

## Тема 6\_2010. Микропроцессоры.

### Оглавление

1.ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИКРОПРОЦЕССОРА .....	1
2.СТРУКТУРА БАЗОВОГО МИКРОПРОЦЕССОРА.....	5
3.СТРУКТУРНАЯ СХЕМА БАЗОВОЙ МОДЕЛИ МП ФИРМЫ INTEL.....	8
4.ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАБОТЕ МИКРОПРОЦЕССОРА .....	10
5. СЕМЬ ПОКОЛЕНИЙ МИКРОПРОЦЕССОРОВ СЕМЕЙСТВА INTEL .....	11

### 1.Основные характеристики микропроцессора

- 1) **тактовая частота**, определяющая максимальное время выполнения переключения элементов в ЭВМ;
- 2) **разрядность**, т.е. максимальное число одновременно обрабатываемых двоичных разрядов.

Разрядность МП обозначается m/n/k/ и включает:

m - разрядность внутренних регистров, определяет принадлежность к тому или иному классу процессоров;

n - разрядность шины данных, определяет скорость передачи информации;

k - разрядность шины адреса, определяет размер адресного пространства.

Например, МП i8088 характеризуется значениями m/n/k=16/8/20;

Современные микропроцессоры построены на 32-х битной архитектуре x86 или IA-32 (Intel Architecture 32 bit), или на более совершенной и производительной 64-х битную архитектуру IA-64 (Intel Architecture 64 bit). Массовый выпуск и выход в продажу в 2003 году нового микропроцессора Athlon 64 корпорации AMD (Advanced Micro Devices), этот микропроцессор примечателен тем, что может работать как с 32-х битными приложениями, так и с 64-х битными. Производительность 64-х битных микропроцессоров намного выше.

- 3) **архитектура.**

Понятие архитектуры микропроцессора включает в себя систему команд и способы адресации, возможность совмещения выполнения команд во времени, наличие дополнительных устройств в составе микропроцессора, принципы и режимы его работы. Выделяют понятия микро архитектуры и макро архитектуры.

**Микро архитектура** микропроцессора - это аппаратная организация и логическая структура микропроцессора, регистры, управляющие схемы, арифметико-логические устройства, запоминающие устройства и связывающие их информационные магистрали.

**Макро архитектура** - это система команд, типы обрабатываемых данных, режимы адресации и принципы работы микропроцессора.

В общем случае под архитектурой ЭВМ понимается абстрактное представление машины в терминах основных функциональных модулей, языка ЭВМ, структуры данных.

В соответствии с архитектурными особенностями, определяющими свойства системы команд, различают:

- **Микропроцессоры с CISC архитектурой.**

CISC (Complex Instruction Set Computer) - Компьютер со сложной системой команд. Исторически они первые и включают большое количество команд. Все микропроцессоры корпораций Intel (Integrated Electronics) и AMD (Advanced Micro Devices) относятся к категории CISC.

- **Микропроцессоры с RISC архитектурой.**

RISC (Reduced Instruction Set Computer) - Компьютер с сокращенной системой команд. Упрощена система команд и сокращена до такой степени, что каждая инструкция выполняется за единственный такт. Вследствие этого упростилась структура микропроцессора, и увеличилось его быстродействие.

Пример микропроцессора с RISC-архитектурой - Power PC. Микропроцессор Power PC начал разрабатываться в 1981 году тремя фирмами: IBM, Motorola, Apple.

- **Микропроцессоры с MISC архитектурой.**

MISC (Minimum Instruction Set Computer) - Компьютер с минимальной системой команд. Последовательность простых инструкций объединяется в пакет, таким образом, программа преобразуется в небольшое количество длинных команд.

4). **Объем адресуемой памяти** – максимальный объем памяти, который может обслужить микропроцессор.

32-х разрядный микропроцессор может обслужить 64 Гб (4х10<sup>9</sup> байт) памяти, а 64-х разрядный микропроцессор может обслужить 64 Тб (64х10<sup>12</sup> байт) памяти.

5). **Набор дополнительных инструкций** (Instruction Set) - применяется в современных CISC-микропроцессорах для ускорения работы.

Естественно только при условии поддержки данных наборов со стороны приложения.

