

Лекция №1

Аппаратное обеспечение компьютера

Компьютерные абстракции

Endaltsev A.A.

21 февраля 2022 г.

Оглавление

1	Общие понятия и определения	2
2	Компьютерные абстракции	4
2.1	Иерархия программного и аппаратного обеспечения	4
2.1.1	Системное программное обеспечение	5
2.2	Переход от языка оборудования к языку высокого уровня . . .	5
3	Аппаратное обеспечение компьютера	8
3.1	Базовые компоненты компьютера	8
3.2	Процессор	9
3.2.1	Основные типы процессоров	9
3.2.2	Режимы работы процессора	11
3.2.3	Многопоточность и многоядерность процессоров	12
3.3	Память	13

1 Общие понятия и определения

Компьютер

Компьютер – это электронно-вычислительная машина, способная выполнять заданную последовательность операций, называемых программой.

Классификация компьютерной техники

По характеру использования компьютеры делятся на три разных класса:

1. Настольные компьютеры;
2. Серверы;
3. Встроенные компьютеры.

Настольные компьютеры

Настольный компьютер - компьютер, разработанный для индивидуального пользования, часто имеющий в своем составе графический дисплей, клавиатуру и мышь.

Их типичным представителем является *персональный компьютер*, которым интенсивно пользуются в повседневной жизни.

Для настольных компьютеров характерно:

1. Предоставление отдельным пользователям хорошей вычислительной производительности при низкой стоимости;
2. Использование компьютерных программ независимых производителей.

Серверы

Сервер - компьютер, используемый для запуска большого числа программ для множества пользователей, часто обслуживаемых одновременно, и, как правило, доступный только по сети.

Основные характеристики сервера:

1. Выполнение больших объемов работы, которая может состоять либо из одного комплекса прикладных задач - обычно это задачи научного

или технического направления, либо из обработки множества мелких заданий, как, например, в случае создания крупного веб-сервера;

2. Основаны на программном обеспечении из сторонних источников (например, на системе управления базами данных или на моделирующей системе), но, зачастую, модифицированном и подстроенном под конкретные функций.

Серверы создаются с применением тех же основных технологий, которые используются и для настольных компьютеров, но с предоставлением существенно больших возможностей по наращиванию вычислительной мощности и средств ввода-вывода. Как правило, в серверах также уделяется большое внимание функциональной надежности, поскольку их отказы, по сравнению с отказами обычного однопользовательского настольного компьютера, обходятся куда дороже.

Встроенные компьютеры

Встроенный компьютер - компьютер, находящийся внутри другого устройства и используемый для запуска одного заранее установленного приложения или совокупности программ.

Представляют собой самый большой класс компьютеров и имеют самый широкий спектр применения и показателей производительности.

К встроенным компьютерам относятся микропроцессоры, которые можно найти в вашем автомобиле, компьютеры в сотовых телефонах, компьютеры в видеоиграх и телевизорах и сети процессоров, содействующие управлению современными самолетами или грузовыми судами.

Встроенные компьютерные системы сконструированы для запуска одного приложения или набора взаимосвязанных приложений, которые обычно интегрированы с аппаратной частью и поставляются в виде единой системы.

2 Компьютерные абстракции

2.1 Иерархия программного и аппаратного обеспечения

Обычное приложение, например текстовый процессор или серьезная система управления базами данных, может состоять из нескольких миллионов строк кода и зависеть от использования сложных программных библиотек, реализующих непростые функции, разработанные для поддержки приложений. Однако, компьютерное оборудование может выполнять исключительно простые низкоуровневые инструкции. Для перехода от сложных приложений к простым инструкциям нужны еще несколько уровней программного обеспечения, интерпретирующего или транслирующего высокоуровневые операции в простые компьютерные инструкции.

Уровни программного и аппаратного обеспечения могут быть выражены в виде иерархии (рис. 2.1), лишь на вершине которой будут прикладные программы, используемые пользователем компьютера.



Рис. 2.1 Упрощенное представление иерархических уровней аппаратного и программного обеспечения

2.1.1 Системное программное обеспечение

Существует множество видов системных программ, но две из них играют главную роль в каждой современной компьютерной системе:

1. Операционная система;
2. Компилятор.

Операционная система

ОС - программа, управляющая аппаратными ресурсами компьютера в интересах запущенных на нем прикладных программ.

