

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Реализация языков высокого уровня на различных этапах развития вычислительной техники всегда рассматривалась как эффективный метод повышения производительности создаваемых вычислительных машин. Традиционно такая реализация осуществлялась и осуществляется программными средствами (Soft-ware). В качестве языка всегда использовался известный язык программирования. В данной работе предлагается концепция аппаратурной поддержки, но не обычного языка программирования, а специального языка, приспособленного для аппаратурной реализации.

© В.А. Вышинский, А.Ю. Кононенко, А.В. Слепец, 2005

УДК 681.513

В.А. ВЫШИНСКИЙ, А.Ю. КОНОНЕНКО, А.В. СЛЕПЕЦ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВНУТРЕННЕГО ЯЗЫКА ЭВМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Развитие научно-технического прогресса порождает целые классы задач, для решения которых требуются средства вычислительной техники сверхвысокой производительности. Поиски таких средств обычно связаны с созданием машин нового поколения. Одним из вариантов ЭВМ нового поколения есть техническая реализация матрично-алгебраической технологии обработки информации [1], в которой получение высокой производительности достигается за счёт реализации языка высокого уровня в качестве машинного. Характерной особенностью такого языка является то, что он построен на командах и операндах, которые соответствуют операциям и элементам алгебр сложных структур данных. Машинный язык с таким уровнем ещё никогда не применялся в практике вычислительного машиностроения. Следует отметить, что высокий уровень языка обеспечивается не только информационным объемом единиц обрабатываемых исходных данных и уровнем операций над ними, но и приближением его к естественному языку математических заданий.

Предлагаемая аппаратурная поддержка языка высокого уровня в машине принципиально отличается от поддержки языков в современных реализациях. Исходя из идеи построения матрично-алгебраической ЭВМ, уровень машинных операций в ней поднят до уровня операций алгебр, нашедших свое применение в современной вычислительной математике. Другими словами, он существенно отличается от машинных языков, которые в современных ЭВМ опираются на

команды, реализующие операции алгебры действительных чисел. Если в существующих машинах операции алгебры матриц, алгебр полиномов и рядов Фурье, над математическими функциями (операции алгебры Коши), алгебр сложных структур данных относятся к процедурам, то в МА ЭВМ они выступают как базовые, машинные команды, реализация которых предусмотрена, прежде всего, аппаратными средствами.

Следует отметить, что во всех блоках МА ЭВМ, кроме памяти, операнды находятся только в матричном виде. Причём иное их представление, например, в виде чисел, либо векторов чисел – исключено. Другими словами, полином (вектор его коэффициентов) представлен в машине в виде Жордановой матрицы, вектор коэффициентов ряда Фурье – соответствующей матрицей Фурье, действительное число – диагональной скалярной матрицей и т. д. Если порядок этих матриц превышает размер машинной, то их представляют в клеточном виде, где в качестве клетки выступает машинная матрица.

При разработке МА ЭВМ в качестве внутренних языков используются языки четырёх уровней. К первому уровню относится язык микропрограммирования, в котором все операции реализуются исключительно аппаратными средствами. Операндной и операционной основой этого языка являются элементы и операции алгебры машинных матриц. Набор операций этого языка назван набором машинных команд.

На втором уровне, который следует за микропрограммным языком, находится машинный язык. По аналогии с практикой разработок современных средств вычислительной техники, применяя микропрограммный язык, в МА ЭВМ реализуются операции более сложные, чем машинные команды. Таким образом, язык самого нижнего уровня используется для написания микропрограмм, которые с помощью микропрограммного автомата либо постоянной памяти реализуют более сложные операции. Эти операции вместе с машинными командами составляют набор машинных операций и являются действиями над машинными матрицами. Управляющие операции машинного языка можно позаимствовать в известных машинных языках.

Отличительной особенностью новой машинной технологии обработки информации является существенный информационный скачок при переходе к языку следующего третьего уровня. Переход от машинного языка к символьному (ассемблеру) сопровождается качественным расширением содержания набора операций. Это расширение осуществляется за счёт введения, наравне с матричными, операций других алгебр, которые в рассматриваемой машине имеют регулярное матричное представление. Таким образом, в ассемблер (язык третьего уровня) включены операции широкого спектра линейных ассоциативных алгебр. Построенный таким образом ассемблер в полном объёме отражает все особенности технологического процесса матрично-алгебраической обработки информации в МА ЭВМ. Следует отметить, что трансляция программы из рассматриваемого ассемблера на машинный язык не требует

каких-либо дополнительных аппаратурных затрат либо затрат на время выполнения, поскольку операции других алгебр полностью совпадают согласно регулярному матричному представлению с матричными операциями.

Системный язык (четвёртый по уровню язык) в МА ЭВМ является промежуточным между внутренним языком машины и языком пользователя. Этот язык использует, как и ассемблер, в качестве операндов и операций информационные единицы и макрооперации, заложенные в основу матрично-алгебраической технологии. Эта особенность существенно упрощает трансляцию предложений пользователя на внутренний язык машины.

В набор машинных операций МА ЭВМ входят операции как над машинными матрицами [2], так и над матрицами, превышающими размеры машинной матрицы.

1. Операции над машинными матрицами (A , B и C – машинные матрицы):

сложение ($A+B$);

вычитание ($A-B$);

умножение ($A \times B$);

умножение со сложением ($A + (B \times C)$);

умножение с вычитанием ($A - (B \times C)$);

поэлементное умножение ($A \otimes B$);

транспонирование матрицы;

вычисление вектора суммы элементов матрицы по столбцам;

вычисление вектора суммы элементов матрицы по строкам;

вычисление суммы всех элементов матрицы;

вычисление следа и псевдоследов матрицы;

выбор наибольшего элемента матрицы;

выбор наименьшего элемента матрицы;

упорядочивание элементов матрицы по величине;

вычисление обратной матрицы;

вычисление обратных элементов матрицы;

вычисление нормы матрицы.