Все традиционные современные процессоры поддерживают набор инструкций MMX, который был самым первым (разработан корпорацией Intel еще в 1997 году). MMX расшифровывается как MultiMedia eXtensions (мультимедийные расширения). Он представил дополнительные возможности, ориентированные на обработку цифрового изображения и звука. В основе технологии лежит концепция (микро архитектура) SIMD (Single Instruction Many Data – "одна команда, много данных"), когда при помощи одной инструкции одновременно обрабатывается несколько элементов данных. SSE, SSE2, 3DNow! - дальнейшее развитие этой идеи. Микропроцессоры Intel Pentium 3 поддерживают SSE, а Pentium 4 и AMD Athlon 64 еще и SSE2 (это относится и к соответствующим микропроцессорам Intel Celeron).

Процессоры AMD Athlon и Duron поддерживают наборы инструкций 3DNow!Professional и MMX, в Athlon XP была добавлена поддержка SSE (на уровне микрокода ядра).

6) **Технологический процесс производства** (Process Technology) – техпроцесс определяет размеры элементов и соединений между ними в интегральной схеме. Измеряется в микрометрах ( $0,35\ \mu\text{m}$ ;  $0,25\ \mu\text{m}$ ; ...). Чем меньше число, тем меньше сам кристалл, следовательно, меньше потребляемая мощность и тепловыделение. А ведь тепловыделение сильно препятствует увеличению частоты, на которой работает микропроцессор. Где-то в 1997 году произошел переход с  $0,25\ \mu\text{m}$  на  $0,18\ \mu\text{m}$  технологию производства. А уже в 2001 году произошел переход на  $0,13\ \mu\text{m}$  технологию, что позволило намного увеличить частоту. Сегодня уже используется технология  $0,09\ \mu\text{m}$ .

7). **Производительность микропроцессора** определяется параметрами:

1. **Тактовая частота (Частота ядра)** (Internal clock) – это количество электрических импульсов в секунду. Каждый импульс несет в себе некую информацию - это могут быть команды процессору или данные памяти. Тактовая частота задается кварцевым генератором - одним из блоков, расположенных на материнской плате. Тактовая частота кварцевого генератора выдерживается с очень высокой точностью и лежит в мега или гигагерцовом диапазоне. Один герц - один импульс, один мегагерц - один миллион импульсов, один гигагерц - тысяча мегагерц. Микропроцессор, работающий на тактовой частоте 800 МГц, выполняет 800 миллионов рабочих тактов в секунду. В зависимости от сложности обрабатываемой команды процессору для выполнения задачи необходимы сотни и тысячи тактов. Но для выполнения простых операций бывает достаточно одного такта. Чем выше тактовая частота ядра, тем выше скорость обработки данных. Современные микропроцессоры работают на частотах от 300 МГц до 4,7 ГГц. (?)

2. **Частота системной шины** (System clock или Front Side Bus) – системная шина служит для связи микропроцессора с остальными устройствами. Микропроцессор имеет две частоты: **тактовая частота ядра и частота системной шины**. Чем выше частота системной шины, тем выше скорость передачи данных между микропроцессором и остальными устройствами. Частота системной шины современных микропроцессоров от 66 МГц до 266 МГц.

3. **Объем Кэш-памяти** (Cache) – Кэш-память быстрая память малой емкости, используемая процессором для ускорения операций, требующих обращения к памяти. Кэш – промежуточное звено между микропроцессором и оперативной памятью. Различают несколько уровней кэша: кэш первого уровня (L1) - кэш команд (инструкций) которые предстоит исполнить, кэш первого уровня размещается на одном кристалле с процессором. Кэш второго уровня (L2) - кэш данных - используется для ускорения операций с данными (в первую очередь чтения). На общую производительность влияет размер кэша L2. Чем больше L2, тем дороже процессор, т.к. память для кэша еще очень дорога. Поэтому эффективнее увеличивать частоту кэша, а для этого он должен находиться как можно ближе к ядру процессора. Кэш-память может работать на частоте  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $1/2$ ,  $1/1$  от частоты ядра. Современные микропроцессоры имеют кэш объемом от 8 Кб до 5 Мб.

8) **Предельно эксплуатационные параметры микропроцессоров:**

- **Напряжение питания микропроцессора** – величина питающего напряжения микропроцессоров зависит от технологического процесса и от частоты ядра. Чем меньше кристалл и ниже частота, тем меньше напряжение питания. Напряжение

питания современных микропроцессоров от 0,5 В до 3,5 В, чаще всего от 1,2 В до 1,75 В.

