

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

10-84-664

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

**МИКРОПРОГРАММНЫЙ ПРОЦЕССОР  
ДЛЯ ПРИЕМА И ОТБОРА ИНФОРМАЦИИ  
С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ**

**1984**

## ВВЕДЕНИЕ

В проводимых с помощью электронной методики экспериментах по исследованию элементарных частиц высоких энергий в последнее время быстро возрастают объемы информации, записываемые на магнитную ленту. Это связано как с увеличением числа каналов регистрирующей электроники, так и с переходом большинства экспериментов на изучение редких процессов, требующих для статистического обеспечения физических результатов регистрации миллионов взаимодействий. При таком потоке первичной информации возникают проблемы, связанные с ограниченностью возможностей мини-ЭВМ. Как правило, объем информации, принимаемой типичной системой сбора данных на базе мини-ЭВМ, не превышает 100 Кбайт/с, что определяется быстродействием каналов считывания информации, объемом памяти ЭВМ и т.д. Возникают также трудности с обработкой большого количества информации.

Одним из способов решения этих проблем является повышение качества принимаемой информации за счет подавления фоновых событий с помощью аппаратных и программных процессоров. Аппаратные процессоры имеют высокое быстродействие, но не позволяют менять алгоритмы отбора. Быстродействия же универсальных процессоров малых и средних ЭВМ недостаточно для отбора большого количества событий.

Промежуточными по своим возможностям являются микропрограммные специализированные процессоры /МСП/, которые уступают аппаратным процессорам в скорости, но позволяют менять алгоритмы отбора. МСП примерно на порядок превосходят малые и средние ЭВМ в быстродействии, но уступают им в удобстве программирования.

Возможно также включение МСП в состав системы сбора данных между аппаратурой КАМАК и базовой ЭВМ, которое позволяет:

- многократно увеличить скорость приема информации из аппаратуры КАМАК за счет микропрограммной реализации алгоритмов приема;

- без заметных дополнительных затрат времени проводить при считывании информации ее начальную обработку, которая может включать в себя фильтрацию нулей, вычитание пьедесталов, подавление кластеров и т.д.

В данной работе описывается МСП, разработанный для решения задач микропрограммного управления приемом информации, начальной обработкой во время считывания, предварительного отбора событий по критериям, использующим целочисленную арифметику.

Процессор введен в состав систем сбора данных и отбора событий экспериментальной установки ЛЯП ОИЯИ по наблюдению и исследованию



дованиям релятивистских позитрониев на ускорителе У-70 в Серпухове.

Возможность программирования и универсальность каналов передачи информации позволяют достаточно просто адаптировать МСП для других физических задач и других установок.

## 1. СТРУКТУРА ПРОЦЕССОРА

Структурная схема процессора представлена на рис.1. В составе МСП можно выделить следующие подсистемы:

- 1/ микроконтроллер с ОЗУ и ППЗУ микрокоманд;
- 2/ центральный процессор /ЦП/;
- 3/ внутреннее ОЗУ данных;
- 4/ адресный процессор;
- 5/ интерфейс шины Q;
- 6/ интерфейс контроллера крейта КАМАК КК-004.

Обмен информацией между регистрами этих устройств осуществляется через внутреннюю шину /шину I/, имеющую 16 линий данных, а также линии адресации и синхронизации. Номера регистров-источников и регистров-приемников, участвующих в передаче, указываются в полях SRC1, SRC2 и DST1, DST2 /каждое по 3 разряда/ микрокоманды. В течение цикла процессора могут быть выполнены две пересылки. Временные диаграммы обмена на шине I согласованы с временными диаграммами центрального процессора таким образом, что данные, передаваемые во время первой пересылки, могут быть использованы в том же цикле как входные, а результат операции в ЦП /содержимое аккумулятора/ - передан в любой регистр-приемник в течение второй пересылки.

Шестнадцатиразрядный центральный процессор построен на 8 БИС 589ИК02 и БИС 589ИК03. Входные данные в ЦП поступают из ОЗУ данных и с шины I. Информация на выводах шины адреса микросхем 589ИК02 используется как один из источников адреса ОЗУ данных. Выходные данные из ЦП /содержимое аккумулятора/ передаются на шину I через дополнительные буферные передатчики, что позволяет производить независимо запись данных в ОЗУ и пересылки на шину I. Становится возможной также генерация признаков результата операции по содержимому аккумулятора. Генерируются признаки Z - ноль ( $AC = 0$ ), N - минус ( $AC < 0$ ), W - не строго ноль ( $|AC| < CONST$ ). Признак удобен для проверки выполнения неравенств типа  $|A-B| < CONST$ , широко используемых во многих алгоритмах отбора и обработки. Значение параметра CONST ( $0 \leq CONST \leq 15$ ) заносится в регистр схемы выработки признака W с шины I /на схеме рис.1 эта связь не указана/.

