

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

**Б.Р. ТУЛАЕВ, Е.А. ЕЛИН, Ж.О. ХАКИМОВ**

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**МАТЕРИАЛЬНОЕ И ПРОГРАММНОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР**

**УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ**

**ТАШКЕНТ 2010**

## УДК 681.3

Основы автоматизированного проектирования: Материальное и программное обеспечение САПР: Учебное пособие. / Б.Р. Тулаев, Е.А. Елип, Ж.О. Хакимов. -- Ташкент: ТашГТУ, 2010.

В учебном пособии «Основы автоматизированного проектирования: Материальное и программное обеспечение САПР» рассматриваются принципы создания, состав и структура САПР, компоненты видов обеспечения САПР, классификация САПР, формализация процесса проектирования, обеспечение автоматизированного проектирования. Особое внимание уделяется техническим средствам автоматизированного проектирования.

Учебное пособие рассчитано на студентов, обучающихся по направлению отрасли знаний 500000 – «Инженерия, отрасли обработки и строительства».

Печатается по решению научно-методического совета Ташкентского государственного технического университета имени Абу Райхана Беруни.

Рецензенты: д.т.н., доц. Базаров Б.И. (ГАДИ);

д.т.н., проф. Мамаджанов А.М. (ТашГТУ)

## ВВЕДЕНИЕ

В учебных планах бакалавриата направлений отрасли знаний 5500000 – «Инженерия, отрасли обработки и строительства» предусмотрена учебная дисциплина «Основы автоматизированного проектирования».

При изучении данной дисциплины студенты должны освоить современное состояние объектов, этапов и структур процессов проектирования; методов автоматизированного проектирования, а также его структуры и обеспечения; выбор оптимального технического, общесистемного, программного и лингвистического обеспечения САПР; методы проектирования и необходимого, практического, программного, информационного и диалогового обеспечения САПР.

Учебно-методический материал, представленный в пособии, прошел успешную апробацию в течение 5 лет в Ташкентском государственном техническом университете на кафедре «Энергомашиностроение и профессиональное образование (НТС)».

Учебное пособие охватывает следующие вопросы:

- принципы создания, состав и структура САПР;
- компоненты видов обеспечения САПР;
- классификация САПР;
- формализация процесса проектирования;
- технические средства автоматизированного проектирования;
- обеспечение автоматизированного проектирования: операционные системы.

Особое внимание уделено техническим средствам системы автоматизированного проектирования.

Поразительный рост вычислительной мощности компьютеров и широкое распространение программного обеспечения проектирования и производства привели к тому, что инженеры могут использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) для решения повседневных задач. Международная конкуренция, увеличение числа опытных

специалистов и повышенные требования к качеству заставляют руководителей предприятий автоматизировать проектирование и производство. Как следствие этого, преподаватели высшей школы чувствуют потребность изменить программу своих курсов, относящихся к проектированию, чтобы научить студентов пользоваться САПР и дать им представления об основных принципах, лежащих в основе этих систем.

Учебное пособие написано для студентов, обучающихся в высших технических учебных заведениях. Для работы с ним достаточно знать основы программирования, никаких знаний о собственно САПР у студента не предполагается.

# ГЛАВА 1. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ, СОСТАВ И СТРУКТУРА САПР

## 1.1. Принципы создания САПР

*Проектирование технического объекта* связано с созданием, преобразованиями и представлением в принятой форме образа этого объекта. Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться по некоторым алгоритмам в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. Проектирование начинается при наличии задания на проектирование, которое отражает потребности общества в получении некоторого технического изделия. Это задание представляется в виде тех или иных документов и является *исходным (первичным) описанием объекта*. Результатом проектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация представляет собой *окончательное описание объекта*.

Проектирование, при котором все или часть проектных решений получают путем взаимодействия человека и ЭВМ, называют *автоматизированным*, а проектирование, при котором ЭВМ не используется, — *неавтоматизированным*.

*Проектирование* — процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта, на основе первичного описания этого объекта и (или) алгоритма его функционирования. Проектирование включает в себя комплекс работ по изысканию, исследованию, расчетам и конструированию, имеющих целью получение описания предмета проектирования, необходимого и достаточного для создания нового изделия или реализации нового процесса, удовлетворяющего заданным требованиям. Проектирование — это сложный специфический вид созидательной деятельности человека, основанный на глубоких научных знаниях и творческом поиске, использовании накопленного опыта и навыков в определенной сфере, не лишенный, однако, необходимости

выполнения трудоемких рутинных работ.

Под *автоматизацией проектирования* понимается такой способ выполнения процесса разработки проекта, когда проектные процедуры и операции осуществляются разработчиком изделия при тесном взаимодействии с ЭВМ. Автоматизация проектирования предполагает систематическое использование средств вычислительной техники при рациональном распределении функций между проектировщиком и ЭВМ и обоснованном выборе методов машинного решения задач.

Для создания САПР необходимы:

- совершенствование проектирования на основе применения математических методов и средств вычислительной техники;
- автоматизация процесса поиска, обработки и выдачи информации;
- использование методов оптимизации и многовариантного проектирования;
- применение эффективных математических моделей проектируемых объектов, комплектующих изделий и материалов;
- создание банков данных, содержащих систематизированные сведения справочного характера, необходимые для автоматизированного проектирования объектов;
- повышение качества оформления проектной документации;
- увеличение творческой доли труда проектировщиков за счет автоматизации нетворческих работ;
- унификация и стандартизация методов проектирования;
- подготовка и переподготовка специалистов в области САПР;

- взаимодействие проектных подразделений с автоматизированными системами различного уровня и назначения.

*Система автоматизированного проектирования (САПР)* — комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющей автоматизированное проектирование. САПР объединяет технические средства, математическое и программное обеспечение, параметры и характеристики которых

выбирают с максимальным учетом особенностей задач инженерного проектирования и конструирования. В САПР обеспечивается удобство использования программ за счет применения средств оперативной связи инженера с ЭВМ, специальных проблемно-ориентированных языков и информационно-справочной базы.

Основная функция САПР — выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей. При создании САПР и их составных частей следует руководствоваться принципами системного единства, совместимости, типизации, развития.

Принцип системного единства обеспечивает целостность системы и системную «свежесть» проектирования отдельных элементов и всего объекта проектирования в целом (иерархичность проектирования).

Принцип совместимости обеспечивает совместное функционирование составных частей САПР и сохраняет открытую систему в целом.

Принцип типизации ориентирует на преимущественное создание и использование типовых и унифицированных элементов САПР. Типизации подлежат элементы, имеющие перспективу многократного применения. Типовые и унифицированные элементы периодически проходят экспертизу на соответствие современным требованиям САПР и модифицируются по мере необходимости.

Принцип развития обеспечивает пополнение, совершенствование и обновление составных частей САПР, а также взаимодействие и расширение взаимосвязи с автоматизированными системами различного уровня и функционального назначения.

**САПР — человеко-машинная система.** Все созданные и создаваемые с помощью ЭВМ системы проектирования являются автоматизированными. Важную роль в них играет человек — инженер, разрабатывающий проект технического средства.

В настоящее время и, по крайней мере, в ближайшие годы

создание САПР «не угрожает» монополии человека при принятии узловых решений в процессе проектирования. Человек должен решать в САПР, во-первых, задачи, формализация которых не достигнута, и, во-вторых, задачи, которые решаются человеком на основе эвристических способностей более эффективно, чем на современной ЭВМ. Тесное взаимодействие человека и ЭВМ в процессе проектирования — один из принципов построения и эксплуатации САПР.

**САПР — иерархическая система.** Она реализует комплексный подход к автоматизации всех уровней проектирования. Блочный-иерархический подход к проектированию должен быть сохранен при применении САПР. Иерархия уровней проектирования отражается в структуре специального программного обеспечения (ПО) САПР в виде иерархии подсистем.

*Проектирование* — процесс, заключающийся в преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.

Преобразование исходного описания в окончательное порождает *промежуточные описания*, которые являются предметом рассмотрения с целью определения окончания проектирования или выбора путей его продолжения. Такие описания называют *проектными решениями*.

**САПР — открытая и развивающаяся система.** Существуют по крайней мере две причины, по которым САПР должна быть изменяющейся во времени системой. Во-первых, разработка столь сложного объекта, как САПР, занимает продолжительное время и экономически выгодно вводить в эксплуатацию части системы по мере их готовности. Введенный в эксплуатацию базовый вариант системы в дальнейшем расширяется. Во-вторых, постоянный прогресс вычислительной техники и вычислительной математики приводит к появлению новых, более совершенных математических моделей и программ, которые должны заменять старые, менее удачные аналоги. Поэтому САПР должна быть открытой системой, т. е. обладать

свойством удобства включения новых методов и средств.

**САПР** — специализированная система с максимальным использованием унифицированных модулей. Требования высокой эффективности и универсальности, как правило, противоречивы. Высокой эффективности САПР, выражаемой, прежде всего, малыми временными и материальными затратами при решении проектных задач, добиваются за счет специализации систем. Чтобы снизить расходы на разработку многих специализированных САПР, целесообразно строить их на основе максимального использования унифицированных составных частей. Необходимое условие унификации — поиск общих положений в моделировании, анализе и синтезе разнородных технических объектов.

## 1.2. Состав и структура САПР

Составными структурными частями САПР, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР.

По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

**Проектирующие подсистемы.** Они имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач.

- Примеры проектирующих подсистем: эскизное проектирование изделий, проектирование корпусных деталей, проектирование технологических процессов механической обработки.

**Обслуживающие подсистемы.** Такие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и вывод полученных в них результатов.

- Примеры обслуживающих подсистем: автоматизированный банк данных, подсистемы документирования, подсистема графического ввода-вывода.

Системное единство САПР обеспечивается наличием комплекса взаимосвязанных модулей, определяющих объект

проектирования в целом, а также комплексом системных интерфейсов, осуществляющих указанную взаимосвязь. Системное единство внутри проектирующих подсистем обеспечивается наличием единой информационной модели той части объекта, проектное решение по которой должно быть получено в данной подсистеме.

Формирование и использование моделей объекта проектирования в прикладных задачах осуществляются комплексом средств автоматизированного проектирования (КСАП) системы (или подсистемы).

Структурными частями КСАП системы являются различные комплексы средств, а также компоненты организационного обеспечения. *Комплекс средств* — это совокупность компонентов и (или) комплексов средств, предназначенная для тиражирования и ориентированная на проектирование объектов определенного класса (вида, типа) и (или) выполнения унифицированных процедур, используемая в соответствующих проектирующих и (или) обслуживающих подсистемах САПР.

Комплексы средств относят к промышленным изделиям, подлежащим изготовлению, тиражированию и применению в составе САПР, и документируют как специфицируемые изделия.

**Виды комплексов средств и компонентов САПР** (рис. 1.1). Комплексы средств подразделяют на комплексы средств одного вида обеспечения (технического, программного, информационного) и комбинированные.

Комплексы средств одного вида обеспечения содержат комплексы и (или) компоненты одного вида обеспечения; комплексы средств комбинированные — совокупность комплексов и компонентов разных видов обеспечения. Комбинированные КСАП, относящиеся к продукции производственно-технического назначения, подразделяются на: программно-методические (ПМК); программно-технические (ПТК).

Программно-методический комплекс представляет собой взаимосвязанную совокупность компонентов программного, информационного и методического обеспечений (включая компоненты математического и лингвистического обеспечений).

необходимую для получения законченного проектного решения по объекту проектирования (одной или нескольким его частям или объекту в целом) или выполнения унифицированных процедур.

В зависимости от назначения ПМК подразделяют на общесистемные; базовые, в том числе проблемно-ориентированные и объектно-ориентированные.

Программно-технический комплекс представляет собой взаимосвязанную совокупность ПМК с комплексами и (или) компонентами технического обеспечения.

В зависимости от назначения ПТК различают: автоматизированные рабочие места (АРМ); центральные вычислительные комплексы (ЦВК).

Комплексы средств могут объединять свои вычислительные и информационные ресурсы, образуя локальные вычислительные сети подсистем или систем в целом.

Структурными частями комплексов средств являются компоненты следующих видов обеспечения: программного, информационного, методического, математического, лингвистического и технического.

Эффективное функционирование КСАП должно достигаться за счет взаимосогласованной разработки (согласование с заказчиком) компонентов, входящих в состав комплексов средств.

Общесистемные ПМК включают в себя программное, информационное, методическое и другие виды обеспечения. Они предназначены для выполнения унифицированных процедур по управлению, контролю, планированию вычислительного процесса, распределению ресурсов САПР и реализации других функций, являющихся общими для подсистем или САПР в целом

- Примеры общесистемных ПМК: мониторинговые системы, системы управления БД (базами данных), информационно-поисковые системы средства мануальной графики, подсистема обеспечения диалогового режима и др

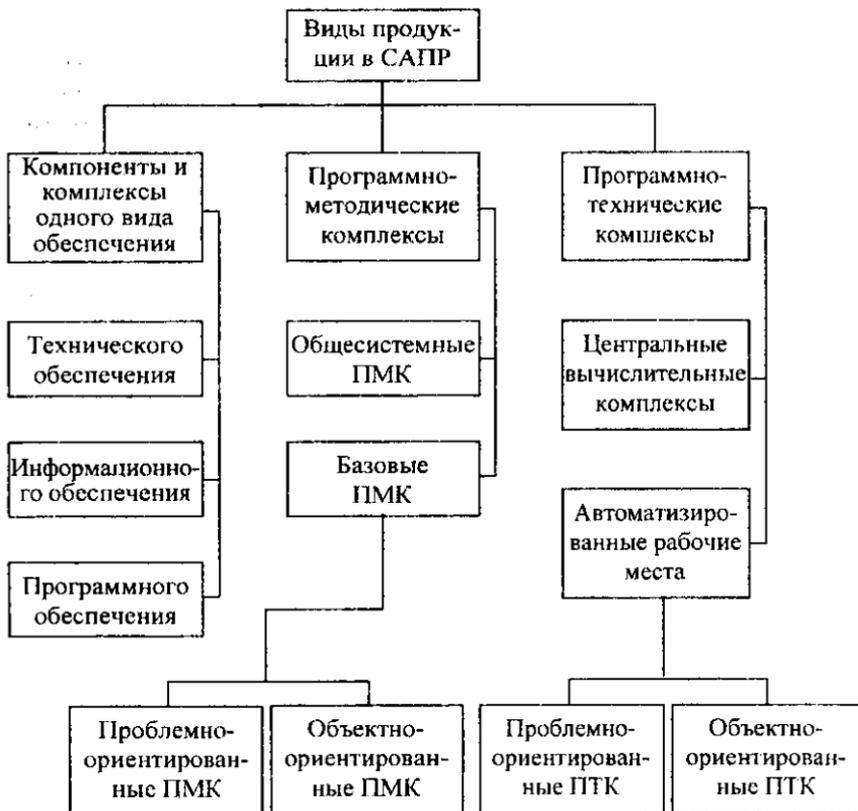


Рис. 1.1. Виды комплексов и компонентов САПР

*Мониторные системы управления функционирующим техническими средствами в САПР.* Основными функциями мониторинговых систем являются:

- формирование заданий с контролем пакета задач, требуемых и наличных ресурсов, права доступа к базе данных с установлением приоритета и номера очереди;
- обработка директив языков управления заданиями и задачами, а также реакция на прерывания с перехватом управления, анализом причин и их интерпретацией в терминах,

понятных проектировщику;

- обслуживание потоков задач с организацией диалогового и интерактивно-графического сопровождения в условиях параллельной работы подсистем;

- управление проектированием в автоматических режимах с анализом качества исполнения проектных операций, проверкой критериев повторения этапа или продолжения маршрута, выбором альтернативных вариантов маршрута;

- ведение и оптимизация статистики эксплуатации системы;

- распределение ресурсов САПР с учетом приоритетов заданий, задач и подсистем, плановых заданий и текущих указаний и запросов;

- защита ресурсов и данных от несанкционированного доступа и непредусмотренных воздействий.

*Информационно-поисковые системы* (ИПС) в САПР выполняют такие функции, как заполнение информационного фонда (инфотеки) сведениями; арифметическую обработку цифровых данных и лексическую обработку текстов; обработку информационных запросов с целью поиска требуемых сведений; обработку выходных данных и формирование выходных документов. Особенности ИПС заключаются в том, что запросы к ним формируются не программным путем, а непосредственно пользователями, и не на формальном языке, понятном монитору, а на естественном языке в виде последовательности ключевых слов

--- дескрипторов. Перечень дескрипторов, содержащихся во всех принятых на хранение описаниях, составляет словарь дескрипторов, или тезаурус, и предназначен для формирования поисковых предписаний.

Существуют и более сложные ИПС по сравнению с дескрипторными. Важную роль в них играет информационно-поисковый язык, в котором учитываются семантические взаимоотношения между информационными объектами. Это позволяет уменьшить число неправильно распознаваемых языковых конструкций, а обработку запросов производить на основе различных критериев смыслового соответствия.

Банки данных являются наиболее высокой формой

организации информации в больших САПР. Они представляют собой проблемно-ориентированные информационно-справочные системы, обеспечивающие ввод необходимой информации, не зависящие от конкретных задач ведения и сохранения информационных массивов и выдачи необходимой информации по запросам пользователей или программ. В банках данных используется информация фактографического вида.

*Система управления базами данных (СУБД)* — программно-методический комплекс для обеспечения работы с информационной базой, организованной в виде структуры данных.

СУБД выполняет следующие основные функции:

- определение баз данных, т. е. описание концептуального, внешнего и внутреннего уровней схем;
- запись данных в базу;
- организацию хранения, выполнения изменения, дополнение, реорганизацию данных;
- предоставление доступа к данным (поиск и их выдача).

Для определения данных и доступа к ним в СУБД имеются языковые средства. Так, определение данных, состоящее в описании их структур, обеспечивается с помощью языка определения данных. Функции доступа к данным реализуются с помощью языка манипулирования данными и языка запросов. По типу поддерживаемых структур различают следующие виды СУБД: иерархический, сетевой, реляционный.

*Программно-методические комплексы (ПМК) машинной графики* обеспечивают взаимодействие пользователя с ЭВМ при обмене графической информацией, решение геометрических задач, формирование изображений и автоматическое изготовление графической информации. Графическое взаимодействие пользователя с ЭВМ (так называемый графический метод доступа) базируется на подпрограммах ввода-вывода, которые обеспечивают прием и обработку команд от устройства ввода-вывода и выдачу управляющих воздействий на эти устройства. Решение геометрических задач (геометрическое моделирование) сводится к преобразованию графической информации, которое представляет собой выполнение в той или иной

последовательности элементарных графических операций типа сдвиг, поворот, масштабирование и т. п. Для геометрического моделирования используется ПМК, в котором, кроме отдельных элементарных графических операций могут быть реализованы графические преобразования трехмерных изображений, процедуры построения проекций, сечений и т.п. В ПМК графических преобразований обычно предусматриваются средства для формирования некоторых часто используемых изображений, управления графической базой данных, отладки графических подпрограмм.

Диалоговый режим обеспечивается программно-методическими комплексами, осуществляющими ввод, контроль, редактирование, преобразование и вывод графической и (или) символической информации. Диалоговый удаленный ввод заданий обеспечивает ввод и редактирование заданий через каналы связи, выполнение заданий в пакетном режиме и вывод результатов через линии связи на удаленные терминалы. В САПР могут использоваться как диалоговые ПМК общего назначения, так и специализированные. ПМК общего назначения целесообразно применять на начальных стадиях создания и эксплуатации САПР для отработки и проверки методологии проектирования, технологии обработки данных и прикладных программ. В дальнейшем возможна модификация ПМК с учетом специфических требований по организации диалога в САПР. При этом необходимо учитывать наличие диалогового или пакетного режима обработки запросов; ориентацию системы на пользователя — непрограммиста; возможность расширения системы путем включения диалоговых прикладных программ на языках высокого уровня; возможность управления диалогом с помощью «меню» и директив, желательность общения на родном языке и т. п.

Рекомендуемый набор общесистемных ПМК для семейства АРМ приведен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Наименование ПМК	АРМ высокой производительности	АРМ средней производительности	АРМ низкой производительности
Мониторная диалоговая	+	±	±
Обеспечение диалогового режима	-	+	+
Система управления базами данных (СУБД)	+	±	-
Трансляторы и интерпретаторы языков программирования	+	+	+
Средства машинной геометрии и графики:			
геометрический процессор	+	±	-
графический процессор	+	+	+
Формирование текстовой документации	±	+	+
Формирование чертежно-графической документации	+	+	±
Общетехнические расчеты	+	±	±
Обеспечение связи АРМ - АРМ, ЦВК - АРМ	+	+	+
Проектирование компоновки и топологии	+	+	+
Оптимизация	+	±	-

• Примечание: Знак «+» означает, что наличие технического средства обязательно, знак «-» означает, что наличие компонента в составе комплекса необязательно, знак «±» означает, что необходимость комплектации устройством данного типа должна устанавливаться в техническом задании на создание АРМ.

Базовые ПМК подразделяют на проблемно-ориентированные ПМК и объектно-ориентированные ПМК.

Проблемно-ориентированные ПМК могут включать программные средства, предназначенные для автоматизированного упорядочения исходных данных, требований и ограничений к объекту проектирования в целом или к сборочным единицам; выбор физического принципа действия объекта проектирования; выбор технических решений и структуры объекта проектирования; оценку показателей качества (технологичности) конструкций, проектирование маршрута обработки деталей.

Объектно-ориентированные ПМК отражают особенности объектов проектирования как совокупной предметной области. К таким ПМК, например, относят ПМК, поддерживающие автоматизированное проектирование сборочных единиц; проектирование деталей на основе стандартных или заимствованных решений; деталей на основе синтеза их из элементов формы; технологических процессов по видам обработки деталей и т.п.

#### **Вопросы и задачи**

1. Изложите принципы создания САПР.
2. Изложите основные положения при создании САПР.
3. Опишите структуру САПР.
4. Изложите все виды комплексов средств и компонентов САПР.

## ГЛАВА 2. КОМПОНЕНТЫ ВИДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР

Средства автоматизации проектирования можно сгруппировать по видам обеспечения автоматизированного проектирования.

**2.1. Математическое обеспечение (МО) САПР.** Основу математического обеспечения САПР составляют алгоритмы, по которым разрабатывается программное обеспечение САПР. Элементы математического обеспечения в САПР чрезвычайно разнообразны. Среди них имеются инвариантные элементы – принципы построения функциональных моделей, методы численного решения алгебраических и дифференциальных уравнений, постановки экстремальных задач, поиски экстремума. Разработка математического обеспечения является самым сложным этапом создания САПР, от которого в наибольшей степени зависят производительность и эффективность функционирования САПР в целом.

По назначению и способам реализации МО САПР делится на две части:

- 1) математические методы и построенные на их основе математические модели, описывающие объекты проектирования;
- 2) формализованное описание технологии автоматизированного проектирования.

Способы и средства реализации первой части математического обеспечения наиболее специфичны в различных САПР и зависят от особенностей объектов проектирования. Что касается второй части математического обеспечения, то формализация процессов автоматизированного проектирования в комплексе оказалась более сложной задачей, чем алгоритмизация и программирование отдельных проектных задач. При решении этой задачи должна быть формализована вся логика технологии проектирования, в том числе логика взаимодействия проектировщиков друг с другом на основе использования средств автоматизации. Методы и положения общей теории систем, которая более всего подходит для решения такого рода задач, пока не нашли применения в рассматриваемой области. Работы по

автоматизации проектирования во многих случаях выявили несовершенство методологии самого проектирования и привели к необходимости одновременного решения задач по совершенствованию процессов проектирования. Взгляды различных авторов на концепции совершенствования и развития методологии проектирования в одном полностью сходны: в основе проектирования должен лежать системный подход. Математическое обеспечение САПР должно описывать во взаимосвязи объект, процесс и средства автоматизации проектирования. Так как в настоящее время установившейся теоретической базы для решения этой задачи не существует, то практически происходит процесс интеграции в единый комплекс средств моделирования сложных систем различных математических методов.

В развитии этого процесса можно выделить два перспективных направления:

- развитие методов получения оптимальных проектных решений, в том числе ориентированных на автоматизированное проектирование;
- совершенствование и типизация самих процессов автоматизированного проектирования, инвариантных к видам проектируемых объектов.

Важным результатом совершенствования и типизации технологии процессов автоматизированного проектирования явилась разработка методических указаний Госстандарта «САПР. Типовые функциональные схемы проектирования изделий в условиях функционирования систем». В них подчеркивается, что процесс автоматизированного проектирования по составу и последовательности процедур, содержанию и формам проектной документации качественно отличается от традиционного процесса проектирования. Вместе с тем в процессе автоматизированного проектирования можно выделить определенное число процедур, инвариантных к объектам проектирования. Перспективной в совершенствовании и типизации технологии процессов автоматизированного проектирования является централизованная разработка математического аппарата моделирования типового

процесса проектирования и выпуск базовых программно-методических комплексов, реализующих такие модели.

**2.2. Программное обеспечение (ПО) САПР.** Программное обеспечение САПР представляет собой совокупность всех программ и эксплуатационной документации к ним, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования. Программное обеспечение делится на общесистемное и специальное (прикладное).

*Общесистемное ПО* предназначено для организации функционирования технических средств, т. е. для планирования и управления вычислительным процессом, распределения имеющихся ресурсов, и представлено операционными системами ЭВМ и вычислительных комплексов (ВК). Общесистемное ПО обычно создается для многих приложений и специфику САПР не отражает.

*В специальном (прикладном) ПО* реализуется математическое обеспечение для непосредственного выполнения проектных процедур. Прикладное ПО обычно имеет форму пакетов прикладных программ (ППП), каждый из которых обслуживает определенный этап процесса проектирования или группу однотипных задач внутри различных этапов.

Рассмотрим принципиальные особенности ПО, влияющие на организацию и эффективность создания и использования САПР. С развитием и совершенствованием ЭВМ все большее значение приобретает такой компонент общесистемного ПО, как операционные системы (ОС). Возможности, предоставляемые пользователям современными ВС, в большей степени определяются их операционными системами, чем техническими устройствами. ОС организует одновременное решение различных задач на ЭВМ, динамическое распределение каналов передачи данных и внешних устройств между задачами, планирование потоков задач и последовательность их решения с учетом установленных критериев, динамическое распределение памяти вычислительного комплекса. Однако ОС требует для своей работы определенных ресурсов: процессора, внешней и основной памяти. Чем большими возможностями обладает ОС, тем больше требуется

для нее ресурсов.

Важным компонентом общесистемного ПО является базовое ПО. Базовое ПО не является объектом разработки при создании программного обеспечения САПР. Примером может служить базовое ПО для обработки геометрической и графической информации, для формирования и использования БД. В последнее время создано и утверждено базовое ПО машинной графики автоматизированного рабочего места строителя (АРМС), основой которого является пакет прикладных программ графического ввода-вывода, обеспечивающий функциональный интерфейс между прикладной программой и набором графических устройств с помощью драйверов устройств и графических драйверов. А разработанный на его основе пакет прикладных программ графического документирования уже входит в состав специализированного программного обеспечения. Пакет прикладных программ графического документирования представляет собой набор отдельных задач для трансляции, визуализации, хранения описаний типовых элементов чертежей (ГЭЧ) и библиотеку модулей для создания ППП выборки описаний ГЭЧ из библиотеки и получения их изображения.

Использование АРМ, в состав которых включено подобное базовое ПО, реализующее стандартные проектные процедуры, существенно снизит трудоемкость создания программного обеспечения САПР. Однако во всех случаях за создателями САПР останется разработка прикладного ПО. С расширением области применения вычислительной техники и усложнением задач автоматизации процессов проектирования возрастают сложность и трудоемкость программирования.

**2.3. Информационное обеспечение САПР.** Основу информационного обеспечения (ИО) САПР составляют данные, которыми пользуются проектировщики в процессе проектирования непосредственно для выработки проектных решений. Эта данные могут быть представлены в виде тех или иных документов на различных носителях, содержащих сведения справочного характера о материалах, комплектующих изделиях, типовых проектных решениях, параметрах элементов, сведения о состоянии

текущих разработок в виде промежуточных и окончательных проектных решений, структур и параметров проектируемых объектов и т.п.

При этом данные, являющиеся результатом одного процесса преобразования, могут быть исходными для другого процесса. Совокупность данных, используемых всеми компонентами САПР, составляет информационный фонд САПР. Основная функция ИО САПР — ведение информационного фонда, т. е. обеспечение создания, поддержки и организации доступа к данным. Таким образом, ИО САПР есть совокупность информационного фонда и средств его ведения.

В состав информационного фонда САПР входят:

- программные модули, которые хранятся в виде символических и объектных текстов. Как правило, эти данные мало изменяются в течение жизненного цикла САПР, имеют фиксированные размеры и появляются на этапе создания информационного фонда. Потребителями этих данных являются мониторы различных подсистем САПР;

- исходные и результирующие данные, которые необходимы при выполнении программных модулей в процессе преобразования. Эти данные часто меняются в процессе проектирования, однако их тип постоянен и полностью определяется соответствующим программным модулем. При организации промежуточных данных возможны конфликтные ситуации в процессе согласования между собой данных различных типов;

- нормативно-справочная проектная документация (НСПД), включающая в себя справочные данные о материалах, элементах схем, унифицированных узлах и конструкциях. Эти данные, как правило, хорошо структурированы и могут быть отнесены к фактографическим. К НСПД относятся также государственные и отраслевые стандарты, руководящие материалы и указания, типовые проектные решения, регламентирующие документы (слабо структурированные документальные данные);

- содержание экранов дисплеев, представляющее собой связанную совокупность данных, задающих форму кадра и

позволяющих отобразить на экран дисплея информацию с целью организации диалога в ходе проектирования. Обычно эти данные не изменяются в течение жизненного цикла САПР; имеют фиксированный размер и по своим характеристикам занимают промежуточное место между программными модулями и исходными данными; используются диалоговыми системами САПР в процессе реализации заданного графа диалога;

- текущая проектная информация, отражающая состояние и ход выполнения проекта. Как правило, эта информация слабо структурирована, часто изменяется в процессе проектирования и представляется в форме текстовых документов.

При выборе способов ведения информационного фонда САПР важно сформулировать принципы и определить средства ведения информационного фонда, структурирования данных, выбрать способы управления массивами данных.

Различают следующие способы ведения информационного фонда САПР:

- использование файловой системы;
- построение библиотек;
- использование банков данных;
- создание информационных программ адаптеров.

Использование файловой системы и построение библиотек широко распространена в организации ИО вычислительных систем, так как поддерживается средствами ОС. В приложениях к САПР эти способы применяют при хранении программных модулей в символических и объектных кодах, диалоговых сценариев поддержки процесса проектирования, начального ввода крупных массивов исходных данных, хранения текстовых документов. Однако они мало пригодны при обеспечении быстрого доступа к справочным данным, хранения меняющихся данных, ведении текущей проектной документации, поиске необходимых текстовых документов, организации взаимодействия между разноязыковыми модулями.

Активная деятельность по отысканию приемлемых способов обобществления непрерывно растущего объема информации привела к созданию в начале 60-х годов специальных

программных комплексов, называемых "Системы управления базами данных" (СУБД).

Основная особенность СУБД – это наличие процедур для ввода и хранения не только самих данных, но и описаний их структуры. Файлы, снабженные описанием хранимых в них данных и находящиеся под управлением СУБД, стали называть банки данных, а затем "Базы данных" (БД).

Пусть, например, требуется хранить расписание движения самолетов и ряд других данных, связанных с организацией работы аэропорта (БД "Аэропорт"). Используя для этого одну из современных "русифицированных" СУБД, можно подготовить следующее описание расписания:

СОЗДАТЬ ТАБЛИЦУ	Расписание
(Номер_рейса	Целое
Дни_недели	Текст (8)
Пункт_отправления	Текст (24)
Время_вылета	Время
Пункт_назначения	Текст (24)
Время_прибытия	Время
Тип_самолета	Текст (8)
Стоимость_билета	Валюта);

и ввести его вместе с данными в БД "Аэропорт".

В наиболее полном варианте СУБД должна содержать следующие составные части:

– среда пользователя, дающая возможность непосредственного управления данными с клавиатуры;

– алгоритмический язык для программирования прикладных систем обработки данных, реализованный как интерпретатор. Последнее позволяет быстро создавать и отлаживать программы;

– компилятор для придания завершенной программе вида готового коммерческого продукта в форме независимого EXE-файла;

– программы-утилиты быстрого программирования рутинных операций (генераторы отчетов, экранов, меню и других приложений).

Собственно СУБД - это оболочка пользователя. Ввиду того, что такая среда ориентирована на немедленное удовлетворение его запросов, это система-интерпретатор.

Наличие в СУБД языка программирования позволяет создавать сложные системы обработки данных, ориентированные под конкретные задачи и даже под конкретного пользователя. Есть также СУБД, которые имеют только язык и не имеют оболочки пользователя. Они предназначены исключительно для программистов и это системы компилирующего типа. Такие пакеты лишь с оговорками могут быть названы СУБД. Обычно их называют просто компиляторами.

