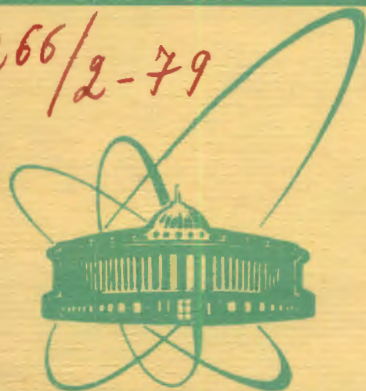


2266/2-79



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Ц 8452

H-246

11/01-79

P10 - 12206

Ю.Намсрай, А.С.Савватеев, И.М.Саламатин

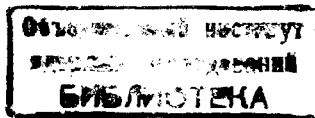
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ МИНИ-ЭВМ ТИПА М-400
С ОБОРУДОВАНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК

1979

P10 - 12206

Ю. Намсрай, А. С. Савватеев, И. М. Саламатин

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ МИНИ-ЭВМ ТИПА М-400
С ОБОРУДОВАНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК



Намсрай Ю., Савватеев А.С., Саламатин И.М.

P10 - 12206

Организация работы мини-ЭВМ типа М-400
с оборудованием в стандарте КАМАК

Описывается организация пакета программ, из которого на начальном этапе выполнения программы конкретного эксперимента генерируется подсистема, работающая с оборудованием в стандарте КАМАК. Пакет включает диспетчер прерываний, библиотеку стандартных программ, перемещаемых в двоичном виде и параметризуемых на этапе выполнения, и служебные программы.

При произвольном числе независимых подканалов ввода и вывода информации минимальное время холостого цикла системы прерывания процессора в сумме с временем диспетчеризации составляет 62,4 мкс, что допускает ввод спектрометрической информации по программному каналу.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Namsraj Yu., Savvateev A.S., Salamatin I.M.

P10 - 12206

Organization of Operating a M-400 -Type
Mini-Computer Using the CAMAC Apparatus

Program package organization is described from which at the initial step of program execution a subsystem is generated operating using the CAMAC apparatus. The pocket consists of an interrupt handler, a standard program library, relocatable in a binary code and being parametrized at the execution step, and service programs. At an arbitrary number of input and output data independent subchannels a minimum time of interrupt system idle cycle of the process added to the despatching time is 62.4 mks. It permits to input a spectrometric data over the program channel.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

Большое число ядерно-физических экспериментов выполняется с использованием программно-управляемой электроники, имеющей модульную структуру и унифицированное сопряжение с ЭВМ. Одной из наиболее распространенных модульных структур является система КАМАК^{/1/}.

Программированию работы с оборудованием в стандарте КАМАК в настоящее время уделяется значительное внимание^{/2-5/}. Обычно в язык высокого уровня (FORTRAN, BASIC) вводятся необходимые дополнительные операторы, позволяющие описать операции с сигналами и регистрами оборудования^{/3/}. Это дает существенные удобства для решения задач отладки, проверки оборудования, а также при программировании экспериментов с вводом информации в оперативную память /ОП/ по каналу прямого доступа^{/4/}. Такое решение реализуется путем построения универсального драйвера для работы с конкретными устройствами сопряжения^{/5/}. Основным ограничением применения данного подхода является относительно большое мертвое время, достигающее нескольких миллисекунд^{/5/}. Помимо этого, программист не освобождается от необходимости детально знать набор и функции сигналов, а зачастую и систему команд используемого стандарта оборудования^{/3,5/}.

В данной работе описывается организация пакета программ, из которого на начальном этапе выполнения программы конкретного эксперимента генерируется подсистема, работающая с оборудованием в стандарте КАМАК. При разработке этого пакета ставились задачи получить минимальное мертвое время, обеспечить преимущество разрабатываемых программ, сократить расход занимаемой ОП, уменьшить затраты на переработку

программ при модификации оборудования и облегчить использование пакета потребителями по сравнению с вариантами, опирающимися на универсальный драйвер.

