

О ПРОБЛЕМАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ЗАКОНЕ ЕЕ РАЗВИТИЯ

В.А. Вышинский

Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

Виконана постановка фундаментальної проблеми, вирішення якої знімає проблеми сучасної обчислювальної техніки. На основі закону її розвитку пропонується вирішення указаної проблеми.

Введение

Организация вычислений в современных средствах вычислительной техники сводится к действиям над числами. Это означает, что в вычислительной машине (системе) имеет место аппаратная поддержка четырех арифметических операций специальными логическими схемами в микроэлектронном исполнении. Операции, реализованные таким способом, являются машинными командами, а числа – операндами – элементарными данными. Если возникает необходимость введения в разряд стандартных более сложной операции, т.е. операции над множеством чисел, сформированных в сложные структуры данных, то ее реализуют в виде программы в языке команд. Такая программа, как правило, хранится в памяти машины, и получила название процедуры. Приведенная выше особенность операционной части современной машины сохранилась еще со времен пятидесятих годов прошлого столетия, несмотря на прогресс в вычислительном машиностроении, который в основном поддерживался микроэлектроникой. Неизменность операций, которые заложены в команды машины, негативно повлияло на развитие Computer science. По существу архитектура и структура современных машин мало чем отличаются от решений, которые использовались при создании ЭВМ семидесятых, а то и шестидесятых годов прошлого столетия. Такое застойное явление в развитии вычислительной техники (ВТ) привело к большому перекосу в сложности и, в конечном итоге, стоимости программных и аппаратных затрат вычислительной системы. Сегодня программное обеспечение составляет свыше 90 % стоимости всей системы, включая аппаратные затраты. Сложившееся положение в вычислительном машиностроении явилось следствием неразрешенности целого ряда проблем ВТ.

Известный ученый-кибернетик В.М. Глушков, анализируя процесс исследований в любой области человеческой деятельности, высказал мысль о том, что, если имеют место десять проблем, то следует придумать одиннадцатую, разрешение которой и решает исходные десять. В настоящей работе осуществлена эта рекомендация нашего гениального соотечественника. Так, дан анализ проблем вычислительного машиностроения, на основе которого выполнена постановка всеобъемлющей фундаментальной проблемы современной ВТ. Раскрыты узловые положения закона ее развития по поколениям ЭВМ. Приведена оригинальная матрично-алгебраическая универсальная алгоритмическая система, на основе которой, с учетом отмеченного выше закона, разрешена фундаментальная проблема.

Проблемы развития ВТ.

В современном вычислительном машиностроении, по мнению подавляющего большинства разработчиков, для создания мощных вычислительных систем (ВС), способных выполнить требования пользователя имеется всего лишь один путь – это линейное наращивание процессоров. Однако уже первые попытки освоения этого пути привели к естественной проблеме связи (коммутации) процессоров во время реализации технологического процесса решения больших и сложных задач. Для обеспечения универсальности вычислительной системы требуется коммутация каждого процессора с каждым, а во избежание снижения производительности вычислительной системы необходима реализация непосредственных (прямых) связей между ними. Создание требуемой коммутирующей системы составляет известную техническую проблему. Попытки отказаться от коммутации прямыми связями приводят, с одной стороны, к возникновению конфликтных ситуаций между процессорами во время выполнения вычислительного процесса, и, с другой стороны, препятствует достижению требуемой производительности ВС. Напомним на эту проблему (назовем ее первой) указывал еще в 70-ые годы В. М. Глушков.

Характерным, подтверждающим данное мнение является высказывание известного российского ученого Ю.И. Митропольского о том, что в области исследования архитектуры процессоров и вычислительных систем наблюдается кризис. Накопленный при создании суперкомпьютеров опыт уже полностью использован в архитектуре микропроцессоров, а “силовой” вариант построения суперсистем путем объединения тысяч стандартных процессоров не обеспечивает высокой эффективности при решении реальных задач.

Вторая проблема – распараллеливания вычислительного процесса в системе. Будучи составной частью первой проблемы, в последние тридцать лет она приобрела самостоятельный характер.

На развитие ВТ влияет также технологический уровень элементной базы. Сложность в том, что не все схемы лучшим образом приспособлены к микроэлектронной реализации. Напомним, схемные затраты, сосредоточенные в основной микросхеме новейшей персональной машины, характеризуются величиной, не превышающей 10^6 вентиляей. В то же время, кристалл, на котором размещена эта микросхема, рассчитан на интеграцию в 10^8 вентиляей, т.е. площадь кристалла используется всего лишь на 1 %.

Тенденция увеличения интеграции элементов в микросхеме устойчива и сегодня имеется возможность сосредотачивать в ней 10^{10} активных элементов. Ожидается, что с освоением молекулярных, квантовых «уровней», плотность активных элементов на одну микросхему может достичь величины 10^{18} . Тогда возникает третья проблема организации вычислительного процесса в аппаратуре, реализованной с такой интеграцией.

Не менее важной является четвертая проблема, связанная с созданием схем памяти большой емкости и малого времени ее обращения.

