

Микропроцессорные системы

Вводная лекция

лектор Лобач Олег Викторович,
ст. преподаватель каф. ППиМЭ

Рейтинговая система

Местонахождение : IV - 127

Вид деятельности	Кол-во, шт	Вес. коэф.	Кол-во баллов
Посещение лекций	24	0	0
Контрольная работа	2	15	30
Лабораторная работа	4	10	40
РГЗ	1	30	30
Итого			100
Допуск до зачета			60

Л и т е р а т у р а

Евгений Павлович Угрюмов,
Цифровая схемотехника,
Издательство: [БХВ-Петербург](#)
ISBN 978-5-9775-0162-0; 2010 г.

Вадим Валериевич Подбельский,
Сергей Сергеевич Фомин
Программирование на языке Си
Издательство: Финансы и статистика
ISBN 5-279-02180-6, 5-279-02180-2; 2005 г.

В о п р о с ы

- Понятие микропроцессорной системы.
- Общие сведения о МПС.
- Архитектура МПС.

История

- Как известно, процессор является основным вычислительным блоком компьютера, в наибольшей степени определяющим его мощь. Процессор является устройством, исполняющим программу - последовательность команд (инструкций), задуманную программистом и оформленную в виде модуля программного кода.
- Термин "микропроцессор" был впервые употреблен в 1972 г., хотя годом рождения этого прибора следует считать 1971 г., когда фирма Intel выпустила микропроцессор серии 4004 - "интегральное микропрограммируемое вычислительное устройство", представляющее собой однокристалльный центральный процессор, имеющий в своем составе 4-разрядный параллельный сумматор, 16 4-х - разрядных регистров, накапливающий сумматор и стек. Микропроцессор 4004 был реализован на 2300 транзисторах и мог выполнять 45 различных команд. Последующие поколения микропроцессоров, представляющие собой 8-, 16- и 32-разрядные устройства, появились соответственно в 1972, 1974 и 1981гг.

История

Разрядность	Модель	Количество транзисторов, шт	Год выпуска	Торговая марка
4	4004	2200	1971	Intel
8	8008	2300	1972	Intel
8	8080	4800	1973	Intel
8	280	8400	1976	Zilog
8	8048	12400	1977	Intel
16	8086	29000	1978	Intel
16	68000	75000	1980	Motorola
16	80286	130000	1982	Intel
32	NR-9000	450000	1982	Hewlett-Packard

История

- Проследим историю развития микропроцессоров на примере семейства процессоров x86.
- Первый *16-разрядный* процессор i8086 фирма Intel выпустила в 1978 году. Частота - 5 МГц, производительность - 0,33 MIPS для инструкций с 16-битными операндами (позже появились процессоры 8 и 10 МГц). Технология 3 мкм, 29 000 транзисторов. Адресуемая память 1 Мбайт. Через год появился i8088 - тот же процессор, но с 8-разрядной шиной данных. С него началась история IBM PC, неразрывно связанная со всем дальнейшим развитием процессоров Intel, Массовое распространение и открытость архитектуры IBM PC привели к лавинообразным темпам появления нового программного обеспечения, разрабатываемого крупными, средними и мелкими фирмами, а также энтузиастами-одиночками. Технический прогресс тогда и сейчас был бы немислим без развития процессоров, но, с учетом огромного объема уже существующего программного обеспечения для PC, уже тогда возник принцип обратной программной совместимости - старые программы должны работать на новых процессорах. Таким образом, все нововведения в архитектуре последующих процессоров должны были пристраиваться к существующему ядру.
- Процессор i80286, знаменующий следующий этап архитектуры, появился только в 1982 году. Он уже имел 134000 транзисторов (технология 1,5 мкм) и адресовал до 16 Мбайт физической памяти. Его принципиальные новшества - защищенный режим и виртуальная память размером до 1 Гбайт - не нашли массового применения; процессор большей частью использовался как очень быстрый 8088.

