

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P13-85-530

З.Гузик, В.Н.Рыжов, Э.Н.Цыганов

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ  
ФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
С ПРОТОТИПА АДРОННОГО КАЛОРИМЕТРА  
УСТАНОВКИ ДЕЛФИ

1985

## ВВЕДЕНИЕ

При создании системы регистрации экспериментальных данных одной из важнейших задач является обеспечение ее максимальной пропускной способности, т.е. минимизации мертвого времени установки. В процессе передачи зарегистрированных данных в ЭВМ время нечувствительности установки определяется суммой нескольких аппаратных составляющих: времени неготовности к передаче зарегистрированного события, времени решения устройств отбора высших уровней, времени реакции ЭВМ на запрос типа "событие", времени передачи данных в ЭВМ, времени подготовки ЭВМ и аппаратуры к регистрации очередного события.

Повышения пропускной способности можно достигнуть путем уменьшения любой из этих составляющих, а также параллелизацией связанных с ними процессов. Более эффективным способом является исключение некоторых перечисленных составляющих. Одним из вариантов такого решения может оказаться введение в систему сбора данных промежуточной буферной памяти. При использовании такой памяти со сравнительно большим объемом накопление информации с преобразователей системы происходит во время цикла ускорителя, а передача в ЭВМ вне времени пучка. Такое решение обеспечивает гибкий режим связи с ЭВМ и передачу массивов данных в любое время занятости ЭВМ. Кроме этого, при наличии соответствующего контроллера, вместо обычного режима сканирования возможно использование режима спящего сканирования, обеспечивающего произвольную последовательность считывания массива события и исключение избыточных циклов опроса несуществующих адресов КАМАК, что, в свою очередь, дополнительно повышает скорость считывания данных.

В соответствии с планами участия в создании установки ДЕЛФИ<sup>1/</sup> в Объединенном институте ядерных исследований ведутся работы по подготовке к массовому изготовлению и испытанию детекторов адронного калориметра этой установки<sup>2/</sup>. Одним из этапов испытаний является исследование рабочих характеристик полномасштабного по толщине прототипа адронного калориметра на пучках синхрофазотрона ОИИ с энергией частиц до 10 ГэВ. Электроника считывания данных с детекторов прототипа адронного калориметра создается на основе системы КАМАК и работает на линии с удаленными ЭВМ ЕС-1040 и ЕС-1055. Комплекс ЭВМ вычислительного центра ДВЭ работает в реальном масштабе времени на нескольких пользователей, что предопределяет режим работы с разделением времени. Смещение времени связи с ЭВМ во внепучковый интервал существенно повышает эффективность процесса накопления данных. Эту проблему решает применение промежуточной буферной памяти, работающей автономно во время сброса пучка ускорителя и обеспечивающей временное хранение физической информации с последующей ее передачей в ЭВМ. В зависимости от объема памяти связь с ЭВМ может осуществляться раз в несколько циклов ускорителя, в любое свободное время. Одновременно в несколько раз превышает скорость накопления информации.

#### ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Электроника прототипа адронного калориметра установлена в стандартных крейтах системы КАМАК, объединенных с помощью универсального драйвера ветви (УДВ)<sup>3/</sup>, обеспечивающего также сопряжение с каналом ЭВМ.

В конечном варианте прототип адронного калориметра будет характеризоваться следующими объемами данных:

- аналоговая информация со съемных площадок адронного калориметра - 198 слов;

- координатная информация с полосок адронного калориметра - 88 слов;

- аналоговая информация с электромагнитного калориметра - 8 слов;

- координатная информация с полосок электромагнитного калориметра - 16 слов;

- координатная информация с дрейфовых камер - 40 слов;

- служебная информация - 14 слов;

- шахматный код конца события - 2 слова.

Таким образом, формат события будет содержать 366 16-разрядных слов.

Для эффективного хранения потока поступающих событий разработана запоминающая система, состоящая из управляющего микропрограммного контроллера и модулей буферной памяти, имеющих возможность каскадирования. Модуль буферной памяти выполнен в механическом стандарте КАМАК (с магистрали КАМАК он использует только шину питания +6 В), а обмен данными с внешними устройствами осуществляется через разъем, расположенный на передней панели блока. Таким образом, модули буферной памяти являются системно независимыми устройствами, требующими для стыковки с любой магистрально-модульной системой специального интерфейса. Память организована по принципу FIFO (первый пришел - первый ушел).

