

ВИКИПЕДИЯ

# Intel 80486

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

**Intel 80486** (также известный как i486, Intel 486 или просто 486-й) — 32-битный скалярный x86-совместимый микропроцессор четвёртого поколения, построенный на гибридном CISC-RISC-ядре и выпущенный фирмой Intel 10 апреля 1989 года. Этот микропроцессор является усовершенствованной версией микропроцессора 80386. Впервые он был продемонстрирован на выставке Comdex Fall, осенью 1989 года. Это был первый микропроцессор со встроенным математическим сопроцессором (FPU). Применялся преимущественно в настольных ПК, в высокопроизводительных рабочих станциях, в серверах и портативных ПК (ноутбуки и лэптопы).

Руководителем проекта по разработке микропроцессора Intel 486 был Патрик Гелсинджер.

## Содержание

### История

### Описание

- Технические характеристики (сводно)
- Различия между Intel 486DX и Intel 386<sup>[9]</sup>

### Микроархитектура

### Математическая модель и набор инструкций

### Блоки и реализация интерфейсов

- Регистры
- Конвейерная обработка инструкций
- Кэш процессора
- Математический сопроцессор
- Построение вычислительной системы

### Модели

### Конкурентные решения

### Примечания

### Литература

### Ссылки

## История

### Intel 80486

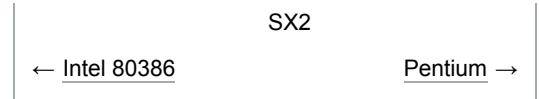
*Центральный процессор*



Микропроцессор Intel 80486

<b>Производство</b>	с 10 апреля 1989 по сентябрь 2007 <sup>[1][2]</sup>
<b>Разработчик</b>	<u>Intel</u>
<b>Производители</b>	<u>Intel</u> <u>IBM</u> <u>AMD</u>
<b>Частота ЦП</b>	16—150 <u>МГц</u>
<b>Частота FSB</b>	16—50 <u>МГц</u>
<b>Технология производства</b>	600—1000 <u>нм</u>
<b>Наборы инструкций</b>	<u>x86</u>
<b>Разъём</b>	<u>PGA168</u> , <u>PGA169</u> , <u>PQFP132</u> , <u>PQFP208</u>
<b>Ядра</b>	<u>SX</u> <u>DX</u> <u>DX2</u> <u>DX4</u>

Intel 80486 был анонсирован на весенней выставке Comdex в апреле 1989 года. Во время анонса Intel заявила, что образцы будут доступны в третьем квартале 1989 года, а серийные партии будут поставляться в четвертом квартале 1989 года<sup>[3]</sup>. Первые ПК на базе 80486 были анонсированы в конце 1989 года, но некоторые советовали подождать до 1990 года, чтобы приобрести ПК на базе 80486, поскольку ранее поступали сообщения об ошибках и несовместимости программного обеспечения<sup>[4]</sup>.



Первое серьезное обновление архитектуры 80486 произошло в марте 1992 года с выпуском серии 486DX2 с интегрированным математическим сопроцессором и кэшем первого уровня<sup>[5]</sup>. Впервые тактовая частота ядра процессора была отделена от тактовой частоты системной шины с помощью двойного тактового множителя, что привело к выпуску чипов 486DX2 с частотой 40- и 50-МГц. Более быстрый 66-МГц 486DX2-66 был выпущен позже, в августе того же года<sup>[5]</sup>.

Несмотря на выпуск в 1993 году нового процессора Pentium пятого поколения, Intel продолжала выпускать процессоры i486, что привело к выпуску 486DX4-100 с тройным множителем, тактовой частотой 100 МГц и кэшем L1, удвоенным до 16 КБ<sup>[5]</sup>.

Ранее Intel решила не делиться своими технологиями 80386 и 80486 с AMD<sup>[5]</sup>. Однако AMD считала, что их совместное использование технологий распространяется и на 80386 как производную от 80286<sup>[5]</sup>. Поэтому AMD провела самостоятельную обратную разработку чипа 386 и выпустила 40-МГц чип Am386DX-40, который был дешевле и имел меньшее энергопотребление, чем лучшая 33-МГц версия 386 от Intel<sup>[5]</sup>. Intel попыталась помешать AMD продавать процессор, но AMD выиграла судебное разбирательство, что позволило ей выпустить процессор и утвердиться в качестве конкурента Intel<sup>[6]</sup>.

AMD продолжала создавать клоны, в результате чего в апреле 1993 года был выпущен чип первого поколения Am486 с тактовыми частотами 25-, 33- и 40 МГц<sup>[5]</sup>. Последующие чипы второго поколения Am486DX2 с тактовыми частотами 50-, 66- и 80 МГц были выпущены в следующем году. Серия Am486 была завершена 120-МГц чипом DX4 в 1995 году<sup>[5]</sup>.

В 1995 году после восьмилетней судебной тяжбы AMD против Intel был урегулирован арбитражный иск 1987 года, и AMD получила доступ к микрокоду Intel 80486<sup>[5]</sup>. Как сообщается, это привело к созданию двух версий процессора 486 от AMD — одна была создана на основе микрокода Intel, а другая использовала микрокод AMD в процессе разработки в чистом помещении. Тем не менее, в соглашении также указано, что процессор 80486 станет последним процессором Intel, который будет клонирован AMD<sup>[5]</sup>.

Другим производителем клонов 486 была компания SugiX, которая была безфабричным производителем микросхем сопроцессоров для систем 80286/386. Первые процессоры SugiX 486, 486SLC и 486DLC, были выпущены в 1992 году и использовали пакет 80386<sup>[5]</sup>. Оба процессора SugiX производства Texas Instruments были совместимы по контактам с системами 386SX/DX, что позволило им стать вариантом модернизации для старых систем<sup>[6]</sup>. Однако эти чипы не могли сравниться с процессорами Intel 486, имея всего 1 КБ кэш-памяти и не имея встроенного математического сопроцессора. В 1993 году SugiX выпустила собственные процессоры Sx486DX и DX2, которые по производительности были ближе к аналогам Intel. Это привело к тому, что Intel и SugiX подали друг на друга в суд, причем Intel обвинила SugiX в нарушении патентов, а SugiX выдвинула встречно антимонопольные претензии. Судебное разбирательство закончилось в 1994 году победой SugiX и снятием антимонопольного иска<sup>[5]</sup>.

В 1995 году и SugiX, и AMD обратили внимание на готовый рынок пользователей, желающих обновить свои процессоры. SugiX выпустила производный 486 процессор под названием 5x86, основанный на ядре SugiX M1, который работал на тактовой частоте 120 МГц и был опцией для материнских плат 486 Socket 3<sup>[5][6]</sup>. AMD также выпустила 133-МГц Am5x86, который по сути был улучшенным 80486 с удвоенным кэшем и четырехкратным множителем, который также работал с оригинальными материнскими платами 486DX<sup>[5]</sup>. Am5x86 был первым процессором, который использовал рейтинг производительности AMD и продавался как Am5x86-P75, с утверждениями, что он эквивалентен Pentium 75<sup>[6]</sup>. Компания Kingston Technology также выпустила модуль 'TurboChip' 486, в котором использовался 133-МГц Am5x86<sup>[5]</sup>.