История

- Рождение *32-разрядных* процессоров (архитектура IA-32 - Intel Architecture 32 bit) ознаменовалось в 1985 году моделью i80386 (275000 транзисторов, 1,5 мкм). Разрядность шины данных (как и внутренних регистров) достигла 32 бит, адресуемая физическая память - 4 Гбайт. Появились новые регистры, новые 32-битные операции, существенно доработан защищенный режим, были введены режим V86 и страничное управление памятью. Процессор нашел широкое применение в PC; на его благодатной почве стал разрастаться "самый большой вирус" - Microsoft Windows с приложениями. С этого времени стала заметна тенденция "положительной обратной связи": на появление нового процессора производители ПО реагируют выпуском новых привлекательных продуктов, последующим версиям которых становится тесно на новом процессоре. Появляется более производительный процессор, но после непродолжительного восторга и его ресурсы быстро признаются недостаточными, затем история повторяется. Этот "замкнутый круг", конечно, естественен, но есть обоснованное подозрение, что большие ресурсы развращают (или, по крайней мере, расслабляют) разработчика ПО, не принуждая его напрягаться в поисках более эффективных способов решения задачи. Примером эффективного программирования можно считать игрушки на Sinclair ZX-Spectrum, которые работают на минимальных ресурсах - 8-разрядном процессоре и 64 (128) Кбайт ОЗУ. С противоположными примерами большинство пользователей PC сталкиваются регулярно, но, имея процессор Celeron 533 и 64 Мбайт ОЗУ, на них не всегда обращают внимание.
- История процессора 80386 повторила судьбу 8086/8088: первую модель с 32-разрядной шиной данных (впоследствии названной 386DX) сменил 386SX с 16-разрядной шиной. Он довольно легко вписывался в архитектуру PC AT, ранее базировавшуюся на процессоре 80286.

История

- Процессор Intel 486DX появился в 1989 году. Транзисторов - 1,2 млн, технология 1 мкм. От процессора 80386 существенно отличается размещением на кристалле первичного кэша и встроенного математического сопроцессора - FPU (предыдущие процессоры использовали внешние сопроцессоры x87). Кроме того, для повышения производительности в этом CISC-процессоре (как и в последующих) применено RISC-ядро. Далее появились его разновидности, отличающиеся наличием или отсутствием сопроцессора, применением внутреннего умножения частоты, политикой кэширования и другим. Тогда же Intel занялась энергосбережением, что отразилось и в линии 386 - появился процессор Intel 386SL.
- В 1993 году появились первые процессоры Pentium с частотой 60 и 66 МГц - 32-разрядные процессоры с 64-разрядной шиной данных. Транзисторов 3,1 млн, технология 0,8 мкм, питание 5 В. От 486 процессор Pentium принципиально отличается суперскалярной архитектурой - способностью за один такт выпускать с конвейеров до двух инструкций (что, конечно, не означает возможности прохождения инструкции через процессор за полтакта). Интерес к процессору со стороны производителей и покупателей PC сдерживался его очень высокой ценой. Кроме того, возник скандал с ошибкой в сопроцессоре. Хотя фирма Intel математически обосновала невысокую вероятность ее проявления (раз в несколько лет), она (фирма, а не ошибка) все-таки пошла на бесплатную замену уже проданных процессоров на новые, исправленные.

