

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



547304979

10 - 10255

1

Н.М.Лискунов, В.Н.Садовников, И.М.Ситник,
Е.А.Строковский, В.И.Шаров

F51

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ БЭСМ-4
ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ ON-LINE
С УСТАНОВКОЙ "АЛЬФА"

1976

10 - 10255

Н.М.Пискунов, В.Н.Садовников, И.М.Ситник,
Е.А.Строковский, В.И.Шаров

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ БЭСМ-4
ДЛЯ РАБОТЫ В РЕЖИМЕ ON-LINE
С УСТАНОВКОЙ "АЛЬФА"**

Программное обеспечение ЭВМ БЭСМ-4 для работы в режиме
on-line с установкой "Альфа"

Описывается программа накопления информации и контроля аппаратуры для магнитного спектрометра, в состав которого входят сцинтилляционные счетчики и пропорциональные камеры. Вся электронная аппаратура выполнена в стандарте КАМАК. В программе широко используются возможности двухсторонней связи "установка - ЭВМ" за счет применения дисплея и управляемых от ЭВМ логических блоков электроники. Запись информации на магнитную ленту ведется в международном стандарте ИСО с помощью накопителя ЕС-5012. Общий объем информации, принимаемой за один импульс излучения ускорителя, составляет 18К байт.

Приводится метод декодировки информации с пропорциональной камеры.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1976

В программное обеспечение ЭВМ БЭСМ-4 для установки "АЛЬФА" ^{1/} входят программы контроля работы отдельных блоков электроники /тестовые программы/ и программа накопления физической информации и настройки аппаратурного комплекса в целом. Вся электронная аппаратура спектрометра выполнена в стандарте КАМАК ^{2/}.

Характерным моментом для всех используемых программ является широкое применение управляемых от ЭВМ логических модулей электроники. Управление работой программ ведется с установки в режиме диалога "экспериментатор - ЭВМ" с помощью дисплея ВТ-340. Ниже описывается программа накопления информации.

Эта программа создавалась с учетом того обстоятельства, что производительность установки лимитируется только возможностями ЭВМ. Стремление увеличить скорость приема и максимально расширить буфер для принимаемых событий привело к весьма специфическому использованию ресурсов ЭВМ, что не позволило применить традиционную схему мультипрограммного математического обеспечения ^{3/}. БЭСМ-4, применявшегося на установках ГОСТ ^{4/} и БИС ^{5/}, производительность которых лимитировалась мертвым временем искровых камер. Так, например, использование в качестве буфера всех кубов оперативной памяти, не занятых самой программой /т.е. трех/, не позволило держать в памяти программы второго и третьего приоритетов, а специфическое использование единственного канала прерывания с установки на ЭВМ не позволило организовать работу таких программ с помощью магнитных барабанов ^{6/}.

Функциональная схема программы приведена на рисунке. После ввода программы в ЭВМ осуществляется настройка блоков приема и обработки информации в соответствии с составом регистрирующей аппаратуры, определяемым декларативными таблицами на перфокартах. Предусмотрена возможность включения в состав регистрирующей части установки произвольного количества /в произвольном порядке/ следующих модулей:

- 1/ ПВР^{/7/} - параллельный входной регистр;
- 2/ ГШ, Г2^{/8/} - модули регистрации информации с пропорциональных камер;
- 3/ ЗЦП^{/9/} модули заряд-цифровых преобразователей /используются для спектрометрирования сигналов со сцинтилляционных счетчиков/;
- 4/ ВЦП^{/10/} - модули регистрации информации с дрейфовых камер;
- 5/ ДС^{/11/} - двойно-десятичные пересчетные схемы;
- 6/ блоки набора констант.

Прием информации. В качестве буфера для приема информации использовалась оперативная память трех кубов общей емкостью 9К слов /полезная емкость 18К байт/. Цикл приема одного события /от 90 до 150 байт в разных экспозициях/ включал в себя следующие операции:

- 1/ прием в режиме сканирования информации с блоков, имеющих функцию считывания F(0);
- 2/ то же самое для блоков, имеющих функцию считывания F(2) ;
- 3/ подготовка регистрирующей аппаратуры для приема следующего события /операция "CLEAR"/;
- 4/ установление поля в оперативной памяти для приема следующего события /эта процедура включает в себя изменение регистров приращения, если исчерпана память в очередном кубе и нужно перейти к приему в следующий куб/;
- 5/ программная разблокировка /снятие мертвого времени/ аппаратуры с помощью управляемого от ЭВМ тестового блока^{/18/}.

