

Организация параллельных ЭВМ

1. Особенности организации параллельных ЭВМ
2. Вид и способ связи
3. Состав
4. Управление и синхронизация
5. Симметричные мультипроцессоры (SMP), кластеры и массово параллельные системы (MPP).

- **Знать:** Особенности организации параллельных ЭВМ, виды связи, способы связи, состав, управление, синхронизация.
- **Литература:**
 - Страбыкин Д.А. Организация машин параллельного логического вывода: Учебное пособие для вузов. – Киров, изд-во ВятГТУ, 1999 с.116-128.
 - Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем. Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 668 с.
 - Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. – М.: "Нолидж", 1999. – 320 с.

1. Особенности организации параллельных ЭВМ

- К вопросам классификации параллельных ЭВМ можно подходить с позиций выявления особенностей параллельных алгоритмов и моделей вычислений, а также особенностей архитектуры.
- Кроме того, можно выделить ряд признаков, определяющих основные варианты организации параллельных ЭВМ.
- Характеристика многопроцессорных ЭВМ в зависимости от способа параллельной обработки, вида и способа связи, способа управления и синхронизации, приведена на рисунке 1.
- В зависимости от состава многопроцессорные ЭВМ также делятся на однородные и неоднородные.



Классификация параллельных машин

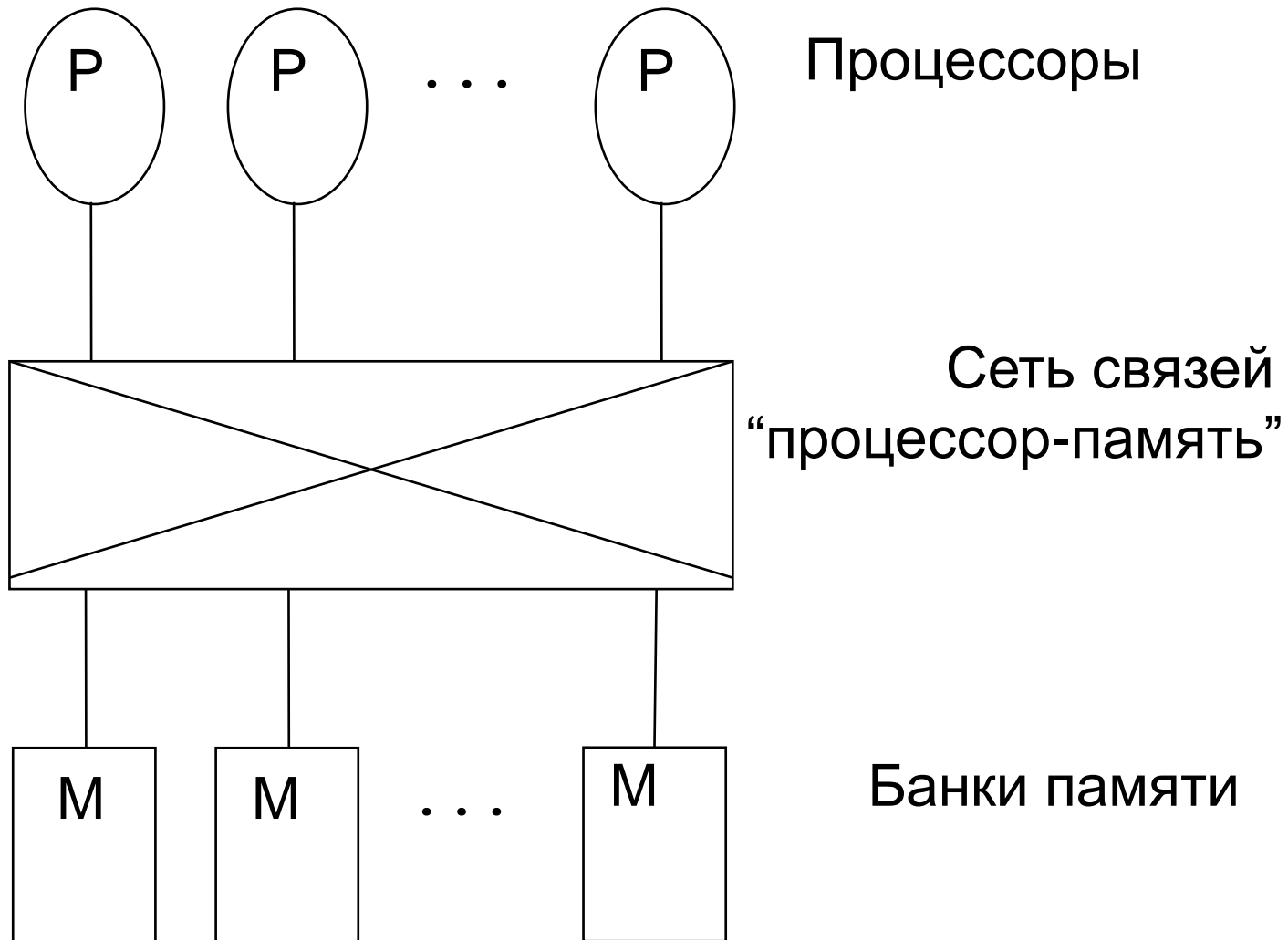
Гранулярность и способ обработки		Название класса
<i>Много-элементная</i>	<i>Много-стадийная</i>	
Программа	Нет/команда/операция	Многопроцессорная система
Команда	Нет/операция	Матричный процессор
Операция	Нет	Процессор со многими АЛУ
Нет	Команда	Процессор с конвейеризацией команд
Команда	Команда	Суперскалярный процессор
Нет/операция	Операция	Процессор с конвейеризацией операций