Операционная система является посредником между пользовательской программой и оборудованием и предоставляет различные службы и управляющие функции. К самым важным из них относятся:

1. Обработка основных операций ввода и вывода;
2. Распределение средств хранения информации и памяти;
3. Обеспечение защищенного совместного использования компьютера сразу несколькими приложениями.

Компилятор

Компилятор - программа, транслирующая инструкции на языке высокого уровня в инструкции языка ассемблера.

2.2 Переход от языка оборудования к языку высокого уровня

Чтобы общаться с электронным оборудованием, нужно передавать ему электрические сигналы. Простейшими сигналами, понятными компьютеру, являются символы *включено* и *выключено*, поэтому в компьютерном алфавите только две буквы.

Двумя символами для этих двух букв служат цифры 0 и 1, и компьютерный язык часто представляется в виде чисел по основанию 2, или двоичных чисел.

Компьютеры послушно выполняют наши команды, которые называются инструкциями. Инструкции, представляющие собой всего лишь наборы битов,

которые компьютер понимает и которым он повинуетя.

Пример

Например биты: 1000110010100000 предписывают компьютеру сложить два числа.

Первые программисты общались с компьютером посредством двоичных чисел, но это было настолько утомительно, что они быстро изобрели новую систему записи, близкую к образу человеческого мышления. Поначалу эти записи транслировались в двоичный код вручную, но этот процесс был не менее утомителен. Используя компьютер с целью содействия программированию самого компьютера, первопроходцы изобрели программы перевода символьной нотации в двоичную. Первые такие программы были названы **ассемблерами** (то есть сборщиками). Такая программа переводила символьное представление инструкций в их двоичное представление.

Пример

Например, программист мог написать следующее: **(add A, B)**
а ассемблер мог перевести эту запись в код: **1000110010100000**

Несмотря на существенные усовершенствования, язык ассемблера по-прежнему далек от той формы записи, которую ученый предпочел бы для описания потока жидкости или которую бухгалтер мог бы использовать для выведения сальдо.

Сегодняшние программисты могут производительно трудиться благодаря тому, что были созданы языки программирования высокого уровня и компиляторы, которые транслируют программы, написанные на этих языках, в инструкции.

Пример

Например, программист мог написать следующее: $(C = A + B)$

а компилятор скомпилирует эту запись в инструкции на языке ассемблера:

(add A, B)

а ассемблер транслирует эту инструкцию в двоичный код:

1000110010100000

Языки программирования высокого уровня предлагают ряд важных преимуществ:

1. Они позволяют программисту размышлять на более естественном для него языке, используя английские слова и алгебраические формы записи, превращающиеся в программы, которые больше похожи на текст, чем на таблицы криптографических символов;
2. Повышают производительность труда программистов;
3. Позволяют программам быть независимыми от компьютера, на котором они были разработаны, поскольку компиляторы и ассемблеры могут транслировать программы на языках высокого уровня в язык двоичных инструкций любого компьютера.

3 Аппаратное обеспечение компьютера

3.1 Базовые компоненты компьютера

Важная информация

1. Устройства ввода;
2. Устройства вывода;
3. Память;
4. Операционный блок и блок управления (процессор).

