

90-216



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

f

3-332

P10-90-216

С.А.Запорожец, Е.В.Черных

РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
СПЕКТРОМЕТРА "АЛЬФА-ПОЛИС"  
НА ОСНОВЕ ПЭВМ И ТРАНСПЬЮТЕРА

1990

## 1. Введение

Двухплечевой магнитный спектрометр "Альфа-ПОЛИС" с пропорциональными камерами и сцинтилляционными счетчиками работает на линии с ЭВМ ЕС-1010/1.

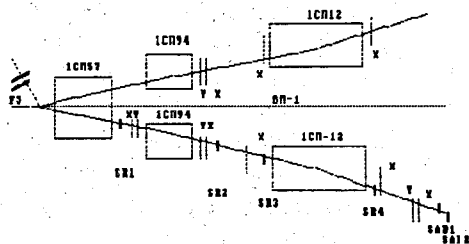


Рис. 1. Схема расположения экспериментальной аппаратуры спектрометра "Альфа-ПОЛИС" на пучке релятивистских ядер синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ.

Установка содержит около 2000 каналов координатной и спектральной информации и электронику регистрации в стандарте КАМАК. Объем оперативной памяти и производительность процессора ЭВМ ЕС-1010 ограничивают возможности обработки данных в реальном времени и их графического представления.

Первым этапом улучшения характеристик системы стало подключение ПЭВМ "Правец-16" к шине ввода-вывода ЕС-1010 через стандартную плату мини-ЭВМ (VT-50 - мультиплексор удаленных терминалов) и специально разработанную плату (ИПЭВМ) для ПК "Правец-16", что позволило использовать ПЭВМ в качестве системной консоли или "интеллектуального терминала" мини-ЭВМ<sup>2/1</sup>. Развитые программные средства ПЭВМ дали возможность расширить контроль поступающей со спектрометра информации. В настоящей работе описываются аппаратно-программные средства связи ЭВМ и ПЭВМ в составе системы и алгоритм взаимодействия программ сбора и обработки данных при проведении эксперимента.

Планируемое расширение состава детекторов спектрометра и увеличение числа каналов до 6000 требует ориентации на средства автоматизации с возможностью модульного наращивания вычислительной мощности. Поэтому в работе предлагается также один из путей развития данной системы автоматизации.

## 2. Аппаратура и программное обеспечение связи ЭВМ и ПЭВМ

Аппаратура связи ЭВМ, ПЭВМ и КАМАК в составе системы автоматизации показана на рис. 2. Данные со спектрометра поступают в регистрирующую электронику КАМАК и затем считываются через системный крейт и интерфейсы в оперативную память ЭВМ. Из ЭВМ данные поступают на магнитную ленту и через мультиплексор VT-50 и ИПЭВМ в ПЭВМ. Кроме ПЭВМ к мультиплексору VT-50 подключен системный алфавитно-цифровой терминал ЕС-1010: оставшиеся две позиции разъемной колодки мультиплексора могут быть использованы для последующего расширения. ТРАП, ТРАВ – транспьютерные одноплатные микрокомпьютеры.

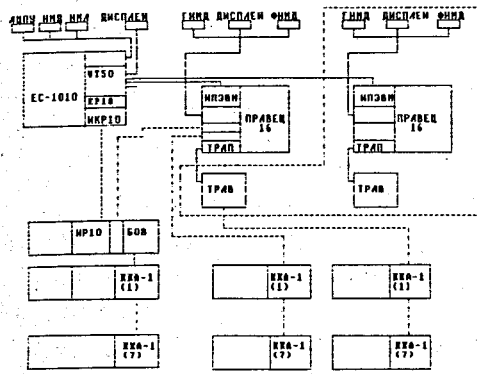


Рис. 2. Упрощенная схема системы автоматизации спектрометра. Пунктиром показано планируемое расширение. ТРАП, ТРАВ – транспьютерные одноплатные микрокомпьютеры.

В дополнение к реализованному ранее протоколу обмена данными между ЭВМ и ПЭВМ, в котором использовался метод программного сканирования статусного разряда ИПЭВМ<sup>2/</sup>, обеспечен описываемый ниже режим передачи данных по прерыванию, позволяющий ускорить процесс обмена и организовать в ПЭВМ совмещение процесса ввода-вывода с процессом обработки данных. Для реализации этого режима в интерфейсную плату ИПЭВМ добавлены схемы, обеспечивающие передачу запроса на прерывание в ПЭВМ, в том числе триггеры прерывания для синхронизации вывода информации из ПЭВМ и маскирования источников прерывания. При вводе информации в ПЭВМ роль триггера прерывания играет триггер ввода байта в ИПЭВМ.