2. Вид и способ связи

2.1. Вид связи

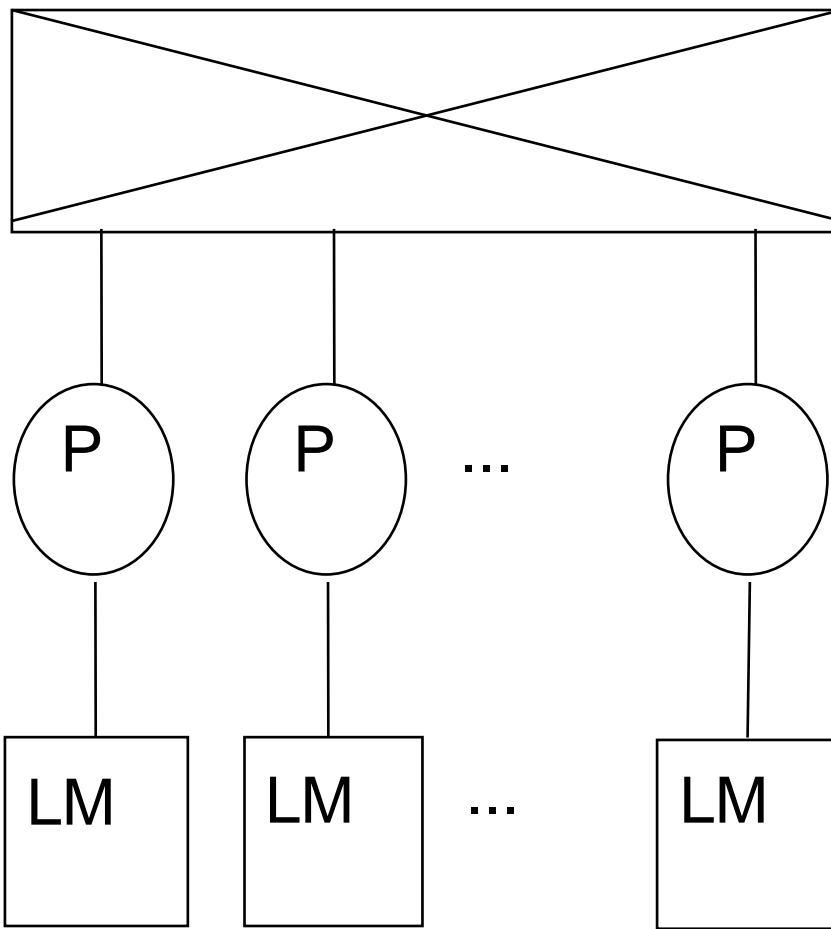
- В зависимости от вида связи, используемой для обеспечения обмена информацией между процессорами и памятью, многопроцессорные ЭВМ делятся на системы с общей памятью и системы с коммутацией сообщений. Первый тип ЭВМ называют еще системами с сильной связью, а вторые – со слабой связью.
- ***ВС с общей памятью.*** В системах с общей памятью одно (единое) пространство памяти совместно используется всеми процессорами. Фактически общая память организуется с помощью сети связи, как показано на рисунке 2.