- **Ток ядра** – у современных микропроцессоров ток, протекающий через ядро от 1 А до 90 А.
- **Потребляемая мощность** – зависит от величины питающего напряжения и от частоты ядра. Чем меньше напряжение питания и частота, тем меньше потребляемая мощность. Мощность современных микропроцессоров от 1Вт до 120 Вт. Чаще всего в пределах 40-70 Вт.
- **Максимальная температура нагрева кристалла** – максимальная температура кристалла, при которой возможна стабильная работа микропроцессора. У современных микропроцессоров она колеблется в пределах от 60°С до 95°С.

9) **Физические параметры микропроцессоров** (Форм-фактор):

1. *Тип, размеры корпуса*
2. *Размеры кристалла*
3. *Количество выводов*
4. *Форма расположения выводов*

## 2. Структура базового микропроцессора

Основу центрального процессора современной ЭВМ составляет микропроцессор - обрабатывающее устройство, служащее для арифметических и логических преобразований данных, для организации обращения к ОП и ВнУ и для управления ходом вычислительного процесса.

В настоящее время существует большое число разновидностей микропроцессоров, различающихся назначением, функциональными возможностями, структурой, исполнением. Чаще всего наиболее существенным, классификационным различием между ними является количество разрядов в обрабатываемой информационной единице: 8-битовые, 16-битовые, 32-битовые, 64-битовые.

К группе 8-битовых микропроцессоров относятся i8080, i8085 (с буквы i начинаются названия МП, выпускаемых фирмой Intel - INTe grated Electronics), Z80 (с буквы Z начинаются названия МП фирмы Zilog) и др.

Наиболее распространение среди 16-битовых микропроцессоров поли i8086, i8088, 32-битовых - i80386, i80486, которые совместимы по идам и форматам данных снизу вверх. Эти микропроцессоры используются в различных модификациях IBM PC. Два из этих микропроцессоров: i8086 и i8088 по назначению и функциональным возможностям одинаковы. Различаются они только разрядностью шины данных системной магистрали: МП i8086 имеет 16-битовую шину данных, а i8088 - 8-битовую. В связи с этим выборка команд и операндов из оперативной памяти производится за разное число машинных циклов. С точки зрения функциональных возможностей существенного значения эти различия не имеют, поэтому и упоминают о них, как правило, вместе: 8086/8088. Этот тип МП является базовым для IBM совместимых машин. Все последующие типы МП основываются на нем и лишь развивают его архитектуру.

МП 8086/8088 имеет базовую систему команд. В следующей модификации МП фирмы Intel - 80186 реализована расширенная система команд. Расширение системы команд продолжается во всех новых моделях, но кроме этого в каждой новой модели вводятся дополнительные архитектурные решения:

в 80286 введены встроенный блок управления ОП, работающий в виртуальном режиме (что позволило увеличить предельно допустимый объем виртуальной памяти до 4 Гбайт при 16 Мбайт физической), и блоки, позволяющие реализовать мультизадачность: блок защиты ОП и блок проверки уровня привилегий, присваиваемых каждой задаче.

Кроме того, во всех последующих моделях вводятся и совершенствуются средства, позволяющие повысить производительность МП:

- совершенствуются конвейер команд и встроенный блок управления ОП,
- вводятся микропрограммное управление операциями,
- прогнозирование переходов по командам условной передачи управления,
- скалярная архитектура ЦП (арифметический конвейер) и
- мульти скалярная архитектура (несколько параллельно работающих арифметических конвейеров, одновременно выполняющих несколько машинных операций, благодаря чему появляется возможность за один такт МП выполнять более одной машинной операции).

Начиная с 80486, в кристалле МП размещается арифметический сопроцессор для операций с плавающей точкой. Фирма Intel разработала специальный микропроцессор Over Drive, который предназначен для параллельной работы с основным микропроцессором (для этого на системной плате предусматривается специальное гнездо).

Все эти усовершенствования позволяют сделать персональную ЭВМ IBM PC мультипрограммной, многопользовательской (МП 80286 позволял работать с 10 терминалами; 80386 - с 60) и многозадачной. С помощью операционной системы стало возможным реализовать работу в режиме SVM (системы виртуальных машин), т.е. на одной ПЭВМ реализовать множество независимых виртуальных машин (МП 80386 позволял в этом режиме реализовать работу до 60 пользователей, каждому из которых предоставлялась отдельная виртуальная ПЭВМ IBM PC на МП 8086).

