

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

10-84-666

**Т.С.Григалашвили, С.М.Фроликов, М.Н.Шумаков**

**ОРГАНИЗАЦИЯ АППАРАТУРЫ  
И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ  
СБОРА ДАННЫХ**

**1984**

Масштабы и сложность проводимых на серпуховском ускорителе экспериментов непрерывно увеличиваются, поэтому производительности традиционных систем сбора данных /в дальнейшем - ССД/, построенных на базе одной мини-ЭВМ, становится недостаточно для приема и обработки больших потоков информации, поступающей от экспериментальной аппаратуры. Максимальный объем информации, который может принять такая ССД за цикл работы ускорителя /около 1 с - вывод пучка на мишень, около 7 с - пауза/ составляет от 20 до 100 К 16-разрядных слов и ограничивается главным образом объемом оперативной памяти и /или/ быстродействием ЭВМ. Быстродействия ЭВМ не хватает также и для каких-либо сложных действий со всем объемом принимаемой информации, например, фильтрации фоновых событий. Крайне небольшой становится и доля событий, обрабатываемых для контроля за качеством принимаемой информации.

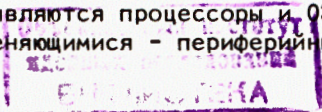
Замена базовой ЭВМ новой, более мощной, не может кардинально изменить положения, т.к. увеличение производительности новых ЭВМ идет главным образом за счет увеличения объема дисковой и оперативной памяти и скорости выполнения сложных операций с плавающей запятой, скорость же выполнения простых операций повышается медленно, а именно ею определяется производительность ССД. Действительно, при приеме информации и записи ее на магнитную ленту /МЛ/ операции с плавающей запятой не используются. Значительная часть обработки /распаковка события, накопление амплитудных и временных спектров и т.д./ также требует только целочисленной арифметики. Таким образом, после выполнения всех этих рутинных операций у базовой ЭВМ остается мало времени на сложную обработку, и возможности большой ЭВМ оказываются нереализованными.

Существенное повышение производительности ССД возможно за счет построения многопроцессорных систем. В данной работе дано общее описание организации аппаратуры и программного обеспечения многопроцессорной ССД установки "Позитроний"<sup>1/1</sup>, дается обоснование выбора архитектуры системы и обсуждаются направления ее развития.

## 1. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

При выборе архитектуры системы мы учитывали, что:

- наиболее дешевыми и быстро меняющимися элементами вычислительной техники сейчас являются процессоры и ОЗУ, дорогими и относительно медленно меняющимися - периферийные устройства. Поэ-



тому в новой ССД желательно максимальным образом использовать старые периферийные устройства и предусмотреть подключение в будущем более мощных процессоров;

- подключение новых процессоров не должно вызывать больших переделок в старом программном обеспечении;
- построение законченной многопроцессорной системы в короткий срок практически невозможно, поэтому ССД должна по необходимости иметь модульную структуру.

Главным же образом выбор архитектуры определялся исходя из специфики работы ССД в экспериментах на ускорителе. В ходе эксперимента ССД выполняет 3 основных разнородных задачи /процесса/:

- прием информации из аппаратуры КАМАК;
- обработку информации;
- диалог с оператором.

Требования к выполняющим эти задачи процессорам и программам весьма различны. Так, прием информации должен идти с максимальной скоростью по простым алгоритмам, универсальным для многих экспериментов и не требующим для своей реализации развитого программного обеспечения. Обработка информации ведется по наиболее сложным программам, написанным на языках высокого уровня. Для диалога же требуется гибкость и малое время отклика.

Важно также, что прием, обработка и диалог являются слабо связанными процессами, т.к. их взаимодействие между собой описывается малым количеством параметров /семафоров/, и каждый вид данных передается от процесса к процессу только в одном направлении. Например, обработка начинается только после приема события, и данными для нее являются результаты выполнения процесса приема; диалог может идти в любой момент времени, данными для него являются результаты обработки и т.д.

Разнородность и слабая связанность процессов приема, обработки и диалога позволяют использовать для каждого из них процессор, наиболее подходящий по своим параметрам.

Описываемая система является трехуровневой: на нижнем уровне работает микропрограммный специализированный процессор /в дальнейшем - МСП/, собирающий с высокой скоростью данные из аппаратуры КАМАК и производящий отбор и сжатие информации.

На втором уровне работает ЭВМ "Электроника-НЦ-80" /5/ /в дальнейшем - НЦ-80/, которая организует движение данных в системе, управляет работой МСП и обеспечивает диалог с оператором.

На третьем уровне ведется обработка информации по достаточно сложным алгоритмам, количество обрабатываемых процессоров архитектурно не ограничено. В настоящее время здесь используется мини-ЭВМ М-6000.