Для работы в режиме по прерыванию соответствующим образом модифицированы программы. Активизация драйвера обмена в ПЭВМ осуществляется с помощью зарезервированного аппаратного маскируемого прерывания № 10, связанного с сигналом IRQ2 шины ПЭВМ<sup>4/</sup>. Разрешение на возникновение прерывания № 10 дает иницилирующая программа. Эта программа после загрузки операционной системы, но до начала работы ON-LINE программы записывает в регистры IMR и ISR контроллера прерываний 8259A<sup>3/</sup> ПЭВМ необходимые управляющие слова.

Размещение программного обеспечения в оперативной памяти системы показано на рис. 3. Работой в режиме "на линии" управляют четыре

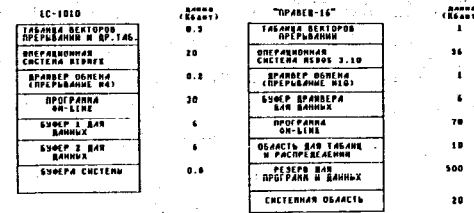


Рис. 3. Распределение программного обеспечения в оперативной памяти мини-ЭВМ ЕС-1010 и ПЭВМ "Правец-16".

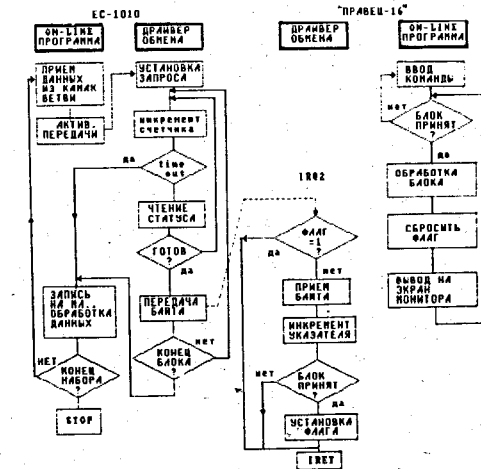


Рис. 4. Блок-схема взаимодействия ON-LINE программ и драйверов обмена данными.

момента готовности ПЭВМ. В случае отсутствия ответа после примерно 0,3 с попытки вести обмен прекращаются, и работа драйвера в данном цикле заканчивается. Если же ПЭВМ готова к приему и установила триггер ввода в ИПЭВМ, что вызвало в карте VT-50 установку в единицу разряда статусного регистра, драйвер обмена ЕС-1010 записывает в интерфейс очередной байт данных. Запись каждого байта после передачи его в ИПЭВМ вызывает сброс триггера ввода в ИПЭВМ, в результате чего возбуждается сигнал аппаратного прерывания IRQ2 в ПЭВМ. Драйвер обмена вводит этот байт из регистра ИПЭВМ в буфер приема в ОЗУ ПЭВМ, одновременно в ИПЭВМ устанавливается триггер ввода и ИПЭВМ готова к

программы: в мини-ЭВМ это ON-LINE программа ЕС-1010 и драйвер обмена ЕС-1010 – ПЭВМ, а в ПЭВМ это ON-LINE программа ПЭВМ и драйвер обмена ПЭВМ-ЕС-1010. Драйверы обмена являются резидентными программами и загружаются во время инициализации операционных систем мини-ЭВМ и ПЭВМ. Они осуществляют обмен между аппаратурой связи и областью оперативной памяти по физическому адресу.

Блок-схема обмена данными между ЭВМ и ПЭВМ показана на рис. 4. После очередного цикла вывода пучка из ускорителя и приема данных с установки в оперативную память мини-ЭВМ ON-LINE программа ЕС-1010 инициирует обмен между ЭВМ и ПЭВМ путем программной активизации уровня прерывания № 4, закрепленного за драйвером обмена. При этом используется один из четырех уровней, зарезервированных в операционной системе для потребителя и обеспечиваемых платой EP18. Драйвер обмена ЭВМ читает в цикле статусный регистр VT-50 до

приему следующего байта. Процесс передачи данных из ЭВМ и приема их в ПЭВМ заканчивается по счетчику числа переданных байтов. При этом драйвер обмена ПЭВМ после приема одного буфера устанавливает флаг-байт, сигнализируя программе обработки ПЭВМ, что буфер заполнен и можно начинать обработку. Прием следующего буфера драйвер начнет лишь в случае, если программа сбросит флаг-байт. При длине буфера 6144 байта весь цикл обмена занимает около 300 мс, после чего ON-LINE программа мини-ЭВМ продолжает работу по своему алгоритму.