Некоторые характеристики МП фирмы Intel приведены в таблице. В обозначениях микропроцессоров появились дополнительные элементы: буквы SL, SX, DX и цифры. Буквы обозначают:

- SL - микропроцессор изготовлен для работы с пониженным потреблением энергии (питание на те или иные блоки МП подается только в те моменты, когда они включаются в работу, в результате снижается потребление энергии и увеличивается срок службы источников питания, сокращается выделение энергии в кристалле МП и снижается его температура, благодаря чему увеличивается срок службы микропроцессора);
- SX - данный микропроцессор является переходным - длина машинного слова в нем осталась без изменения от предыдущей модели;
- DX - длина машинного слова увеличена вдвое по сравнению с МП предыдущей модели.

Цифры обозначают, во сколько раз изменилась тактовая частота по сравнению с МП предыдущей модели. Иногда (при наличии модификаций) дополнительно указывается тактовая частота МП.

Разработан новый микропроцессор - Pentium MMX (MultiMedia Extention), в котором реализована архитектура вычислительных систем класса SIMD, введено 57 новых команд, необходимых для обработки аудио-, видео- и телекоммуникационной информации.

### Характеристики микропроцессоров фирмы Intel

Наименование МП	Тактовая частота, Мгц	Индекс iCOMP	Разрядность ШД (внутренняя / внешняя)	Адресуемая память/ разрядность ША	Сопроцессор	Снижение потребления энергии	Примечание
8086			16/16	1 Мб/20			40000 транз
8088			16/8	1 Мб/20			
80286			16/16	16 Мб/24			130000 транз
80386SL			16/16	16 Мб/24		Есть	
80386SX			32/32	16 Мб/24			
80386DX			32/32	4 Гб/32			
80486SL			32/32	4 Гб/32	Нет	Есть	
80486SX	25	100	32/32	4 Гб/32	Нет		
80486SX2	40	-	32/32	4 Гб/32			
80486SX2	50	180	32/32	4 Гб/32			
80486DX			32/32	4 Гб/32	Встр.		
80486DX2	50	231	32/32	4 Гб/32	Встр.		1,2 млн

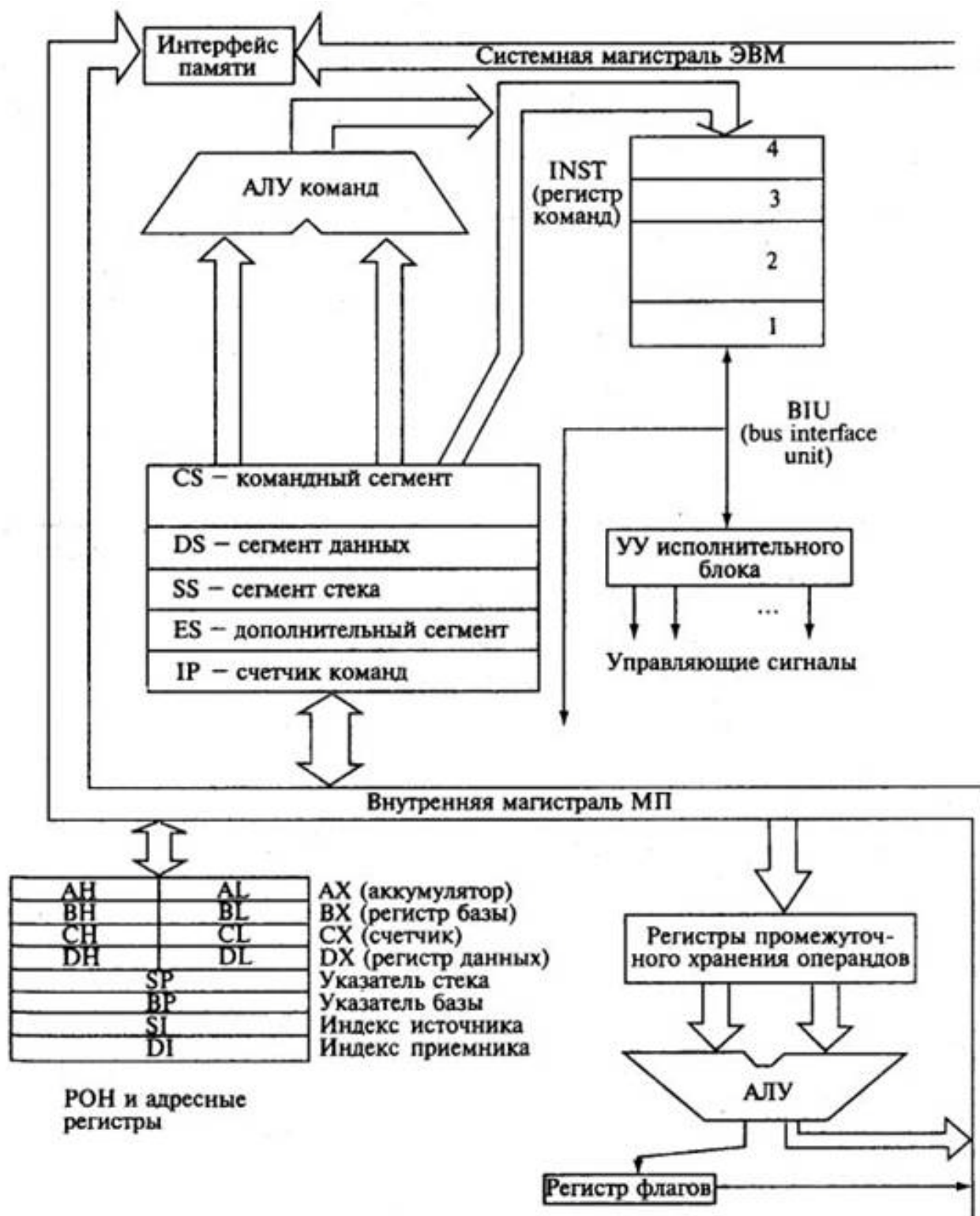
							транз.
80486DX2	66	297	32/32	4 Гб/32	Встр.		
80486DX4	75	319	32/32	4 Гб/32	Встр.		
80486DX4	100	435	32/32	4 Гб/32	Встр.		
Over Drive			32/32	4 Гб/32	Встр.		Аналог 486DX2
Pentium	60	510	64,32/64	4 Гб/32	Встр.		6,7 млн транз.
Pentium	66	567	64,32/64	4 Гб/32	Встр.		
Pentium	90	735	64,32/64	4 Гб/32	Встр.		
Pentium	100	815	64,32/64	4 Гб/32	Встр.		
Pentium	133	-	64,32/64	4 Гб/32	Встр.		
Pentium	166		64,32/64	4 Гб/32	Встр.		
Pentium Pro	о 150						
Pentium Pro	о 200						

