

image not found or type unknown

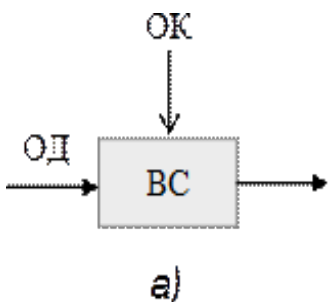


Большое разнообразие структур ВС затрудняет их изучение. Поэтому вычислительные системы классифицируют с учетом их обобщенных характеристик. С этой целью вводится понятие «архитектура системы».

Архитектура ВС — совокупность характеристик и параметров, определяющих функционально-логическую и структурную организацию системы. Понятие архитектуры охватывает общие принципы построения и функционирования, наиболее существенные для пользователей, которых больше интересуют возможности систем, а не детали их технического исполнения. Поскольку ВС появились как параллельные системы, то и рассмотрим классификацию архитектур под этой точкой зрения.

Эта классификация архитектур была предложена М. Флинном (M. Flynn) в начале 60-х гг. В ее основу заложено два возможных вида параллелизма: **независимость потоков заданий (команд)**, существующих в системе, и **независимость (несвязанность) данных**, обрабатываемых в каждом потоке. Классификация до настоящего времени еще не потеряла своего значения. Однако подчеркнем, что, как и любая классификация, она носит временный и условный характер. Своим долголетием она обязана тому, что оказалась справедливой для ВС, в которых ЭВМ и процессоры реализуют программные последовательные методы вычислений. С появлением систем, ориентированных на потоки данных и использование ассоциативной обработки, данная классификация может быть некорректной.

Согласно этой классификации существует четыре основных архитектуры ВС, представленных на рисунке:



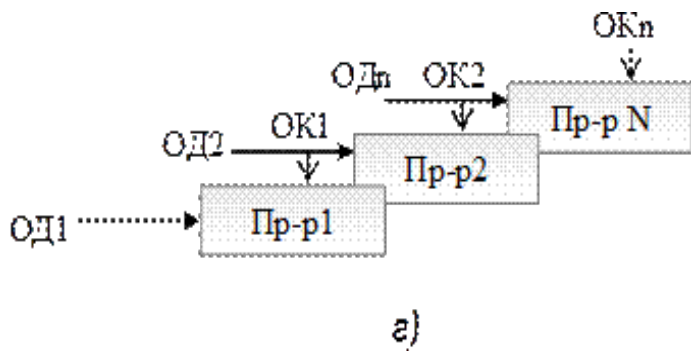
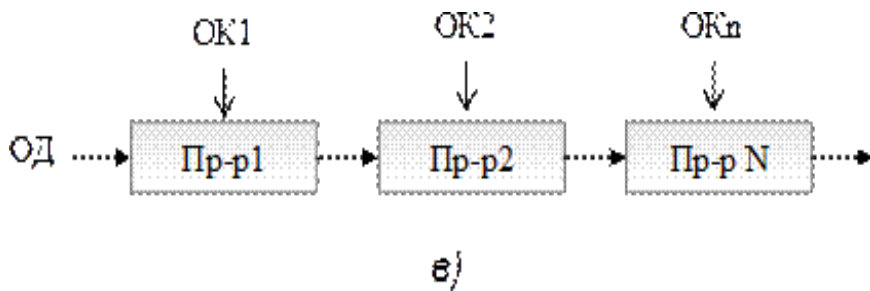
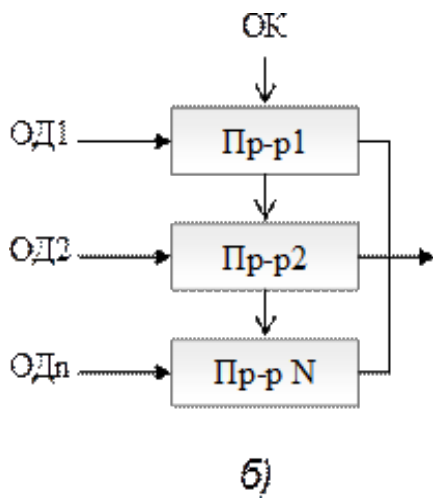