*Язык запросов* СУБД позволяет обращаться за данными как из программ, так и с терминалов (рис. 2.1). Сформировав запрос

```
ВЫБРАТЬ      Номер_рейса, Дни_недели, Время_вылета  
ИЗ ТАБЛИЦЫ  Расписание
```

```
ГДЕ      Пункт_отправления = 'Ташкент'
```

```
И      Пункт_назначения = 'Киев'
```

```
И      Время_вылета > 17;
```

получим расписание "Ташкент-Киев" на вечернее время, а по запросу

```
ВЫБРАТЬ КОЛИЧЕСТВО (Номер_рейса)
```

```
ИЗ ТАБЛИЦЫ  Расписание
```

```
ГДЕ      Пункт_отправления = 'Ташкент'
```

```
И      Пункт_назначения = 'Минск';
```

получим количество рейсов "Ташкент-Минск".

Эти запросы не потеряют актуальности и при расширении таблицы.

Однако, за все надо расплачиваться: на обмен данными через СУБД требуется большее время, чем на обмен аналогичными данными прямо из файлов, специально созданных для того или иного приложения.

Созданы языки манипулирования данными, позволяющие реализовать все операции реляционной алгебры и практически любые их сочетания. Среди них наиболее распространены SQL (Structured Query Language – *структуризованный язык запросов*) и QBE (Query-By-Example – *запросы по образцу*). Оба относятся к

языкам очень высокого уровня, с помощью которых пользователь указывает, какие данные необходимо получить, не уточняя процедуру их получения.

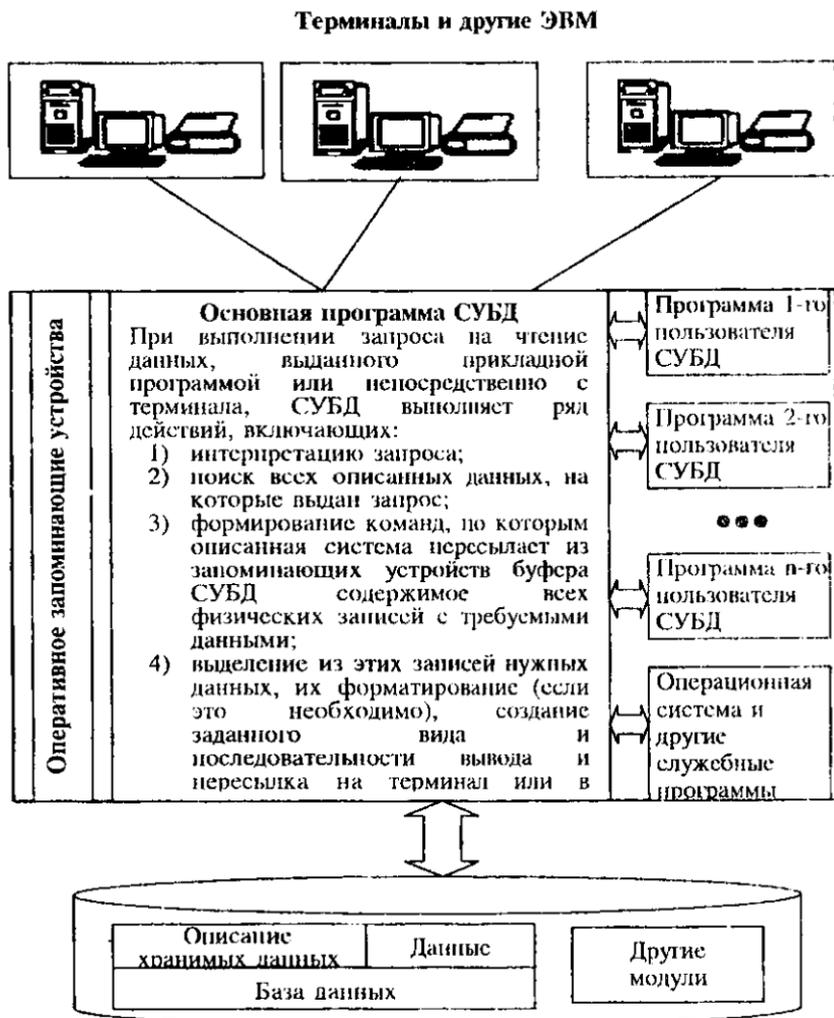


Рис. 2.1. Связь программ и данных при использовании СУБД

СУБД должна предоставлять доступ к данным любым пользователям, включая и тех, которые практически не имеют и (или) не хотят иметь представления о:

- физическом размещении в памяти данных и их описаний;
- механизмах поиска запрашиваемых данных;
- проблемах, возникающих при одновременном запросе одних и тех же данных многими пользователями (прикладными программами);
- способах обеспечения защиты данных от некорректных обновлений и (или) несанкционированного доступа;
- поддержании баз данных в актуальном состоянии

и множестве других функций СУБД.

При выполнении основных из этих функций СУБД должна использовать различные описания данных. А как создавать эти описания?

Естественно, что проект базы данных надо начинать с анализа предметной области и выявления требований к ней отдельных пользователей (сотрудников организации, для которых создается база данных). Подробнее этот процесс будет рассмотрен позже, а здесь отметим, что проектирование обычно поручается человеку (группе лиц) – *администратору базы данных* (АБД). Им может быть как специально выделенный сотрудник организации, так и будущий пользователь базы данных, достаточно хорошо знакомый с машинной обработкой данных.

Объединяя частные представления о содержимом базы данных, полученные в результате опроса пользователей, и свои представления о данных, которые могут потребоваться в будущих приложениях, АБД сначала создает обобщенное неформальное описание создаваемой базы данных. Это описание, выполненное с использованием естественного языка, математических формул, таблиц, графиков и других средств, понятных всем людям, работающим над проектированием базы данных, называют *инфологической моделью данных* (рис. 2.2).

Такая человеко-ориентированная модель полностью независима от физических параметров среды хранения данных. В конце концов этой средой может быть память человека, а не ЭВМ.

Поэтому инфологическая модель не должна изменяться до тех пор, пока какие-то изменения в реальном мире не потребуют изменения в ней некоторого определения, чтобы эта модель продолжала отражать предметную область.

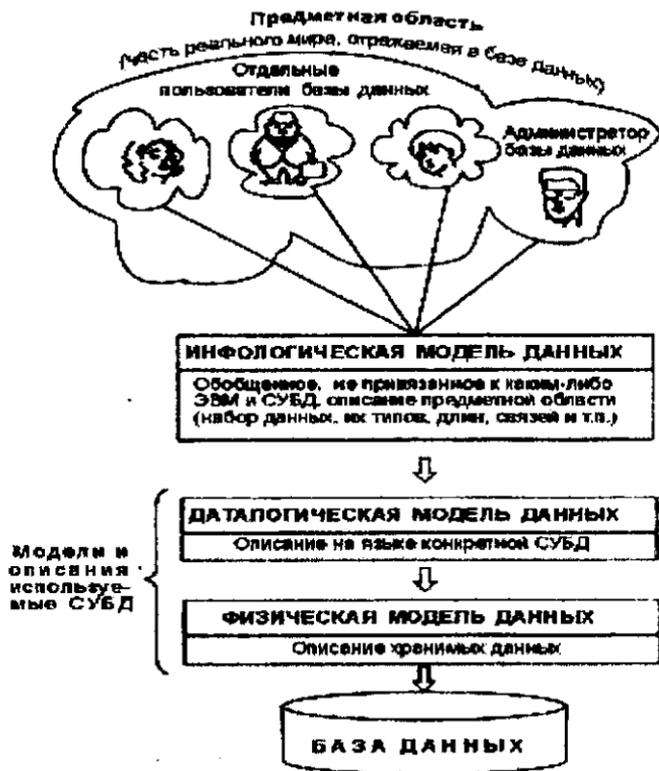


Рис. 2.2. Уровни моделей данных

Остальные модели, показанные на рис. 2.2, являются компьютеро-ориентированными. С их помощью СУБД дает возможность программам и пользователям осуществлять доступ к хранимым данным лишь по их именам, не заботясь о физическом расположении этих данных. Нужные данные отыскиваются СУБД

на внешних запоминающих устройствах по *физической модели данных*.

Так как указанный доступ осуществляется с помощью конкретной СУБД, то модели должны быть описаны на *языке описания данных* этой СУБД. Такое описание, создаваемое АБД по инфологической модели данных, называют *даталогической моделью данных*.

Трехуровневая архитектура (инфологический, даталогический и физический уровни) позволяет обеспечить *независимость хранимых данных* от использующих их программ. АБД может при необходимости переписать хранимые данные на другие носители информации и (или) реорганизовать их физическую структуру, изменив лишь физическую модель данных.

Простота организации, наличие заранее заданных связей между сущностями, сходство с физическими моделями данных позволяли добиваться приемлемой производительности иерархических СУБД на медленных ЭВМ с весьма ограниченными объемами памяти. Однако, если данные не имели древовидной структуры, то возникала масса сложностей при построении иерархической модели и желании добиться нужной производительности.

Paradox (программный продукт фирмы Borland) - это признанный лидер на рынке систем управления базами данных. В течение последних пяти лет (начиная с версии 3.0) Paradox признается специалистами лучшей реляционной СУБД для персональных компьютеров.

Среди многочисленных особенностей Paradox выделяют уникальное сочетание необычайной простоты и прозрачности с огромными возможностями функционально завершенной системы управления данными (в этом и есть "парадокс"). И как результат такого парадоксального сочетания - мощнейшая СУБД подчиняется не только профессиональному программисту, но и пользователю, не имеющему ни малейшего представления о программировании или обработке информации на компьютере.

Сетевые модели также создавались для мало ресурсных ЭВМ. Это достаточно сложные структуры, состоящие из "наборов"

– поименованных двухуровневых деревьев. "Наборы" соединяются с помощью "записей-связок", образуя цепочки и т.д. При разработке сетевых моделей было выдумано множество "маленьких хитростей", позволяющих увеличить производительность СУБД, но существенно усложнивших последние. Прикладной программист должен знать массу терминов, изучить несколько внутренних языков СУБД, детально представлять логическую структуру базы данных для осуществления навигации среди различных экземпляров, наборов, записей и т.п. Один из разработчиков операционной системы UNIX сказал "Сетевая база - это самый верный способ потерять данные".

Сложность практического использования иерархических и сетевых СУБД заставляла искать иные способы представления данных. В конце 60-х годов появились СУБД на основе инвертированных файлов, отличающиеся простотой организации и наличием весьма удобных языков манипулирования данными. Однако такие СУБД обладают рядом ограничений на количество файлов для хранения данных, количество связей между ними, длину записи и количество ее полей.

Создание информационных программ адаптеров было порождено проблемой организации межмодульного интерфейса, которая привела к разработке специализированных систем и программной технологии. К таким системам относится система, ориентированная на построение крупных программных комплексов из готовых модулей. В этой системе промежуточные данные унифицируются с помощью единого процессора и построения специализированных межмодульных информационных программ-адаптеров, реализующих следующие функции:

- 1) контроль наличия исходных данных для каждого отдельного модуля;
- 2) задание недостающих исходных данных;
- 3) проверку соответствия типов, структур и последовательности данных аналогичным характеристикам данных, принятым в вызываемом модуле;
- 4) преобразование данных в случае несоответствия типов;
- 5) обеспечение передачи данных вызываемому модулю в

соответствии с типом обмена;

6) организацию среды, определяемой языком программирования модуля;

7) проверку результатов;

8) выполнение обратного преобразования данных в вид, принятый для хранения промежуточных результатов;

9) сохранение результатов работы модуля для дальнейшего использования.

В крупных САПР, программы которых оперируют с большим числом входных, промежуточных и результирующих переменных, области обмена удобно организовывать в виде некоторого банка данных. Это позволяет возложить часть функций, выполняемых адаптером, на СУБД, что, в конечном итоге, сокращает время на разработку информационного и программного обеспечения САПР.

Таким образом, адаптер выполняет совокупность операций по организации информационного взаимодействия между программными модулями.

**2.4. Техническое обеспечение САПР.** Техническое обеспечение САПР представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для выполнения автоматизированного проектирования.

Любые вычислительные комплексы САПР должны включать необходимое число периферийных устройств для ввода и вывода информации, в том числе графические и алфавитно-цифровые дисплеи (ГД и АЦД) с графическими планшетами и электронными перьями, высокоточные рулонные и планшетные графопостроители различного формата, кодировщики графической информации, сканеры, принтеры, интеллектуальные видеотерминалы с растровыми цветными дисплеями, накопители на магнитных дисках (НМД), накопители на лазерных дисках, накопители на дисках типа «Винчестер» емкостью 200 – 500 Гбайт (к 2003 году), функциональные клавиатуры, устройства вывода информации на микрофильмы и микрофиши, устройства связи с ЭВМ верхнего уровня.

**2.5. Лингвистическое обеспечение САПР.** Основу лингвистического обеспечения САПР составляют специальные языковые средства (языки проектирования), предназначенные для описания процедур автоматизированного проектирования и проектных решений. Основная часть лингвистического обеспечения – языки общения человека с ЭВМ. Проблемно-ориентированные языки (ПОЯ) проектирования аналогичны алгоритмическим языкам программирования (*Visual Basic, Visual C++, Delphi, Java, Visual Fox Pro* и др.). В одних случаях ПО строят таким образом, что описание любой задачи или задание на ее решение в основном содержит оригинальные термины физического и функционального содержания. Переход от физического и функционального описания задачи к программам для ЭВМ реализуется далее автоматически с помощью транслятора. В других случаях, например, при решении геометрических задач инженерного типа, ПО соединяет в себе средства алгоритмического языка высокого уровня для решения вычислительных математических задач и специальные языковые средства моделирования геометрических объектов. Транслятор алгоритмического языка высокого уровня дополнен необходимыми специальными программами.

Очевидно, что ПО хотя и называются языками, на самом деле представляют комплексы лингвистических и программных средств, которые должны включать следующие средства: набор терминальных символов ПОЯ; интерпретатор с ПОЯ; средства синтаксического анализа; средства пакетирования директив; библиотеки базовых функций ПОЯ; интерфейс для связи СУБД.

### **Вопросы и задачи**

1. Изложите основу математического обеспечения САПР.
2. Приведите совокупность программного обеспечения САПР.
3. Изложите структуру и состав информационного обеспечения САПР.
4. Опишите техническое обеспечение САПР.
5. Изложите суть лингвистического обеспечения САПР.

## ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИЯ САПР

### 3.1. Классификация САПР

На основе классификации САПР решают следующие основные задачи:

- формирование укрупненного формализованного описания САПР по совокупности установленных признаков классификации;
- обозначение САПР, создаваемых в организациях отраслей промышленности и в строительстве;
- планирование повышения значений уровня автоматизации проектирования, комплексности автоматизации проектирования и других показателей САПР в процессе их создания и развития;
- задание условий для разработки технически обоснованных норм обеспечения процесса создания, функционирования и развития САПР специалистами, техническими средствами, энергией, информацией, финансовыми и другими ресурсами.

В соответствии с ГОСТ 23501.108—85 формализованное описание САПР включает в себя коды классификационных группировок САПР по установленным стандартам признакам классификации; наименования классификационных группировок, соответствующие приведенным кодам; указания, в соответствии с какими классификаторами, стандартами или методиками определены коды каждой классификационной группировки.

САПР характеризуют следующие признаки: тип, разновидность, сложность объекта проектирования; уровень, комплексность автоматизации проектирования; характер, число выпускаемых проектных документов; число уровней в структуре технического обеспечения САПР.

Три первых признака отражают особенности объектов проектирования, следующие четыре – возможности систем, восьмой признак – особенности технической базы САПР. Для получения даже общего представления о конкретной САПР она должна быть оценена по всем перечисленным признакам. Рассмотрим их подробнее.

**Тип объекта проектирования.** ГОСТ предусматривает деление САПР на группы:

- 1) САПР изделий машиностроения;
- 2) САПР изделий приборостроения;
- 3) САПР технологических процессов в машино- и приборостроении;
- 4) САПР объектов строительства;
- 5) САПР технологических процессов в строительстве;
- 6) САПР программных изделий;
- 7) САПР организационных систем.

Остальные группы (8 и 9) являются резервными и предназначены для выделения и кодирования САПР, не относящихся к перечисленным группировкам.

**Разновидность объектов проектирования.** ГОСТ не устанавливает специальных обозначений на объекты проектирования, а требует их указания и кодирования в соответствии с действующими в каждой отрасли промышленности системами обозначения документации на объекты, проектируемые системой.

**Сложность объекта проектирования.** Можно выделить САПР: 1) простых объектов с числом составных частей до  $10^2$ ; 2) объектов средней сложности ( $10^2$ — $10^3$ ); 3) сложных объектов ( $10^3$ — $10^4$ ); 4) очень сложных объектов ( $10^4$ — $10^6$ ); 5) объектов очень высокой сложности (число составных частей выше  $10^6$ ).

**Составной частью объекта проектирования,** представляющего собой технический комплекс, сооружение или изделие, является деталь. Если объектом проектирования будет технологический процесс, то выделить его составные части сложнее. Существует два подхода, один из которых основан на разделении технологического процесса на элементарные технологические операции, другой – на разделении объекта на части условно в соответствии с номенклатурой выпускаемой технологической документации.

**Уровень автоматизации проектирования.** Выделяют системы проектирования:

- 1) низкоавтоматизированного (до 25% проектных процедур);
- 2) среднеавтоматизированного (25—50 %);

3) высокоавтоматизированного (свыше 50%). Чтобы отнести САПР к третьей группе, в ней должны быть использованы методы многовариантного оптимального проектирования.

**Комплексность автоматизации проектирования.**

Различают САПР:

- 1) одноэтапные;
- 2) многоэтапные;
- 3) комплексные.

Если система автоматизации охватывает один из этапов проектирования соответствующего объекта, то ее относят к первой группе. Под комплексной САПР подразумевается автоматизация всех этапов проектирования.

**Характер выпускаемых проектных документов.**

Установлены пять классификационных групп САПР, выпускающих документы:

- 1) на бумажной ленте и (или) листе;
- 2) на машинных носителях;
- 3) на фотоносителях (в виде микрофильмов, микрофиш, фотонаблонтов и др.);
- 4) комбинированные (выполняют документы на двух носителях данных или более).

Пятая группировка является резервной.

**Число выпускаемых проектных документов.** Различают САПР малой, средней и высокой производительности. При этом число проектных документов в год в пересчете на формат А4 колеблется от  $10^3$  до  $10^6$ .

**Число уровней в структуре технического обеспечения.** Выделяют САПР одно-, двух- и трехуровневые.

Основу одноуровневого комплекса технических средств (КТС) составляют ЭВМ среднего или высокого класса, в которых выполняется программная обработка данных и осуществляется их хранение, и штатный набор периферийных устройств. При использовании мини-ЭВМ КТС называют *автоматизированным рабочим местом*.

Быстрый рост возможностей мини- и микроЭВМ приводит к предпочтительности построения АРМ с терминалами,

состоящими не только из алфавитно-цифровых и графических дисплеев, но и из микроЭВМ. Наличие микроЭВМ позволяет резко увеличить число терминалов комплекса и, следовательно, число одновременно работающих пользователей. Конечно, увеличение числа пользователей и расширение круга выполняемых проектных процедур требуют применения в КТС ЭВМ более совершенных мини-ЭВМ. Таким образом, в одноуровневых САПР используются единая мониторная система, банк данных и пакеты прикладных программ, ориентированные на основные ЭВМ комплекса. Терминальные микроЭВМ программно совместимы с основной ЭВМ и служат либо для подготовки задач к решению на основной ЭВМ, либо для решения простых задач с помощью тех же программных и информационных средств. Возможности одноуровневых САПР ограничены. Поэтому в САПР крупных предприятий стремятся использовать ЭВМ предельной производительности. Один из уровней САПР образует одна или несколько ЭВМ. Этот уровень называется центральным вычислительным комплексом (ЦВК). В ЦВК современных САПР используются высокопроизводительные ЭВМ. Они эффективно выполняют функции программной обработки данных при выполнении наиболее сложных программных процедур, требующих огромных вычислительных ресурсов. Но для эффективной связи пользователя с САПР и решения большого количества менее сложных задач целесообразно иметь в САПР второй уровень, называемый интерактивно-графическим комплексом (ИГК). На каждом из уровней ЦВК и ИГК имеются свои ППП для выполнения сходных по содержанию проектных процедур, но ориентированных на различные размерности задач.

Двухуровневые САПР могут иметь радиальную и кольцевую структуру. Последняя соответствует объединению АРМ в кольцевую вычислительную сеть. В такой САПР функции мониторной системы и СУБД распределены по узлам вычислительной сети.

Трехуровневые САПР, помимо технических средств двухуровневой системы, должны включать периферийное программно-управляемое оборудование, например, чертежные

автоматы, установки для изготовления фотошаблонов, комплексы для контроля программ к станкам с ЧПУ.

### **3.2. Взаимодействие САПР с другими автоматизированными системами**

В условиях реального производства все виды систем автоматизации (СА) в той или иной степени должны взаимодействовать друг с другом, а САПР – непосредственно с автоматизированными системами научных исследований (АСНИ), технологической подготовки производства (АСТПП), управления производством (АСУП). Взаимодействие указанных систем осуществляется путем обмена информацией, представленной в виде обычных документов и в машинных кодах или записанной на машинных носителях (доля такого обмена постепенно возрастает).

Следует отметить и другие важные направления развития автоматизации проектирования: совершенствование методов оптимизационного проектирования; развитие автоматизации собственно конструирования; совершенствование технологии автоматизированного проектирования.

Интеграция СА потребует существенного расширения состава БД и объединения их в единую базу интегрированной системы; создания отраслевых и межотраслевых банков данных нормативно-технической, технико-экономической и научно-технической информации; создания многоуровневых вычислительных систем коллективного пользования с различными типами ЭВМ, унификации структур передаваемых массивов информации; развития операционных систем и дополнения прикладного программного обеспечения (ППО) многочисленными интерфейсами для сопряжения с новыми подсистемами.

Развитие и совершенствование методов оптимизационного проектирования потребует разработки новых математических методов, соответствующего ППО и увеличения производительности вычислительного комплекса САПР.

Развитие автоматизации собственно конструирования приведет, прежде всего, к развитию в САПР средств обработки геометрической информации о двух- и трехмерных объектах, позволяющих осуществлять аффинные преобразования, получать

проекции и пространственные отображения объектов на базе высокопроизводительных 32-разрядных процессоров (*Intel Pentium 4, AMD Athlon, Intel Xeon* и др.) или на базе 64-разрядных процессоров (*Intel Itanium, AMD Opteron*), графических дисплеев, графопостроителей и соответствующего программного обеспечения.

Совершенствование технологии автоматизированного проектирования повлечет за собой изменение деления проектирования на стадии и перераспределение проектных работ между стадиями. В частности, решение общих вопросов должно осуществляться на ранних стадиях работы по оформлению проектных решений – на заключительной стадии. Режим работы проектировщиков с ЭВМ будет полностью интерактивным. Все промежуточные проектные решения будут храниться в памяти ЭВМ, окончательные решения – передаваться в производство на машинных носителях.

Совершенствование технологии проектирования потребует существенного изменения состава технических средств САПР, программного и организационного обеспечения.

Развитие САПР отразится на содержании автоматизируемых проектных работ. Наиболее совершенные САПР будут автоматизировать все проектные операции, за исключением принятия решений, согласований их с соисполнителем, составления пояснительных записок и т.п. работ. Более того, в ряде случаев система будет формировать решение и проектировщику останется только согласиться с ним или потребовать переработки части проекта.

### **Вопросы и задачи**

1. Приведите основные признаки классификации САПР.
2. Изложите основные понятия объекта проектирования.
3. Расскажите об уровнях в структуре технического обеспечения.
4. Опишите принципы взаимодействия САПР с другими автоматизированными системами.

## ГЛАВА 4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 4.1. Уровни, аспекты и этапы проектирования

Проектирование технического объекта связано с созданием, преобразованием и представлением в принятой форме образа этого объекта. *Образ объекта или его составных частей* может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться по некоторым алгоритмам в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае проектирование начинается при наличии задания на проектирование, отражающего потребности общества в получении некоторого технического изделия. *Задание* представляется в виде тех или иных документов и является исходным (первичным) описанием объекта. *Результатом проектирования*, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация представляет собой окончательное описание объекта.

Преобразование исходного описания в окончательное порождает промежуточные описания -- проектные решения, которые являются предметом рассмотрения с целью определения окончания проектирования или выбора путей его продолжения.

С информационной точки зрения, проектирование есть процесс преобразования входной информации об объекте проектирования, о состоянии знаний в рассматриваемой области, об опыте проектирования объектов аналогичного назначения в выходную информацию в виде проектно-конструкторской и технологической документации, выполненной в определенной форме и содержащей описание объекта для его материальной реализации.

**Блочный-иерархический подход к процессу проектирования.** Проектируемая система расчленяется на иерархические уровни. На высшем уровне используется наименее детализированное представление, отражающее только общие черты и особенности проектируемой системы. На следующих уровнях степень подробности рассмотрения возрастает; при этом

система рассматривается не в целом, а отдельными блоками. Это позволяет на каждом уровне формулировать и решать задачи приемлемой сложности, поддающиеся уяснению и пониманию человеком и решению с помощью имеющихся средств проектирования. Разделение на блоки должно быть таким, чтобы документация на блок любого уровня была обозрима и воспринимаема одним человеком.

При блочно-иерархическом подходе к проектированию сложная задача большой размерности разбивается на последовательно решаемые группы задач малой размерности, причем внутри групп разные задачи могут решаться параллельно. На каждом уровне имеются свои представления о системе и элементах. То, что на более высоком  $i$ -м уровне называлось элементом, на следующем  $(i-1)$ -м уровне становится системой. Часто элементы самого низшего из уровней называют базовыми элементами или компонентами. Большинство инженеров, участвующих в проектировании, имеют дело с системами и элементами некоторого уровня; проектируемые ими объекты не всегда являются сложными системами, хотя многие из них входят в состав сложных систем.

При проектировании сложных систем иногда приходится оперировать описаниями, в которых одновременно представлены два иерархических уровня, например,  $i$  и  $(i+1)$ . В этом случае применяют термины *система*, *подсистема* и *элементы*, относя их соответственно к системе  $i$ -го уровня, системам и элементам  $(i+1)$ -го уровня.

Таким образом, *иерархические уровни* представляют собой уровни описаний объектов, различающиеся степенью подробности отображения свойств объекта. Иначе их называют *горизонтальными уровнями* или *уровнями абстрагирования*. Совокупность описаний некоторого уровня вместе с постановками задач и методов получения этих описаний называют *иерархическим уровнем проектирования*.

На горизонтальных уровнях имеются группы задач, связанные с проектированием схем, конструкций, технологии. Эти группы задач совместно с используемыми для их решения

моделями, методами, формами документации называются *аспектами проектирования* (иногда аспекты проектирования называют *вертикальными уровнями проектирования*).

**Аспекты проектирования.** Кроме разделения описаний по степени подробности отражения свойств объекта, порождающего иерархические уровни, используют декомпозицию описаний по различным аспектам. Наиболее крупными являются функциональный, конструкторский и технологический аспекты. Решение задач, связанных с преобразованием или получением описаний, относящихся к этим аспектам, называют соответственно функциональным, конструкторским и технологическим проектированием.

Функциональный аспект отображает основные принципы функционирования, характера физических и информационных процессов, протекающих в объекте, и отражается в принципиальных, функциональных, структурных, кинематических схемах и сопровождающих их документах.

Конструкторский аспект реализует результаты функционального проектирования, т.е. определяет геометрические формы объектов и их взаимное расположение в пространстве.

Технологический аспект связан с реализацией результатов конструкторского проектирования, т.е. с описанием методов и средств изготовления объектов.

Возможно более дифференцированное описание свойств объекта с выделением в нем ряда подсистем и соответствующего числа аспектов. Например, функциональный аспект можно разделить по физическим основам описываемых явлений на аспекты электрический, механический, гидравлический, химический и т. п. При этом в описаниях электромеханической системы появляются описания электрической и механической подсистем, в описаниях ядерного реактора — описания газодинамической, тепловой, физико-нейтронной подсистем, в описаниях оптико-электронного прибора — описания электрической и оптической подсистем и т.д.

**Составные части процесса проектирования.** Проектирование как процесс, развивающийся во времени,

расчленяется на стадии, этапы, проектные процедуры и операции.

При проектировании сложных систем выделяют с т а д и и предпроектных исследований, технического задания и технического предложения, эскизного, технического, рабочего проектов, испытаний и внедрения.

*На стадиях предпроектных исследований, технического задания и технического предложения* на основании изучения потребностей общества в получении новых изделий, научно-технических достижений в данной и смежной отраслях промышленности, имеющихся ресурсов определяют назначение, основные принципы построения технического объекта и формулируют техническое задание (ТЗ) на его проектирование. Эти стадии называют также *стадиями научно-исследовательских работ* (НИР).

*На стадии эскизного проекта* (иначе стадии опытно-конструкторских работ — ОКР) проверяется корректность и реализуемость основных принципов и положений, определяющих функционирование будущего объекта, и создается его эскизный проект.

*На стадии технического проекта* выполняется всесторонняя проработка всех частей проекта, конкретизируются и детализируются технические решения.

*На стадии рабочего проекта* формируется вся необходимая документация для изготовления изделия. Далее создается и *испытывается* опытный образец или пробная партия изделий, по результатам испытаний вносятся необходимые коррективы в проектную документацию, после чего осуществляется *внедрение* в производство на выбранном предприятии.

**Э т а п п р о е к т и р о в а н и я** — часть процесса проектирования, включающая в себя формирование всех требующихся описаний объекта, относящихся к одному или нескольким иерархическим уровням и аспектам. Часто названия этапов совпадают с названиями соответствующих иерархических уровней и аспектов. Так, проектирование технологических процессов расчленяют на этапы разработки принципиальных схем технологического процесса, маршрутной технологии,

операционной технологии и получения управляющей информации на машинных носителях для программно-управляемого технологического оборудования. При проектировании больших интегральных схем (БИС) выделяют этапы проектирования компонентов, схемотехнического, функционально-логического и топологического проектирования. Первые три из этих этапов связаны с решением задач трех иерархических уровней функционального аспекта, имеющих аналогичные названия. Этап топологического проектирования включает в себя задачи, относящиеся ко всем иерархическим уровням конструкторского аспекта в проектировании БИС.

Составные части этапа проектирования называют проектными процедурами. Проектная процедура — часть этапа, выполнение которой заканчивается получением проектного решения. Каждой проектной процедуре соответствует некоторая задача проектирования, решаемая в рамках данной процедуры. Более мелкие составные части процесса проектирования, входящие в состав проектных процедур, называют проектными операциями. Примерами проектных процедур могут служить: оформление чертежа изделия, расчет параметров усилителя, выбор типовой конструкции для построения электродвигателя, а примерами проектных операций — вычерчивание типового графического изображения (зубчатого зацепления, рамки чертежа и т. п.), решение системы алгебраических уравнений, описывающих статическое состояние усилителя, расчет показателей эффективности очередного варианта построения электродвигателя.

Таким образом, понятия уровня и аспекта относятся к структурированию представлений о проектируемом объекте, а понятие этапа — к структурированию процесса проектирования.

**Нисходящее и восходящее проектирование.** Если решение задач высоких иерархических уровней предшествует решению задач более низких иерархических уровней, то проектирование называют *нисходящим*. Если раньше выполняются этапы, связанные с низшими иерархическими уровнями, проектирование называют *восходящим*.

У каждого из этих двух видов проектирования имеются преимущества и недостатки. При нисходящем проектировании система разрабатывается в условиях, когда ее элементы еще не определены и, следовательно, сведения о их возможностях и свойствах носят предположительный характер. При восходящем проектировании, наоборот, элементы проектируются раньше системы, и, следовательно, предположительный характер имеют требования к элементам. В обоих случаях из-за отсутствия исчерпывающей исходной информации имеют место отклонения от потенциально возможных оптимальных технических результатов. Однако нужно помнить, что подобные отклонения неизбежны при блочно-иерархическом подходе к проектированию и что какой-либо приемлемой альтернативы блочно-иерархическому подходу при проектировании сложных объектов не существует. Поэтому оптимальность результатов блочно-иерархического проектирования следует рассматривать с позиций технико-экономических показателей, включающих в себя, в частности, материальные и временные затраты на проектирование.

**Внешнее и внутреннее проектирование.** При нисходящем проектировании формулировка ТЗ на разработку элементов  $k$ -го иерархического уровня относится к проектным процедурам этого же уровня. Иначе обстоит дело с разработкой ТЗ на систему высшего иерархического уровня или на унифицированную систему элементов, предназначенную для многих применений. Здесь разработка ТЗ является самостоятельным этапом проектирования, часто называемым *внешним проектированием*. В отличие от него этапы проектирования объекта по сформулированным ТЗ называют *внутренним проектированием*.

Основа внешнего проектирования — правильный учет современного состояния техники, возможностей технологии, прогноз их развития на период времени, не меньший жизненного цикла объекта. Наряду с техническими факторами, необходимы учет экономических показателей, прогноз стоимости и сроков проектирования и изготовления. На основе изучения состояния и перспектив научно-технического прогресса группа экспертов формулирует первоначальный вариант ТЗ на систему. Оценку

выполнимости сформулированного ТЗ и рекомендации по его корректировке получают с помощью проектных процедур внутреннего проектирования.

**Унификация проектных решений и процедур.** Обычно унификация объектов имеет целью улучшение технико-экономических показателей производства и эксплуатации изделий. Использование типовых и унифицированных проектных решений приводит также к упрощению и ускорению проектирования: так, типовые элементы разрабатываются однократно, но в различных проектах применяются многократно.

