

Ц8406  
Б-447

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



1982/2-74

20/2-74

10 - 7837

Л.М.Беляева, И.Ланг, Ю.Намсрай, О.К.Нефедьев

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО МОДУЛЯ  
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ ТРА-1001

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

10 - 7837

Л.М.Беляева, И.Ланг, Ю.Намсрай,\* О.К.Нефедьев

ОБЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ФИЗИЧЕСКОГО МОДУЛЯ  
НА БАЗЕ МАЛОЙ ЭВМ ТРА-1001

---

\* Сотрудник ЛВТА ОИЯИ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

### Введение

Экспериментальный физический модуль представляет собой систему сбора и обработки экспериментальной информации, состоящую из измерительного оборудования и малой ЭВМ, работающей с ним в режиме "на линии".

Первый вариант экспериментального физического модуля был создан на базе малой ЭВМ ТРА-1001 и сдан в эксплуатацию в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ в 1970 году /1/.

В настоящее время измерительное оборудование и программное обеспечение этого модуля значительно расширено, что позволило подключить "на линию" дополнительно ряд экспериментов, проводимых на ускорителях тяжелых ионов.

Основной целью цикла работ с ЭВМ ТРА-1001 явилась проработка аппаратных средств и программного обеспечения физического модуля для создания проекта измерительно-вычислительного комплекса ЛЯР, включающего в себя систему малых ЭВМ, каждая из которых решала бы задачу автоматизации одного или ряда близких по тематике экспериментов.

Опыт работы с таким модулем позволил: 1. Определить необходимый состав аппаратуры и устройств их сопряжения с ЭВМ; 2. Найти оптимальный состав периферийного оборудования и объем ОЗУ. Разработать достаточно полное программное обеспечение для сбора и обработки различного вида экспериментальной информации; 3. Обеспечить удобный и легкий для освоения язык общения пользователя (экспериментатора) с ЭВМ.

#### Аппаратурные средства модуля

Электронное оборудование системы сбора и обработки комплектуется в соответствии с задачами спектрометрических исследований. В его состав входит следующее измерительное оборудование:

- 1). Различные типы амплитудных кодировщиков на 1К и 4К каналов;
- 2). Специализированные анализаторы МАРС (многомерные анализаторы редких событий);
- 3). Специализированный многомерный анализатор АНОД (анализатор нейтронов для осколков спонтанного деления)<sup>/2/</sup>;
- 4). Специализированный двухпараметровый анализатор АхА, АхГ с цифровыми окнами<sup>/3/</sup>;

Модуль имеет прямую электрическую связь с многоканальными анализаторами АИ-4096, с устройством накопления и обработки цифровых данных - ТРИДАК (ИНТЕРТЕКНИК, Франция). Физический модуль рассчитан на одновременное проведение только одного эксперимента. Для перехода на другой эксперимент к малой ЭВМ ТРА-1001 через коммутатор необходимо подключить соответствующее измерительное оборудование. Комплект ЭВМ ТРА-1001 состоит из центрального процессора, оперативной памяти емкостью 16К слов (длина слова - 12 бит + 1 бит для

контроля четности), устройства ввода с перфоленты FS -1500, устройства вывода на перфоленту PE-1500, телетайпа ASR - 33 и осциллографического дисплея. Ввод экспериментальной информации в ЭВМ осуществляется через два канала: программный канал ввода (PDT) и автономный канал ввода (ADT) - канал прямого доступа. Сопряжение измерительного оборудования с ЭВМ организовано между каналами и блоками управления измерительных устройств. Все устройства сопряжения выполнены на универсальных блоках ЭВМ ТРА-1001 и БЭСМ-4.