Управление ЦП проводится при помощи полей микрокоманды F(0-3) - выбора регистра, F(4-6) - выбора функции, CI - входного переноса и SEN - разрешения выработки синхроимпульса для микросхем 589ИК02.

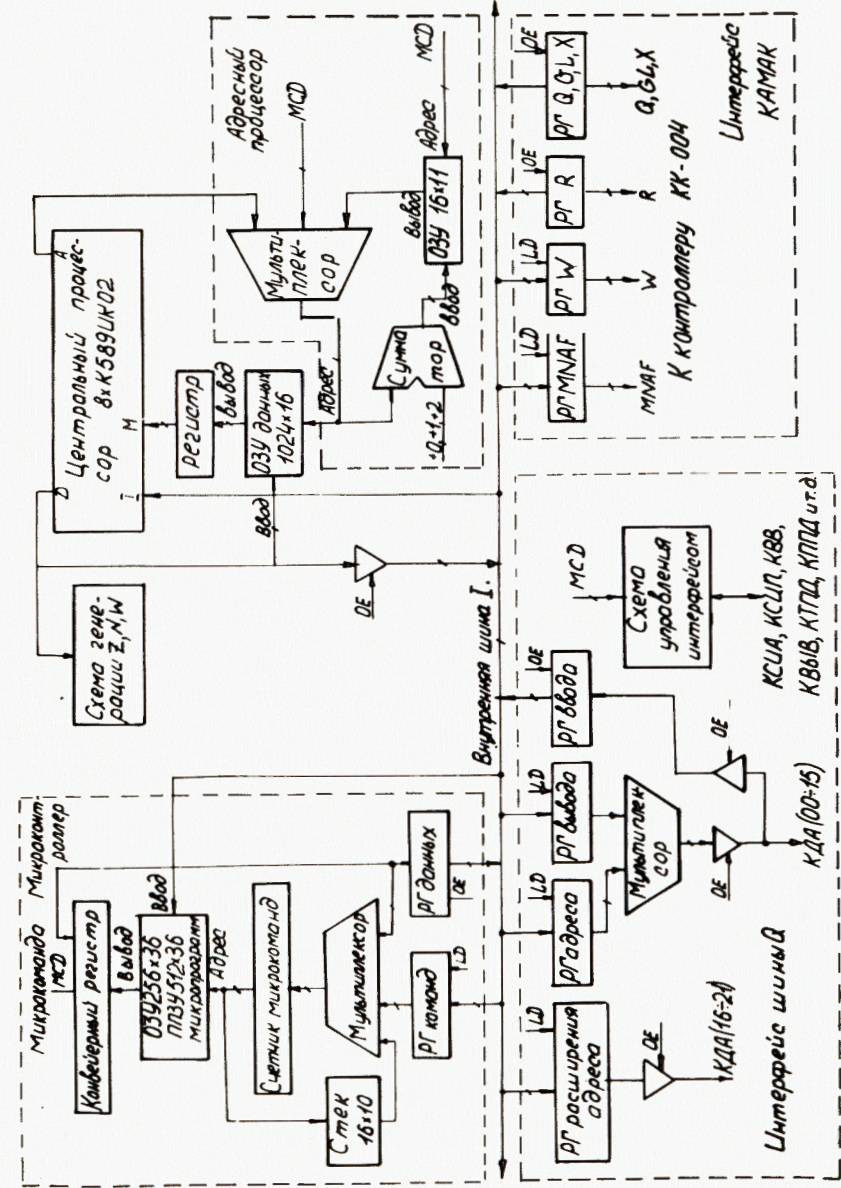


Рис.1. Структурная схема МСП.

Внутреннее ОЗУ данных объемом 1024 16-разрядных слов выполнено на схемах K155PY7 и предназначено для хранения последнего принятого события, констант и промежуточных результатов обработки, таблиц команд КАМАК и т.д.

В увеличении объема ОЗУ заложен большой резерв повышения производительности МСП за счет использования табличных методов обработки. Наличие универсального ЦП позволяет во многих случаях обойти основную трудность этого метода, заключающуюся в чрезмерно большой разрядности адреса памяти.