**Виды описаний проектируемых объектов и классификация их параметров.** Окончательное описание проектируемого объекта представляет собой полный комплект схемной, конструкторской и технологической документации, оформленной по ЕСКД и предназначенной для использования в процессе изготовления и эксплуатации этого объекта. Также в соответствии с ЕСКД оформляются и некоторые промежуточные проектные решения. Однако для промежуточных решений, предназначенных для использования собственно при проектировании, характерны специфические формы представления, принятые в данной системе проектирования. В частности, описания могут принимать различную языковую форму и находиться в различных запоминающих устройствах САПР. Важное значение в этих описаниях имеют математические модели объектов проектирования, так как выполнение проектных процедур при автоматизированном проектировании основано на оперировании математическими моделями.

*Математическая модель (ММ) технического объекта* — система математических объектов (чисел, переменных, матриц, множеств и т. п.) и отношений между ними, отражающая некоторые свойства технического объекта. При проектировании используют математические модели, отражающие свойства объекта, существенные с позиций инженера.

Среди свойств объекта, отражаемых в описаниях на определенном иерархическом уровне, в том числе в ММ, различают свойства систем, элементов систем и внешней среды, в

которой должен функционировать объект. Количественное выражение этих свойств осуществляется с помощью величин, называемых *параметрами*. Величины, характеризующие свойства системы, элементов системы и внешней среды, называют соответственно выходными, внутренними и внешними параметрами.

• **Примеры параметров проектируемых объектов.**

Для поршневых компрессоров:

*выходные параметры* — производительность компрессора, мощность двигателя, максимальное давление сгорания, число циклов, расход топлива;

*внутренние параметры* — коэффициенты истечения клапанов, коэффициенты трения, геометрические размеры полостей; *внешние параметры* — температура окружающей среды, давление газа на всасывании первой ступени, противодействие в выпускной системе.

Для электронного усилителя:

*выходные параметры* — полоса пропускания, коэффициент усиления на средних частотах, входное сопротивление, мощность рассеяния;

*внутренние параметры* — сопротивления резисторов, емкости конденсаторов, параметры транзисторов;

*внешние параметры* — сопротивление и емкость нагрузки, напряжения источников питания.

Обозначим количества выходных, внутренних и внешних параметров через  $m$ ,  $n$ ,  $l$ , а векторы этих параметров соответственно через  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ ,  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $Q = (q_1, q_2, \dots, q_l)$ . Очевидно, что свойства системы зависят от внутренних и внешних параметров, т. е. имеет место функциональная зависимость

$$Y = F(X, Q). \quad (1.1)$$

Система соотношений (1.1) является примером математической модели объекта. Наличие такой ММ позволяет легко оценивать выходные параметры по известным значениям векторов  $X$  и  $Q$ . Однако существование зависимости (1.1) не означает, что она известна разработчику и может быть представлена именно в таком явном относительно вектора  $Y$  виде. Как правило, математическую модель в виде (1.1) удается получить только для очень простых объектов. Типичной является ситуация, когда математическое описание процессов в проектируемом объекте задается моделью в форме системы уравнений, в которой

фигурирует вектор фазовых переменных  $V$ :

$$LV(Z) = \varphi(Z). \quad (1.2)$$

Здесь  $L$  — некоторый оператор,  $Z$  — вектор независимых переменных, в общем случае включающий время и пространственные координаты,  $\varphi(Z)$  — заданная функция независимых переменных.

*Фазовые переменные* характеризуют физическое или информационное состояние объекта, а их изменения во времени выражают переходные процессы в объекте.

• **Примеры фазовых переменных.** К фазовым переменным относятся силы и скорости в описаниях механических систем, давления и расходы в описаниях гидравлических и пневматических систем и т. п.

Следует подчеркнуть следующие особенности параметров в моделях проектируемых объектов:

1. Внутренние параметры (параметры элементов) в моделях  $k$ -го иерархического уровня становятся выходными параметрами в моделях более низкого ( $k+1$ )-го иерархического уровня. Так, в рассмотренном выше примере для электронного усилителя параметры транзистора являются внутренними при проектировании усилителя и в то же время выходными при проектировании самого транзистора.

2. Выходные параметры или фазовые переменные, фигурирующие в модели одной из подсистем (в одном из аспектов описания), часто оказываются внешними параметрами в описаниях других подсистем (других аспектов). Так, максимальные температуры корпусов электронных приборов в электрических моделях усилителя относятся к внешним параметрам, а в тепловых моделях того же объекта — к выходным параметрам.

3. Большинство выходных параметров объекта являются функционалами зависимостей  $V(Z)$ , т. е. для их определения необходимо при заданных  $X$  и  $Q$  выполнить решение системы уравнений (1.2) и по полученным результатам решения рассчитать  $Y$ . Примерами выходных параметров-функционалов служат мощность рассеяния, амплитуда колебаний, длительность задержки распространения сигнала и т. п.

Исходные описания проектируемых объектов часто

представляют собой ТЗ на проектирование. В этих описаниях фигурируют величины, называемые *техническими требованиями* к выходным параметрам  $y_i$  (иначе нормами выходных параметров). Технические требования образуют вектор  $TT = (TT_1, TT_2, \dots, TT_n)$ , где величины  $TT_i$  – представляют собой границы допустимых диапазонов изменения выходных параметров  $y_i$ .

Требуемые соотношения между  $y_i$  и  $TT_i$  называют *условиями работоспособности*. Условия работоспособности чаще всего являются односторонними неравенствами вида

$$y_i < TT_i \quad (1.3)$$

или

$$y_i > TT'_i \quad (1.4)$$

При этом размеры векторов  $TT$  и  $Y$  одинаковы ( $r = m$ ). Однако для некоторых выходных параметров  $y$  – условия работоспособности могут иметь вид двусторонних ограничений:

$$TT'_i < y_i < TT''_i. \quad (1.5)$$

## 4.2. Типовые проектные процедуры

**Классификация типовых процедур (задач) проектирования.** Проектная процедура называется *типовой*, если она предназначена для многократного применения при проектировании многих типов объектов.

Различают проектные процедуры анализа и синтеза. *Синтез* заключается в создании описания объекта, а *анализ* – в определении свойств и исследовании работоспособности объекта по его описанию, т. е. при синтезе создаются, а при анализе оцениваются проекты объектов.

Процедуры анализа делятся на процедуры одно- и многовариантного анализа.

При *одновариантном анализе* заданы значения внутренних и внешних параметров, требуется определить значения выходных параметров объекта. Полезно использовать геометрическую интерпретацию этой задачи, связанную с понятием пространства внутренних параметров. Это  $n$ -мерное пространство, в котором для каждого из  $n$  внутренних параметров  $x_i$  выделена координатная ось. При одновариантном анализе задается также некоторая точка в пространстве внутренних параметров и требуется в этой точке

определить значения выходных параметров. Подобная задача обычно сводится к однократному решению уравнений, составляющих математическую модель, что и обуславливает название этого вида анализа.

*Многовариантный анализ* заключается в исследовании свойств объекта в некоторой области пространства внутренних параметров. Такой анализ требует многократного решения систем уравнений (многократного выполнения одновариантного анализа).

Процедуры синтеза делятся на процедуры структурного и параметрического синтеза.

Целью *структурного синтеза* является определение *структуры объекта* — перечня типов элементов, составляющих объект, и способа связи элементов между собой в составе объекта.

*Параметрический синтез* заключается в определении числовых значений параметров элементов при заданных структуре и условиях работоспособности на выходные параметры объекта, т. е. при параметрическом синтезе нужно найти точку или область в пространстве внутренних параметров, в которых выполняются те или иные условия (обычно условия работоспособности).

Взаимосвязи проектных процедур анализа и синтеза имеют характер вложенности процедуры анализа в процедуру оптимизации (параметрического синтеза) и процедуры оптимизации в процедуру синтеза, объединяющую синтез структурный и параметрический.

*Вложенность* означает, во-первых, что анализ входит как составная часть в оптимизацию, а оптимизация — в синтез, во-вторых, что однократное выполнение процедуры оптимизации требует многократного выполнения процедуры анализа, а однократное решение задачи синтеза — многократного решения задачи оптимизации. Очевидно, что такой же характер взаимодействия имеют процедуры анализа — однократный многовариантный анализ основан на многократном одновариантном анализе. Нетрудно подсчитать, что синтез проектного решения на очередном этапе проектирования может потребовать выполнения чрезмерно большого количества вариантов анализа. Если ввести коэффициент  $f_{ij}$ , равный

количеству выполнений процедуры  $i$ , вложенной в процедуру  $j$ , при однократном выполнении процедуры  $j$ , а процедурам синтеза, оптимизации, многовариантного и одновариантного анализа присвоить номера соответственно 1, 2, 3, 4, то

$$f_{41} = f_{21} \cdot f_{32} \cdot f_{43}$$

• **Пример синтеза объектов.** При синтезе объекта просматривается  $f_{21}$  вариантов его структуры, каждый вариант структуры оптимизируется с выполнением  $f_{32}$  шагов оптимизации, а каждый шаг оптимизации заключается в оценке объекта, требующей  $f_{43}$  вариантов анализа; пусть  $f_{21} \cdot f_{32} \cdot f_{43} = 40$ . Тогда потребуется  $f_{41} = 6,4 \cdot 10^4$  вариантов анализа — решений уравнений математической модели объекта. Подобная задача может оказаться непосильной для современных ЭВМ, если порядок системы уравнений достаточно высок.

• **Примеры маршрутов проектирования технических объектов.**

*Маршрут проектирования объекта* — последовательность этапов и (или) проектных процедур, используемая для проектирования этого объекта. Маршрут называют типовым, если он применяется при проектировании многих объектов определенного класса.

• **Примеры типовых маршрутов проектирования.**

Технологическое планирование для неоригинальных деталей отличается от технологического планирования для оригинальных деталей. Для неоригинальных деталей технологический процесс проектируется путем конкретизации и адаптации типового обобщенного технологического процесса, созданного ранее для рассматриваемого класса деталей. Для оригинальных деталей выполняется нисходящее проектирование технологического процесса, состоящее из этапов проектирования принципиальной схемы, маршрутной и операционной технологии, проектирования оснастки, инструмента и синтеза управляющих программ для станков с ЧПУ.

**Режимы проектирования в САПР.** По характеру и степени участия человека и использования ЭВМ при выполнении некоторого маршрута различают несколько режимов проектирования.

*Автоматический режим* имеет место при выполнении маршрута проектирования по формальным алгоритмам на ЭВМ без вмешательства человека в ход решения.

*Ручной (неавтоматизированный) режим* характеризуется выполнением маршрута без помощи ЭВМ.

*Автоматизированное проектирование* является частично

автоматизированным, если часть проектных процедур в маршруте выполняется человеком вручную, а часть – с использованием ЭВМ. Такой режим обычно отражает невысокую степень автоматизации проектирования.

*Диалоговый (интерактивный) режим* является более совершенным режимом, при нем все процедуры в маршруте выполняются с помощью ЭВМ, а участие человека проявляется в оперативной оценке результатов проектных процедур или операций, в выборе продолжений и корректировке хода проектирования. Если инициатором диалога является человек, которому предоставлена возможность в любой момент прервать автоматические вычисления на ЭВМ, то диалог называется *активным*. Если прерывания вычислений происходят по командам исполняемой на ЭВМ программы в определенные, заранее предусмотренные моменты, т. е. проектировщик не может выступать как инициатор диалога, то такой диалог называют *пассивным*.

Развитие САПР происходит, в частности, в направлении повышения степени автоматизации проектирования. Однако работа в режиме диалога в САПР остается необходимой в связи с тем, что полностью процесс проектирования сложных систем формализовать не удается, и что участие человека в ряде случаев позволяет ускорить принятие решения.

### **Вопросы и задачи**

1. Перечислите уровни, аспекты и этапы проектирования.
2. Опишите блочно-иерархический подход к процессу проектирования.
3. Изложите суть нисходящего и восходящего проектирования.
4. Изложите суть внешнего и внутреннего проектирования.
5. Изложите виды описаний проектируемых объектов и классификацию их параметров.
6. Расскажите о режиме проектирования в САПР.

## **ГЛАВА 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ПРОЦЕССОРЫ**

### **5.1. Общие положения**

Технические средства (ТС) и общее системное программное обеспечение (ПО) являются инструментальной базой САПР. Они образуют физическую среду, в которой реализуются другие виды обеспечения САПР (математическое, лингвистическое, информационное и пр.). Инженер, взаимодействуя с этой средой и решая различные задачи проектирования, осуществляет автоматизированное проектирование технических объектов. Технические средства и общее программное обеспечение в процессе проектирования выполняют разные, но взаимосвязанные функции по обеспечению преобразования информации и передаче ее в пространстве и времени.

Технические средства в САПР решают задачи:

- ввода исходных данных описания объекта проектирования;
- отображения введенной информации с целью ее контроля и редактирования;
- преобразования информации (изменения формы представления данных, перекодировки, трансляции, выполнения арифметических и логических операций, изменения структуры данных и т. п.);
- хранения различной информации;
- отображения итоговых и промежуточных результатов решения;
- оперативного общения проектировщика с системой в процессе решения задач.

Для решения этих задач ТС САПР должны содержать процессоры, оперативную память (ОП), внешние запоминающие устройства (ВЗУ), устройства ввода-вывода информации (УВВИ), технические средства машинной графики, устройства оперативного общения человека с ЭВМ, устройства, обеспечивающие связь ЭВМ с удаленными терминалами и другими машинами. При

необходимости создания непосредственной связи САПР с производственным оборудованием в состав ТС должны быть включены устройства, преобразующие результаты проектирования в сигналы управления станками, технологическими комплексами, автоматами.

Перечисленные задачи ТС решают совместно с общесистемным ПО. Под *общесистемным программным обеспечением* подразумевают *операционные системы* (ОС) ЭВМ. Совокупность технических средств ЭВМ и ее программного обеспечения называют *вычислительной системой* (ВС).

Назначение ОС — организация вычислительного процесса в ВС; рациональное распределение вычислительных ресурсов между отдельными решаемыми задачами; предоставление пользователям многочисленных сервисных средств, облегчающих процесс программирования и отладки их задач.

Операционная система выполняет перечисленные функции с целью повышения пропускной способности ВС, уменьшения времени реакции системы на запросы проектировщика и увеличения эффективности использования ресурсов ВС. В САПР обычно используют распространенные универсальные средства вычислительной техники и операционные системы общего назначения. Проблемная ориентация ТС осуществляется при объединении различных устройств вычислительной техники в комплексе технических средств САПР. При определении состава общесистемного ПО обычно выбирают ОС, наиболее эффективно обеспечивающую требуемые режимы работы ВС и рациональное использование всех ее ресурсов.

Операционная система выполняет роль своеобразного интерфейса между пользователем и ВС, т. е. ОС предоставляет пользователю виртуальную ВС. Это означает, что ОС в значительной степени формирует у пользователя представление о возможностях ВС, удобстве работы с ней, ее пропускной способности. Различные ОС на одних и тех же технических средствах могут предоставить пользователю совершенно различные возможности для организации вычислительного процесса или автоматизированной обработки данных.

ОС предоставляет и большое количество всевозможных услуг, сервисных средств, способов повышения производительности прикладных программ, знание которых в значительной степени расширяет возможности пользователя как при создании новых программ, так и при использовании существующих комплексов САПР.

Операционная система MS-DOS правила компьютерным миром IBM PC почти полтора десятка лет. По-настоящему удобная графическая операционная система появилась только в конце 1995 году, а до этого основную массу программ выпускали для системы MS-DOS.

В конце 1995 года корпорация Microsoft выпустила в свет Windows 95. Данная ОС почти полностью заменила MS-DOS. Позже в 1998 году корпорация Microsoft представляет новую версию ОС -- Microsoft Windows 98. Казалось, что данная ОС была совершенна, но как бы ни была хороша система Windows 98, она слишком «далека» от аппаратной части компьютера. Система MS-DOS компьютеру «ближе». Компьютер стартует в системе MS-DOS и лишь потом загружает огромный пакет программ, составляющий Windows 98. MS-DOS является как бы «мостом» между компьютером и системой Windows 98, которая тоже не что иное, как переходник между запускаемыми программами и компьютером. Такая цепочка переходников отбирает на себя массу ресурсов. Требуемый объем оперативной памяти различных ОС представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Год	Операционная система	Минимальные требования	Рекомендуемый объем
1992-1995	Windows 3.1	4 Мбайт	8-16 Мбайт
1995-1998	Windows 95	8 Мбайт	16-32 Мбайт
1998-2000	Windows 98	16 Мбайт	32-64 Мбайт
2001	Windows Millenium	32 Мбайт	64-128 Мбайт
2002	Windows XP	64 Мбайт	128 Мбайт-4 Гбайт

Характеристики конкретной САПР в значительной степени определяются составом комплекса технических средств (КТС) и общесистемного ПО, которые должны обеспечивать:

- производительность ЭВМ, достаточную для решения всех проектных задач;
- возможность оперативного взаимодействия проектировщика с ЭВМ в процессе проектирования;
- приемлемое для проектировщика время реакции системы на его запросы;
- простоту освоения, эксплуатации и обслуживания КТС;
- открытость КТС для реконфигурации и дальнейшего развития;
- широкое использование входной и выходной графической информации о проектируемом объекте;
- информационную связь между различными уровнями проектирования.

Автоматизированное проектирование осуществляется при рациональном разделении функций между проектировщиком и аппаратно-программными средствами. Это распределение зависит от уровня развития всех видов обеспечения САПР. Поскольку в настоящее время происходит быстрое развитие ТС, имеется тенденция увеличения объема задач АП, решаемых аппаратными средствами.

## **5.2. Общие сведения об ЭВМ и ВС, используемых в автоматизированном проектировании**

Основой КТС САПР являются разнообразные ЭВМ, начиная с простейших однокристалльных микро-ЭВМ и кончая сложнейшими суперЭВМ. При определении возможности использования той или иной ЭВМ в составе КТС их оценивают по совокупности различных показателей, главные из которых — технические характеристики, стоимость приобретения и эксплуатации.

**Основные технические параметры ЭВМ.** К основным техническим параметрам ЭВМ относят производительность, емкость оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), пропускную способность подсистемы ввода — вывода

информации, надежность функционирования и др.

*Производительность (тактовая частота)* — один из важнейших показателей ЭВМ, измеряемый количеством операций, выполняемых за единицу времени (обычно операций в секунду). Этот показатель для современных ЭВМ достигает нескольких миллиардов операций в секунду. Производительность зависит не только от свойств самой ЭВМ, но и от особенностей обрабатываемой информации (разрядности обрабатываемых слов, формы представления чисел — с плавающей или фиксированной точкой, частоты повторения различных операций в общем потоке выполняемых программ и др.). Поэтому определение производительности осуществляется для некоторых тестовых наборов задач (предварительно выявляется процентное содержание команд разного типа).

*Емкость ОЗУ* определяет возможности ЭВМ по выполнению сложных программ с обработкой больших объемов информации. Емкость ОЗУ может выражаться в битах, байтах, килобайтах, мегабайтах и т. п. Наиболее распространена оценка емкости ОЗУ в байтах, килобайтах (1 Кбайт =  $2^{10}$  байт = 1024 байт), мегабайтах (1 Мбайт = 1024 Кбайт), гигабайтах (1 Гбайт = 1024 Мбайт).

*Пропускная способность подсистемы ввода — вывода* ЭВМ позволяет определить возможности ЭВМ при обмене информацией с различными периферийными устройствами (ПУ) или другими ЭВМ. Она измеряется максимальным количеством единиц информации, переданных через подсистему ввода — вывода за единицу времени. Чаще всего пропускная способность измеряется количеством переданных в секунду байтов, килобайтов, мегабайтов и изменяется от сотен байтов в секунду до десятков и сотен мегабайтов в секунду.

*Надежность функционирования* ЭВМ оценивается рядом показателей, имеющих вероятностный характер, например:

— вероятностью безотказной работы  $P(\tau)$  ЭВМ в течение заданного интервала времени ( $\tau$ );

— наработкой на отказ — средним временем  $T_b$  безотказной работы;

— средним временем  $T_n$  восстановления работоспособности ЭВМ;

— коэффициентом готовности  $Kz = T_d / (T_d + T_n)$  и т. д.

**Классификация ЭВМ.** Классификация ЭВМ возможна по различным признакам ЭВМ. В настоящее время все ЭВМ классифицируются по типу используемого процессора, хотя на быстроедействие ЭВМ оказывают, чуть ли не все компоненты ЭВМ.

Те процессоры, с которыми мы работаем сегодня, относятся к восьмому поколению. Его открыли ныне устаревающие процессоры *Intel Pentium MMX*, *Intel Pentium II*, *Intel Pentium III*, *Intel Pentium IV*, *Intel Pentium Pro*. Начиная с этого поколения, процессоры рассматриваются в трех категориях:

- системы начального уровня (*Intel Dual Core/Pentium/Celeron*);
- производительные системы (*Intel Core 2 Duo/Core 2 Quad/Core i7*);
- системы корпоративного применения (*Intel Xeon/Itanium*).

Нельзя принимать во внимание, что процессоры *Celeron* могут относиться только к системам начального уровня, как и нельзя говорить и о других категориях ЭВМ, так как технологический прогресс не стоит на месте. Так, планы Американской компании *Intel* по выпуску постоянно растут. Кроме этого, сильную конкуренцию в производстве процессоров компании *Intel* составляет компания *AMD* со своими процессорами *Athlon*, *Phenom* и *Opteron*.

**Режимы работы ВС.** Аппаратные средства ЭВМ совместно с программным обеспечением образуют ВС. В зависимости от класса ЭВМ и вида операционной системы ВС могут работать в режимах однопрограммном или мультипрограммном.

В однопрограммном режиме работы в памяти ЭВМ находится и выполняется только одна программа. Такой режим обычно характерен для микро-ЭВМ и персональных ЭВМ, т. е. для ЭВМ *индивидуального пользования*.

В мультипрограммном (многопрограммном) режиме работы в памяти ЭВМ находится несколько программ, которые выполняются частично или полностью между переходами процессора от одной задачи к другой в зависимости от ситуации, складывающейся в системе. В мультипрограммном режиме более

эффективно используются машинное время и оперативная память, так как при возникновении каких-либо ситуаций в выполняемой задаче, требующих перехода процессора в режим ожидания, процессор переключается на другую задачу и выполняет ее до тех пор, пока в ней также не возникнет подобная ситуация и т. д. При реализации мультипрограммного режима требуется определять очередность переключения задач и выбирать моменты переключения, чтобы эффективность использования машинного времени и памяти была максимальной. Мультипрограммный режим обеспечивается аппаратными средствами ЭВМ и средствами ОС. Он характерен для сложных ЭВМ, где стоимость машинного времени значительно выше, чем у микро-ЭВМ. В последнее время с увеличением возможностей персональных ЭВМ для них разрабатываются мультипрограммные ОС, позволяющие одновременно следить за решением нескольких задач и повышающие тем самым эффективность работы инженера.

В зависимости от того, в каком порядке при мультипрограммном режиме выполняются программы пользователей САПР, различают режимы пакетной обработки задач и коллективного доступа.

В *режиме пакетной обработки* задачи выстраиваются в одну или несколько очередей и последовательно выбираются из них для выполнения.

В *режиме коллективного доступа* каждый пользователь ставит свою задачу на выполнение в любой произвольный момент времени, т. е. для каждого пользователя в такой ВС как бы реализуется режим индивидуального пользования. Это осуществляется обычно с помощью *квантования машинного времени*, когда каждой задаче, находящейся в оперативной памяти ЭВМ, выделяется квант времени. По окончании кванта времени процессор переключается на другую задачу или продолжает выполнение прерванной в зависимости от ситуации в ВС. Вычислительные системы, обеспечивающие коллективный доступ пользователей с квантованием машинного времени, называют *ВС с разделением времени*.

В системах автоматического управления широко

используется понятие *режима реального времени*, при котором скорость решения задач равна или выше скорости их поступления в ВС. В САПР под режимом реального времени понимают такое взаимодействие инженера и ЭВМ, когда ответы на запросы инженера поступают со скоростью, удобной для человека.

### 5.3. Аппаратные средства и системы ЭВМ

Все аппаратные средства ЭВМ делятся на две группы устройств: центральные и периферийные.

К *центральному устройству*, осуществляющим непосредственно обработку данных, относятся центральный процессор, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и процессор ввода — вывода (ПВВ).

К *периферийным устройствам* относятся устройства, выполняющие функции ввода, вывода, подготовки данных и хранения больших объемов информации. Общим для всех периферийных устройств (ПУ) является то, что они преобразуют данные из одной формы представления в другую, не изменяя их содержания.

*Центральный процессор* предназначен для преобразования информации в соответствии с выполняемой программой, управления вычислительным процессом и устройствами, работающими совместно с процессором.

*Оперативное запоминающее устройство* выполняет функции хранения, приема и выдачи данных и программ.

*Процессоры ввода — вывода (каналы)* предназначены для управления обменом информацией между ОЗУ и ПУ без участия центрального процессора, согласования скорости работы ПУ и ОЗУ, унификации программирования ввода — вывода и обеспечения возможности подключения новых ПУ. С каналами ввода — вывода связано понятие *интерфейса* — совокупности оборудования, с помощью которого осуществляется сопряжение каналов ввода — вывода с устройствами управления ПУ, а также унифицированных сигналов и алгоритмов, определяющих порядок передачи данных между каналом и ПУ.

Одновременная работа нескольких ПУ обеспечивается тем, что их скорость работы обычно существенно ниже быстродействия

канала и канал может осуществлять обмен с несколькими ПУ, распределяя между ними время использования общих средств канала (мультиплексирование).

Функции управления процессом обмена данными распределяются между каналом и устройством управления ПУ (контроллером ПУ): в канале реализуются функции, общие для всех ПУ, а в контроллере — специфические для данного ПУ.

Периферийные устройства, используемые в КТС САПР, можно разделить на несколько групп:

1) внешние запоминающие устройства, предназначенные для хранения больших объемов информации, организации баз данных (БД), содержащих различную справочную информацию, типовые проектные решения и т. п.;

2) устройства ввода — вывода и документирования алфавитно-цифровой информации, осуществляющие ввод-вывод информации с перфоносителей и документирование полученных проектных решений на различных носителях;

3) устройства оперативной связи с ЭВМ, позволяющие инженеру общаться с САПР в произвольные моменты времени удобными для него способами (обычно это различные дисплеи и устройства речевого ввода-вывода);

4) устройства машинной графики, предназначенные для ввода — вывода и документирования информации, представленной в графической форме;

5) технические средства теледоступа и организации сетей ЭВМ, осуществляющие связь ЭВМ с удаленными пользователями САПР, между всеми ЭВМ, входящими в КТС САПР при организации сети проектирования, и между КТС САПР и вычислительной сетью;

6) устройства связи с технологическим оборудованием, позволяющие, минуя промежуточные носители, непосредственно передавать данные о спроектированных объектах системам автоматизации производства, станкам с числовым программным управлением и другому подобному оборудованию;

7) устройства подготовки данных (УПД), предназначенные для подготовки данных и программ на различных носителях

автономно без участия ЭВМ.

Устройства подготовки данных занимают особое положение среди других ПУ, так как электрически не связаны с ЭВМ и могут территориально находиться на любом удалении от нее.

При выполнении программы процессор выбирает из ОЗУ очередную команду и определяет, какие действия необходимо совершить по этой команде, затем выбирает из памяти числа, над которыми надо проделать действия, определяемые данной командой, выполняет требуемые действия и одновременно выбирает из ОЗУ следующую команду, отправляет полученный результат в ОЗУ и весь цикл повторяется сначала. Так, постоянно взаимодействуя, процессор и ОЗУ выполняют любую программу, обращаясь, если необходимо, к ВУ посредством каналов ввода — вывода.

**Процессоры.** Различают процессоры центральные, специализированные, ввода — вывода, передачи данных, коммуникационные.

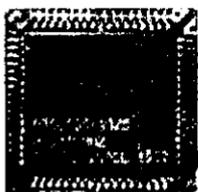
Процессор (микропроцессор) — это самая большая микросхема компьютера. Процессор состоит из десятков миллионов транзисторов, с помощью которых собраны отдельные логические схемы. Основные внутренние схемы процессора — арифметико-логическое устройство, внутренняя память (так называемые регистры) и кэш-память (сверхоперативная память), а также схемы управления всеми операциями и схемы управления внешними шинами (схемы связи с «внешним миром»).

**История процессоров Intel.** Так как история развития IBM совместимых компьютеров началась именно с процессоров Intel, то и рассмотрены будут процессоры данной корпорации.

1971г. Intel® 4004

Первый процессор фирмы Intel® был 4-х разрядным, имел 2300 транзисторов и тактовую частоту 108 кГц. Предназначался для калькуляторов Busicom. Тех. характеристики: 2300 транзисторов; технология производства: 3 мкм; напряжение питания: 5 В; тактовая частота: 108 кГц; общая разрядность: 4.





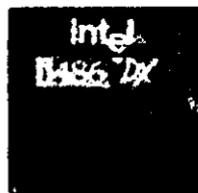
#### 1982г. Intel® 80286

Этот процессор примечателен тем, что мог выполнять программы, написанные для любого из его предшественников. Тех. характеристики: 134000 транзисторов; тактовая частота: 6-12 МГц; процессор 16-разрядный; шина данных 16-разрядная; адресная шина 24-разрядная; общая разрядность: 16.



#### 1985г. Intel® 386™ DX

Первый действительно многозадачный CPU. Кодовое имя: P9. Тех. характеристики: 275000 транзисторов; тактовая частота: 16-32 МГц; процессор 32-разрядный; шина данных 32-разрядная (16-32МГц); адресная шина 32-разрядная; общая разрядность: 32.



#### 1989г. Intel® 486™ DX

Первый процессор со встроенными кэшем первого уровня и математическим сопроцессором (FPU), который существенно ускорил обработку данных. Кодовое имя: P4. Тех. характеристики: 1,25 млн. транзисторов; тактовая частота: 25-50 МГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня на материнской плате (до 512 Кб); процессор 32-разрядный; шина данных 32-разрядная (20-50МГц); адресная шина 32-разрядная; общая разрядность: 32.



#### 1992г. Intel® 486™ DX2

Первый полностью 32-х разрядный процессор. Кодовое имя: P24. Тех. характеристики: 1,25 млн. транзисторов; тактовая частота: 50-66 МГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня на материнской плате (до 512 Кб); процессор 32-разрядный; шина данных 32-разрядная (25-33 МГц); адресная шина 32-разрядная; общая разрядность: 32.



#### 1993г. Intel® Pentium® (P5)

Pentium - первый процессор с двухконвейерной структурой. Носил кодовое имя P5 и выпускался в конструктиве под Socket 4. Кэш-память впервые была разделена -- 8 Кб на данные и 8 Кб на инструкции. Тех. характеристики: 3,1 млн. транзисторов; технология

производства: 0,8 мкм; тактовая частота: 60-66 МГц; кэш первого уровня: 16 Кб (8 Кб на данные и 8 Кб на инструкции); кэш второго уровня на материнской плате (до 1 Мб); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (60-66 МГц); адресная шина 32-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Socket 4.

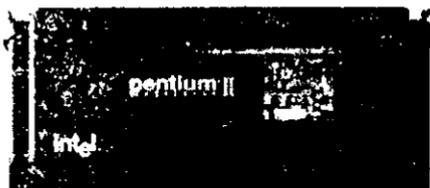


#### 1997г. Intel® Pentium® MMX (Tillamook)

Вариант Pentium MMX для ноутбуков - имел пониженное напряжение ядра и мощность. Механически не был совместим с Socket 7, но имелся переходник на это гнездо. Кодовое имя: Tillamook. Тех. характеристики: 4,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 133-300 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня на

материнской плате (до 1 Мб); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (60-66 МГц); адресная шина 32-разрядная; общая разрядность: 32; разъем TCP или MMC.

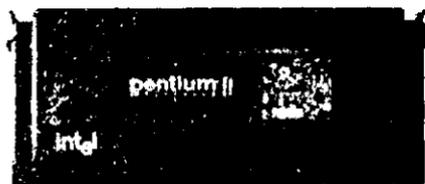
#### 1997г. Intel® Pentium® II (Klamath)



Первый процессор из линейки Pentium II, вобравший в себя достоинства Pentium® Pro и Pentium® MMX. Выпускался в новом конструктиве Slot 1 - это крайний разъем с 242 контактами (картридж SECC), разработанный для процессоров модульной

конструкции с кэш-памятью второго уровня, выполненной на дискретных микросхемах. Кодовое имя: Klamath.

#### 1998г. Intel® Pentium® II (Deschutes)

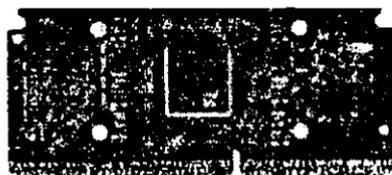


Процессор из линейки Pentium II, сменивший Klamath. Отличается от него более тонким технологическим процессом (0,25 мкм) и более высокими тактовыми частотами. Конструктив - картридж SECC, который в старших моделях

был сменен на SECC2 (кэш с одной стороны от ядра, а не с двух, как в стандартном Deschutes; измененное крепление кулера). Кодовое имя:

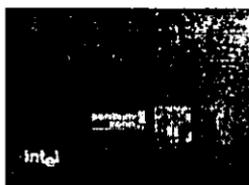
Deschutes. Тех. характеристики: 7,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 266-450 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня (512 Кб) размещён на процессорной плате и работает на половине частоты ядра процессора; процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (66-100 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъём Slot 1.