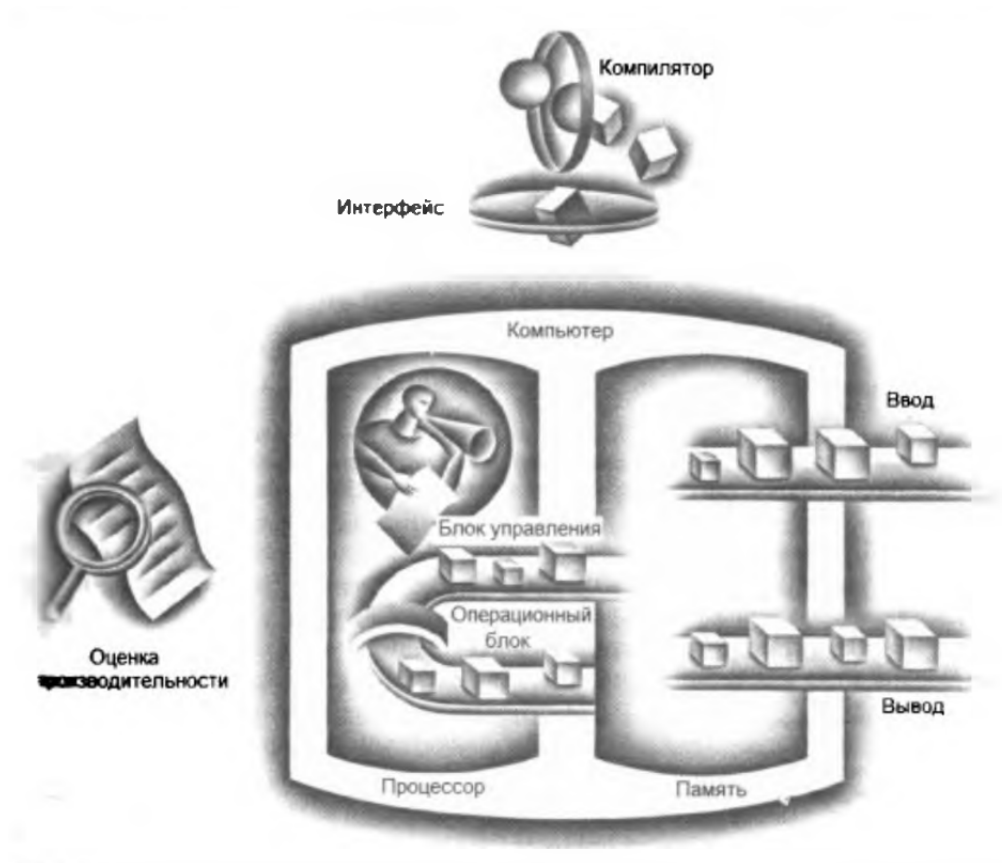


Рис. 3.1 Структура компьютера

Цикл взаимодействия между компонентами

Важная информация

Процессор получает инструкции и данные из памяти Устройство ввода записывает данные в память, а вывода читает данные из памяти. Блок управлений посылает сигналы, определяющие действия операционного блока, памяти, ввода и вывода.

3.2 Процессор

Центральный процессор — это «мозг» компьютера. Он выбирает команды из памяти и выполняет их.

Обычный цикл работы центрального процессора выглядит так:

Важная информация

1. Выборка из памяти команды;
2. Декодирование для определения ее типа и операндов;
3. Выполнение этой команды;
4. Выборка из памяти следующей команды.

Для каждого типа центрального процессора существует определенный набор команд, которые он может выполнять. Поэтому x86 не может выполнять программы, написанные для ARM-процессоров, а те, в свою очередь, не в состоянии выполнять программы, написанные для x86.

Набор команд содержит, как правило, команды на загрузку слова из памяти и на запоминание слова в память. Другие команды объединяют два операнда из памяти для получения результата — например, складывают два слова и сохраняют результат в памяти.

3.2.1 Основные типы процессоров

Конвейерный

Для повышения производительности процессоров их разработчики давно отказались от простой модели извлечения, декодирования и выполнения

одной команды за один цикл. Многие современные процессоры способны одновременно выполнять более одной команды. Например, у процессора могут быть отдельные блоки для выборки, декодирования и выполнения команд, тогда во время выполнения команды n он сможет декодировать команду $n + 1$ и осуществлять выборку команды $n + 2$.

Подобная организация работы называется **конвейером** (рис. 3.2).

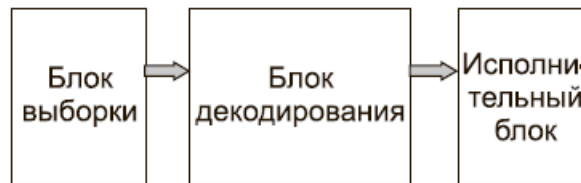


Рис. 3.2 Конвейер с тремя стадиями

В большинстве конструкций конвейеров, как только команда выбрана и помещена в конвейер, она должна быть выполнена, даже если предыдущая выбранная команда была условным ветвлением.

Суперскалярный

Более совершенной конструкцией по сравнению с конвейерной обладает **суперскалярный** процессор (рис 3.3).

