

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P10-88-885

Л.Г.Ефимов, В.С.Оплавин¹, В.Н.Садовников,
М.Шавловски²

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ
СО СПЕКТРОМЕТРА ЛЕГКИХ ЯДЕР
НА ЛИНИИ С ЕС ЭВМ

¹Радиовый институт им. В.Г.Хлопина, Ленинград
²Институт ядерных проблем, Свερк, ПНР

1988

В лаборатории высоких энергий ОИЯИ создан и эксплуатируется комплекс универсальных аппаратурно-программных средств для организации работы спектрометров элементарных частиц на линии с ЕС ЭВМ/1-4/. Одной из таких экспериментальных установок является многопараметровый спектрометр легких ядер на основе телескопов полупроводниковых детекторов, регистрирующий частицы, образующиеся в реакциях взаимодействия ускоренных в синхрофазотроне протонов, дейтронов или ядер гелия с мишенью, расположенной в камере ускорителя. С помощью этого спектрометра был проведен ряд экспериментов по фрагментации ядер, дифракционной диссоциации протонов, поиску высоковозбужденных состояний ^4He с получением дифференциальных сечений их выхода.

Характеристики и конструкция спектрометра, организация схемы запуска установки, аппаратура съема и регистрации сигналов с ее детекторов подробно описаны в/5/. Описание математического обеспечения ЕС ЭВМ в указанных экспериментах приведено в/6/.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей организации управления аппаратурой и алгоритмов приема данных со спектрометра в процессе его работы на линии с ЕС ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса /ИВК/ Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ СБОРОМ ДАННЫХ В АППАРАТУРЕ СПЕКТРОМЕТРА

Структурная схема программно-управляемой части аппаратуры спектрометра представлена на рис.1. Как и на других экспериментальных физических установках ЛВЭ, работающих в режиме непосредственной связи с ЕС ЭВМ, системным средством подключения источников программного управления к аппаратуре КАМАК на спектрометре легких ядер является универсальный драйвер ветви /УДВ//7/.

В состав УДВ входит набор базовых модулей $D_1 \div D_4$, а также управляющий модуль. Данный модуль /МУ//8,9/ организует работу УДВ на линии с ЕС ЭВМ и подключается к приемно-передающим устройствам линии связи с ИВК длиной приблизительно 1,2 км/10/.

Регистрирующая и прочая аппаратура КАМАК размещается в трех крейтах. В двух крейтах, связанных стандартной параллельной