#### 1998г. Intel® Celeron® (Covington)



Первый вариант процессора из линейки Celeron®, построенный на ядре Deschutes. Для уменьшения себестоимости процессоры выпускались без кэш-памяти второго уровня и защитного картриджа. Конструкция – SEPP (Single Edge Pin Package). Отсутствие кэш-памяти второго уровня обуславливало их сравнительно низкую производительность, но и высокую способность к разгону. Кодовое имя: Covington. Тех. характеристики: 7,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 266-300 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции), кэш второго уровня отсутствует; процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (66 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъём Slot 1.

#### 1998г. Intel® Pentium® II Xeon



Pentium® II Xeon - серверный вариант процессора Pentium® II, который производился на ядре Deschutes и отличался от Pentium® II более быстрой (полноскоростной) и более емкой (есть варианты с 1 или 2 Мб) кэш-памятью второго уровня и конструктивом - он выпускался в конструктиве Slot 2 - это тоже краевой разъем, но с 330 контактами, регулятором напряжения VRM, напоминающим устройством EEPROM. Выполнялся в SECC корпусе. Кодовое имя: Deschutes. Тех. характеристики: 7,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 400-450 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); полноскоростной кэш второго уровня (512 Кб-2 Мб); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (100 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъём Slot 2.

### 1998г. Intel® Celeron® (Mendocino)



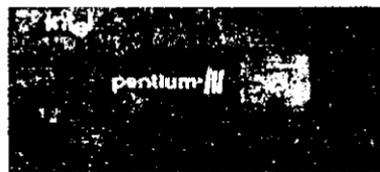
Дальнейшее развитие линейки Celeron®. Имеет кэш-память L2 объемом 128 Кб, интегрированную в кристалл процессора и работающую на частоте ядра, благодаря чему обеспечивается высокая производительность. Кодовое имя: Mendocino. Тех. характеристики: 19 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 300-433 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); полноскоростной кэш второго уровня (128 Кб); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (66 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Slot 1.

### 1999г. Intel® Pentium® II PE (Dixon)



Последний Pentium® II предназначен для применения в портативных компьютерах. Кодовое имя: Dixon. Тех. характеристики: 27,4 млн. транзисторов; технология производства: 0,25-0,18 мкм; тактовая частота: 266-500 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 256 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (66 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем VGA, мини-картридж, MMC-1 или MMC-2.

### 1999г. Intel® Pentium® III (Katmai)



На смену процессору Pentium® II (Deschutes) пришёл Pentium® III на новом ядре Katmai. Добавлен блок SSE (Streaming SIMD Extensions), расширен набор команд MMX и усовершенствован механизм потокового доступа к памяти. Кодовое имя: Katmai. Тех. характеристики: 9,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,25 мкм; тактовая частота: 450-600 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 512 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (100-133 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Slot 1.

### 1999г. Intel® Pentium® III (Coppermine)



Этот Pentium® III изготавливался по 0,18 мкм технологии имеет тактовую частоту до 1200 МГц. Первые попытки выпустить процессор на этом ядре с частотой 1113 МГц закончились неудачей, т. к. он в предельных режимах работал очень нестабильно, и все процессоры с этой частотой были отозваны - этот инцидент сильно подмочил репутацию Intel®. Кодовое имя: Coppermine. Тех. характеристики: 28,1 млн.

транзисторов; технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 533-1200 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 256 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (100-133 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Slot 1, FC-PGA 370.

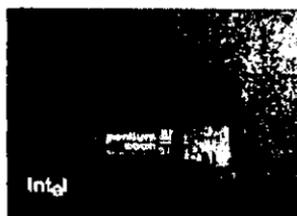
### 1999г. Intel® Celeron® (Coppermine)



Celeron® на ядре Coppermine поддерживает набор инструкций SSE. Начиная с частоты 800 МГц этот процессор работает на 100 МГц системой шине. Кодовое имя: Coppermine. Тех. характеристики: 28,1 млн. транзисторов; технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 566-1100 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 128 Кб (полноскоростной); процессор

64-разрядный; шина данных 64-разрядная (66-100 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Socket 370.

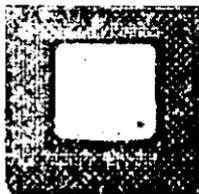
### 1999г. Intel® Pentium® III Xeon™ (Cascades)



Pentium® III Xeon, изготовленный по 0,18 мкм технологическому процессу. Процессоры с частотой 900 МГц из первых партий перегревались и их поставки были временно приостановлены. Кодовое имя: Cascades. Тех. характеристики: 9,5 млн. транзисторов; технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 700-900 МГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16

Кб на инструкции); кэш второго уровня 512 Кб - 2 Мб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (133 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем Slot 2.

#### 2000г. Intel® Pentium® 4 (Willamette, Socket 423)



Принципиально новый процессор с гиперконвейеризацией (hyperpipelining) - с конвейером, состоящим из 20 ступеней. Согласно заявлениям Intel®, процессоры, основанные на данной технологии, позволяют добиться увеличения частоты примерно на 40 процентов относительно семейства P6 при одинаковом технологическом процессе. Применена 400 МГц системная шина (Quad-pumped),

обеспечивающая пропускную способность в 3,2 Гбайта в секунду против 133 МГц шины с пропускной способностью 1,06 Гбайт у Pentium III. Кодовое имя: Willamette. Тех. характеристики: технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 1,3-2 ГГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня 256 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (400 МГц); разъем Socket 423.

#### 2000г. Intel® Xeon™ (Foster)



Продолжение линейки Xeon™: серверная версия Pentium® 4. Кодовое имя: Foster. Тех. характеристики: технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 1,4-2 ГГц; кэш-память с отслеживанием исполнения команд; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня 256 Кб (полноскоростной); микроархитектура Intel® NetBurst™; технология гиперконвейерной обработки; высокопроизводительный блок исполнения команд;

поток SIMD-расширения 2 (SSE2); улучшенная технология динамического исполнения команд; блок вычислений с плавающей запятой удвоенной точности; процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (400 МГц); разъем Socket 603.

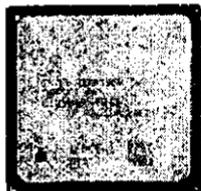
#### 2001г. Intel® Pentium® III-S (Tualatin)



Дальнейшее повышение тактовой частоты Pentium® III потребовало перевода на 0,13 мкм технологический процесс. Кэш второго уровня вновь вернулся к своему изначальному размеру (как у Katmai): 512 Кб и добавилась технология Data Prefetch Logic, которая повышает производительность предварительно загружая данные, необходимые приложению в кэш. Кодовое имя: Tualatin. Тех. характеристики: 28,1 млн. транзисторов; технология производства: 0,13 мкм; тактовая частота: 1,13-1,4 ГГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и

16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 512 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (133 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем FC-PGA2 370.

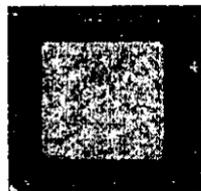
#### 2001г. Intel® Pentium® 4 (Willamette, Socket 478)



Этот процессор выполнен по 0.18 мкм процессу. Устанавливается в новый разъем Socket 478, т. к. предыдущий форм-фактор Socket 423 был "переходным" и Intel® в дальнейшем не собирается его поддерживать. Кодовое имя: Willamette. Тех. характеристики: технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота: 1,3-2 ГГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня 256 Кб (полноскоростной);

процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (400 МГц); разъем Socket 478.

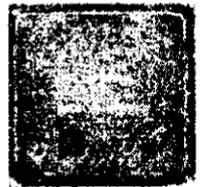
#### 2001г. Intel® Celeron® (Tualatin)



Новый Celeron® имеет кэш второго уровня размером 256 Кб и работает на 100 МГц системной шине, т. е. превосходит по характеристикам предыдущую модель Pentium® III (Coppermine). Кодовое имя: Tualatin. Тех. характеристики: 28.1 млн. транзисторов; технология производства: 0,13 мкм; тактовая частота: 1-1.4 ГГц; кэш первого уровня: 32 Кб (16 Кб на данные и 16 Кб на инструкции); кэш второго уровня 256 Кб

(полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (100 МГц); адресная шина 64-разрядная; общая разрядность: 32; разъем FC-PGA2 370.

#### 2001г. Intel® Pentium® 4 (Northwood)



Pentium 4 с ядром Northwood отличается от Willamette большим кэшем второго уровня (512 Кб у Northwood против 256 Кб у Willamette) и применением нового технологического процесса 0,13 мкм. Начиная с частоты 3,06ГГц добавлена поддержка технологии Hyper Threading - эмуляции двух процессоров в одном. Кодовое имя: Northwood. Тех. характеристики:

технология производства: 0,13 мкм; тактовая частота: 1,6-3,06ГГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня 512 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (400-533 МГц); разъем Socket 478.

### 2002г. Intel® Celeron® (Willamette-128)



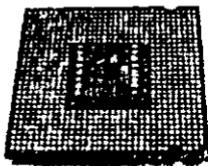
Новый Celeron® выполнен на основе ядра Willamette по 0,18 мкм процессу. Отличается от Pentium® 4 на том же ядре вдвое меньшим объемом кэша второго уровня (128 против 256 Кб). Предназначен для установки в разъем Socket 478. Кодовое имя: Willamette-128. Тех. характеристики: технология производства: 0,18 мкм; тактовая частота:

1,6-2 ГГц; кэш первого уровня: 8 Кб; кэш второго уровня 128 Кб (полноскоростной); процессор 64-разрядный; шина данных 64-разрядная (400 МГц); разъем Socket 478.

### 2005г. Intel® Pentium D® (Smithfield)



размер КЭШа L2



1024x2 Кб; количество ступеней конвейера - 31.

Выполнен по 0,09 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 230 млн.; тактовые частоты от 2800 МГц до 3200 МГц; частота системной шины - 800 МГц; размер КЭШа L1 - 12 тыс. микрокоманд + 16 Кб данных;

### 2005г. Intel® Pentium D 9xx® (Presler)



Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 376 млн.; тактовые частоты от 2800 МГц до 3730 МГц; частота системной шины - 800 МГц, 1066 МГц; размер КЭШа L1 - 12 тыс. микрокоманд + 16 Кб данных; размер КЭШа L2 - 2048x2 Кб; количество ступеней конвейера - 31; максимальное количество инструкций за такт - 4x2.

### 2006г. Intel® Pentium 4 6xx® (Cedar Mill)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 188 млн.; тактовые частоты от 2800 МГц до 3730 МГц; частота системной шины - 800 МГц; размер КЭШа L1 - 12 тыс. микрокоманд + 16 Кб данных; размер КЭШа L2 - 2048 Кб; количество ступеней конвейера - 31; максимальное количество инструкций за такт - 1.

### 2006г. Intel® Core 2 Duo E6xx/X6xx® (Cores)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 291 млн.; тактовые частоты от 1830 МГц до 2930 МГц;

частота системной шины - 1066 МГц; размер КЭШа L1 - 128x2 Кб; размер КЭШа L2 - 2048/4096 Кб; количество ступеней конвейера - 14; максимальное количество инструкций за такт - 4x2.

#### 2006г. Intel® Xeon 50x0® (Dempsey)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 376 млн.; тактовые частоты от 2800 МГц до 3730 МГц; частота системной шины - 1066 МГц; размер КЭШа L1 - 12 тыс. микрокоманд + 16 Кб данных x2; размер КЭШа L2 - 2048x2 Кб; количество ступеней конвейера - 31; максимальное количество инструкций за такт - 4x2.

#### 2006г. Intel® Xeon 51x0® (Woodcrest)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 291 млн.; тактовые частоты от 1600 МГц до 3000 МГц; частота системной шины - 1066 МГц, 1333 МГц; размер КЭШа L1 - 128x2 Кб; размер КЭШа L2 - 4096 Кб; количество ступеней конвейера - 14; максимальное количество инструкций за такт - 4x2.

#### 2006г. Intel® Xeon 53xx® (Clovertown)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 291x2 млн.; тактовые частоты от 1600 МГц до 2660 МГц; частота системной шины - 1066 МГц, 1333 МГц; размер КЭШа L1 - 128x4 Кб; размер КЭШа L2 - 4096x2 Кб; количество ступеней конвейера - 14; максимальное количество инструкций за такт - 4x4.

#### 2006г. Intel® Core 2 Quad E6x0® (Kentsfield)

Выполнен по 0,065 мкм техпроцессу; разъем LGA775; количество транзисторов - 291x2 млн.; тактовые частоты от 2400 МГц до 2660 МГц; частота системной шины - 1066 МГц; размер КЭШа L1 - 128x4 Кб; размер КЭШа L2 - 4096x2 Кб; количество ступеней конвейера - 14; максимальное количество инструкций за такт - 4x4.

## **Поколения процессоров**

За долгие годы развития платформы IBM PC в ней сменился не один десяток моделей процессоров, но все они пока укладываются в восемь поколений. Вот для справки краткий обзор прошедших поколений.

1. Первое поколение было представлено процессорами Intel 8086, работавшими в компьютерах IBM PC. Сегодня о таких компьютерах говорить уже не имеет смысла.

2. На процессорах второго поколения Intel 80286 собирались компьютеры IBM PC AT 286. В конце 80-х годов в России такой компьютер стоил, как две автомашины «Волга», но сегодня приобретать его не стоит даже и в подарок.хлопоты с подбором программного обеспечения, находить которое с каждым днем становится все труднее и труднее, не оправдают достигнутых результатов.

3. С компьютерами IBM PC AT 386, собранными на процессорах третьего поколения Intel 80386, сегодня еще можно работать. Они вполне могут служить «электронной пишущей машинкой» и способны обеспечить терпимую работу в Интернете. Правда, есть общий принцип: чем старее модель, тем труднее добывать для нее нужные программы, тем труднее их настраивать и тем больше знаний и опыта для этого необходимо. Поэтому экономия средств, достигнутая при приобретении столь старого компьютера, отзовется непомерным расходом времени на изучение того, что вряд ли когда-нибудь пригодится.

4. На компьютерах IBM PC AT 486, собранных на процессорах четвертого поколения Intel 80486, сегодня можно работать с современным набором программ, но только с версиями, устаревшими на два-три поколения. В этом случае тоже потребуются затраты времени на изучение того, что уже отошло в прошлое, но они, по крайней мере, не будут бесполезными. Полученный опыт пригодится при освоении новых программ и новых компьютеров.

5. На процессорах пятого поколения (Intel Pentium 60 и Intel Pentium 66) собирались первые компьютеры Pentium. Хотя с технической точки зрения эти процессоры дали много нового, с потребительской точки зрения к ним относится все то же, что сказано о процессорах четвертого поколения.

6. К процессорам шестого поколения относятся модели на основе Intel Pentium 75, 90, 100 и 133. Сегодня они тоже устарели, но еще продолжают работу в системах, ориентированных на разработку деловых документов в офисных программах. Для компьютерных игр они тоже годятся, но далеко не для всех. Компьютеры, собранные на базе процессоров шестого поколения,

можно постепенно модернизировать переходом к процессорам седьмого поколения, увеличением объема оперативной памяти, заменой жесткого диска, видеокарты, звуковой карты, дисководом CD-ROM.

7. Те процессоры, с которыми мы работаем сегодня, относятся к седьмому поколению. Его открыли ныне устаревающие процессоры Intel Pentium MMX, Intel Pentium II, Intel Pentium III, Intel Pentium IV и Intel Pentium Pro.

8. К восьмому поколению — Intel Itanium и Intel Itanium 2, а также AMD Opteron. Это первый 64-разрядный процессор для IBM PC.

Производительность процессора, предназначенного для high-end серверов и суперкомпьютеров в два раза выше производительности процессора Itanium. Отмечается, что высокие показатели стали возможны благодаря новшествам в микроархитектуре и повышению тактовой частоты чипа. Процессор Itanium 2 имеет 3 Мбайт кэш третьего уровня на кристалле, тактовая частота нового процессора составляет 1 ГГц. Системы, оснащенные одним процессором Itanium 2 и чипсетом E8870 в тесте Stream (пропускная способность памяти) должны показать высокие результаты - около 3,7 Гбайт/с, что в 2,5 раза выше показателей систем с процессором Itanium. В середине 2003 года появились Itanium, Madison и Deerfield, в 2004 году — Montecito.

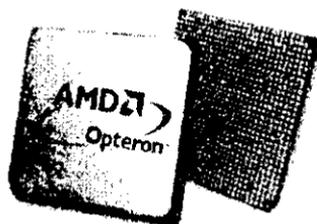


Рис. 5.1. AMD Opteron

22 апреля 2003 года компания AMD выпустила серию серверных процессоров Opteron (см. рис. 5.1), которые используют набор инструкций x86-64 и способны работать как со специально

оптимизированными под новые 64-разрядные инструкции программными продуктами, так и с имеющейся базой 32-разрядных приложений для компьютеров с процессорами на базе набора команд x86.

Ценная поддержка 32-разрядных программ, по замыслу AMD, должна обеспечить рыночное преимущество по сравнению с Intel. Intel выпускает 64-разрядные процессоры Itanium, которые плохо совместимы с распространенными 32-разрядными программами.

Новые процессоры отличаются большей, по сравнению с предшественниками, производительностью. Пиковая производительность процессора Opteron 146 для однопроцессорных конфигураций составляет 7168 млн. теоретических операций в секунду (MTOPS) против 6451 млн. операций у модели 144. В двухпроцессорных конфигурациях производительность компьютера на Opteron 246 достигает 13667 MTOPS против 12300 MTOPS у модели 244. Наконец, сервер на четырех процессорах Opteron 846 выдает 26667 млн. теоретических операций в секунду против 24000 MTOPS у аналогичной машины на Opteron 844.

9. Начиная с 2005 году компания Intel приступила к выпуску процессоров с несколькими ядрами на чипе.

Первые двухъядерные процессоры Intel были основаны на ядре Smithfield, которое является ничем иным, как двумя ядрами Prescott стейпинга E0, объединенными на одном кристалле. Между собой ядра взаимодействуют через системную шину при помощи специального арбитра. Соответственно размер кристалла достиг 206 кв. мм., а количество транзисторов увеличилось до 230 миллионов.

Интересно рассмотреть, как реализована технология HyperThreading в двухъядерных процессорах на ядре Smithfield. Так у процессоров Pentium D поддержка этой технологии полностью отсутствует. Маркетологи Intel посчитали, что два "реальных" ядра вполне достаточно для большинства пользователей. А вот в процессоре Pentium Extreme Edition 840 она включена, и благодаря этому процессор может исполнять 4 потока

команд одновременно. Кстати, именно поддержка HyperThreading является единственным отличием процессора Pentium Extreme Edition от Pentium D. Все остальные функции и технологии полностью одинаковы. Среди них можно выделить поддержку набора команд EM64T, технологии энергосбережения EIST, C1E и TM2, а также функцию защиты информации NX-bit. В результате разница между процессорами Pentium D и Pentium EE является полностью искусственной.

Что касается процессорного ядра Presler, то подчеркнем те технические моменты, которые отличают их от ядра Smithfield. Самый главный факт - на одном ядре Presler размещены два ядра Cedar Mill, которое является ничем иным как ядром Prescott 2M выпущенным по 65 нм техпроцессу (у ядра Smithfield два "обычных" ядра Prescott). Тем самым инженеры Intel воспользовались преимуществом 65 нм техпроцесса, который позволяет либо уменьшить площадь кристалла, либо увеличить кол-во транзисторов.

Впрочем, такое описание ядра Presler не совсем корректно. Дело в том, что под крышкой теплораспределителя можно обнаружить два отдельных процессорных ядра, тогда как Smithfield представлял собой единое ядро (хотя внутри существовало разделение между ядрами). Таким образом, значительно улучшается эффективность производства: появляется возможность для производства одного 2х-ядерного процессора использовать ядра с разных участков пластины (или даже с разных пластин). Кроме того, из-за модульной архитектуры повышается уровень выхода годных кристаллов.

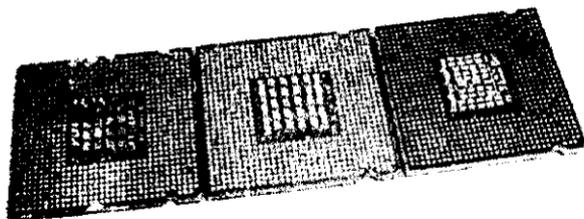


Рис. 5.2. Слева-направо: Prescott 2M, Smithfield, Presler

В преддверии апрельского IDF 2008 года компания Intel провела пресс-брифинг, посвященный следующему поколению чипов Itanium, известному нам под кодовым именем Tukwila, первому шестиядерному процессору Dunnington, новой микроархитектуре Nehalem, а также архитектуре для визуальных вычислений Larrabee Architecture.

В четвертом квартале 2008 года Intel представила миру архитектуру нового поколения – Nehalem, главные особенности и усовершенствования которой в следующем:

- масштабируемость до восьми ядер;
- унаследованная от микроархитектуры Core способность обработки четырёх команд за один тактовый цикл;
- технология параллельной обработки потоков Simultaneous Multi-Threading (SMT)
- интегрированный контроллер памяти (ИКП);
- использование общей кэш-памяти третьего уровня с инклюзивным механизмом вытеснения;
- новая шина общения с внешними устройствами - QuickPath Interconnect (QPI);
- динамическое управление питанием;
- новый набор расширений SSE4.2.

На данный момент максимальное количество ядер в процессорах Intel для настольных систем не превышает четырех. Появление ядра Dunnington во второй половине 2008 года позволит увеличить это число до шести. С внедрением новой микроархитектуры максимальное количество ядер возрастет до восьми, хотя первое поколение процессоров Nehalem, возможно, не будет включать восьмиядерные модели. Возможно, Intel придержит выпуск "восьмиядерников" до 2009 года, когда состоится плановая миграция на новый 32-нм техпроцесс, с помощью которого будет проще производить размещение ядер в кристалле.

В настоящее время в платформах Intel используется внешняя двунаправленная шина, известная нам как FSB (Front-Side Bus). Она представляет собой связующее звено между

процессорными ядрами и чипсетом, который включает контроллер памяти и выступает в качестве точки доступа к другим шинам (например, PCI, AGP и т.п.) материнской платы. Основными способами увеличения производительности системной шины FSB является повышение её частоты и объединение сразу нескольких FSB в одной системе. Для уменьшения нагрузки на FSB компания Intel также оснащает свои процессоры более ёмкой кэш-памятью с большей степенью ассоциативности.

Потенциал FSB иссякает, пришло время внедрять совершенно новую системную архитектуру. В рамках QuickPath Architecture предполагается размещать контроллер памяти непосредственно в процессоре, а также использовать принципиально новую системную шину QuickPath Interconnect. Шина QPI будет использоваться также в процессорах Tukwila (Itanium).

Организация QuickPath Architecture позволяет обеспечить высокоскоростной обмен данными между процессором и внешней памятью, между процессором и концентратором ввода/вывода. Ключевой особенностью архитектуры является применение концепции масштабируемой разделяемой памяти (scalable shared memory) вместо традиционного единого пула памяти, к которому процессоры имеют доступ по единственной шине - FSB. В рамках новой архитектуры каждый CPU будет иметь собственную выделенную память, к которой он будет обращаться напрямую, через свой ИКП. В случае, если процессору потребуется доступ к выделенной памяти другого CPU, он сможет связаться с ней посредством одного из каналов QuickPath Interconnect (Intel обещает, что такой доступ займет ненамного больше времени, так как QPI обеспечивает очень высокую скорость передачи данных). Как и шина HyperTransport, уже несколько лет применяемая в процессорах компании AMD, QPI будет использовать последовательную связь по схеме "точка-точка" (point-to-point), что обеспечит высокую скорость при малой латентности.

Интересно отметить, что QuickPath Architecture не является первой реализацией концепции масштабируемой разделяемой памяти в продуктах Intel. Подобный подход был применён еще в

серверах на базе чипсетов серии Intel 8870 (хотя интегрированный контроллер памяти используется впервые).

Первый шестиядерный процессор под кодовым обозначением Dunnington, основан на 45 нм версии микроархитектуры ядра и судя по всему станет последним представителем этого поколения. Dunnington является решением для многопроцессорных серверов и будут выпускаться как процессоры Intel Xeon. Основные характеристика данной архитектуры следующие:

- шестиядерность;
- 45 нм техпроцесс;
- 1,9 миллиардов транзисторов;
- КЭШ третьего уровня 16МВ.

#### **Разрядность процессора**

Через внешние шины в процессор попадает входная информация --- данные и команды. Данные в соответствии с командами обрабатываются в арифметико-логическом устройстве, результат выводится на внешнюю шину. Чем больше разрядов имеют все схемы процессора, тем больше информации он обрабатывает за единицу времени, то есть от разрядности процессора напрямую зависит производительность компьютера.

Первые процессоры для IBM PC (8086 и 80286) были шестнадцатиразрядными. Начиная с третьего поколения (процессор 80386) они стали 32-разрядными, каковыми и остаются по сей день. 64-разрядными процессорами являются Intel Itanium и AMD Opteron, которые используются в основном в серверных системах.

#### **Частота процессора**

Кроме разрядности важную роль играет так называемая тактовая частота, на которую процессор рассчитан. Тактовая частота измеряется в мегагерцах и гигагерцах. Один мегагерц --- это миллион тактов в секунду, а один гигагерц --- это миллиард тактов в секунду. Соответственно, 100 МГц --- это сто миллионов тактов в секунду. За один такт процессор выполняет какой-то фрагмент вычислительной операции, поэтому чем выше тактовая

частота, тем быстрее процессор обрабатывает поступающие данные.

*А как связана скорость работы процессора с качеством у программ?*

Более быстрый процессор даст возможность программистам по-другому подойти к созданию программ. Возьмем, к примеру такие программы как компьютерные игры: враги будут двигаться так же, как и двигались, но у процессора будет больше возможностей заниматься другими делами, например, звуком и графикой.

Враги станут «натуральнее», и кроме грохота автоматов вы услышите еще и звон отстрелянных гильз, а в будущем, когда появятся устройства для воспроизведения запахов, еще и почувствуете, чем пахнет порох.

А представьте только, какие возможности будут в автоматизации процессов проектирования.

В начале 2003 г. тактовые частоты процессоров достигли 2,2 ГГц (2200 МГц). Сравните эту цифру со всего лишь 4,7 МГц у первых процессоров для IBM PC. Современный процессор работает в несколько сот раз быстрее, чем его прапрадедушка, процессор Intel 8086 (процессор первого персонального компьютера фирмы IBM). Чуть ли не каждый месяц семейство процессоров для компьютеров IBM PC пополняется новыми моделями.

### **Разъемы процессоров**

Несмотря на то, что разговора о материнской плате еще не было, нам придется забежать вперед, потому что процессор не в воздухе висит, а устанавливается в разъем материнской платы. Когда мы покупаем готовый собранный компьютер, нас не беспокоит вопрос, каким разъемом процессор соединяется с материнской платой, но если мы собираемся когда-то в будущем компьютер обновить, а процессор поменять, то неплохо бы все-таки знать, чем мы располагаем.

### **Корпус PGA**

Корпус типа PGA до недавнего времени был самым распространенным. Он использовался, начиная с 80-х годов, для

процессоров 286 и сегодня применяется для процессоров. На нижней части корпуса микросхемы имеется массив штырьков, расположенных в виде решетки. Корпус PGA вставляется в гнездо типа ZIF (Zero Insertion Force— нулевая сила вставки). Гнездо ZIF имеет рычаг для упрощения процедуры установки и удаления чипа.

Для большинства процессоров используется разновидность PGA — SPGA (Staggered Pin Grid Array— шахматная решетка массива штырьков), где штырьки на нижней стороне чипа расположены в шахматном порядке, а не в стандартном — по строкам и столбцам. Это было сделано для того, чтобы разместить штырьки ближе друг к другу и уменьшить занимаемую микросхемой площадь.

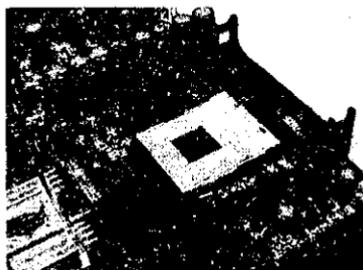


Рис. 5.3. Socket PGA478

### **Корпуса SEC и SEP**

Фактически корпуса всех процессоров, предшествовавших Pentium II, проектировались по принципу "каждому чипу— свое гнездо". При проектировании корпуса процессора Pentium II/III пришлось отказаться от этого подхода; корпус этой микросхемы относится к типу Single Edge Cartridge (SEC— корпус с односторонним контактом). Процессор и несколько микросхем кэш-памяти второго уровня установлены на маленькой плате (очень похожей на память SIMM, только несколько больших размеров), эта плата запечатана в картридж из металла и пластмассы. Картридж вставляется в разъем системной платы, называемый Slot 1, который очень похож на разъем платы адаптера.

Корпус Single Edge Processor (SEP— корпус с одним процессором) является более дешевой разновидностью корпуса SEC. В корпусе SEP нет верхней пластмассовой крышки, а также может не устанавливаться кэш-память второго уровня (или же устанавливается меньший объем). Корпус SEP вставляется в разъем Slot 1. Чаще всего в корпус SEP помещают недорогие процессоры, например, Celeron.

Slot 1 — это разъем системной платы, имеющий 242 контакта. Размеры разъема Slot 1 показаны на рис. 5.4. Корпус SEC или SEP, внутри которого находится процессор, вставляется в Slot 1 и фиксируется специальной скобой. Иногда имеется крепление для системы охлаждения процессора.

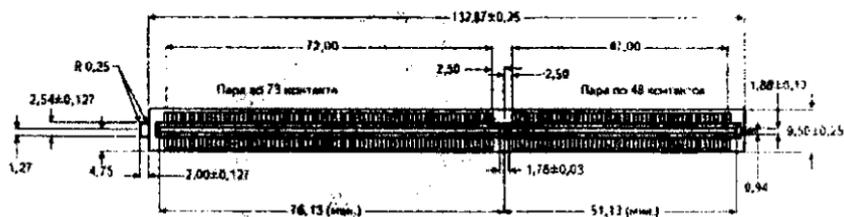


Рис. 5.4. Разъем Slot1 для процессоров Pentium II

### Socket PGA-370

В январе 1999 года Intel анонсировала новое гнездо для процессоров класса P6. Оно получило название Socket PGA-370 и использовался для процессоров Celeron и Pentium II в исполнении PGA (Pin Grid Array). Эту новую разработку можно назвать ответом Intel на создание фирмой AMD гнезда Super 7.

Изначально все процессоры Celeron и Pentium II выпускались в корпусе SECC или SEPP. После того как были разработаны "облегченные" версии этих процессоров (без кэш-памяти второго уровня или с небольшим ее объемом), необходимость использования этих корпусов отпала.

## **Гнезда ZIF**

Коль скоро у пользователей не пропадает желание наращивать вычислительные возможности процессоров, производителям нужно побеспокоиться о том, чтобы процедура установки процессора была как можно проще. Однако, когда Intel разработала спецификацию гнезда Socket 1, оказалось, что для установки процессора в стандартное гнездо Socket 1 нужно приложить усилие (сила вставки), равное 45 кг. Такое большое усилие может легко повредить микросхему или гнездо во время удаления или переустановки. Учитывая этот факт, некоторые изготовители системных плат стали использовать гнездо LIF (Low Insertion Force — небольшая сила вставки); для установки в это гнездо микросхемы со 169-ю контактами обычно требовалось усилие в 27 кг. Однако и усилие в 27 кг может повредить системную плату, кроме того, требуется специальный инструмент для удаления микросхемы из гнезда такого типа. Необходимо было разработать другой тип гнезда, дабы пользователь мог легко заменить центральный процессор.

Таким гнездом стало специальное гнездо ZIP (Zero Insertion Force — нулевая сила вставки). Его начали применять в системных платах вместо гнезда Socket 1. Однако в спецификации гнезда Socket X не указано, относится это гнездо к типу ZIF, LIF или стандартному, а указано лишь расположение контактов. В настоящее время почти все изготовители системных плат используют гнезда типа ZIF. Благодаря им сводится к минимуму риск повреждения при замене процессора — при установке процессора силу вообще прилагать не нужно! Большинство гнезд ZIF имеют рычаг; вы просто поднимаете рычаг, опускаете процессор в гнездо, а затем опускаете рычаг. Заменить процессор при такой конструкции — элементарная задача.

## **Корпус LGA**

Корпус типа LGA (Land Grid Array) представляет собой PGA-корпус, но вместо ножек на процессоре располагаются контактные поверхности.

«Ножки» же теперь располагаются непосредственно на разъеме процессора. Честно говоря, первоначально такая

конструкция разъема процессора показалась не очень удобной. Возникло ощущение, будто новый процессор будет несколько сложнее в установке, да и с точки зрения качества контакта, могут возникнуть вопросы. Но процесс установки нового процессора оказался не только заметно проще, но и безопаснее, с точки зрения случайной поломки контактных ножек, и надежнее, с точки зрения качества контакта.