Емкость памяти составляет 64 кбайт, благодаря чему имеется возможность хранения до 87 событий в одном модуле памяти.

Взаимодействие между памятью и магистралью УДВ организовано с помощью микропрограммного контроллера. Логика контроллера разделена на две функциональные части, связанные с режимами работы блока - пассивным и активным.

В пассивном состоянии контроллер выполняет функции интерфейса между магистралью и буферной памятью. Его задача в этом



случае заключается в организации соответствующих циклов записи или чтения на основании поступающих с магистрали команд КАМАК.

В активном режиме контроллер становится самостоятельным источником программы в УДВ. После получения доступа к магистрали контроллер может формировать функцию КАМАК, выполняемую как в рамках системного крейта (C=0), так и в параллельной ветви КАМАК, а также взаимодействовать с буферной памятью.

Воздействие на работу контроллера может происходить по четырём внешним импульсам запросов. Дополнительно контроллер может генерировать выходные импульсы, предназначенные для управления установкой.

#### БУФЕРНАЯ ПАМЯТЬ

Блок-схема памяти показана на рис.1. Один динамический модуль памяти выполнен на 32 интегральных схемах динамического запоминающего устройства объемом 16к x 1 бит (ИНТЕЛ 2118 или КР 565РУ6) с циклом доступа 320 нс.

Адреса данных для записи (Push) или считывания (Pop) находятся в двух 15-разрядных регистрах блока управляющей логики. После каждого цикла записи или считывания содержание соответствующего регистра автоматически инкрементируется.

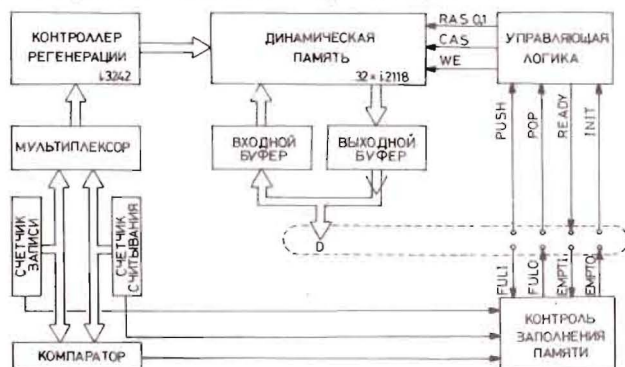


Рис.1. Блок-схема модуля буферной памяти.

Совместно с каждым из регистров работает триггер переполнения, меняющий свое состояние в момент достижения регистром максимального значения.

Когда в памяти ничего не записано, она находится в состоянии EMPTU (пустая), при этом содержание адресных регистров одинаково, а триггеры переполнения имеют аналогичные значения. Когда память целиком заполнена, она находится в состоянии FULL (полная). В этом случае при разных значениях триггеров переполнения содержание адресных регистров одинаково. Таким образом, благодаря описанной организации памяти обеспечен режим кругового наполнения, в котором запись и считывание могут происходить попеременно, без полного освобождения памяти, а также имеется возможность каскадирования модулей памяти до неограниченного количества.

Регенерация памяти организована по распределенному принципу с помощью ИС Интел 3242. За один цикл регенерации, вырабатываемый с периодом 15 мкс обновляется одна из 128 строк динамического запоминающего устройства.

Цикл обмена (push, pop) инициируется извне по 32-контактному разъему, через который передаются и данные. Управление памятью внутри блока организовано с помощью микропрограммного последовательного автомата с многими состояниями, обрабатывающего поступающие запросы по приоритетному принципу (самый высший приоритет имеет запрос регенерации).

#### КОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЕНИЯ

Основным узлом логики устройства является блок микропрограммного управления - БМУ (Ам 2910<sup>4/4</sup>), который совместно с постоянным запоминающим устройством микропрограммы (Интел 3624) полностью управляет работой контроллера (рис.2). При выборе формата микрокоманды был применен принцип вертикального кодирования управляющих полей, что не уменьшает функциональных возможностей контроллера и сокращает разрядность микрокоманды до 16 бит.