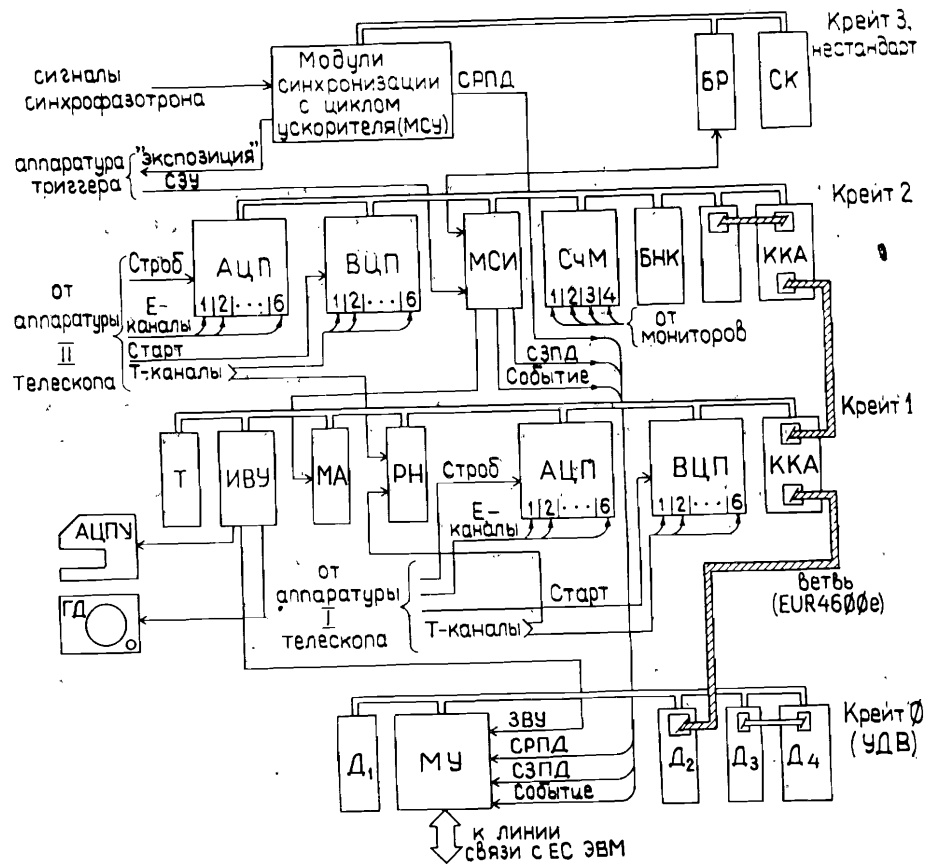


Рис.1. Структурная схема программно-управляемой части аппаратуры спектрометра легких ядер, работающего на линии с ЕС ЭВМ.

ветвью через контроллеры типа А /ККА/ с УДВ, установлены аналого-цифровые и время-цифровые преобразователи /АЦП, ВЦП/ /11, 12/ первого и второго шестидетекторных телескопов спектрометра. В этих же крейтах находятся: регистр наложений РН для записи информации о появлении дополнительных импульсов в любом из временных каналов после быстрого триггерного сигнала; мониторные счетчики /СЧМ/; модули интерфейсов /ИВУ/ внешних устройств - печатающего устройства /АЦПУ/ и графического дисплея /ГД/ /13/; регистр констант /БНК/, используемый при калибровке детекторов; вспомогательные модули /Т/ для тестирования аппаратуры связи с ЭВМ.

Один из крейтов установки предназначен для размещения нестандартных модулей, обеспечивающих синхронизацию сбора данных с циклом синхрофазотрона. Эти модули /МСУ/ работают под управлением специализированного контроллера крейта /СК/. Сопряжение нестандартного крейта со стандартной аппаратурой КАМАК осуществляется через буферный 45-разрядный регистр /БР/ и модуль синхронизации интерфейса /МСИ/.

МСИ совместно с модулями нестандартного крейта обеспечивает генерацию необходимых для МУ УДВ синхросигналов временной привязки сбора данных к циклу ускорителя и работе системы запуска /триггера/ спектрометра - сигналов разрешения /СРПД/ и завершения /СЗПД/ блочного приема данных в цикле, сигнала "Событие". Кроме того, МСИ формирует т.н. "системный адрес" модулей, опрашиваемых в режиме блочного чтения данных из регистров КАМАК. "Системный адрес", принимаемый в ЭВМ при чтении крейта № 2 непосредственно из МСИ, а при чтении крейта № 1 - из связанного с МСИ модуля адресации /МА/, необходим для последующей программной сортировки массивов информации. Процедура сортировки рассмотрена в одном из следующих разделов.

ОРГАНИЗАЦИЯ СБОРА ДАННЫХ В ЦИКЛЕ УСКОРИТЕЛЯ

Временная диаграмма одного цикла опроса аппаратуры и приема данных со спектрометра легких ядер в ЕС ЭВМ приведена на рис.2.

Цикл начинается в момент поступления в аппаратуру установки сигнала начала цикла ускорения /СИУ/. После задержки τ_B , соответствующей времени нарастания магнитного поля до значения, при котором начинается вывод пучка на мишень, в МСУ формируется синхросигнал СРПД. Синхросигналы СРПД, СЗПД, а также сигнал запроса интерфейсов внешних устройств /ЗВУ/ вызывают в МУ УДВ появление флага периферии /УПР-П/ и соответствующих кодов контрольного байта /БК/ на шинах интерфейсной линии связи установки с контроллером канала ЭВМ. Анализ содержимого БК дает возможность реализовать в канальной программе условные переходы по флагу периферии.

После приема кода СРПД осуществляется программная проверка статуса модуля синхронизации интерфейса. Если МСИ готов к работе и есть разрешение на прием информации, программно активизируется уровень "Экспозиция" для аппаратуры триггера установки, чем разрешается регистрация событий, а в контроллер УДВ /модуль Д₄/ и в МУ УДВ заносятся соответственно конечный и начальный адреса сканирования модулей КАМАК в крейтах 1 и 2.

