

ΔS показан на рис. 4, кривая 1. Видно, что в области превращений наблюдается весьма интенсивное возрастание величины ΔS .

Еще одним из доказательств того, что при реализации выявленных фазовых превращений в области $T < T_c$ изменяются параметры спиновой структуры, могут служить данные по оценке составляющих электросопротивления рассмотренных материалов.

Для чистых металлов суммарная величина ρ представляется в виде [3]:

$$\rho_{\text{пол}} = \rho_{\text{ост}} + AT^2 + B \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3 Y_3 \left(\frac{\Theta}{T} \right) + C \left(\frac{T}{\Theta} \right)^5 Y_5 \left(\frac{\Theta}{T} \right),$$

где A, B, C — константы, $\rho_{\text{ост}}$ — остаточное сопротивление, определяемое рассеянием на примесях, Θ и $Y \left(\frac{\Theta}{T} \right)$ — температура и интеграл Дебая. Слагаемое, пропорциональное T^2 , связано с электрон-электронным взаимодействием и дает вклад в электросопротивление лишь при $T < 10$ К. Слагаемое, пропорциональное T^3 , обусловлено моттовским $s-d$ -рассеянием, и слагаемое, пропорциональное T^5 , — $s-s$ -рассеянием электронов на фононах.

В случае сплавов и примесных металлов $\rho_{ss} \sim T^3$. При этом невозможно разделить вклады в общее сопротивление рассеянием электронов проводимости на фононах s - или d -зоны. В результате $\rho_{\text{пол}} = \rho_{\text{ост}} + aT^2 + c \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3 Y_3 \left(\frac{\Theta}{T} \right)$, где a, c — коэффициенты, аналогичные A, B, C . Величина $\rho_{\text{ост}}$ определяется экстраполяцией $\rho_{\text{пол}}$ к $T = 0$ К. Слагаемое $\rho_{\text{фон}}$ для области промежуточных температур, пренебрегая членом aT^2 , можно определить из соотношения $\rho_{\text{фон}} = C \left(\frac{T}{\Theta} \right)^3 Y_3 \left(\frac{\Theta}{T} \right)$, где параметр C может быть найден по методике, предложенной в работе [4]. Магнитную составляющую электросопротивления находили из уравнения [1]: $\rho_{\text{маг}} = \rho_{\text{пол}} - \rho_{\text{фон}} - \rho_{\text{ост}}$. Как можно видеть из температурной зависимости $\rho_{\text{маг}}$ (рис. 5), всем переходным областям температур соответствует возрастание $\rho_{\text{маг}}$, которое обусловлено рассеянием электронов проводимости на неоднородностях спиновой системы.

Таким образом, имеются основания считать, что последовательно реализующиеся при изменении температуры фазовые превращения протекают с перестройкой спиновой системы за счет возбуждений электронов в d -зоне.

Список литературы

1. Вонсовский С. В. Магнетизм. М., 1971. С. 1031.
2. Шматко О. А., Усов Ю. В. Структура и свойства металлов и сплавов. Киев, 1987. С. 206.
3. Мерисов Б. А., Ермолаев А. М., Краснокумский А. В., Хоткевич В. И. // ФИТ. 1982. Т. 8. Вып. 5. С. 546.
4. Лобода В. Б., Проценко И. Е., Смолин М. Д., Яременко А. В. // УФЖ. 1985. Т. 30. № 3. С. 435.

Поступила в редакцию 15.07.91.

УДК 681.3.06

Г. И. ШПАКОВСКИЙ, С. Г. МУЛЯРЧИК, М. Ф. ЮНЕС (Сирия)

АЛГОРИТМ СИНТАЛ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛИЗМА ПРОГРАММ В САПР МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

При переводе САПР микроэлектроники на параллельные ЭВМ возникает сложная задача разработки пакета параллельных алгоритмов, поскольку существующие алгоритмы имеют итерационный, сугубо последовательный характер исполнения [1]. В параллельных персональных ЭВМ (ПП ЭВМ) все алгоритмы оформляются в виде программ на последовательных ЯВУ [2], поэтому оценить количество параллелизма в таких программах можно только с помощью специальных автоматических измерителей, один из которых — СИНТАЛ (синтезирующий алгоритм) — предлагается ниже.