Описываемый пакет программ является частью разрабатываемой в ЛНФ системы автоматизации накопления и первичной обработки экспериментальных данных /САНПО/⁶ для машин, программно совместимых с ЭВМ М-400⁷.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ ДЛЯ РАБОТЫ С ОБОРУДОВАНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК

Для обеспечения каждого конкретного эксперимента в рамках системы САНПО формируется подсистема, выполняющая всю работу с экспериментальным оборудованием в стандарте КАМАК /СРК/. Эта подсистема выполняет инициализацию оборудования, организует начало и остановку эксперимента, принимает экспериментальные данные и передает управляющие команды и параметры экспериментальной установке.

Экспериментальные данные могут поступать по нескольким подканалам. Помимо этого, допускаются подканалы для передачи управляющего воздействия на экспериментальную установку. Каждый подканал оборудуется одним или несколькими блоками электроники. Для подканала, обеспечивающего ввод информации, один блок может быть активным, т.е. генерировать запрос прерывания, означающий требование принять информацию.

Процесс компоновки СРК проходит следующие стадии:

1. На входном языке описывается конфигурация оборудования и для каждого подканала указывается стандартная программа обслуживания подканала, которая будет выполнять регистрацию или управление. Такие программы должны быть предварительно написаны, транслированы и занесены в библиотеку.

2. Исходное описание преобразуется в таблицу описания эксперимента.

3. Служебная программа ЗАПУСК на основании таблицы описания работы с оборудованием в стандарте КАМАК из библиотечных модулей формирует в ОП конкретную СРК. При этом из библиотеки выбираются соответствующие версии диспетчера прерываний, выполняющего идентификацию абонентов,

и программ обслуживания подканалов. Затем производится их настройка в соответствии с конкретными позициями блоков в каркасе и заполняются требующиеся ссылки на остальные части программы эксперимента.

Все средства, необходимые для генерации СРК /текст на входном языке, системные таблицы, диспетчер, программы обслуживания подканалов и служебные программы/, являются модулями в библиотеке САНПО. Диспетчер, программы обслуживания подканалов и служебные программы хранятся в формате загрузки в перемещаемом виде.

Разработанный пакет программ написан на языке MACRO-II⁸.

Ниже подробно рассматриваются таблицы описания работы с оборудованием в стандарте КАМАК, диспетчер прерываний, структура стандартных программ обслуживания подканалов ввода /и вывода/ экспериментальной информации и алгоритм программы ЗАПУСК.

ТАБЛИЦА ОПИСАНИЯ РАБОТЫ С ОБОРУДОВАНИЕМ В СТАНДАРТЕ КАМАК

Таблица описания работ /ТОР/ содержит всю необходимую информацию для компоновки СРК конкретного эксперимента. ТОР состоит из последовательности таблиц описания отдельных подканалов /ТОК/, оканчивающихся терминатором /кодом 177777₈/.

В ТОК находится информация о типе конфигурации оборудования подканала, о конфигурации блоков оборудования, используемых в подканале, имя программы обслуживания данного подканала и имена буферных участков ОП, используемых этой программой. Программа может использовать до двух буферов для ввода - вывода информации.

Формат ТОК приведен на рис. 1. Имя программы обслуживания подканала, тип конфигурации оборудования подканала и имена описаний буферных участков в ОП /по 6 символов/ кодируются в формате RADIX -50⁸ и занимают по 2 машинных слова. Далее, по одному байту отведено на номер ветви и номер каркаса в ветви, число N используемых программой блоков КАМАК /обычно это число блоков, используемых в подканале/ и адрес

| | | |
|----|--------------------------|-----------------------|
| 00 | Имя программы | |
| 02 | обслуживания подканала | |
| 04 | Тип конфигурации | |
| 06 | оборудования подканала | |
| 10 | Имя первого буфера, | |
| 12 | используемого программой | |
| 14 | Имя второго буфера, | |
| 16 | используемого программой | |
| 20 | Номер ветви | Номер каркаса |
| 22 | N | Адрес активного блока |
| 24 | S_2 | S_1 |
| | . | . |
| | . | . |
| | . | . |
| | S_N | S_{N-1} |

} N/2 слов

Рис.1. Формат таблицы описания подканала. Цифры слева - относительные адреса слов в таблице. N - число блоков КАМАК, используемых подканалом. S_i - адрес i-го блока, используемого подканалом.

