

УДК 681.325.5

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

В. Д. Щиглик, Ж. С. Налбандян

**Проблемно-ориентированный процессор для эффективной
 обработки результатов наблюдений**

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Ф. Т. Саркисяном 29/XII 1975)

В современных системах обработки данных входной поток информации весьма велик, причем над каждой его единицей зачастую приходится выполнять до нескольких миллионов машинных операций. Быстродействие универсальных ЭВМ оказывается недостаточным для обработки больших массивов данных в экономически приемлемое время. В настоящее время для эффективного решения задач, связанных с обработкой результатов наблюдений, создаются специализированные, проблемно-ориентированные процессоры, работающие в составе вычислительной системы и существенно повышающие ее производительность (1).

В настоящей статье излагаются принципы, положенные в основу разработки аппаратных компонентов и математического обеспечения проблемно-ориентированного процессора, работающего в комплексе с универсальной ЭВМ. Этот спецпроцессор предназначен для использования при решении широкого круга задач, реализация алгоритмов которых основана на цифровых методах анализа результатов наблюдений. К их числу относятся задачи экономики и планирования производства, астрофизики, сейсмической разведки полезных ископаемых, метеорологии, биомедицины и многие другие, а также класс проблем, сводящихся к задаче распознавания образов.

Развитие современных систем обработки данных связано с увеличением объемов исследований и совершенствованием методов и техники обработки. Для успешного решения этих задач необходимо наличие современных вычислительных средств, имеющих широкую гамму периферийных устройств, гибкие и развитые операционные системы. Такие системы должны быть «открытыми», т. е. иметь возможность наращивания ресурсов как программных, так и аппаратных, что отвечает динамике развития систем обработки данных.

Таковыми системами в настоящее время являются серийно выпускаемые советской промышленностью ЭВМ Единой Системы (ЕС ЭВМ), поэтому рассматриваемый спецпроцессор ориентируется на подключение к моделям системы ЕС ЭВМ.

Как, известно, последовательность обработки результатов наблюдений состоит из ряда преобразований, в которых наиболее часто встречаются операции свертки, корреляции, преобразования Фурье, а также некоторые действия над векторами (матрицами) ⁽²⁾. Эти операции обладают общим свойством—они приводятся к выполнению последовательности умножений и сложений.

Рассматриваемая вычислительная система состоит из двух процессоров разных классов и функционального назначения—центрального, выполняющего универсальный набор инструкций и специализированного, предназначенного для реализации специальных алгоритмов, сводящихся к арифметическим операциям умножения и сложения (вычитания).

Структура спецпроцессора и логика функционирования. Структурная схема спецпроцессора представлена на рисунке (рис. 1). Блок интерфейса предназначен для организации функциональной связи спец-