Ядром системы являются связанные шиной типа Q МСП буфер данных и ЭВМ НЦ-80, имеющая минимальный комплект внешних устройств: накопитель на гибких магнитных дисках, алфавитно-цифро-

вой дисплей VT-340 и печатающее устройство DZM-180. С ядром системы радиально, через последовательные или параллельные интерфейсы может быть связано несколько процессоров или ЭВМ, ведущих обработку, запись информации на МЛ, а также отображение результатов обработки на графические устройства.

МСП, вообще говоря, мог бы иметь интерфейс непосредственно с базовой ЭВМ. Мы, однако, решили построить относительно самостоятельное ядро ССД, поскольку в этом случае:

- упрощается отладка МСП, т.к. микро-ЭВМ, в отличие от дорогостоящей базовой ЭВМ, может находиться в полном распоряжении инженера-разработчика;

- упрощается переход на новую ССД: в нашем случае микропроцессорное ядро было просто вставлено в работавшую ранее на линии с установкой "Позитроний" /1/ систему сбора данных DAS-M /2/, между аппаратурой КАМАК и ЭВМ М-6000, причем разработанное ранее программное обеспечение серьезных изменений не претерпело;

- микропроцессорное ядро ССД представляет собой вполне самостоятельную ССД, с помощью которой можно вести на линии с экспериментальной аппаратурой работы, не требующие записи на МЛ и значительной обработки, что важно в условиях серпуховского ускорителя, когда базовые машины удалены от экспериментов на значительное /сотни метров/ расстояние, и время на них достаточно дефицитно;

- организация работы ССД не будет серьезно нарушена при переходе на новые базовые машины;

- для обеспечения высокой скорости приема МСП должен иметь канал прямого доступа к памяти, а это ограничивает для базовой ЭВМ возможности общения с периферийными устройствами в рамках операционной системы.

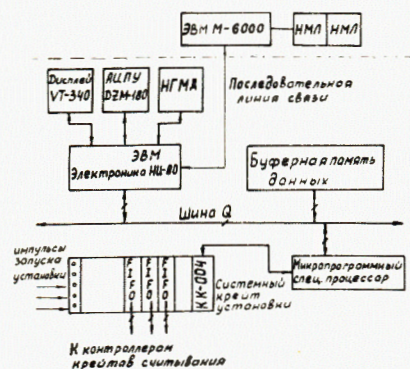
## 2. АППАРАТУРА

Аппаратура ССД /см. рисунок/ состоит из:

- системного крейта КАМАК и произвольного числа крейтов считывания. Организация системы КАМАК подробно описана в /2/ и /1/.
- МСП;
- ЭВМ НЦ-80, имеющей дисплей, НГМД и АЦПУ;
- буфера данных;
- мини-ЭВМ М-6000 и НМЛ.

Быстродействие системы /см. табл.1/ при приеме информации из аппаратуры КАМАК и ее фильтрации определяется МСП, который представляет собой построенный на БИС 589 серии 16-битный процессор, имеющий ОЗУ и ППЗУ микрокоманд объемом соответственно 256 и 512 36-битных слов, а также быструю память данных, объемом

Структурная схема системы сбора данных.



1К 16-разрядных слов. В ОЗУ данных размещаются константы, переменные и буфер для обрабатываемого события. Кон-

структивно МСП выполнен в виде 3 блоков КАМАК общей шириной 4 м, связанных навесной магистралью. МСП имеет интерфейс контроллера КАМАК КК-004<sup>3/</sup> - с одной стороны и интерфейс шины Q, работающих в режиме прямого доступа к памяти - с другой.

Процессором, управляющим движением данных в системе, а также распределением времени между процессами, является ЭВМ НЦ-80. Через нее загружается микропрограмма в ОЗУ микропрограмм МСП. Приказы для работающей в МСП микропрограммы и статусная информация от нее передаются через "почтовый ящик" - выделенные в ОЗУ НЦ-80 ячейки памяти; команды "Сброс", "Пуск", "Стоп", - через регистр управления, имеющий адрес в области внешних устройств.

Таблица 1

Время выполнения /в мкс/ различных микропрограммных операций специализированным процессором

Реакция на триггер	1
Команда управления КАМАК	1,2
Сложение регистр-регистр	0,2
Сложение регистр-память	0,4
Считывание события длиной N слов	5+2.1 x N.