Структура ВС с общей памятью



- ***ВС с коммутацией сообщений.*** В системах с коммутацией сообщений связь между процессорами осуществляется в форме передачи сообщений через посредство портов ввода-вывода и процессорную сеть связи (рисунок 3).
- В таких системах часто используется пакетный режим передачи.
- По сравнению с системами с общей памятью, данным системам свойствен большой перерасход времени при передаче данных, поэтому их невыгодно использовать в тех случаях, когда сложные структуры данных обрабатываются совместно несколькими процессорами, однако если частота передач и объем передаваемых данных небольшие, такую систему можно использовать даже при большом числе процессоров.

Структура ВС с коммутацией сообщений



Процессорная сеть
связи

Процессоры

Модули
локальной
памяти

2.1. Способ связи

Существует три типа структурного построения многопроцессорных ЭВМ:

- с общей или разделяемой во времени шиной,
- с перекрестной коммутацией,
- с многовходовой памятью.

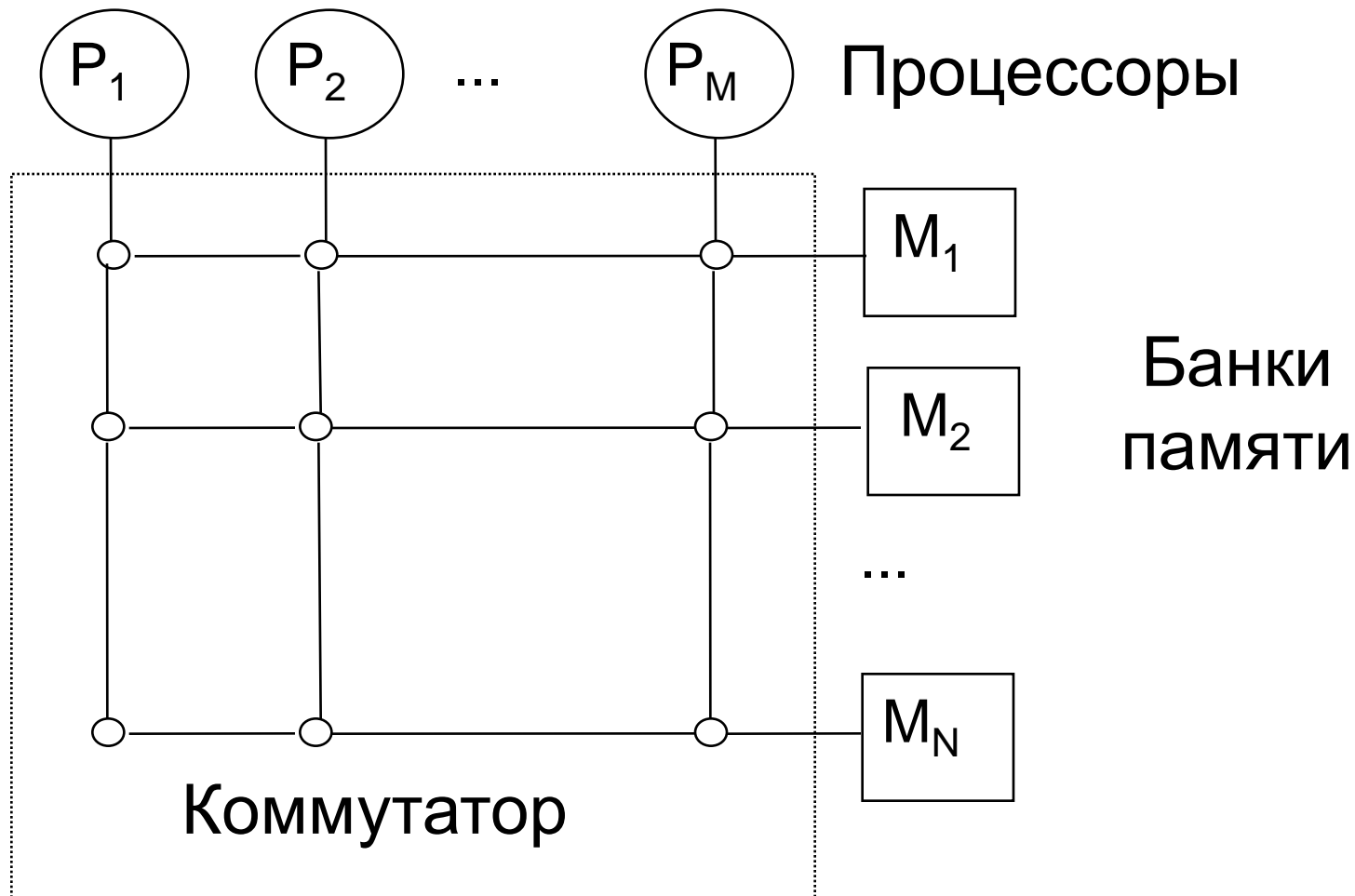
Многопроцессорные ЭВМ с такими структурами считаются классическими, или истинными.

