

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ

Э.В. Евреинов
(Новосибирск)

При создании вычислительных машин обычно проводится анализ ряда задач с целью уточнения системы команд, разрядности слова, объема памяти.

Правильный выбор системы команд позволяет существенно повысить производительность ЭВМ. В частности, если бы для каждой задачи создавалась специализированная вычислительная машина, то производительность могла быть повышена на несколько порядков.

При построении универсальных вычислительных систем нельзя ориентироваться на определенный круг задач. Часто круг решаемых задач заранее неизвестен; задачи появляются уже после создания ВС. Возникает вопрос, нельзя ли создать такую структуру машин, которую можно было изменять программным способом в зависимости от решаемой задачи. Другими словами, ставится вопрос, нельзя ли программным способом создавать из набора элементов специализированную машину для решения данной задачи.

Ответом на этот вопрос явилась разработка основ построения вычислительной среды. Вычислительная среда представляет собой совокупность одинаковых универсальных элементов, одинаково соединенных друг с другом и настраиваемых программным способом извне на выполнение каждым из них логической функции, функции памяти, функции соединения с соседним элементом.

Вычислительная среда обладает следующими свойствами.

1) Однородностью. Все элементы одинаковы и одинаково соединены друг с другом.

2) Близкодействием. Все элементы соединены только с ближайшими соседними элементами. Передача сигналов между удаленными элементами осуществляется через трасляторные элементы.

3) Универсальностью. Каждый элемент реализует полный набор логических функций, функцию задержки (памяти) полный набор функций соединений.

С помощью полного набора функций соединений можно образовать соединительный канал между любыми двумя элементами, произвольно расположенными в вычислительной среде.

4) Программной настройкой. Каждый элемент может настраиваться на выполнение одной из функций с помощью сигналов настройки извне. Элемент продолжает сохранять состояние настройки до прихода следующего сигнала настройки.

В зависимости от мощности множества элементов различаются вычислительные среды — континуальные и дискретные. Среди дискретных сред различаются среды с индивидуальным и коллективным поведением элементов. В среде с индивидуальным поведением элементов каждый элемент может выполнять в зависимости от настройки несколько различных функций. В среде с коллективным поведением элементов каждый элемент выполняет (или не выполняет) только одну сложную функцию. Различные функции задаются настройкой соседних элементов. Так как в среде с коллективным поведением элементов функции задержки, логические функции, функции соединения совмещаются в одну сложную функцию, то при реализации соединений сигналы распространяются с задержкой. Это приводит к тому, что многие схемы не могут быть реализованы в среде с коллективным поведением элементов.

В среде с индивидуальным поведением элементов функции могут не совмещаться с функциями задержки. Это позволяет реализовать широкий класс схем, в том числе и среды с коллективным поведением элементов.

В связи с вышесказанным основное внимание было сосредоточено на исследование свойств среды с индивидуальным поведением элементов. В ходе использования было подтверждено предположение о возрастающей роли соединений между элементами и введены функции соединений. Важное значение для описания конструкции машины (автомата) имело задание расположения элементов и их геометрической формы. С введением функций соединений, геометрической формы элементов и их расположения удается точно описывать конструкцию машины (автомата) с указанием элементов, реализующих логические функции, и элементов, реализующих функции соединения.

Интересно было выяснить, насколько универсальна вычислительная среда, т.е. в какой мере можно рассчитывать на реали-

зацию в ней любого конечного автомата (любой специализированной машины).

В связи с этим было доказано утверждение, что в вычислительной среде можно реализовать любой граф, любую функцию алгебры логики, любой конечный автомат. При этом структурно моделируется сеть (схема машины), т.е. элементы сети (машины) набираются из элементов среды путём их настройки, а каналы связи между элементами набираются из элементов среды путём их настройки на выполнение функций соединений. Каналы связи фактически играют роль проводов, так как, по предположению, элементы среды при реализации функций соединений не имеют задержки.

Если допустить бесконечное число элементов, то в вычислительной среде могут быть реализованы потенциально бесконечные автоматы, автоматы Неймана-Черча, растущие автоматы.

Важное место занимает вопрос о минимальном числе различных функций, реализуемых элементом вычислительной среды, или, другими словами, вопрос о минимальном числе состояний настройки. В связи с этим было доказано утверждение, что минимальное число состояний настройки для элемента двумерной среды равно трём, а для трехмерной — двум.

Если в элементе допускается совмещение функций соединений с логическими функциями и функциями задержки, то число состояний настройки для двумерной среды равно двум и для трёхмерной — также двум.

На основе сформулированных условий полноты набора функций в элементах среды доказано утверждение, что минимальное число состояний настройки равно двум. Была дана оценка сложности схем функций алгебры логики, автоматов, реализуемых в среде. В результате исследования установлено, что асимптотическая оценка сложности схемы, реализующей функцию алгебры логики $f_n(x_1, \dots, x_n)$, выражается формулой $c \cdot 2^n (1 + O(1))$, а не $\frac{2}{n} (1 + O(1))$, как для обычных схем.

На основе полученных теоретических результатов были разработаны конкретные схемы элементов вычислительной среды и изготовлены макеты вычислительной среды. Исследования макетов среды полностью подтвердили теоретические результаты. На основе теоретических исследований и моделирования элементов среды были сформулированы требования к физической реализации элементов среды. Важное место в работе по вычислительной среде заняла оценка сложности реальных схем вычислительной техники при реализации их в вычислительной среде.

Было установлено, что при возрастании оборудования в 10-100 раз вычислительная среда в 100 - 10000 раз эффективнее универсальной вычислительной машины, построенной на той же физико-технической основе. Было также показано, что вычислительная среда сводит к минимуму требования к технологии производства элементов вычислительной техники.

Основные результаты исследования вычислительной среды изложены в работах [1,2] и монографии [3].

Л и т е р а т у р а

1. Э.В. Евреинов. О микроструктуре элементарных машин вычислительной системы. Вычислительные системы. Новосибирск, 1962, вып. 4, стр. 3-16.
2. Э.В. Евреинов. Теоретические основы построения универсальных вычислительных сред. Вычислительные системы. Новосибирск, 1965, вып. 16, стр. 3-72.
3. Э.В. Евреинов, Ю.Г. Косарев. Однородные универсальные системы высокой производительности. Изд-во "Наука", Новосибирск, 1967.