#### Программные средства системы

Основными задачами математического обеспечения экспериментального физического модуля, названного "Юпитер-16К", являются:

- 1). Оперативный ввод экспериментальных данных в ЭВМ;
- 2). Набор необходимой статистики событий;
- 3). Сортировка и отбор данных для дальнейшей обработки;
- 4). Простейшая математическая обработка данных в ходе эксперимента;
- 5). Проверка качества проведения эксперимента;
- 6). Вывод принятых или обработанных данных на перфоленту, осциллографический дисплей.

Математическое обеспечение "Юпитер-16К" рассчитано на объем оперативной памяти ЭВМ  $\gg$  16К слов.

Из этого объема ОЗУ 8К отводятся для накопления экспериментальной информации (поле данных), 0,5К обеспечивают подготовку данных для визуального наблюдения (поле наблюдения), 0,5К отводятся под специализированные программы ввода-вывода, 2К - программы арифметики с плавающей запятой (FLOT-D), 5К - программы системы.

По выполняемым функциям программы системы можно разделить на следующие:

1. Общая организующая программа-диспетчер;
2. Программы связи ЭВМ с экспериментальной аппаратурой;
3. Программы, обеспечивающие работу осциллографического дисплея;
4. Программы общения экспериментатора с системой;
5. Программы предварительной обработки спектров;
6. Служебные программы.

Все программы написаны на языке символического кодирования "SLANG" и оформлены в виде самостоятельных программных модулей. Это позволяет легко расширять систему, изменять ее, не нарушая в целом ее логического построения. Т.к. в ЭВМ ТРА-1001 программное стандартное обеспечение выполнено для базового комплекта, имеющего емкость ОЗУ 4К слов, то разработан новый алгоритм, позволяющий стандартным подпрограммам работать с параметрами, расположенными в любом кубе ОЗУ.

В связи с разнообразием измерительной аппаратуры, подключаемой к ЭВМ, имеющей на выходе информацию различных форматов, программы связи обеспечивают ее прием и приведение к единому рабочему формату, с которым в дальнейшем работает "Юпитер-16К". Рабочий формат массива данных состоит из набора чисел с плавающей запятой, причем под одно число отводится 24 двоичных разряда. Число расположено в двух ячейках разных кубов ОЗУ (II куб и III куб), имеющих одинаковые адреса.

Числа, запоминаемые в поле данных, имеют диапазон  $(\pm 2^{-29} + \pm 2^{-33})$ .

Введение единого формата позволяет использовать набор общих программ для различных экспериментов.

Важную роль в системе играет разработанный простой язык общения экспериментатора с ЭВМ, который упрощает активное оперирование с принятой информацией, позволяет экспериментатору вмешиваться в ход эксперимента, упрощает осциллографическую обработку данных.

Необходимыми требованиями при создании языка общения являлись его лаконичность, простота правил, однозначность, диалог.

Диалоговый характер языка позволил сделать более оперативным язык общения пользователя с системой. В основу языка положены приказы управления системой, подаваемые пользователем с телетайпа.

Каждому приказу соответствует своя программа. Все наименования приказов составляют таблицу приказов, а соответствующие им программы - библиотеку программ. Расширение системы сводится к включению в таблицу приказа нового наименования, а в библиотеку - соответствующей программы.

Функции опознавания приказов выполняет организующая программа-диспетчер. При выполнении приказа запрашивается значение аргумента (если он необходим). При этом контролируется правильность задания приказа и его аргумента, что позволяет проверить правильность работы пользователя и аппаратурных средств.

В настоящее время в системе содержится 55 приказов, которые условно по своему назначению можно представить следующими группами:

- 1). Приказы распределения ОЗУ по секторам (цифровым окнам);
- 2). Приказы управления осциллографическим дисплеем;
- 3). Приказы ввода-вывода информации;
- 4). Приказы обработки спектров;
- 5). Специальные приказы.

Коротко остановимся на общей характеристике приказов для каждой группы.

### 1). Приказы распределения ОЗУ по секторам

Перед началом эксперимента поле данных программно распределяется на сектора. Максимальное число секторов равно 8. Суммарное число каналов всех секторов равно 8K (при емкости канала  $2^{12}$  - I событий) или 4K (при емкости канала  $2^{24}$  - I событий).