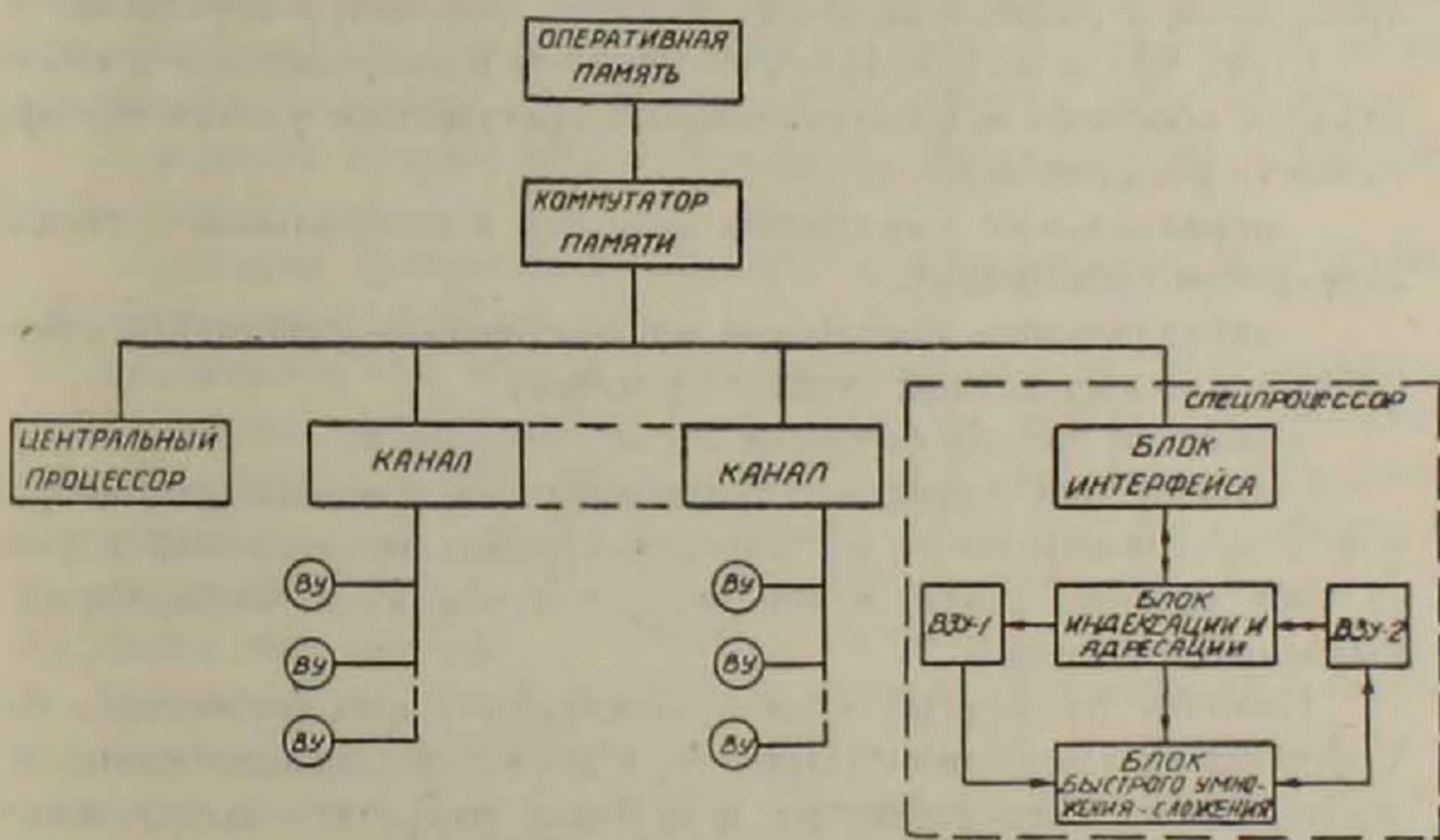


Рис. 1. Структура вычислительного комплекса со спецпроцессором

процессора с системой ЭВМ ЕС. Основными функциями его являются: прием управляющей информации, выдача запросов в систему, прием исходных данных из оперативной памяти (ОП) системы, выдача в ОП результатов вычислений, а также выполнение некоторых вспомогательных действий над входными и выходными данными. Блок индексации и адресации предназначен для обновления адресов при обмене данными с ОП, корректировки счета принятых и переданных данных. Блок быстрого умножения предназначен для выполнения умножения/сложения 32-разрядных слов в формате с плавающей запятой на основе применения аппаратно реализованных алгоритмов быстрого умножения. В этом блоке выполняется также нормализация результатов. Блок быстросействующих запоминающих устройств предназначен для приема и хранения

входных данных (ВЗУ-1) и хранения результатов промежуточных вычислений и окончательных результатов (ВЗУ-2).

Аппаратные средства спецпроцессора реализуют на микропрограммном принципе целый ряд операций для эффективного решения класса задач, связанных с обработкой результатов наблюдений. Основные из них:

- операции редукции векторов типа $\sum a_k$ или $\sum a_k^2$;
- покомпонентные операции типа $\sum a_k + b_k c_k$ над векторами;
- специальные операции типа быстрого преобразования Фурье, решения разностных уравнений четвертого порядка, свертки-корреляции;
- операции, связанные с организацией массивов и форматными преобразованиями.

Микропрограммный принцип управления спецпроцессором позволяет изменять и наращивать набор операций по мере расширения сферы применения и разработки новых методов и процедур обработки.

Структура и логика функционирования спецпроцессора и его программное обеспечение предусматривают значительное увеличение эффективности решения задач за счет:

- параллельного выполнения действий в центральном и специализированном процессорах;
- параллельного выполнения арифметических действий в спецпроцессоре и вызова данных входного массива;
- высокой производительности спецпроцессора;
- выполнения операции посредством одной команды, что по сравнению с программируемой последовательностью, применяемой в универсальной машине, сводит к минимуму число команд, выбираемых при выполнении операций.

Наличие отдельных блоков индексации, арифметического блока, буферных запоминающих устройств, а также организация логики функционирования спецпроцессора позволяют выполнять вызов исходных данных и их обработку в непрерывном процессе.

Современные ЭВМ конструируются на базе быстродействующих элементов со временем переключения порядка нескольких наносекунд. Построение схем спецпроцессора на таких элементах с применением быстрых алгоритмов умножения обеспечивает выполнение умножения сложения за 150—200 нсек.

Проведем сравнительную оценку эффективности работы спецпроцессора. Для этой цели возьмем трудоемкую и весьма часто встречающуюся в задачах обработки операцию свертки

— $y_i = \sum_{j=0}^n k_j x_{i-j}$ ($i=0, 1, \dots, m$), где K —весовая функция свертки, а X —свертываемая функция. Время выполнения этой операции при $n=64$, $m=1600$ составляет 10 сек. Расчетное время выполнения свертки при тех же параметрах на рассматриваемом спецпроцессоре в составе ЕС—1030 составляет 28.7 миллисекунд, т. е. применение спецпроцессора позволяет ускорить выполнение операции более, чем в 300 раз.