Этапы вычислительного процесса в ПП ЭВМ включают распараллеливание программы и ее параллельное исполнение.

Параллелизм исходной программы может выражаться в разных формах

(ФП): последовательные участки (ПСЛ), конвейерный (КНВ), векторный (ВК) параллелизм, параллелизм независимых ветвей (ВТ), локальный параллелизм (ЛП) и некоторые другие ФП [3]. Этот совокупный параллелизм определяет потенциальное ускорение программы R , которое определяется отношением T_1/T , где T_1 — время выполнения программы на одном процессоре, а T — минимально возможное время выполнения программы, когда число процессоров выбрано настолько большим, чтобы не задерживать процесс выполнения программы.

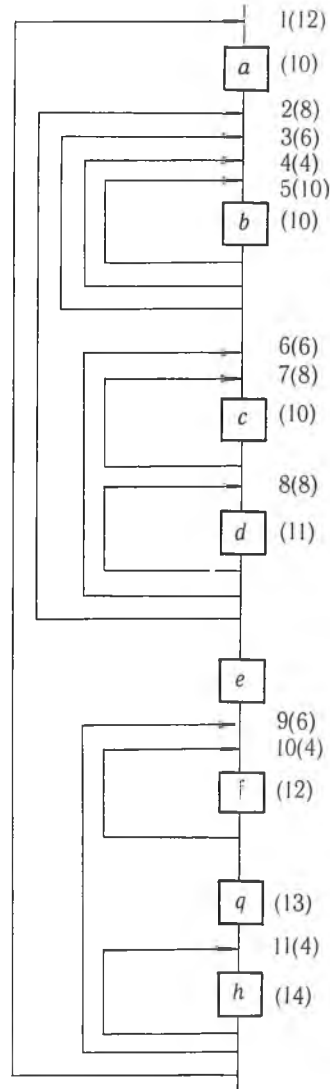


Рис. 1. Блок-схема алгоритма СИПТАЛ

Рис. 2. Пример гнезда циклов

Реальные автоматические распараллеливатели (АРП) могут использовать различные методы распараллеливания (гиперплоскостей, координат, параллелепипедов, старшинства операций для выражений и др.), но все они специализированы для содержащегося в программе параллелизма. Такой же избирательностью отличаются и структуры S аппаратуры: структуры с одиночными и множественными потоками команд и данных ОКОД, ОКМД, МКМД [3], структуры VLIW с очень широким командным словом [4]. Следовательно, АРП и аппаратуру можно представить в виде фильтров с пропускной способностью $n \leq 1$ (различной на разных ФП), тогда реальное ускорение r ПП ЭВМ на некоторой программе будет: $r = R \cdot Z_{АРП} \cdot Z_s$.

Для целей измерения исходная программа, АРП и структура S представляются в виде некоторых моделей (аналитических или имитационных — в зависимости от требуемой точности измерения), а процесс измерения состоит в подборе такой комбинации алгоритмов АРП и структуры S, чтобы получить максимальное значение $Z_{АРП}$ и Z_S , а значит, и γ . Другими словами, процесс измерения основан на синтезе оптимальной для данной программы структуры ПП ЭВМ.

Блок-схема алгоритма СИНТАЛ дана на рис. 1.

Объектом распараллеливания обычно являются гнезда циклов, так как в них сосредоточен основной объем вычислений.