История

- В начале 1997 года фирма Intel выпустила процессоры Pentium MMX. Технология MMX (MultiMedia Extensions, мультимедийные расширения) предполагает параллельную обработку группы операндов одной инструкцией. Технология MMX призвана ускорить выполнение мультимедийных приложений, в частности операций с изображениями и обработки сигналов. Ее эффективность вызывает споры в среде разработчиков, поскольку выигрыш в самих операциях обработки компенсируется проигрышем на дополнительных операциях упаковки-распаковки. Кроме того, ограниченная разрядность ставит под сомнение применение MMX в декодерах MPEG-2, в которых требуется обработка 80-битных операндов. Кроме MMX, эти процессоры, по сравнению с обычным Pentium, имеют удвоенный объем первичного кэша и некоторые элементы архитектуры, позаимствованные у Pentium Pro, что повышает производительность Pentium MMX на обычных приложениях. Процессоры Pentium MMX имеют 4,5 млн. транзисторов и выполнены по технологии 0,35 мкм. Развитие линейки моделей Pentium MMX сейчас остановилось. Последние достигнутые тактовые частоты - 166, 200 и 233 МГц. Для мобильных применений (блокнотных ПК) процессоры под кодовым названием Tillamook выпускались по технологии 0,25 мкм, тактовая частота достигла 266 МГц при уменьшенной потребляемой мощности.
- В мае 1997 года появился процессор Pentium II. Он представляет собой слегка урезанный вариант ядра Pentium Pro с более высокой внутренней тактовой частотой, в которое ввели поддержку MMX. Трудности размещения вторичного кэша и процессорного ядра в корпусе одной микросхемы преодолели нехитрым способом - кристалл с ядром (processor core) и набор кристаллов статической памяти и дополнительных схем, реализующих вторичный кэш, разместили на небольшой печатной плате - картридже. Первые процессоры имели частоту ядра 233, 266 и 300 МГц (технология 0,35 мкм), летом 1998 года была достигнута частота 450 МГц (технология 0,25 мкм), причем внешняя тактовая частота с 66 МГц повысилась до 100 МГц. Вторичный кэш этих процессоров работает на половине частоты ядра.

История

- В 1999 году появились процессоры Pentium III - в них ввели новый блок 128-битных регистров XMM и новые инструкции, названные SSE. Частота ядра подбирается к 1 ГГц, частота системной шины - 100 и 133 МГц. С конструктивами начались "колебания генеральной линии", и теперь снова предпочтение отдается процессорам со штырьковыми выводами (необходимость картриджей отпадает). На базе Pentium II появилось семейство "облегченных" процессоров Celeron, сначала без вторичного кэша, а потом и с интегрированным вторичным кэшем размером 128 Кбайт. Позже процессоры Celeron приобрели и расширение SSE. Для мощных компьютеров имеется семейство процессоров Xeon, которое охватывает и Pentium II, и Pentium III. Для этих процессоров характерен большой объем вторичного кэша, поддержка более чем двух процессорных конфигураций и более крупный картридж. Есть процессоры Pentium II/III и для мобильных применений.
- Фирма Intel сейчас занимается 64-разрядной архитектурой - такая разрядность позволит считать целые числа с числом разрядов почти до 2^{19} . Первый представитель *64-разрядных процессоров* - Itanium, разрабатываемый под кодовым названием Merced. Его архитектура - IA-64 - обеспечивает совместимость с существующим программным обеспечением для используемой ныне архитектуры IA-32.

П о н я т и е м и к р о п р о ц е с с о р н о й с и с т е м ы

- **Микропроцессорная система** – система, включающая в свой состав хотя бы один микропроцессор, запоминающее устройство, устройство ввода/вывода, устройство сопряжения системной шины с устройствами ввода/вывода (контроллеры), системную шину.
- **Микропроцессорная система** может рассматриваться как частный случай электронной системы, предназначенной для обработки входных сигналов и выдачи выходных сигналов. В качестве входных и выходных сигналов при этом могут использоваться аналоговые сигналы, одиночные цифровые сигналы, цифровые коды, последовательности цифровых кодов. Внутри системы может производиться хранение, накопление сигналов (или информации), но суть от этого не меняется. Если система цифровая (а микропроцессорные системы относятся к разряду цифровых), то входные аналоговые сигналы преобразуются в последовательности кодов выборок с помощью АЦП, а выходные аналоговые сигналы формируются из последовательности кодов выборок с помощью ЦАП. Обработка и хранение информации производятся в цифровом виде.

Общие сведения о микропроцессорных системах

- Множество областей применения МП и микроЭВМ позволяет классифицировать МПС на системном уровне следующим образом:
 - встроенные системы контроля и управления;
 - локальные системы накопления и обработки информации;
 - распределенные системы управления сложными объектами;
 - распределенные высокопроизводительные системы параллельных вычислений.