Пятая проблема направлена на согласование частоты обработки информации в микросхеме и вне ее.

Следующая (шестая) проблема отражает трудности ввода-вывода микросхемы, т.е. с ее контактными площадками. Многолетний опыт показал, что зависимость количества K контактных площадок от количества n вентиляей в микросхеме определяется так называемым правилом Рента - экспонентой

$$K = \sqrt[3]{n^2} .$$

Седьмая и восьмая проблемы соответственно связаны с проектированием микросхем и их отбраковкой, т.е. верификацией.

Анализируя “природу” рассмотренных проблем, можно заметить, что причиной их возникновения есть противоречие, возникшее в развитии ВТ с приходом микроэлектронной технологии. Дело в том, что в микроэлектронной реализации вычислительной машины наблюдается устойчивая тенденция интеграции (роста количества) элементов ВТ в небольших фиксированных размерах микросхем. В то же время организация вычислительного процесса в такой реализации традиционно выполняется в числах так, как в пятидесятые годы – на заре развития ВТ. Другими словами, интеграционные процессы, которые имеют место в аппаратуре, не

поддерживаются интеграционными процессами в технологии обработки информации. В алгоритмах, реализуемых на этой аппаратуре, адекватной интеграции нет. Налицо противоречие, которое и генерирует отмеченные проблемы. Обобщая их, сформулируем следующее предложение.

Фундаментальная проблема современного развития ВТ состоит в устранении противоречия, возникшего между интеграцией вычислительных схем в аппаратуре вычислительной системы и отсутствием адекватной интеграции в вычислительном технологическом процессе, реализуемом в ней.

Решение проблем вычислительной техники – путь создания ЭВМ нового поколения

Понятие “поколение ЭВМ” отражает естественный ход развития ВТ, позволяет правильно выработать стратегию и методы исследований в Computer science. Уяснить это понятие можно, получив ответ на вопрос: “Чем отличается $(n + 1)$ -е поколение ЭВМ от n -о?” В настоящей работе рассматриваются восемь таких отличий.

Первым и важнейшим признаком отличия одного поколения от другого является новое качество элементной базы, которое характеризует скачок в интеграции вычислительных схем в элементах, в повышении их надежности, частоты срабатывания, улучшении технологичности изготовления и других свойств положительно, влияющих на параметры новой ЭВМ.

Второй признак отличия состоит в том, что схема машины нового поколения, выполненная в элементной базе предыдущего поколения, будет неработоспособной. В то же время простое (арифметическое, силовое) накопление существующих схем машин, имеющее место в структурах типа SISD, SIMD, MISD и MIMD, не позволяет создать машину нового поколения.

Третий признак характеризуется тем, что в ЭВМ $(n + 1)$ -о поколения повышение уровня машинного языка осуществляется введением в него процедур машин n -о поколения в качестве машинных операций (команд).

К четвертому признаку отличия $(n + 1)$ -о поколения ЭВМ от n -о следует отнести существенную интеграцию информации в машинном операнде. Операндом машины нового поколения выступает элемент алгебры сложных структур данных машин предыдущего поколения.

Согласно пятому признаку отличия ЭВМ переход от поколения к поколению должен сопровождаться существенным снижением сложности системного обеспечения, а главное, - его стоимости.

На ЭВМ n -о поколения невозможно, либо чрезвычайно сложно решать задачи, предназначенные для решения на ЭВМ $(n + 1)$ -о поколения. Эту особенность ЭВМ следует отнести к шестому признаку отличия поколений.

Согласно седьмому признаку отличия языковые средства представления системного обеспечения машины нового поколения вбирают в себя алгоритмические (процедурные) свойства, перекачивая их из пользовательских языков.

Восьмой признак характеризует пользовательский язык новой машины, который должен все больше вбирать в себя свойства естественных проблемно-ориентированных языков, «отдавая», при этом, процедурные свои свойства аппаратуре машины и, превращаясь, таким образом, в функциональный непроцедурный язык.

Анализируя приведенные выше восемь отличий машин по поколениям, удалось описать закон развития ВТ, согласно которому, на современном этапе, машины искомого нами нового поколения должны вобрать в себя в качестве машинных команд процедуры современных ЭВМ, а их операндами должны стать сложные структуры данных. Используя эту особенность рассматриваемого закона, в работе предлагается решение фундаментальной проблемы ВТ в виде новой машинной технологии обработки информации. Для технологичной реализации этого решения предлагается новая универсальная алгоритмическая система, операции которой используются в качестве операционной части новой технологии.

Содержание предлагаемой системы состоит в следующем. Алгоритмическая система является универсальной, если алгоритмы в ней представляют собой последовательности операций числовой алгебры матриц и операций любой выбранной логической алгебры. В работе ее названо универсальной алгоритмической матрично-алгебраической системой. Для расширения функциональных возможностей этой системы предложено в ее набор операций ввести еще две операции интерполирования функции – разложение функции в дискретный ряд Фурье и операцию определения коэффициентов обычного интерполяционного многочлена функции.

Получено 4.04.09