Для хранения всех принятых и отобранных в течение цикла событий используется буфер данных, обращения в который производятся через шину Q. МСП имеет адресное пространство 4 Мбайта и для него доступны все адреса на шине Q. Для НЦ-80 непосредственно доступны только 24 К слов из собственного ОЗУ /адреса 0-137776/, 4К слов из области внешних устройств /160000-177776/ и 4К слов /одна страница/ из области буфера данных /адреса 140000-157776/. Доступ процессора НЦ-80 к буферу данных реализуется с помощью расширителя адресов, который при обращении к адресу

из области 140000-157776 формирует истинный адрес из младших 12 разрядов адреса, указанного процессором НЦ-80 и 10 разрядов из регистра расширения адреса, содержимое которого должно быть программно установлено заранее. Конструктивно буфер данных представляет собой каркас от ЭВМ "Электроника-60" с платами памяти, общая емкость которых в настоящее время - 192 Кбайт.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАДАЧ МЕЖДУ ПРОЦЕССОРАМИ

Организация совместной работы нескольких процессоров является весьма сложной задачей, которую, однако, можно упростить, т.к. цикл работы ускорителя позволяет организовать простейшее-последовательное выполнение процессов приема информации из аппаратуры КАМАК, передачи ее в обрабатывающие процессоры, и обработки /см. табл.2/. Отбор событий с помощью МСП может проводиться как в ходе приема события, так и во время паузы. Единственным процессом, который должен выполняться в любой момент, является диалог с оператором. Организация ССД рассчитана на ведение диалога или в рамках операционной системы базовой ЭВМ, или с помощью ЭВМ отображения информации, в качестве которой удобно использовать интеллектуальный графический дисплей. ЭВМ отображения информации может обращаться к управляющей ЭВМ НЦ-80 с запросом, который та должна удовлетворить после окончания очередного процесса, т.е. не менее трех раз в цикл. Таким образом, оператор может набирать директивы системе непрерывно, а время отклика на директиву не должно превышать 3-4 с. В настоящее время, однако, реализован только диалог через дисплей VT-340, связанный с НЦ-80. Оператор набирает директиву в режиме дисплея "OFF LINE", посылает ее в режиме "SEND", ответное же сообщение идет только тогда, когда НЦ-80 не занята другими процессорами.

Таблица 2

Распределение процессов и процессорного времени. В качестве примера приведен случай, когда оператор запросил выдачу гистограммы на дисплей, связанный с управляющей ЭВМ НЦ-80. Цифры в скобках указывают примерное время начала и конца процесса относительно начала вывода пучка на мишень.

	Процессор			
	МСП	Электроника	НЦ-80	М-6000
Прием и отбор /0-1,4/				Обработка предыдущего цикла /-4-1,5/
		Передача информации в линию связи /1,4-3,8/		Прием информации и запись на МЛ /1,4-4,0/

Процессор		
1	2	3
Прием директив оператора /3,8-3,9/		
Запрос и прием гистограммы /3,9-4,0/	Обработка за- проса и пере- дача гистограм- мы /3,99-4,0/	
Вывод гистограммы, по окончании - обработ- ка /4,0-7,8/	Обработка /4,0-9,3/	

#### 4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение ССД делится на системные программы и программы пользователя.

Системные программы обеспечивают выполнение задач, типичных для большинства экспериментов, и сконструированы так, чтобы не- сложные, но часто встречающиеся работы типа калибровки аналого- цифровых преобразователей экспериментатор мог проводить, не создавая собственной программы.

Системные программы обеспечивают:

- Прием данных из аппаратуры КАМАК, запись их на МЛ и передачу в обрабатывающие процессоры;
- управление ходом набора;
- выдачу информационных сообщений о числе принятых и отоб- ранных по различным критериям событий;
- распечатку принимаемых событий в восьмеричных и десятичных числах.
- накопление и показ гистограмм;
- настройку ССД на новую конфигурацию аппаратуры КАМАК. Про- цедура настройки близка к описанной в <sup>1/2/</sup> и сводится к заполне- нию таблицы приема, в которой указываются функции КАМАК, выпол- няемые в ходе набора, а также таблицы гистограмм, в которой указываются: номер гистограммируемого слова события, маска, вы- деляющая значащую часть слова и определяющая длину гистограммы, а также тип триггера, при котором заполняется данная гистограм- ма.

Программы пользователя могут подключаться к системным про- граммам на всех трех уровнях ССД:

- на уровне микропрограмм - микропрограммы отбора и сжатия информации;

- на втором уровне, для выдачи регулярных сообщений о ходе приема и обработки, а также для выдачи картинка события могут быть подключены небольшие программы пользователя, выполняемые в управляющей ЭВМ НЦ-80 и написанные на языках MACRO, QUASIC, FORTRAN. Вызывать эти программы можно из системного диало- гового монитора, для чего достаточно занести в таблицу директив системы код директивы /два ASCII-символа/ и адрес программы;

- на уровне обработки могут быть подключены программы поль- зователя, написанные в рамках той операционной системы, которая используется в обрабатывающем процессоре. Программа пользователя получает доступ к данным с помощью обращений типа:  
CALL GETEV(NUMBER, FLAG, ARRAY) - "Дай событие"  
CALL GETHIS(NUMBER, FLAG, ARRAY) - "Дай гистограмму".