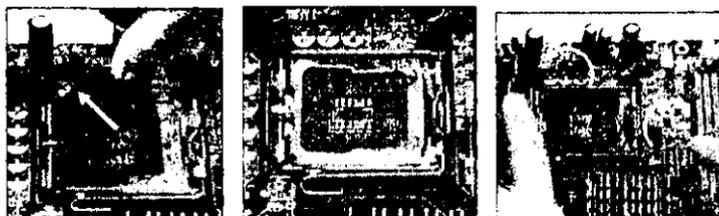


Рис. 5.5. Socket LGA775

#### Разъемы процессора

Socket 7	Используется для процессоров шестого поколения и процессоров Intel Pentium MMX седьмого поколения
Slot 1	Используется для процессоров Intel Pentium II, Intel Pentium III, а также некоторых типов процессора Intel Celeron
Slot 2, Socket 603, Socket 604, Socket LGA 771	Для процессоров Intel Xeon
Socket 370 (FC-PGA)	Для некоторых процессоров Intel Celeron
Socket 478	Для процессоров Intel Pentium IV и некоторых процессоров Intel Celeron
Socket LGA775	Для процессоров Intel Pentium IV, Pentium D, Celeron, Core 2 Duo, Core 2 Quad
Socket LGA 1366	Для процессоров Intel Core i7
Socket A	Для процессоров AMD Athlon
Socket 754	Для процессоров AMD Sempron
Socket F	LGA вариант для процессоров AMD
Socket AM2	Для двухъядерных процессоров AMD Athlon, Sempron
Socket AM2+	Для многоядерных процессоров AMD Phenom

Дело в том, что «ножки» в разьеме LGA имеют специальную конструкцию, которая обеспечивает не только надежный контакт с процессором, но и практически исключает возможность случайной поломки, связанной с неаккуратным обращением со стороны пользователя. Разъем на материнской плате для установки процессора закрыт пластиковой защитной крышкой для предотвращения повреждения контактов. Эту крышку следует снять непосредственно перед установкой процессора (снимать крышку заранее не рекомендуется, чтобы случайно не повредить контакты).

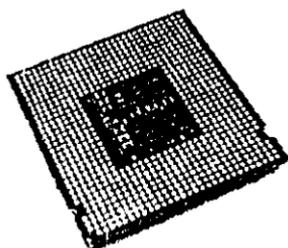


Рис. 5.6. Процессор Intel для Socket LGA775

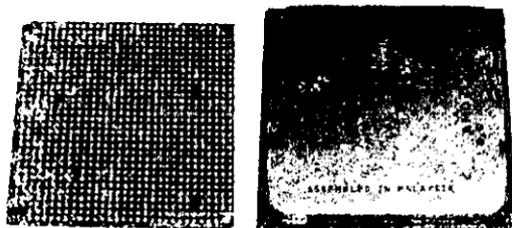


Рис. 5.7. Процессор AMD для Socket M2

Как видите, корпорации меняют разъемы для своих процессоров, «как перчатки». Это особенно неприятно для процессоров Intel Celeron. С одной стороны, они относятся к начальному уровню и рассчитаны на начинающих. С другой стороны, всего за полтора года производитель сделал для них три разных разъема. В таких условиях начинающему трудно сделать

правильный выбор с учетом перспективы, и при ближайшей смене процессора ему придется покупать и новую материнскую плату.

### **Коэффициент внутреннего умножения частоты**

Внутри кристалла процессора сигналы могут циркулировать с огромной частотой, но общаться с внешним миром на той же частоте процессор пока не в состоянии. Поэтому материнская плата компьютера работает на одной частоте, а процессор — на другой, более высокой. Типичные частоты материнских плат сегодня 66, 100 и 133 МГц. Эту частоту процессор получает от материнской платы и использует в качестве «опорной», а внутри себя он умножает ее на определенный коэффициент, в результате чего и получается внутренняя частота. Так, например, процессор Celeron 1800 предназначен для работы с материнской платой, рассчитанной на работу с частотой 100 МГц, имеет внутренний коэффициент умножения, равный 18, а Celeron 2100, соответственно, имеет внутренний коэффициент умножения, равный 21.

### **Кэш-память процессора**

Свои данные для работы процессор получает от оперативной памяти. При этом обратите внимание на то, что внутри микросхемы сигналы обрабатываются с огромной частотой в несколько сот МГц, а все обращения к оперативной памяти происходят с частотой в несколько раз меньшей. Чем выше коэффициент внутреннего умножения частоты, тем эффективнее процессор работает с данными, хранящимися у него внутри, по сравнению с данными, хранящимися снаружи.

Обычно процессор внутри себя почти ничего не хранит. У него совсем немного ячеек, в которых данные обрабатываются (эти «рабочие» ячейки называются регистрами). Поэтому для ускорения работы процессора уже давно (еще с 4-го поколения) была предложена технология кэширования. Кэш — это сравнительно небольшой набор ячеек памяти, выполняющий роль буфера. Когда что-то считывается из общей памяти или записывается в нее, копия данных заносится и в кэш-память. Если те же данные потребуются еще раз, их не надо извлекать издалека — гораздо быстрее взять их из буфера.

Использование кэш-памяти позволило значительно поднять производительность компьютерной системы. Когда для 486-х процессоров впервые была применена технология кэширования, кэш-память располагалась на материнской плате как можно ближе к процессору, причем для этого использовали хоть и небольшие по емкости, но самые «быстрые» по производительности микросхемы.

Сегодня кэш-память устанавливают «пирамидой». Самая быстрая по скорости, но самая малая по объему кэш-память первого уровня входит в состав кристалла процессора. Ее производят теми же технологиями, что и регистры процессора, в результате она оказывается безумно дорогой, но очень быстрой и, главное, надежной. Ее размер измеряется всего лишь десятками Кбайт, но она играет очень важную роль в быстродействии.

Кэш-память второго уровня может располагаться на том же кристалле процессора (в этом случае она работает с частотой ядра процессора), но может располагаться и в отдельной микросхеме рядом с процессором (в этом случае она работает с половинной частотой ядра). Обычно объем кэш-памяти второго уровня измеряется сотнями Кбайт (128/256/512 Кбайт и т.д.).

Самая большая, но и самая медленная кэш-память — это кэш третьего уровня. Ранее располагалась на материнской плате и работала с ее частотой, но уже в процессорах последних архитектур внедряется в кристалл самого процессора и работает на частотах приближенных к тактовой частоте процессора. Ее размеры могут достигать 10-20 Мбайт и более.

Размер кэш-памяти очень сильно влияет на стоимость процессора. Процессоры одной модели и с данной рабочей частотой могут различаться объемом кэш-памяти.

### **Вопросы и задачи**

1. Изложите основные технические параметры ЭВМ.
2. Расскажите об аппаратных средствах ЭВМ.
3. Подберите оптимальную модель процессора с учетом его технических характеристик и обоснуйте выбор.
4. Проанализируйте процессоры Intel.
5. Влияние увеличения частоты процессора на суммарную производительность системы.

## ГЛАВА 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

**6.1. Запоминающие устройства (ЗУ).** Большое влияние на производительность ЭВМ оказывают также характеристики и структура подсистемы памяти, реализуемой совокупностью запоминающих устройств.

К основным параметрам ЗУ относят емкость, быстродействие и удельную стоимость хранения информации.

*Емкость* ЗУ — максимальное количество данных (выраженное в битах, байтах и т. п.), которое может храниться в ЗУ.

*Быстродействие* ЗУ характеризует время, затрачиваемое на запись и считывание информации. Для оценки быстродействия ЗУ используются различные временные соотношения процессов записи и чтения информации. Например, время выборки  $t_{\text{выб}}$  — время от поступления в ЗУ запроса на чтение данных до появления информации на выходных шинах ЗУ; время цикла  $t_{\text{ц}}$  — наименьшее время между двумя последовательными обращениями к ЗУ.

*Удельная стоимость хранения информации* — стоимость хранения единицы информации, учитывающая капитальные и эксплуатационные расходы.

В современных компьютерах используются запоминающие устройства трех основных типов:

- ROM (Read Only Memory). Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), не способное выполнять операцию записи данных.
- DRAM (Dynamic Random Access Memory). Динамическое запоминающее устройство с произвольным порядком выборки.
- SRAM (Static RAM). Статическая оперативная память.

По принципу действия запоминающих элементов (ЗЭ) ЗУ делят на *полупроводниковые, магнитные с неподвижными и подвижными ЗЭ, оптические* и др.

Для СОЗУ и ОЗУ в настоящее время используются в основном полупроводниковые ЗУ, в ВЗУ — магнитные ЗУ с подвижными ЗЭ.

По составу операций обращения к ЗУ различают ЗУ, в которых возможны запись и чтение информации: постоянные, где возможно только чтение информации. Постоянные ЗУ делят на программируемые, в которых возможна только однократная запись информации, и перепрограммируемые, в которых возможна многократная перезапись информации, хотя и с очень малой скоростью.

По организации доступа к информации различают ЗУ с произвольным (прямым) и последовательным доступом. В ЗУ с произвольным доступом [СОЗУ, ОЗУ и накопители на магнитных дисках (НМД)] время поиска информации не зависит или слабо зависит от расположения информации. Для ЗУ с последовательным доступом время поиска информации определяется расположением информации на носителе, как, например, в накопителях на магнитной ленте (НМЛ). При обращении к ЗУ одновременно считывается определенное количество двоичных разрядов, называемое шириной выборки.

По способу размещения и поиска информации ЗУ делят на адресные [где каждой единице информации (байт или слово), хранимой в ЗУ, соответствует некоторый код, однозначно определяющий ее местоположение в памяти] и безадресные (где поиск информации осуществляется не по адресу, а по другим признакам). Среди безадресных ЗУ наиболее распространены ЗУ трех типов:

1) стек (стековая память), в котором информация записывается и считывается через одну и ту же ячейку одномерной области памяти (вершину стека). По мере записи или считывания слова содержимое стека сдвигается. Считывание информации в стеке подчиняется правилу: *первым читается последнее записанное слово*. Это позволяет широко использовать стек для запоминания состояния процессора при обработке прерываний в мини- и микро-ЭВМ;

2) магазинная память — также одномерная память, в которой запись происходит всегда в начальную ячейку, а чтение —

из последней заполненной ячейки. В ней при чтении реализуется правило: *первым читается первое записанное слово*;

3) ассоциативная память, в которой поиск информации осуществляется одновременно во всех ячейках памяти по ее содержанию (ассоциативному признаку). Это позволяет в некоторых случаях существенно ускорить поиск и обработку данных.

### **Память типа ROM**

В памяти типа ROM (Read Only Memory), или ПЗУ, данные можно только хранить, изменять их нельзя. Именно поэтому такая память используется только для чтения данных. ROM также часто называется энергонезависимой памятью, потому что любые данные, записанные в нее, сохраняются при выключении питания. Поэтому в ROM помещаются команды запуска персонального компьютера, т.е. программное обеспечение, которое загружает систему.

Основной код BIOS (Basic Input-Output System – Базовая система ввода-вывода) содержится в микросхеме ROM на системной плате, но на платах адаптеров также имеются аналогичные микросхемы. Они содержат вспомогательные подпрограммы базовой системы ввода-вывода и драйверы, необходимые для конкретной платы, особенно для тех плат, которые должны быть активизированы на раннем этапе начальной загрузки, например, видеоадаптер.

### **Память типа DRAM**

Динамическая оперативная память или ОЗУ (оперативно-запоминающее устройство) (Dynamic RAM — DRAM) используется в большинстве систем оперативной памяти современных персональных компьютеров. Основное преимущество памяти этого типа состоит в том, что ее ячейки упакованы очень плотно, т.е. в небольшую микросхему можно упаковать много битов, а значит, на их основе можно построить память большой емкости. Ячейки памяти в микросхеме DRAM — это крошечные конденсаторы, которые удерживают заряды. Именно так (наличием или отсутствием зарядов) и кодируются биты. Проблемы, связанные с памятью этого типа, вызваны тем, что она

динамическая, т.е. должна постоянно регенерироваться, так как в противном случае электрические заряды в конденсаторах памяти будут “стекать” и данные будут потеряны.

Устройства оперативной памяти иногда называют запоминающими устройствами с произвольным доступом. Это означает, что обращение к данным, хранящимся в оперативной памяти, не зависит от порядка их расположения в ней. Когда говорят о памяти компьютера, обычно подразумевают оперативную память, прежде всего микросхемы памяти или модули, в которых хранятся активные программы и данные, используемые процессором. Однако иногда термин память относится также к внешним запоминающим устройствам, таким как диски и накопители на магнитной ленте. За несколько лет понятие RAM (Random Access Memory) превратилось из обычной аббревиатуры в термин, обозначающий основное рабочее пространство памяти, создаваемое микросхемами динамической оперативной памяти (Dynamic RAM — DRAM) и используемое процессором для выполнения программ. Одним из свойств микросхем DRAM (и, следовательно, оперативной памяти в целом) является динамическое хранение данных, что означает, во-первых, возможность многократной записи информации в оперативную память, а во-вторых, необходимость постоянного обновления данных (т.е., в сущности, их перезапись) примерно каждые 15 мс. Также существует так называемая статическая оперативная память

(Static RAM — SRAM), не требующая постоянного обновления данных. Следует заметить, что данные сохраняются в оперативной памяти только при включенном питании. Термин оперативная память часто обозначает не только микросхемы, которые составляют устройства памяти в системе, но включает и такие понятия, как логическое отображение и размещение. Логическое отображение — это способ представления адресов памяти на фактически установленных микросхемах. Размещение — это расположение информации (данных и команд) определенного типа по конкретным адресам памяти системы.

Во время выполнения программы в оперативной памяти хранятся ее данные. Микросхемы оперативной памяти (RAM)

иногда называют энергозависимой памятью: после выключения компьютера данные, хранимые в них, будут потеряны, если они предварительно не были сохранены на диске или другом устройстве внешней памяти. Чтобы избежать этого, некоторые приложения автоматически делают резервные копии данных.

Физически оперативная память в системе представляет собой набор микросхем или модулей, содержащих микросхемы, которые обычно подключаются к системной плате. Эти микросхемы или модули могут иметь различные характеристики и, чтобы функционировать правильно, должны быть совместимы с системой, в которую устанавливаются.

В устройствах DRAM для хранения одного бита используются только один транзистор и пара конденсаторов. Поэтому они более вместительны, чем микросхемы других типов памяти. В настоящее время имеются микросхемы динамической оперативной памяти емкостью 512 Мбайт и больше. Это означает, что подобные микросхемы содержат более 256 млн транзисторов!

### **Кэш-память — SRAM**

Существует тип памяти, совершенно отличный от других, — статическая оперативная память (Static RAM — SRAM) или кэш-память. Она названа так, потому что в отличие от динамической оперативной памяти (DRAM), для сохранения ее содержимого не требуется периодической регенерации. Но это не единственное ее преимущество. SRAM имеет более высокое быстродействие, чем динамическая оперативная память, и может работать на той же частоте, что и современные процессоры.

### **6.2. Быстродействие оперативной памяти**

Быстродействие оперативной памяти измеряется в наносекундах (миллиардных долях секунды). Быстродействие должно быть согласовано с частотой, на которой работает материнская плата.

### **SDRAM**

Это тип динамической оперативной памяти DRAM, работа которой синхронизируется с шиной памяти. SDRAM (Synchronous DRAM) передает информацию в высокоскоростных пакетах, использующих высокоскоростной синхронизированный

интерфейс. SDRAM позволяет избежать использования большинства циклов ожидания, необходимых при работе асинхронной DRAM, поскольку сигналы, по которым работает память такого типа, синхронизированы с тактовым генератором системной платы.

### **DDR SDRAM**

Память DDR (Double Data Rate — двойная скорость передачи данных) — это еще более усовершенствованный стандарт SDRAM, при использовании которого скорость передачи данных удваивается. Это достигается не за счет удвоения тактовой частоты, а за счет передачи данных дважды за один цикл: первый раз в начале цикла, а второй — в конце. Именно благодаря этому и удваивается скорость передачи (причем используются те же самые частоты и синхронизирующие сигналы).

Существуют две системы измерения быстродействия оперативной памяти: одна применяется для SIMM-модулей, а другая — для DIMM-модулей. Микросхемы памяти для SIMM-модулей имеют время доступа 60, 70, 80 наносекунд — чем меньше, тем лучше (и дороже). Этот параметр обозначает сколько времени нужно для обращения к микросхеме для записи/считывания данных. Чем выше частота основной шины материнской платы, тем меньше должно быть время доступа к памяти. Если материнская плата работает на частоте 66 МГц, память может иметь время доступа 80 нс. Для материнских плат, работающих на частоте 100 МГц время доступа должно быть 60-70 нс. Отдельные экземпляры микросхем памяти 60 нс не могут работать даже и в материнских платах с частотой 133 МГц.

Несколько иная система измерения быстродействия принята для DIMM-модулей. Оно тоже измеряется в наносекундах, но физический смысл у них другой. Характерные значения: 6, 7, 8, 10, 12 нс. Их надо рассматривать как величину, обратную частоте основной шины материнской платы. Так, например, если частота равна 100 МГц, то быстродействие оперативной памяти должно быть до 10 нс. Если частота равна 66 МГц, то подойдет и память 12 нс, а для частоты 133 МГц быстродействие должно быть 6 или 7 нс.

## Модули SIMM и DIMM

Изначально оперативная системная память устанавливалась в виде отдельных микросхем, которые благодаря своей конструкции получили название микросхем с двухрядным расположением выводов (Dual Inline Package — DIP).

В современных системах используются модули памяти с одnorядным расположением выводов (Single Inline Memory Module — SIMM), с двухрядным расположением выводов (Dual Inline Memory Module — DIMM).

Существует, например, два основных типа модулей SIMM: 30-контактный (8 бит плюс 1 дополнительный бит контроля четности) и 72-контактный (32 бит плюс 4 дополнительных бита контроля четности), обладающие различными свойствами. 30-контактный модуль SIMM имеет меньшие размеры, причем микросхемы памяти могут быть расположены как на одной стороне платы, так и на обеих.

Сначала появились восьмиразрядные SIMM-модули памяти — небольшие печатные платы с запаяными на них микросхемами памяти, которые вертикально вставляются в специальные разъемы на материнской плате. Их сменили SIMM-модули с 32-разрядной организацией памяти. Для 196-х компьютеров было достаточно одного такого модуля (вместо четырех 30-контактных), а для «Пентиума» с его 64-разрядной шиной данных количество SIMM-модулей обязательно должно быть четным.

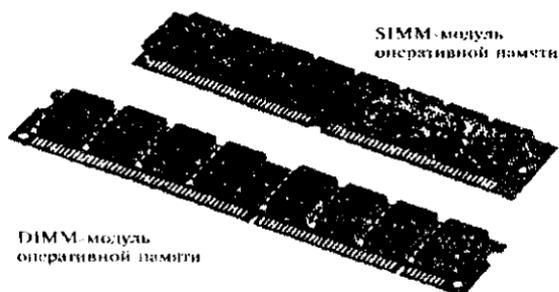


Рис. 6.1. Модули оперативной памяти

В настоящий момент SIMM-модули уже не используются. Технология производства микросхем памяти — одна из самых быстроразвивающихся отраслей микроэлектроники. Еще совсем недавно память работала существенно медленнее процессора, и для обращения к ней использовались циклы ожидания и специальные буферные схемы — кэш-память. SIMM модули памяти, были заменены модулями DIMM, которые работают синхронно с процессором (см. рис. 6.1).

DIMM-модули не обязательно устанавливать парами — их число может быть и нечетным. Наиболее универсальные материнские платы имели разъемы для установки как DIMM-модулей, так и SIMM-модулей, но совмещать их нельзя. То есть микросхемы оперативной памяти должны относиться к одному типу, данное утверждение остается справедливым и по сей день для современных модулей.

Обратите внимание на то, что надежность работы компьютера может зависеть от свойств конкретных модулей. Наилучшим вариантом считается использование одинаковых модулей одного производителя (лучше, если даже из одной партии). Поэтому если у вас на компьютере уже установлен модуль емкостью  $x$  Мбайт, а вы хотите увеличить объем памяти до  $2x$  Мбайт, то наилучшим вариантом было бы продать имеющийся модуль и вместо него приобрести два новых, принадлежащих одной партии, или один большой модуль емкостью  $2x$  Мбайт. Это не требование, а только пожелание. Если такой возможности нет, ничего страшного.

Модулей DIMM существуют на данный момент четыре типа. Модули памяти DIMM обычно содержат стандартные микросхемы SDRAM, DDR SDRAM, DDR II SDRAM, или DDR III SDRAM и отличаются друг от друга физическими характеристиками. Стандартный модуль DIMM имеет 168 выводов, по одному радиусному пазу с каждой стороны и два паза в области контакта. Модули DDR DIMM, в свою очередь, имеют 184 вывода, по два паза с каждой стороны и только один паз в области контакта. Модули DDR II DIMM, в свою очередь, имеют 240 выводов. Ширина тракта данных модулей DIMM может быть равна

64 разрядам (без контроля четности) или 72 разрядам (с контролем четности или поддержкой кода коррекции ошибок ECC).

Модули SDRAM основаны на предвыборке в 1 бит, при этом эффективная частота равна 100 МГц, а частота передачи данных составляет 100 МГц, для DDR I SDRAM основанной на предвыборке в 2 бита, эффективная частота равна 100 МГц, а частота передачи данных составляет 200 МГц, для DDR II SDRAM основаны на предвыборке в 4 бита, эффективная частота равна 200 МГц, а частота передачи данных составляет 400 МГц.

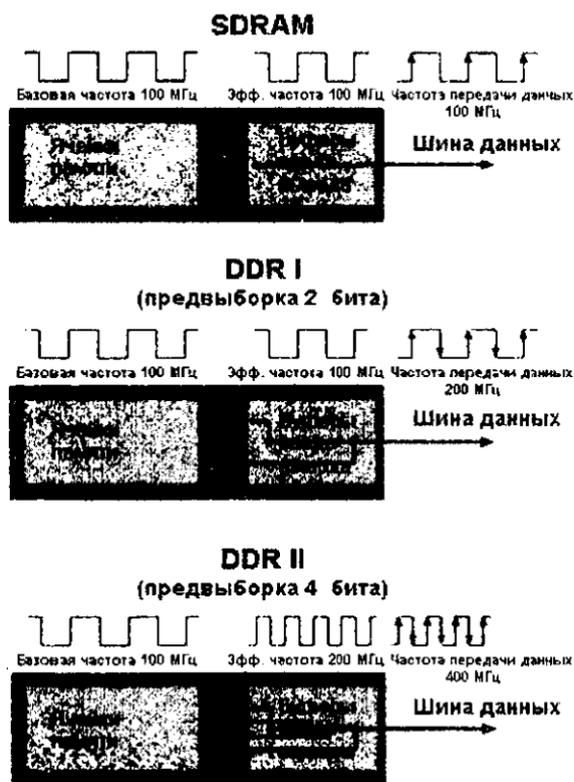


Рис. 6.2. Принципы функционирования оперативной памяти

На каждой стороне платы DIMM расположены различные выводы сигнала. Именно поэтому они называются модулями памяти с двухрядным расположением выводов. Эти модули примерно на один дюйм (25 мм) длиннее модулей SIMM, но благодаря своим свойствам содержат гораздо больше выводов.

А теперь сравним DIMM-модули с DDR-модулями на примере некоторых моделей.

Тип памяти	Частота	Пропускная способность для одноканальной памяти	Пропускная способность для двухканальной памяти
DDR266 (PC2100)	133 МГц DDR	2100 Мб/сек	4200 Мб/сек
DDR333 (PC2700)	166 МГц DDR	2700 Мб/сек	5400 Мб/сек
DDR400 (PC3200)	200 МГц DDR	3200 Мб/сек	6400 Мб/сек
DDR2 400 (PC2 3200)	200 МГц DDR	3200 Мб/сек	6400 Мб/сек
DDR2 533 (PC2 4300)	266 МГц DDR	4266 Мб/сек	8533 Мб/сек
DDR2 667 (PC2 5300)	333 МГц DDR	5333 Мб/сек	10666 Мб/сек
DDR2 800 (PC2 6400)	400 МГц DDR	6400 Мб/сек	12800 Мб/сек

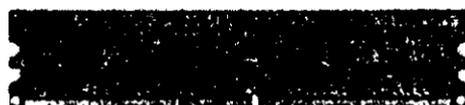
### *Почему компьютер с малым объемом памяти работает медленнее?*

При выборе конфигурации будущего компьютера на оперативной памяти всегда хочется сэкономить. Действительно, зачем покупать 64 Мбайт, если компьютер будет работать и при 16 Мбайт?

А о том, что при этом компьютер будет работать в десять раз медленнее, многие не догадываются. Получается так, что из-за недостатка оперативной памяти все системы тормозятся и деньги, вложенные в них, работают лишь на 10%.

Так почему же компьютер с малым объемом оперативной памяти работает медленнее? Все дело в том, что для современных программ и 16 Мбайт и 64 Мбайт одинаково мало. На самом деле при интенсивной работе с компьютером ему нужны сотни мегабайт памяти. Если он их не находит, то все лишнее, что ему негде

разместить, он отправляет во временное хранилище на жестком диске — это так называемый *файл подкачки*. Запись и считывание происходят порциями. Плату оперативной памяти называют *физической оперативной памятью*. Вся остальная организация оперативной памяти является *виртуальной оперативной памятью*. Сумма же физической и виртуальной памяти есть *полная оперативная память*.



DDR2 DIMM 240 пин



DDR DIMM 184 пина



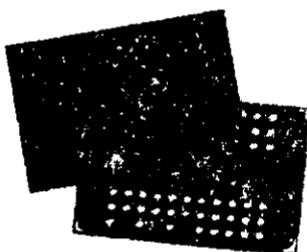
Слот DDR: 184 пина, 2.5В



Слот DDR2: 240 пин, 1.8В



Чип DDR SDRAM в корпусировке TSOP



Чип DDR2 SDRAM в корпусировке BGA

Рис. 6.3. Модули оперативной памяти DDR и DDR2

Жесткий диск — устройство механическое. Оно работает в десятки раз медленнее, чем оперативная память. Чем меньше оперативной памяти, тем чаще происходит обмен с диском, и тем меньше каждая из порций этого обмена. Получается так, что при минимуме памяти, равном 16 Мбайт, обмен происходит практически постоянно. Компьютер только тем и занимается, что терзает жесткий диск. Операции, которые могут выполняться за секунды, растягиваются на минуты. При этом даже небольшое увеличение оперативной памяти способно дать потрясающий эффект.

Если компьютер работает в операционной системе Windows 98, то незначительное увеличение его оперативной памяти с 16 Мбайт до 24 Мбайт в несколько раз повышает его производительность! Не используйте Windows 98 на компьютерах с объемом памяти 16 Мбайт. Либо увеличьте память (хотя бы чуть-чуть), либо отступите назад к операционной системе Windows 95, которая хотя и менее удобна, но работает на компьютерах с объемом памяти от 8 Мбайт и выше.

Есть простое правило для определения рекомендуемого объема оперативной памяти. Решите для себя, с какой операционной системой и с какими программами (в смысле года выпуска) вы будете работать. Узнайте минимальные требования для избранной системы и умножьте их на два.

### **Вопросы и задачи**

1. Изложите основные виды запоминающих устройств.
2. Расскажите о влиянии кэш-памяти на работу системы.
3. Расскажите о видах памяти как технических средств автоматизированного проектирования.
4. Опишите виды оперативной памяти.
5. Влияние быстродействия оперативной памяти на работу всей системы.

## ГЛАВА 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ (ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА)

### 7.1. Материнская плата

Наиболее важные элементы компьютера: центральный процессор, модули памяти и множество микросхем, без которых он не мог бы работать, — размещаются на материнской плате. Это основная плата компьютера, обычно самая большая по размеру. Одновременно материнская плата служит еще и механической основой всей электронной схемы компьютера и несет на себе еще одну важную нагрузку — разъемы для установки дополнительных плат расширения.

Несколькими годами раньше основным параметром, определявшим свойства компьютера, была марка его процессора. Сегодня для большинства бытовых систем это уже не так. Можно сказать, что ныне основным параметром является марка *чипсета* материнской платы. Это связано с тем, что за последние пять лет производительность процессоров возросла в несколько раз, а производительность материнских плат во многом осталась там же, где была, и стала «узким местом» для компьютеров.

#### *Что такое чипсет?*

Говоря кратко, *чипсет* — это микропроцессорный комплект. А если немного более развернуто, то это набор микросхем, необходимых для взаимодействия процессора со всем остальным электронным хозяйством. Когда-то в прошлом материнскую плату покрывала россыпь из многих десятков микросхем. Потом появилась идея свести их в несколько специализированных «заказных» микросхем — полученный комплект и назвали чипсетом. Первые чипсеты обычно состояли из четырех микросхем. Сегодня в основном чипсеты состоят из двух микросхем, одна из которых называется *южным мостом*, а другая, соответственно, *северным*. Если вы взглянете на материнскую плату, то без труда найдете эту пару — это самые крупные

микросхемы после процессора. По их маркировке можно определить производителя и марку чипсета.

Знать производителя и марку чипсета не менее важно, чем производителя и марку процессора, поскольку функциональные возможности компьютера определяет чипсет, а от процессора лишь зависит скорость, с которой эти функции выполняются.

Чипсет материнской платы должен быть согласован с процессором. Это значит, что не всякому процессору подойдет любая материнская плата, и наоборот. Поскольку от чипсета сегодня зависит больше, чем от самого процессора, мы бы рекомендовали при покупке компьютера спрашивать не какой у него процессор, а какой у него чипсет материнской платы.

От чипсета материнской платы, прежде всего, зависят частоты, на которых она может работать. От него зависит и возможный объем оперативной памяти, и количество дополнительных устройств, которые можно подключить к материнской плате.

### *Что такое BIOS?*

BIOS (*Basic Input Output System* — базовая система ввода-вывода) — это одна из важнейших микросхем материнской платы. В ней записаны первичные программы, с которых начинается работа компьютера. Как только на процессор поступает питание, он обращается в эту микросхему за своей самой первой программой и далее уже не прекращает свою работу, пока питание не будет выключено. Если вы видели, как включается компьютер, и обращали внимание на белые буквы, пробегающие на черном фоне сразу после запуска, то знайте, что это вы наблюдали работу программ, записанных в BIOS.

Программы BIOS производят проверку основных систем компьютера сразу после включения, обеспечивают взаимодействие с клавиатурой и монитором, выполняют проверку дисководов и позволяют выполнить некоторые настройки чипсета материнской платы и даже самого процессора. Так, например, если материнская плата может работать с несколькими частотами, то частоту можно задать с помощью переключателей на самой материнской плате или с помощью программы, записанной в BIOS. То же относится к

коэффициенту внутреннего умножения частоты процессора (если она не задана «жестко», как в процессорах Intel Celeron).

У каждого способа управления есть достоинства и недостатки. Например, управлять параметрами материнской платы с помощью перенастройки программ BIOS удобно, поскольку это не требует разборки корпуса системного блока и доступа к материнской плате. С другой стороны, в случае ошибки в назначении параметров можно сделать программы BIOS неработоспособными — тогда компьютер просто не запустится, и восстановить настройки BIOS программным путем уже не удастся. В этом случае спасает настройка BIOS с помощью переключателей на материнской плате.

Микросхему BIOS легко найти. За исключением процессора это единственная микросхема, которая не впаяна в компьютер, а устанавливается на специальной колодке, так что ее можно вынуть и заменить. Самостоятельно этим лучше не заниматься, поскольку физическая смена BIOS — это уже не обслуживание компьютера, а ремонт, который следует выполнять специалистам.

## **7.2. Шины материнской платы**

С прочими устройствами процессор компьютера связан группами проводников, которые называются шинами. По функциям различают три основных шины: шину команд, шину данных и адресную шину. Для 32-разрядных процессоров шина команд — это 32 параллельных проводника, по которым в процессор из оперативной памяти поступают команды из программ. Шина данных в процессорах Pentium и более поздних — 64-разрядная и представлена 64 проводниками. Обратите внимание на то, что, несмотря на некоторые недобросовестные рекламные заявления, это не делает процессор Pentium 64-разрядным, поскольку для разрядности процессора важна не разрядность шины данных, а разрядность шины команд. Адресная шина служит для выбора как команд, так и данных из оперативной памяти. Можно считать, что она является управляющей для двух прочих шин.

### **Главная шина, FSB**

Если забыть о подключении к компьютеру внешних устройств, то можно сказать, что процессор получает команды от

оперативной памяти и обменивается с ней данными. Только память процессор рассматривает как «свое» устройство. Все остальные устройства для него — внешние, даже если они и находятся внутри системного блока. Все шины, связывающие процессор с оперативной памятью, можно рассматривать как одну главную шину.

Она называется шиной FSB (Front Side Bus). Когда говорят о том, что материнская плата работает с частотой 100 (133, 200, 266, 333) МГц, то имеют в виду именно частоту главной шины, на которую опирается процессор (он получает эту частоту и умножает ее на свой коэффициент внутреннего умножения).

### **Шина ISA**

ISA (*Industry Standard Architecture*) — это гениальное решение начала 80-х годов. Это такой стандарт, который позволил «врезать» в главную шину разъемы для подключения дополнительных устройств и работать с ними, как с внутренними.

Эта технология получила название АТ (*Advanced Technology*) и впервые была реализована в компьютерах второго поколения IBM PC AT 286.

Сегодня существуют два стандарта на размещение компонентов компьютера в корпусе: АТ и АТХ. Основным параметром, определяющим «стандартность» корпуса, называется *формфактор*. *Формфактор АТХ* — более современный и потому более предпочтительный. Выбор компьютера с устаревшим *формфактором АТ* может поставить перед проблемами в будущем, когда через несколько лет придет время «обновлять» начинку системного блока. Обстоятельства могут сложиться так, что будет ограничен выбор устройств, которые можно в него вставить или подключить. На глаз различить корпуса АТ и АТХ можно по расположению на задней стенке разъемов, предназначенных для подключения внешних устройств (например, принтера или, скажем, сканера).