В результате Intel выпустила чип обновления **Pentium OverDrive** для материнских плат 486, который представлял собой модифицированное ядро Pentium, работающее на частоте до 83 МГц на платах с тактовой частотой системной шины 25- или 33 МГц. OverDrive не был популярен из-за низкой производительности и высокой цены. После того как процессоры серии Pentium закрепились на рынке, Intel продолжила выпуск ядер 486 для промышленных встраиваемых приложений, а затем в конце 2007 года прекратила производство процессоров серии 80486<sup>[5]</sup>.

## Описание

### Технические характеристики (сводно)

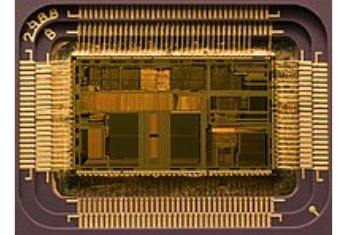
- Дата анонса первой модели: 10 апреля 1989 год
- Разрядность регистров: 32 бита
- Разрядность внешней шины данных: 32 бита
- Разрядность внешней шины адреса: 32 бита
- Объём виртуальной адресуемой памяти: 64 Тб ( $2^{46}$ )<sup>[7][8]</sup>
- Максимальный объём сегмента: 4 Гбайт
- Объём физической адресуемой памяти: 4 Гбайт
- Кэш L1: 8 Кбайт, DX4 — 16 Кбайт
- Кэш L2: на материнской плате (на частоте FSB)
- FPU: на кристалле, у SX отключён
- Тактовые частоты процессора, МГц: 16—100 (DX4)
- Тактовые частоты FSB, МГц: 16—50
- Напряжение питания: 5—3,3 В
- Количество транзисторов: 1,185 млн, SX2 — 0,9 млн, SL — 1,4 млн, DX4 — 1,6 млн.
- Техпроцесс, нм: 1000, 800 и 600 для DX4
- Площадь кристалла: 81 мм² для 1,185 млн транзисторов и технологии 1000 нм, 67 мм² для 1,185 млн транзисторов и 800-нм технологии, 76 мм² для DX4
- Максимально потребляемый ток: нет данных
- Максимально потребляемая мощность: нет данных
- Разъём: гнездо типа Socket
- Корпус: 168- и 169-контактный керамический PGA, 132- и 208-контактный пластиковый PQFP
- Инструкции: x86 (150 инструкций, не считая модификаций)

Процессор обладал 32-битными шинами адреса и данных. Это требовало наличия памяти в виде четырёх 30-контактных или одного 72-контактного модуля SIMM.

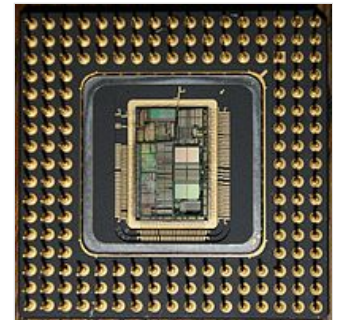
### Различия между Intel 486DX и Intel 386<sup>[9]</sup>

Intel 486DX, 486DX2 и 486DX4 представляют собой кристалл, содержащий центральный процессор, математический сопроцессор и контроллер кэша. Полностью совместимые на уровне предпроцессора с процессорами Intel 386, тем не менее, они имеют следующие отличия:

- процессоры Intel 486, в отличие от Intel ULP486GX, который имеет поддержку только 16-битной шины данных, обеспечивают динамическое изменение размера используемой шины для поддержки 8-, 16- и 32-битных транзакций. Intel 386 поддерживают только два размера ширины шины, 16 и 32 бита, и не требуют внешней логики для организации смены ширины шины.



Кристалл микропроцессора Intel 80486DX2

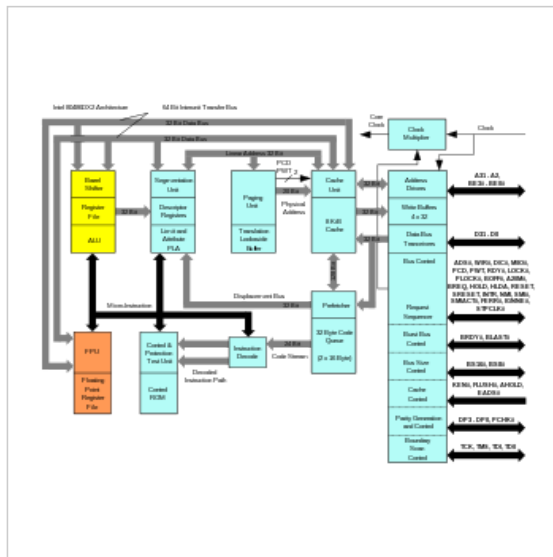


Расположение кристалла в корпусе микропроцессора

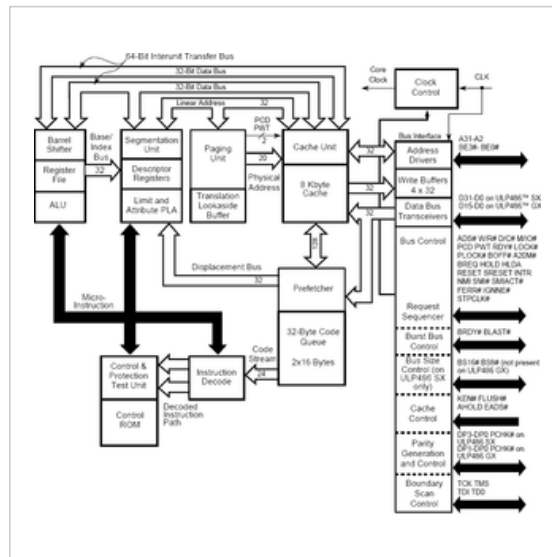
- Процессоры Intel 486 имеют режим укороченной передачи, который позволяет за одну транзакцию передать по шине четыре 32-битных слова из внешней памяти в кэш, используя всего пять циклов. Intel 386 для передачи того же объёма данных требуется минимум восемь циклов.
- Процессор Intel 486 имеет сигнал BREQ, используемый для поддержки мультипроцессорных систем.
- Шина процессора Intel 486 значительно мощнее шины процессора Intel 386. Новые возможности в виде умножения частоты шины, проверки чётности (отсутствует в ULP486SX и ULP486GX), укороченный цикл передачи данных, кэшируемые циклы, в том числе кэшируемый цикл без проверки данных, поддержка транзакций по 8-битной шине.
- Для поддержки кэша на кристалле введены новые управляющие регистры (CD и NW), добавлены новые выводы для шины, новые типы циклов обмена по шине.
- Набор инструкций математического процессора Intel 387 не только поддерживается в полном объёме, но и расширен. Во время выполнения команды по обработке данных с плавающей точкой не выполняются никакие циклы ввода-вывода. Не задействовано прерывание 9, происходит прерывание 13.
- Процессор Intel 486 поддерживает новые режимы выявления ошибок, что гарантирует совместимость с DOS. Эти новые режимы требуют нового бита в управляющем регистре 0 (NE).
- К набору команд добавлено шесть новых: BSWAP (Byte Swap), XADD (Exchange and Add), CMPXCHG (Compare and Exchange), INVD (Invalidate data cache), WBINVD (Write-back and Invalidate data cache) и INVLPG (Invalidate TLB Entry).
- В управляющем регистре 3 назначены два новых бита, отвечающих за кэширование текущего каталога страниц.
- Добавлены новые возможности защиты страниц, требующие нового бита в управляющем регистре 0.
- Добавлены новые возможности проверки выравнивания, требующие нового бита в регистре флагов и управляющем регистре 0.
- Заменён алгоритм для TLB на алгоритм псевдо-LRU (PLRU), подобно используемому в кэше на кристалле.
- Для тестирования кэша на кристалле добавлены три новых тестовых регистра: TR5, TR6 и TR7. Повышена стабильность работы TLB.
- Очередь предварительной выборки увеличена с 16 до 32 байт. Для гарантированного правильного выполнения новых инструкций всегда выполняются переходы после модификации кода.
- После сброса в верх байта ID записывается значение <04>.