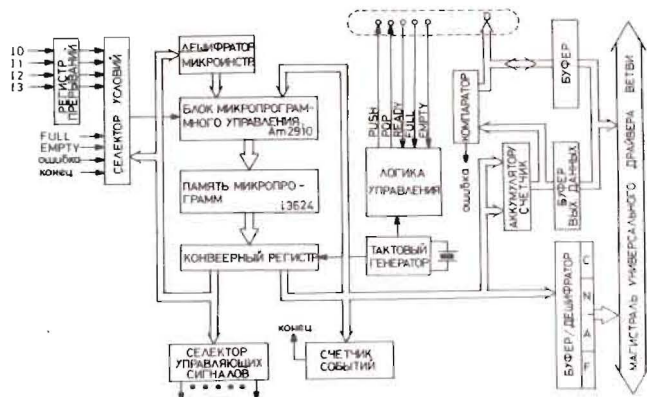


Рис.2. Блок-схема микропрограммного контроллера.

Таблица I

КОМАНДЫ КАМАК															
15												0			
1	F	F	F	C4	C2	C1	N16	N8	N4	N2	N1	A8	A4	A2	A1

FFF - 000 - F(24)	Блокировка
001 - F(26)	Разрешение
010 - F(16)	Запись группы 1
011 - F(17)	Запись группы 2
100 - F(1)	Чтение группы 2
101 - F(0)S	Чтение в режиме сканирования
110 - F(0)T	Чтение с тестом
111 - F(0)	Чтение группы 1

В табл. I приведен формат микрокоманды для функции КАМАК. При наличии единицы в 15-м разряде микроинструкции контроллером выполняется команда КАМАК. Субадрес A и номер станции N кодируются полностью. На адрес кресты ветви отведены три разряда, что позволяет взаимодействовать контроллеру со всеми 7 возможными крестами ветви. На функцию F КАМАК предназначены три разряда. Это обстоятельство ограничивает количество возможных функций до 8, однако практика работы в физических экспериментах показывает, что такое количество функций вполне достаточно. Имеются три разновидности функции чтения F(0): обычное чтение, чтение с тестом и чтение в режиме сканирования<sup>/5/</sup>. В режиме чтения с тестом содержание считываемого с памяти слова данных сравнивается с содержа-

нием аккумулятора/счетчика (рис.2) и в случае сбоя генерируется сигнал ОШИБКА. Этот режим предназначен для автономного тестирования буферной памяти. Чтение в режиме сканирования необходимо для инициирования стандартного в системе КАМАК способа блочного считывания экспериментальных данных. Кроме этого, возможно также внешнее по отношению к контроллеру формирование команды КАМАК (контроллер должен находиться в пассивном состоянии) и взаимодействие других источников управления с буферной памятью. Контроллер адресуется по C=0 и N=3I.

Во время исполнения контроллером команды КАМАК БМУ всегда выполняет инструкцию возврата с подпрограммы, что позволяет легко строить таблицы выполняемых команд КАМАК.

В табл.2 и 3 показаны назначения полей микроинструкции для внутренних команд контроллера. Они делятся на команды перехода и команды исполнения. Среди 16 инструкций, которыми обладает БМУ Ам 2910, выбрано 7 условных команд ветвления, несколько из них использующих внутренний стек или регистр/счетчик БМУ. Адрес очередной микрокоманды определяется внутри БМУ из счетчика микрокоманд, стека или регистра/счетчика, а вне БМУ - из поля микроинструкции, где указан адрес непосредственного перехода. Условием перехода может быть любой из четырех внешних запросов, состояние заполнения буферной памяти, ответ "Q" КАМАК на последнюю исполненную команду, ошибка памяти и состояние нулевого содержания счетчика событий.

Во время цикла исполнения контроллер может выполнять такие операции, как загрузка соответствующих регистров, инкремент/декремент этих регистров, установление или обнуление различных триггеров состояния и др.

Время микроцикла для внутренних команд составляет 240 нс, а при выполнении цикла КАМАК микроцикл расширяется на полное время сигнала BUSY магистрали.



Таблица 2

КОМАНДЫ ИСПОЛНЕНИЯ																
15												0				
0	E	E	E	E	1	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D	D

EEEE	=	0000	-	CLR0	Обнуление запроса 0
		0001	-	CLR1	Обнуление запроса 1
		0010	-	CLR2	Обнуление запроса 2
		0011	-	CLR3	Обнуление запроса 3
		0100	-	OUT0	Выработка импульса 0
		0101	-	OUT1	Выработка импульса 1
		0110	-	SETR	Установление выборки УДВ
		0111	-	RESR	Обнуление выборки УДВ
		1000	-	INIT	Инициирование памяти
		1001	-	LDAU	Загрузка аккумулятора (верхний байт)
		1010	-	LDAL	Загрузка аккумулятора (нижний байт)
		1011	-	DECFV	Декремент счетчика событий
		1100	-	INCR A	Инкремент аккумулятора
		1101	-	CLRERR	Обнуление признака ошибки
		1110	-	LDEV	Загрузка счетчика событий
		1111	-	DESCRA	Декремент аккумулятора