До появления этого стандарта первые компьютеры IBM PC почти не работали с внешними устройствами (принтер, джойстик, клавиатура, подключаемый дисковод — вот, пожалуй, и все). После внедрения стандарта ISA появилась возможность легко

устанавливать на материнской плате дополнительные платы для подключения чего угодно — хоть магнитофона, хоть холодильника, хоть бытовой осветительной сети. Дополнительные платы получили название *дочерних плат, карт расширения* или просто *карт*.

Успех шины ISA был основан на том, что тысячи мелких производителей разнообразного оборудования приступили к производству самых различных устройств. Для них архитектура компьютера стала *открытой*. Зная электрические и механические параметры шины ISA, буквально каждый желающий мог развивать и наращивать компьютер. Оглядываясь назад, мы видим, что сегодняшнее повсеместное распространение компьютеров этой далеко не самой лучшей платформы (в мире было много компьютеров гораздо более интересных) многим обязано именно шине ISA. Те компьютеры, которые не имели такого открытого стандарта, просто вымерли, как динозавры, а платформа IBM PC, несмотря на множество врожденных недостатков, успешно развивается уже два десятилетия без заметных усилий со стороны своего создателя, компании IBM.

### **Локальная шина**

Чем больше шина ISA становилась популярной среди производителей всего, чего угодно, тем труднее от нее стало отказаться (большинство материнских плат и сегодня имеют эту шину, несмотря на то, что ей уже 20 лет). Она отработала свое на компьютерах второго и третьего поколения, а на компьютерах четвертого поколения стала сдерживающим фактором. Процессору требовались все более высокие частоты для общения с памятью и их соединили специальной шиной, получившей название локальной. Так, впервые шина ISA была отделена от локальной шины — они стали общаться через «мост». Сегодня функции моста ISA выполняет микросхема «южного моста» чипсета.

### **Шина VLB**

К концу 80-х годов резко возросли требования к компьютерной графике. Она стала такой, что шина ISA уже не справлялась с необходимым потоком данных. Решение искали недолго. Вновь врезали в шину, связывающую процессор с

памятью, специальный разъем, к которому можно было подключить видеокарту. Так, в компьютерах четвертого поколения появилась новая шина — VLB (*VESA Local Bus*).

К локальной шине VLB можно было подключать не только видеокарту, но и другие устройства. При тактовой частоте материнской платы 33 МГц — до трех устройств, при тактовой частоте 40 МГц — до двух, а при частоте 50 МГц — только одно устройство (обычно это была видеокарта).

### **Шина PCI**

Видеокарта — далеко не единственное устройство, требующее высокой скорости обмена данными: есть еще дисководы, сканеры, звуковая карта и многие-многие другие. К началу 90-х годов стало очевидно, что оставаясь в рамках старой архитектуры, заложенной во времена ISA, невозможно развиваться дальше. В 1991 г. корпорация Intel приступила к разработке новой шинной архитектуры — PCI (*Peripheral Component Interconnect*). Шина PCI стала новой локальной шиной в компьютерах пятого поколения, собранных на процессоре Pentium.

### **Что такое plug-and-play?**

Шина PCI стала абсолютно несовместимой с устройствами, выпущенными для ранних шин, но ее высокая производительность и простота настройки оборудования обеспечили быстрое разворачивание производства устройств нового поколения. Важным достоинством этой шины стала возможность создания самоустанавливающихся устройств (*plug-and-play*). Суть этого принципа состоит в том, что после физического подключения дочерней платы к материнской плате происходят автоматическое определение подключенного устройства и выделение ему таких ресурсов, чтобы оно не конфликтовало с другими, ранее установленными устройствами.

### **Интерфейс AGP**

Шина PCI долгое время обеспечивала высокопроизводительный обмен данными с самыми разнообразными устройствами, но, как всегда, пришло время, когда и она перестала удовлетворять производителей оборудования и программ. Как обычно, первыми начали страдать производители

видеокарт. В конце 90-х годов шина PCI стала сдерживать развитие компьютерной графики. Так появился новый интерфейс — AGP (*Accelerated Graphics Port*). Сегодня практически все видеокарты выпускаются для этого стандарта. Они работают с частотой материнской платы (66/100/133 МГц) и обеспечивают производительность в несколько раз более высокую, чем видеокарты PCI.

Стандарт AGP предусматривает несколько режимов производительности: AGP, AGPx2, AGPx4 и AGPx8. Какой именно из этих режимов можно использовать зависит от чипсета материнской платы. В настоящее время широко распространен интерфейс AGPx4 и чипсеты для использования данных видеокарт.

Связь между шиной AGP и основной шиной материнской платы обеспечивает «северный» мост чипсета.

## **PCI Express**

### **Особенности PCI Express**

Последовательная шина PCI Express, разработанная Intel и ее партнерами, призвана заменить параллельную шину PCI и ее расширенный и специализированный вариант AGP.

Несмотря на похожие наименования, шины PCI и PCI Express имеют мало общего. Протокол параллельной передачи данных, используемый в PCI, накладывает ограничения на ширину полосы пропускания и частоту работы шины; последовательная передача данных, примененная в PCI Express, обеспечивает возможность масштабирования (в спецификациях описываются реализации PCI Express 1x, 2x, 4x, 8x, 16x и 32x).

Шина PCI работает на частоте 33 или 66 МГц и обеспечивает пропускную способность 133 или 266 Мб/сек, но эта пропускная способность делится между всеми устройствами PCI. Частота, на которой работает шина PCI Express - 2.5 ГГц, что дает пропускную способность  $2500 \text{ МГц} / 10 * 8 = 250 * 8 \text{ Мбит/сек} = 250 \text{ Мб/сек}$  (из-за избыточного кодирования для передачи 8 бит данных реально передается 10 бит информации) для каждого устройства PCI Express x1 в одном направлении. При наличии нескольких линий для вычисления пропускной способности

величину 250 Мб/сек надо умножить на число линий и на 2, т.к. PCI Express является двунаправленной шиной.

Число линий PCI Express	Пропускная способность в одном направлении	Суммарная пропускная способность
1	250 Мб/сек	500 Мб/сек
2	500 Мб/сек	1 Гб/сек
4	1 Гб/сек	2 Гб/сек
8	2 Гб/сек	4 Гб/сек
16	4 Гб/сек	8 Гб/сек
32	8 Гб/сек	16 Гб/сек

Как правило, в настольных системах (на чипсетах Intel 915 и 925X) будут присутствовать 1 слот PCI Express 16x (предназначен для установки видеокарты; заменяет разъем AGP) и до 4 слотов PCI Express 1x; серверные платы и платы, предназначенные для рабочих станций, будут кроме того иметь слоты PCI Express 4x и 8x.



Рис. 7.1. Порты шины PCI Express

Основой нового интерфейса, как известно, в общем случае будут являться дифференциальные сигнальные пары контактов, совершающие обмен данными по схеме "точка-точка". Благодаря новой топологии мы сразу получаем массу положительных моментов: удешевление конструкции, снижение габаритов, более простая разводка печатных дорожек с упрощенными требованиями к борьбе с паразитными излучениями, и, главное, возможность работы на гораздо более высоких частотах, с поддержкой "горячей" замены периферийных устройств. Уходит в прошлое такой важный для параллельного интерфейса параметр, как нужда в синхронизации сигнальных линий всей шины.

Рассматривая процессы, протекающие в шине на сигнальном уровне, нельзя не отметить уникальные плюсы PCI Express - значительное снижение затухания в линиях передачи и повышенная чувствительность приемной части интерфейса. Из чего напрашивается вывод о менее критичных требованиях к импедансу входных цепей, а также возможность увеличения длины разводки проводников шины - в нынешней версии стандарта PCI-E они лимитируются 12 дюймами для системных плат, 3,5 дюймами для контроллеров и 15 дюймами для межчиповых соединений. При этом не предъявляется никаких дополнительных требований к технологии разводки печатной платы: могут использоваться как обычные 4-слойные PCB толщиной 0,062 дюйма, так и варианты с шестью и более слоями.

Теоретически требования, выдвигаемые стандартом PCI Express, с легкостью могут быть адаптированы для нужд устройств любого уровня - от мобильного телефона до сервера уровня предприятия, а также, в перспективе, могут быть переложены для применения других физических типов носителей. Именно такая гибкость и необходима для интерфейса, собирающегося прослужить стандартом ближайшее обозримое будущее.

Использование новых разъемов и других конструктивных возможностей, оговоренных спецификациями нового стандарта, позволяет говорить об увеличении энергопотребления конечных контроллеров до 75 Вт (при токе до 5,5 А)!

Такие мощные контроллеры потребуют дополнительных мер по отводу тепла из корпуса, зато отпадет нужда в подводке разъемов дополнительного питания, которые так характерны для нынешнего поколения видеокарт AGP 8x.

Системы питания компьютеров с поддержкой разных вариантов PCI Express отличаются от привычных нам спецификаций ATX12 и, скорее, схожи с требованиями, предъявляемыми к питанию серверных систем. Так, привычный 20-контактный разъем питания ATX удлинится и в нем появятся четыре дополнительных контакта, как раз для усиления силовых шин +12 В, 5,0 В и +3,3 В. Соответственно, до 75 Вт повышаются ограничения на питание одного слота в BIOS. При этом нижняя граница мощности для блоков питания устанавливается на уровне примерно 300 Вт. Словом, хотя изменения в цепях питания и не носят такой радикальный характер, как при переходе с AT на ATX, с мыслью о неминуемом апгрейде БП придется свыкнуться.



20-контактный разъем питания



24-контактный разъем питания

### Преимущества PCI Express

Сравнивая возможности господствовавшей многие годы параллельной шины PCI и архитектуру PCI Express, можно выделить пять наиболее значимых преимуществ последней:

- Высокая производительность – повышение пропускной способности версии x1 как минимум вдвое по

сравнению с PCI, возможность линейного наращивания производительности путем линейного расширения шины. Помимо этого, PCI Express является реально дуплексной шиной.

- Упрощение разводки периферии – стандартизация там, где ранее использовались всевозможные варианты PCI - AGP, PCI-X и др.; снижение комплексных затрат на разработку и внедрение систем.
- Уровневая архитектура – основные затраты на развитие PCI Express в дальнейшем ложатся лишь на разработку соответствующей обвязки, можно экономить на возможности работы с прежним программным обеспечением.
- Следующее поколение периферии – PCI Express позволяет реализовать новые возможности обмена данными и мультимедийным контентом за счет изохронной природы передачи (т.е. разнесения отдельных частей сигнала по времени).
- Простота использования – производить апгрейд и доработку систем устройствами PCI Express станет значительно легче. Теперь появится возможность использовать PCI Express карты с "горячим" подключением.

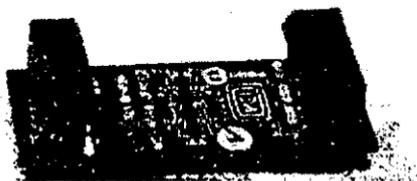
## SLI

SLI –эта аббревиатура изначально расшифровывалась как Scan Line Interleave, что можно перевести как «чередование строк кадра», т.е. способ, при помощи которого несколько графических процессоров семейства 3dfx Voodoo могли совместно работать над рендерингом одного изображения. В настоящее время эта аббревиатура относится к продукции nVidia и означает Scalable Link Interface, «масштабируемый объединительный интерфейс», позволяющий двум видеокартам работать в режиме Multi-GPU Rendering, что, фактически, также означает работу нескольких графических процессоров над одним изображением.

Физически SLI-разъём присутствует на видеокартах с интерфейсом PCI Express, выполненных на базе графических процессоров, которые допускают совместную работу при парной установке в материнскую плату.



В таком случае карты дополнительно соединяются при помощи специального SLI-коннектора (обычно поставляемого с материнской платой).



Работа над одним изображением теперь возможна при помощи двух различных методов, именуемых SFR - Split Frame Rendering, когда каждая карта работает над динамически выделяемым своим участком изображения, и AFR- Alternate Frame Rendering - поочерёдный рендеринг кадров каждым графическим процессором.

Технология SFR даёт больший прирост производительности (в отдельных случаях – до 90%), и, в перспективе, допускает объединение четырёх процессоров.

Для нормальной работы видеокарт в SLI-режиме необходима материнская плата с двумя слотами, допускающими установку PCI Express 16x карт и поддерживающих работу 8 или всех 16 линий PCI Express на каждом из этих слотов. (Существуют нестандартные реализации SLI на «обычных» чипсетах типа i915P, где один PCI-E 16x слот является полноценным, а второй имеет только 4 или даже 2 линии PCI-E. Такие решения официально не поддерживаются nVidia и имеют значительно худшую

производительность и совместимость, нежели «полноценный» SLI).

Однако получаемый при его активации прирост производительности очень сильно зависит от используемого приложения - оно должно быть оптимизировано для работы с SLI, и видсорежима - наибольший прирост достигается в высоких разрешениях с полноэкранным сглаживанием и высокой степенью анизотропии.

### **Интерфейс USB**

До сих пор мы видели, что рождение новых шинных интерфейсов было закономерным ответом на постоянно растущие потребности в перекачке все больших и больших объемов данных между устройствами компьютера. В этой гонке всегда на первом месте были устройства и их потребности, а о человеке и его потребностях, если и не забывали, то, мягко говоря, не слишком их учитывали. В итоге за долгие годы сложилась система, когда для подключения нового устройства к материнской плате нам требуется выполнить ряд весьма неприятных процедур:

1. Разобрать системный блок компьютера.
2. Вставить новую плату в разъем материнской платы.
3. Включить компьютер в надежде, что материнская плата и программное обеспечение компьютера правильно распознают новое устройство.
4. Запустить программу, которая обеспечит правильное взаимодействие компьютера с новым устройством (такая программа называется драйвером), и надеяться, что мы запустили именно то, что нужно (а ошибки, увы, бывают).
5. Проверить, что устройство заработало, и убедиться в том, что оно работает правильно (к сожалению, так происходит не всегда).
6. Собрать системный блок.

Для тех, у кого есть хотя бы минимальный опыт, в этих действиях нет ничего страшного, но нередко установка и настройка нового устройства, даже такого простого, как джойстик, растягивается на несколько часов. Пользователи всегда мечтали о таком шинном интерфейсе, который позволил бы просто воткнуть

разъем и работать, ни о чем не думая, примерно так, как мы втыкаем разъем телефона в гнездо телефонной линии.

Такой интерфейс наконец-то появился. Большинство современных материнских плат имеют так называемую универсальную последовательную шину USB (*Universal Serial Bus*), разъем которой выводится на заднюю стенку системного блока. Подключиться к нему очень просто. Компьютер не надо даже выключать: просто втыкаем разъем в гнездо и сразу можем работать.

Обычно компьютер имеет только пару разъемов USB, но подключать к этой шине можно до 127 устройств. Если нужно подключить более двух устройств, надо просто приобрести *концентратор* (разветвитель) — разъемов сразу станет много больше. С помощью шины USB сегодня подключают клавиатуры, мыши, модемы, сканеры, принтеры. Если когда-нибудь вам захочется, чтобы компьютер управлял гирляндой новогодней елки, моделью железной дороги, стиральной машиной или, например, системой автоматического кормления аквариумных рыбок, шина USB будет наилучшим решением.

Работа с устройствами USB — это тоже одна из функций чипсета материнской платы. Ее выполняет «южный мост».

### 7.3. Интегрированные системы

Как видите, в материнских платах очень многое зависит от чипсета. Он выполняет множество функций, причем с каждым годом их становится все больше. Несколько лет назад в компьютерах можно было найти дочернюю плату дискового контроллера — к ней подключались все дисководы. Сегодня такой платы уже нет. Функции этого контроллера отошли к «северному мосту» чипсета, и все дисководы подключаются к материнской плате напрямую. То же самое произошло со специальной платой, к которой подключали принтер. Сегодня все порты для подключения внешних устройств входят в состав материнской платы.

Чипсеты развиваются и интеграция продолжается. Сегодня все чаще встречаются материнские платы, чипсеты которых способны выполнять функции видеокарты и (или) звуковой карты. Обычно на таких материнских платах собираются компьютеры

нижнего ценового уровня. Экономия достигается за счет того, что материнская плата, имеющая интегрированный звук и видео, стоит дешевле, чем сумма трех аналогичных компонентов, приобретаемых порознь. Пример интегрированной системы представлен на рис. 7.2.

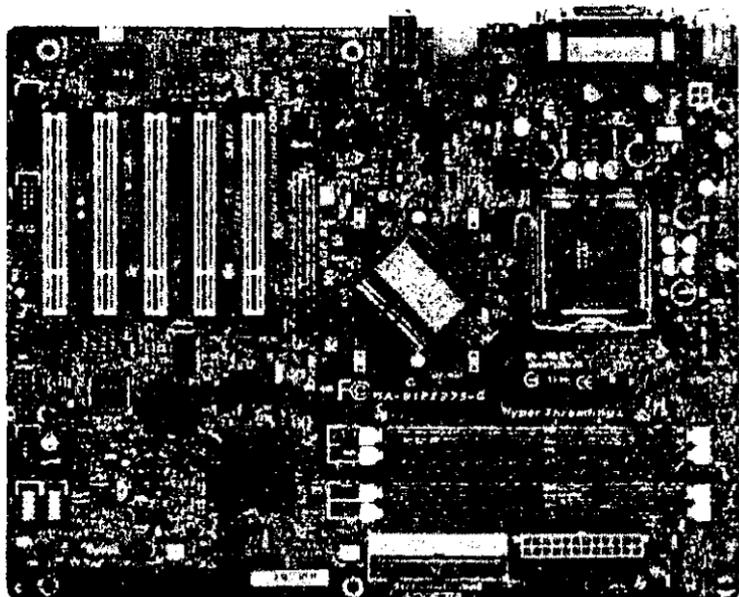


Рис. 7.2. Материнская плата Gigabyte GA-8IPE775-G (чипсет – Intel 865, разъем для процессора - Socket LGA775, частота FSB – 200 МГц, AGPx8, четыре разъема для DDR, пять разъемов для PCI, четыре разъема для USB, формфактор - ATX)

#### 7.4. Периферийные устройства ЭВМ

Периферийные устройства ЭВМ — устройства ЭВМ, используемые для ввода, вывода, подготовки данных и запоминания больших объемов информации. Отличительная особенность ПУ в том, что они в процессе работы преобразуют форму представления информации, не изменяя ее содержания.

Быстрое совершенствование центральных устройств ЭВМ, уменьшение их размеров, постоянное снижение стоимости привели к возрастанию роли ПУ. Так, уже сейчас стоимость ПУ составляет большую часть стоимости ЭВМ, а их габаритные размеры определяют размеры помещения для установки ЭВМ. В значительной мере это объясняется тем, что ПУ в основном электромеханические устройства, быстродействие, надежность, габаритные размеры и другие характеристики которых ограничены.

Ниже будут рассмотрены ПУ, которые обычно входят в типовую комплект устройств ЭВМ (внешние запоминающие устройства, устройства ввода — вывода информации, устройства подготовки данных).

**7.5. Внешние запоминающие устройства.** Они позволяют увеличить емкость памяти ЭВМ до десятков и сотен гигабайтов, что необходимо для САПР, оперирующих с большими объемами справочной и проектной информации. Эти ЗУ внешние по отношению к ОЗУ и поэтому называются внешними (ВЗУ). Данные, хранящиеся в ВЗУ, непосредственно центральным процессором не обрабатываются. В ходе вычислительного процесса ВЗУ осуществляют двусторонний обмен информацией с ОЗУ. Поэтому для ВЗУ используются те же принципы обмена данными, что и для других ВУ.

Наиболее быстродействующим ВЗУ является накопитель на магнитном диске (НМД), имеющий большую емкость и достаточное быстродействие.

НМД является устройством с прямым доступом, в котором применяется система адресации, позволяющая обращаться к любым частям массивов данных. В этом случае время поиска незначительно зависит от местоположения искомой единицы информации на носителе.

Накопители на магнитных дисках используются для оперативного хранения больших массивов информации. Как правило, на магнитных дисках (МД) хранятся многократно используемые программы, справочные данные и т. п. Накопители на магнитном диске имеют большую емкость и малое

время поиска при сравнительно невысокой стоимости хранения бита информации.

### **HDD — жесткий диск**

HDD (Hard Disk Drive) — главное хранилище всех наших программ и информации. В обиходе его называют «винчестером». Внутри жесткого диска с большой скоростью вращаются диски, покрытые магнитным слоем. По поверхностям этих дисков перемещаются головки чтения/записи. Диски и головки размещены в герметичном и прочном корпусе.

Жесткий диск — сложное устройство «высоких технологий». Он требует аккуратного обращения и соблюдения правил эксплуатации. Во время вращения дисков с высокой скоростью между их поверхностями и головками чтения/записи возникает тонкая воздушная подушка, предотвращающая касание (и повреждение) головок магнитного слоя дисков. При ударе или сильном толчке головка может коснуться поверхности диска и повредить магнитный слой. В некоторых случаях повреждается и сама головка.

Воздушный зазор между головкой и диском настолько мал, что сквозь него не проходят даже мельчайшие твердые частицы, содержащиеся в табачном дыме, не говоря об обычной пыли. Такие частицы способны проникать сквозь вентиляционные отверстия в герметичном корпусе винчестера, несмотря на фильтры, которыми они закрыты. В результате эксперты установили, что в запыленном или прокуренном помещении жесткие диски выходят из строя гораздо быстрее.

Современные жесткие диски имеют объем до 500 Гбайт и более. Такого объема хватает на двое суток непрерывной записи MPEG2 (формат видео).

Данные с жесткого диска передаются медленнее, чем из оперативной памяти, зато остаются на нем после выключения питания. Впрочем, скорость работы жестких дисков все-таки выше, чем у большинства других внешних (механических) запоминающих устройств.

В большинстве обычных персональных компьютеров применяются жесткие диски типа IDE. IDE (он же EIDE, ATA,

ATAPI) — это тип интерфейса — программного и аппаратного способа подключения жесткого диска к шине материнской платы. Интерфейс EIDE позволяет подключить до четырех устройств такого типа (кроме жестких дисков это могут быть дисководы для лазерных дисков — CD-ROM).

В тех случаях, когда предъявляются повышенные требования к производительности системы, используют интерфейс, обеспечивающий более высокую скорость передачи данных между жестким диском и основной шиной материнской платы — так называемый интерфейс SCSI. Кроме большей производительности он интересен тем, что позволяет подключать к системе до 16 устройств SCSI. В связи с тем, что устройства этого типа заметно дороже, интерфейс SCSI применяется, как правило, в служебных компьютерах и очень редко — в бытовых.

Дисковые накопители используют как в стационарных системах, так и в портативных системах. В портативных системах, кроме емкости и скорости передачи данных, важную роль играют габариты и вес дискового накопителя, а также стабильность к ударной нагрузке.

#### **Интерфейсы IDE для различных системных шин**

В настоящее время используются только версии интерфейсов ATA и Serial ATA.

IDE (Integrated Drive Electronics) представляет собой обобщающий термин, применимый практически к каждому дисководу со встроенным контроллером. В настоящий момент интерфейс IDE получил официальное название ATA (AT Attachment), принятое в качестве стандарта ANSI. Название ATA, относящееся к оригинальной параллельной версии интерфейса, обозначает жесткий диск, подключенный непосредственно к шине AT, которая более известна как 16-разрядная шина ISA. ATA является 16-разрядным параллельным интерфейсом, т.е. по кабелю интерфейса одновременно передается 16 бит. В начале 2001 года был официально представлен новый интерфейс, получивший название Serial ATA. Serial ATA (SATA) одновременно передает по кабелю не более одного бита данных, что позволяет значительно уменьшить сечение и длину используемого кабеля за счет

повышения частоты передачи данных. SATA представляет собой совершенно новую конструкцию физического интерфейса, сохранившую при этом программную совместимость с параллельным интерфейсом ATA.

### Стандарты ATA

Стандарт ATA был принят в марте 1989 года Комитетом по стандартам при ANSI. Для создания стандартов Serial ATA была сформирована группа, получившая название Serial ATA Workgroup, в которую вошли многие специалисты Комитета по стандартам. Эволюция параллельного интерфейса ATA завершилась последней спецификацией ATA-6 (ATA/100).

Таблица

#### Стандарты ATA

Стандарт	Срок использования	PIO	DMA	UDMA	Быстродействие, Мбайт/с	Свойства
ATA-1	1986–1994 гг.	0–2	0	-	8,33	
ATA-2	1995–1996 гг.	0–4	0–2	-	16,67	Трансляция CHS/LBA для работы с дисками емкостью до 8,4 Гбайт
ATA-3	1997 г.	0–4	0–2	-	16,67	Поддержка технологии S.M.A.R.T.
ATA-4	1998 г.	0–4	0–2	0–2	33,33	Режимы Ultra-DMA, поддержка дисков емкостью до 137,4 Гбайт на уровне BIOS
ATA-5	1999–2000 гг.	0–4	0–2	0–4	66,67	Режимы Faster UDMA, новый 80-контактный кабель с автоопределением
ATA-6	2001 г.	0–4	0–2	0–5	100,00	Режим UDMA с быстродействием 100 Мбайт/с; поддержка дисков емкостью до 144 Гбайт на уровне BIOS

*SMART* -- Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology.

*Гбайт* -- Гигабайт; 1 Гбайт равен 1 квадратному байт.

*CHS* -- Cylinder Head Sector.

*LBA* -- Logical Block Address.

*UDMA* -- Ultra DMA (Direct Memory Access).

На данный момент были рассмотрены и утверждены следующие стандарты ATA:

ATA-1 (1988–1994 гг.);

ATA-2 (1996 г., также называется Fast-ATA, Fast-ATA-2 или EIDE);

ATA-3 (1997 г.);

ATA-4 (1998 г., также называется Ultra-ATA/33);

ATA-5 (1999 г., также называется Ultra-ATA/66);

ATA-6 (2000 г., также называется Ultra-ATA/100).

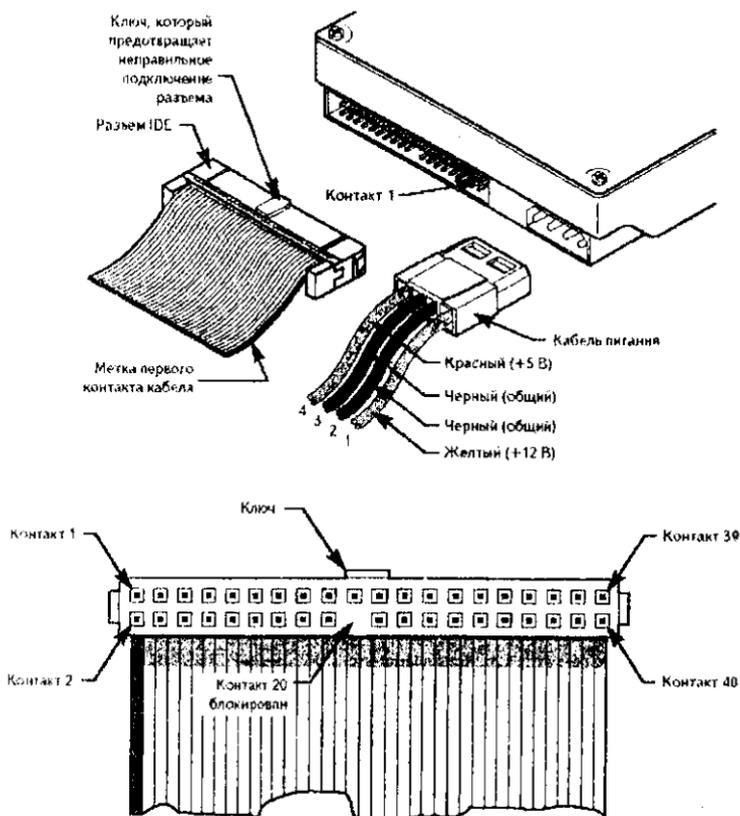


Рис. 7.3. Принцип подключения жестких дисков стандарта ATA

Все версии стандарта ATA обратно совместимы, т.е. устройства ATA-1 или ATA-2 будут прекрасно работать с интерфейсом ATA-4 или ATA-5. Каждый последующий стандарт ATA основан на предыдущем. Это означает, что стандарт ATA-5, например, полностью повторяет функциональные особенности ATA-6, за исключением некоторых моментов.

Разъем IDE на системной плате во многих компьютерах представляет собой просто “усеченный” разъем шины расширения. В стандартном варианте ATA IDE используются разъемы с 40 контактами из возможных 98, имеющихся в разьеме 16-разрядной шины ISA.

В настоящее время применяется два типа кабелей — 40- и 80-жильные. В обоих используются 40 контактные разъемы, а остальные проводники в 80-жильном кабеле заземлены. Такое конструктивное решение позволяет снизить уровень помех в высокоскоростных интерфейсах UltraATA/66 или UltraDMA/66. Новый 80-жильный кабель обратно совместим с 40-жильным, так что лучше использовать именно этот тип кабеля, причем независимо от интерфейса установленного накопителя.

#### **Двухдисквая конфигурация (подключение двух жестких дисков)**

Установка двух накопителей IDE в одном компьютере может оказаться проблематичной, так как каждый из них имеет собственный контроллер и оба они должны функционировать, будучи подключенными к одной шине. В стандарте ATA предусмотрен способ организации совместной работы двух последовательно подключенных жестких дисков. Статус жесткого диска (первичный или вторичный) определяется либо путем перестановки имеющейся в нем перемычки или переключателя (с обозначением Master для первичного и Slave для вторичного), либо подачей по одной из линий интерфейса управляющего сигнала CSEL (Cable SElect — выбор кабеля). При установке в системе только одного жесткого диска его контроллер реагирует на все команды, поступающие от компьютера. Если жестких дисков два (а следовательно, и два контроллера), то команды поступают на оба контроллера одновременно. Их надо настраивать так, чтобы

каждый жесткий диск реагировал только на адресованные ему команды. Именно для этого и служит перемычка (переключатель) Master/Slave и управляющий сигнал CSEL.

Каждому из контроллеров двух жестких дисков необходимо сообщить его статус — первичный или вторичный. В большинстве новых накопителей используется только один переключатель (первичный/вторичный), а на некоторых еще и переключатель существования вторичного диска (slave present).

Все необходимые для правильной работы накопителя положения переключателей приводятся в документации к накопителю.

### **Serial ATA**

С появлением стандарта ATA-6 могло показаться, что используемый более 10 лет параллельный интерфейс ATA уже выходит из игры. Передача данных, осуществляемая по шлюскому кабелю со скоростью более 100 Мбайт/с, порождает множество проблем, связанных с синхронизацией сигнала и электромагнитным излучением. Их решением стал новый последовательный интерфейс ATA (Serial ATA), пришедший на смену параллельному интерфейсу физических накопителей. Serial ATA обратно совместим на программном уровне, т.е. ранее используемое программное обеспечение взаимодействует с новой архитектурой без каких-либо ограничений. Другими словами, существующая базовая система ввода-вывода, операционные системы и утилиты, работающие с параллельным ATA, точно так же будут работать и с последовательным интерфейсом. Serial ATA поддерживает все существующие устройства ATA и ATAPI, в число которых входят дисководы CD-ROM, CD-RW и DVD, накопители на магнитной ленте, дисководы SuperDisk, а также накопители других типов, поддерживаемые в настоящее время параллельным ATA. Существуют, конечно, определенные физические различия: нельзя, например, подключить дисководы стандарта ATA к хост-адаптерам последовательного интерфейса ATA или наоборот. В Serial ATA используются более узкие 7-контактные кабели, позволяющие упростить схему подключения системных компонентов и уменьшить габариты кабельных

разъемов. Конструкция микросхемы Serial ATA отличается уменьшенным количеством контактов и пониженным напряжением питания. Все эти изменения позволили избежать многих проблем, характерных для параллельного интерфейса ATA.

Максимальная длина кабеля SATA достигает одного метра (39,37 дюйма), что значительно больше 18-дюймового максимума для параллельного интерфейса ATA. Скорость передачи данных последовательного интерфейса, использующего более узкий, длинный и менее дорогой кабель, равна 150 Мбайт/с (в полтора раза больше скорости передачи параллельного ATA/100). В версиях SATA II эта скорость увеличилась до 300, для SATA III - 600 Мбайт/с.

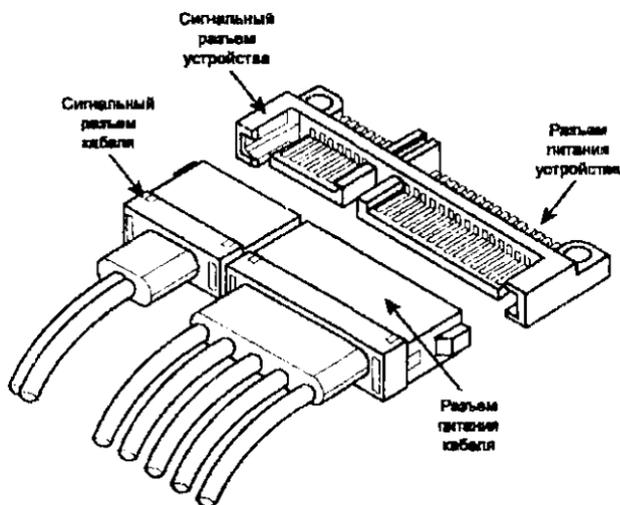


Рис. 7.4. Принцип подключения жестких дисков стандарта SATA

Для кодирования и декодирования данных, передаваемых по кабелю, Serial ATA использует специальную схему шифрования, получившую название 8B/10B. Первоначально код 8B/10B был разработан (и запатентован) компанией IBM в начале

1980-х годов для использования в быстродействующей передаче данных. В настоящее время эта схема используется во многих высокоскоростных стандартах передачи данных, включая Gigabit Ethernet, Fibre.