Преимущество программной разблокировки аппаратуры состоит в том, что мертвое время установки в

точности соответствует реальному мертвому времени ЭВМ /2 мс/, которое возрастает в момент переключения кубов. При электронной фиксации мертвого времени установки необходимо было бы ориентироваться на максимальное мертвое время ЭВМ. Преимущество использования такого вида обратной связи особенно очевидно при передаче в ЭВМ информации в плавающем формате, что предполагается реализовать в ближайшем будущем.

Наибольшая скорость реакции на поступившее событие /в среднем/ достигается в том случае, когда уход на прием события осуществляется по импульсу прерывания. Использовались два режима ожидания прерывания: 15 с для ожидания первого события в новом цикле ускорения и 0,3 с - для каждого последующего. По истечении пятнадцатисекундного ожидания выдавалась диагностика об отсутствии пучка, затем ожидание повторялось. По истечении ожидания 0,3 с считалось, что сброс пучка закончен, и управление передавалось на блоки обработки.

Запись информации на магнитную ленту велась с помощью накопителей ЕС-5012, подключенных к программно управляемому каналу связи МКС-2А, реализованному на данной БЭСМ-4. Формат записи соответствовал международному стандарту ИСО. При записи использовалась стандартная подпрограмма, оформленная в системе ИС-2, позволяющая выводить на магнитный носитель только информативную часть ячейки памяти БЭСМ-4 /младшие 2 байта/.

Использование канала МКС-2А и накопителя ЕС-5012 дало следующие преимущества по сравнению с НМЛ-19,05 и его логикой управления:

1/ повысилась надежность записи - воспроизведения;

2/ эффективность использования магнитной ленты увеличилась в шесть раз;

3/ скорость записи информации на ленту возросла в 30 раз.

В программе обеспечена возможность управления лентой с установки /перемотка, поиск конца записи,

поиск заданного числа маркеров файла в прямом и обратном направлениях/.

Обработка. Специфичность использования импульсов прерывания /а именно, от каждого поступившего события, а не перед началом сброса пучка, как это обычно принято/ накладывает на блоки обработки и тестов следующее ограничение: они должны полностью завершить свою работу до начала очередного сброса пучка. Для этой цели предусмотрено: а/ введение ограничения на количество событий, подлежащих обработке; б/ отключение некоторых блоков. Операции по заданию числа обрабатываемых событий, включению и выключению отдельных блоков осуществляются с дисплея.

Во время накопления статистики обычно используется следующий объем обработки:

1. Накопление таблиц:

- а/ мониторных чисел;
- б/ меток ПВР;
- в/ эффективностей пропорциональных камер /ПК/;
- г/ попарных корреляций нулей и неоднородных срабатываний в ПК.

2. Диагностика работы процессоров^{/12/}.

3. Гистограммирование величин:

- а/ профили пучка во всех камерах;
- б/ углы рассеяния в обеих плоскостях;
- в/ угол отклонения вторичных частиц в магните;
- г/ амплитуда ЗЦП;
- д/ среднее значение амплитуды ЗЦП как функция угла поворота в магните.

Во время настройки аппаратуры проводится:

1. Снятие кривых задержанных совпадений для пропорциональных камер /одновременно для всех/, при этом используются управляемые от ЭВМ модули БЗУ^{/13/} и УФ^{14/} и стандартная подпрограмма^{/15/}. Диапазон задержек 0-190 нс. Начальные значения задержки длительности строга и порога срабатывания формирователя набираются непосредственно на модулях, величина шага задержки задается с дисплея.

2. Накопление распределений, описанных в^{/16/}, по камерам.

3. Накопление распределений при условии, что событие обладает суммой определенных признаков по состоянию ПВР.

Такая процедура применяется при настройке триггера и юстировке аппаратуры. При этом элементы будущего триггера /или подлежащие юстировке/ должны иметь выход на ПВР, а реальный триггер должен быть максимально мягким.