Информация во внутреннее ОЗУ записывается из аккумулятора ЦП, считывается через входную шину М БИС 589ИК02. Запись производится только словами, чтение возможно побайтное, что, как правило, позволяет легко распаковывать исходную информацию для анализа и в два раза увеличить объем таблиц для отбора.

Взаимодействие ЦП и ОЗУ данных организовано следующим образом. По окончании цикла чтения данные запоминаются в конвейерном регистре и в следующих циклах могут быть использованы центральным процессором. Операция записи данных заканчивается до момента смены состояния регистров ЦП, поэтому в цикле записи возможна смена состояния аккумулятора ЦП, а в ОЗУ записывается результат предыдущей операции. Таким образом, ОЗУ данных и ЦП могут работать параллельно, по конвейерному принципу.

Адресация памяти данных производится адресным процессором, который состоит из мультиплексора, источника адреса на тристабильных элементах, сумматора и 16 индексных регистров /БИС 1802ИР1/.

Источник адреса задается в поле SA /2 разряда/ микрокоманды. Им может быть содержимое регистра адреса БИС 589ИК02 или поля MADR /11 разрядов/ микрокоманды, или же индексного регистра, номер которого указан в поле INX /4 разряда/ микрокоманды.

Если значение разряда микрокоманды INC = 1, то адрес с выхода мультиплексора инкрементируется сумматором на 2 для операций со словами и на 1 - для операций с байтами. Если INC = 0, то на второй вход сумматора подается ноль. Вычисленный таким образом адрес по окончании цикла памяти заносится в индексный регистр, указанный в поле INX. Такая структура обеспечивает реализацию непосредственной, косвенной и автоинкрементной адресации до 15 массивов без потерь времени на вычисление адреса в ЦП.

Интерфейс шины Q работает в режиме прямого доступа к памяти. Возможно также прерывание процессора ЭВМ, работающего на этой шине. Интерфейс содержит регистры адреса /16 разрядов/, регистры расширения адреса /6 разрядов/, регистры ввода /16 разрядов/, вывода /16 разрядов/, доступные из микропрограммы через шину I. Регистры ввода, а также управления и статуса доступны программно /через шину Q/. Регистр управления содержит 4 разряда, используемые в микроконтроллере как признаки условий, и 3 разряда (RESET, GO, STOP), используемые в схемах инициализации и пус-

ка процессора. Статусный регистр содержит информацию о состоянии процессора и ошибках. С помощью регистров адресов, ввода и вывода обеспечивается независимость работы процессора и цикла обмена на шине Q. Регистр расширения адреса позволяет расширить адресное пространство до 4 МВ.

Цикл передачи на шине Q инициируется из микропрограммы /поле QBUS микрокоманды/. Перед этим в регистры адреса, расширения адреса и вывода должны быть занесены необходимые данные. Значением разрядов INT и DMA поля QBUS микрокоманды выбирается требуемый вид обмена - прерывание или прямой доступ к памяти.

Если выбран режим DMA, выставляется сигнал запроса на захват шины К ТПД и отрабатывается протокол занятия шины. После этого генератором цикла выполняется последовательность действий по передаче информации.

Значение бита RW поля QBUS микрокоманды выбирает цикл ввода или вывода. Вводимые в процессор данные помещаются в регистр ввода, выводимые - берутся из регистра вывода. По окончании цикла выставляется признак условия RDY Q для микроконтроллера, и, если бит HOLD поля QBUS микрокоманды был равен нулю, освобождается шина. Если HOLD = 1, то шина не освобождается, и следующий цикл передачи информации выполняется значительно быстрее. Такой режим позволяет осуществлять передачу массивов с максимальной скоростью.

Во время цикла прерывания выставляется сигнал К ТПР, после получения которого на шины К ДА передается вектор прерывания, предварительно записанный микропрограммой в регистр вывода.

Интерфейс контроллера крейта КАМАК КК-004/1/ содержит регистры команды MNAF; статуса Q, GL, X; данных R и W, предназначенные для распараллеливания работы контроллера КК-004 и процессора. Цикл КАМАК инициируется микропрограммой /поле CAMAC микрокоманды/. Сигнал завершения цикла КАМАК RDY C = DF1 + DF2, а также сигналы Q, GL1, GL2, DF1 заведены непосредственно в микроконтроллер процессора и используются для ветвления микропрограммы как признаки условий.