В персональных ЭВМ нашли применение не только микропроцессоры фирмы Intel. Крупнейшими производителями аналогов микропроцессорам Intel (клонов) являются фирмы Cyrix и AMD.

Фирма Cyrix выпускает микропроцессоры М-1 и М-2, аналогичные Pentium, но превосходящие его по производительности. Так, М-1 с тактовой частотой 150 МГц по производительности эквивалентен МП Pentium с тактовой частотой 200 МГц.

Фирма AMD, завоевавшая около 30% рынка МП в России, выпускает микропроцессоры К-5 и К-6, являющиеся соответственно аналогами Pentium и Pentium Pro.

### 3. Структурная схема базовой модели МП фирмы Intel



Условно микропроцессор можно разделить на две части: исполнительный блок (Execution Unit - EU) и устройство сопряжения с системной магистралью (Bus Interface Unit - БИУ).



В исполнительном блоке находятся: арифметический блок и регистры общего назначения (РОН). Арифметический блок включает арифметико-логическое устройство, вспомогательные регистры для хранения операндов и регистр флагов.

Восемь регистров исполнительного блока МП (AX, BX, CX, DX, SP, BP, SI, DI), имеющих длину, равную машинному слову, делятся на две группы.

**Первую группу составляют регистры общего назначения: AX, BX, CX и DX,** каждый из которых представляет собой регистровую пару, составленную из двух регистров длиной в 0.5 машинного слова: аккумулятор, *или* регистр AX состоит из регистров AH и AL. Регистр базы (Base Register) BX состоит из регистров BH и BL. Счетчик (Count Register) CX включает регистры CH и CL. Регистр данных (Data Register) DX содержит регистры DH и DL. Каждый из коротких регистров может использоваться самостоятельно или в составе регистровой пары. Условные названия (аккумулятор, регистр базы, счетчик, регистр данных) не ограничивают применения этих регистров - эти названия говорят о наиболее частом использовании их или об особенности использования того или иного регистра в той или иной команде.

**Вторую группу составляют адресные регистры SP, BP, SI и DI** (в старших моделях количество адресных регистров увеличено). Эти регистры активно используются по функциональному назначению и в других целях их применять не рекомендуется. В качестве адресного регистра часто используется РОН BX. Программно допускается использование регистров BP, DI и SI в качестве регистров для хранения операндов, но отдельные байты в этих регистрах недоступны. Основное их назначение - хранить числовые значения, реализуемые при формировании адресов операндов.