## Микроархитектура

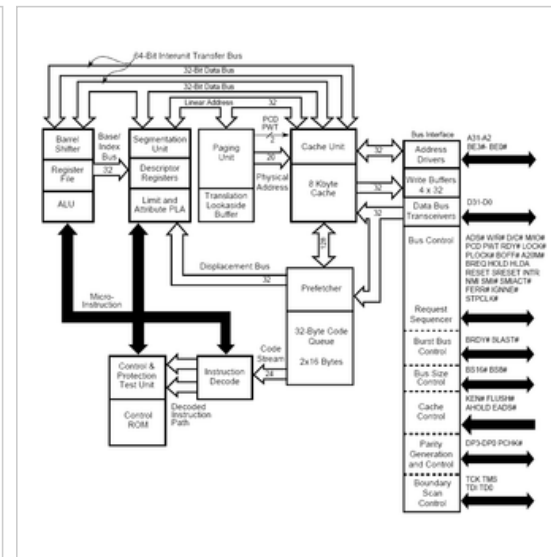
---



Микроархитектура i486DX2/DX4



Микроархитектура Ultra Low Power i486SX и Микроархитектура i486SX i486GX

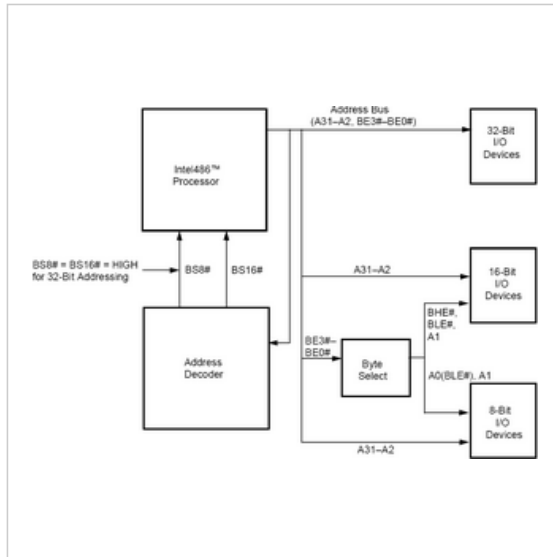


## Математическая модель и набор инструкций

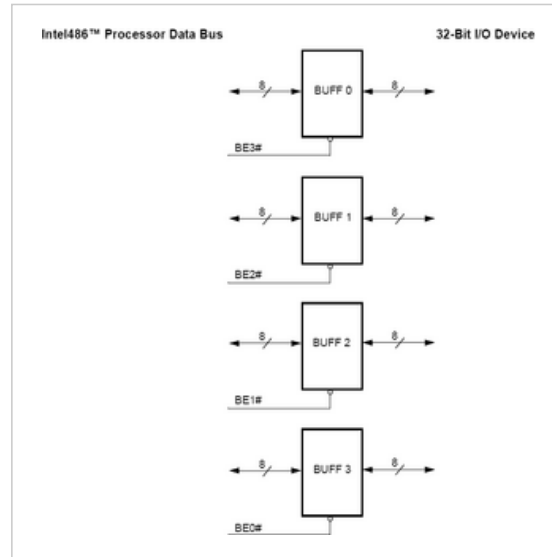
Набор инструкций не претерпел существенных изменений, но были добавлены дополнительные инструкции для работы со внутренней кэш-памятью (INVD, INVLPG, WBINVD), одна инструкция (BSWAP) для обеспечения совместимости с процессорами Motorola, две инструкции для атомарных операций с памятью: CMPXCHG (для сравнения с обменом — новое значение записывалось только если старое совпадало с заданным, старое запоминалось) и XADD (инструкция для сложения двух операндов с помещением результата во второй операнд, а не в первый, как в ADD). Инструкция CPUID позволяла впервые в семействе x86 напрямую получить детальную информацию о версии и свойствах процессора. Помимо этого, к набору инструкций добавилось 75 инструкций FPU.

Длина очереди инструкций была увеличена до 32 байт.

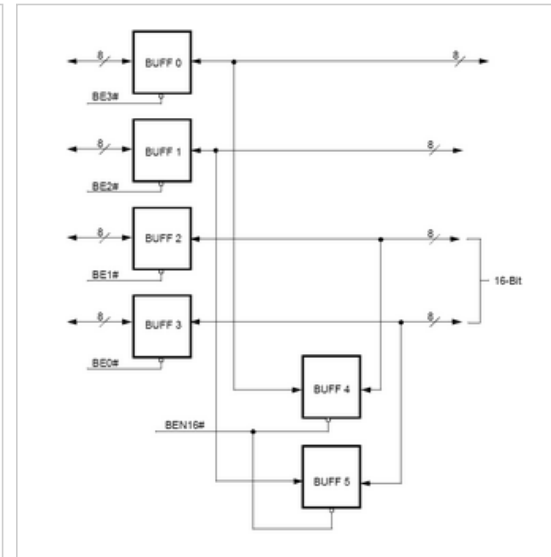
## Блоки и реализация интерфейсов



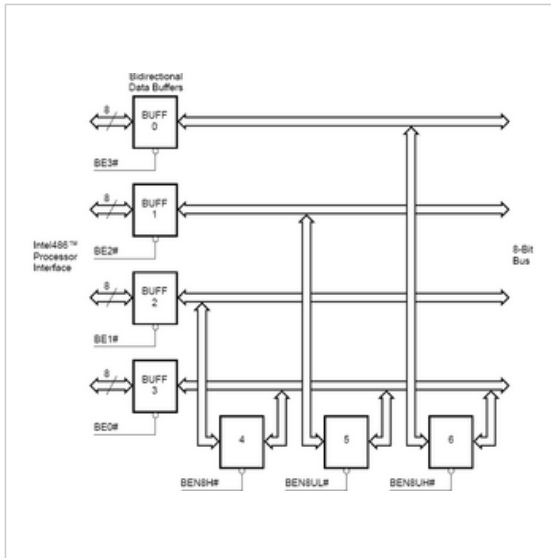
Организация интерфейса с устройствами ввода-вывода