ВС с общей шиной. Структурная схема многопроцессорной ЭВМ с общей или разделяемой во времени шиной чрезвычайно проста: все устройства объединяются общей шиной, по которой передаются данные, адреса, команды, управляющие сигналы.

- Достоинством **ВС с общей шиной** является простота построения.
- Однако при такой структуре одновременно могут обмениваться информацией только два устройства, а остальные вынуждены ожидать освобождения шины.
- В результате при высокой интенсивности обменов между процессорами падает эффективная производительность машины.
- Поэтому практически в многопроцессорных ЭВМ с общей шиной редко бывает больше двух процессоров – дальнейшее увеличение их числа не дает заметного повышения производительности.

- ***ВС с перекрестной коммутацией.*** Структура предусматривает наличие специального централизованного коммутатора, связывающего между собой все компоненты комплекса (рисунок 4).
- При этом коммутатор строится таким образом, что одновременно могут происходить передачи информации между несколькими парами устройств.
- За счет этого резко снижается количество конфликтов при взаимных обменах информацией между устройствами (по сравнению с вариантом ЭВМ с общей шиной), увеличиваются пропускная способность и эффективное быстродействие.
- Недостатком таких машин является сложность и высокая стоимость коммутатора.

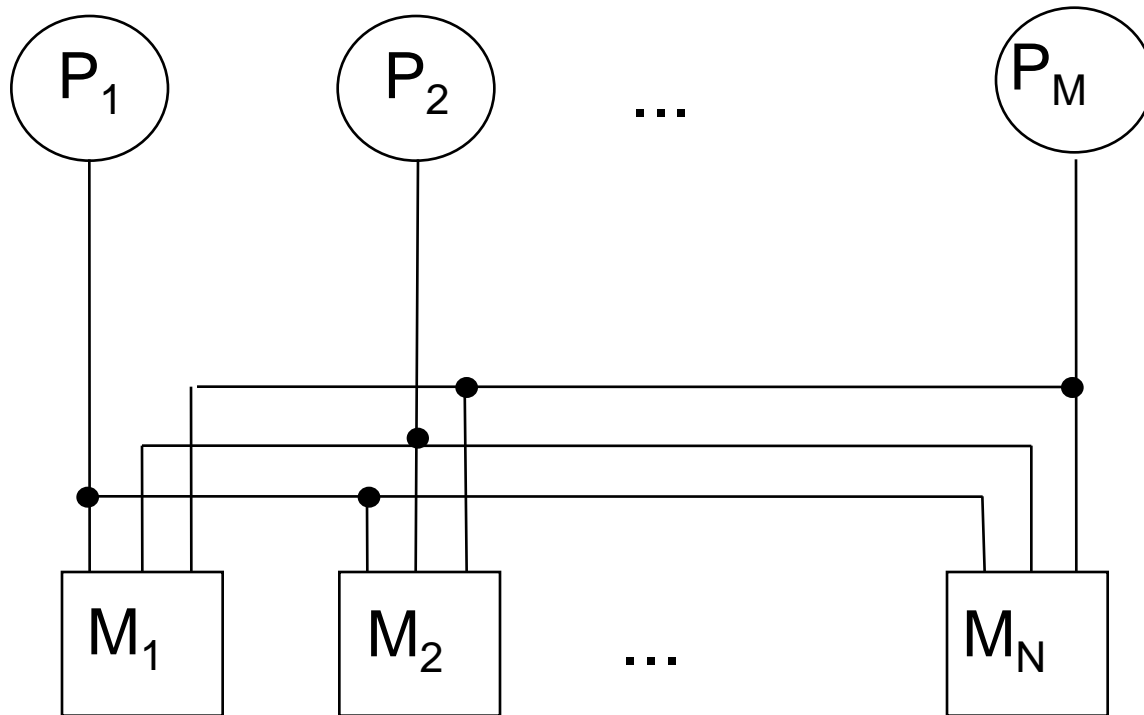
Структура ВС с полным коммутатором



- ***ВС с многовходовой памятью.*** Построение многопроцессорной ЭВМ с использованием многовходовой памяти до некоторой степени снижает недостатки варианта с перекрестной коммутацией — в нем коммутация осуществляется в модулях оперативной памяти, каждый из которых имеет число входов-выходов, равное числу процессоров.
