МП 80386 и выше встроена поддержка системы виртуальных машин. *Система виртуальных машин* является дальнейшим развитием режима многозадачной работы, при котором каждая задача может выполняться под управлением своей операционной системы, то есть практически в одном МП моделируется как бы несколько компьютеров, работающих параллельно и имеющих разные операционные системы;

- у МП 80486 и выше имеется поддержка кэш-памяти;
- у МП 80486 и выше имеются RISC-элементы, позволяющие выполнять усеченные команды за 1 такт.

## Микропроцессоры Over Drive

В середине 90-х годов появились МП Over Drive, по существу являющиеся своеобразными сопроцессорами, обеспечивающими для МП 80486 режимы работы и эффективное быстроедействие, характерные для МП Pentium, а для МП Pentium — увеличение их производительности (в частности, Over Drive 125, 150 и 166, соответственно, для Pentium 75, 90 и 100, увеличивающие их внутреннюю частоту до указанных для Over Drive величин).

## Микропроцессоры Pentium

Микропроцессоры 80586 (P5) более известны по их товарной марке *Pentium*, которая запатентована фирмой Intel (МП 80586 других фирм имеют иные обозначения: K5 у фирмы AMD, M1 у фирмы Cyrix и т. д.). Эти микропроцессоры имеют пятиступенную конвейерную структуру, обеспечивающую многократное совмещение тактов выполнения последовательных команд (возможно независимое выполнение сразу двух простых команд), и кэш-буфер для команд условной передачи управления, позволяющий предсказывать направление ветвления программ; по эффективному быстроедействию они приближаются к RISC МП, выполняющим каждую команду за один такт. Процессоры Pentium имеют 32-разрядную адресную шину и 64-разрядную шину данных. Обмен данными с системой может выполняться со скоростью 1 Гбайт/с.

У всех МП Pentium имеется встроенная кэш-память, отдельно для команд, отдельно для данных по 8 Кбайт, и встроенный контроллер кэш-памяти 2-го уровня (что обеспечивает работу последней на внутренней частоте МП); имеются специализированные конвейерные аппаратные блоки сложности, умножения и деления, существенно ускоряющие выполнение операций с плавающей запятой. Удачные архитектурные решения МП Pentium обусловили то, что производительности микропроцессоров 486DX4-120 и Pentium-60 приблизительно одинаковы (то есть за счет архитектуры производительность увеличилась в 2 раза).

## Микропроцессоры Pentium Pro

В сентябре 1995 года прошли презентацию и выпущены МП шестого поколения 80686 (P6), торговая марка Pentium Pro. Микропроцессор состоит из 2-х кристаллов: собственно МП и кэш-памяти. Но он не полностью совместим с просто Pentium и, в частности, требует специальную системную плату. Pentium Pro прекрасно работает с 32-битовыми приложениями, а в 16-битовых иногда даже несколько проигрывает просто Pentium. Новые схемотехнические решения обеспечивают для ПК более высокую производительность. Часть этих новшеств может быть объединена понятием «динамическое исполнение» (dynamic execution), что, в первую очередь, означает наличие многоступенчатой суперконвейерной структуры (superpipelining) предсказания ветвлений программы при условных передачах управления (multiple branch prediction) и исполнение команд по предполагаемому пути ветвления (speculative execution).

В программах решения многих задач, особенно экономических, содержится большое число условных передач управления. Если процессор может заранее *предсказывать направление перехода* (ветвления), то производительность его работы значительно повысится за счет оптимизации загрузки вычислительных конвейеров. Если путь ветвления предсказан неверно, процессор должен сбросить полученные результаты, очистить конвейеры и загрузить нужные команды заново, что требует достаточно большого числа тактов. В процессоре Pentium Pro вероятность правильного предсказания 90%, против 80% у МП Pentium.