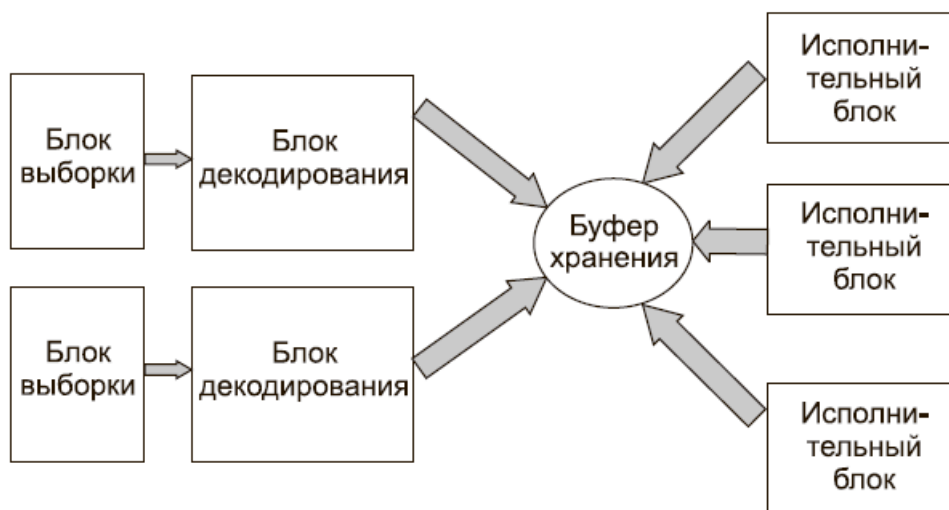


Рис. 3.3 Суперскалярный тип

Он имеет несколько исполнительных блоков, например: один — для целочисленной арифметики, другой — для арифметики чисел с плавающей точкой, третий — для логических операций. Одновременно выбираются две и более команды, которые декодируются и помещаются в буфер хранения, в котором ожидают возможности своего выполнения. Как только исполнительный блок становится доступен, он обращается к буферу хранения за командой, которую может выполнить, и если такая команда имеется, извлекает ее из буфера, а затем выполняет.

3.2.2 Режимы работы процессора

Большинство центральных процессоров, за исключением самых простых, используемых во встраиваемых системах, имеют два режима работы: **режим ядра** и **пользовательский режим**.

Обычно режимом управляет специальный бит в слове состояния программы — PSW (см. дополнительную информацию ниже).

Режим ядра

При работе в режиме ядра процессор может выполнять любые команды из своего набора и использовать любые возможности аппаратуры. На настольных и серверных машинах операционная система обычно работает в режиме ядра, что дает ей доступ ко всему оборудованию. На большинстве встроенных систем в режиме ядра работает только небольшая часть операционной системы, а вся остальная ее часть — в режиме пользователя.

Режим пользователя

Пользовательские программы всегда работают в режиме пользователя, который допускает выполнение только подмножества команд и дает доступ к определенному подмножеству возможностей аппаратуры. Как правило, в пользовательском режиме запрещены все команды, касающиеся операций ввода-вывода и защиты памяти. Также, разумеется, запрещена установка режима ядра за счет изменения значения бита режима PSW.

Дополнительная информация

Поскольку доступ к памяти для получения команды или данных занимает намного больше времени, чем выполнение команды, у всех центральных процессоров есть несколько собственных **регистров** для хранения основных переменных и промежуточных результатов. В дополнение к регистрам общего назначения у многих процессоров есть ряд специальных регистров, доступных программисту. Один из этих регистров, содержит слово состояния программы — **PSW (Program Status Word)**. В этом регистре содержатся биты кода условия, устанавливаемые инструкциями сравнения, а также биты управления приоритетом центрального процессора, режимом (пользовательским или ядра) и другие служебные биты. Обычно пользовательские программы могут считывать весь регистр PSW целиком, но записывать — только в некоторые из его полей. Регистр PSW играет важную роль в системных вызовах и операциях ввода-вывода.

3.2.3 Многопоточность и многоядерность процессоров

Высокая плотность размещения транзисторов на кристалле (процессоре) ведет к проблеме: как распорядиться их возросшим количеством? Одним из подходов к ее решению — использованием суперскалярной архитектуры, имеющей множество функциональных блоков. Но с ростом числа транзисторов открываются более широкие возможности. Одно из очевидных решений — размещение на кристалле центрального процессора более объемной кэш-памяти — уже воплощено в жизнь. Однако уже достигнут порог, за которым дальнейшее увеличение объема кэш-памяти только уменьшает отдачу от этого решения.