Быстродействие спецпроцессора накладывает особые требования на решение вопроса о подключении к ЕС ЭВМ. Для достижения высокой эффективности загрузки спецпроцессора целесообразно подключить его к системе в качестве интегрированного канала, т. е. устройства, совмещающего функции селекторного канала и спецпроцессора и являющегося абонентом оперативной памяти наряду с другими каналами системы. Очевидно, что интегрированный канал имеет возможности обмена данными со скоростью, близкой циклу памяти. Помимо этого, подключение спецпроцессора к ЕС ЭВМ в качестве канала обеспечивает обращение к нему посредством стандартных инструкций ввода/вывода, форматы и поля которых соответствуют требованиям, изложенным в «Принципах работы ЕС ЭВМ».

Программное обеспечение. Специфика спецпроцессора и особенности его применения требуют наличия соответствующей операционной системы, являющейся расширением существующей Операционной Системы Единой Системы (ОС ЕС). Средства генерации и модульный принцип построения операционной системы ЕС позволяет расширять систему в процессе генерации ⁽³⁾. Расширение касается двух аспектов:

— создания программной компоненты метода доступа (МД) спецпроцессора;

— создания программных средств, предназначенных для решения конкретных классов задач.

Компонента МД содержит программные модули, обеспечивающие обслуживание спецпроцессора и связывающие проблемные программы с ОС ЕС. Модули служат для планирования и управления обращением к спецпроцессору, выполнения стандартных процедур обслуживания при возникновении сбойных или исключительных ситуаций, а также для обработки этих ситуаций со стороны пользователя.

Поскольку программные модули должны удовлетворять стандартным конвенциям, касающимся управления ОС ЕС и связи с ней, то это оставляет систему открытой и дает возможность наращивания совокупности программных средств целевого назначения.

Модули МД функционируют в режиме интерпретации с возможностями динамического синтаксического анализа параметров, задаваемых для обращения к спецпроцессору с программ, написанным как на машинно-ориентированном языке, так и на языках более высокого уровня (например, Фортран).

Расширение сфер применения и упрощение внедрения спецпроцессора обеспечиваются наличием комплекса программных средств и алгоритмов, ориентированных на различных пользователей. Алгоритмы, реализуемые в спецпроцессоре, являются широко используемыми математическими средствами в цифровых методах обработки результатов наблюдений. Следовательно, дальнейшее развитие программных средств должно вестись по пути создания проблемно-ориентированных пакетов на базе метода доступа спецпроцессора.

Специализированный процессор, включенный в конфигурацию моделей ЭВМ ЕС, совместно с широкими возможностями ОС и пакетами прикладных пользовательских программ, не только значительно повышает экономическую эффективность решения задач по обработке результатов наблюдений, но и будет служить инструментом, на котором могут вестись лабораторные поиски новых методов и процедур обработки.

Ереванский научно-исследовательский институт
математических машин

Վ. Կ. ՇԶԻԿԼԻԿ Ժ. Ս. ՆԱԼԲԱՆԴՅԱՆ

Պրոբլեմային-կոդմոնոբոշված պրոցեսոր դիտարկման
արդյունքների էֆեկտիվ մշակման համար

Հոդվածում դիտարկվում են սկզբունքային լուծումներ, որոնք զրված են էՀՄ Միասնական Համակարգի (ՄՀ) կոմպլեքսում աշխատող մասնագիտացված պրոցեսորի մշակման հիմքում: Նշված պրոցեսորը նախատեսված է դիտարկման արդյունքների մշակման հետ կապված խնդիրների լուծման համար:

Բերվում է մասնագիտացված պրոցեսորի կառուցվածքը և գործելու տրամաբանությունը, ինչպես նաև էՀՄ ՄՀ տարրեր մեքենաներին միացնելու եղանակը: Մասնագիտացված պրոցեսորը կառարում է անդամ առ անդամ գործողություններ վեկտորների հետ, վեկտորների սեղուկցիա, կոմպլեքս վեկտորների բազմապատկում և մի քանի հատուկ գործողություններ, օրինակ՝ Ծուրյևի արագ ձևափոխություն (ինչպես ուղիղ, այնպես էլ հակադարձ), փաթաթում-կոսիլյացիա, 4-րդ կարգի տարրերական հավասարումների լուծում և այլն:

Դիտարկվում է նաև մասնագիտացված պրոցեսորի մաթեմատիկական սպասարկման կազմակերպման սկզբունքը, որը հանդիսանում է էՀՄ ՄՀ օպերացիոն համակարգի ֆունկցիոնալ բնդլայնումը և բաղկացած է դիմելու մեթոդի ծրագրային կոմպոնենտներից և կիրառական ծրագրերի փաթեթից:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Դ Ր Ա Կ Ա Ն Ո Ւ Ք Յ Ո Ւ Ն

¹ Е. А. Козлов, Г. Н. Гогоненков, Цифровая обработка сейсмических сигналов. Изд. Недра, 1973. ² Дж. Бендат, А. Пирсол, Измерение и анализ случайных процессов. Изд. «Мир», 1974. ³ В. Г. Лесюк, А. С. Марков и др., Система математического обеспечения ЕС ЭВМ. Изд. Статистика, 1974.