- Исходя из этого, в настоящее время определились следующие приоритетные области применения МПС:
 - системы управления;
 - контрольно-измерительная аппаратура;
 - техника связи;
 - бытовая и торговая аппаратура;
 - транспорт;
 - военная техника;
 - вычислительные машины, системы, комплексы и сети.

Общие сведения о микропроцессорных системах

- Внедрение МПС в контрольно-измерительную аппаратуру позволяет повысить точность измерений, надежность, расширить функциональные возможности приборов и обеспечивает выполнение следующих функций: калибровка, коррекция и температурная компенсация, контроль и управление измерительным комплексом, принятие решений и обработка данных, диагностика неисправностей, индикация, испытание и проверка приборов.
- Внедрение МПС в системы связи обусловлено все большим вытеснением аналоговых методов цифровыми и привело к их широкому использованию в мультиплексорах, преобразователях кодов, устройствах контроля ошибок, блоках управления передающей и приемной аппаратуры.
- Все шире используются МПС в таких устройствах, как контрольно-расчетные терминалы торговых центров, автоматизированные электронные весы, терминалы и кассовые аппараты для банков и т.п. Применение МП и МПС в бытовой технике открывает также широкие возможности последней с точки зрения повышения надежности, эффективности и разнообразия применений.
- Доля применения МПС в различных областях военной техники растет с каждым годом – от навигационных систем летательных аппаратов до управления движением транспортных роботов.

Основные типы микропроцессорных систем

Основные типы микропроцессоров следующие:

- **микроконтроллеры** — наиболее простой тип микропроцессорных систем, в которых все или большинство узлов системы выполнены в виде одной микросхемы;
- **контроллеры** — управляющие микропроцессорные системы, выполненные в виде отдельных модулей;
- **микрокомпьютеры** — более мощные микропроцессорные системы с развитыми средствами сопряжения с внешними устройствами.
- **компьютеры (в том числе персональные)** — самые мощные и наиболее универсальные микропроцессорные системы.

Четкую границу между этими типами иногда провести довольно сложно. Быстродействие всех типов микропроцессоров постоянно растет, и нередки ситуации, когда новый микроконтроллер оказывается быстрее, например, устаревшего персонального компьютера. Но кое-какие принципиальные отличия все-таки имеются.

Основные типы микропроцессорных систем

- **Микроконтроллеры** представляют собой универсальные устройства, которые практически всегда используются не сами по себе, а в составе более сложных устройств, в том числе и контроллеров. Системная шина микроконтроллера скрыта от пользователя внутри микросхемы. Возможности подключения внешних устройств к микроконтроллеру ограничены. Устройства на микроконтроллерах обычно предназначены для решения одной задачи.
- **Контроллеры**, как правило, создаются для решения какой-то отдельной задачи или группы близких задач. Они обычно не имеют возможностей подключения дополнительных узлов и устройств, например, большой памяти, средств ввода/вывода. Их системная шина чаще всего недоступна пользователю. Структура контроллера проста и оптимизирована под максимальное быстродействие. В большинстве случаев выполняемые программы хранятся в постоянной памяти и не меняются. Конструктивно контроллеры выпускаются в одноплатном варианте.
- **Микрокомпьютеры** отличаются от контроллеров более открытой структурой, они допускают подключение к системной шине нескольких дополнительных устройств. Производятся микрокомпьютеры в каркасе, корпусе с разъемами системной магистрали, доступными пользователю. Микрокомпьютеры могут иметь средства хранения информации на магнитных носителях (например, магнитные диски) и довольно развитые средства связи с пользователем (видеомонитор, клавиатура). Микрокомпьютеры рассчитаны на широкий круг задач, но в отличие от контроллеров, к каждой новой задаче его надо приспособлять заново. Выполняемые микрокомпьютером программы можно легко менять.
- Наконец, **компьютеры** и самые распространенные из них — персональные компьютеры — это самые универсальные из микропроцессорных систем. Они обязательно предусматривают возможность модернизации, а также широкие возможности подключения новых устройств. Их системная шина, конечно, доступна пользователю. Кроме того, внешние устройства могут подключаться к компьютеру через несколько встроенных портов связи (количество портов доходит иногда до 10). Компьютер всегда имеет сильно развитые средства связи с пользователем, средства длительного хранения информации большого объема, средства связи с другими компьютерами по информационным сетям. Области применения компьютеров могут быть самыми разными: математические расчеты, обслуживание доступа к базам данных, управление работой сложных электронных систем, компьютерные игры, подготовка документов и т.д.