Под вершиной гнезда циклов понимается вершина дерева вложенности циклов, с помощью которого гнездо циклов представляется в памяти ЭВМ. Класс вершины определяет, является ли вершина телом, внутренним или внешним циклом. Тип вершины определяет реализуемую вершиной ФП: ПСЛ, КНВ, ВК, ВТ и т. д.

Основным элементом СИНТАЛа является базовое правило (БП). БП_{i,j,k} есть алгоритм вычисления времени выполнения вершины класса i с формой параллелизма j на структуре k с заданным числом процессоров p. Общее число БП равно $I \cdot J \cdot K$ и может составлять несколько десятков. Таким образом, алгоритм СИНТАЛ, продвигаясь от внутренних вершин к внешним, на каждом этапе накапливает время выполнения пройденных вершин (циклов). При достижении последней вершины вычисляется γ_k , затем выбирается структура S_k с наибольшим ускорением.

В качестве примера обрисуем весьма упрощенную модель ЭВМ, положенную в основу соответствующего БП. Суть функционирования VLIW ЭВМ состоит в том, что программа каждого цикла разбивается на линейные участки, называемые базовыми блоками (ББ). Из ББ строится главная трасса (наиболее вероятный путь исполнения цикла) и подчиненные трассы. В главной трассе все ББ упаковываются как единый ББ. За счет такого увеличения длины ББ возрастает количество извлекаемого параллелизма. Дополнительное ускорение достигается за счет развертки циклов. Таким образом, основой модели VLIW ЭВМ является зависимость $\gamma = a + b \cdot w$, где a и b — коэффициенты, определяемые на основе статистических измерений, а W — число операций в ББ. Общее время выполнения цикла будет:

$$t = \mu \cdot t_{ГТ} + \sum_{m=1}^M \mu_m \cdot t_{ПТ,m}$$

где μ и μ_m — вероятности выполнения главной и подчиненных трасс; $t_{ГТ}$ и $t_{ПТ,m}$ — времена выполнения этих же трасс, а M — число подчиненных трасс. Трудность построения БП состоит не только в том, что необходим предварительный сбор статистики для установки ряда коэффициентов, но и в необходимости учитывать влияние ряда дополнительных факторов, например, затраты на выполнение компенсационных кодов, коммутацию, на проверку правильности обращения к памяти. Учет этих факторов в значительной мере определяет точность базовых правил.

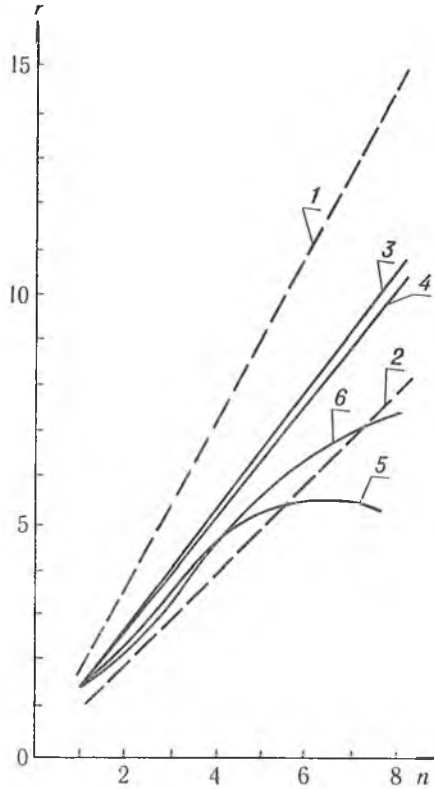


Рис. 3. Ускорение, вычисленное алгоритмом СИНТАЛ для разных условий измерения: L — величина развертки цикла; VLIW, L = 4(1); ОКМД, L = 4(2); VLIW, L = 1(3); VLIW, L = 1, вершина 1 типа ПСЛ (4); VLIW, L = 1, вершины 1, 3, 5, 6 типа ПСЛ (5); VLIW, L = 1, включена коммутация (6)

В качестве базового правила для внешних циклов в СИНТАЛе используется модифицированный алгоритм OPTAL [5].