Дальнейший процесс сбора данных основан на ожидании выработки в системе любого из трех синхросигналов, инициирующих прием информации в ЭВМ в режиме группового чтения данных:

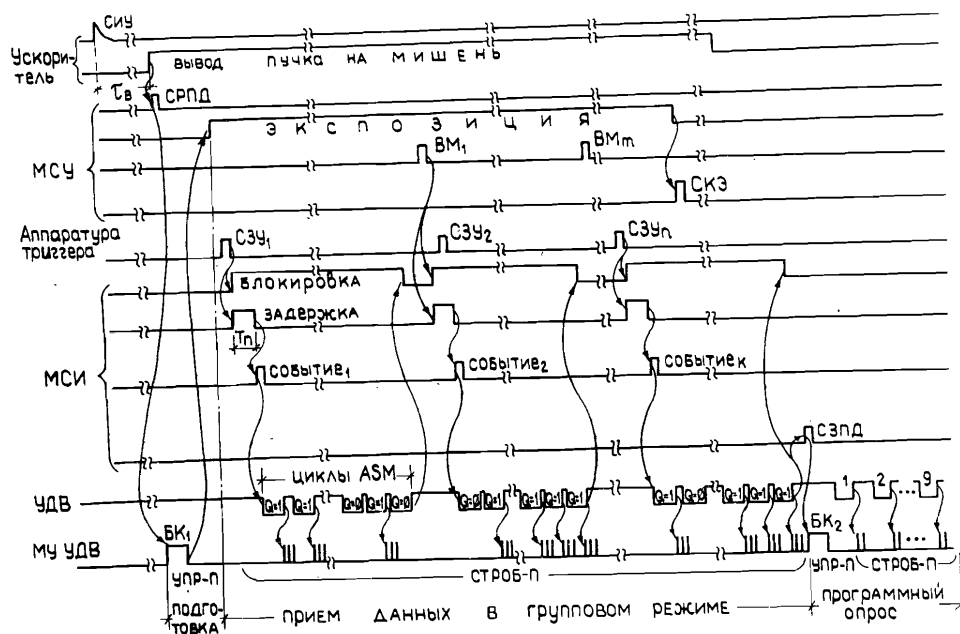


Рис.2. Временная диаграмма сбора данных со спектрометра легких ядер в цикле ускорителя.

- сигнала СЗУ от схемы отбора событий в аппаратуре триггера установки;
- сигнала "Временная метка" /ВМ/ от модулей синхронизации работы установки с циклом ускорителя;
- сигнала "Конец экспозиции" /СКЭ/.

Выработка синхросигналов ВМ осуществляется через определенные интервалы, на которые разбита экспозиция, синхронно с поступлением сигналов от датчика производной магнитного поля ускорителя /В-таймера/. Количество мониторинговых запусков в каждом интервале, а также соответствующее значение поля и номер интервала фиксируются в МСИ как служебная информация. Данные, принятые от мониторов, позволяют восстановить временной профиль интенсивности пучка в течение его вывода на мишень спектрометра.

При появлении любого из перечисленных инициативных сигналов МСИ активизирует уровень "Блокировка", запрещающий работу схемы отбора событий и мониторинг счет. После задержки T_{II} на время преобразования АЦП и ВЦП в МСИ формируется сигнал "Событие", поступающий на вход МУ УДВ и вызывающий проведение автоматической серии циклов КАМАК по алгоритму ASM. В тех циклах, где регистры КАМАК генерируют $Q = 1$, МУ выдает на линию связи с ЭВМ

3 байта считанной информации на каждый цикл, а также стробы этих байтов /СТРОБ-П/, по которым контроллер канала ЭВМ пересылает получаемые с установки данные в буфер оперативной памяти.

Опрос регистров КАМАК в режиме ASM завершается чтением служебной информации из модуля МСИ, который занимает 2 станции на магистрали крейта. При обращении к предпоследнему опрашиваемому номеру станции из МСИ считывается количество регистров, опрошенных в предыдущих циклах данной серии, и признак, позволяющий идентифицировать принимаемое событие как истинное или как смоделированное контрольным генератором установки. В заключительных циклах серии ASM, при адресации конечного номера станции МСИ, его реакция зависит от типа инициативного сигнала, вызвавшего прием информации о данном событии или поступившего в процессе приема. Соответственно возможны 3 варианта завершения серии:

1/ если серия была вызвана сигналом СЗУ, в последнем цикле МСИ вырабатывает $Q = 0$, данные с этого адреса в ЭВМ не поступают, уровень "Блокировка" деактивируется, и система переходит к ожиданию следующего инициативного сигнала;

2/ если серия была инициирована сигналом ВМ или ВМ поступил в процессе проведения серии, МСИ вырабатывает $Q = 1$ в трех циклах сканирования субадресов A_0, A_1, A_2 конечного номера станции, при этом в ЭВМ передается указанная ранее служебная информация о временной метке;

3/ при поступлении сигнала СКЭ следует аналогичное сканирование перечисленных субадресов, из МСИ извлекается другая служебная информация, необходимая для контроля интерфейсной линии связи, после чего вырабатывается синхросигнал завершения приема данных /СЗПД/ в режиме группового чтения.

