



СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

753/83

7/2-83

13-82-769

В.А.Баранов, П.Г.Евтухович, Ф.Е.Зязюля,  
Р.Иленбург, С.М.Коренченко,  
Г.В.Мицельмахер, Н.В.Сергеева

ЛОГИКА ПОСТРОЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССОРА РАСТР  
ДЛЯ С-ДЕТЕКТОРА СПЕКТРОМЕТРА АРЕС

1982

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Поток информации, поступающей от современной экспериментальной установки, зачастую превышает возможности даже самых мощных ЭВМ по накоплению данных и их последующей обработке. Кроме того, в экспериментах по изучению редких событий подавляющее большинство взаимодействий - фоновые. Поэтому необходима предварительная быстрая фильтрация поступающей информации.

В спектрометре АРЕС <sup>1/</sup> эта задача решается в несколько этапов. Ограничение потока информации прежде всего осуществляется мастер-триггером, использующим сигналы сцинтилляционных детекторов. На втором уровне системы фильтрации событий используется специализированный процессор РАСТР /распознавание треков/.

На рис.1 условно показана организация съема информации с С-детектора спектрометра АРЕС <sup>2/</sup> и упрощенная блок-схема процессора. С-детектор содержит 8 цилиндрических пропорциональных камер с общим числом сигнальных нитей около 4000, расположенных вместе с мишенью и сцинтилляционными датчиками коаксиально в магнитном поле.

Треки заряженных частиц в таком детекторе представляют собой отрезки винтовых линий, при этом сигналы с нитей камер дают точечную проекцию этих отрезков на x-y плоскость спектрометра. Эти сигналы используются для идентификации треков процессором.

Процессоры, применяемые для детекторов подобного типа, можно условно разбить на два класса: с жесткой логикой и программируемые. Достоинством последних является большая гибкость и универсальность. Однако они имеют довольно сложное устройство. Например, программируемый процессор для системы цилиндрических камер <sup>5/</sup> занимает более трех крейтов КАМАК, при этом его пространственное разрешение не слишком высоко. Процессоры с жесткой логикой обладают, как правило, повышенным быстродействием и относительно простой конструкцией <sup>3,4/</sup>.

Предлагаемый процессор является устройством с жесткой логикой. Кроме того, что алгоритм его работы фиксирован, события выделяются не путем решения уравнений или неравенств, а просмотром с помощью наперед заданных масок - шаблонов, рассчитанных заранее для данного конкретного процесса на ЭВМ. "Перепрограммирование" процессора осуществляется с помощью изменений в монтаже.

Реализация такой схемы для С-детектора на ТТЛ интегральных схемах /ИС/ 155 серии позволяет просматривать событие 400-ми шаблонами различных конфигураций на каждом из 96 шагов просмотра, полное время которого составляет 15 мкс.

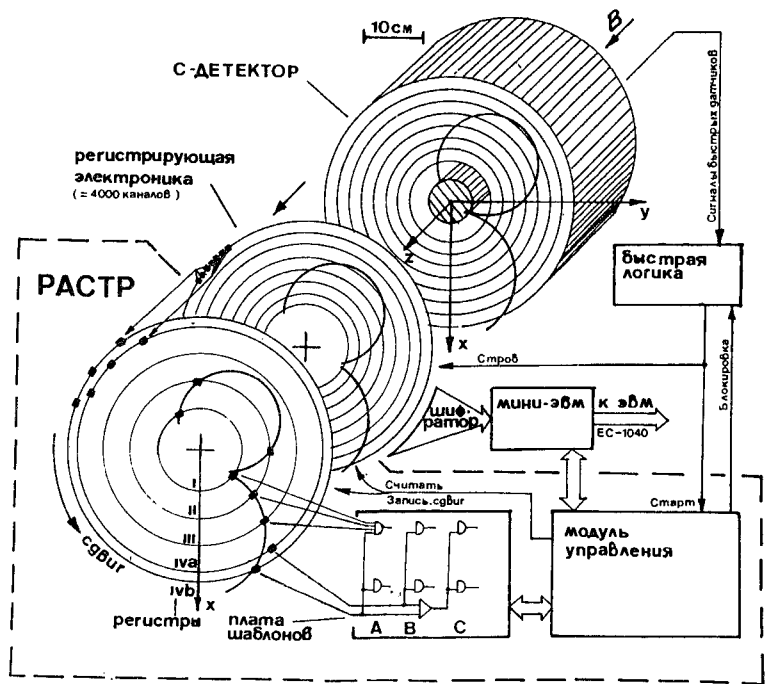


Рис.1. Включение РАСТРа в С-детектор.