Таблица 3

КОМАНДЫ ПЕРЕХОДА															
15															0
0	U	U	U	U	S	S	S	D	D	D	D	D	D	D	D

## Инструкции BMU

SSS	=	000	-	JZ	Переход к адресу 000
		001	-	TWB	Трёхусловный переход
		010	-	CRTE	Условное возвращение с подпрограммы
		011	-	LDCT	Загрузка внутреннего
		100	-	CJS	Условный переход к подпрограмме
		101	-	RPTC	Переход с декрементом регистра
		110	-	CJP	Условный переход
		111	-	CONT	Продолжение

## Условия перехода

UUU	=	0000	-	IN0	Прерывание #0
		0001	-	IN1	Прерывание #1
		0010	-	IN2	Прерывание #2
		0011	-	IN3	Прерывание #3
		0100	-	TEST0	Тестовый вход #0
		0101	-	TEST1	Тестовый вход #1
		0110	-	X	Ответ КАМАК "X"
		0111	-	Q	Ответ КАМАК "
		1000	-	IFULL	Память заполнена (инверсный)
		1001	-	FULL	Память заполнена
		1010	-	IFEMPTY	Память пуста (инверсный)
		1011	-	EMPTY	Память пуста
		1100	-	IZERO	Счетчик событий обнулен
		1101	-	ERROR	Ошибка памяти
		1110	-	FAIL	Условие всегда невыполняется
		1111	-	TRUE	Условие всегда выполняется

## РАБОТА УСТРОЙСТВА В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Микроконтроллер управления буферной памяти расположен в УДВ (память, сопряженная с контроллером по передней панели, может устанавливаться в любой станции КАМАК). Он получает доступ к магистрали динамически, на время цикла ускорителя, поэтому место его расположения должно находиться в УДВ по адресам с высшим приоритетом, чем интерфейс ИР-40М<sup>6/</sup> связи с ЭВМ, который после выборки находится постоянно в режиме захвата магистрали.

Работа установки синхронизована ускорителем с помощью блока управления<sup>7/</sup>, вырабатывающего сигналы Начала цикла ускорения (НЦУ) и Конца цикла ускорения (КЦУ). По сигналу НЦУ микроконтроллер переходит в активный режим (вырабатывает запрос захвата магистрали), формирует сигнал разрешения на поступление запуска установки (OUT0) и переходит в состояние ожидания запуска. По сигналу запуска (IN1) микроконтроллер иницирует считывание зарегистрированной в преобразователях (аналог-цифра, заряд-цифра, время-цифра) информации. Считывание происходит в режиме сканирования адресов КАМАК. Количество слов считываемого массива события должно быть предварительно загружено в регистр/счетчик R BMU микроконтроллера, который после каждого цикла КАМАК проверяет его состояние с последующим декрементом содержания. В случае достижения счетчиком R нулевого содержания микроконтроллер после выработки сигнала разрешения на запуск переходит в состояние ожидания очередного запуска. После интервала, в котором происходит вывод частиц на установку, блоком управления вырабатывается тестовый импульс, поступающий в контроллер по входу IN2. Во время тестового запуска происходит проверка электронных каналов регистрации прототипа адронного калориметра, а также калибровка преобразователей системы.

По сигналу КЦУ контроллер выходит из активного режима до момента появления следующего сигнала НЦУ. В случае достижения счет-

чиком событий (CC) нулевого состояния (CC декрементаруется после каждого записанного в буферную память события) контроллер посылает в ЭВМ запрос ( OUT1 ), свидетельствующий о наличии готовых для считывания данных с заполненной буферной памяти и переходит к подпрограмме проверки ("в петле") состояния заполнения памяти. ЭВМ после получения запроса инициирует процесс считывания накопленной информации, который может осуществляться в любое время.