Организация интерфейса с 32-битными устройствами ввода-вывода



Организация интерфейса с переменным размером шины данных: 16 бит



Организация интерфейса с 8-битными устройствами ввода-вывода

## Регистры

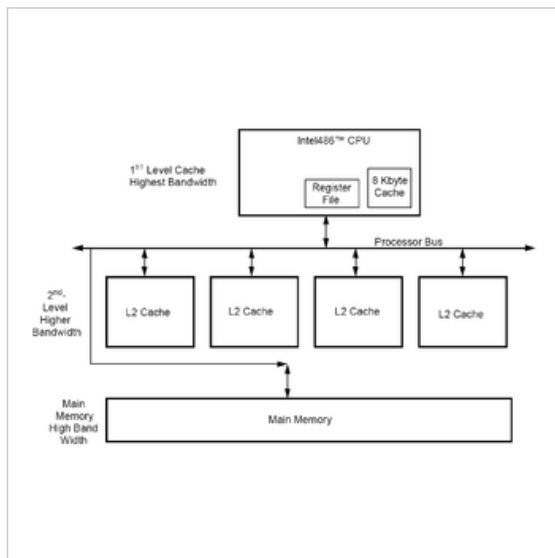
В процессоре имеется расширенный, по сравнению с в 80386, набор инструкций, в который добавлено несколько дополнительных регистров, а именно, три 32-битных тестовых регистра (TR5, TR4, TR3). Также были добавлены новые флаги в регистре флагов (EFLAGS) и в других управляющих регистрах (CR0, CR3).

Вследствие включения сопроцессора в кристалл процессора, в Intel 486 можно обращаться и к регистрам FPU: регистры данных, регистр тегов, регистр состояния, указатели команд и данных FPU, регистр управления FPU.

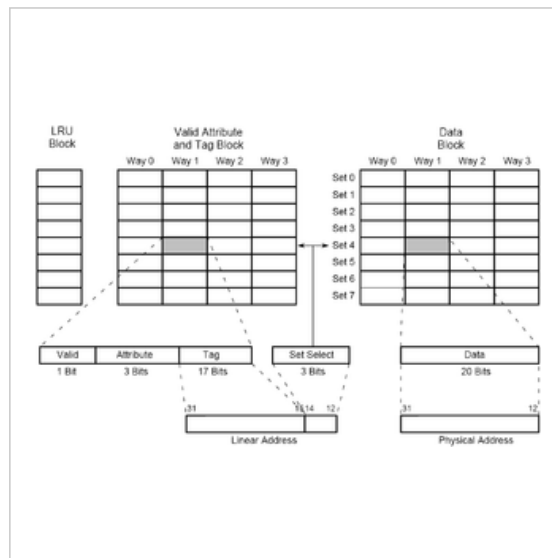
## Конвейерная обработка инструкций

В Intel 486 был усовершенствован механизм выполнения инструкций в несколько этапов. Конвейер процессоров серии Intel 486 состоял из 5 ступеней: выборка инструкции, декодирование инструкции, декодирование адресов операндов инструкции, выполнение команды, запись результата выполнения инструкции. Использование конвейера позволило во время выполнения одной инструкции производить подготовительные операции над другой инструкцией. Это в значительной степени позволило увеличить производительность процессора.

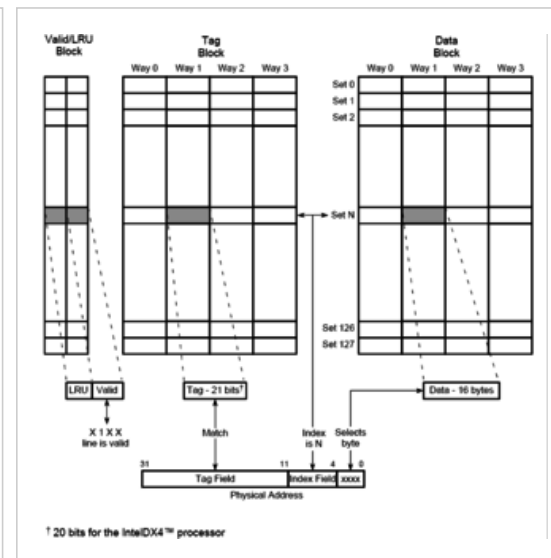
## Кэш процессора



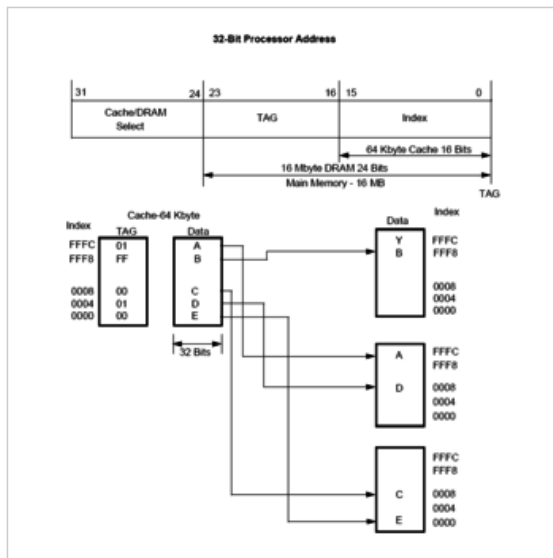
Иерархия памяти



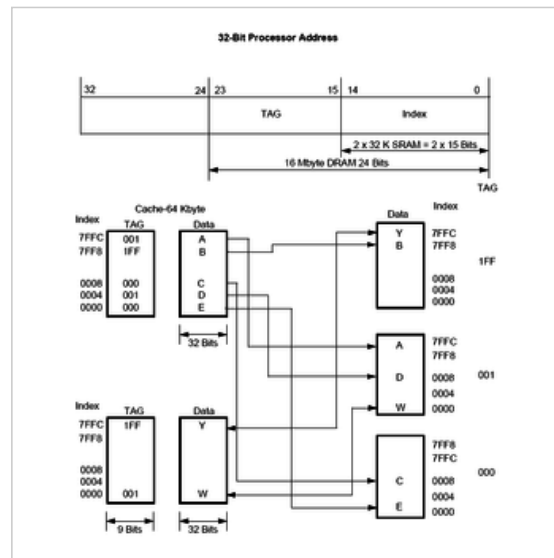
Буфер ассоциативной трансляции



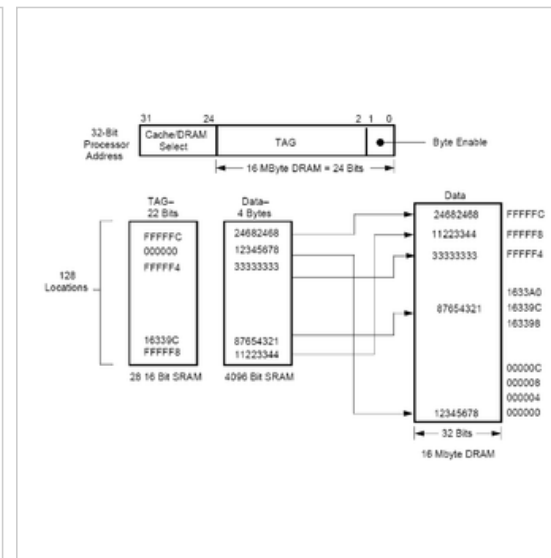
Организация кэша в системах, построенных с использованием процессора Intel 486.