- Каждый процессор имеет непосредственную связь с модулем оперативной памяти (рисунок 5).
- Структура такой ЭВМ подобна структуре с коммутатором, только коммутатор выполнен не в виде отдельного устройства, а распределен по всем модулям памяти. Такое решение по многим причинам упрощает реализацию.

Структура ВС с многовходовой памятью

Процессоры



Модули многовходовой памяти

3. Состав

В зависимости от состава все многопроцессорные ЭВМ можно разделить на однородные и неоднородные.

Однородные ЭВМ состоят из массива идентичных процессоров, которые содержат локальную память и имеют под своим управлением (постоянно или временно, динамически) секцию массовой памяти или блок буферной кэш-памяти.

Однородные многопроцессорные ЭВМ наиболее эффективны при однотипной обработке множественного потока данных.

Основной отличительной особенностью таких ЭВМ является то, что все процессоры совершенно идентичны и настроены на выполнение одинакового набора функций, хотя в какой-то момент могут выполнять разные функции указанного набора.

В качестве процессоров однородных ЭВМ используются специализированные микропроцессорные устройства или универсальные микроЭВМ.

Два очевидных достоинства однородных ЭВМ так или иначе используются при разработке большинства современных многопроцессорных ЭВМ:

- 1) однородность архитектуры, ведущая к уменьшению стоимости аппаратуры;
- 2) почти линейная зависимость производительности машины от числа процессоров, имеющая место во многих случаях и обеспечивающая гибкость наращивания аппаратуры при повышении требований к производительности.

