

## 1.5 СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Современная вычислительная техника представлена широким спектром средств обработки информации от персональных компьютеров до вычислительных систем с массовым параллелизмом. Уровень быстродействия ЭВМ – это миллиарды операций с плавающей запятой в секунду (GigaFLOPS). Вычислительные системы могут иметь в своем составе сотни, тысячи и даже миллионы процессоров (арифметико-логических устройств). Так, например, в Connection Machine, созданной в 80-х годах 20 века американской фирмой Thinking Machines Corp., количество процессоров может достигать 65536. В зависимости от конфигурации быстродействие Connection Machine может принимать значения вплоть до  $10^{12}$  FLOPS.

Анализ самых мощных компьютеров мира, созданных в 2000–2002 годах, показывает, что диапазоном для числа процессоров в них является  $10^2 - 10^4$ . При этом производительность компьютеров характеризуется пределами:  $10^{12} - 10^{14}$  операций с плавающей запятой в секунду (1–100 TeraFLOPS).

В декабре 1999 г. фирма IBM (International Business Machines Corporation) анонсировала проект создания вычислительной суперсистемы Blue Gene. Система будет состоять из  $10^6$  процессоров и обеспечит производительность 1 квадриллион ( $10^{15}$ ) операций с плавающей запятой в секунду (1 PetaFLOPS). Корпорация IBM планирует вложить в проект 100 млн. долл.

Архитектура ВС постоянно совершенствуется, имеется четко выраженная тенденция к построению распределенных систем с программируемой структурой. В таких ВС нет единого общего ресурса, выход которого из работоспособного состояния приводил бы к отказу системы в целом, средства управления и обработки информации, а также память распределены “в пространстве”. Они обладают способностью автоматически реконфигурироваться, т.е. программно настраиваться под структуру и параметры решаемой задачи, под сферу применения.

Безусловно прогресс в индустрии обработки информации обусловлен достижениями в архитектуре и теории функционирования “большемасштабных” ВС, в параллельной вычислительной математике, в программном обеспечении систем, но и также успехами интегральной технологии.

Первый полупроводниковый триод или транзистор был изобретен в 1947 г. американскими учеными У. Шокли (W. Shockley), У. Браттейном (W. Brattain) и Дж. Бардином (J. Bardeen) в фирме Bell Labs (США).

Первая интегральная схема (или чип – chip), т.е. электронная схема (из транзисторов и соединений) на одной пластине, была изобретена в 1959 г. Робертом Нойсом (будущим основателем фирмы Intel). В 1961 г. была уже создана первая четырехтранзисторная схема для выполнения арифметических операций (на фирме Intel). В дальнейшем количество транзисторов, размещаемых на единице площади интегральной схемы, увеличивалось приблизительно вдвое через каждые год или полтора года. Затем, в 1970 г. был построен первый 4-х разрядный процессор в интегральном исполнении Intel-4004. В дальнейшем такие большие интегральные схемы (БИС) стали называть микропроцессорами. Современная технология БИС позволяет создавать микропроцессоры, которые по своим архитектурным возможностям и по техническим характеристикам не уступают суперкомпьютерам 70-х и даже 80-х годов 20 века.

Отметим достигнутый уровень в микропроцессорной технике:

- тактовая частота порядка  $10^{11}$  Гц (100 GigaHz),
- количество транзисторов на кристалле – порядка  $10^8$ ,
- число выводов с кристалла – до 500,
- геометрические нормы – 0,13 мкм,

- площадь кристалла – порядка  $100 \text{ мм}^2$ ,
- потребляемая мощность – десятки ватт.

Предпринимаются попытки создания микропроцессора, который имел бы тактовую частоту  $10^{12}$  Гц (1 TeraHz), 1 миллиард транзисторов и геометрические нормы 0,045 мкм. Ясно, что такие микропроцессоры впитывают в себя архитектурные решения современных параллельных вычислительных систем.

Уже сейчас видно, что будущие БИС – это ансамбли взаимосвязанных процессоров, размещенных на пластине большого размера (с диаметром 200-500 мм). Такие интегральные схемы могут быть названы *системными БИС*, т.к. они по сути будут параллельными микроВС с массовым параллелизмом. Ожидается, что системные БИС в 2010 году будут состоять из 128 элементарных процессоров.

На смену технологическому процессу производства БИС на основе кремния придут нанотехнологии. Многие компании уже инвестируют в “посткремниевые” технологии. Так, фирма IBM делает ставку на углеродные нанотрубки. В ее лабораториях уже в 2001 г. велись работы с образцами логических элементов на базе данной технологии.

В Bell Labs в 2001 г. создан “транзистор в одну молекулу”; это – органический транзистор, основанный не на кремнии, а на углероде. Он выращен методом химической самосборки молекул. Длина канала органического транзистора Bell Labs (т.е. расстояние между электродами) составляет всего лишь 1–2 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-3} \text{ мкм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), т.е. примерно в 100 раз меньше, чем при предельных достижениях кремниевой технологии (130 нм).

Дальнейший прогресс в индустрии обработки информации связывают с созданием квантовых компьютеров. Такие компьютеры основаны на законах квантовой механики, используют спин электрона или частиц атомного ядра.

В конце 2001 г. в корпорации IBM построен квантовый компьютер из 7 атомов, которые в силу своих физических свойств могут выполнять одновременно функции процессора и памяти.

Квантовый компьютер это и кардинальное решение по дальнейшей микроминиатюризации интегральных схем.

*Прежде чем будет построен промышленный квантовый компьютер, предстоит решить ряд сложных физико-технологических проблем и создать “квантовую” вычислительную математику.*