Архитектура микропроцессорной системы

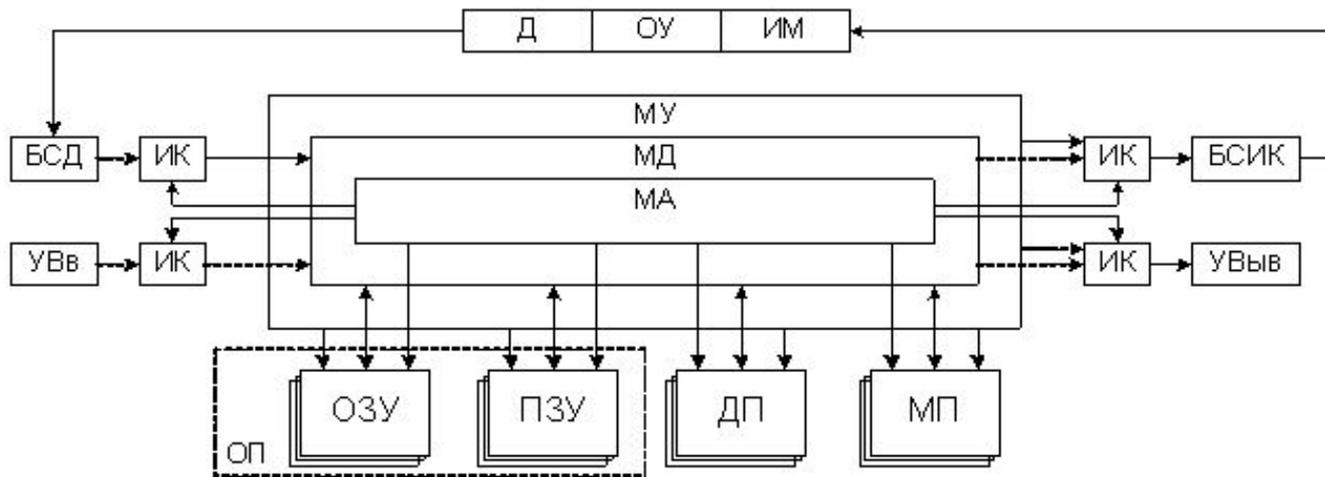