## 2. ОСНОВНОЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ

Способ съема информации и поиска трека поясняется рис.1 и 2. Логические сигналы переписываются с триггеров памяти регистрирующей электроники камер<sup>6/</sup> в замкнутые в кольцо сдвиговые регистры одинаковой разрядности, после чего в регистрах осуществляется пошаговый сдвиг. При синхронном сдвиге в регистрах происходит вращение всей плоской "фотографии" события /рис.2/. Для наглядности на рисунках изображения сдвиговых регистров и электроники камер повторяют геометрию спектрометра; триггеры обозначены прямоугольниками.

Обычная многоходовая схема совпадений /СС/ /рис.2/ сработает на некотором шаге сдвига, если в событии присутствует трек, совпадающий с конфигурацией соединения ее входов с выходами сдвиговых регистров. Номер шага сдвига при этом определяет азимутальную координату центра кривизны трека - угол  $\phi$ , а конфигурация соединения - шаблон - радиус кривизны и расстояние центра кривизны от центра мишени. С помощью набора таких схем совпадений можно реализовать требуемый массив шаблонов.

Пространственное разрешение будет определяться количеством отдельных элементов, на которое разбивается x-y плоскость детектора для подачи информации в процессор. Максимальное число таких

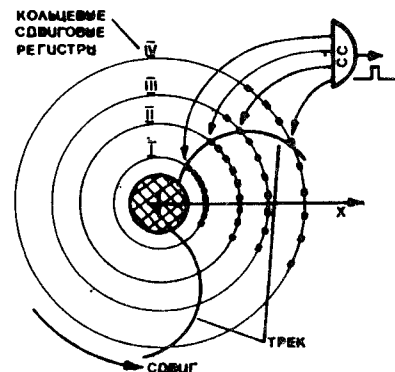


Рис.2. Принцип поиска трека.

элементов равно числу проволок. Однако при максимальной дискретизации для заполнения требуемого физическими условиями эксперимента массива шаблонов может понадобиться большое число схем совпадений. Поэтому проволоки объединяются в группы различной величины в зависимости от радиуса.

Шаблоны представляется удобным создать с помощью распайки одиночных переключателей на простой двухслойной плате, содержащей схемы совпадений. Если применять широко распространенные ИС ТТЛ, то согласно<sup>7/</sup> трудно рассчитывать на надежную работу схемы, у которой длина одиночных перекрестных соединений превышает  $20 \div 30$  см. Это и другие соображения позволяют получить верхнюю оценку разумного числа схем совпадений на такой плате в  $200 \div 300$  корпусов, что следует учитывать при дальнейшем моделировании.

В процессоре используется ряд процедур, позволяющих сократить число применяемых схем совпадений при неизменном массиве рабочих шаблонов.

"Манипуляция сдвигами" - так назван особый режим сдвигов в кольцевых сдвиговых регистрах, позволяющий одной схемой совпадений распознать несколько конфигураций. На рис. 3 показано, что если вращать "фотографию" события с помощью поочередных сдвигов в разных регистрах, то форма трека будет изменяться. Так, если нечетным тактовым импульсом осуществить сдвиг в регистрах II и III, а четным - I и IV, треки 1 и 2 на нечетном такте сдвига перейдут в 1' и 2' соответственно. Из рисунка видно, что при таких сдвигах трек 2 будет распознан /на первом такте/, хотя его начальная конфигурация не соответствует шаблону СС. На четном такте этой же схемой будет распознан трек 1. Следовательно, при таких манипуляциях одна схема совпадений служит в качестве двух различных шаблонов близлежащих конфигураций.

Можно осуществить различные варианты подобных манипуляций, при которых одна схема совпадений будет выполнять роль двух, трех и более шаблонов. Однако время полного просмотра при этом возрастает /в приведенном примере в 2 раза/. Кроме того, возможно появление так называемых "призраков" - побочных дочерних шаблонов, не входящих в определяемый физической задачей исходный набор. Поэтому тип манипуляций должен быть выбран рационально.