Рис. 7.5. Винчестер Hitachi Travelstar

#### **FDD — накопитель на гибких дисках**

FDD (Floppy Disk Drive) — устройство для чтения/записи гибких дисков (флоппи-дисков, дискет). Раньше применялись магнитные диски двух размеров — 5,25" (133 мм) и 3,5" (89 мм) в диаметре. Программы всегда поставлялись на таких дисках. Сейчас пятидюймовые диски давно исчезли, а трехдюймовые в связи с широким распространением лазерных дисков (CD-ROM) используются в основном для переноса информации между компьютерами. На гибком диске размером 3,5" можно записать до 1,44 Мбайт информации.

За долгие годы своего существования дисковод гибких дисков стал настолько стандартным устройством, что к его выбору нет никаких претензий. Берите то, что дают, и, скорее всего, он будет прекрасно работать десять лет. Опыт показывает, что это самое долгоживущее устройство компьютера.

То, что сказано о надежности дисковода 3,5", совершенно не относится к дискетам 3,5". В зависимости от производителя (и

от цены) рассматривайте их либо как не совсем надежное устройство, либо как совсем безнадежное.

1. Главный враг дискет — пыль. Когда-то в далеком прошлом, когда дискеты были весьма дорогими и покупка одной коробки была праздником, каждая дискета лежала в отдельном пластиковом пакетики, защищавшем ее от пыли. Лет пять назад производители дискет от таких пакетиков отказались и срок их жизни уменьшился на порядок. Достаточно один раз перевезти незащищенную дискету в кармане, чтобы она вышла из строя.

2. Не заворачивайте дискеты в бумагу — бумага очень пыльная среда. Лучший вариант — использовать для транспортировки чистую алюминиевую фольгу, которая к тому же защитит от внешних магнитных полей в трамвае или метро.

3. Если есть возможность выбора, берите дискеты в пластмассовых коробках. Они не «пылят» и дискеты в них намного дольше «живут».

4. Не покупайте без особых причин дискеты неизвестных производителей. Лучшими марками считаются BASF и Verbatim, хотя и у них бывают подделки. Обратите внимание на дискеты Verbatim с тефлоновым покрытием. Они стоят заметно дороже, но такое покрытие защищает их и от пыли, и от подделки.

5. При хранении или транспортировке на дискетах ценных данных всегда выполняйте две копии. Передача одной копии документа (например, выпускной работы) на пяти-семи дискетах неизвестного производителя практически никогда не бывает успешной. Не удаляйте переданную информацию со своего компьютера до тех пор, пока получатель информации не сообщил о том, что она его достигла.

6. Получая что-то на дискетах, немедленно проверяйте их работоспособность и тут же копируйте содержимое на компьютер (не факт, что дискета успешно прочитается завтра).

### **Дисковод CD-ROM**

Дисковод CD-ROM, как и звуковая карта, относится к мультимедийному оборудованию (см. рис. 7.6). Эта пара (ее еще называют *мультимедийным комплектом*) стала одним из наиболее поздних компонентов компьютерной системы.



Рис. 7.6. Дисковод CD-ROM

Один компакт-диск (лазерный диск) имеет емкость порядка 650 Мбайт, то есть заменяет 450 трехдюймовых гибких дисков. При этом надежность хранения информации на нем гораздо выше. Например, он не боится магнитных полей, старения и даже мелких царапин. Главный недостаток CD-ROM — невозможность перезаписи информации; он предназначен только для чтения, но это не так обидно, когда знаешь о возможности приобретения тысяч наименований готовых дисков.

Производители дисководов CD-ROM постоянно улучшают их скоростные характеристики. Сегодня компьютеры комплектуются 32-, 40-, 50-скоростными дисководами, хотя до сих пор применяются и более медленные устройства.

Дисковод CD-ROM подключается к материнской плате аналогично жесткому диску и, как и он, бывает одного из двух общепринятых стандартов подключения: SCSI или IDE (ATA, ATAPI).

Дисководы CD-ROM с интерфейсом SCSI работают быстрее, но и дороже стоят. Их удобно добавлять в систему, уже оснащенную SCSI-шиной, то есть, если в компьютере уже установлен жесткий диск SCSI. К ленточному кабелю (шлейфу) интерфейса SCSI, кроме жесткого диска, можно подключить еще шесть SCSI-устройств, в том числе и дисковод CD-ROM. Иногда интерфейсом SCSI (или IDE) может быть оснащена звуковая плата — тогда дисковод можно подключить к ней.

## **Накопители DVD**

DVD (Digital Versatile Disc) — это цифровой универсальный диск или, проще говоря, компакт-диск высокой емкости. Фактически каждый накопитель DVD-ROM является дисководом CD-ROM, т.е. накопители этого типа могут читать как обычные компакт-диски, так и диски DVD. Цифровые универсальные диски используют ту же самую оптическую технологию, что и компакт-диски, и отличаются только более высокой плотностью записи.

Стандарт DVD значительно увеличивает объем памяти и, следовательно, объем приложений, записываемых на компакт-дисках. К сожалению емкости диска CD-ROM, уже недостаточную для многих современных приложений, особенно при активном использовании видео. Диски DVD, в свою очередь, могут содержать до 4,7 Гбайт (однослойный диск) или 8,5 Гбайт (двухслойный диск) данных на каждой стороне диска, что примерно в 11,5 раза больше по сравнению со стандартными компакт-дисками. Емкость двухсторонних дисков DVD, конечно, в два раза выше односторонних. Однако в настоящее время для считывания данных со второй стороны приходится переворачивать диск. В соответствии с оригинальным стандартом диск DVD является односторонним, однослойным и содержит 4,7 Гбайт информации. Новый диск имеет такой же диаметр, как современные компакт-диски, однако он в два раза тоньше (0,6 мм). Применяя сжатие MPEG-2, на новом диске можно разместить 135 минут видео — полнометражный фильм с тремя каналами качественного звука и четырьмя каналами субтитров. Значение емкости диска не случайно: стандарт создавался в ответ на требования представителей киноиндустрии, давно искавших недорогую и надежную замену видеокассетам.

В настоящее время существует четыре основных типа дисков DVD, которые классифицируются по количеству сторон (одно- или двухсторонние) и слоев (одно- и двухслойные).

- DVD-5 — односторонний однослойный диск емкостью 4,7 Гбайт. Состоит из двух соединенных друг с другом подложек. Одна из них содержит записанный слой, который называется нулевым слоем, вторая совершенно

пуста. На однослойных дисках обычно используется алюминиевое покрытие.

DVD-9 — однослойный двухслойный диск емкостью 8,5 Гбайт. Состоит из двух штампованных подложек, соединенных таким образом, что оба записанных слоя находятся с одной стороны диска; с другой стороны располагается пустая подложка. Внешний (нулевой) штампованный слой покрыт полупрозрачной золотой пленкой, которая отражает лазерный луч, сфокусированный на данном слое, и пропускает луч, который сфокусирован на нижнем слое. Для считывания обоих слоев используется один лазер с изменяемой фокусировкой.

DVD-10 — двухсторонний однослойный диск емкостью 9,4 Гбайт. Состоит из двух штампованных подложек, соединенных друг с другом тыльными сторонами. Записанный слой (нулевой слой на каждой стороне) обычно имеет алюминиевое покрытие. Обратите внимание, что диски этого типа являются двухсторонними; считывающий лазер находится в нижней части накопителя, поэтому для чтения второй стороны диск необходимо извлечь и перевернуть.

DVD-18 — двухсторонний двухслойный диск емкостью 17,1 Гбайт. Объединяет в себе два слоя записи на каждой стороне. Стороны диска, каждая из которых формируется двумя штампованными слоями, соединяются вместе тыльными частями друг к другу. Внешние слои (слой 0 на каждой стороне диска) покрыты полупрозрачной золотой пленкой, внутренние слои (слой 1 на каждой стороне) имеют алюминиевое покрытие. Отражательная способность однослойного диска составляет 45–85%, двухслойного — 18–30%. Различные отражающие свойства компенсируются схемой автоматической регулировки усиления (APU).

Центральное отверстие диска DVD имеет диаметр 15 мм, а 6 краев расположены в радиусе 7,5 мм от центра диска.

Область фиксирования диска (Hub Clump Area — HCA) начинается от края центрального отверстия и заканчивается на расстоянии 16,5 мм от центра диска. Начальная (или нулевая) область начинается в 22 мм от центра диска. Область данных начинается в радиусе 24 мм и завершается конечной (или средней) областью, расположенной на расстоянии 58 мм от центра диска. Формально дорожка диска заканчивается на расстоянии 58,5 мм от его центра; затем следует буферная зона шириной 1,5 мм.

Односкоростные (1x) накопители DVD-ROM обеспечивают скорость передачи данных, равную 1,385 Мбайт/с, что эквивалентно скорости передачи данных 9x CD-ROM (скорость передачи данных дисководов 1x CD-ROM составляет 153,6 Кбайт/с, или 0,1536 Мбайт/с). Хотя это не означает, что накопитель 1x DVD-ROM может читать компакт-диски в девять раз быстрее: скорость вращения накопителей DVD лишь в три раза больше скорости вращения подобных накопителей CD-ROM. Таким образом, накопитель 1x DVD имеет примерно ту же скорость вращения, что и накопитель 2,7x CD-ROM. В технических характеристиках DVDROM обычно указываются два параметра, один из которых определяет скорость чтения дисков DVD, а второй — скорость чтения компакт-дисков. Например, если накопитель DVDROM имеет параметр 16x/40x, то он определяет скорость чтения дисков DVD и компакт-дисков соответственно.

### **Вопросы и задачи**

1. Изложите основные аспекты работы материнской платы.
2. Опишите шины материнской платы и их работу.
3. Дайте основные понятия интегрированных систем.
4. Расскажите о периферийных устройствах ЭВМ.
5. С какими параметрами должен быть жесткий диск для обеспечения максимально возможного быстродействия системы?
6. Проанализируйте накопители со съемными дисками и охарактеризуйте накопитель и его диски.
7. Подберите оптимальную конфигурацию системы с учетом ее последующей модернизации. Дайте полное обоснование подобранной конфигурации.

## ГЛАВА 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: МАШИННАЯ ГРАФИКА

### 8.1. Машинная графика

Важное место в САПР машиностроительных объектов занимают графические системы. Как правило, графическая система строится на основе некоторого базового обеспечения.

В предыдущих лекциях были рассмотрены некоторые виды видеокарт и способы подключения их к материнской плате, так что пришло время поговорить о видеоадаптерах.

#### Видеоадаптеры

Видеоадаптеры прошли долгий путь совершенствования от первых персональных компьютеров, где в качестве монитора использовались бытовые телевизоры, до современных, превращающих компьютер в мощную графическую станцию. За это время сменилось несколько поколений плат и стандартов.

Сначала появился стандарт *MDA* — *Monochrome Display Adapter* (монохромный адаптер дисплея). Плата *MDA* способна была выводить на экран только алфавитно-цифровую информацию — буквы и цифры; никакой графики и цвета.

Пришедший на смену *MDA* видеостандарт *CGA* — *Color Graphics Adapter* (адаптер цветной графики) работал не только в текстовом, но и в графическом режиме и поддерживал вывод четырех из шестнадцати заданных цветов.

*EGA* — *Enhanced Graphics Adapter* (адаптер улучшенной графики) довел число видимых на экране цветов до 16 из палитры в 64 цвета и значительно улучшил качество графики, выводимой на экран. С появлением стандарта *EGA* связано начало широкого использования графических программ, в том числе и первых операционных систем Microsoft Windows.

Самым удачным, используемым и по сей день, стал видеостандарт *VGA* — *Video Graphics Array*, постепенно перешедший в стандарт *SVGA* (*Super-VGA*). Первые платы *VGA* поддерживали вывод 256 цветов из палитры в 262 144 цвета! Позднее появилось множество плат, совместимых с *VGA*, в которых

число возможных оттенков цвета доходит до 16,8 миллионов (режим *True Color*).

Общее стремление разработчиков видеоадаптеров — получать на экране монитора как можно более качественное изображение, максимально приближенное к натуральному. При этом всегда стоит задача увеличения количества отображаемых цветов, повышения разрешающей способности изображения и скорости его вывода на экран.

*Разрешающая способность* напрямую связана с количеством выводимых на экран отдельных точек изображения — *пикселей*. Обычно говорят о количестве пикселей по горизонтали и вертикали. Разрешающая способность в режиме *VGA* — 640x480 точек. Сегодня применяются режимы *SVGA* — 800x600, 1024x768, 1280x1024, 1600x1200 точек и более.

Количество одновременно воспроизводимых цветов называют *глубиной цвета* или *цветовым разрешением*. Цветовое разрешение зависит от того, сколько битов памяти выделяется для каждой точки изображения. При восьми битах число доступных цветов равно 256 (два в восьмой степени), 16 бит дают 65 536 цветов — этот режим называется *High Color*, а режим *True Color* (16 777 216 цветов) достигается при использовании 24 битов для кодирования цвета пиксела.

Современные видеоадаптеры имеют и более высокую разрядность, например, 32 бита на одну точку, хотя при этом количество видимых цветов не увеличивается. Информация, хранящаяся в дополнительных разрядах, используется специальными программами для ускорения операций по отображению графики (в компьютерных играх) или для улучшения цветопередачи, когда компьютер используют при подготовке полиграфической продукции.

### **Видеопамять**

Для самых первых компьютеров *IBM PC* никакой специальной видеопамати не требовалось. Просто в основной памяти компьютера выделялась специальная область, в которой хранилось экранное изображение. Если изображение нужно было изменить, в ячейки этой памяти записывались другие значения.

В современных компьютерах основную память для хранения изображений не используют — все работает гораздо быстрее, если на плате видеоадаптера разместить специальные микросхемы памяти, работающие с более высокой скоростью.

Чем больше разрешающая способность и глубина цвета, обеспечиваемые видеокартой, тем больше потребность в видеопамяти. Если видеокарта имеет 1 Мбайт памяти, ей доступен максимальный режим 1024x768 точек при 256 цветах или 640x480 точек при 16,8 млн. цветов. Если она имеет 2 Мбайт, то режим *True Color* достигается и при разрешении 800x600 точек, а с 4 Мбайт — при 1280x1024 точек.

Типовой размер видеопамяти для современных компьютеров зависит от назначения компьютера. Если планируется работа с документами, вполне достаточно 2-4 Мбайт, если ожидается работа с графикой, желательно иметь 8-16 Мбайт, но самые высокие требования к видеоадаптеру предъявляют мультимедийные приложения, особенно компьютерные игры. Графика в них — это все. Медленный видеоадаптер способен затормозить игровую программу даже на компьютере с весьма передовым процессором. Поэтому, если компьютер предполагается использовать для компьютерных игр, желательно иметь видеоадаптер с памятью 512-1024 Мбайт.

#### **Частота обновления экрана.**

*Вы не знаете, почему с монитором компьютера можно работать на расстоянии 50-70 см, а такой же телевизор лучше смотреть с расстояния в несколько метров? Может быть, все дело в том, что у монитора изображение более четкое?*

Нет, дело не только в этом. Огромную роль еще играет частота обновления экрана (частота перерисовки изображения на экране) (*refresh rate*). У телевизора она фиксирована и равна 50 Гц (совпадает с частотой тока в нашей сети питания). При такой частоте дрожание изображения заметно на глаз. Если даже не обращать на него внимания, через час-другой серьезная головная боль обеспечена.

Мониторы с частотой обновления экрана 50 Гц тоже когда-то были, но они ушли в прошлое еще в 80-х годах вместе со стандар-

тами *CGA* и *EGA*, а сегодня нельзя работать даже с частотой обновления экрана 60 Гц — дрожание тоже заметно на глаз. Минимальная частота обновления, с которой разрешается работать — 75 Гц, рекомендуемая — 85 Гц, а комфортная — 100 Гц и более. Разумеется, способен ли монитор держать такую частоту, зависит от него, но выдает изображение на экран все-таки видеокарта.

В разных графических режимах эта частота может быть разной. Чем больше разрешающая способность экрана, тем меньше частота обновления. Обязательно найдите в документации к видеокарте табличку, в которой указано, какую частоту обновления экрана обеспечивает видеокарта для каждого из разрешений.

Допустим, вам говорят, что данная видеокарта обеспечивает разрешение экрана 1024x768, чего вполне достаточно для работы с мониторами размером 15 или 17 дюймов. Но если при этом вы увидите, что частота обновления экрана равна 60 Гц, то считайте, что такого режима у видеокарты нет, потому что работать в нем нельзя! Категорически нельзя!

### **Графические ускорители**

Современная видеокарта — это не просто устройство, которое хранит в своей памяти экранный образ и формирует сигнал для монитора. Теперь это компьютер в миниатюре со своим микропроцессором, способным производить вычисления и управлять тем, что и как строится на экране. Способность видеокарты выполнять вычисления и построения называют *аппаратным видеоускорением* (когда видеокарта такими свойствами не обладает, нагрузка ложится на основной процессор, и в этом случае говорят о *программном видеоускорении*). Для большинства современных компьютерных игр не просто желательно, а даже необходимо наличие у видеоадаптера ускорительных функций.

Чтобы видеокарта могла выполнять какие-то вычисления, она, разумеется, должна действовать по заданным алгоритмам. И вся хитрость здесь состоит в том, что программисты, создающие программы, должны об этих алгоритмах знать заранее. Лет пять назад нормальной была ситуация, когда изготовители видеокарт вводили в них ускорительные функции, но программ, которые могли

бы их использовать, просто не существовало. Обычно в таких случаях к видеокарте прилагалась на отдельном диске какая-нибудь одна-единственная игра, при взгляде на которую у покупателя захватывало дух, но со всеми другими программами видеокарта работала, как обычная. Так, появился термин *оптимизация видеоускорения*. В подобных случаях говорили, что данная программа оптимизирована для данной видеокарты или, наоборот, видеокарта оптимизирована для данной программы, то есть создатели видеокарты и создатели программы работали рука об руку.

Пользы потребителю от такого ускорителя не было никакой, ведь никто не будет работать с одной-единственной программой, тем более, если это игра. Она быстро надоест. Тогда производители видеокарт решили найти такую программу, с которой работают большинство пользователей, и оптимизировать свои видеоускорители под нее. Искать долго не пришлось — это всем хорошая знакомая система Windows. Ее окна и элементы этих окон совершенно одинаковы на десятках миллионах компьютеров. Видеокарты, позволяющие ускорить отображение стандартных элементов Windows, получили название *2D-ускорителей* (ускорителей двумерной, плоской графики). 2D-ускорители действительно ускорили работу с операционной системой и ее приложениями. А все, что не укладывалось в рамки окошек Windows (в первую очередь, это были мультимедийные программы и компьютерные игры), отнесли к области трехмерной (3D) графики.

*3D-ускоритель* занимается построением изображения из огромного количества небольших треугольников, определяет, как они взаимодействуют друг с другом, как они затеняют друг друга, затем закрашивает их или заливает заранее заготовленными текстурами. Разумеется, все это можно делать множеством разнообразных алгоритмов. Поэтому в этой области долго не было единых стандартов, и производители программ и видеокарт разбились на «кланы». А когда стандарты появились, между ними началась война. С «войнами стандартов» в компьютерной технике нам приходится сталкиваться очень часто. Если при покупке

изделия мы угадываем, какой стандарт победит, значит, оно будет работать у нас долго и безупречно. Если нет, значит, очень скоро на прилавке появятся компьютерные игры и другие программы, которые у нас работать не будут (или будут работать, но очень медленно) из-за того, что наше оборудование не обеспечивает каких-то функций, на которые рассчитывали разработчики.

В области 3D-графики стандарты называли *библиотеками*. Этот термин пришел от программистов. Свои микропрограммы (из которых собираются программы) они стандартизируют путем объединения их в библиотеки. Если видеоускоритель оптимизирован для работы со стандартной графической библиотекой фирмы XYZ, значит, все программы этой фирмы будут использовать функции ускорения.

#### *А как быть с программами других фирм?*

Этим фирмам либо придется купить стандартную библиотеку графических подпрограмм у компании XYZ и использовать в своих проектах только ее, либо, если она им не нравится, разрабатывать свою библиотеку и убеждать производителей видеокарт, что она лучше, и им следовало бы оптимизировать видеоускорители под нее.

В результате длительной «библиотечной войны» сегодня выделились три основных библиотеки: Glide, OpenGL и DirectSD. Библиотеку Glide разработала компания 3Dfx, ранее других выступившая на рынок 3D-ускорителей со своими картами Voodoo Graphics. Сегодня нередко мы находим на прилавке игры, на которых стоит значок 3Dfx. Пик популярности этой библиотеки, по-видимому, уже прошёл. Видеоускорители других фирм так и не начали ее широкую поддержку, и можно предполагать, что она скоро либо сойдет со сцены, либо преобразуется во что-то новое.

Библиотека OpenGL родилась не на платформе *IBM PC*, а на платформе специальных мощных графических станций. Производители новых программ сочли не менее удачным маркетинговым ходом использовать процедуры из библиотеки OpenGL, поскольку на руках у потребителей уже было множество видеоускорителей, их поддерживающих. В то время как библиотека Glide долго и постепенно продвигалась своим

создателем, компанией 3Dfx, успех к библиотеке OpenGL пришел быстро и бурно. Весьма желательно, чтобы и ваша видеокарта выполняла видеоускорительные функции в стандарте библиотеки OpenGL. Теперь рассмотрим библиотеку DirectSD. Скажем сразу, что ее поддержка не просто желательна, а абсолютно необходима (по состоянию на текущий момент). Эта библиотека входит в состав крупного пакета библиотек DirectX, выпускающихся и распространяющихся бесплатно компанией Microsoft в качестве мультимедийной надстройки над операционной системой Windows.

## **8.2. Электромеханические устройства машинной графики**

На этапах конструкторского проектирования информация об объекте представляется в графической форме, а процесс проектирования заканчивается выпуском комплекта конструкторских документов, обеспечивающих изготовление, контроль и эксплуатацию изделий. К конструкторским документам относят чертежи габаритные, сборочные, деталей, а также таблицы, схемы, спецификации. Применение стандартных деталей и готовых изделий приводит к необходимости использования каталогов и справочной литературы. Основные затраты труда конструктора связаны не с принятием тех или иных технических решений, а с выпуском конструкторской документации. Автоматизация этого процесса существенно сокращает сроки проектирования и снижает количество ошибок, неизбежных при ручном изготовлении чертежей.

Для автоматизации конструкторского проектирования требуется преобразование (кодирование и декодирование) графической информации, так как ЭВМ использует информацию в числовой форме.

К устройствам машинной графики относят средства с автоматическим преобразованием формы представления информации, предназначенные для ввода и вывода из ЭВМ графической информации. Основными устройствами машинной графики являются чертежные автоматы (ЧА) и кодировщики графической информации.

**Устройства ввода графической информации.** Процесс преобразования графической информации (ГИ) в цифровую форму состоит из этапов:

- 1) считывания;
- 2) кодирования.

*Считывание* — распознавание графического элемента (точка, линия, элементарный фрагмент) и определение его координат в принятой системе координат.

*Кодирование* — преобразование считанной информации в цифровой код по установленным правилам.

По степени участия человека в процессе считывания устройства ввода ГИ разделяют на автоматические и полуавтоматические.

*Автоматические устройства ввода ГИ* используют следящий или развертывающий (сканирующий) метод преобразования. В первом случае рабочий орган отслеживает границу заданной кривой, перемещаясь с постоянной скоростью по оси абсцисс (преобразуемая кривая представляется в виде числовых значений отклонений рабочего органа по оси ординат). Во втором случае осуществляется сканирование изображения рабочим органом с некоторым шагом по оси абсцисс. При этом фиксируются ординаты точек пересечения сканирующим лучом заданной кривой. Автоматические устройства ввода ГИ применимы только для кодирования несложных рисунков, например, графиков однозначных функций одного аргумента, поскольку при вводе сложных изображений, возникают значительные трудности при распознавании элементов изображений.

*Полуавтоматические устройства ввода* используются для представления сложных графических изображений, например, машиностроительных чертежей. В них считывание ГИ осуществляется оператором посредством щупа или визира. Считанная информация принимается и кодируется электронным блоком. Она может быть записана на промежуточный носитель, например, МЛ, или передана в ЭВМ через блок сопряжения с каналом.

Устройства ввода ГИ имеют рабочее поле — планшет, на котором помещается документ, а также алфавитно-цифровую и функциональную клавиатуру для ввода алфавитно-цифровой информации.

По способу получения кодов, характеризующих координаты рабочего органа на планшете, устройства ввода ГИ можно разделить на оптико-механические, сеточные и пр.

В *оптико-механических устройствах* используется подвижная координатная система. Регистрирующий орган — визир в виде линзы с перекрестием — перемещается по рабочему полю с помощью двух кареток. С визиром связан вращающийся диск с прорезями. Фотоэлектрический датчик вырабатывает импульсы, число которых пропорционально перемещению визира. Количество импульсов, соответствующих перемещению по координатам  $x$  и  $y$ , подсчитывается счетчиками. По окончании движения каретки коды, зафиксированные в счетчиках, будут соответствовать значениям координат. Рассматриваемые устройства обеспечивают точность измерения координат 0,25...0,4 мм. К их недостаткам относится сложность механических узлов.

*Сеточные устройства* ввода ГИ не имеют сложных подвижных механических узлов. Плоскость планшета дискретизируется взаимно перпендикулярными шинами, электрически изолированными друг от друга. Связь между регистрирующим органом (щупом) и проводниками сетки может быть емкостная, индуктивная и контактная. В первых двух случаях шины сетки последовательно возбуждаются импульсами тока. В тот момент, когда возбуждается шина, лежащая под щупом, в датчике щупа наводится ЭДС. Этот сигнал после усиления прекращает процесс заполнения счетчика. Код, зафиксированный в счетчике, будет соответствовать значению координаты. В контактных устройствах нажатием щупа замыкаются проводники сетки. Точность измерения координат в сеточных устройствах ввода определяется шагом сетки и обычно составляет 0,25... 0,5 мм.

К *прочим устройствам* относятся акустические и резистивные устройства. Принцип работы акустических устройств основан на измерении времени распространения звука от

источника (рабочего органа) до приемника. Недостатки акустических устройств — низкие помехоустойчивость и точность. В резистивных устройствах используется планшет из проводящего материала с равномерной проводимостью. Стороны планшета последовательно подключаются к стабильному источнику питания. Носитель информации прокалывается зондом до касания с резистивным слоем. При этом напряжение на зонде пропорционально соответствующей координате. Из-за низкой точности и необходимости прокалывать чертеж такие устройства не нашли широкого применения.

### **8.3. Устройства оперативной связи человека с ЭВМ**

Большая часть времени работы инженера в САПР проходит в режиме диалога с ЭВМ, т. е. САПР относится к комплексным системам «человек — машина», в которых переработка информации осуществляется человеком и техническими средствами совместно. Поэтому при создании КТС САПР следует учитывать требования, предъявляемые к таким системам с позиций психофизиологических особенностей человека.

В процессе взаимодействия человека с машиной можно выделить два направления передачи информации:

- 1) от машины к человеку;
- 2) от человека к машине (управляющее воздействие).

Человек может воспринимать информацию различными путями, причем наибольший объем информации поступает по зрительному (80%) и слуховому (10%) каналам. Человек управляет техническими средствами посредством мускульных движений и речи. При этом необходимо, чтобы движения рук в большинстве управляющих воздействий ограничивались дугами, описываемыми расслабленными полусогнутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Таким образом, в САПР для оперативного общения инженера с ЭВМ целесообразно использовать средства визуального и звукового отображения информации и ручные или речевые органы управления. Однако современные устройства речевого ввода — вывода информации еще имеют много недостатков и поэтому редко применяются в КТС САПР. Развитие

устройств речевого ввода — вывода информации позволит в будущем широко их использовать для оперативного общения инженера с ЭВМ.

Наибольшее распространение в САПР в настоящее время получили средства визуального отображения информации (дисплеи) и ручного управления техническими средствами (клавиатуры, планшеты, световое перо, указатели, штурвалы и т.п.).

**Дисплеи.** Их можно классифицировать по разным признакам. В САПР нашли применение индивидуальные алфавитно-цифровые и графические мониторы на электронно-лучевых трубках (ЭЛТ) или плоских индикаторных панелях из газоразрядных, электролюминесцентных приборов и жидких кристаллов.

*Алфавитно-цифровые дисплеи (АЦД)* позволяют выводить информацию, представленную только в виде последовательности алфавитно-цифровых символов.

*Графические дисплеи* могут выводить как графическую, так и алфавитно-цифровую информацию.



Рис. 8.1. Монитор Acer

Основными параметрами дисплеев являются: объем обрабатываемой информации; размеры рабочей части экрана; количество символов, которые могут отображаться на экране;

скорость смены изображения; качество отображения информации, способ выделения произвольных информационных зон на экране.

От монитора зависит многое: и производительность работы с компьютером, и комфорт, и, что очень важно, самочувствие. За несколько часов перед экраном некачественного монитора вполне можно ощутить целую гамму отрицательных последствий работы с компьютером — головную боль, усталость глаз и прочее.

### **Размер экрана**

Основным параметром монитора является размер экрана по диагонали. Он измеряется в дюймах. Основные размеры: 14", 15", 17", 19", 21".

Мониторы размером 14" в настоящее время категорически не рекомендуются. Их уже не выпускают, поэтому встретить можно только устаревшие и небезвредные для здоровья образцы.

Размер 17" сегодня наиболее экономически оправдан. Такой монитор послужит много лет и переживет не одну смену поколений прочих устройств. Поэтому очень важно, чтобы он имел не просто удовлетворительные характеристики, а, по возможности, близкие к передовым.

Мониторы размеров 19" и 21" применяются как профессиональные и используются в бытовых компьютерных системах.

### **Полоса пропускания**

Для качественного отображения текста требуется высокая четкость. Для этого в мониторах применяют схемы тракта видеосигнала с гораздо более широкой, чем у телевизора, *полосой пропускания (bandwidth)*. Чем меньше размер элемента изображения, тем большая частота нужна для его четкого воспроизведения на экране. В телевидении полоса сигнала ограничена 6,5 МГц, иначе в телеэфире не разместилось бы столько телеканалов. Поскольку картинка на монитор передается по кабелю, то здесь такого ограничения нет, и все зависит только от схемотехнического решения монитора. Современный монитор должен иметь полосу пропускания видеосигнала шириной 85-100 МГц для 15-дюймовых моделей, 110-150 МГц для 17-дюймовых и более 200 МГц для моделей больших размеров. Чем больше полоса пропускания, тем

большую частоту обновления (refresh rate) сможет поддерживать монитор для заданного разрешения.

### «Зернистость» экрана

Когда необходимая полоса пропускания обеспечена и сигнал с четкими мелкими деталями попадает на электронно-лучевую трубку, мы упираемся в другой параметр монитора — так называемый «шаг маски», или, по-простому, «зерно». Дело в том, что в цветных телевизорах и мониторах экран (изнутри) покрыт мельчайшими частицами люминофора трех цветов — красного, зеленого и синего свечения. Три расположенных рядом частицы образуют триаду. Если рассмотреть в лупу экран, светящийся белым светом, мы увидим, что на самом деле светятся частицы трех цветов, которые сливаются в белый цвет.

Все остальные цвета получаются, если элементы триады светятся с разной интенсивностью, например, если светятся только красный и зеленый элементы триады, то мы видим желтый цвет. Для управления свечением отдельных элементов триады используются три электронных луча, обегаящие все триады экрана с частотой развертки. Чтобы каждый луч попадал точно на свой элемент триады, над люминофорным покрытием экрана помещается специальная маска (сетка), попадая на которую луч отклоняется точно на свой элемент триады.

В результате мы видим, что экран цветного монитора, в отличие от монохромного, где покрытие люминофором сплошное и однородное, имеет зернистую структуру. Понятно, что чем меньше размер этих «зерен», тем большую четкость обеспечит трубка.

Первые цветные мониторы имели размер «зерна» — 0,42 мм. С появлением графических режимов высокого разрешения использовать такие мониторы стало невозможно: мелкие детали, например, тонкие вертикальные полосы, стали рябить и переливаться всеми цветами радуги. Позже появились трубки с «зерном» 0,31 мм, а затем и 0,28 мм. Сегодня самое распространенное значение — 0,27 мм, но в более дорогих моделях применяют трубки с еще меньшей зернистостью — 0,26-0,24 мм.

### **Безопасность монитора**

Если бы не принимались специальные меры защиты, монитор награждал бы нас множеством самых вредных излучений. Еще совсем недавно в широкой продаже было множество разнообразных защитных экранов. Для устаревших мониторов это отнюдь не роскошь, а средство первой необходимости. К счастью, в современных мониторах для защиты от излучений сделано много хорошего, и без защитных экранов можно обойтись, если на мониторе или на его упаковке есть несколько заветных букв: TCO 95 и TCO 99. Это стандарты безопасности. Если монитор им соответствует, с ним можно работать спокойно.