Программа пользователя может быть также реализована в управ- ляющей ЭВМ НЦ-80, для нее выделяются нижние 16 К слов ОЗУ и все время, свободное от выполнения других процессов /см. табл.2/.

Обрабатывающие программы пользователя мы делим на 2 класса:

1. Программы, близкие к программам OFF LINE обработки и мало меняющиеся в ходе одного сеанса ускорителя.
2. Экспресс-программы, которые пользователь создает в ходе экс- перимента. В качестве средства программирования последних мы выбрали компилирующую систему QUASIC <sup>1/4/</sup>, обладающую, на наш взгляд, следующими достоинствами:
  - простотой /язык похож на BASIC/;
  - высокой скоростью исполнения, т.к. в отличие от BASIC, QUASIC является компилятором;
  - цикл: редактирование - трансляция - запуск может быть выпол- нен менее чем за минуту, т.к. идет без обращения к внешним устройствам;
  - язык QUASIC имеет средства работы с байтами и битами, что удобно для распаковки события;
  - после остановки программы могут быть распечатаны текущие значения данных, что позволяет использовать QUASIC для анализа непредвиденных ситуаций, возникающих при работе с аппаратурой.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаны результаты, полученные после завершения первого этапа создания многопроцессорной системы сбора данных высокой произ- водительности. Включение в состав ССД микропрограммного специ- ализированного процессора позволило на порядок увеличить ско- рость приема информации из аппаратуры КАМАК /до 0,9 Мбайта/с/ и проводить программный отбор принятой информации перед записью на магнитную ленту. Организация совместной работы нескольких разнородных процессоров позволила увеличить возможности обработки и диалога, а также заложила основы для следующего этапа разви- тия ССД, на котором планируется существенно увеличить возмож-

ности системы за счет ввода новых вычислительных мощностей для обработки и отображения информации.

Авторы выражают благодарность А.И.Григорьеву, Л.Л.Неменову и Э.И.Мальцеву за поддержку данной работы, В.В.Карпухину, В.В.Вицеву и Л.И.Подольскому - за полезные консультации, Ю.А.Ченцову - за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, Р1-83-894, Дубна, 1983.
2. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Р10-82-392, Дубна, 1982.
3. Сидоров В.Т., Синаев А.Н., Чуринов И.Н. ПТЭ, 1976, 3, с.77-79.
4. Подольский Л.И. Система QUASIC для программирования на мини-ЭВМ. Материалы по математическому обеспечению ЭВМ. Пушино, 1980, вып.11-12.
5. Васенков А.А. и др. Электронная промышленность, 1979, вып.11-12, с. 13-17.

Рукопись поступила в издательский отдел  
31 октября 1984 года.

Григалашвили Т.С., Фроликов С.М., Шумаков М.Н. 10-84-666  
Организация аппаратуры и программного обеспечения многопроцессорной системы сбора данных

Рассматривается организация аппаратуры и программного обеспечения многопроцессорной системы, предназначенной для сбора данных в экспериментах по физике экспериментальных частиц на ускорителе. Ядром системы являются микропрограммный специализированный процессор, управляющая ЭВМ "Электроника НЦ-80" и буфер данных, связанные шиной типа Q. Микропрограммный специализированный процессор обеспечивает прием информации из аппаратуры КАМАК со скоростью до 0,9 Мбайта/с и позволяет проводить предварительный отбор информации. ЭВМ организует движение данных в системе и обеспечивает диалог с оператором. К ядру системы радиально, через последовательные или параллельные интерфейсы может быть подключено несколько процессоров или ЭВМ, предназначенных для обработки и графического отображения информации. За счет распределения функций приема, обработки и диалога между разнородными процессорами достигается существенное повышение производительности системы.

Работа выполнена в Серпуховском научно-экспериментальном отделе ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Grigalashvili T.S., Frolikov S.M., Shumakov M.N. 10-84-666  
Hardware and Software Organization of Data Acquisition Multiprocessor System

Hardware and software organization of a multiprocessor system intended for acquisition of data from CAMAC apparatus in experiments on elementary particle physics performed on an accelerator is considered. The central part of the system is a microprogram specialized processor, control microcomputer "Electronika NTs-80" and event buffer connected via Q-bus. The microprogram specialized processor provides the acquisition of data from CAMAC apparatus with up to 0.9 Mbyte/s rate and permits to perform the preliminary data selection. The microcomputer organizes data transferring in the system and provides dialogue with an operator. A few processors or microcomputers intended for data processing and graphical representation could be connected via serial or parallel interfaces with the system central part. Due to distribution of functions of acquisition, processing and dialogue between diversified processors an essential increase of output is achieved.

The investigation has been performed at the Serpukhov Scientific-Experimental Department, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984