Кэш-память емкостью 256–1024 Кбайт — обязательный атрибут высокопроизводительных систем на процессорах Pentium. Однако у них встроенная кэш-память имеет небольшую емкость, а основная ее часть находится вне процессора на материнской плате. Поэтому обмен данными с ней часто происходит не на внутренней частоте МП, а на частоте тактового генератора, которая обычно в 2–5 раз ниже, что снижает общее быстродействие компьютера. В МП Pentium Pro есть и кэш-память 1-го уровня (по 8 Кбайт для команд и данных) и кристалл кэш-памяти 2-го уровня емкостью 256 или 512 Кбайт, расположенный на плате самого микропроцессора и работающий на внутренней частоте МП.

## Микропроцессоры Pentium MMX и Pentium II

В январе и в июне 1997 года прошли презентацию модернизированные для работы в мультимедийной технологии микропроцессоры Pentium и Pentium Pro, получившие торговые марки, соответственно, Pentium MMX (MMX — MultiMedia eXtension) и Pentium II. МП Pentium MMX содержит дополнительные 57 команд, ориентированных на обработку аудио- и видеоинформации, увеличенную вдвое (до 32 Кбайт) кэш-память L1, дополнительные восемь 64-битовых регистров, новый блок предсказания ветвлений, заимствованный у МП Pentium Pro, и другое.

Для эффективного использования этих микропроцессоров во все старые программы (в том числе и в операционные системы Windows 95, Windows NT) необходимо было включить согласующие программные фрагменты; правда и без них МП Pentium MMX несколько производительнее просто МП Pentium. При выполнении обычных приложений Pentium MMX на 10–15% быстрее Pentium, а при работе мультимедийных приложений с использованием новых 57 команд он уже эффективнее на 30% (для сравнения: МП Pentium Pro опережает МП Pentium при выполнении обычных приложений примерно на 20%). Программы, написанные с учетом специфики Pentium MMX, не будут работать на ПК с обычным МП Pentium. Для МП Pentium MMX требуется системная плата с разъемом Socket 7, с BIOS, поддерживающим MMX, и с двумя напряжениями питания (3,5 и 2,8 В).

МП Pentium II имеет иную конструкцию, нежели все остальные МП, в частности, он выполнен в виде небольшой платы-картриджа (корпус SECC), на которой размещены сам процессор (содержащий 7,5 млн транзисторов, против 5,5 млн в МП Pentium Pro) и четыре микросхемы кэш-памяти 2-го уровня, общим объемом 512 Кбайт. Кэш-память 1-го уровня, находящаяся в микросхеме самого процессора, имеет емкость 32 Кбайт, против 16 Кбайт, имевшихся в МП Pentium Pro, но кэш-память 2-го уровня работает не на внутренней частоте МП, а на вдвое меньшей частоте.

Важным отличием Pentium II является архитектура двойной независимой шины (первые варианты введения такой шины были уже у МП Pentium Pro). Процессор

обменивается данными с кэш-памятью L2 по специализированной высокоскоростной шине (иногда называемой *backside* — задней), отделенной от системной шины (*frontside* — передней). Системная шина работает на частоте материнской платы, и это существенно снижает эффективность быстрогодействие компьютера. Наличие же *backside*-шины ускоряет обмен с кэш-памятью.

МП Pentium II поддерживает двухпроцессорную конфигурацию ПК. В МП Pentium Pro и Pentium II появилась качественно новая технология: начали внедряться так называемые SIMD (Single Instruction Multiply Data — сравните со структурами многопроцессорных систем) инструкции, в которых одно и то же действие совершается над многими данными (эта технология получит развитие в следующих моделях МП). МП производится на основе технологии 0,35 мкм и использует напряжение питания 2,8 В. Для него, естественно, требуется иная системная плата, чем для всех других Pentium. Микропроцессоры Pentium II имеют много модификаций: Klamath, Deschutes, Katmai, Tanga и другие.