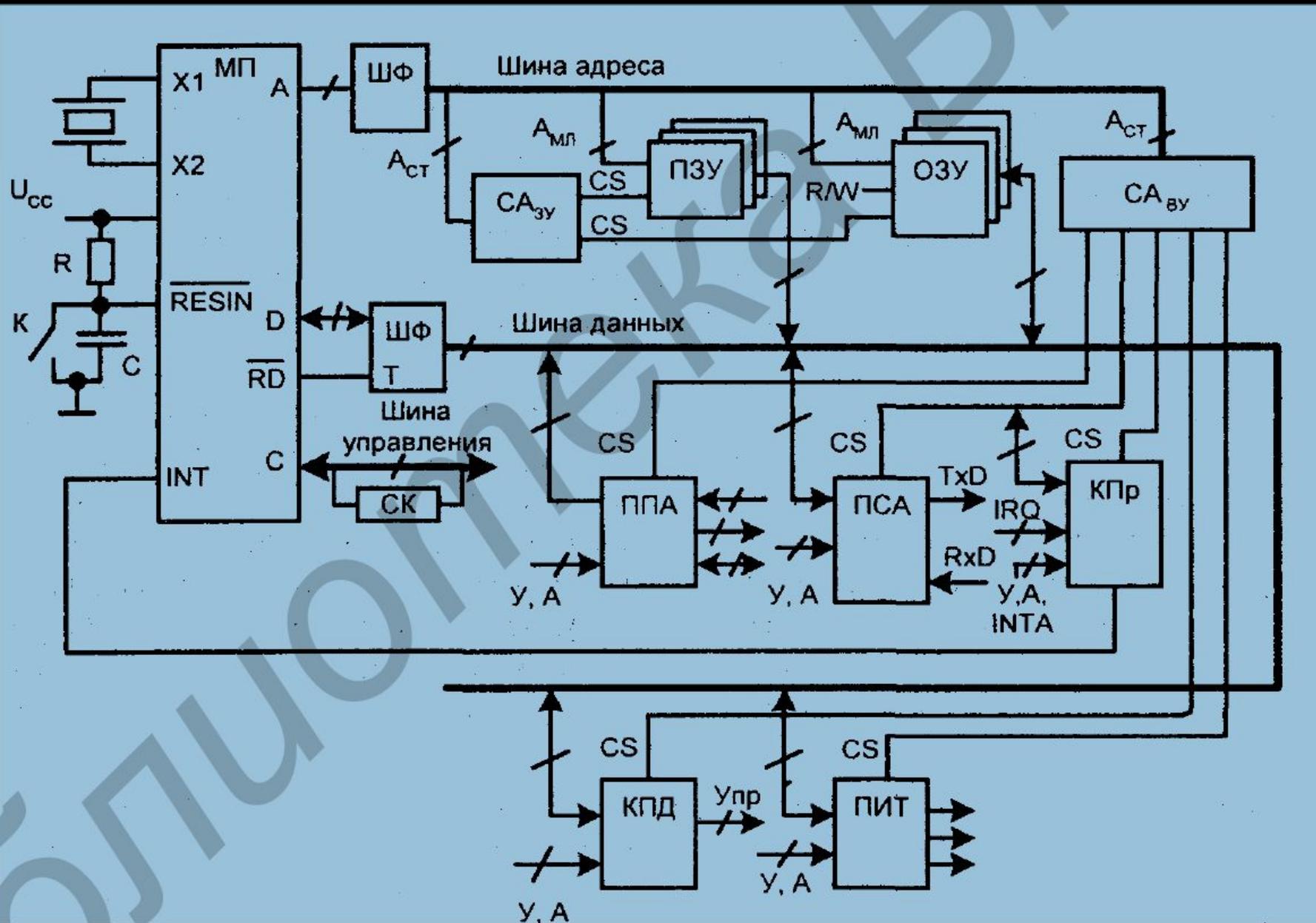