Следующим очевидным шагом является дублирование не только функциональных блоков, но и части управляющей логики. Это свойство, впервые использованное в Pentium 4 и названное *многопоточностью*, или

гиперпоточностью (hyperthreading по версии Intel). В первом приближении эта технология позволяет процессору сохранять состояние двух различных потоков и переключаться между ними за наносекунды. (Поток является разновидностью легковесного процесса, который, в свою очередь, является выполняющейся программой.) Например, если одному из процессов нужно прочитать слово из памяти (что занимает несколько тактов), многопоточный процессор может переключиться на другой поток. Многопоточность не предлагает настоящей параллельной обработки данных. Одновременно работает только один процесс, но время переключения между процессами сведено до наносекунд.

Кроме процессоров с многопоточностью в настоящее время применяются процессоры, имеющие на одном кристалле четыре, восемь и более полноценных процессоров, или ядер. Например (рис 3.4), четырехъядерные процессоры фактически имеют в своем составе четыре мини-чипа, каждый из которых представляет собой независимый процессор.

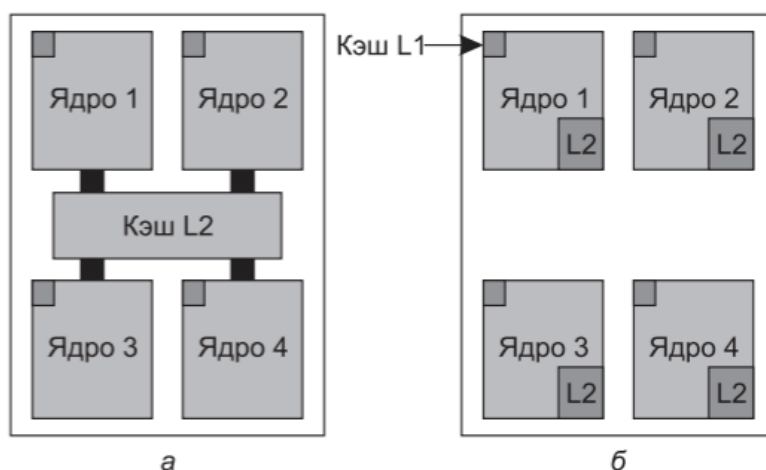


Рис. 3.4 Четырехъядерный процессор: а — с общей кэш-памятью второго уровня (L2); б — с отдельными блоками кэш-памяти L2

3.3 Память

Второй основной составляющей любого компьютера является память. В идеале память должна быть максимально быстрой (работать быстрее, чем

производится выполнение одной инструкции, чтобы работа центрального процессора не замедлялась обращениями к памяти), довольно большой и чрезвычайно дешевой. Никакая современная технология не в состоянии удовлетворить все эти требования, поэтому используется другой подход. Система памяти создается в виде иерархии уровней (рис. 3.5).



Рис. 3.5 Иерархия уровней памяти

Верхние уровни обладают более высоким быстродействием, меньшим объемом и более высокой удельной стоимостью хранения одного бита информации.

Верхний уровень состоит из внутренних регистров процессора. Они выполнены по той же технологии, что и сам процессор, и поэтому не уступают ему в быстродействии. Следовательно, к ним нет и задержек доступа.

Затем следует кэш-память, которая управляется главным образом аппаратурой. Оперативная память разделяется на кэш-строки. Наиболее интенсивно используемые кэш-строки оперативной памяти сохраняются в высокоскоростной кэшпамяти, находящейся внутри процессора или очень близко к нему.

Следующей в иерархии идет оперативная память. Это главная рабочая область системы памяти машины. Оперативную память часто называют оперативным запоминающим устройством (ОЗУ), или памятью с произвольным доступом (Random Access Memory (RAM)).

Дополнительно к оперативной памяти многие компьютеры оснащены

небольшой по объему неизменяемой памятью с произвольным доступом — постоянным запоминающим устройством (ПЗУ), оно же память, предназначенная только для чтения (Read Only Memory (ROM)). Эта разновидность памяти характеризуется высоким быстродействием и дешевизной. На некоторых компьютерах в ПЗУ размещается начальный загрузчик, используемый для их запуска.