Для более дешевых компьютеров предложили облегченный вариант процессора, названный **Celeron**. Первые процессоры Celeron имели частоты 266 и 300 МГц. Кэш 2-го уровня исключили, что заметно отразилось на производительности ПК, и ПК на их основе оказались малоэффективными. Тогда были выпущены процессоры **Celeron A** (позднее букву А изъяли), которые имеют небольшой (128 Кбайт) кэш L2, установленный на плате МП и работающий уже на полной частоте МП. Эти процессоры, известные также под названием Mendocino, стали очень популярными.

Кроме особенностей вторичного кэша процессор Celeron имеет следующие отличия от Pentium II:

- разрядность шины адреса сокращена с 36 до 32 битов (адресуемая память — 4 Гбайт);
- несколько ослаблены процедуры контроля достоверности преобразования информации;
- Celeron предназначен только для однопроцессорных конфигураций.

Большинство МП Pentium II, в том числе и Celeron, поддерживают частоту шины системной платы 133 МГц и более (предыдущие модели — только 100 МГц).

### Микропроцессоры Pentium III

Новинка 1999 года — процессоры **Pentium III** (Coppermine) — являются дальнейшим развитием Pentium II. Их главным отличием является основанное на новом блоке 128-разрядных регистров расширение набора SIMD-инструкций, ориентированных на форматы данных с плавающей запятой — SSE (Streaming SIMD Extensions). По возможностям мультипроцессорных конфигураций эти процессоры аналогичны своим предшественникам Pentium II.

Кэш 2-го уровня у МП Pentium III имеет размер 256 Кбайт, работает на полной частоте МП и обслуживается быстродействующей *backside*-шиной, что ускоряет как работу с кэшем, так и производительность ПК в целом. МП Pentium III предназначены для работы с материнскими платами, имеющими чипсеты (набор микросхем, связывающих процессор с остальной системой) Intel: 440BX, 440ZX, 440GX, i810, i815, i820, и более новые; поддерживают частоту шины материнской платы 100, 133, 150 МГц и выше. «Простые» Pentium III устанавливаются в Slot 1,

Pentium III Xeon – в Slot 2. Процессоры Pentium III Xeon (и последующие модели Tanner, Cascades и другие) являются продолжением линии МП Pentium Pro и отличаются увеличенным кэшем 2-го уровня (512, 1024 и 2048 Кбайт), работающем на полной частоте МП.

Pentium III Xeon – процессоры, позиционированные для серверов. Первые двухъядерные процессоры Intel представила именно в семействе Xeon.

## Микропроцессоры Pentium 4

**Pentium 4** предназначены для высокопроизводительных компьютеров, в том числе и серверов, и рабочих станций класса high-end, и мультимедийных игровых ПК.

Добавлены 144 новые потоковые инструкции, расширяющие набор SIMD-инструкций, ориентированных на форматы данных с плавающей запятой – SSE2. Модуль вычислений с плавающей запятой и потоковый модуль оптимизированы для работы с видео- и аудиопотоками, 3D-технологиями.

Имеется кэш 2-го уровня не менее 256 Кбайт; он работает на полной частоте МП, использует встроенную программу коррекции ошибок и обслуживается быстродействующей с разрядностью 256 битов (32 байта) шиной, работающей на частоте МП. Это для Pentium 4 с частотой 1500 МГц, например, обеспечивает скорость обмена с кэшем 48 Гбайт/с.

Есть возможность работы с системной шиной с эквивалентной частотой 400 МГц (Quad-Pumped Bus по 100 МГц), что обеспечивает скорость обмена 3,2 Гбайт/с.