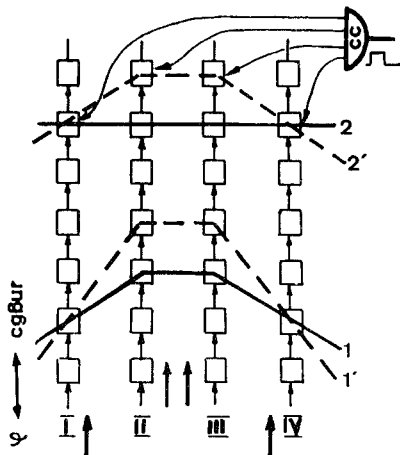


Рис.3. Манипуляция сдвигами (II, III); (I, IV).

Объединение массивов - еще одна возможность увеличения коэффициента полезного действия каждой схемы совпадений посредством объединения по "ИЛИ" информации с 8-й камеры, о чем будет сказано ниже.

### 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Моделирование проводилось для определенной задачи - поиска процесса  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^+$ .

В соответствии с этим процессор должен был выделять треки электронов, так как основной фон - треки положительно заряженных частиц, а появление отрицательных треков маловероятно.

#### Используемая информация:

а/ данные снимаются только с четырех информационных слоев: первого, третьего, четвертого и восьмого, их диаметры - 128, 212, 274, 430 мм соответственно;

б/ каждый слой разбивается на 96 элементов, по возможности симметрично. Для лучшего пространственного разрешения каждый элемент 8-го слоя дополнительно разбивается на две части - "а" и "б" /то есть на 96 "а" и 96 "б" элементов, рис. 4/;

в/ приемником информации служат пять 96-разрядных сдвиговых регистров /рис.1/. Регистры IVa и IVb подключены как бы параллельно, но каждый - к соответствующей части "а" или "б" 8-й камеры.

Начальный набор шаблонов. С учетом кинематики процесса  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^- e^-$  и дополнительных требований трек электрона должен:

- а/ выходить из мишени;
- б/ доходить до внешней защиты;
- в/ иметь максимальный радиус кривизны  $R_{\max} = 58,7$  см /при поле 0,3 Т /, минимальный радиус определяется условиями а, б;
- г/ угол вылета - любой, при выполнении условий а ÷ в.

В соответствии с этим был проведен расчет всех возможных шаблонов. Их полное число составило 604.

Шаблоны оказалось удобным представить в виде двух пучков, сходящихся к 11а и 11б элементам 8-й камеры /рис.4/. Отсюда два массива шаблонов - А и В.

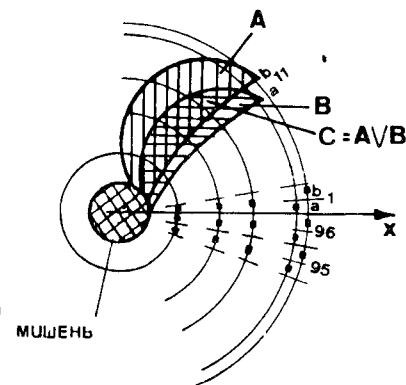


Рис.4. Массивы шаблонов на x-y плоскости С-детектора.

Отбор шаблонов по эффективности. Число шаблонов оказалось возможным уменьшить до 360 за счет исключения малоэффективных. Для этого с помощью соответствующей модели на ЭВМ было имитировано 100000 случайных треков, удовлетворяющих приведенным выше требованиям. Эти треки "распознавались" математической моделью процессора. Все 100000 треков были рас-

познаны, что свидетельствует о достаточной полноте массива шаблонов. Было определено число использований каждого шаблона. Оказалось, что 115 не использовались ни разу, 17 - один раз и т.д. Шаблоны, суммарный вклад которых в эффективность распознавания составил  $\leq 1\%$ , были отброшены.

Были проведены проверки оставшегося массива из 360 шаблонов, моделировавших потери энергии частицей в камерах, сцинтилляторах, многократное рассеяние, неоднородность магнитного поля, неточность установки камер. При таких проверках эффективность распознавания всегда составляла не менее 99%.

Манипуляции. Сравнивались различные типы манипуляций сдвигами регистров. Как наиболее рациональные были выбраны манипуляции типа (I, IV), (II, III) - первый сдвиг данных производится в КР I, IVa, IVb, затем в КР II и III /аналогично описанному ранее/.