Возможны различные виды реализации "программного триггера":

а/ есть единица хотя бы в одном из указанных разрядов ПВР /логическая операция "ИЛИ"/;

б/ нет единиц ни в одном из указанных разрядов ПВР /логическая операция "И"/;

в/ точное соответствие кода на ПВР и образа /логическая операция "сравнение"/.

Условия реализации "программного триггера" задаются с дисплея. Для примера отметим, что юстировка счетчика на пучке осуществляется с помощью наложения двух распределений профиля пучка на ближайшей камере: а/ накопленного без всяких условий, б/с условием наличия метки с этого счетчика. При юстировке вето-счетчика с отверстием посередине требуется отсутствие метки с него. При сравнении распределений желательно, чтобы они были накоплены на поле одних и тех же событий. Поэтому обычно используется многократный просчет одного и того же куска информации, предварительно записанного на ленту.

Процессоры использовались на установке для создания жесткого триггера, позволяющего передавать в ЭВМ события только в случае, если имело место рассеяние на угол больше заданного. Алгоритм работы процессора

$$|A \cdot x_1 - B \cdot x_2 + C \cdot x_3 - D| > Z, \quad /1/$$

где x_1, x_2, x_3 - координаты сработавших проволок тех камер, с помощью которых определяется рассеяние в плоскости; A, B, C, D, Z - константы процессора.

Во время накопления статистики постоянно осуществляется контроль правильности работы процессора. Для

диагностики работы процессора. в ЭВМ осуществляется тот же алгоритм, который реализован в процессоре. Результат сравнивается с состоянием определенного разряда в ПВР, соответствующего решению процессора.

Во время настройки триггера для подбора константы D процессора, зависящей от сдвигов камер в плоскости, перпендикулярной направлению пучка, строится распределение по углу рассеяния /левая часть /1//. Значение D /с дисплея/ подгоняется таким образом, чтобы средний угол отклонения был равен нулю.

Наиболее узким местом обработки, с точки зрения затрат времени, оказалась декодировка информации с пропорциональных камер. Алгоритм, позволяющий наилучшим образом решить эту проблему приведен в *Приложении*.

Отметим, что в режиме on-line описанный объем обработки программа успевает сделать для 100% событий. Упомянувшееся выше ограничение объема обработки использовалось обычно при настройке триггера, когда многократно просчитывался кусок информации с ленты.

Тесты. Во время накопления статистики, в промежутке между сбросами пучка, использовались следующие тесты:

Тест №1 - проверка линии связи и оперативной памяти ЭВМ. В регистры записи тестового блока ^{18/} засылается фиксированный код /обычно шахматный/, затем осуществляется прием кода из регистров чтения во все ячейки памяти, используемой для приема информации. Далее проводится сравнение всех принятых кодов с исходным. Результаты отрицательной диагностики выводятся на дисплей.

Тест №2 - проверка сброса аппаратуры и соответствия формата принимаемого события заданному. После сброса аппаратуры проводится прием "пустого" события. Все элементы массива принятого события, кроме элементов, соответствующих ПВР /первый элемент массива/ и блоку констант /два последних элемента массива/, должны быть равны "0". В случае отрицательной диагностики массив принятого события выводится на дисплей, накопление статистики приостанавливается.

Последней операцией цикла работы программы перед уходом в ожидание прерывания является переключение типа триггера. Для этой цели используется управляемый от ЭВМ логический блок /УЛБ/¹⁷. Переключение ведется с помощью стандартной подпрограммы¹⁵. Коды для засылки в УЛБ вводятся с перфокарт, количество повторений каждого типа задается экспериментатором с дисплея. Состояние УЛБ записывается на магнитную ленту.

Автоматическое переключение типов триггера позволяет практически параллельно накапливать информацию по разным каналам реакции, а также периодически осуществлять специальный тип триггера, позволяющий определять эффективность установки.

Диалог "экспериментатор - ЭВМ". Основные принципы использования дисплея и соответствующее математическое обеспечение описаны в¹⁹. Здесь мы отметим, что появилась возможность быстрого изменения практически всех целых констант программы, начальные значения которых вводятся с перфокарт. Перевод цифровой информации, принятой с дисплея, в числа в представлении БЭСМ-4 осуществляется с помощью стандартной подпрограммы, оформленной в системе ИС-2. Существует возможность подключения к установке неограниченного числа дисплеев. С каждого дисплея возможно управление работой программы. Вывод информации осуществляется на тот дисплей, с которого поступил запрос.