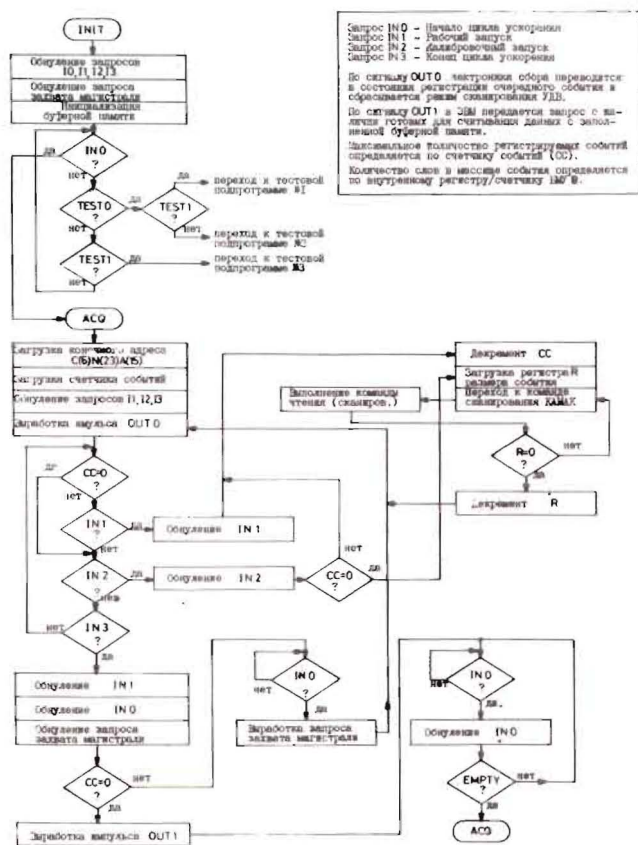


Рис.3. Блок-схема процесса управления и накопления физической информации.

Лучшим способом считывания массива является режим повтора КАМАК, но из-за не критичности продолжительности времени считывания этот процесс может быть проделан и в программном режиме.

После полной разгрузки буферной памяти признак заполнения EMPTY меняет знак, и микроконтроллер управления переходит к процедуре накопления очередной серии массивов событий.

Блок-схема микропрограммного управления и накопления физической информации показана на рис.3, а рис.4 представляет микропрограмму, выполняющую указанные функции.

```

00 00001111XXXXXX  INIT: CLR0
01 00001111XXXXXX  CLR1
02 00010111XXXXXX  CLR2
03 00011111XXXXXX  CLR3
04 00100111XXXXXX  OUT0
05 01101111XXXXXX  CLR8
06 00111111XXXXXX  CLR8R
07 01001111000000  LDAU, 80H
08 01010110000000  LDAL, 00H
09 01111000010001  CJS TRUE, SELECT
10 01111000010011  CJS TRUE, REMINH
11 0000011000010101 START: CJP IN0, ACQ
12 00100110         CJP TEST0, TST0
13 00101110         CJP TEST1, TST1
14 011111000001011 CJP TRUE, START
15 1010000111111111 PUSH: C(0)N(31)A(F)P(16)
16 1110000111111111 POPT: C(0)N(31)A(F)P(0)T
17 1011000000000000 SELECT: C(0)N(0)A(0)P(17)
18 1101001010010000 SCAN: C(1)N(9)A(0)P(0)S
19 1000001111101001 REMINH: C(1)N(30)A(9)P(24)
20 1011000000000001 LAST: C(0)N(0)A(1)P(17)
21 010011111111011 ACQ: LDAU, 80H
22 010101110100000 LDAL, A0H
23 011110000010100 CJS TRUE, LAST
24 011101101111111 LDEV, 7FH
25 00001111XXXXXX CLR1
26 00010111XXXXXX CLR2
27 00011111XXXXXX CLR3
28 00110111XXXXXX SEPR
29 00100111XXXXXX OUT0
30 0110111000100000 LOOP: CJP ZERO, A1
31 0000111000110001 CJP IN1, READ
32 0001011000111000 A1: CJP IN2, A8
33 0001111000100011 CJP IN3, A2
34 0111110000111110 CJP TRUE, LOOP
35 00011111XXXXXX A2: CLR3
36 00000111XXXXXX CLR0
37 00111111XXXXXX RCSR
38 0110111000101011 CJP ZERO, A3
39 0000011000101001 A3: CJP IN0, A5
40 011111000100111 A4: CJP TRUE, A4
41 00110111XXXXXX A5: SEPR
42 011111000011101 CJP TRUE, LOOP-1
43 00101111XXXXXX A6: OUT1
44 0000011000101110 A6: CJP IN0, A7
45 011111000101100 CJP TRUE, A6
46 00000111XXXXXX A7: CLR0
47 0101011000101100 CJP EMPTY, A6
48 0111110001010101 CJP TRUE, ACQ
49 00001111XXXXXX READ: CLR1
50 01011111XXXXXX A9: DDEV
51 0111101101011000 A10: LDCT, SIZE-1=8B
52 0111100000100110 SC1: CJS TRUE, SCAN
53 011110100110100 RPTC, SC1
54 00100111XXXXXX OUT0
55 0111110000111110 CJP TRUE, LOOP
56 00010111XXXXXX A8: CLR2
57 0110111000110011 CJP ZERO, A10
58 0111110001100110 CJP TRUE, A9