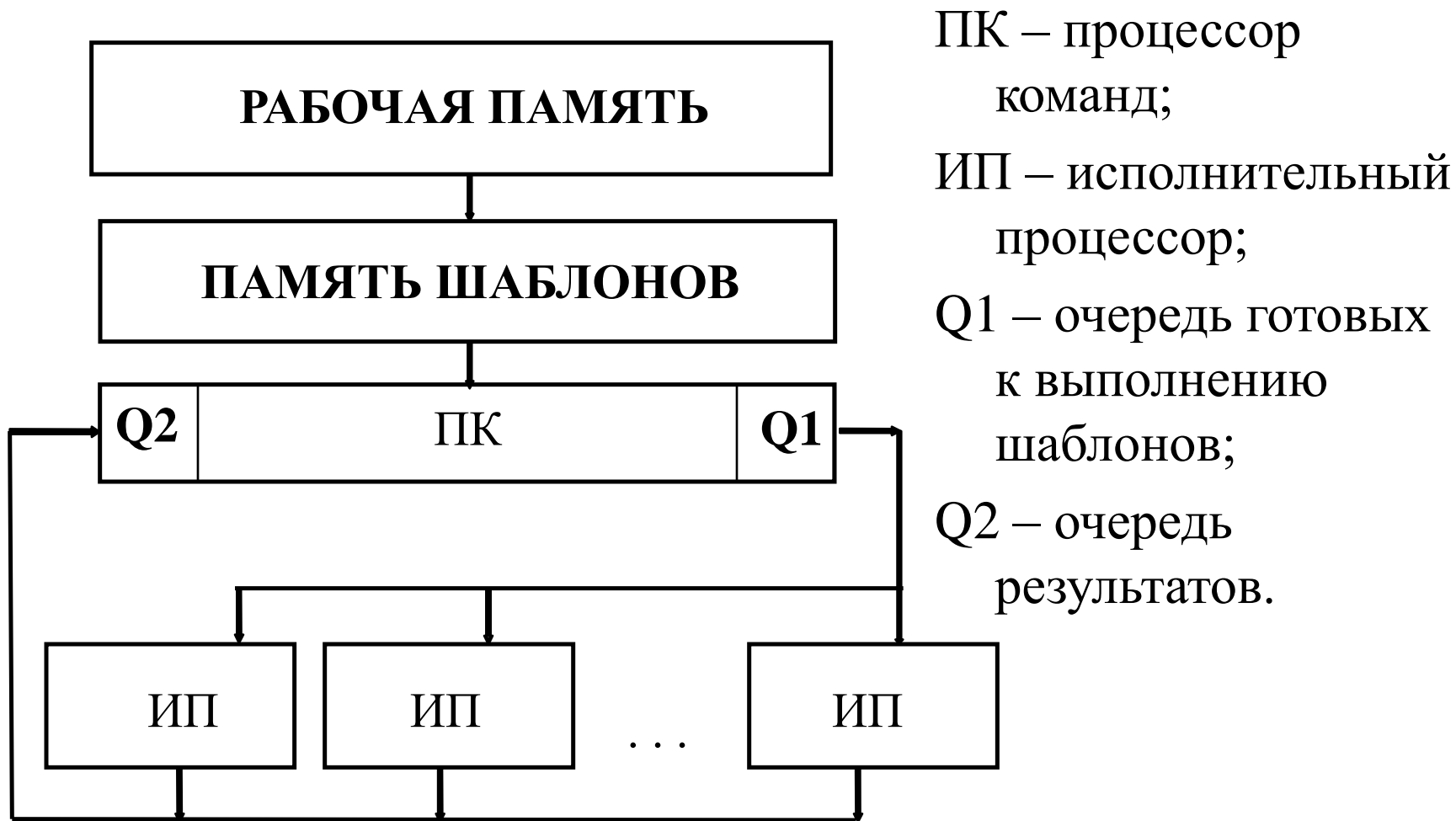
- **Неоднородные ЭВМ.** Неоднородность многопроцессорных ЭВМ может быть аппаратурной и функциональной, причем аппаратурная неоднородность предполагает и функциональную.
- При функциональной неоднородности за каждым процессором закрепляются свои функции (одна или несколько), хотя реализованы процессоры могут быть как идентичные универсальные.
- Под неоднородностью структуры понимается именно более общая функциональная неоднородность. Такие ЭВМ называют еще машинами с функциональным параллелизмом, или распределением процессоров по функциям.

4. Управление и синхронизация

- С позиции организации вычислительного процесса весьма важен способ управления и синхронизации. Все параллельные ЭВМ можно разделить на синхронные и асинхронные, с централизованным или распределенным управлением.
- **Синхронные ЭВМ.** В синхронных параллельных ЭВМ синхронизация одновременно выполняемых операций осуществляется жестким образом с помощью единой глобальной системы синхронизирующих сигналов, для таких структур характерно наличие единого центрального устройства управления. Такое устройство может включать несколько синхронных узлов, например, управления скалярными и векторными операциями.
- Синхронными являются классические системы типа ОКМД (матрицы процессоров, ассоциативные системы), конвейерно-векторные вычислительные системы.

- **Асинхронные ЭВМ.** Для асинхронных систем характерно распределенное управление, каждый процессорный элемент может иметь собственную систему синхронизирующих сигналов.
- В таких системах осуществляется обмен сообщениями между процессорными элементами посредством коммуникационных сетей или с помощью общей оперативной памяти, и реализуются стандартные конструкции синхронизации типа семафоров.
- Асинхронными являются классические системы типа МКМД (мультипроцессоры с распределенной и общей памятью), машины потоков данных, редукционные вычислительные системы.