Приняв сигнал СЗПД, ЭВМ производит чтение в режиме программного опроса интегральной за цикл мониторинг информации и переходит к ожиданию следующего синхросигнала от МУ УДВ.

Алгоритм работы канальной программы ЕС ЭВМ, соответствующей описанным выше процессам, приведен на рис.3.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ СО СПЕКТРОМЕТРА ЛЕГКИХ ЯДЕР В ЕС ЭВМ

Организация приема информации в ЭВМ со спектрометров частиц высоких энергий, работающих на пучках циклических ускорителей, связана с решением следующих основных задач:

- 1/ получение максимального объема полезных статистических данных об исследуемом процессе в цикле ускорителя;

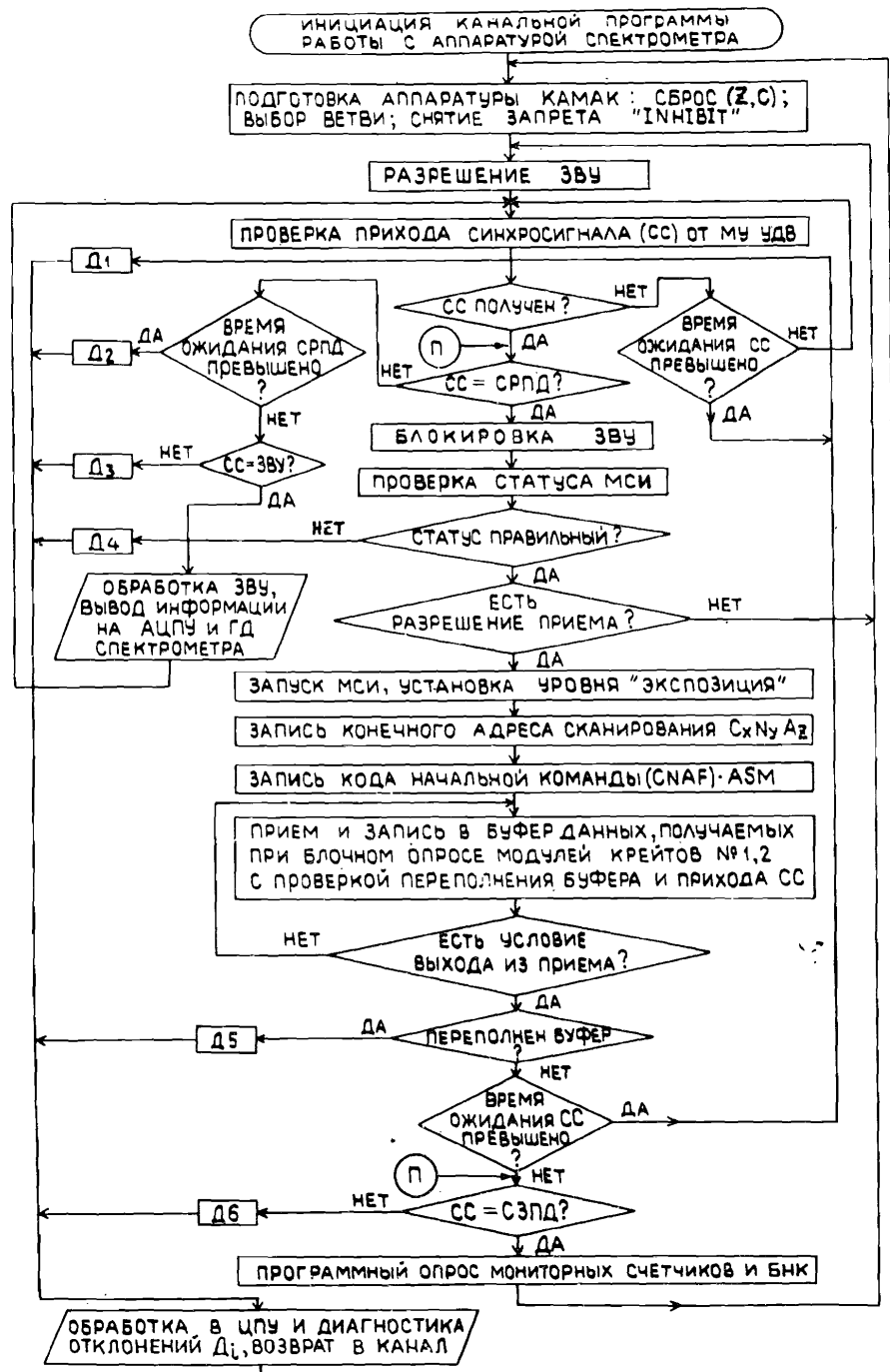


Рис.3. Алгоритм программы сбора данных.