Direct Mapped Cache



Two-Way Set Associative Cache



Fully Associative Cache

Intel 486 имел расположенную на кристалле кэш-память объёмом 8 Кбайт, позднее — 16 Кбайт, работающую на частоте ядра. Наличие кэша позволило существенно увеличить скорость выполнения операций микропроцессором. Изначально кэш Intel 486 работал по принципу сквозной записи (англ. *write-through*, *WT*), но позже, в рамках семейства Intel 486, были выпущены модели со внутренним кэшем, работающим по принципу обратной записи (англ. *write-back*, *WB*). Процессор мог использовать и внешний кэш, скорость чтения-записи которого, однако, была заметно ниже, чем у внутреннего кэша. При этом внутренний кэш стали называть кэшем первого уровня (Level 1 Cache), а внешний кэш, расположенный на материнской плате, кэшем второго уровня (Level 2 Cache). Кэш имел 4-канальную наборно-ассоциативную архитектуру и работал на уровне физических адресов памяти.

Однако, в результате использования интегрированной кэш-памяти, существенно возросло количество транзисторов в процессоре и, как следствие, увеличилась площадь кристалла. Увеличение количества транзисторов привело к существенному увеличению рассеиваемой мощности. В среднем, рассеиваемая мощность увеличилась в 2 раза по сравнению с аналогичными моделями серии 80386. Во многом этому способствовала интеграция кэш-памяти, хотя были и другие факторы, но они не столь существенны. По этой причине процессоры Intel 486 старших моделей уже требовали принудительного (активного) охлаждения.

## Математический сопроцессор

В Intel 486 был использован встроенный математический сопроцессор (англ. *Floating Point Unit*, *FPU*).

Это был первый микропроцессор семейства x86 со встроенным FPU. Встроенный FPU был программно совместим с микросхемой Intel 80387 — математическим сопроцессором, применявшимся в системах с процессором 80386. Благодаря использованию встроенного сопроцессора удешевлялась и ускорялась система за счёт уменьшения общего числа контактов и корпусов микросхем.

Изначально все выпускавшиеся микропроцессоры Intel 486 оснащались работающим сопроцессором, эти процессоры получили имя Intel486DX. Позже, в 1991 году, Intel решает выпустить процессоры с отключённым сопроцессором, и эти процессоры получили наименование Intel486SX. Системы построенные на этих процессорах могли оснащаться отдельным сопроцессором, например, Intel487SX или сопроцессором других производителей.

## Построение вычислительной системы

Первоначально системы на базе Intel 486 были оборудованы только 8- и/или 16-битными шинами ISA. Более поздние материнские платы совмещали в себе медленную шину ISA с высокоскоростной шиной VESA (или VLB — англ. *Vesa Local Bus*), предназначавшуюся прежде всего для видеокарт и контроллеров жёсткого диска. Последние материнские платы для процессоров i486 были оборудованы шинами PCI и ISA, а иногда и VESA. Быстродействие шины ISA определялось множителями, а рабочая частота шин PCI и VLB была равна частоте шины процессора i486 (хотя некоторые материнские платы имели множители также и для них).

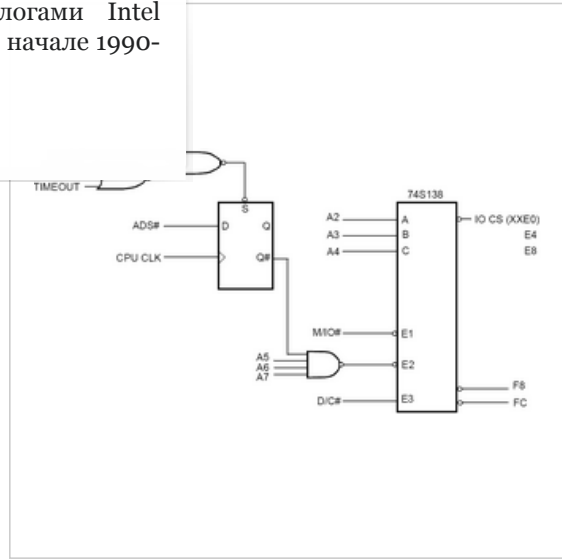
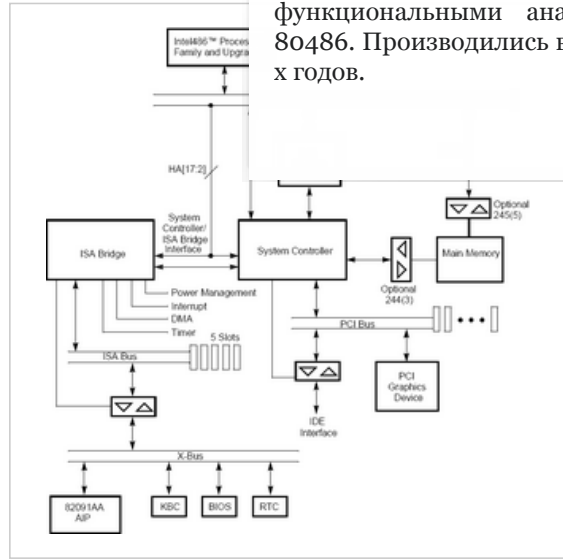
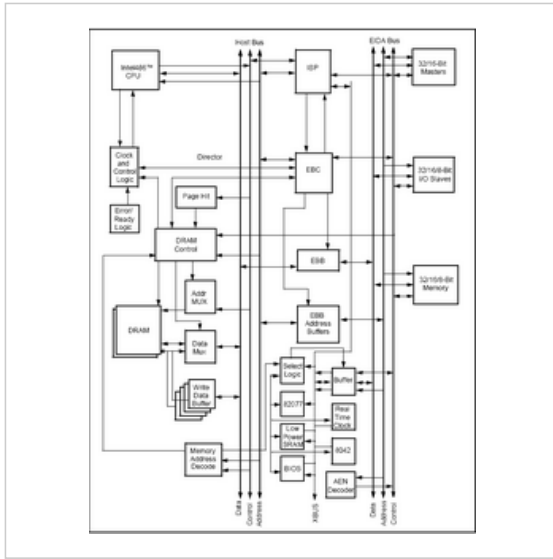
Позже материнские платы для i486 обрели поддержку технологии Plug-and-Play, которая использовалась в Windows 95 и позволяла компьютерам автоматически обнаруживать и настраивать периферийные устройства и устанавливать соответствующие драйверы.