Структура потоковой машины



4. Симметричные мультипроцессоры, кластеры и массово параллельные системы

Традиционно параллельные ВС делятся на два больших класса:

- SIMD – "один поток команд, много потоков данных" – команды выдаются одним управляющим процессором, а выполняются одновременно на всех обрабатывающих процессорах над локальными данными этих процессоров.
- MIMD – "много потоков команд, много потоков данных" – совокупность компьютеров, работающих по своим программам и со своими исходными данными.

Развитие параллельных вычислений прошло этапы конвейерно-векторных супервычислений, параллельных вычислений на множестве процессоров, связанных коммуникационной средой передачи сообщений, а также систем из микропроцессоров с КЭШ-памятями и разделяемой (логически – общей) физически распределенной основной памятью.

Существующие параллельные вычислительные средства класса MIMD образуют три подкласса:

- симметричные мультипроцессоры (SMP);
- кластеры;
- массово (массивно) параллельные системы (massive parallel processing – MPP).

В основе этой классификации лежит структурно-функциональный подход.

5.1. Симметричные мультипроцессоры

- SMP состоят из совокупности процессоров, обладающих одинаковыми возможностями доступа к памяти и внешним устройствам и функционирующих под управлением одной ОС. Частным случаем SMP служат однопроцессорные компьютеры. Все процессоры SMP имеют разделяемую общую память с единым адресным пространством.
- Однако степень масштабируемости SMP систем ограничена в пределах технической реализуемости одинакового для всех процессоров доступа к памяти со скоростью, характерной для однопроцессорных компьютеров. Как правило, количество процессоров в SMP не превышает 32.
- Для построения систем с большим числом процессоров применяются кластерный или MPP подходы. Оба направления используют SMP как системообразующий вычислительный модуль (BM).

Использование SMP обеспечивает следующие возможности:

- Масштабирование приложений при низких начальных затратах, путем применения без преобразования приложений на новых более производительных аппаратных средствах;
- Создание приложений в привычных программных средах;
- Программирование на базе разделяемой памяти;
- Одинаковое время доступа ко всей памяти;
- Возможность пересылки сообщений с большой пропускной способностью;
- Поддержку когерентности совокупности кэш-и-блоков основной памяти, неделимые операции синхронизации и блокировки.

5.2. Кластерные системы

- Кластерная система образуется из модулей, объединенных системой связи или разделяемыми устройствами внешней памяти, например, дисковыми массивами. Для образования кластерных систем могут быть использованы либо специализированные фирменные средства (например, MEMORY CHANNEL фирмы DEC), либо универсальные локальные и глобальные сети такие, как Ethernet, FDDI (Fiber Distributed Data Interface), и другие сети, например, с протоколами TCP/IP либо дисковые массивы с высокоскоростными широкими двойными и quadro PCI SCSI контроллерами.
- Размер кластера варьируется от нескольких модулей до десятков и сотен модулей.

Признаками, характерными для кластеров, являются:

- компоновка из компонентов высокой степени готовности стандартных SMP конфигураций и сетевых средств;
- построение на основе стандартных программно-аппаратных парадигм: Open Software Foundation Distributed Computing Environment (OSF DCE) и Open Network Computing (ONC), поддерживающих общие имена и возможности доступа;
- согласованность наборов прикладных программ, форматов данных;
- общая для всех ВМ кластера организация информационной безопасности, общий алгоритм обнаружения неисправностей и реконфигурации для обеспечения функционирования при наличии отказов;
- ограниченная масштабируемость по числу ВМ.

5.3. Массово параллельные системы

- MPP, в отличие от кластеров имеют более скоростные, как правило, специализированные, каналы связи между ВМ, а также широкие возможности по масштабированию.
- Кроме того, в MPP фиксируется некоторый, достаточно высокий уровень интерфейса прикладных программ (API) поддерживаемый распределенной операционной системой (ОС).
- Однако поддержка работоспособности и оптимизация загрузки процессоров в MPP менее развита, по сравнению с кластерами в силу разнообразности исполняемых программ и отсутствия функциональных связей между программами.

Характерные требования к системе связи MPP:

- высокая пропускная способность;
- маленькая задержка;
- возможность совмещения передач с вычислениями в модулях;
- базирование на стандартах;
- надежные протоколы с управлением потоком;
- поддержка различных топологий;
- масштабируемость;
- конфигурируемость.