### 3. Обработка данных в ПЭВМ и их графическое представление

Обработка принятых в оперативную память ПЭВМ данных начинается с проверки наличия новых данных в ОЗУ. Проверяется флаг-байт (первый байт приемного буфера). При наличии новых данных производится обработка события за событием до признака конца буфера согласно формату записи.

Алгоритмы обработки включают накопление временных и амплитудных спектров, преобразование координатной информации и восстановление треков частиц, прошедших через установку. Время обработки буфера существенно зависит от количества используемых в конкретном эксперименте детекторов, его величина составляет примерно 5 секунд при работе только одного плеча спектрометра.

Обработав события после очередного цикла ускорения, программа сканирует таблицу заказанных к выводу таблиц, графиков и гистограмм и последовательно выводит их на экран монитора ПЭВМ.

Выбранная схема связи драйвера обмена и ON-LINE программы ПЭВМ (по данным) обеспечивает достаточную свободу действий для разработки проблемно-ориентированного матобеспечения; процесс ввода данных в ПЭВМ не влияет на работу других программ и может протекать одновременно с отладкой алгоритмов обработки или работой системных программ. Процедуры обработки написаны на языке высокого уровня Паскаль для удобства развития и модификации программного обеспечения. Повышение скорости обработки данных на первом этапе до приемлемой величины может быть обеспечено путем подключения второй и третьей ПЭВМ к плате VT-50 в мини-ЭВМ.

### 4. Развитие системы автоматизации

Из рис. 3 видно, что в ПЭВМ имеется большая резервная область ОЗУ для наращивания математического обеспечения. Этот резерв в рамках существующей системы автоматизации не поддержан вычислительными ресурсами; по нашим оценкам, в ближайшее время в связи с расширением

состава детекторов потребуется увеличить суммарную производительность процессоров системы по меньшей мере на порядок. Для дальнейшего развития системы автоматизации предлагается многопроцессорная структура на основе ПЭВМ и 32-разрядных микропроцессоров (транспьютеров)<sup>5/</sup>. Планируемое расширение показано на рис. 2 пунктиром. По своей архи-

текстуре и производительности транспьютеры близки к RISC-микропроцессорам.

Структурная схема транспьютера T414, на которой выделены детали, существенные для данного этапа проводимых нами работ, показана на рис. 5. Ниже приведены наиболее важные характеристики транспьютера T414.

- 1) Длина слова: 32 разряда.
- 2) Производительность: до 20 млн. операций/с, растет линейно с ростом числа транспьютеров.
- 3) Внутреннее ОЗУ: 2 Кбайт, длительность цикла 50 нс.
- 4) Внешнее ОЗУ: до 4 Гбайт,

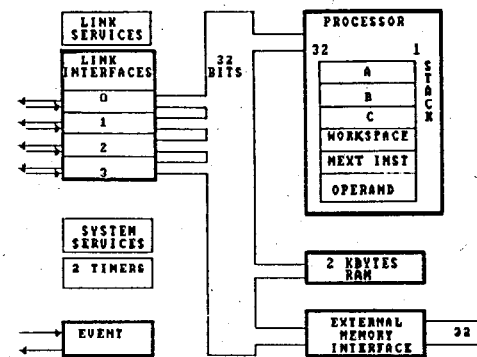


Рис. 5. Структурная схема транспьютера T414. Link-канал INMOS, Event-прерывание, Workspace - базовый регистр, Next Inst - счетчик команд, A, B, C - рабочие регистры процессора, организованные в стек.

32-разрядный параллельный интерфейс с адаптируемым к типу ЗУ протоколом обмена.

#### 5) Каналы связи:

5.1. 4 последовательных INMOS-канала с синхронной передачей и асинхронным приемом, скорость обмена до 20 Мбит/с, побайтный обмен с подтверждением приема каждого байта, уровни сигналов совместимы с TTL-логикой.

5.2. 32-разрядный параллельный интерфейс внешнего ЗУ, аппаратно реализованы контроллер динамического ОЗУ и набор протоколов обмена для различных типов ЗУ.

6) Прерывание: время реакции примерно 1 мкс.

7) Переключение контекста задач: примерно за 3 мкс.

8) Канал прямого доступа к памяти: реализован аппаратно, во время его работы программа не прерывает работу.

9) Таймер: два таймера, реализованы аппаратно.

10) Начальная загрузка: по любому последовательному каналу связи или из ПЗУ, при загрузке автоматически выбирается заданный протокол

обмена для ОЗУ из имеющегося набора или устанавливается заданный извне.