Определение характеристик программы (состав и количественные характеристики ФП) может производиться как вручную, так и автоматически с помощью программного комплекса, описанного в [6].

Продемонстрируем некоторые особенности алгоритма СИНТАЛ на примере гнезда циклов из работы [5] (рис. 2). В скобках указано число итераций цикла или число операций для тела цикла. В исходном состоянии все циклы считаются параллельными. Результаты измерений на СИНТАЛе приведены на рис. 3.

В исследуемом примере использовались только 3 типа структур для внутренних циклов (ОКОД, ОКМД, VLIW) и один тип структуры для внешних циклов (МКМД). Ускорение измерялось относительно точки: структура-ОКОД, число процессоров равно 1. Число процессоров во всех базовых правилах изменялось от 1 до 8. Затраты на коммутацию учтены только в случае кривой 6. Пунктирные кривые соответствуют развертке $L=4$. Ускорение растет здесь линейно, поскольку запас параллелизма в гнезде циклов намного превосходит 8 (число процессоров). Все остальные кривые соответствуют структуре VLIW при $L=1$. Кривые 3, 4, 5 соответствуют постепенному уменьшению параллелизма программы. В случае кривой 4, когда только самый внешний цикл сделан последовательным, параллелизма все еще достаточно много для 8 процессоров, поэтому кривые 3 и 4 мало отличаются, зато в кривой 5 недостаток параллелизма уже выражен явно.

Кривая 6 (присутствуют затраты на коммутацию) дает падение ускорения по отношению к кривой 3 примерно на 30%.

Опыт использования алгоритма СИНТАЛ показывает, что он может быть использован как для измерения максимального параллелизма программ, так и для выбора структуры на ранних этапах проектирования.

Список литературы

1. Мулярчик С. Г. Численное моделирование микроэлектронных структур. Мн., 1989.
2. Шпаковский Г. И. // УСИМ. 1991. № 6. С. 3.
3. Шпаковский Г. И., Липницкий А. С., Черников Г. Н. и др. Параллельная обработка структур данных / Под ред. В. А. Мищенко. Мн., 1988.
4. Шпаковский Г. И. // ЗРЭ. 1991. № 11. С. 3.
5. Polichronopoulos C. P., Kuck D. J., Padua R. A. // IEEE Trans. Comput. 1989. V. 38. № 9. P. 1285.
6. Змачинский С. С., Шпаковский Г. И., Серикова Н. В. // Программирование. 1991. № 10. С. 12.

Поступила в редакцию 14.01.92.

УДК 681.327.12(088.8)

В. Г. ХАЦИРЕВИЧ, А. Г. ЯКУШЕВ

ФАЗО—ИМПУЛЬСНЫЙ СЕЛЕКТОР ДЛЯ УСТРОЙСТВА ГРАФИЧЕСКОГО ВВОДА ПЛАНШЕТНОГО ТИПА

Проблема ввода в ЭВМ почерковой графической информации в режиме реального времени (РРВ) [1, 2] стимулировала разработку планшетных устройств графического ввода (УГВ) с фазо-амплитудным методом формирования кода координат (ФА-метод ФКК) [3—5].

К достоинствам УГВ с ФА-методом ФКК относятся: высокая точность считывания координат, технологичность электромагнитной системы устройства, простота и низкая стоимость схем коммутации координатных шин планшета, высокие эргонометрические показатели пишущего узла — графического индукционного пера (ГИП) [1, 2].

Усилительно-преобразовательный блок в таких УГВ не содержит аналоговых запоминающих устройств для преобразования информационного сигнала (ИС) наносекундной длительности в цифровой код. Это обстоятельство значительно улучшает эксплуатационные характеристики устройства, так как электронная схема этого блока и самого устройства в целом практически выполняется в этом случае на элементной базе вычислительной техники.