Рисунок 1.1 Логическая схема МПС

- где ОУ – объект управления, Д – датчики, ИМ – исполнительные механизмы, ИК – информационные контроллеры, БСД – блок сопряжения с датчиками, БСИК – блок сопряжения с информационными контроллерами, ОП – основная память, ДП – дополнительная память
- В зависимости от областей применения МПС подразделяются на **специализированные** и **универсальные**, **встроенные** и **автономные**.



Архитектура Фон-Неймана

- С точки зрения организации процессов выборки и исполнения команды в современных МПС применяется одна из двух архитектур: **фон-неймановская (принстонская)** или **гарвардская**.
- Основной особенностью **фон-неймановской архитектуры** является использование общей памяти для хранения программ и данных.

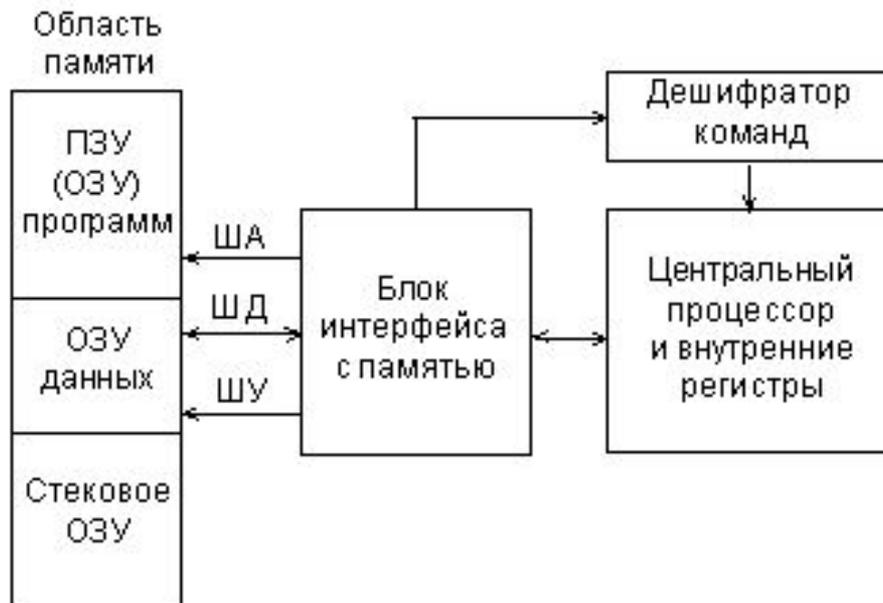
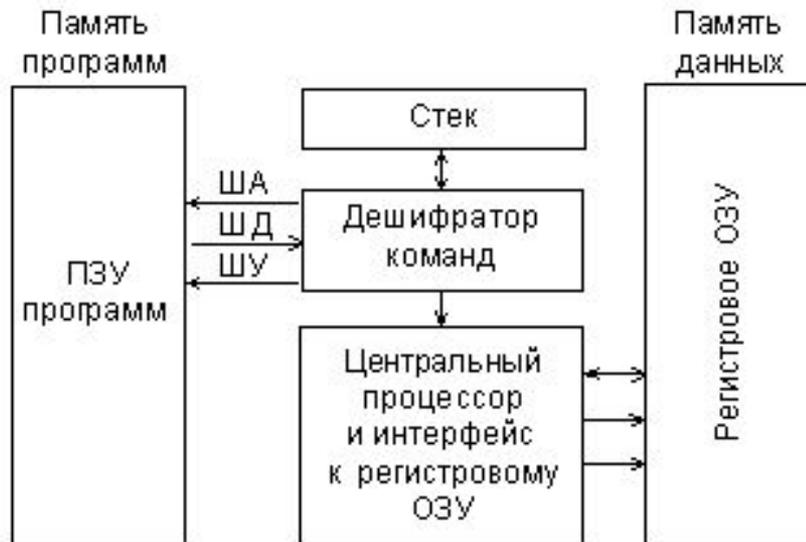


Рис. 1.2. Структура МПС с фон-неймановской архитектурой.

Основное преимущество архитектуры Фон-Неймана – упрощение устройства МПС, так как реализуется обращение только к одной общей памяти. Кроме того, использование единой области памяти позволяло оперативно перераспределять ресурсы между областями программ и данных, что существенно повышало гибкость МПС с точки зрения разработчика программного обеспечения. Размещение стека в общей памяти облегчало доступ к его содержимому. Неслучайно поэтому фон-неймановская архитектура стала основной архитектурой универсальных компьютеров, включая персональные компьютеры.

Гарвардская архитектура

- Основной особенностью **гарвардской архитектуры** является использование отдельных адресных пространств для хранения команд и данных, как показано на рис. 1.3.



Кроме того, гарвардская архитектура обеспечивает потенциально более высокую скорость выполнения программы по сравнению с фон-неймановской за счет возможности реализации параллельных операций. Выборка следующей команды может происходить одновременно с выполнением предыдущей, и нет необходимости останавливать процессор на время выборки команды. Этот метод реализации операций позволяет обеспечивать выполнение различных команд за одинаковое число тактов, что дает возможность более просто определить время выполнения циклов и критичных участков программы.