Впервые уровень электромагнитного излучения был ограничен пределами, безопасными для человека, в стандарте МРК II. Позже они были ужесточены в стандарте TCO 92 и потом перешли в стандарты TCO 95 и TCO 99.

Начиная со стандарта TCO 95, к монитору предъявляются экологические и эргономические требования, а начиная со стандарта TCO 99 накладываются жесткие требования к качеству изображения по параметрам яркости, контрастности, мерцанию и свойствам антибликового покрытия экрана. Благодаря стандартам, нам сразу стало проще покупать мониторы. Абстрактная рекомендация, что монитор должен иметь антибликовое покрытие, теперь сменилась вполне конкретным пожеланием: убедитесь, что монитор удовлетворяет стандарту TCO 99.

### **Вопросы и задачи**

1. Расскажите о видеоадаптерах и их видах.
2. Расскажите о роли видеопамати в ЭВМ.
3. Дайте основные понятия частоты обновления экрана и изложите ее влияние на работоспособность человека.
4. Расскажите о видах графических ускорителей и проанализируйте их работу.
5. Дайте понятия основных устройств работы с вводом и выводом графической информации.
6. Изложите основные параметры дисплея.
7. Охарактеризуйте параметры дисплея, влияющие на качество выводимой информации.

## ГЛАВА 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

### 9.1. Общие сведения об операционных системах (ОС)

*Операционная система* — комплекс системных управляющих и обрабатывающих программ, предназначенных для наиболее эффективного использования всех ресурсов ВС и удобства работы с ней. В настоящее время только с помощью ОС можно полностью загружать высокопроизводительные ВС с их быстродействием в несколько миллионов операций в секунду. В программном обеспечении ВС операционная система занимает основное положение, поскольку осуществляет планирование и контроль всего вычислительного процесса. Любая из компонентов программного обеспечения обязательно работает под управлением ОС. Современный пользователь не представляет себе возможности общения с ВС без посредства ОС, поскольку последняя предоставляет ему множество сервисных услуг для редактирования текстов, отладки программ, организации диалога, работы с файлами и других вычислительных процедур.

*Зачем нужна операционная система и что такое операционная система?*

Представьте себе, что вы входите в холл шикарного пятизвездочного отеля. Швейцар услужливо распахивает двери, за ним видна фигура носильщика, готового подхватить тяжелые чемоданы, а портю у стойки уже расплылся в улыбке — он вас явно ждался. Вам не надо ни о чем просить — за вас работает система обслуживания. Вы хотите переставить часы на местное время? Нет проблем. Вы можете одним жестом дать понять, что вам угодно: поесть, попить, отправить письмо, почистить костюм.

Хорошая система готова не только к исполнению ваших желаний, но и к исправлению ваших ошибок. Попробуйте получить ключ от номера на шестом этаже и направиться с чемоданами вверх по лестнице. Будьте спокойны — далеко не уйдете. Вас догонят, перехватят, отберут чемоданы, проводят в лифт, доставят на место и пожелают счастливо отдохнуть.

Операционная система компьютера работает примерно так

же. Это слаженный оркестр больших и малых программ. Одни пытаются угадать ваши желания, другие исполняют ваши команды, а третьи следят за тем, чтобы вы не допустили ошибок.

### *Для чего нужна операционная система?*

Сказать, что она нужна «для всего», — это, наверное, все равно, что ничего не сказать. Но интересно было бы попросить специалиста подсчитать на компьютере без операционной системы, сколько будет  $2+2$ . За ответом можете приходиться завтра, если он вообще будет.

Чтобы сделать такой сложный расчёт, надо эти числа ввести в компьютер с помощью клавиатуры. Но компьютер без операционной системы имеет очень слабое понятие, как работать с клавиатурой.

Может быть, загрузить в компьютер программу, которая будет заниматься арифметическими расчетами? Обычно так и делают, но сначала опять-таки нужна операционная система. Без нее компьютер мало что знает о своих собственных дисководах и даже не догадывается, что с их помощью можно что-то загружать.

Операционная система нужна, прежде всего, для того, чтобы с компьютером можно было общаться. Чтобы он понимал, что вам нужно, а вы, в свою очередь, понимали бы то, что он выдаст в ответ.

### *Какой должна быть хорошая операционная система?*

Хорошая операционная система должна быть такой, чтобы, проснувшись утром, можно было бы громко сказать: «Хочу омлет и кефир с булочкой». Компьютер даст команду «кухонному комбайну» на изготовление традиционного омлета, опросит холодильник на предмет наличия кефира и, в случае его отсутствия, выдаст заказ в ближайший магазин на срочную доставку. Кстати, чтобы вы не беспокоились насчет расчетов с посылным, компьютер сам спишет необходимую сумму с вашего банковского счета и переведет ее на счет магазина, а вам напечатает квитанцию.

Если вы думаете, что это фантастика, то не спешите с выводами. Это уже реальность. Правда, такие системы еще не вошли в быт, а работают в лабораториях, но все детали уже

отлажены, а если вы замените «кухонный комбайн» на магнитофон, а «омлет» на любимую мелодию, то можете создать себе такую систему хоть завтра.

Ну, а если отложить кулинарные задачи на ближайшее будущее, то сейчас нам нужно от операционной системы хотя бы следующее:

- Операционная система должна быть развиваемой. Если она не умеет «работать с холодильником», то должна уметь загружать и запускать программы, которые, в отличие от нее, это делать умеют. И вообще, она должна уметь загружать и запускать любые нужные нам программы, будь то программы для ведения банковского счета или обычные компьютерные игры. Правда, эти программы должны быть написаны специально для данной операционной системы. Такие программы называют приложениями. Текстовый редактор — это приложение. Графический редактор — тоже приложение. Даже компьютерные игры — это игровые приложения.
- Операционная система должна стать посредником между аппаратурой и приложениями. Существуют тысячи всевозможных мышей и джойстиков, сотни принтеров, сотни разных видов звуковых и видеокарт. Все они разные, но вас это волновать не должно. Это не ваша забота. Вам нужно только одно — чтобы программы на вашем компьютере работали нормально.

Но разве программисты, пишущие программы, могут знать, какая у вашего компьютера конфигурация? В старые времена, выпуская программу, к ней прикладывали специальные программы для настройки на десятки разных видеокарт и звуковых карт. И все равно не угадывали. Все равно на многих компьютерах программы работать «не желали», потому что угадать все на свете программисты не могут. Им было трудно, а покупателям обидно.

Теперь положение изменилось. Функцию посредника берет на себя операционная система. Покупая экзотическую мышшь, вы устанавливаете ее один раз, и мышшь «сообщает» операционной

системе о себе все, что надо. А программисты, пишущие программы, могут не ломать голову в попытке угадать, что у вас за мышь. Их дело — обеспечить связь программы с операционной системой. Та все про вашу мышь знает и сумеет «объяснить» это их программе.

- Операционная система должна быть настраиваемой. Сегодня вы управляете мышью, завтра — джойстиком, а послезавтра, может быть, создадут устройство для управления программами с помощью художественного свиста. Операционная система должна принять это устройство «как родное», прописать его в своем составе и работать с ним вместо мыши. Программисты, выпускающие программы, опять-таки могут не думать о том, с каким устройством вы работаете.
- Операционная система должна быть дружественной. Это означает, что она должна быть понятной и удобной. Но этого мало. Она должна еще настраиваться по вкусу пользователя. В России удобно работать с системой, которая понимает команды на русском языке, а в Норвегии — на норвежском. Дружественность предполагает и нестандартные приемы работы, например, для инвалидов, у которых только одна рука или вообще нет рук. Или, например, для людей с очень плохим зрением. Дружественность предполагает возможность получения быстрой и обстоятельной справки, когда вы не знаете, что делать дальше. Дружественная система должна предохранять вас от серьезных ошибок и предупреждать о возможных последствиях опасных действий.
- Операционная система должна быть «прозрачной». Если вы смотрите сквозь оконное стекло на улицу, то видите много интересных событий. Пользуетесь ли вы при этом окном? Безусловно! Но разве вам приходит в голову задуматься над тем, из чего оно сделано? Разве вас волнует, каким способом изготовили стекло? Вы его не замечаете. Вы им просто пользуетесь, и чем менее оно

заметно (чем меньше на нем пыли), тем лучше оно служит.

Для операционной системы «прозрачность» — важное свойство. Дело в том, что «дружественная» система, к сожалению, не значит «простая» система. Ведь многообразие возможностей достигается только избытком всевозможных настроек. А это, согласитесь, уже не простота.

Значит, выход в «прозрачности». Ребенок должен на своем уровне быстро освоить то, что ему нужно. Опытные пользователи могут погрузиться глубже, каждый до своего уровня. И только специалистам, полагающим, что за работу с операционной системой им платят зарплату, она должна открываться до конца. Хотя и не всем и не всегда,

- Операционная система должна быть поддержана программными приложениями. Что толку в самой хорошей системе, если для нее не делают программ? Цель работы с компьютером все-таки состоит в работе с программами, а не с операционной системой.
- От современных операционных систем требуется многозадачность. Очень удобно, когда одновременно можно работать с несколькими программами. Еще более удобно, когда данные из одной программы можно переносить в другую. В этом случае у вас в руках мощный инструмент для создания сложных документов, содержащих текст, иллюстрации, музыку и видеоклипы одновременно.
- Если операционная система может хорошо обслуживать один компьютер, то это уже хорошо. Но сегодня этого мало. Основная масса компьютеров сегодня работает в сетях, а для этого нужны специальные операционные системы, которые могут обслуживать не один компьютер, а всю сеть.
- И, конечно, операционная система должна работать надежно. Она должна страховать вас от непоправимых ошибок, не допускать выхода из строя работающих программ, а если такое произошло, то предоставлять

возможность безболезненного выхода из аварийных ситуаций.

- Очень важное требование к операционной системе — безопасность. Оно появилось сравнительно недавно и связано с компьютерными сетями. Операционная система должна предоставлять необходимые средства для защиты информации от похищения и повреждения. Если ваш компьютер стал частью сети, например, после подключения к Интернету, значит ему нужна такая операционная система, которая не позволит злоумышленнику стереть информацию на компьютере во время сеанса связи.

А в заключение скажем, что если процессор — это мозг компьютера, а жесткий диск — его сердце, то операционная система — это душа компьютера. Как и человеческую душу, ее нельзя ни увидеть, ни пощупать, ни потрогать, но с ее проявлениями мы сталкиваемся постоянно. Без нее компьютер мертв.

Качественный скачок от сравнительно простых управляющих программ к современным сложным ОС произошел с появлением *режима мультипрограммной обработки задач*. Реализация этого режима оказалась возможной благодаря совмещению операций счета и обмена информацией. Для этого в ЭВМ средней и большой производительности, кроме ЦП, предназначенного собственно для счета, должно входить несколько специальных процессоров (каналов), предназначенных только для обмена информацией между ОП и ВУ. Каналы могут работать одновременно и независимо друг от друга.

Идея мультипрограммирования заключается в том, что в ОП современной ЭВМ находится сразу несколько задач, обслуживаемых ЦП по очереди. На время, необходимое в данной задаче для обмена информацией между ОП и ВУ, процессор переключается на обслуживание других задач.

Мультипрограммный режим работы ВС требует чрезвычайно сложного комплекса управляющих программ ОС. Большая сложность современных ОС обуславливается

необходимостью как можно более рационального распределения всех *вычислительных ресурсов* (центрального процессора, оперативной памяти, внешних устройств и файлов) между всеми одновременно выполняемыми задачами. Такие задачи называют *конкурентно выполняющимися*, поскольку каждая из них постоянно конкурирует с другими за обладание тем или иным ресурсом ВС.

Для правильного планирования и организации вычислительного процесса проектировщикам ОС приходится писать многочисленные и сложные модули обработки всевозможных прерываний, создавать дисциплину обслуживания задач в соответствии с их приоритетами, постоянно контролировать занятые и свободные области оперативной памяти, рационально распределять ее между конкурентными задачами, защищать наборы данных на внешних носителях от несанкционированного доступа, распределять между задачами ограниченное число внешних устройств и т. д. Естественно, что в результате получается очень сложная и громоздкая ОС, что порождает негативные стороны: трудность освоения и эксплуатации, значительные затраты вычислительных ресурсов не на решение пользовательских задач, а на удовлетворение потребностей ОС. Но тем не менее без ОС невозможно эффективное функционирование современной ВС.

Кроме рационального распределения всех ресурсов и увеличения пропускной способности ВС, операционная система предоставляет пользователю различные сервисные услуги: стандартные методы доступа, утилиты, средства отладки, теледоступа и подробной диагностики всех этапов прохождения задачи, возможности получения аварийных дампов и пр.

### **Какие бывают операционные системы?**

Как видите, требования к операционной системе настолько противоречивы, что удовлетворить их все одновременно очень сомнительно.

Многозадачность противоречит надежности. Чем больше программ работают одновременно, тем чаще между ними могут происходить конфликты, приводящие к «зависанию» компьютера.

Дружественность противоречит простоте, поскольку достижение настоящей дружественности — это отнюдь не простая, а сверхсложная задача.

Работоспособность в сети противоречит безопасности. С одной стороны, мы хотим, чтобы наш компьютер мог запросто получать информацию со всего мира и общаться с другими компьютерами, а с другой стороны, боимся, что вместе с информацией он может получить вирус. Одним словом, мы хотим максимума удобств, но совершенно не желаем иметь из-за этого неприятности.

Вывод из этого один: применять для разных дел разные операционные системы.

### **MS-DOS**

Самой надежной считается система MS-DOS, но ее ни удобной, ни дружественной назвать нельзя. Для того чтобы упростить с ней работу и сделать ее «прозрачной», применяют специальные программы. Их называют «оболочками». С одной из таких оболочек — программой Norton Commander — вы, возможно, знакомы.

Высокая надежность MS-DOS часто используется для выполнения специальных технических операций. Например, реанимацию безнадежно вышедшего из строя компьютера нередко начинают с того, что оживляют его средствами MS-DOS. Во многих случаях с помощью MS-DOS добиваются запуска тех программ, которые упорно отказываются работать по-другому.

### **Windows NT**

Система создана для работы в компьютерной сети. Ее отличает особая надежность и защищенность, но обычного бытового программного обеспечения, которое хочется иметь под рукой каждый день, для нее пока немного. Поэтому эту систему применяют в организациях, например, в банках, и очень редко дома.

### **OS/2**

Эта система отличается подлинной многозадачностью. В ней несколько программ могут работать одновременно и притом устойчиво. Другие системы тоже имеют многозадачность, но не

полную. Если одновременно запущено несколько программ, но работают они по очереди, по мере активизации, то это всевсемногозадачность. Операционную систему OS/2 часто используют в проектно-конструкторских организациях. Для домашнего использования она не применяется, поскольку не имеет избытка программ.

### **Windows 95**

Универсальная система, которой пользуются дома, в офисах малых предприятий и в государственных учреждениях. Эта система удовлетворяет большинству требований к операционным системам, правда, не всегда на самом высоком уровне. За универсальность, удобство, дружелюбность и насыщенность программами приходится постоянно расплачиваться недостаточной надежностью и защищенностью.

### **Windows 98**

Это очередной шаг в развитии системы Windows 95. Основное отличие состоит в том, что эта система, во-первых, надежнее и устойчивее, а во-вторых, ориентирована на широкое использование возможностей Интернета. Например, если вы захотите подключиться к Интернету и работать в нем, вы можете сделать это, не установив ни одной (!) дополнительной программы. Все, что нужно для этого, в Windows 98 уже есть.

### **Windows 2000**

А это очередной шаг в развитии системы Windows NT. Как и Windows NT, она ориентирована на профессиональное применение, в первую очередь, в компьютерных сетях.

### **Windows Millenium**

Windows Millenium очередная система общего применения. Имеет много новшеств по сравнению с Windows 98, но большого распространения не получила.

### **Windows XP**

Новая операционная система Windows XP вышла в 2002 году. Является продолжением идей Windows NT и Windows 2000, но ориентирована на общее применение. Разработчики Windows NT и Windows 2000 несколько упростили данные оболочки и создали более удобный и доступный интерфейс. Одно из самых

первых достоинств Windows XP – красивый интерфейс.

**Операционные системы разделения времени.** Их относят к ОС общего назначения, обеспечивающих мультипрограммный режим обработки задач и многопользовательский интерактивный способ общения.

В данных ОС одновременно реализованы возможности повышения производительности труда пользователя за счет его доступа к своей задаче в процессе ее выполнения и повышения производительности ВС за счет мультипрограммирования. Режим разделения времени создает иллюзию одновременного доступа нескольких пользователей ко всем вычислительным ресурсам ВС. Каждый пользователь общается с системой так, как если бы ему одному принадлежали все вычислительные ресурсы: он может остановить выполнение своей задачи в нужном месте, просмотреть требуемые области ОП, с заданного места выполнить свою программу «по командам» и т. д. На самом же деле каждый пользователь получает для своей задачи достаточную зону ОП процессор и прочие вычислительные ресурсы только в течение определенного и достаточно малого интервала времени — кванта (величина кванта выбирается системными программистами в зависимости от таких параметров ЭВМ, как быстродействие, емкость ОП, скорость обменов и т. д.). Если после окончания отведенного кванта времени задача не будет завершена то процессор переключится на выполнение другой задачи. При этом в условиях ограниченной емкости ОП предыдущая задача удаляется, вытесняется из ОП и размещается на НМД, а следующая задача перемещается с НМД в ОП.

Пропускная способность ВС в режиме разделения времени ниже, чем при обработке задач в режиме мультипрограммирования, из-за накладных расходов ОС, вызванных частыми переключениями процессора и главным образом многочисленными переносами задач из ОП на НМД и обратно, т. е. *свопингами*.

Во многих пользовательских системах режим разделения времени сочетается с пакетной обработкой задач в режиме мультипрограммирования. В этом случае ОП ЭВМ разделяется на

зону для пакетной обработки и на зону (или несколько зон в зависимости от емкости ОП) для выполнения задач в режиме разделения времени. Такое сочетание позволяет загружать процессор даже в ситуациях, когда все пользователи режима разделения времени останавливают выполнение своих задач.

Перечисленные ОС используются при решении многих научно-технических задач. При этом главное назначение таких ОС -- обеспечение более высокой эффективности использования всех вычислительных ресурсов ВС и достижение максимальных удобств в работе пользователя. Однако существуют применения ЭВМ, например, в АСУ, где ОС должны удовлетворять иным требованиям. Кроме того, использование ОС общего назначения в условиях работы конкретного пользователя часто означает явную избыточность многих системных средств. В таких случаях применяют ОС специального назначения.

**Операционные системы реального времени.** Эти ОС отличаются от ОС общего назначения в первую очередь тем, что поступающая в систему информация обязательно должна быть обработана в течение заданных интервалов времени (эти интервалы времени нельзя превышать). Еще одно отличие работы ОС общего назначения от работы ОС реального времени заключается в том, что в первой из них поток пользовательских задач планомерный и регулируется оператором ЭВМ, а во второй запросы на обработку могут поступать в непредсказуемые моменты времени. Поэтому ОС реального времени должна обеспечить некоторые дополнительные возможности, например, создание постоянных задач. В то время как в ОС общего назначения большую долю накладных расходов составляют потери времени на этапе инициирования, при выполнении которого ОС распознает все пожелания пользователя относительно предстоящего решения задачи, загружает в ОП нужную программу и выделяет необходимые для ее выполнения ресурсы, в ОС реального времени подобных затрат можно избежать, поскольку в них набор задач всегда фиксирован, т. е. необходимые для обработки поступающей информации программы, внешние устройства, данные заранее определены и могут быть

подготовлены еще до поступления самих запросов. Такие однажды проинициированные задачи в ОС реального времени постоянно присутствуют в ОП ЭВМ независимо от того, поступили для них запросы на обработку, или нет. Кроме постоянных задач ОС реального времени позволяет создавать и другие, непостоянные задачи, которые выполняются с более низким приоритетом.

К ВС, работающим в режиме реального времени, предъявляются высокие требования по надежности. Соответственно ОС должна располагать средствами, обеспечивающими быстрое обнаружение сбоев или аварийных ситуаций и выход из них, иметь возможность выключать неисправные устройства и включать резервные, сообщая об этом оператору ЭВМ.

При работе в режиме реального времени возможно возникновение очередей запросов на обработку, поэтому ОС должна организовать такие очереди и их обслуживание в соответствии с заданной дисциплиной.

При больших нагрузках на ЭВМ возможно возникновение ситуаций, в которых одна или несколько задач не могут быть реализованы в заданный промежуток времени. В этом случае ОС должна иметь возможность динамического изменения приоритетов «аварийных задач», после выполнения которых устанавливаются прежние значения приоритетов.

**Операционные системы, предназначенные для организации работы вычислительных сетей.** Эти ОС в настоящее время еще не получили достаточно широкого распространения, так как вычислительные сети предполагают включение в свой состав ЭВМ различной архитектуры и часто каждая из них работает под управлением своей ОС общего назначения. Работа ОС в вычислительной сети характеризуется определенными особенностями. Главной из них является необходимость организации передачи данных внутри вычислительной сети. Любая информация внутри вычислительной сети передается отдельными порциями — *блоками данных*. Основные требования, предъявляемые к ОС по передаче блоков данных, можно сформулировать следующим образом:

1) блоки данных должны циркулировать в сети асинхронно и независимо в обоих направлениях между источником сообщения и его адресатом;

2) ОС должны осуществлять контроль за прохождением блока данных в течение всего периода его пребывания в сети;

3) необходимы программные и аппаратные средства, предотвращающие потерю или искажение блоков данных при одновременном нахождении их в вычислительной сети;

4) ОС должны включать в себя механизм обнаружения повторных, потерянных или ошибочных блоков данных в вычислительной сети.

Все процедуры ОС, направленные на создание из разнородных машин и терминалов единой вычислительной сети, осуществляются с помощью протоколов.

## **9.2. Структура и генерация операционных систем**

Основные функции ОС общего назначения, обеспечивающей мультипрограммный режим обработки задач.

Операционная система должна выполнять рациональное планирование работ по обработке всех поступающих задач (комплекс мероприятий по вводу задач в ЭВМ, распознаванию их характеристик, размещению всех входных наборов данных на внешних носителях, организации входных и выходных очередей).

Как правило, задачи из входного потока данных, прочитанного одним из ВУ, не сразу попадают в ОП ЭВМ, а размещаются на устройствах внешней памяти. В режимах пакетной обработки задачи выстраиваются в очередь (входную очередь), место задачи в очереди определяется ее приоритетом. Перенос задачи из очереди в ОП ЭВМ происходит автоматически.

При реализации комплекса мероприятий, выполняемого ОС непосредственно перед началом решения задачи, главное внимание уделяется предоставлению всех необходимых для решения задачи ресурсов ВС (области ОП, места на внешних накопителях, требующихся наборов данных и т. п.).

Если для решения очередной задачи не хватает ресурсов, ОС должна принять одно из следующих решений:

1) отобрать часть ресурсов у какой-либо другой задачи,

выполнявшейся в данный момент и менее приоритетной;

2) подождать, пока какая-нибудь из решаемых задач завершится и освободит требуемый ресурс;

3) пропустить вне очереди ту задачу, чья очередь еще не подошла, но для выполнения которой ресурсов достаточно.

В функции планирования обработки задачи входит и организация вывода результатов решения на соответствующее ВУ. При этом ОС должна обеспечить попадание итоговой информации каждого задания в соответствующую выходную очередь и опорожнение этой очереди в темпе работы ВУ.

Операционная система должна управлять решением задач. Основная функция ОС при этом состоит в организации правильных реакций на всевозможные события (сигналы от внешних устройств о завершении обмена информацией, об аппаратных сбоях, из внешней среды, например, от другой ЭВМ, признаки программных ошибок), сопровождающие вычислительный процесс. При правильной реакции ОС на каждое событие выполнение текущей программы должно быть обязательно прервано и управление процессором передано соответствующему модулю с тем, чтобы он мог идентифицировать происшедшее.

Механизм обработки прерываний независимо от типа ЭВМ и ОС всегда включает следующие элементы:

1) запоминание и сохранение исчерпывающей информации о прерванной программе, в частности об адресе команды, которая должна была бы выполняться следующей;

2) передачу управления специальному модулю ОС, квалифицирующему происшедшее событие и соответствующим образом обрабатывающему его;

3) возврат управления той или иной пользовательской задаче в зависимости от ее приоритета и готовности к счету. При этом не исключено, что управление будет возвращено ранее прерванной программе.

В различных ВС обработка прерываний осуществляется по-разному и, как правило, с помощью аппаратных средств. Например, в одних ВС для этого используется механизм перестановки старого и нового слова состояния программы, в

других — стековая организация памяти и вектора прерываний.

Управление решением задач кроме основной функции — обработки прерываний — включает и другие: динамическое распределение оперативной памяти, участие в операциях ввода-вывода, осуществление загрузки задач, организация службы времени.

Основная задача ОС по динамическому распределению оперативной памяти состоит в постоянном учете свободных и занятых ее зон и в стремлении устранить фрагментацию. Явление *фрагментации* заключается в том, что в условиях мультипрограммирования между занятыми областями ОП остаются небольшие «щели» свободного адресного пространства. В отдельности каждая из таких пустот недостаточна для того, чтобы в ней целиком разместить очередную пользовательскую задачу, в сумме же они составляют достаточно большой объем изъятой из обращения оперативной памяти. Фрагментация ОП наблюдается не только между зонами пользовательских задач, но и внутри них. Если ЭВМ не имеет аппаратных средств реализации виртуальной памяти, ее страничной организации, то фрагментация ОП — существенное препятствие на пути увеличения пропускной способности ВС и эффективного использования всех ее вычислительных ресурсов. К мерам по устранению фрагментации ОП относят, например, *динамическое перемещение программ*, при котором пользовательские программы постоянно сдвигаются к одному краю динамической зоны задач, например, в область старших адресов ОП, освобождая тем самым в области младших адресов связную зону, достаточную по своим размерам для загрузки еще одной пользовательской задачи.

Комплекс программ ОС, обеспечивающий ее возможности по непосредственному управлению решением задач, называют *программами управления задачами (монитором, супервизором, управляющей программой ОС)*.

Так как одна из основных функций ОС заключается в организации обменов информацией между ОП и ВУ, то осуществление этой функции обеспечивается достаточно крупным разделом, называемым *управлением данными (супервизором ввода*

— вывода, управлением файлами).

• **Примечание.** Здесь и далее для обозначения информации, расположенной на внешних носителях, будем употреблять термины «набор данных» и «файл».

*Набор данных* — поименованная совокупность данных, объединенная общим назначением и имеющая определенную физическую организацию.

*Файл* — поименованная совокупность данных, состоящая из логических записей, относящихся к одной теме.

• **Примечание.** Понятие «файл» не предполагает конкретной физической организации данных на внешнем носителе. Этот термин употребляют в тех случаях, когда конкретная физическая организация информации либо неинтересна, либо всегда одинакова. Понятие «набор данных» обязательно предполагает дальнейшее уточнение формата, логических записей, их коэффициента блокирования, типа организации, наличия ключей, дескрипторов, идентификаторов и пр.

В рамках любой ОС существует ограниченное число возможных *типов организации* наборов данных: последовательная, прямая, библиотечная и др. При обращении к наборам данных заданной организации ОС обеспечивает определенные сервисные средства. В первую очередь этими средствами в своей работе пользуются программисты. Некоторые ОС позволяют варьировать сервисными средствами при организации доступа к набору данных. Как правило, большие удобства в организации доступа ресурс означают и большую стандартизацию в правилах работы. Сочетание выбранного типа организации набора данных с тем или иным способом доступа к нему для программиста означает выбор конкретного метода доступа, допустимого в данной операционной системе. Использование стандартного метода доступа намного облегчает организацию обмена информацией с ВУ. При этом для прочтения с ВУ или для записи на него порции информации пользователю достаточно в своей программе употребить только соответствующую макрокоманду, причем средства ОС освобождают пользователя от необходимости в тексте своей программы конкретизировать номера ВУ, физические адреса расположения наборов данных на них и другие сведения, жестко привязывающие программу к данной конфигурации ЭВМ. Вместо

этого программист может указать только логическое имя ВУ или просто рекомендовать его тип, совершенно не заботиться о местоположении набора данных в пределах заданного тома и вообще опустить многие другие параметры, значение которых определит ОС.

Если программиста не удовлетворяют ограничения, накладываемые стандартными методами доступа на организацию обменов, он может воспользоваться другими средствами ОС — *физическим методом доступа*, но при этом от программиста требуются гораздо больше знаний ОС и усилий по написанию программы, текст которой значительно усложняется.

В ОС при ознакомлении с организацией обмена данными, кроме понятия метода доступа, пользователь встречается с представлением о программе *драйвера*. Это системное средство более специализировано, чем метод доступа, поскольку обеспечивает доступ только к конкретному и единственному типу ВУ.

Важной функцией любой ОС является обеспечение достаточно подробной диагностики на всех этапах прохождения задания через ЭВМ. Особенно подробными должны быть диагностические сообщения при обнаружении различных сбоев и ошибок в ходе выполнения вычислительного процесса. В ОС с развитыми сервисными средствами существует возможность определения физического адреса ОП, по которому располагалась ошибочная машинная команда, а также местоположения команды исходного модуля программы, породившей ошибку.

### **Вопросы и задачи**

1. Дайте общие сведения об операционных системах.
2. Возможно ли влияние операционной системы на работу всей системы?
3. Дайте полный обзор операционных систем, распространенных в настоящее время.
4. Изложите структуру операционных систем.
5. Расскажите о работе и генерации операционной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Двигатели внутреннего сгорания.** В 3 кн. Кн. 3. Компьютерный практикум: Учеб./ В. Н. Луканин, М.Г. Шатров, А. Ю. Труш и др.; Под ред. В.Н. Луканина. –М.: Высшая школа, 1995.
2. **Корячко В.П., Курейчик В.М., Норенков И.П.** Теоретические основы САПР. –Минск.: Вышэйшая школа, 1987.
3. **Максимей И.В.** Имитационное моделирование на ЭВМ. –М.: 1988.
4. **Норенков И. П.** Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. –Минск.: Вышэйшая школа, 1986.
5. **Норенков И.П.** Принципы построения и структура САПР. – Минск.: Вышэйшая школа, 1986.
6. **Петренко А.И.** Основы автоматизации проектирования. – Киев.: Вища школа, 1982.
7. **Петров А.В., Черненко В.М.** Проблемы и принципы создания САПР. –М.: Высшая школа, 1990.
8. **Тулаев Б.Р.** Основы автоматизированного проектирования.; Учебное пособие. –Т.: ТашГТУ, 2004.
9. **www.compulenta.ru**
10. **www.hardinfo.d1.ru**
11. **www.intel.com**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ГЛАВА 1. ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ, СОСТАВ И СТРУКТУРА САПР</b> .....	<b>5</b>
1.1. Принципы создания САПР .....	5
1.2. Состав и структура САПР .....	9
<b>ГЛАВА 2. КОМПОНЕНТЫ ВИДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР</b> .....	<b>18</b>
2.1. Математическое обеспечение (МО) САПР .....	18
2.2. Программное обеспечение (ПО) САПР .....	20
2.3. Информационное обеспечение САПР .....	21
2.4. Техническое обеспечение САПР .....	31
2.5. Лингвистическое обеспечение САПР .....	32
<b>ГЛАВА 3. КЛАССИФИКАЦИЯ САПР</b> .....	<b>33</b>
3.1. Классификация САПР .....	33
3.2. Взаимодействие САПР с другими автоматизированными системами .....	37
<b>ГЛАВА 4. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b> .....	<b>39</b>
4.1. Уровни, аспекты и этапы проектирования .....	39
4.2. Типовые проектные процедуры .....	48
<b>ГЛАВА 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ПРОЦЕССОРЫ</b> .....	<b>52</b>
5.1. Общие положения .....	52
5.2. Общие сведения об ЭВМ и ВС, используемых в автоматизированном проектировании .....	55
5.3. Аппаратные средства и системы ЭВМ .....	59
<b>ГЛАВА 6. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА</b> .....	<b>86</b>
6.1. Запоминающие устройства (ЗУ) .....	86
6.2. Быстродействие оперативной памяти .....	90

<b>ГЛАВА 7. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА И ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ (ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА).....</b>	<b>98</b>
7.1. МАТЕРИНСКАЯ ПЛАТА .....	98
7.2. ШИНЫ МАТЕРИНСКОЙ ПЛАТЫ .....	100
7.3. ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ .....	111
7.4. ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА ЭВМ .....	112
7.5. ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА. ....	113
<b>ГЛАВА 8. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: МАШИННАЯ ГРАФИКА .....</b>	<b>127</b>
8.1. МАШИННАЯ ГРАФИКА .....	127
8.2. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА МАШИНОЙ ГРАФИКИ .....	133
8.3. УСТРОЙСТВА ОПЕРАТИВНОЙ СВЯЗИ ЧЕЛОВЕКА С ЭВМ .....	136
<b>ГЛАВА 9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ: ОПЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>141</b>
9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ (ОС) .....	141
9.2. СТРУКТУРА И ГЕНЕРАЦИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ .....	153
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>158</b>

Редактор

Нокачолова Н.С.

---

Подписано к печати 02.03.2009 г. Формат 60x84 1/16.  
Объем 9,3 п.л. Тираж 50 экз. Заказ № 486.

---

Отпечатано в типографии ТГТУ, г.Ташкент,  
ул.Талабалар 54, тел: 246-63-84.