Для автоматического вывода информации предусмотрено два режима: а/ вывод на фиксированный дисплей, б/ вывод на тот дисплей, с которого последний раз было обращение к ЭВМ. Реализован вывод содержимого экрана дисплея на АЦПУ. Это освободило основную программу от подпрограмм печати, дублирующих подпрограммы вывода на дисплей, и, кроме того, позволило сочетать стандартное /т.е. запрограммированное/ представление информации с произвольным комментарием.

Программа написана в автокоде Ассемблер²⁰. С ее помощью на установке "АЛЬФА" была проведена серия

экспериментов в пучках релятивистских ядер, в которых было получено около 2,5 млн высококачественных стереомагнитографий.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность Л.Н.Струнову за поддержку и внимание к работе; В.Г.Аблееву, С.Г.Басиладзе, Г.М.Сусовой, А.П.Крячко - за помощь при отладке программы на линии с ЭВМ, Е.М.Костюхову и Л.И.Шевченко - за участие в подключении накопителя ЕС-5012 и создании стандартной подпрограммы обмена, В.А.Сенченко - за помощь в программном обеспечении дисплея.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Декодировка информации с пропорциональных камер

Информация с пропорциональных камер поступает в ЭВМ в виде так называемого позиционного кода, когда каждому каналу регистрации сопоставляется разряд в оперативной памяти. Если номер проволоки считать ее координатой, а принятый код рассматривать как число, получим выражение

$$2^{N_1} + 2^{N_2} + \dots + 2^{N_m},$$

где $N_1 \div N_m$ - координаты сработавших проволок. Наиболее быстрый алгоритм декодировки заключается в последовательном отыскании старшей координаты:

13, c1, x, y; (c1: 43, . . . ;)

21, y, . . y;

54, 50, y, y; .

После этого во втором адресе ячейки "Y" будет представлен в двоичном коде номер старшего ненулевого разряда ячейки "X".

1. В.Г.Аблеев и др. ОИЯИ, 13-10256, Дубна, 1976.
2. САМАС - A Modular Instrumentation System for Data Handling. EUR 4100e, 1972.
САМАС - Organisation of Multi-Crate Systems. EUR 4600e, 1972.
3. И.М.Иванченко. ОИЯИ, Б1-10-4951, Дубна, 1969.
4. Н.Н.Говорун, И.М.Иванченко. ОИЯИ, Р10-3652, Дубна, 1967.
5. А.И.Барановский и др. ОИЯИ, 10-6481, Дубна, 1972.
6. Л.С.Вертоградов и др. ОИЯИ, 1-7798, Дубна, 1974.
7. Е.В.Черных. ОИЯИ, 10-7913, Дубна, 1974.
8. С.Г.Басиладзе и др. ОИЯИ, 13-7613, Дубна, 1973.
В.Г.Аблеев и др. ОИЯИ, 13-8829, Дубна, 1975.
9. С.Г.Басиладзе, П.К.Маньяков. ОИЯИ, 13-7521, Дубна, 1973.
10. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ПТЭ, №5, 78, 1975.
11. С.Г.Басиладзе, ПТЭ, №3, 89, 1975.
12. З.Гузик, С.Г.Басиладзе. ОИЯИ, Р13-6917, Дубна, 1973.
13. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ПТЭ, №6, 83, 1974.
14. С.Г.Басиладзе, В.Тлачала. ПТЭ, №4, 96, 1975.
15. Н.М.Лискунов и др. Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975.
ОИЯИ, Д13-9287, Дубна, 1975, с. 285.
16. В.Н.Кузнецов и др. ОИЯИ, 10-9193, Дубна, 1975.
17. С.Г.Басиладзе, А.Н.Парфенов. ПТЭ, №1, 81, 1975.
18. С.Г.Басиладзе. ОИЯИ, 10-9173, Дубна, 1975.
19. Л.Г.Ефимов и др. Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975.
ОИЯИ, Д13-8287, Дубна, 1975, с. 282.
20. В.А.Загинайко, И.Н.Силин. ОИЯИ, Б-11-4514, Дубна, 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 ноября 1976 года.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Заказ 22490. Тираж 365. Уч.-изд. листов 0,63.
Редактор Е.Л.Анищенко. Подписано к печати 4.1.77 г.
Корректор Н.А.Кураева