```

Рис.4 Микропрограмма, реализующая управление установкой и накопление физической информации.



В микроконтроллере управления организованы три режима автономного тестирования буферной памяти. В первом тестовом режиме во все ячейки запоминающего устройства записывается состояние "1", и затем проводится их считывание с одновременной проверкой идентичности записанных и считанных данных. Во втором режиме вместо единиц записываются нули. В третьем режиме в очередные ячейки запоминающего устройства записываются данные, соответствующие их адресам, после чего осуществляется их считывание и сравнение. В случае сбоя ошибка сигнализируется по светодиоду, установленному на передней панели устройства.

Для проверки работы системы регистрации данных, расположенной в измерительном павильоне синхрофазотрона ЛВЭ, в экспериментальных условиях была осуществлена ее связь с удаленной ЭВМ ЕС-1040. В буферную память из ЭВМ записывались различные массивы данных, которые затем считывались и сравнивались с номиналом.

Устройство показало высокую степень надежности в работе. За несколько сеансов связи с ЭВМ не было обнаружено ни одной ошибки при сравнении записанной и считанной информации.

Авторы считают приятным долгом выразить признательность В.А.Смирнову и В.В.Трофимову за помощь в работе.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. DELPHI, Technical Proposal, CERN/LEPC/83-3.
2. Водопьянов А.С. и др. ОИЯИ, ДИ-84-405, Дубна, 1984.
3. Нгуен Фук, Смирнов В.А. ОИЯИ, IO-87I2, Дубна, 1975.
4. The Am2900 Family Data Book, Advanced Micro Devices, Sunnyvale, Ca., 1979.
5. Block Transfers in CAMAC Systems, EUR 4100 Suppl., CERN, 1975.
6. Ёдинов Л.Г. ОИЯИ, IO-80-256, Дубна, 1980.
7. Гузик З. и др. ОИЯИ, I3-I2952, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 июля 1985 года.

Гузик З., Рыжов В.Н., Цыганов Э.Н. P13-85-530  
Аппаратные средства предварительного хранения физической информации с прототипа адронного калориметра установки ДЕЛФИ

Описываются аппаратные средства, состоящие из модулей буферной памяти и управляющего ими микропрограммного контроллера, предназначенные для предварительного хранения физической информации с прототипа адронного калориметра установки ДЕЛФИ. Модуль буферной памяти, обладающий возможностью каскадирования, имеет емкость 64К байта и характеризуется полным циклом доступа - 400 нс. Микропрограммный контроллер, устанавливаемый в универсальном драйвере ветви в качестве источника программ, кроме управления модулями буферной памяти выполняет также функции общего назначения. Работа устройства организована таким образом, что накопление физической информации происходит во время прохождения пучка через установку, а передача зарегистрированной информации в ЭВМ осуществляется в случае полного заполнения памяти в интервалах между циклами ускорителя. Такой режим работы значительно повышает скорость сбора экспериментальных данных и упрощает взаимодействие с ЭВМ в реальном масштабе времени на многих потребителей.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой

Guzik Z., Ryzhov V.N., Tsyganov E.N. P13-85-530  
Apparatus for Preliminary Storage of Data from DELPHI Hadron Calorimeter Prototype

The electronic equipment designed for intermediate data acquisition from DELPHI hadron calorimeter prototype and composed from buffering memory modules and controlling sequencer are described. One cascable memory module has a capacity of 64K byte with full access time better than 400 ns. The microprogrammable controlling device conforms to the rules of the Universal Branch Driver and except of its basic functions performs several other tasks in experimental environment. Collection of data from front-end electronics is conducted during accelerator spill time. Therefore dumping of accumulated data to the main computer may be accomplished in any suitable time. This mode of operation improves a system performance in computer time-sharing regime.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985