Микроконтроллер предназначен для управления последовательностью выполнения микрокоманд. Он построен на микросхемах ТТЛШ средней степени интеграции и обеспечивает реализацию команд перехода JUMP, перехода по содержимому командного регистра JCR /информация в командный регистр заносится с шины I/, обращения к подпрограмме CALL, возврата из подпрограммы RETURN, ветвления SKIP на одно из 16 направлений, в зависимости от значений признаков CARRY, Q, RDY Q, RDY C. Тип команды задается полем BRANCH /3 разряда/ микрокоманды.

Команда выполняется только тогда, когда выбранный полем микрокоманды COND /4 разряда/ признак условия равен 1, в противном случае выбирается следующая микрокоманда. Набор признаков условий включает признак TR /всегда 1/; признаки результата операции в ЦП C, N, Z, W; статусные сигналы КАМАК Q, DF1, GL1, GL2;

значения 4 разрядов статусного регистра МСП, доступных по записи с шины Q; сигналы готовности интерфейсов шины Q - RDY Q и КАМАК - RDY С. Адрес перехода для команд JUMP и CALL содержится в поле ADDR /11 разрядов/ микрокоманды.

Формат микрокоманды выбирается на основе двух требований. Во-первых, должна быть обеспечена параллельность работы устройств МСП, возможная в рамках данной структуры их связей. Во-вторых, длина микрокоманды не должна быть очень большой, чтобы чрезмерно не увеличивать объем ОЗУ микрокоманд. Исходя из этого длина микрокоманды выбрана равной 36 бит, а способ кодирования - ассоциативным, т.е. содержимое некоторых полей микрокоманды определяет назначение остальных. В таблице приведены форматы микрокоманд.

Таблица

Форматы микрокоманд

Левая часть микрокоманды			Правая часть микрокоманды		
1	2	3 ... 13	14	15 ... 36	
0	0	Операция КАМАК	0	0	Команда микроконтроллера
0	1	Резервная	0	1	Операция на шине I
1	0	Операция на шине Q	1	0	Прямые данные
1	1	Операция ЦП	1	1	Операция с ОЗУ данных

## 2. МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЕ

Разработка микропрограмм ведется с помощью программы MIAS и микропрограмм DUMP и DEBUG.

Программа MIAS создает в оперативной памяти управляющей ЭВМ "Электроника НЦ-80" /4/ /в дальнейшем - НЦ-80/ буфер, содержимое которого является копией микропрограммы и позволяет в диалоговом режиме:

- транслировать вводимую с терминала строку восьмеричных и десятичных чисел в микрокоманду;
- ретранслировать и распечатывать микропрограмму;
- загружать микропрограмму в МСП и запускать ее на выполнение;
- записывать микропрограмму на диск и загружать ее в оперативную память.

При вводе микропрограммы с клавиатуры и выдаче ее на печать используются мнемонические обозначения для полей микрокоманды. Значения полей, а также адреса и константы задаются восьмеричными и десятичными числами.

Отладка ведется с помощью микропрограмм DUMP и DEBUG, которые при обращении к ним создают в памяти ЭВМ НЦ-80 копию содержимого внутреннего ОЗУ данных и регистров центрального процессора, адресного процессора, интерфейсов и др., а также анализируют все признаки условий и записывают в память ЭВМ статусное слово. С помощью программы MIAS эта копия может быть проанализирована и модифицирована с использованием мнемонических обозначений. Таким способом можно проследить ход выполнения отлаживаемой микропрограммы. Если микропрограмма /или ее фрагмент/ не содержит обращений к шине Q, то микропрограмма DEBUG позволяет также вернуть модифицированную копию памяти данных и большинства регистров обратно в МСП и продолжить выполнение микропрограммы с адреса, следующего за адресом точки контрольного останова.

## 3. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОРА

Процессор используется с апреля 1984 года в эксперименте по изучению релятивистских позитрониев /2/ на ускорителе У-70 в составе системы сбора данных /рис.2/, включающей ЭВМ М-6000, ЭВМ НЦ-80, МСП и буферную память объемом 192 Кбайт, предназначенную для хранения событий, принятых во время сброса.

В данном эксперименте время приема одного события с момента появления сигнала запуска для ЭВМ до окончания считывания и перехода к ожиданию следующего составило  $/5 + 2,1 \cdot N/ \sim 180$  мкс, при числе слов в событии  $N = 82$ . Отметим, что время блокировки установки благодаря буферизации информации с каждого измерительного крейта в блоках памяти КЛ-006 типа FIFO /3/ составляет 75 мкс.