Рис. Архитектура ВС: а — ОКОД (SISD)-архитектура; б — ОКМД (SIMD)- архитектура; в — МКОД (MISD)-архитектура; г — МКМД (MIMD)-архитектура

- одиночный поток команд — одиночный поток данных (ОКОД), в английском варианте — Single Instruction Single Data (SISD) — одиночный поток инструкций — одиночный поток данных;
- одиночный поток команд — множественный поток данных (ОКМД), или Single Instruction Multiple Data (SIMD) — одиночный поток инструкций — одиночный поток данных;

- множественный поток команд — одиночный поток данных (МКОД), или Multiple Instruction Single Data (MISD) — множественный поток инструкций — одиночный поток данных;
- множественный поток команд — множественный поток данных (МКМД), или Multiple Instruction Multiple Data (MIMD) — множественный поток инструкций — множественный поток данных (MIMD).

Коротко рассмотрим отличительные особенности каждой из архитектур.

Архитектура ОКОД охватывает все однопроцессорные и одномашинные варианты систем, т.е. с одним вычислителем. Все ЭВМ классической структуры попадают в этот класс. Здесь параллелизм вычислений обеспечивается путем совмещения выполнения операций отдельными блоками АЛУ, а также параллельной работы устройств ввода-вывода информации и процессора. Закономерности организации вычислительного процесса в этих структурах достаточно хорошо изучены.

Архитектура ОКМД предполагает создание структур векторной или матричной обработки. Системы этого типа обычно строятся как однородные, т.е. процессорные, элементы, входящие в систему, идентичны, и все они управляются одной и той же последовательностью команд. Однако каждый процессор обрабатывает свой поток данных. Под эту схему хорошо подходят задачи обработки матриц или векторов (массивов), задачи решения систем линейных и нелинейных, алгебраических и дифференциальных уравнений, задачи теории поля и др. В структурах данной архитектуры желательно обеспечивать соединения между процессорами, соответствующие реализуемым математическим зависимостям. Как правило, эти связи напоминают матрицу, в которой каждый процессорный элемент связан с соседними.

По этой схеме строились системы: первая суперЭВМ — ILLIAC-IV, отечественные параллельные системы — ПС-2000, ПС-3000. Идея векторной обработки широко использовалась в таких известных суперЭВМ, как Cyber-205 и Gray-I, II, III. Узким местом подобных систем является необходимость изменения коммутации между процессорами, когда связь между ними отличается от матричной. Кроме того, задачи, допускающие широкий матричный параллелизм, составляют достаточно узкий класс задач. Структуры ВС этого типа, по существу, являются структурами специализированных суперЭВМ.

Третий тип архитектуры МКОД предполагает построение своеобразного процессорного конвейера, в котором результаты обработки передаются от одного процессора к другому по цепочке. Выгоды такого вида обработки понятны. Прототипом таких вычислений может служить схема любого производственного конвейера. В современных ЭВМ по этому принципу реализована схема совмещения операций, в которой параллельно работают различные функциональные блоки, и каждый из них делает свою часть в общем цикле обработки команды.

В ВС этого типа конвейер должны образовывать группы процессоров. Однако при переходе на системный уровень очень трудно выявить подобный регулярный характер в универсальных вычислениях. Кроме того, на практике нельзя обеспечить и «большую длину» такого конвейера, при которой достигается наивысший эффект. Вместе с тем конвейерная схема нашла применение в так называемых скалярных процессорах суперЭВМ, в которых они применяются как специальные процессоры для поддержки векторной обработки.