**Устройство сопряжения с системной магистралью** содержит управляющие регистры, конвейер команд, АЛУ команд, устройство управления исполнительным блоком МП и интерфейс памяти (соединяющий внутреннюю магистраль МП с системной магистралью ПЭВМ).

**Управляющие регистры BIU:** CS (указатель командного сегмента), DS (указатель сегмента данных), SS (указатель сегмента стека), ES (указатель дополнительного сегмента) и др. служат для определения физических адресов ОП - операндов и команд. Регистр IP (Instruction Pointer) является указателем адреса команды, которая будет выбираться в конвейер команд в качестве очередной команды (в отечественной литературе такое устройство называется *счетчик команд*). Конвейер команд МП хранит несколько команд, что позволяет при выполнении линейных программ совместить подготовку очередной команды с выполнением текущей.

**К управляющим регистрам МП относится и регистр флагов,** каждый разряд которого имеет строго определенное назначение. Обычно разряды регистра флагов устанавливаются аппаратно при выполнении очередной операции в зависимости от получаемого в АЛУ результата. При этом фиксируются такие свойства получаемого результата, как нулевой результат, отрицательное число, переполнение разрядной сетки АЛУ и т.д. Но некоторые разряды регистра флагов могут устанавливаться по специальным командам. Некоторые разряды имеют чисто служебное назначение (например, хранят разряд, выпавший из АЛУ во время сдвига) или являются резервными (т.е. не используются).

Все флаги младшего байта регистра устанавливаются арифметическими или логическими операциями МП. Все флаги старших байтов, за исключением флага переполнения,

устанавливаются программным путем, для этого в МП имеются команды установки флагов (STC, STD, STI), сброса (CLC CLD, CLI), инвертирования (CMC).

#### **4. Взаимодействие элементов при работе микропроцессора**

Работой МП управляет программа, записанная в ОП ЭВМ. Адрес очередной команды хранится в счетчике команд IP (Instruction Pointer) и в одном из сегментных регистров, чаще всего в CS. Каждый из них в реальном режиме имеет длину 16 бит, тогда как физический адрес ОП должен иметь длину 20 бит. Несогласованность длины машинного слова (16 бит) и длины физического адреса ОП (20 бит) приводит к тому, что в командах невозможно указать физический адрес ОП - его приходится формировать, собирать из разных регистров МП в процессе работы.

В реальном режиме вся ОП делится на сегменты (длина сегмента - 64 Кбайта). Адрес ОП разделяется на две части: номер сегмента в ОП (база сегмента) и номер ячейки внутри данного сегмента (смещение относительно начала сегмента). Базовый адрес сегмента образуется добавлением к номеру сегмента справа четырех нулей. Поскольку последние четыре разряда абсолютного (физического) адреса сегмента всегда нулевые, сегмент может начинаться не с любой ячейки ОП, а только с “параграфа” - начала 16-байтного блока ОП.

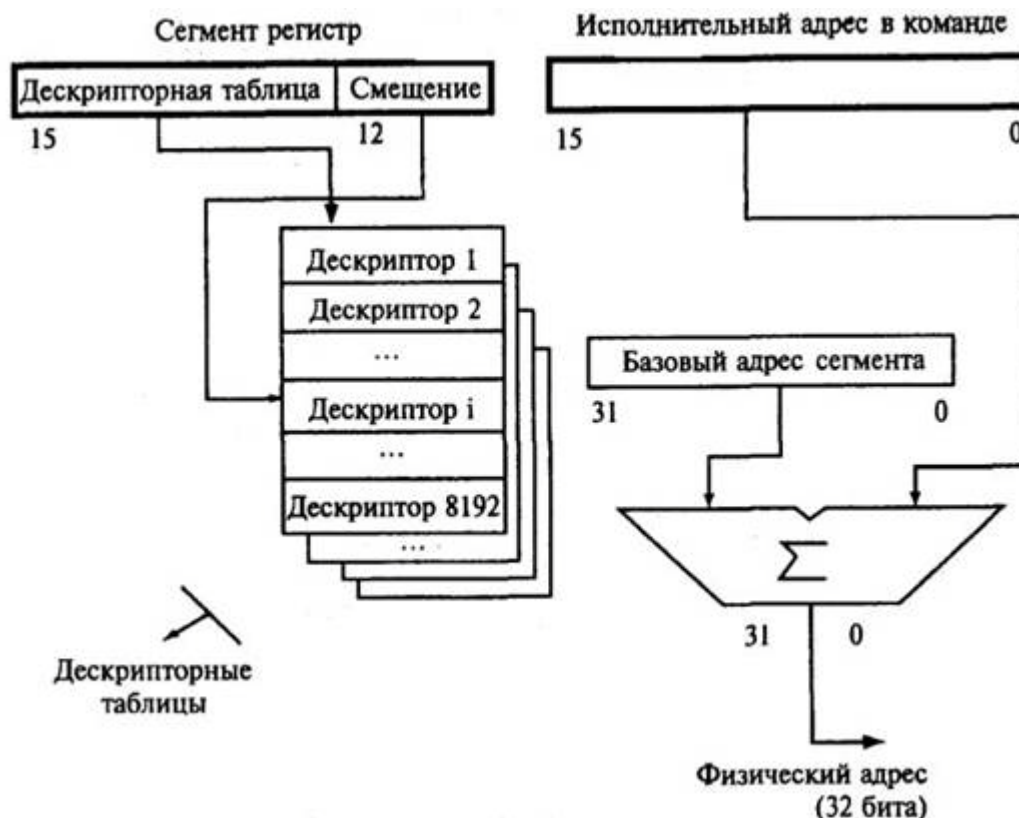
В структуре микропроцессора имеется несколько регистров сегментов, например в i8086 - четыре:

- CS - программный сегмент;
- DS - сегмент данных (информационный сегмент);
- SS - стековый сегмент;
- ES - расширенный сегмент (дополнительный сегмент данных).

Номер ячейки внутри сегмента (смещение) называется также *исполнительным* адресом. В большинстве случаев в адресной части команды указывается именно исполнительный адрес - номер сегмента чаще всего подразумевается по умолчанию. Однако допускается указание и полного адреса ОП в виде префиксной структуры: “сегмент: смещение”. Если сегмент в команде не указывается, значит, работа ведется внутри текущего сегмента (характер выполняемой работы и какой из сегментных регистров определяет текущую базу сегмента, зависят от вида выполняемой команды).

Номер сегмента так же, как и смещение, имеет длину 2 байта. При вычислении физического адреса ОП сегмент и смещение суммируются, но сегмент перед суммированием сдвигается влево на 4 бита. В результате суммирования образуется физический адрес ОП длиной 20 бит.

В защищенном режиме базовые адреса сегментов хранятся в дескрипторных таблицах и имеют длину 24 или 32 бита (в зависимости от типа МП). В сегментных же регистрах хранится селектор, содержащий номер дескрипторной таблицы и дескрипторное смещение, т.е. порядковый номер дескриптора (в котором и хранится базовый адрес сегмента) в данной дескрипторной таблице.



Формирование физического адреса ОП в защищенном режиме

Физический адрес очередной команды через внутреннюю магистраль МП и интерфейс памяти поступает на шину адреса системной магистрали. Одновременно из устройства управления (УУ) исполнительного блока на шину управления выдается команда (управляющий сигнал) в ОП, предписывающая выбрать число, находящееся по адресу, указанному в системной магистрали. Выбранное число, являющееся очередной командой, поступает из ОП через шину данных системной магистрали, интерфейс памяти, внутреннюю магистраль МП на регистр команд (INST).

Из команды в регистре команд выделяется код операции, который поступает в УУ исполнительного блока для выработки управляющих сигналов, настраивающих микропроцессор на выполнение требуемой операции.

В зависимости от используемого в команде режима адресации организуется выборка необходимых исходных данных.

## 5. Семь поколений микропроцессоров семейства Intel

Родоначальником семейства микропроцессоров фирмы Intel является 16 - разрядный процессор 8086, выпущенный в июне 1978 года. Сегодня семейство 8086 насчитывает семь поколений процессоров.

**Первое поколение** (процессоры 8086 и 8088 и математический сопроцессор 8087) задало

архитектурную основу – набор «неравноправных» 16-разрядных регистров, сегментную систему адресации в пределах 1 Мб с большим разнообразием режимов, систему команд, систему прерываний и ряд других атрибутов. В процессорах применялась «малая» конвейеризация: пока одни узлы выполняли текущую команду, блок предварительной выборки выбирал из памяти следующую.

