**Классификация компьютерных архитектур**

Компьютерные системы отличаются между собой не только *по* своим параметрам и своему назначению, но и *по* своим внутренним архитектурным принципам. Наиболее известны следующие подходы к архитектуре компьютерных систем.

**CISC (Complicated Instruction Set Computers – компьютеры с усложненной системой команд) –** исторически первый подход к компьютерной архитектуре, суть которого в том, что в систему команд компьютера включаются сложные *по* семантике *операции*, реализующие типовые действия, часто используемые при программировании и при *реализации языков* – например, вызов рекурсивных процедур и автоматическое обновление *дисплей*-регистров, групповые *операции* пересылки строк и массивов и др. Типичными представителями **CISC** -компьютеров были: из зарубежных компьютерных систем – машины серии **IBM 360/370**,из отечественных – *многопроцессорные* вычислительные комплексы (МВК) **"Эльбрус** ". В *IBM* 360, например, была реализована*команда* MVC (move characters), которая выполняла пересылку массива символов (строки) из одной области памяти в другую, причем адреса источника, получателя и *длина* пересылаемой строки задавались в регистрах. В "Эльбрусе" был аппаратно реализован в общем виде *вход в процедуру* с передачей через *стек* параметров, обновлением *дисплей*-регистров, указывающих на доступные процедуре области локальных данных. Другой пример – в "Эльбрусе" *команда* считывания в *стек* значения *по* заданному адресу осуществляла автоматический проход "косвенной цепочки" заранее не известной длины – если *значение* оказывалось также адресом, то происходило считывание в *стек* значения *по* нему и т.д., до тех пор, пока считанная в *стек* величина не окажется значением, а не адресом. С одной стороны, понятно стремление авторов **CISC** -архитектур сделать аппаратуру как можно более "умной". С другой стороны, жесткое "вшивание" сложных алгоритмов выполнения команд в "железо" приводило к тому, что аппаратура исполняла каждый раз некоторый общий *алгоритм* команды, требовавший десятков или даже сотен тактов процессора, но как-либо оптимизировать выполнение этих команд с использованием конкретной информации о длине строки, косвенной цепочки и т.д. возможности не было. Другой недостаток **CISC** -архитектур в том, что подобные групповые *операции* на время их выполнения фактически останавливали работу **конвейера (pipeline)** - реализованной в любой компьютерной архитектуре аппаратной оптимизации, параллельного выполнения нескольких соседних команд при условии их независимости друг от друга *по*данным.

**RISC (Reduced Instruction Set Computers – компьютеры с упрощенной системой команд) –** упрощенный подход к*архитектуре компьютеров*, предложенный в начале 1980-х гг. профессором Дэвидом Паттерсоном (университет Беркли, США) и его студентом Дэвидом Дитцелом (впоследствии – крупным ученым, руководителем компании Transmeta). Примеры семейств **RISC** -компьютеров: **SPARC, MIPS, PA-RISC, PowerPC**. Принципы данного подхода: упрощение семантики команд, отсутствие сложных групповых операций (которые могут быть реализованы последовательностями команд, содержащими циклы); одинаковая *длина*команд (32 бита – *архитектура* была разработана в расчете на 32-битовые процессоры); выполнение арифметических операций только в регистрах и использование специальных команд считывания из памяти в *регистр* и записи из регистра в *память*; отсутствие специализированных регистров (например, *дисплей*-регистров для адресации доступных областей локальных данных в стеке); использование большого набора регистров ( **регистрового файла** ) общего назначения– 512, 1024, 2048 регистров и т.д., в зависимости от конкретной модели процессора; передача при вызове процедур параметров через регистры. Подобная *архитектура*дает широкий простор для оптимизаций, выполняемых компиляторами, что и демонстрируют компиляторы *Sun* Studio разработки фирмы *Sun* / *Oracle* для ОС Solaris и Linux. *RISC*-*архитектура* до сих пор используется при разработке новых компьютеров.

**VLIW (Very Long Instruction Word – компьютеры с широким командным словом) –** подход к *архитектуре компьютеров*, сложившийся в 1980-х – 1990-х гг. Основная идея данного подхода – **статическое планирование параллельных вычислений компилятором** на уровне отдельных последовательностей команд и подкоманд. При данной архитектуре каждая *команда* является " **широкой" (long) и** содержит несколько **подкоманд**, выполняемых параллельно за один машинный такт на нескольких однотипных устройствах процессора – например, в таком компьютере может быть два устройства сложения, два логических устройства, два устройства для выполнения переходов и т.д. Задачей компилятора является оптимальное планирование загрузки всех этих устройств в каждом машинном такте и генерация таких (широких) команд, которые позволили бы оптимально загрузить на каждом такте каждое из устройств. Достоинством такой архитектуры является возможность распараллеливания вычислений, недостатком – сложность (*по* сравнению с **RISC** -архитектурой). Примеры компьютеров таких архитектур: из зарубежных – компьютеры Cray X/*MP*, Cray Y/*MP* и др., разработанные компьютерным гением Сеймуром Креем (Cray) и его фирмой *Cray Research*; из отечественных – многопроцессорный вычислительный комплекс "Эльбрус-3".

**EPIC (Explicit Parallelism Instruction Computers – компьютеры с явным распараллеливанием) –** *по* архитектуре аналогичны**VLIW**, но с добавлением ряда важных усовершенствований: например, **спекулятивных** вычислений – параллельного выполнения обеих веток условной конструкции с вычислением условия. Подход сложился и используется с 1990-х гг. Примеры процессоров данной архитектуры - Intel **IA-64, AMD-64**.

**Multi-core computers (многоядерные компьютеры) –** получившая наиболее широкую популярность в настоящее время*архитектура* компьютеров, при которой каждый *процессор* имеет несколько **ядер (cores)**,объединенных в одном кристалле и параллельно работающих на одной и той же общей памяти, что дает широкие возможности для *параллельных вычислений*. В настоящее время известны **многоядерные** процессоры фирмы Intel (*Core* 2 Duo, *Dual* *Core* и др.), а также мощные **многоядерные**процессоры фирмы *Sun* / *Oracle*: **Ultra SPARC-T1 ("Niagara")** - 16-ядерный *процессор* **; Ultra SPARC-T2 ("Niagara2")** – 32-ядерный *процессор*. Все ведущие фирмы мира заняты разработкой и выпуском все более мощных **многоядерных** процессоров. Соответственно, создатели операционных систем для таких компьютеров разрабатывают базовые библиотеки программ, позволяющие в полной мере использовать возможности параллельного выполнения на **многоядерных** процессорах.

**Hybrid processor computers (компьютеры с гибридными процессорами)** – новый, все шире распространяющийся подход к*архитектуре компьютеров*, при котором *процессор* имеет **гибридную** структуру – состоит из ( **многоядерного** ) **центрального процессора (CPU)** и (также **многоядерного** ) **графического процессора (GPU – Graphical Processor Unit** ). Такая *архитектура*была разработана, в связи с необходимостью *параллельной обработки* графической и мультимедийной информации, что особенно актуально для компьютерных игр, просмотре на компьютере высококачественного цифрового видео и др. *Гибридная архитектура*является новым "интеллектуальным вызовом" для разработчиков компиляторов, которым необходимо разработать и реализовать адекватный набор оптимизаций как для центральных, так и для графических процессоров. Примерами таких архитектур являются новые процессоры фирмы *AMD*, а также графические процессоры серии *Tesla* фирмы NVidia.