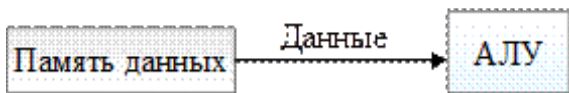
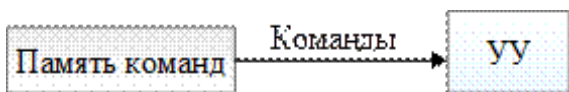
Архитектура МКМД предполагает, что все процессоры системы работают по своим программам с собственным потоком команд. В простейшем случае они могут быть автономны и независимы. Такая схема использования ВС часто применяется на многих крупных вычислительных центрах для увеличения пропускной способности центра. Большой интерес представляет возможность согласованной работы ЭВМ (процессоров), когда каждый элемент делает часть общей задачи. Общая теоретическая база такого вида работ практически отсутствует.

Классификация параллельных вычислительных систем

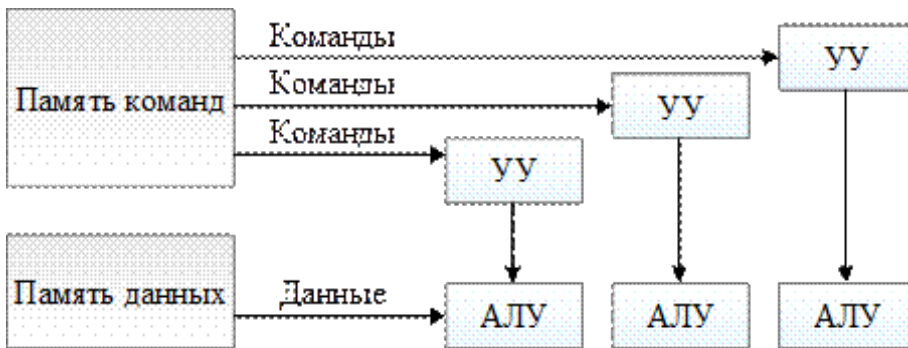
Даже краткое перечисление типов современных параллельных вычислительных систем (ВС) дает понять, что для ориентирования в этом многообразии необходима четкая система классификации. От ответа на главный вопрос — что заложить в основу классификации — зависит, насколько конкретная система классификации помогает разобраться с тем, что представляет собой архитектура ВС и насколько успешно данная архитектура позволяет решать определенный круг задач. Попытки систематизировать все множество архитектур параллельных вычислительных систем предпринимались достаточно давно и длятся по сей день, но к однозначным выводам пока не привели. Исчерпывающий обзор существующих систем классификации ВС приведен в [5].

Классификация Флинна

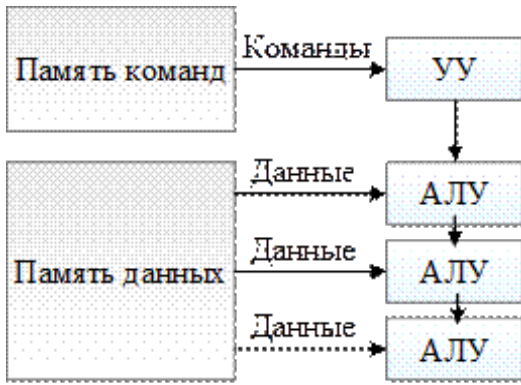
Среди всех рассматриваемых систем классификации ВС наибольшее признание получила классификация, предложенная в 1966 году М. Флинном [99, 100]. В ее основу положено понятие потока, под которым понимается последовательность элементов, команд или данных, обрабатываемая процессором. В зависимости от количества потоков команд и потоков данных Флинн выделяет четыре класса архитектур: SISD, MISD, SIMD, MIMD.