Распределение по секторам осуществляется пользователем приказами  $SL_w$ , где  $w$  - номер сектора (0+7). Такие приказы задают индивидуальную длину каждого сектора и начальный адрес спектра, накапливаемого в каждом секторе.

Все дальнейшие действия над спектрами осуществляются по приказам в пределах выбранного сектора.

Приказ ST позволяет выдать на телетайп таблицу распределения поля данных по секторам, их длины и начальные адреса.

В начальном состоянии поле данных распределено на 4 сектора по 1024 канала в каждом секторе.

### 2). Приказы управления осциллографическим дисплеем

Точечный дисплей в системе "Дигитер-16K" используется в двух режимах - наблюдения за ходом накопления экспериментальных данных и их обработкой.

Изображение на экране формируется из совокупности последовательно подсвечиваемых точек, их максимальное число равно 512. Содержимое каждого канала формируется программно в виде 9 разрядных двоичных кодов на поле наблюдения.

Приказы  $NS_w$  - где  $w = 0+7$  позволяют экспериментатору осуществлять выбор сектора " $w$ " для его наблюдения и обработки.

Приказ  $LX_{\Delta}$  ( $\Delta = 3+9$ ) задает число точек внутри сектора, а

приказ  $PX$  - начальную точку в выбранном секторе. Эти приказы удобно использовать для более детального наблюдения не всего спектра, а отдельных выбранных его участков.

Приказ  $LY_{\Delta}$  ( $\Delta = 1+23$ ) задает значение содержимого наблюдаемых каналов. Для секторов, число каналов в которых  $\geq 512$  (длины секторов 1024, 2048, 4096 каналов) программно на поле наблюдения осуществляется сжатие спектра до 512 каналов, т.е. содержимое каждой подсвечиваемой точки берется как среднее значение содержимого двух, четырех, восьми соседних каналов спектра.

Существует возможность детального просмотра на экране всего спектра в движении. Это осуществляется приказом  $PL$ .

### 3). Приказы ввода-вывода информации

Имеется набор программ ввода экспериментальных данных с измерительных установок. По приказу SA разрешается прием данных от специализированных анализаторов МАРС, АНОД, амплитудных кодировщиков в режиме прерывания по программному каналу PRT. По приказу TT осуществляется ввод (перевос) накопленных данных из выбранного анализатора АИ-4096 в ОЗУ ТРА-1001. При этом при выполнении приказа в диалоге с системой экспериментатор задает значение начального адреса анализатора, длину передаваемого массива и начальный адрес памяти ЭВМ, с которого записывается принимаемая информация.

По приказу IT осуществляется перевод информации с устройства накопления и обработки цифровых данных ТРИДАК.

По приказам IND, IM, INT осуществляется ввод перфоленга, полученных на ЭВМ ТРА-1001, Минск-32 и на специализированных измерительных установках Лаборатории.

Имеется также набор программ для вывода информации на телетайп и перфоленту. По приказу OG осуществляется графический вывод спектра или его части на телетайп. При этом форму выводимого спектра можно одновременно наблюдать на экране дисплея. При графическом выводе печатается номер наблюдаемого сектора, адрес, значение энергии и содержание для каждого канала.

По приказу TP осуществляется вывод на телетайп в виде таблицы участка спектра или всего спектра, отмеченного маркерами A и B.

По приказу PD осуществляется вывод спектра на перфоленту. Она является паспортом проведенного эксперимента и может быть использована в дальнейшем для обработки.

По приказу PM осуществляется вывод спектра на перфоленту в стандарте ЭВМ "Минск-32" а по приказу PH - для графикопостроителя.

#### 4). Приказы обработки спектров

Программы обработки спектров используют для предварительной обработки два световых маркера A и B, которые программно управляемы (приказы AL, AR, OA, AX, BL, BR, OB, BX) и имеют большую яркость на экране дисплея, чем подсвечиваемые точки спектра.