Вновь улучшена система «динамического исполнения» (dynamic execution), что, в первую очередь, связано с наличием 20-ступенной (у МП Pentium III конвейер имел 10 ступеней) суперконвейерной структуры (superpipelining), лучшего предсказания ветвлений программы при условных передачах управления (branch prediction) и параллельного «по предположению» (опережающего, спекулятивного) исполнения команд по нескольким предполагаемым путям ветвления (speculative execution). Поясним это. Динамическое исполнение позволяет процессору предсказывать порядок выполнения инструкций при помощи технологии *множественного предсказания ветвлений*, которая прогнозирует прохождение программы по нескольким ветвям. Это оказывается возможным, поскольку в процессе исполнения инструкции процессор просматривает программу на несколько шагов вперед. Технология *анализа потока данных* позволяет проанализировать программу и составить ожидаемую последовательность исполнения инструкций. И, наконец, *опережающее выполнение* повышает скорость работы программы ввиду выполнения нескольких инструкций одновременно, по мере их поступления в ожидаемой последовательности – то есть по предположению (интеллектуально). Поскольку выполнение инструкций происходит на основе предсказания ветвлений, результаты сохраняются как «интеллектуальные» с последующим удалением тех, которые вызваны промахами в предсказании. Используется новая микроархитектура, базирующаяся на двух параллельных 32-битовых конвейерах и поддерживающая технологию поточной обработки PurePipelined. Это позволило сделать эффективным длинный конвейер. Суть в том, что при длинном конвейере в задачах с частыми условными переходами его эффективность снижается. Два параллельных конвейера снижают эффективность уменьшают. Теперь реальна ситуация, когда в каждый момент времени одна инструкция загружается, другая декодируется, для третьей (или нескольких) формируется пакет данных, четвертая инструкция (или несколько) выполняется,



для пятой записывается результат. И если при строго последовательном исполнении инструкций даже самые короткие операции исполнялись за 5 тактов, то при такой поточной обработке многие инструкции могут быть выполнены за такт.

Новая технология ускоренных вычислений (Rapid Execution Engine) использует два быстрых, работающих на удвоенной частоте процессора АЛУ, выполняющие короткие арифметические и логические операции за 0,5 такта, и третье медленное АЛУ, исполняющее длинные операции (умножение, деление).

Процессор имеет площадь кристалла 217 мм<sup>2</sup>, потребляет 52 Вт при частоте 1500 МГц, содержит 42 млн транзисторов. На базе Pentium 4 можно создать высокоэффективную MMX-систему, но для этого необходимо наличие:

- программного обеспечения, ориентированного на использование дополнительных команд этого процессора;
- системной платы с чипсетами, поддерживающими данные микропроцессоры.

Особо следует сказать о поддерживаемой некоторыми МП Pentium 4 технологии Hyper Treading.

Технология **Hyper Treading** (tread – тред, поток) реализует многопоточное исполнение программ: на одном физическом процессоре можно одновременно исполнять два задания или два потока команд одной программы (операционная система «видит» два виртуальных процессора вместо одного). Иначе говоря, эта технология на базе одного МП формирует два или более логических процессора, работающих параллельно и, в известной степени, независимо. Hyper Treading (HT) обеспечивает повышение производительности (до 30%) в многозадачных средах и при исполнении программ, которые допускают многопоточное исполнение.

#### ПРИМЕЧАНИЕ

Все микропроцессоры, начиная с i386, позволяют программным путем также реализовать систему виртуальных машин, когда на одном физическом МП моделируется два виртуальных, каждый из которых может исполнять свою программу независимо и даже под управлением своей операционной системы.

Технология HT была создана фирмой Intel изначально для серверных процессоров Xeon с целью повышения производительности серверных систем: в них она дополняет традиционную многопроцессорность, обеспечивая дополнительный параллелизм в работе.

Архитектурно микропроцессоры, поддерживающие HT, имеют дополнительно группу дублирующих регистров и логические схемы, назначающие ресурсы потокам и средства APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller), организующие прерывания для обработки потоков команд разными логическими процессорами. Кроме этого для поддержки Hyper Treading необходимы материнские платы с соответствующим BIOS, и с чипсетами Intel 845 PE и GE, Intel 865, 875, 915, 925 и др., а также многозадачные операционные системы Windows XP, Linux (Windows 9x и ME непригодны, Window 2000 может использоваться с дополнительной настройкой).

## Многоядерные микропроцессоры

По мнению многих специалистов повышение быстродействия МП путем увеличения тактовой частоты их работы исчерпало себя. Уже МП Pentium 4E с тактовой