активного блока подканала /обычно это номер станции, занимаемой блоком в каркасе/. Последующие N/2 слов содержат адреса используемых подканалом блоков. В случае нечетного значения N/2 вводится байт, дополняющий адрес конца таблицы до четного. Этот байт содержит ноль. Если программа обслуживания подканала использует только один буферный участок, то вместо имени второго буферного участка в ТОК содержится ноль. В случае, когда подканал работает без активного блока, соответствующий байт адреса также содержит ноль.

Отметим, что адрес блока кодируется в 8 разрядах вместо необходимых 5. Это обеспечивает разработчикам очевидные удобства при отладке и не приводит к перерасходу ОП, так как ТОР используется только на этапе генерации системы для конкретного эксперимента.

6

6

ДИСПЕТЧЕР ПРЕРЫВАНИЙ

1. Используемый в данной работе контроллер^{9/} имеет четыре регистра адреса ветви и каркаса, каждый из которых обеспечивает доступ к адресуемым ветви и каркасу. Четвертый из этих регистров аппаратно предназначен для выполнения операции чтения шкалы упорядоченных запросов прерывания из ветви и каркаса, указанных в данном регистре. Эти регистры ориентированы на позиционное кодирование адресов.

2. Диспетчер прерываний от оборудования в стандарте КАМАК /ДПК/ определяет адрес блока-абонента, запрашивающего прерывание, и передает управление соответствующей программе обслуживания подканала.

В ДПК включены:

1/ таблица описания дисциплины приоритетов, установленных для подканалов ввода - вывода информации /ТОДОК/;
2/ функциональная часть, выполняющая идентификацию абонента,

3/ программные сегменты управления, общие для всех программ обслуживания подканалов.

ТОДОК представляет собой последовательность таблиц соответствия /ТС/, оканчивающуюся терминатором /кодом 17777₈/. Формат ТС показан на рис. 2. Первое слово таблицы содержит позиционно-кодированный номер ветви и каркаса. Этот код используется для обеспечения доступа к определенному каркасу в определенной ветви. Далее следуют пары кодов для каждого активного блока адресуемого каркаса в порядке убывания приоритетов подканалов. Первым кодом каждой пары является позиционно-кодированный адрес блока в каркасе, вторым - адрес программы обслуживания подканала. ТС оканчивается терминатором /кодом 17777₈/. Приоритеты блоков, размещенных в разных каркасах, убывают в порядке появления соответствующих ТС в ТОДОК.

Первый код ТС используется диспетчером для чтения очередной шкалы упорядоченных запросов прерывания. С целью сокращения мертвого времени шкала запросов программно сокращена до 16 разрядов. Смена типа используемого контроллера приводит к замене блока в диспетчере, считывающего шкалу запросов. Затем просматриваются пары кодов ТС и управление передается

7

6

| Номер ветви | Номер каркаса |
|---|---------------|
| Позиционно-кодированный номер станции активного блока первого подканала | |
| Адрес подпрограммы, обслуживающей первый подканал | |
| ⋮ | |
| Позиционно-кодированный номер станции активного блока n -го подканала | |
| Адрес подпрограммы, обслуживающей n -й подканал | |
| Терминатор ТС (код 177777) | |

} 2m слов

Рис.2. Формат таблицы соответствия. m - число активных блоков в каркасе КАМАК.

программе обслуживания того подканала, для активного блока которого позиционно-кодированный адрес обнаружен в шкале запросов. Операция может выполняться для всех ТС, присутствующих в ТОДОК /для остальных ветвей и каркасов/.

Если абонент, запрашивающий прерывание, не опознан, то делается попытка устранить помеху. Для этого выполняется алгоритм, основанный на предположении, что помеха носит импульсный характер¹⁰. В случае неудачи управление передается монитору САНПО с указанием кода ошибки.