Приказы AYw и BYw представляют возможность изменять содержимое каналов, отмеченных маркерами A и B для наблюдаемого сектора, присвоив им новое содержимое " w ". Благодаря этим приказам с телетайпа можно заносить в сектора исходные данные (например, теоретический спектр) править на реальном спектре выбитые точки и т.д.

Приказ CS позволяет произвести очистку наблюдаемого на осциллокопе сектора, а приказ CT - очистку всех секторов.

Приказ PK позволяет вычислить площадь пика с фоном или без фона, определить центр тяжести пика с точностью до 0,1 канала и его полуширину FWHM .

Приказ EC дает возможность выполнить энергетическую калибровку в произвольном секторе при помощи двух известных реперных пиков.

На рис. I показан участок спектра сектора "0", его графическое построение между маркерами A и B, вычислены положения центров тяжести двух пиков, их полуширины, произведена энергетическая калибровка.

По приказу OS вычисляется интеграл для всего спектра или его участка с фоном и без фона, а по приказу SM производится сглаживание участка спектра между маркерами A и B методом наименьших квадратов с помощью полинома третьей степени.

По приказу NA выполняется нормализация спектра по числу событий (по интенсивности) и по энергии.

Приказы SW, SW+, SW- осуществляют перенос, сглаживание или вычитание спектра из сектора " w " на наблюдаемый сектор.

#### 5). Специальные приказы

В процессе обработки спектров появляется необходимость в нестандартной обработке, например, вычислении небольших арифметических выражений. Для этой цели в системе сделан специальный транслятор, который переводит в машинные коды простейшие выражения, записанные по определенным правилам, и оформляет их в программу.

После трансляции по приказу PP выдается бинарная перфолента, которую в дальнейшем можно многократно использовать без повторной трансляции.

Транслятор вызывается по приказу TP. Затем оператор печатает символическую программу. После ввода программы по приказу RE на телетайп выводятся результаты вычисления. Транслирование всегда

NSO

AX67  
BX119

062 FOR SECTION 0

+	67	+	67.000	+	513.000	-----*
+	69	+	69.000	+	554.000	-----*
+	71	+	71.000	+	597.000	-----*
+	73	+	73.000	+	774.000	-----*
+	75	+	75.000	+	1161.000	-----*
+	77	+	77.000	+	1649.000	-----*
+	79	+	79.000	+	1791.000	-----*
+	81	+	81.000	+	2078.000	-----*
+	83	+	83.000	+	2573.000	-----*
+	85	+	85.000	+	2398.000	-----*
+	87	+	87.000	+	1493.000	-----*
+	89	+	89.000	+	854.000	-----*
+	91	+	91.000	+	632.000	-----*
+	93	+	93.000	+	468.000	-----*
+	95	+	95.000	+	468.000	-----*
+	97	+	97.000	+	394.000	-----*
+	99	+	99.000	+	434.000	-----*
+	101	+	101.000	+	552.000	-----*
+	103	+	103.000	+	586.000	-----*
+	105	+	105.000	+	729.000	-----*
+	107	+	107.000	+	1259.000	-----*
+	109	+	109.000	+	1464.000	-----*
+	111	+	111.000	+	1108.000	-----*
+	113	+	113.000	+	805.000	-----*
+	115	+	115.000	+	816.000	-----*
+	117	+	117.000	+	601.000	-----*
+	119	+	119.000	+	466.000	-----*

AX67  
BX95

PK+ 67+ 95+ 35915.000+ 21690.490 P+ 82.712 FNM+ 10.383

AX97  
BX119

PK+ 97+ 119+ 17932.000+ 8042.000 P+ 109.467 FNM+ 7.179

ES P1= + 82.712 E1= 82.712 P2= + 109.467 E2= 109.467

Рис. I. Графический вывод на телетайп участка спектра.