Рис. 1.3. Структура МПС с гарвардской архитектурой.

Архитектура с общей шиной

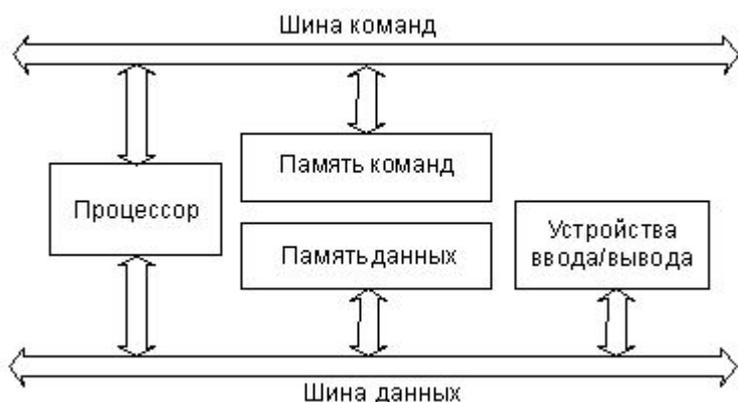
- Так же эти два типа архитектуры различаются по количеству используемых шин, и в силу этого обстоятельства они имеют другие названия - **одношинная**, или принстонская, фон-неймановская архитектура и **двухшинная**, или гарвардская, архитектура.
- Архитектура с общей шиной (рис. 1.4) распространена гораздо больше, она применяется, например, в персональных компьютерах и в сложных микрокомпьютерах. Архитектура с отдельными шинами (рис. 1.5) применяется в основном в однокристальных микроконтроллерах.



Рис. 1.4. Архитектура с общей шиной данных и команд.

Архитектура с общей шиной (принстонская, фон-неймановская) проще, она не требует от процессора одновременного обслуживания двух шин, контроля обмена по двум шинам сразу. Наличие единой памяти данных и команд позволяет гибко распределять ее объем между кодами данных и команд. Например, в некоторых случаях нужна большая и сложная программа, а данных в памяти надо хранить не слишком много. В других случаях, наоборот, программа требуется простая, но необходимы большие объемы хранимых данных. Перераспределение памяти не вызывает никаких проблем, главное — чтобы программа и данные вместе помещались в памяти системы. Как правило, в системах с такой архитектурой память бывает довольно большого объема (до десятков и сотен мегабайт). Это позволяет решать самые сложные задачи.

Архитектура с отдельными шинами данных и команд



Архитектура с отдельными шинами данных и команд сложнее, она заставляет процессор работать одновременно с двумя потоками кодов, обслуживать обмен по двум шинам одновременно. Программа может размещаться только в памяти команд, данные — только в памяти данных. Такая узкая специализация ограничивает круг задач, решаемых системой, так как не дает возможности гибкого перераспределения памяти. Память данных и память команд в этом случае имеют не слишком большой объем, поэтому применение систем с данной архитектурой ограничивается обычно не слишком сложными задачами.

Рис. 1.5. Архитектура с отдельными шинами данных и команд

- В случае двухшинной архитектуры обмен по обеим шинам может быть независимым, параллельным во времени. Соответственно, структуры шин (количество разрядов кода адреса и кода данных, порядок и скорость обмена информацией и т.д.) могут быть выбраны оптимально для той задачи, которая решается каждой шиной. Поэтому при прочих равных условиях переход на двухшинную архитектуру ускоряет работу микропроцессорной системы, хотя и требует дополнительных затрат на аппаратуру, усложнения структуры процессора. Память данных в этом случае имеет свое распределение адресов, а память команд — свое.
- Проще всего преимущества двухшинной архитектуры реализуются внутри одной микросхемы. В этом случае можно также существенно уменьшить влияние недостатков этой архитектуры. Поэтому основное ее применение — в микроконтроллерах, от которых не требуется решения слишком сложных задач, но зато необходимо максимальное быстродействие при заданной тактовой частоте.

Микропроцессор