- 11) Надежность: аппаратно реализованы схемы, облегчающие диагностику ошибок; повышенная надежность работы каналов связи.
- 12) Тактовая частота: 5 МГц, используется для формирования внутренних тактовых сигналов более высокой частоты.
- 13) Питание: 5 В ± 5%, потребляемая мощность менее 1 Вт.
- 14) Длина команды: 1 байт и более.
- 15) Ассемблер: язык высокого уровня ОССАМ, позволяет реализовать модель параллельных вычислений и связи между процессами.
- 16) Планировщик процессов: реализован аппаратно, обеспечивает два уровня приоритета.
- 17) Модульность программного обеспечения: программа, включающая несколько процессов, может выполняться в последовательном режиме на одном транспьютере или без изменений - в системе из нескольких, во втором случае каждый процесс может выполняться на отдельном транспьютере.
- 18) Другие языки высокого уровня: имеются трансляторы языков Фортран, Паскаль и др., дополненные возможностью программирования параллельных процессов.

Типичная одноплата микроЭВМ с одним транспьютером T414<sup>6,7/</sup>, размещаемая в IBM PC, имеет производительность 10 млн. операций/с, динамическое ОЗУ емкостью 1 Мбайт и более с контролем по четности, 3 INMOS-канала и обеспечена операционной системой. Подобные платы дадут возможность параллельной обработки данных в системе для достижения высокой производительности в режиме вычислений и реализации унифицированных связей между компонентами системы автоматизации. В лице показано, как будут улучшаться основные характеристики системы по мере выполнения намеченных этапов развития.

Таблица. Рост основных характеристик системы, крат

№ этапа	Подключаемая ЭВМ	Рост производительности	Рост объема ОЗУ	Дополнительные возможности
		в сравнении с ЦП и ОЗУ ЕС-1010		
1.	Правец-16	2	10	Твердый диск Графика
2.	Транспьютерная одноплата микроЭВМ на плате "Правец-16"	15	25	Унифицированные последовательные каналы связи
3.	Транспьютерная одноплата микроЭВМ на европлате	более 70	более 55	Параллельная обработка данных

По нашему мнению, применение транспьютеров в качестве основного процессорного элемента обеспечит наилучшее соотношение производительности и затрат в процессе развития системы автоматизации, а также - сокращение сроков реализации проекта. Следует также подчеркнуть, что в этом случае требуются низкие начальные затраты при наличии возможности последующего модульного наращивания вычислительной мощности в системе. Особо необходимо отметить, что модульность обеспечивается не только модульными аппаратными средствами в том виде, как это реализовано в существующих системах (на основе КАМАК и VME), но и программными средствами. Здесь имеются в виду программы связи автономных узлов системы, реализуемые на языке высокого уровня, который обеспечивает возможность программирования параллельных процессов.

## 5. Заключение

Разработанные аппаратные и программные средства обеспечивают экспериментатора более полной информацией о распределении пучка на камерах и возможностью расширенного контроля эффективности детекторов. В качестве следующего шага развития системы автоматизации установки предполагается увеличение количества рабочих станций на основе ПЭВМ до 2-3, увеличение скорости приема данных примерно на порядок и повышение производительности комплекса в режиме счета до 1 млн. операций с плавающей запятой в секунду.

Выбранная схема развития системы автоматизации обеспечивает возможность модульного повышения суммарной производительности и объема оперативной памяти в системе автоматизации с распределенной вычислительной мощностью.

Авторы благодарят Пискунова Н.М., Струнова Л.Н., Юна Б. и Коваленко А.Д. за поддержку данной работы.

## Л и т е р а т у р а

1. Балгансурен Я., Белушкина А.А., Безногих Ю.Д. и др. Сообщение ОИАИ 9-86-418, Дубна, 1986.
2. Запорожец С.А., Черных Е.В. ПТЭ, № 2, 1989, с. 100.
3. MOS Microprocessors and Peripherals Data Book, Advanced Micro Devices Inc., 1985, USA.
4. Персональный компьютер "Правец-16". Техническое описание. Комбинат "Правец", 1986.
5. IMS T414 Transputer. Engineering Data. INMOS, 1987.
6. Лайх Х., Майер У., Поль М. и др. В сб.: Труды XII Межд. симпозиума по ядерной электронике. ОИАИ, ДТЗ-88-938, Дубна, 1988, с.54.
7. Leich A., Leich H., Meier I. et al., ibid., p.59.

Рукопись поступила в издательский отдел

27 марта 1990 года.