Энергетическая калибровка.

совершается по строкам, которые по назначению делятся на следующие группы:

- а) декларационные,
- б) вычислительные,
- в) текстовые.

На рис.2 приведена таблица применяемых в трансляторе символов и дается пример использования транслятора.

Диалог между пользователем и системой представляет большие удобства в моменты наладок оборудования, подготовки эксперимента, в моменты продумывания пользователем этапов и алгоритмов обработки. Но когда начинается серийная однотипная обработка, то диалог становится стандартным, а, следовательно, обременительным. В этом случае желательно использовать автоматический режим работы. Для этого заранее подготавливается на перфоленте задание, состоящее из набора приказов, и вводится в машину.

Специальные приказы SA и NA переводят работу системы в автоматический режим или обратно.

#### Заключение

Система "Юпитер-16К" находится в эксплуатации с 1972 года. За это время она прошла контрольные испытания, применялась для ряда физических экспериментов (исследование двумерных  $\gamma\gamma$ -совпадений и измерение времен жизни в наносекундной области, изучение относительно долгоживущих альфа-активностей, проведение активационного анализа и др.).

Следует отметить, что данная система, выполненная для ЭВМ ТРА-1001, может быть использована для аналогичных малых машин ТРА-1001/1, PDP-8, Электроника-100, имеющих объем ОЗУ не менее 16К.



ОБОЗНАЧЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ В ТРАНСЛЯТОРЕ СИМВОЛОВ

СИМВОЛ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	СИМВОЛ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
< >	декларация имени переменных	≠ S	синус
+	сложение	≠ C	косинус
-	вычитание	≠ A	арктангес
*	умножение	≠ L	натуральный логарифм
/	деление	≠ E	возведение в степень "e"
↑	возведение в квадрат	←	вывод результата на печать
√	извлечение квадрата. корня	=	присваивание
&	ошибка	@	начало и конец текста
§	конец программы	A,...Z	символы переменных

ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСЛЯТОРА

Определить значения функции при разных значениях независимых переменных U, V, Z.

$$Y(U, V, Z) = 2.763U(\sin^3 Z + \cos e^{-\frac{1.43UZ}{2V}})^2 + 4.3\sqrt{V^4}(\sin^3 Z + \cos e^{-\frac{1.43UZ}{2V}});$$

```

TR+ 121
<ZUV>
+ 121 +V≠L=A
+ 115 - 1.43 *U≠Z/A≠E/C=B
+ 100 +Z / S ≠ L≠ 3 ≠ E+B=B
+ 86 +A≠ 0.8 ≠ E≠V≠ 4.3 =A
+ 70 @:+ 142:Y =@
+ 64 +B * 2.763 *U+A-
+ 46 §
RE
Z=90
U=1
V=2.763
Y =+ 24.745
    
```

Рис.2. Таблица применяемых символов. Пример использования транслятора.

Авторы выражают благодарность к.т.н. Б.В.Фефилову за постановку и общее руководство работой и к.ф.м. Л.С.Нефедьевой за проявленный интерес к данной работе и за замечания, сделанные при чтении рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

1. И.Ланг, О.К.Нефедьев, Б.В.Фефилов. Применение малой ЭВМ ТРА для накопления и обработки экспериментальных данных в реальном масштабе времени. Сообщение ОИЯИ IO-5296, Дубна, 1970.
2. М.Даковский, Ю.А.Лазарев, И.Ланг, О.К.Нефедьев, М.С.Бирулев. Анализатор нейтронов деления на линии с малой ЭВМ ТРА-1001". Сообщение ОИЯИ I3-6520, Дубна, 1972.
3. О.К.Нефедьев, В.Шульце. Двухпараметровый анализатор с цифровыми окнами на линии с малой ЭВМ ТРА-1001. Сообщение ОИЯИ I3-7288, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
1 апреля 1974 года.