2/ создание взаимодействующих между собой элементов аппаратного и программного обеспечения с учетом особенностей запуска установки, отбора и регистрации событий.

Решение первой задачи определяется возможностями буферизации данных в запоминающих устройствах ЭВМ, пропускной способностью каналов ввода-вывода ЭВМ и средств их сопряжения с экспериментальной аппаратурой установок. В частности, используемый в аппаратуре спектрометра легких ядер модуль организации программного управления от ЕС ЭВМ /МУ УДВ/ дает возможность во взаимодействии с контроллером УДВ проводить автономные /т.е. без программного вмешательства удаленной ЭВМ/ серии опроса регистров КАМАК в сканирующем режиме ASM. Инициация этих серий осуществляется поступающими в МУ УДВ синхросигналами "Событие!" также независимо от ЭВМ, т.е. без прерываний ее канальной программы. При этом в течение всей экспозиции МУ УДВ производит синхронную передачу считываемых данных в канал ЕС ЭВМ в темпе сканирования регистров. Поскольку скорость этой передачи определяется реальной пропускной способностью магистрали ветви КАМАК /1 Мбайт/с/, уступающей пропускной способности канала /1,25 Мбайт/с/, средства сопряжения установки с ЭВМ /МУ УДВ и микропрограммный контроллер канала/ не вносят вклада в мертвое время установки, которое в этом случае равно сумме задержки T_{II} на время кодировки сигналов в АЦП, ВЦП и нефиксированного времени опроса аппаратуры в режиме ASM.

Следует отметить, что рассмотренная особенность приема информации в ЕС ЭВМ характерна не только для спектрометра легких ядер, но и для других экспериментальных установок ЛВЭ ОИЯИ, в которых полностью используются возможности интерфейсных средств управления аппаратурой /например, в системе /4/.

Второй особенностью приема данных в ЕС ЭВМ со спектрометра легких ядер является решение ряда задач отбора полезных событий и первичного анализа принимаемой информации программным путем с минимальными затратами на создание соответствующих аппаратных средств. Эта особенность связана со спецификой работы установки, выражающейся в независимом запуске отдельных каналов спектрометра /телескопов/, генерации событий со средней частотой 4-5 кГц, переменной и относительно малой длиной описания событий. С учетом указанного быстродействия средств сопряжения аппаратуры установки с ЭВМ и относительно высокой производительности процессора ЭВМ часть функций обработки критериев отбора событий было целесообразно возложить на программное обеспечение. В данном случае имеются в виду критерии, позволяющие учитывать вклад случайных совпадений и наложений импульсов на фронт спектрометрического сигнала. В экспериментах с отношением фон/эффект, превышающим величину 10^3 , программная

обработка таких критериев позволяет более эффективно использовать время работы ускорителя.

Также с минимальными аппаратными затратами, выражающимися в оснащении модуля МСИ средствами для рассмотренной ранее передачи в ЭВМ служебной информации, реализованы контроль правильности считывания данных из регистров преобразователей, получение данных о временных метках, контроль типа события и линии связи установки с ЭВМ.

Особое место в рассматриваемой организации приема данных имеют аппаратные и программные средства, обеспечивающие первичную обработку /сортировку/ поступающей в оперативную память ЭВМ экспериментальной информации.

Известно, что выборочное извлечение данных из опрашиваемой по стандартному алгоритму ASM многокрейтной аппаратуры КАМАК при переменной длине читаемых массивов, соответствующих различным событиям, и случайном распределении регистров - источ-

Порядковый номер слова в массиве	И Н Ф О Р М А Ц И Я	
	системный адрес (байт)	Данные (2 байта)
$\omega=1$	$S_1=...$	из адресуемого в ASM-режиме регистра
$\omega=2$	$S_2=...$	— " —
$\omega=3$	$S_3=...$	— " —
\vdots	\vdots	признак типа события • Количество опрошенных регистров
$\omega=R$	$S_R=...$	
$\omega=R+1$	служебные данные о временной метке	
$\omega=R+2$	или	
$\omega=R+3$	информация для контроля линии связи	

из МСИ

Рис.4. Структура информационного массива в оперативной памяти ЕС ЭВМ, соответствующего описанию одного принятого события.