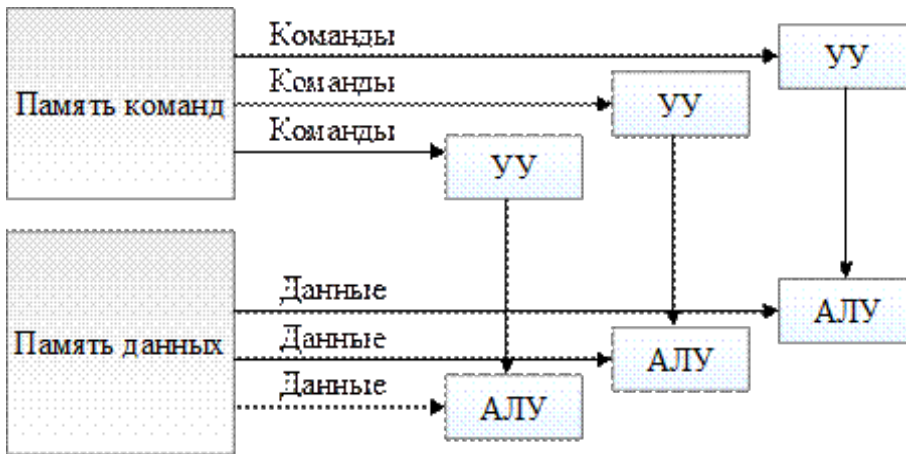
а)



б)



а)



б)

Рис. 10.5. Архитектура вычислительных систем по Флинну: а — SISD; б — MISD;

в — SIMD; г -MIMD

MIMD

SIMD

MISD

SISD

SISD (Single Instruction Stream/Single Data Stream) — одиночный поток команд и одиночный поток данных (а). Представителями этого класса являются, прежде всего, классические фон-неймановские ВМ, где имеется только один поток команд, команды обрабатываются последовательно и каждая команда инициирует одну операцию с одним потоком данных. То, что для увеличения скорости обработки

команд и скорости выполнения арифметических операций может применяться конвейерная обработка, не имеет значения, поэтому в класс SISD одновременно попадают как ВМ CDC 6600 со скалярными функциональными устройствами, так и CDC 7600 с конвейерными. Некоторые специалисты считают, что к SISD-системам можно причислить и векторно-конвейерные ВС, если рассматривать вектор как неделимый элемент данных для соответствующей команды.

MISD (Multiple Instruction Stream/Single Data Stream) — множественный поток команд и одиночный поток данных (б). Из определения следует, что в архитектуре ВС присутствует множество процессоров, обрабатывающих один и тот же поток данных. Примером могла бы служить ВС, на процессоры которой подается искаженный сигнал, а каждый из процессоров обрабатывает этот сигнал с помощью своего алгоритма фильтрации. Тем не менее, ни Флинн, ни другие специалисты в области архитектуры компьютеров до сих пор не сумели представить (убедительный пример реально существующей вычислительной системы, построенной на данном принципе. Ряд исследователей относят к данному классу конвейерные системы, однако это не нашло окончательного признания. Отсюда принято считать, что пока данный класс пуст. Наличие пустого класса не (следует считать недостатком классификации Флинна. Такие классы, по мнению I некоторых исследователей, могут стать чрезвычайно полезными для разработки принципиально новых концепций в теории и практике построения вычислительных систем.

SIMD (Single Instruction Stream/Multiple Data Stream) — одиночный поток команд и множественный поток данных (в). ВМ данной архитектуры позволяют выполнять одну арифметическую операцию сразу над многими данными — элементами вектора. Бесспорными представителями класса SIMD считаются матрицы процессоров, где единое управляющее устройство контролирует множество процессорных элементов. Все процессорные элементы получают от устройства управления одинаковую команду и выполняют ее над своими локальными данными. В принципе в этот класс можно включить и векторно-конвейерные ВС, если каждый элемент вектора рассматривать как отдельный элемент потока данных.

MIMD (Multiple Instruction Stream/Multiple Data Stream) — множественный поток команд и множественный поток данных (г). Класс предполагает наличие в вычислительной системе множества устройств обработки команд, объединенных в

единый комплекс и работающих каждое со своим потоком команд и данных. Класс MIMD чрезвычайно широк, поскольку включает в себя всевозможные мультипроцессорные системы. Кроме того, приобщение к классу MIMD зависит от трактовки. Так, ранее упоминавшиеся векторно-конвейерные ВС можно вполне отнести и к классу MIMD, если конвейерную обработку рассматривать как выполнение множества команд (операций ступеней конвейера) над множественным скалярным потоком.