

4.6. АНАЛИЗ КОНВЕЙЕРНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Значительный интерес (на протяжении более 30 последних лет 20 века) к конвейерным вычислительным системам объяснялся тем, что они позволили преодолеть барьер производительности машин третьего поколения и давали рекордную производительность.

Следует заметить, что уже в машинах третьего поколения принцип последовательной обработки информации подвергся значительной модификации. Машины третьего поколения допускали совмещение во времени работы центрального процессора и внешних устройств (как запоминающих, так и ввода-вывода).

Конвейерные процессоры – предел модификации архитектуры последовательной ЭВМ. Следовательно, возможности повышения быстродействия средств вычислительной техники при помощи конвейерной обработки информации принципиально ограничены: последовательность операций при передаче результатов по конвейеру не может быть произвольно длинной хотя бы из-за ограниченной надежности элементарных блоков обработки.

Конвейерные процессоры в архитектурном плане занимают промежуточное место среди средств обработки информации, базирующихся на модели вычислителя, и средств, основанных на модели коллектива вычислителей. Имеется тенденция к неуклонному совершенствованию архитектуры конвейерных ВС в направлении к коллективу вычислителей. Высокий уровень быстродействия был достигнут в конвейерных ВС за счет мультikonвейерности (параллельной работы множества конвейеров) и конвейеризации на микроуровне (на уровне фаз выполнения арифметических операций).

Параллельно-векторные системы (PVP-systems) отражают предельный вариант в совершенствовании архитектуры конвейерных вычислительных систем. В самом деле, PVP-система – это коллектив, образованный из процессоров, а последние, в свою очередь, есть ни что иное как композиция конвейеров. Следовательно, PVP-системы основываются на самой совершенной платформе – на MIMD-архитектуре и распределенности ресурсов.

Разнообразие конвейерных ВС – следствие возможностей в технической реализации модели коллектива вычислителей. Три принципа (см.3.1.1), положенные в основу коллектива вычислителей, достаточно ярко проявляются во всех конвейерных системах.

1. *Параллельность выполнения операций* в конвейерных системах обеспечивается на различных уровнях. На макроуровне параллельность выражается в возможности параллельной работы произвольного числа процессоров (Cray-2 – до 4, Cray Y-MP – до 8, Cray C90 – до 16, Cray T90 – до 32). На уровне процессоров предусматривается возможность параллельной работы порядка 10 конвейеров (в STAR-100 – трех, в Cray-1 – 12). На микроуровне закладывается возможность организации конвейеров из десятков элементарных блоков обработки информации (Cray-1 – от 1 до 14, STAR-100 – до 30).

Параллельность выполнения операций позволяет в мультikonвейерных вычислительных системах достичь быстродействия, измеряемого в единицах и десятках GigaFLOPS.

2. *Программируемость структуры* – принцип, который с развитием архитектуры конвейерных ВС находит все более полное воплощение. Так, например, в STAR-100 обеспечивалась избирательная обработка компонентов векторов данных путем введения специального булевского вектора. В Cray-1 стало возможным программировать последовательность использования 12 конвейеров процессора. В последующих разработках систем Cray реализована возможность программирования межпроцессорных взаимодействий.

3. *Конструктивная однородность* – принцип, который в конвейерных ВС проявляется достаточно четко. Даже для простых конвейерных систем характерно

наличие нескольких идентичных (или почти идентичных) конвейеров, небольшое разнообразие элементарных блоков обработки для формирования конвейеров, регулярность связей между блоками в конвейере, наличие нескольких одинаковых блоков в конвейере. Мультиконвейерные ВС (PVP-системы) полностью основаны на принципе однородности: это композиция множества однородных процессоров. В мультиконвейерных ВС каждый процессор – это композиция конвейеров с канонической структурой.

Технико-экономические соображения и необходимость достижения высокой производительности и архитектурного совершенства с неизбежностью заставили главного разработчика конвейерных ВС – Cray Research Inc. стать на платформу распределенных средств обработки информации, полностью основанных на модели коллектива вычислителей (см. MPP-системы: Cray T3D и Cray T3E).

Архитектурным совершенством начала 21 века являются сверх-высокопроизводительные вычислительные системы семейства Cray X. Данное семейство полностью основывается на модели коллектива вычислителей, оно в высшей степени впитало в себя архитектурные, функциональные и структурные достижения PVP- и MPP-систем.

Конвейерные ВС стартовали в 70-х годах 20 века с производительностью порядка 100 MegaFLOPS (STAR-100, 1973г; Cray-1, 1976 г.); к 1990 г. они достигли быстродействия 1 GigaFLOPS (Cray Y-MP, 1989 г.); в 2003 г. имеют скорость вычислений 50 TeraFLOPS (Cray X1); в 2010 системы будут обеспечивать один квадриллион операций в секунду – 1 PetaFLOPS.

Итак, диалектическое развитие архитектуры конвейерных вычислительных систем привело к следующим результатам:

- 1) конвейерные ВС “переродились” в распределенные мультипроцессорные системы с MIMD-архитектурой и массовым параллелизмом;
- 2) каноническая структура конвейера, которая была основой архитектуры супер-ЭВМ (конвейерных ВС 70-х и 80-х годов 20 века), получила внедрение в микропроцессорные большие интегральные схемы (например, в микропроцессоры Intel Pentium, IBM Power PC, DEC Alpha);
- 3) современные “конвейерные” микропроцессоры по своей производительности не уступают векторным супер-ЭВМ 70-х годов 20 века.

Мировой опыт работы в области конвейерных систем привел к необходимости создания распределенных вычислительных систем с программируемой структурой, концепция которых была сформулирована, теоретически и практически обоснована еще в 60-х и 70-х годах 20 века в Сибирском отделении АН СССР