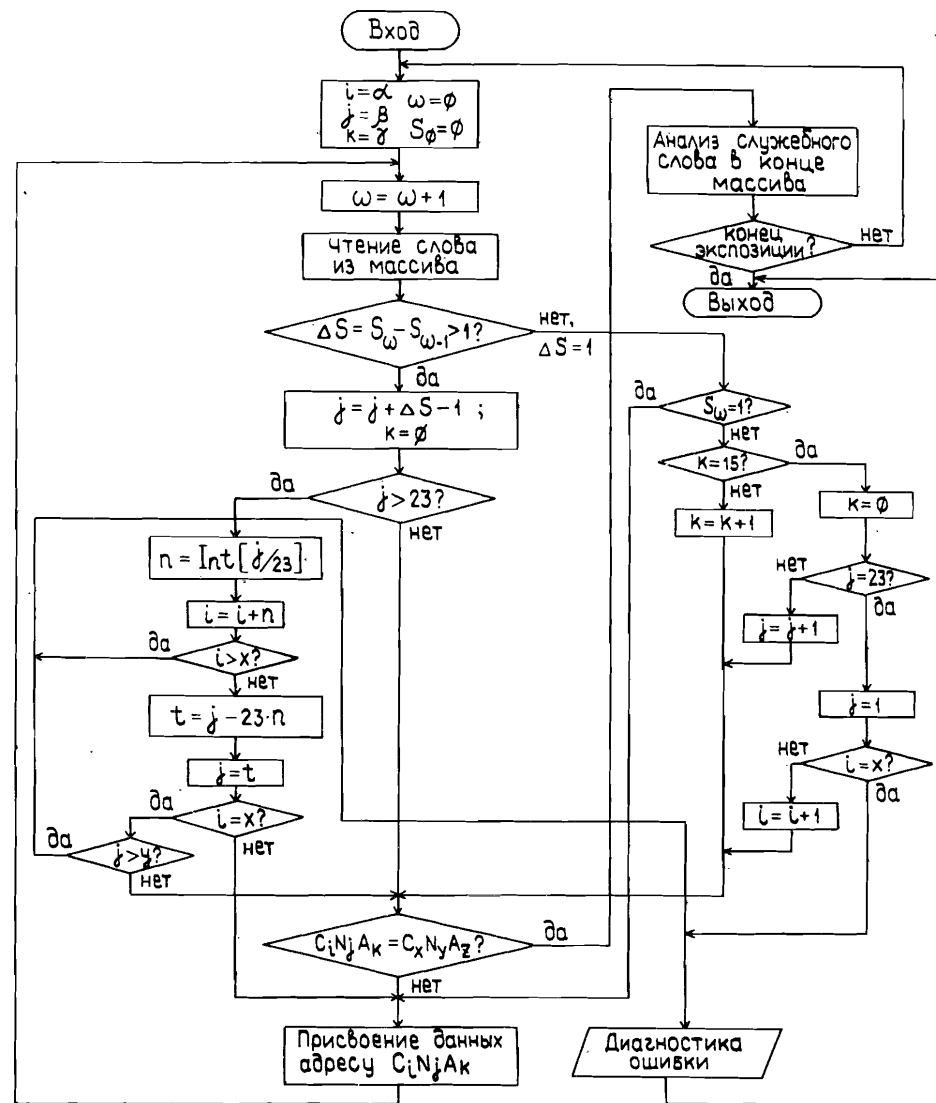


Рис.5. Алгоритм сортировки массивов данных, принимаемых со спектрометра в цикле ускорителя. $C_\alpha N_\beta A_\gamma$ - начальный адрес сканирования; $C_i N_j A_k$ - текущий адрес сканирования; $C_x N_y A_z$ - конечный адрес сканирования.

ников информации создает проблему восстановления адресной принадлежности полученных данных. Обычно для облегчения программной сортировки информационных массивов используются различные

аппаратурные методы кодирования адресов регистров, соответствующих сработавшим каналам, с передачей этих кодов как вспомогательной информации в память устройства обработки данных или ЭВМ/14,15/.

