

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

P10-86-759

Я.Бан, В.М.Котов

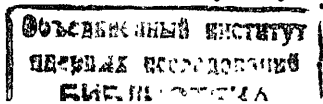
**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
СПЕЦПРОЦЕССОРОВ АРХИТЕКТУРЫ RISC  
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ С МАТРИЦ ПЗС**

**1986**

В настоящее время приборы с зарядовой связью (ПЗС), принцип работы которых был предложен в 1969 году Бойлом и Смитом<sup>1/1</sup>, широко применяются для фотозлектрического преобразования изображения и обработки видеосигналов.

Еще на ранней стадии развития ПЗС-технологии особый интерес был вызван возможностями применения ПЗС для выполнения функций по детектированию и обработке сигналов в режиме временной задержки и накопления (ВЗН). В сканирующих системах режим ВЗН является одним из основных назначений ПЗС, так как синхронизация переноса зарядовых пакетов по строкам матрицы ПЗС с перемещением изображения позволяет увеличить отношение сигнала к шуму на величину, равную корню квадратному из числа чувствительных элементов в направлении сканирования. Кроме того, возможность управления режимом переноса и накопления из каждой отдельной строки позволяет получить переменный размер сканирующей апертуры и адаптировать процесс детектирования видеосигнала к освещенности и скорости перемещения изображения по матрице ПЗС. Следует отметить, что постоянно растет интерес к ПЗС, способным работать на частотах 100 МГц и выше. Такая полоса пропускания увеличивает возможности обработки сигналов и расширяет класс систем, в которых выгодно применять ПЗС. Теоретические расчеты<sup>2/2</sup> и эксперименты с использованием однофазной синхронизации позволяют предположить, что ПЗС будут функционировать на тактовых частотах до 1 ГГц при неэффективности переноса заряда  $\sim 10^{-4}$ . В настоящее время скорости ограничиваются входными и выходными цепями ПЗС и генераторами. Но даже при этих ограничениях управление режимом работы матриц ВЗН, в результате определенных вычислительных действий над выходным сигналом, требует очень высоких скоростей работы вычислительных систем, управляющих режимом матриц ВЗН.

Существует еще одна интересная область применения ПЗС, которая также требует высокого быстродействия вычислительных средств обработки выходных сигналов. Поскольку в ПЗС сдвигаются зарядовые пакеты, последовательность которых представляет дискретизированный аналоговый сигнал, то непосредственно на ПЗС можно производить определенные виды обработки сигналов таких как: задержку, трансверсальную и рекурсивную фильтрацию, которые хорошо реализуются именно в электрооптических системах обработки. Зарядовый пакет в ПЗС-структуре можно заставить двигаться в любом направлении вдоль поверхности прибора, если создать в непосредственной близости от пакета в нужном направлении более глубокую, потенциаль-



ную яму. Важная особенность работы ПЗС состоит в том, что управление перемещением производится последовательностью импульсов, для чего используется дискретная техника, управляемая ЭВМ. А так как считывание величины заряда можно производить без разрушения зарядового пакета, то если каждый каскад линии задержки на ПЗС имеет отвод с определенным весовым коэффициентом и снимаемые с отводов сигналы суммируются, то полученная еще на уровне зарядовых пакетов сумма есть свертка сигнала с весовой функцией, т.е. ПЗС работает как трансверсальный фильтр. Управление весовыми коэффициентами с помощью спецпроцессора высокого быстродействия позволяет получить адаптивный программируемый трансверсальный фильтр с необычайно широкими возможностями обработки видеосигналов на самом начальном ее этапе, оставаясь еще на уровне зарядовых пакетов и уменьшая объем информации, подлежащей оцифровке и последующей обработке в ЭВМ. Поэтому, учитывая огромный объем информации, снимаемой с фотоприемников ПЗС, имеющих уже сейчас  $10^4$ - $10^5$  чувствительных элементов, каждый из которых дает еще около 8-12 бит, содержащих информацию об уровне освещенности в данной точке, становится очевидной необходимость применения очень быстрых специализированных процессоров.