Перед записью события в буферную память производился предварительный отбор данных, заключающийся в следующем. Координат-

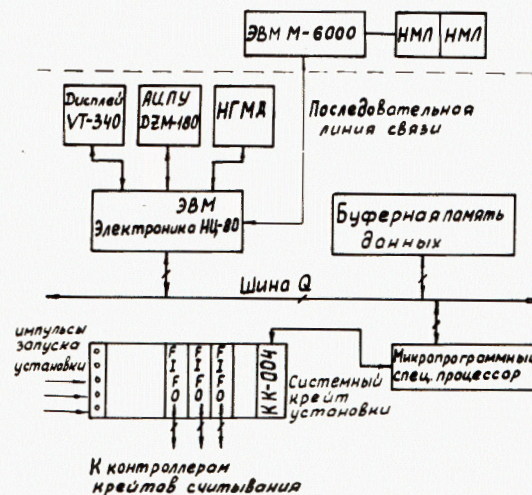


Рис.2. Структурная схема системы сбора данных.

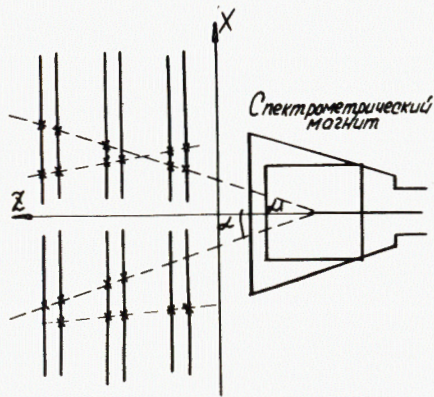


Рис.3. Схема установки.

ными детекторами установки/рис.3/ являются двенадцать дрейфовых камер, объединенных в два телескопа для регистрации электрона и позитрона, образовавшихся в результате развала позитрониев в поле спектрометрического магнита. Камера состоит из 128 сигнальных проволок, расположенных на расстоянии 10 мм друг от друга. В каждой камере в течение строба регистрируются 2 частицы. На основании информации о номерах сработавших проволок /без учета времени дрейфа/ отбираются события с треками в 1 и 2

телескопах, имеющими равные углы  $\alpha$  относительно оси Z. Углы  $\alpha$  должны лежать в диапазоне 70-600 мрад. Треки необходимо восстановить по 4 точкам из 6. Время решения такой задачи - /500-750/ мкс. Этой величиной определялось максимальное число считываемых событий - до 1800 за цикл при методических измерениях. В режиме набора статистики с установки поступало 400-600 событий. Анализ, проведенный после окончания измерений, показал, что максимальное количество считываемых за цикл событий можно удвоить, упростив и ускорив отбор перед записью в буферную память. А проводя во время паузы обработку по более жестким критериям, можно увеличить коэффициент отбора. Таким образом, благодаря высокому быстродействию МСП и возможности совершенствовать микропрограммы отбора, создан многократный резерв скорости набора статистики.

Авторы выражают благодарность А.И.Григорьеву, Э.И.Мальцеву, Л.Л.Неменову за поддержку и постоянное внимание к работе; С.В.Бобкову, В.В.Карпухину за полезные обсуждения; Н.А.Баландиной, В.Н.Горбуновой, Ю.Л.Иванову, В.И.Листопаду, А.П.Помазкину, принимавшим участие в изготовлении процессора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1977.
2. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, P1-83-894, Дубна, 1983.
3. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.
4. 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. 10-84-664  
Микропрограммный процессор для приема и отбора информации  
с экспериментальной установки

Описывается специализированный процессор, построенный на микропроцессорных секциях серии K589. Микропрограммная реализация приема и обработки информации позволяет достичь скорости приема данных из аппаратуры КАМАК 0,9 Мбайта/с и гибко менять алгоритмы приема и отбора событий. Применение микропрограммного специализированного процессора в составе системы сбора данных эксперимента "Позитроний" дало возможность существенно повысить объем и качество принимаемой информации.

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. 10-84-664  
Microprogram Processor for Acquisition and Selection  
of Data from Experimental Set Up

A specialized processor designed on K589 bit slice microprocessor is described. The microprogram realization of data acquisition and processing permits to receive data from CAMAC apparatus with 0.9 Mbyte/s rate and to vary flexibly algorithms of data acquisition and selection. The application of the microprogram specialized processor in data acquisition system of "Positronium" experimental set up enabled to increase essentially the volume and to improve the quality of information received.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984