Нами предложен и реализован минимальный по аппаратурным затратам способ формирования вспомогательной адресной информации и ее передачи вместе с данными из опрашиваемых регистров преобразователей в буфер оперативной памяти ЕС ЭВМ. Способ основан на использовании т.н. "системного адреса", выработка которого производится в темпе сканирования регистров, т.е. не сопровождается увеличением мертвого времени установки. "Системный адрес", формируемый в модуле МСИ, представляет собой текущее состояние счетчика циклов КАМАК, генерируемых на магистрали ветви в процессе проведения серии ASM. Он передается в ЭВМ как содержимое старшего байта 24-разрядного слова, считываемого в каждом ненулевом $IQ = 1/$ цикле серии, вместе с 16-разрядным кодом данных, размещаемым в младших разрядах слова. Вид создаваемого при этом в оперативной памяти ЭВМ ЕС информационного массива, соответствующего описанию одного события, приведен на рис.4.

Последующая программная сортировка массивов в ЭВМ осуществляется на основе анализа значений "системного адреса" по обратному алгоритму ASM /рис.5/.

Очевидно, что недостатками рассмотренных средств обеспечения сортировки данных являются ограничение длины описания событий /не более 256 слов/ и разрядности преобразователей /не более 16 разрядов/, а также увеличение времени рутинной обработки в ЭВМ получаемой информации. Это увеличение, однако, в указанных условиях проведения экспериментов на спектрометре легких ядер не имеет существенного значения.

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

Успешная эксплуатация спектрометра легких ядер в экспериментах на линии с ЕС ЭВМ невозможна без создания средств, обеспечивающих настройку и контроль работоспособности различных элементов его системы сбора данных. В соответствии со сложной структурой системы задачи, решаемые с помощью этих средств, можно разделить на следующие основные группы:

1/ настройка и функциональный контроль регистрирующей аппаратуры спектрометра;

2/ тестирование устройств, организующих программное управление и передачу данных в аппаратуре установки, а также линии ее связи с ЕС ЭВМ;

3/ общий контроль правильности приема данных с установки в ЕС ЭВМ.

В первую группу задач входят контроль коэффициентов усиления спектрометрических трактов и задержек временных трактов, а также контроль работоспособности преобразователей. При этом сигнал от генератора точной амплитуды подается на контрольные входы всех предусилителей. В процессе сортировки буфера принятой информации с помощью указанного маркера служебного слова МСИ выделяются генераторные события, и величины сигналов заносятся в соответствующие гистограммы. В амплитудных спектрах по положению и ширине генераторного пика контролируются стабильность коэффициентов усиления трактов и стабильность шумов полупроводниковых детекторов. Во временных спектрах контролируется стабильность задержек в схеме отбора событий.

В следующую группу задач контроля элементов системы сбора данных входят тесты двухсторонней передачи информации между ЕС ЭВМ и модулями КАМАК с локализацией возможных ошибок в интерфейсных узлах аппаратуры установки и линии ее связи с ЭВМ. В этих тестах используются вспомогательные модули КАМАК /24-разрядные регистр констант и параллельный дуплексный регистр/ и соответствующие программы. Процедуры проверки включают в себя осуществляемые в различных режимах запись и чтение двоичных кодов данных с диагностикой их несовпадения. Кроме того, имеется возможность производить тестирование как всего комплекса аппаратурных средств сопряжения установки с ЭВМ, так и его отдельных частей.

Общий контроль правильности приема данных с установки, охватывающий, помимо аппаратуры сопряжения с ЭВМ, схему управления преобразователями и схему запуска /триггера/ спектрометра, основан на использовании "системного адреса". Как указывалось ранее, по значению "системного адреса" можно восстановить физический адрес регистра, из которого считана информация. Программа контроля правильности приема сравнивает полученную последовательность адресов в описании события с табличными вариантами последовательностей адресов, допустимых при актуальной для проводимого эксперимента схеме триггера и конфигурации регистрирующей части аппаратуры спектрометра. Если количество ошибок, выявленных таким способом, превышает определенное, регулируемое оператором значение, принимается решение о блокировании записи буфера данных на магнитную ленту и выдаче диагностического сообщения об адресе дефектного канала с точностью до номера станции и субадреса регистра КАМАК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренная организация сбора информации со спектрометра легких ядер обеспечила успешное проведение экспериментов на спектрометре в течение ряда лет.