В измерительных сканирующих системах матрица ПЗС может быть использована не только для детектирования, но и непосредственно для измерения координат по изображению события, спроецированного на фоточувствительную плоскость ПЗС. В этом случае выходные данные с матрицы содержат значения координат точек следов события в локальной системе координат, связанной с матрицей. Поэтому алгоритмы и их программная реализация для выделения точек исследуемого события и фильтрации фоновой засветки должны быть ориентированы на структуру данных, снимаемую с матрицы, без необходимости проведения каких-либо операций по преобразованию их форматов.

В результате анализа возможных способов реализации вычислительных систем для обработки данных, выдаваемых ПЗС, особый интерес вызывают системы с RISC-архитектурой процессора<sup>3,4/</sup>. Уменьшенный состав команд таких процессоров позволяет организовать работу в режиме PIPELINIG и ввести регистровую архитектуру в виде отдельных областей регистровой памяти для хранения аргументов и локальных переменных для процедуры, выполняемой в данный момент времени в процессоре. При вызове следующей процедуры подключается новая область регистровой памяти, осуществляя эффективное "кэширование". Эти особенности архитектуры уменьшают число обращений к внешнему ОЗУ во время работы АЛУ процессора, так как "подкачка" данных в регистровую память производится одновременно по каналу прямого доступа.

Микропрограммная организация управления процессором позволяет адаптировать состав команд к алгоритму обработки и, что особенно важно, формат и способы адресации могут быть ориентированы на специфику структуры данных, выдаваемых матрицей ПЗС.

Микропрограммная реализация команд процессора позволяет подпрограммы некоторых процедур размещать полностью внутри микропрограммной памяти, исключая необходимость обращения внутри таких циклов к основной памяти ОЗУ даже для выборки очередной команды. Такое распределение инструкций задачи между оперативной и микропрограммной памятью дает возможность минимизировать число обращений процессора к оперативной, сравнительно медленной памяти и повысить скорость вычислений.

Анализ структуры команд и организации их выполнения в опытном образце спецпроцессора архитектуры RISC, разработанного и ИЭФ САН (Кошице) и ОИЯИ<sup>4/</sup> показывает, что полученная скорость вычисления  $3 \cdot 10^6$  машинных инструкций в секунду может быть согласована с темпом поступления данных с выхода матриц ПЗС, если увеличить длину слова процессора до 64 разрядов.

Особый интерес вызывает возможность работы такого процессора с небольшим набором логических инструкций и операций сдвига, но с операндами большой разрядности 250-360 разрядов. В этом случае вычисления по предварительной фильтрации можно проводить с массивом данных, относящихся к строке, как с одним целым, что при чересстрочной развертке позволит процессу фильтрации и съема данных с матрицы согласовать в режиме реального времени, получив тем самым базу для создания адаптивных систем обработки изображения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Boyle W.S., Smith G.E. Bell Syst. Tech.J., 1970, 49, p. 587.
2. Барб Д.Ф. Приборы с зарядовой связью, "Мир", М., 1982.
3. Patterson D.A., Seguin C.H. "A VLSI RISC" Computer. 1982, vol.15, No. 9.
4. Бан Я., Семан М. ОИЯИ, P11-86-483, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 ноября 1986 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Бан Я., Котов В.М.  
Особенности применения спецпроцессоров архитектуры RISC для обработки данных с матриц ПЗС

P10-86-759

Твердотельные фотоприемники изображения на базе ПЗС требуют высокого быстродействия по приему и экспресс-анализу данных. Рассмотрены особенности применения спецпроцессоров архитектуры RISC для обработки данных в сканирующих системах с использованием матриц ПЗС.

Работа выполнена в Лаборатории вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой.

Ban J., Kotov V.M.  
Special Features of Application of RISC Architecture  
Specialized Processors to Processing the Data from CCD  
Image Sensors

P10-86-759

The charge-coupled device (CCD) image sensors require fast computing systems for data acquisition. Organization of the specialized processors RISC architecture effectively used for data processing systems designed for CCD image sensors is described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Computing Techniques and Automation, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986