При выводе информации по нескольким независимым подканалам одного эксперимента обычно требуется их одновременное включение и выключение. В связи с этим в ДПК включены сегменты общего пользования, к которым могут избирательно обращаться программы обслуживания подканалов и монитор. Эти блоки выполняют:

а/ одновременное включение регистрации по всем используемым подканалам,

б/ одновременное выключение этих подканалов,

в/ установку флагов готовности накопленной информации к обработке для синхронизации процессов регистрации и первичной обработки.

ДПК использует два регистра общего назначения - R0 и R1. При передаче управления программе обслуживания подканала состояние этих регистров не определено, программа может не сохранять их содержимое. Если программе обслуживания подканала потребуются другие регистры, программист должен позаботиться о сохранении их содержимого.

3. Полное время обработки прерывания от блока с приоритетом i внутри каркаса с приоритетом k определяется формулой:

$$t = \tau_0 + \tau_1 + 20,6 + 14,2(k-1) + 11,6(k-2) + \sum_{j=1}^{k-1} [7,0n_j + 11,6(n_j - 1)] + 7,0i + 11,6(i-1) + T_{\text{ПОК}} \text{ /мкс/},$$

где n_j - число активных блоков в каркасе с приоритетом j ; $\tau_0 = 26,7$ - время холостого цикла системы прерывания процессора; $\tau_1 = 17,4$ - время сохранения и восстановления регистров R0, R1; $T_{\text{ПОК}}$ - время работы программы обслуживания подканала. Остальные коэффициенты отражают время работы с элементами ТОДОК. При замене приоритета i на линейный приоритет блока ℓ /порядковый номер описания подканала в ТОДОК/ формула приобретает вид:

$$t = \tau_0 + \tau_1 + 20,6 + 14,2(k-1) + 11,6(k-2) + 7,0\ell + 11,6(\ell - 1) + T_{\text{ПОК}} \text{ /мкс/},$$

$$\text{где } \ell = i + \sum_{j=1}^{k-1} n_j.$$

Для расширения возможностей в ДПК предусмотрено обслуживание привилегированного подканала. Мертвое время для такого подканала определяется формулой

$$t = \tau_0 + \tau_1 + 18,3 + T_{\text{ПОК}} \text{ /мкс/}.$$

СТРУКТУРА ПРОГРАММ, ОБСЛУЖИВАЮЩИХ ПОДКАНАЛЫ

Программы обслуживания подканалов /ПОК/ реализуют алгоритм обмена информацией с оборудованием в стандарте КАМАК. При этом информация заносится в буферный участок оперативной памяти либо пересылается из буфера в регистры оборудования. На алгоритм работы ПОК ограничений не наложено, но при обработке прерываний в случае ввода информации по программному каналу целесообразно максимум операций перенести в программы первичной обработки, работающие при разрешенном прерывании.

Структура ПОК, совместимых с данной системой, фиксирована и должна удовлетворять следующим требованиям. Тело ПОК должно содержать интерфейсную таблицу, функциональную часть, два управляющих блока и таблицу перерабатываемых адресов.

Интерфейсная таблица содержит описание используемых данной ПОК буферов регистрации и адреса доступа к функциональной и управляющей частям.

Функциональная часть реализует алгоритм обмена информацией.

Два управляющих сегмента ПОК включают операции, которые необходимо выполнить перед началом /первый/ и в конце измерения /второй/.

Таблица перерабатываемых адресов используется программой ЗАПУСК для настройки ПОК в соответствии с конкретным положением блоков в каркасе.

ПРОГРАММА ЗАПУСК

Программа ЗАПУСК компонуется для конкретного эксперимента из библиотечных модулей подсистемы, работающую с оборудованием в стандарте КАМАК. Данная программа использует в качестве исходной информации ТОР и выполняет следующие функции:

- 1/ формирует ТОДОК,
- 2/ загружает в ОП пакет необходимых программ,
- 3/ модифицирует ТОДОК, диспетчер и функциональные части

ПОК в соответствии с конкретной конфигурацией блоков в каркасе,

4/ устанавливает в исходное состояние рабочие ячейки интерфейсных таблиц ПОК,

5/ выполняет инициализацию используемых блоков.