Материнская плата на чипсете SIS (85C496 и 85C497) для процессоров класса i486



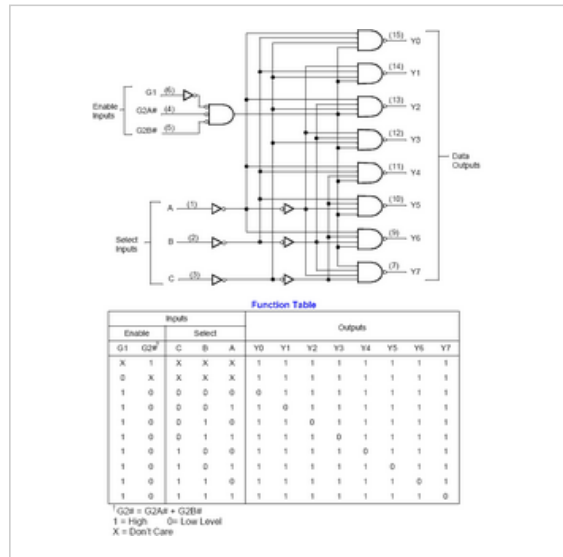
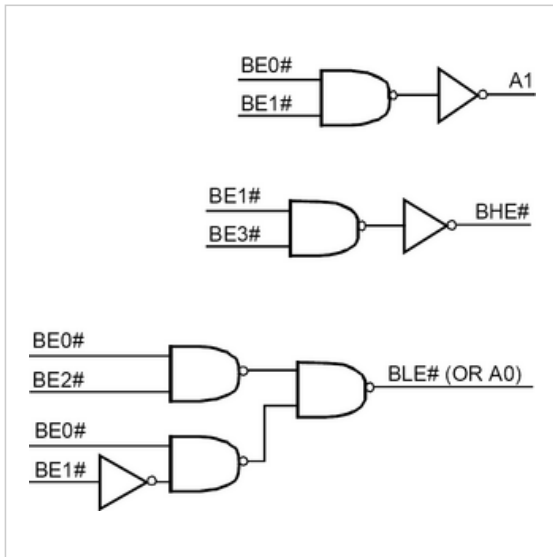
функциональными аналогами Intel 80486. Производились в начале 1990-х годов.



Построение типовой конфигурации с использованием шины EISA

Построение типовой конфигурации с использованием шины PCI

Построение дешифратора адреса



Построение дешифратора сигналов A1, BHE# и BLE#

Построение схем управления и таблица истинности на примере использования ИМС 74S138

## Модели

Сводная таблица моделей процессоров Intel 486<sup>[10][11][12][13]</sup>

Модель	Кодовое имя	Intel S-Спец	Тип корпуса	Тип процессорного разъёма	Частота, МГц	Шина данных (внешняя), бит	Напряжение питания, вольт	Нормы литографии техпроцесса, мкм	Кол-во транзисторов	Дата анонса	Примечание, отличие
<b>Intel 486DX</b>											
Intel A80486DX-25	P4	SX328	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>10.04.1989</u>	Оригинальный процессор семейства i486. Кэш первого уровня 8 кБ.
Intel A80486DX-33	P4	SX329	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>7.05.1990</u>	
Intel A80486DX-33	P4	SX729	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>7.05.1990</u>	Лого DX на корпусе.
Intel A80486DX-33 (SL enhanced)	P4	SX810	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>7.05.1990</u>	Маркировка «&E» и лого DX на корпусе.
Intel A80486DX-50	P4	SX710	Керамический корпус PGA-168	Socket 2, Socket 3	50 × 1	32	5	0,8	1 185 000	<u>24.06.1991</u>	Лого DX на корпусе.
<b>Intel 486DX2</b>											
Intel SB80486DX2-40	P24	SX809	Пластиковый корпус PQFP-208	На плате-адаптере	20 × 2	32	3,3	0,8	1 200 000	<u>3.03.1992</u>	На плате-адаптере.
Intel SB80486DX2-50	P24	SX920	Пластиковый корпус PQFP-208	На плате-адаптере	25 × 2	32	3,3	0,8	1 200 000	<u>3.03.1992</u>	На плате-адаптере.
Intel A80486DX2-50	P24	SX808	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 2	32	5	0,8	1 200 000	<u>3.03.1992</u>	Не имел проблем DX-50 с шинами ISA 16 bit и VESA VL-Bus в связи с работой на частоте 25 МГц, но был на 3...15 % медленнее в реальных приложениях. В основной массе отпускаясь OEM-производителем систем. Также

											выпускался фирмой IBM с соответствующей маркировкой на корпусе, типа: «COPYRIGHT INTEL '89 '92 1 MFG BY IBM»
Intel A80486DX2-66	P24	SX807	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 2	32	5	0,8	1 185 000	<u>10.08.1992</u>	
Intel A80486DX2-66	P24	SX645	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 2	32	5	0,8	1 200 000	<u>10.08.1992</u>	Кэш процессора со «сквозной записью» (write-through).
Intel A80486DX2-66	P24	SX955	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 2	32	5	0,8	1 200 000	<u>10.08.1992</u>	Кэш процессора с «обратной записью» (write-back cache). Дополнительная маркировка на корпусе «&EW»: используется технология SL enhanced CPU.
Intel A80486DX2-66	P24	SX759	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 2	32	5	0,8	1 200 000	<u>10.08.1992</u>	Идентичен SX645, имеет тот же CPUID 0433h.  На керамическом корпусе интегрирован радиатор синего (производства фабрик на территории США) или чёрного (Малайзия) цвета.
<b>Intel DX4</b>											
Intel A80486DX4-75	P24C	SX884	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 3	32	3	0,6	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	Дополнительная маркировка на корпусе «&EW»: используется технология SL enhanced CPU.
Intel FC80486DX4-	P24C	SK052	Пластиковый корпус PQFP-	На плате-адаптере	25 × 3	32	3	0,6	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	Адаптер для мобильных систем