Одним из основных достоинств этой организации является высокая производительность сбора данных, позволившая эффективно использовать время работы синхрофазотрона ОИЯИ при эксплуатации установки. Кроме того, гибкость и универсальность описанных методов приема, контроля и предварительной обработки информации /в частности, метода аппаратно-программной адресации и сортировки массивов данных/ создали возможность с малыми затратами ресурсов перестраивать функциональную часть установки при изменении задач и условий проведения экспериментов.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Н.Л.Денисенко, Г.Г.Безногих, В.А.Будилову, А.П.Крячко, А.П.Ларицевой, А.Е.Сеннеру, В.А.Смирнову, Э.Штрайту - за разнообразную помощь в процессе создания некоторых элементов системы сбора данных и полезные консультации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов Л.Г. и др. - ОИЯИ, 10-80-224, Дубна, 1980.
2. Айхнер Г. и др. - ОИЯИ, 1-80-434, Дубна, 1980.
3. Водопьянов А.С. и др. - ПТЭ, 1981, № 2, с.36.
4. Ефимов Л.Г. и др. - ОИЯИ, P10-85-105, Дубна, 1985.
5. Абашидзе Л.И. и др. - ОИЯИ, 1-83-185, Дубна, 1983.
6. Безногих Г.Г. и др. - ОИЯИ, Б1-10-82-920, Дубна, 1982.
7. Нгуен Фук, Смирнов В.А. - ПТЭ, 1976, № 3, с.65.
8. Ефимов Л.Г. - ОИЯИ, 10-80-256, Дубна, 1980.
9. Ефимов Л.Г. - ПТЭ, 1983, № 3, с.68.
10. Крячко А.П. - ОИЯИ, 13-81-663, Дубна, 1981.
11. Басиладзе С.Г., Маньяков П.К. - ОИЯИ, 13-7387, Дубна, 1973.
12. Басиладзе С.Г., Тлачала В. - ПТЭ, 1975, № 5, с.78.
13. Левчановский Ф.В. и др. - ОИЯИ, P11-10579, Дубна, 1972.
14. Басиладзе С.Г. Быстродействующая ядерная электроника. - М.: Энергоиздат, 1982, с.143.
15. Басиладзе С.Г. и др. - ПТЭ, 1977, № 4, с.97.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 декабря 1988 года.

Ефимов Л.Г. и др.
Организация сбора данных со спектрометра
легких ядер на линии с ЕС ЭВМ

P10-88-885

Рассмотрен ряд вопросов организации сбора данных с многопараметрового спектрометра легких ядер на основе телескопов полупроводниковых детекторов, работающего на внутренних пучках частиц синхрофазотрона ОИЯИ в режиме непосредственной связи с ЕС ЭВМ измерительно-вычислительного комплекса ЛВЭ ОИЯИ. Кратко описаны средства программного управления сбором данных в аппаратуре установки, временная диаграмма ее работы в цикле ускорителя, методика передачи и контроля информации, а также алгоритмы программ. Высокая производительность системы считывания данных спектрометра при его работе на линии с удаленной универсальной ЭВМ достигается за счет автономности инициации и проведения серий сканирующего опроса аппаратуры КАМАК, а также большой пропускной способности /1,2 Мбайт/с/ интерфейсных средств управления установкой. Предложен и испытан метод адресации и последующей программной сортировки экспериментальных данных, позволивший с минимальными аппаратными затратами и отсутствием вклада в мертвое время установки идентифицировать адреса регистров - источников принимаемой в ЭВМ информации при переменной длине описания физических событий.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Efimov L.G. et al.
The Organization of Light Nuclei Spectrometer Data
Acquisition On-Line with ES Computer

P10-88-885

Some aspects of organization of the data acquisition process for the multiparameter light nuclei spectrometer based on semiconductor multidetector telescopes during experiments at the JINR synchrotron internal particle beams on-line with the LHE, JINR ES computer are considered. Means for the data acquisition program control in a hardware of the installation, time flow diagram of its operation for the accelerator cycle, methods for data transmission and monitoring as well as program algorithms are briefly described. A high performance of the data readout system of the spectrometer under operation on-line with the remote universal-type computer is achieved due to an autonomous initiation/accomplishment of scanning series in the CAMAC equipment and to a high throughput (1.2 Mbyte/s) of controlling interfaces. An original method for addressing and following program sorting of experimental data was proposed and tested. This method allowed one to identify the addresses of registers being the sources of gathering information with a minimum apparatus expense and zero contribution to a dead time of the spectrometer when a non-fixed length of physical event description is actual.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988