Это уменьшило число требуемых схем совпадений до 216. При этом реализуется 360 "правильных" шаблонов и 72 "призрака". Проверка последних показала, что они не должны заметно увеличить число ложных распознаваний, так как обладают в основном экзотической конфигурацией.

Объединение массивов. Конечный набор шаблонов. Рис.4 показывает, что области массивов А и В частично перекрываются. Из них можно выбрать пару шаблонов, отличающихся один от другого лишь принадлежностью к а- или б-элементу 8-й камеры. Такую пару шаблонов можно реализовать всего одной схемой совпадений. Для этого нужно сигналы с 11а- и 11б-элементов 8-го слоя объединить по "ИЛИ" /рис.1/. Соответственно с учетом манипуляций эта схема совпадений будет функционировать как четыре шаблона. Были проведены расчеты по оптимальному выбору таких пар /массив С/.

В результате окончательное число схем совпадений, реализующих необходимый набор из 360 "физических" шаблонов, составило 126. Из них 18 соответствуют массиву А, 18 - массиву В и 90-

массиву С. Этот набор и должен использоваться в реальной конструкции.

#### 4. ИСПЫТАНИЕ МОДЕЛИ РАСТРА НА РЕАЛЬНЫХ ТРЕКАХ

При отладочных экспозициях детектора заряженных частиц на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ была набрана некоторая статистика реальных событий, впоследствии позволившая с помощью специальной программы выделить определенное число событий с позитронными треками. При рабочих экспозициях именно такие события будут составлять основной фон, поэтому они представляют наибольший интерес. Указанный массив реальных событий был проверен с помощью отдельной программы, моделирующей реальный РАСТР.

Коэффициент подавления таких фоновых событий составил около 9. Эффективность распознавания электронных треков /полезных событий/ составила  $96 \pm 1\%$ .

При работе использовались ЭВМ CDC-6500, ЕС-1040, М-6000.

В заключение авторы считают своим долгом поблагодарить В.Г.Зинова за полезные обсуждения, Б.Ф.Костина за некоторые представленные программы, а также О.Н.Гонтаренко за значительную помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В., Некрасов К.Г. ОИЯИ, P13-9542, Дубна, 1976.
2. Баранов В.А. и др. ОИЯИ, 13-81-381, Дубна, 1981.
3. Yerkerk C. CERN, DD/75/18, Geneva, 1975.
4. Yerkerk C. CERN, DD/81/15, Geneva, 1981.
5. Brafmann et al. IEEE Trans. on Nucl. Science, 1978, Vol. NS-25, No.1, p. 692.
6. Коренченко С.М., Кучинский Н.А. ОИЯИ, Д13-11807, Дубна, 1978, с. 278; P13-11561, Дубна, 1978.
7. Скарлетт Дж. ТТЛ интегральные схемы и их применение. "Мир", М., 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 ноября 1982 года.

#### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
Д1,2-12036	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12450	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д4-80-271	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-385	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**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

Баранов В.А. и др. 13-82-769  
 Логика построения и моделирование специализированного процессора РАСТР для  
 С-детектора спектрометра АРЕС

Описана логика построения специализированного процессора реального времени с жесткой логикой для отбора событий по конфигурациям треков в эксперименте с применением многопроволочных детекторов. Процессор обрабатывает информацию с цилиндрических пропорциональных камер детектора заряженных частиц спектрометра АРЕС и выделяет треки электронов, характерные для распада  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$ . Кратко описана последовательность процедур расчетов и моделирования, позволяющих получить конкретные данные и упростить конструкцию процессора РАСТР. Эффективность распознавания заданных треков 96%, коэффициент подавления фоновых событий - около 9.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Baranov V.A. et al. 13-82-769  
 Design Logic and Modelling of RASTR Special Processor for C-Detector  
 of ARES Spectrometer

On-line hardware special processor logic for resorting track configuration in MWPC experiment is suggested. The processor performs filtering of electron track information for the search of  $\mu^+ \rightarrow e^+ e^+ e^-$  type decay events in charged particle detector of ARES spectrometer. The procedure of calculation and imitation for RASTR real processor design is briefly described. Track recognition efficiency is 96%. Discrimination factor is about 9.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.