75 Mobile			208								
Intel FC80486DX4-75 Mobile Module	P24C	SX883	Пластиковый корпус PQFP-208	На плате-адаптере	25 × 3	32	3	0,6	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	Использовался в IBM Thinkpad 755
Intel A80486DX4-100	P24C	SX900	Пластиковый корпус PQFP-208	На плате-адаптере	33 × 3	32	3	0,6	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	Адаптер для мобильных систем
Intel FC80486DX4-100 Mobile Module	P24C	SX883	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	33 × 3	32	3	0,6	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	Дополнительная маркировка на корпусе «&EW»: используется технология SL enhanced CPU.
Intel RapidCAD-1	Н/Д	SZ624	Керамический корпус PGA-132	i386/387	33 × 3	32	Н/Д	Н/Д	1 600 000	<u>1991 год</u>	Intel RapidCad это специально упакованные Intel 486DX, без кэша и с заглушкой вместо FPU, стандартной для i386 цоколёвкой, предназначен для замены процессоров Intel 80386 и 80387 FPU.
Intel RapidCAD-2	Н/Д	SZ625	Керамический корпус PGA-68	i376/387	33 × 3	32	Н/Д	Н/Д	1 600 000	<u>7.03.1994</u>	
<b>Intel486SX</b>											
Intel A80486SX-20	P23	SX406	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	20 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	Подобен i486DX, но с отключённым математическим сопроцессором.
Intel A80486SX-25	P23	SX679	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	
Intel A80486SX-25	P23	SX903	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	
Intel KU80486SX-25	P23	SX406	Пластиковый корпус PQFP-196 внутри PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	Разгон до 40 МГц
Intel A80486SX-33	P23	SX797	Керамический корпус PGA-	Socket 1, Socket 2,	33 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	

			168	Socket 3							
Intel SB80486SX-33	P23	SX855	Пластиковый корпус PQFP-208	На плате-адаптере	33 × 1	32	5	1	1 185 000	<u>1.4.1991</u>	
Intel A80486SX2-50	P23	SX845	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 2	32	5	1	900 000	<u>1.4.1991</u>	
Intel 486SX2-50/SA OEM	P23	SX845	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 2	32	5	1	900 000	<u>1.4.1991</u>	Интегрированный радиатор. Поставлялся, в основном, OEM-производителям.
<b>Прочие, производства Intel</b>											
<u>Intel 487SX</u>	P23N									<u>16.9.1991</u>	i486DX с изменённой цоколёвкой для использования как FPU в i486SX системах.
<u>Intel 486 OverDrive</u>	P23T									<u>26.5.1992</u>	Предназначен для модернизации компьютеров с процессорами i486DX/SX.
<u>Intel KU80486SL-25</u>	Н/Д	SX709	Керамический корпус PGA-168	Socket 1, Socket 2, Socket 3	25 × 1	32	5	0,8	1 400 000	<u>9.10.1992</u>	i486SX низкого энергопотребления, применялся главным образом в портативных компьютерах.
Intel 486DX SL-enhanced	P4S									<u>21.6.1993</u>	i486DX с SL-технологией.
Intel 486SX SL-enhanced	P23S									<u>21.6.1993</u>	i486SX с SL-технологией.
Intel 486DX2 SL-enhanced	P24S									<u>21.6.1993</u>	i486DX2 с SL-технологией. Частота 50-66 МГц; напряжение питания 5 вольт.
<u>Intel 486SX2</u>	???									<u>1994 год</u>	Подобен i486DX2, но с отключённым математическим сопроцессором.
<u>Intel DX4</u>	P24C									<u>7.3.1994</u>	Имеет утроенную тактовую частоту по отношению к

										внешней шине, 75-100 МГц; напряжение питания 3,3 вольта.
Intel 486DX2 wb	P24D								Октябрь 1994	i486DX2 с кэш-памятью типа write-back. Частота 50-66 МГц; напряжение питания 5 вольт.
Intel DX4 OverDrive PR	P4T								Октябрь 1994	Предназначен для модернизации компьютеров с процессорами i486DX/SX.
Intel 486GX	???								25.3.1996	i486SX для использования в портативных устройствах.
Pentium OverDrive 62.5/82.5 for 5V 486 /3.3V DX4	P24T								Февраль 1995	Предназначен для модернизации компьютеров с процессорами Intel DX4 на процессор Pentium с частотой 62,5 или 82,5 МГц.

С момента появления первого процессора Intel 486DX было выпущено множество других моделей семейства 486 с суффиксами SX, SL, DX2, DX4, GX. Они различались функциональным предназначением и некоторыми технологическими параметрами (напряжение питания, тактовая частота, размер кэш-памяти, отсутствием или наличием сопроцессора и др.).

Процессоры 486DX2 имели коэффициент умножения 2 — то есть, например, при частоте системной шины 33 МГц рабочая частота самого процессора составляла 66 МГц. Позже появились процессоры Intel DX4 — однако коэффициент умножения у них был не 4, а 3. В результате введения множителей в широкий обиход впервые вошло такое понятие, как **разгон** (англ. *overclocking*) — повышение производительности процессора путём увеличения тактовой частоты шины или коэффициента умножения. Так, известно, что в России даже в открытую продажу поступали системы, в которых процессоры i486 работали на частотах до 160 МГц.

## Конкурентные решения

Ко времени выпуска 486 Intel лишилась прав собственности на **товарные знаки x86** и подобные наименования использовало множество производителей. Основным лозунгом конкурентов Intel был «Практически то же, что и у Intel, только за меньшие деньги».

486-совместимые процессоры производились и такими компаниями, как **IBM**, **Texas Instruments**, **AMD**, **Cyrix**, **UMC** и **Chips and Technologies**. Некоторые из них были почти точными копиями как по производительности, так и по техническим характеристикам, другие же, наоборот, отличались от оригинала.

Уже после ухода с массового рынка 486-х процессоров производства Intel компания AMD выпустила процессоры **486DX4-120** и **Am5x86-133**.

В мае 2006 года Intel заявила, что производство чипов 80486 прекратится в конце сентября 2007 года. И хотя для прикладных программ на персональных компьютерах этот чип уже долгое время являлся устаревшим, Intel продолжала производить его для использования во **встраиваемых системах**.