**Второе поколение** (80286 и сопроцессор 80287) добавило в семейство так называемый «защищённый режим», позволяющий употреблять виртуальную память размером до 1 Гб для каждой задачи, пользуясь адресуемой физической памятью в пределах 16 Мб. Защищённый режим является основой для построения многозадачных операционных систем, в которых система привилегий жестко регламентирует взаимоотношения задач с памятью, операционной системой и друг с другом. Производительность процессоров 80286 возросла не только в связи с ростом тактовой частоты, но и за счет значительного совершенствования конвейера.

**Третье поколение** (80386/80387 с «суффиксами» DX и SX, определяющими разрядность внешней шины) ознаменовалось переходом к 32-разрядной архитектуре. Кроме расширения диапазона представляемых величин (16 бит отображают целые числа в диапазоне от 0 до 65535 или от –32768 до +32767, а 32 бита – более четыре миллиарда), увеличилась ёмкость адресуемой памяти. На этих процессорах начала широко использоваться система Microsoft Windows.

**Четвертое поколение** (80486 также DX и SX) не внесло существенных изменений в архитектуру, зато был принят ряд мер для повышения производительности. В этих процессорах значительно усложнен исполнительный конвейер. В данном поколении отказались от внешнего сопроцессора – он стал размещаться на одном кристалле с центральным (либо его нет совсем).

**Пятое поколение** (процессор Pentium у фирмы Intel и K5 у фирмы AMD) дало суперскалярную архитектуру. Для быстрого снабжения конвейеров командами и данными из памяти шина данных этих процессоров сделана 64-разрядной, из-за чего их первое время иногда ошибочно называли 64-разрядными процессорами. «На закате» этого поколения появилось расширение MMX (Matrices Math Extensions {instruction set} – набор команд для расширения матричных математических операций (первоначально Multimedia Extension {instruction set} – набор команд для мультимедиа-расширения)). Традиционные 32-разрядные процессоры способны выполнять сложение двух 8-разрядных чисел, размещая каждое из них в младших разрядах 32-разрядных регистров. При этом 24 старших разряда регистров не употребляются, и потому, например, при одной операции сложения ADD осуществляется просто сложение двух 8-разрядных чисел. Команды MMX оперируют сразу с 64 разрядами, где могут храниться восемь 8-разрядных чисел, причем имеется возможность выполнить их сложение с другими 8-разрядными числами в процессе одной операции ADD. Регистры MMX могут употребляться также для одновременного сложения четырех 16-разрядных слов или двух 32-разрядных длинных слов. Такой принцип получил название SIMD (Single Instruction/Multiple Data - «один поток команд/много потоков данных») (2-4). Новые команды были предназначены в первую очередь для ускорения выполнения мультимедиа программ, но применять их можно не только к задачам, прямо связанным с технологией мультимедиа. В MMX появился и новый тип арифметики - с насыщением: если результат операции не

помещается в разрядной сетке, то переполнения (или «антипереполнения») не происходит, а устанавливается максимально (или минимально) возможное значение числа.

**Шестое поколение** процессоров началось с Pentium Pro и продолжилось в процессорах Pentium III, Celeron и Xeon (у фирмы AMD сюда относятся процессоры K6, K6-2, K6-2+, K6-III). Ключевым здесь является динамическое исполнение, под которым понимается исполнение команд не в том порядке, как это предполагается программным кодом, а в том, как «удобно» процессору. Как пятое поколение по ходу развития было дополнено расширением MMX, так шестое поколение получило расширения, увеличивающие возможности MMX. У AMD это расширение 3dNoy!, а у Intel - SSE (Streaming SIMD Extensions – потоковые расширения SIMD).

**Седьмое поколение** началось с процессора Athlon (у фирмы AMD). Причисление его к новому поколению обусловлено развитием суперскалярности и суперконвейерности. Седьмое поколение процессоров Intel началось позже с процессора Pentium 4 (осень 2000 года). Архитектура – «обобщенное определение системы с точки зрения существующих в ней информационных потоков и способа их обработки»

Конвейерная обработка предполагает разбивку выполнения каждой команды на несколько этапов, причём каждый этап выполняется на своей ступени конвейера процессора. При выполнении команда продвигается по процессору по мере освобождения следующих ступеней. Таким образом, на конвейере одновременно может обрабатываться несколько команд. Конвейер «классического» процессора Pentium имеет пять ступеней. Конвейеры процессоров с суперконвейерной архитектурой имеют большее количество ступеней, что позволяет упростить каждую из них и, следовательно, сократить время пребывания в них команд.

Скалярным называется процессор с одним конвейером. К этому типу относятся процессоры Intel до 80486-го включительно. Суперскалярный процессор имеет более одного конвейера (например, Pentium 2).