При формировании ТОДОК приоритеты каркасов определяются порядком первого появления ссылок на них в ТОР. Приоритеты активных блоков определяются последовательностью размещения ТОК в ТОР.

Загрузка модулей, из которых компонуется подсистема для конкретного эксперимента, выполняется на динамически распределяемый участок ОП в порядке: тело диспетчера, ТОДОК, модули ПОК.

Модификация каждого модуля выполняется немедленно после его загрузки. Благодаря этому ОП не расходуется на хранение списка модифицируемых адресов. Скомпонованная подсистема жестко фиксируется в ОП. Границы занятого участка ОП сообщаются загрузчику САНПО, который уменьшает динамически распределяемый участок ОП на величину занятого участка.

Для инициализации используемых блоков КАМАК программа ЗАПУСК использует первые управляющие блоки каждой ПОК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная организация работы с оборудованием в стандарте КАМАК позволяет для произвольного числа независимых подканалов обеспечить величину мертвого времени, определяемую в основном особенностями принятого стандарта оборудования и его конфигурацией. Быстродействие можно проиллюстрировать на примере подканала, в котором используются временной кодировщик и 8 счетчиков¹¹. Программа обслуживания этого подканала формирует 8 спектров в ОП. Экспериментально измеренное время работы такой программы, включая время на вход в прерывание, диспетчеризацию и выход из прерывания, составило 240 мкс.

Временные характеристики данной системы позволяют применять ее для более широкого круга физических экспериментов, чем варианты программ, основанные на универсальном драйвере

оборудования в стандарте КАМАК. В частности, при вводе данных в спектрометрических экспериментах возможно помимо автономного использовать также и программный канал.

Реализованная процедура генерации системы из библиотечных стандартных программ, перемещаемых в двоичном виде и параметризуемых на этапе выполнения, устранила необходимость повторения их трансляции при изменении условий эксперимента и обеспечила преемственность результатов программирования и отладки. Введено естественное распределение труда: системные программисты могут выполнить наполнение библиотеки конкретными функциями, а пользователь /программист или физик/ получает возможность описать работу с оборудованием на языке высокого уровня. Детали, связанные с обработкой служебных сигналов оборудования /Q, X, L и др./, скрыты от пользователя и автоматически обеспечиваются системой программ.

Общая организация пакета программ и системные программы /в данной части - программа ЗАПУСК/ инвариантны относительно типа используемого контроллера. При переходе к другому контроллеру либо в случае усложнения оборудования вследствие включения распределителя приоритетов^{/9,12,10/} в диспетчере меняется сегмент, выполняющий идентификацию абонента.

В заключение авторы благодарят Ю.М.Останевича, Л.Б.Пикельнера за поддержку данной работы, В.А.Вагова, М.З.Ишмухаметова, А.П.Сиротина за помощь в работе с оборудованием.

ЛИТЕРАТУРА

1. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Revised Description and Specification. Euratom Report, EUR 4100e, 1972.
2. Беспалова Т.Ф. и др. ОИЯИ, 10-10814, Дубна, 1978.
3. Нойберт П. и др. ОИЯИ, 10-11192, Дубна, 1978.
4. Салаи Ш. ОИЯИ, 10-10027, Дубна, 1976.
5. Беспалова Т.В. и др. ОИЯИ, 10-9970, Дубна, 1976.
6. Островной А.И., Саламатин И.М. ОИЯИ, P10-11349, Дубна, 1978.
7. Наумов Б.Н., Боярченко М.А., Кабалевский А.Н. Приборы и системы управления, 1977, № 10, с. 12-15.

8. RT-11 System Reference Manual. DEC-11-ORPGA-C-D. Maynard. Massachusetts. 1975, p. 755.
9. Nuclear Enterprises. CAMAC Catalogue. Bulletin No. 108. June 1977. Printed by PSG Ltd. East Kilbride, Scotland, p. 69; CAMAC Instruction Manual for Computer Controller Type 9030.
10. Матеева А., Намсрай Ю., Саламатин И.М. ОИЯИ, P10-10160, Дубна, 1976.
11. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
12. Браньковски Е., Елизаров О.И., Жуков Г.П. ОИЯИ, 11-8280, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 января 1979 года.