486 процессоры в окружении процессоров других производителей.<sup>[14]</sup>

Процессоры i486 в UMC Green CPU

AMD Cyrix IBM Intel ST Texas Instruments

## Примечания

- Intel cashes in ancient chips ([https://www.webcitation.org/618aFir9z?url=http://www.reghardware.com/2006/05/18/intel\\_cans\\_386\\_486\\_960\\_cpus/](https://www.webcitation.org/618aFir9z?url=http://www.reghardware.com/2006/05/18/intel_cans_386_486_960_cpus/)) (англ.). Дата обращения: 10 апреля 2010. Архивировано из оригинала ([http://www.reghardware.co.uk/2006/05/18/intel\\_cans\\_386\\_486\\_960\\_cpus/](http://www.reghardware.co.uk/2006/05/18/intel_cans_386_486_960_cpus/)) 22 августа 2011 года.
- Product Change Notification #106013 — 00 (<http://www.yeralan.org/agen/pdf/PCN106013.pdf>) . Дата обращения: 24 августа 2011. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20120111065626/http://www.yeralan.org/agen/pdf/PCN106013.pdf>) 11 января 2012 года.
- 486 32-bit CPU breaks new ground in chip density and operating performance. (Intel Corp.) (product announcement) EDN | May 11, 1989 | Pryce, Dave
- Lewis, Peter H.. THE EXECUTIVE COMPUTER; The Race to Market a 486 Machine (<https://www.nytimes.com/1989/10/22/business/the-executive-computer-the-race-to-market-a-486-machine.html?pagewanted=1>) (англ.), *The New York Times* (22 October 1989). Архивировано (<https://web.archive.org/web/20201105012503/https://www.nytimes.com/1989/10/22/business/the-executive-computer-the-race-to-market-a-486-machine.html?pagewanted=1>) 5 ноября 2020 года. Дата обращения: 7 августа 2021.
- Yates, Darren. Four. Eight. Six. (англ.) // APC. — Future Publishing, 2020. — Ноябрь (№ 486). — С. 52—55. — ISSN 0725-4415 (<https://www.worldcat.org/search?fq=x0:jrnl&q=n2:0725-4415>).
- Lilly, Paul A Brief History of CPUs: 31 Awesome Years of x86 (<https://www.pcgamer.com/a-brief-history-of-cpus-31-awesome-years-of-x86/>) (англ.), *PC Gamer* (14 апреля 2009). Дата обращения: 7 августа 2021. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20210807064023/https://www.pcgamer.com/a-brief-history-of-cpus-31-awesome-years-of-x86/>) 7 августа 2021 года.
- P4 (486) Fourth-Generation Processors | Microprocessor Types and Specifications | InformIT (<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=130978&seqNum=28>). Дата обращения: 2 февраля 2016. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20191227200646/http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=130978&seqNum=28>) 27 декабря 2019 года.
- A80486DX4-100 — cpu-world.com (<http://www.cpu-world.com/CPUs/80486/Intel-A80486DX4-100.html>). Дата обращения: 25 октября 2016. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20191221210447/http://www.cpu-world.com/CPUs/80486/Intel-A80486DX4-100.html>) 21 декабря 2019 года.
- Intel «EMBEDDED Intel486 PROCESSOR FAMILY. DEVELOPER’S MANUAL» Order No: 273021-001
- Intel IT Galaxy -> К 40-летию первого микропроцессора Intel. Часть 1 (<http://ru.intel.com/business/community/index.php?s=a2a46d0f235f68b76dacc5d446d3205b&automodule=blog&blogid=7605&showentry=2925>) Архивировано (<https://web.archive.org/web/20140907111529/https://ru.intel.com/business/community/index.php?s=a2a46d0f235f68b76dacc5d446d3205b&automodule=blog&blogid=7605&showentry=2925>) 7 сентября 2014 года.
- cpu-collection.de >> 486 (<http://www.cpu-collection.de/?tn=0&l0=cl&l1=486>). Дата обращения: 18 сентября 2012. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20120426210737/http://www.cpu-collection.de/?tn=0&l0=cl&l1=486>) 26 апреля 2012 года.
- Коллекция процессоров (8086-80486) ([https://web.archive.org/web/20120229234217/http://www.retro-pc.net/musei/cpu/index\\_86\\_ru.htm](https://web.archive.org/web/20120229234217/http://www.retro-pc.net/musei/cpu/index_86_ru.htm)). Дата обращения: 18 сентября 2012. Архивировано из оригинала ([http://www.retro-pc.net/musei/cpu/index\\_86\\_ru.htm](http://www.retro-pc.net/musei/cpu/index_86_ru.htm)) 29 февраля 2012 года.
- Процессоры DX, DX2, DX4 (<http://www.about-pc.narod.ru/part2/proc14.html>). Дата обращения: 18 сентября 2012. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20120826034516/http://www.about-pc.narod.ru/part2/proc14.html>) 26 августа 2012 года.
- Сверху — AMD Am486DX2-50 в фирменном футляре с кэш-памятью в комплекте. Внизу — типичные представители 4-го поколения. По центру — серверные решения от Intel. Справа — шедшая в комплекте с Intel 486 OverDrive лопаточка для извлечения процессора из слота

## Литература

---

- Документация, выпущенная Intel:
  - Order No: 271329-002 «MILITARY Intel486 PROCESSOR FAMILY»
  - Order No: 272755-001 «Embedded Ultra-Low Power Intel486 GX Processor»
  - Order No: 272731-002 «Embedded Ultra-Low Power Intel486 SX Processor»
  - Order No: 272731-001 «Embedded Ultra-Low Power Intel486 SX Processor»
  - Order No: 271329-003 «MILITARY Intel486 PROCESSOR FAMILY»
  - Order No: 241199-002 «Intel486 Family of Microprocessors. Low Power Version. Data Sheet»
  - Order No: 273025-001 «EMBEDDED Intel486 PROCESSOR. HARDWARE REFERENCE MANUAL»
  - Order No: 273021-001 «EMBEDDED Intel486 PROCESSOR FAMILY. DEVELOPER'S MANUAL»
  - Order No: 272815-001 «Ultra-Low Power Intel486 SX PROCESSOR. EVALUATION BOARD MANUAL»
  - Order No: 272771-002 «Embedded Write-Back Enhanced IntelDX4 Processor»
  - Order No: 272771-001 «Embedded Write-Back Enhanced IntelDX4 Processor»
  - Order No: 272770-002 «Embedded IntelDX2 Processor»
  - Order No: 272770-001 «Embedded IntelDX2 Processor»
  - Order No: 272769-002 «Embedded Intel486 SX Processor»
  - Order No: 272769-001 «Embedded Intel486 SX Processor»
  - Order No: 272755-002 «Embedded Ultra-Low Power Intel486 GX Processor»
  - Order No: 240440-006 «Intel486DX MICROPROCESSOR»
- *В.Л. Григорьев*. Микропроцессор i486. Архитектура и программирование. — М.: Гранал. — Т. Книга 1. Программная архитектура. — 346 с. — ISBN 5-900676-01-3.
- *В.Л. Григорьев*. Микропроцессор i486. Архитектура и программирование. — М.: Гранал. — Т. Книга 2-4. — 382 с. — ISBN 5-900676-02-1.

## Ссылки

---

- История судебных тяжб между Intel и AMD ([https://web.archive.org/web/20060307061706/http://www.amd.com/us-en/assets/content\\_type/DownloadableAssets/AMD\\_-\\_Intel\\_Litigation\\_History.pdf](https://web.archive.org/web/20060307061706/http://www.amd.com/us-en/assets/content_type/DownloadableAssets/AMD_-_Intel_Litigation_History.pdf))
  - Документация на процессор (<https://web.archive.org/web/20140703135830/http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/pdf/intel/80486/>) на сайте bitsavers.org (англ.)
  - Intel 80486 microprocessor family (<http://www.cpu-world.com/CPUs/80486/>) (англ.)
- 

Источник — [https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel\\_80486&oldid=133775608](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Intel_80486&oldid=133775608)

---

Эта страница в последний раз была отредактирована 24 октября 2023 в 09:08.

Текст доступен по лицензии Creative Commons «С указанием авторства — С сохранением условий» (CC BY-SA); в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.  
Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации Фонд Викимедиа (Wikimedia Foundation, Inc.)