2. Операции над матрицами, превышающими размеры машинной матрицы:

сложение ($A + B$);

вычитание ($A - B$);

умножение ($A \times B$);

умножение со сложением ($A + (B \times C)$);

умножение с вычитанием ($A - (B \times C)$);

поэлементное умножение ($A \otimes B$);

транспонирование матрицы;

вычисление вектора суммы элементов матрицы по столбцам;

вычисление вектора суммы элементов матрицы по строкам;

вычисление суммы всех элементов матрицы;

вычисление следа и псевдоследов матрицы;
выбор наибольшего элемента матрицы;
выбор наименьшего элемента матрицы;
упорядочивание элементов матрицы по величине.

В наборе машинных операций МА ЭВМ имеются также операции алгебры полиномов и алгебры рядов Фурье. Как в случае с матрицами эти операции делятся на два типа: операции над полиномами и рядами, вектор коэффициентов которых имеет порядок, не превышающий порядок машинной матрицы (машинный полином или машинный ряд Фурье), а также операции над полиномами и рядами, у которых порядок больше машинного.

3. Для машинных полиномов P , P_1 , P_2 и P_3 имеются следующие машинные операции:

сложение ($P_1 + P_2$);
вычитание ($P_1 - P_2$);
умножение ($P_1 \times P_2$);
умножение со сложением ($P_1 + (P_2 \times P_3)$);
умножение с вычитанием ($P_1 - (P_2 \times P_3)$);
вычисление полинома вида $1/P$;
вычисление коэффициентов полинома, если известны его значения в узловых точках заданного интервала;
вычисление значения полинома в узловых точках заданного интервала, если известен вектор его коэффициентов;
численное дифференцирование полинома;
численное интегрирование полинома.

4. Для рядов Фурье Φ_1 , Φ_2 и Φ_3 введены следующие машинные операции:

сложение ($\Phi_1 + \Phi_2$);
вычитание ($\Phi_1 - \Phi_2$);
умножение ($\Phi_1 \times \Phi_2$);
умножение со сложением ($\Phi_1 + (\Phi_2 \times \Phi_3)$);
умножение с вычитанием ($\Phi_1 - (\Phi_2 \times \Phi_3)$);
выполнение прямого преобразования Фурье;
выполнение обратного преобразования Фурье.

Реализация машинных операций над математическими функциями в МА ЭВМ требует задания этих функций в виде интерполяционных многочленов, которые удобно представляются в матричном виде. Сами операции аналогичны операциям, которые имеют место для полиномов и рядов Фурье.

5. Операции над функциями, где F , F_1 , F_2 , F_3 – математические функции:

сложение ($F_1 + F_2$);
вычитание ($F_1 - F_2$);
умножение ($F_1 \times F_2$);
умножение со сложением ($F_1 + (F_2 \times F_3)$);
умножение с вычитанием $F_1 - (F_2 \times F_3)$);

численное дифференцирование функции;
 численное интегрирование функции;
 определение интерполяционного многочлена для функции вида $1/F$.

6. В наборе машинных операций имеются операции различных числовых систем и среди них: сложение; вычитание; умножение действительных и комплексных чисел и кватернионов.

7. В качестве машинных операций в набор входят операции алгебры векторов евклидова пространства: сложение; вычитание; скалярное умножение.

8. В набор машинных операций введены операции, которые выполняются в матричном виде, но имеют более сложный характер:

решение системы линейных алгебраических уравнений (точный метод);

решение системы линейных алгебраических уравнений итерационным методом;

выполнение быстрого преобразования Фурье.

9. Кроме машинных операций, направленных на организацию выполнения чисто вычислительных задач, в МА ЭВМ имеются также операции, способные выполнять не числовые, а логические преобразования:

определение истинности булевой функции;

выполнение логического «ИЛИ» (логическое сложение) алгебры булевых матриц;

выполнение логического «И» (логическое умножение) алгебры булевых матриц;

выполнение операций реляционной алгебры.

Таким образом, в матрично-алгебраической вычислительной машине нового поколения в качестве машинного языка реализуется язык высокого уровня, который принципиально отличается от традиционных языков программирования. Это отличие касается приспособленности языка не к написанию на нём программ пользователя ЭВМ, а к реализации его операций в аппаратуре. Такой подход позволяет эффективно погрузить решение задачи в аппаратуру машины и существенно упростить и удешевить системное математическое обеспечение создаваемой машины. Предлагаемое повышение уровней внутренних языков значительно уменьшает перепад между уровнем пользовательского (внешнего) языка и уровнем машинного. Это позволяет значительно снизить затраты на решение проблемы трансляции программы пользователя на машинный язык, и в конечном итоге упростить проблему общения пользователя с машиной. Связь пользователя с МА ЭВМ может в этом случае осуществляться на языке, максимально приближенном к естественному языку.

1. *Вышинский В.А.* Об одном решении фундаментальной проблемы современного развития вычислительной техники // УСиМ. – 2003. – № 4. – С. 81 – 91.
2. *Вышинский В.А.* Запоминающая среда в матрично-алгебраической ЭВМ // Нові комп'ютерні засоби, обчислювальні машини та мережі: Зб. наук. праць Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – К.: 2001. – 1. – С. 99 – 104.

Получено 01.03.2005