

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ц8406

Д-142

3/11-75

10 - 9060

4311/2-75

К.Дади, Л.Дади, Г.П.Жуков, А.Матеева,
И.М.Саламатин, М.А.Фурман

СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИБР-2

1975

10 - 9060

К.Дади, Л.Дади, Г.П.Жуков, А.Матеева,
И.М.Саламатин, М.А.Фурман

**СТРУКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИБР-2**

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

ВВЕДЕНИЕ

В ЛНФ для реактора ИБР-2^{/1/} создается новый измерительно-вычислительный центр /ИВЦ/. В его состав войдут 14 измерительных модулей, включающих малые ЭВМ, и базовая ЭВМ.

Предполагается, что будет разработана такая конфигурация ИВЦ, при которой:

1/ любой из модулей будет иметь кабельную связь с ЭВМ большой мощности;

2/ будет обеспечена возможность использования ВЗУ с произвольным доступом /НМЛ, НМД/ в программах любого модуля. Доступ к этим ВЗУ возможен через посредство базовой либо другой ЭВМ, которой можно будет передать функции ведения каталога, архива данных.

В таких условиях возможности, предоставляемые для ведения эксперимента, определяются не только конфигурацией модуля, но и конфигурацией всего ИВЦ при соответствующем построении программного обеспечения.

Для действующего реактора вопрос о расширении возможностей экспериментов путем объединения оборудования в измерительный центр был решен в работе^{/2/}. Программное обеспечение такого центра описано в работах^{/3, 4, 5/}.

Создание ИВЦ для реактора ИБР-2 и комплектование его машинами нового поколения, количество и функции которых могут быть иными, чем описанные в работе^{/5/}, требует нового цикла работ по созданию программного обеспечения. Программы, полностью автоматизирующие выполнение эксперимента, по-видимому, еще ряд лет будут иметь ограниченное применение. Тем не менее.

при разработке системной части программного обеспечения ИВЦ для ИБР-2 должны быть реализованы решения, не исключающие возможности такой автоматизации.

Работа по созданию программного обеспечения обычно сравнима по трудоемкости с затратами на разработку оборудования. Значительная экономия здесь может быть достигнута на пути использования стандартного программного обеспечения, на пути унификации программного обеспечения экспериментов, а также координации работ с целью учета специфики задач в операционных системах машин большой мощности, включаемых в процесс обработки экспериментальных данных. Однако при построении мониторов в стандартной операционной системе /ОС/ не учитывается специфика исследований, проводимых на импульсном реакторе. Мерой эффективности обычно служит коэффициент использования процессора. Предпочтение отдано режиму трансляции и компоновки всей программы перед загрузкой и исполнением. Помимо этого, трансляторы в стандартных ОС малых ЭВМ /например, PDP-8, PDP-11/20 и др./ не имеют средств описания параллельных процессов.

Цель данной работы - описание принятой структуры программного обеспечения измерительного модуля, специализированного на круг задач ИВЦ ИБР-2.

На решение вопроса о выборе структуры влияет ряд факторов. Определяющими мы считаем поток подлежащей обработке информации, специфические особенности процедуры обработки информации, имеющиеся в распоряжении средства обработки, принятые критерии эффективности.

Поток информации и требующаяся обработка

Большинство экспериментов на реакторе ИБР-30 выполнялось в два этапа: этап измерений и этап обработки результатов. Причин к этому несколько:

а/ на этапе обработки используются операции, выполняемые человеком;

б/ необходимо накопить значительную статистику, прежде чем начинать окончательную обработку;

в/ меняется методика эксперимента, и это затрудняет создание полной программы эксперимента;

г/ каждые 4 недели меняются режимы работы реактора, что приводит к вынужденным перерывам в измерениях.

Смена режимов работы реактора предполагается и на реакторе ИБР-2. Длительность цикла реактора определяет максимальную длительность непрерывной работы модуля в режиме измерений, после чего результаты измерений могут обрабатываться на любой из доступных ЭВМ. Информация, накопленная за один период первого из режимов реактора, должна быть обработана за время следующего режима.

Время обработки зависит от объема информации, от организации работы на модуле, а также от программного и аппаратного обеспечения наиболее трудоемких операций на модуле и во всем ИВЦ.

Согласно оценкам, ожидаемый поток информации от спектрометра на реакторе ИБР-2 можно охарактеризовать интенсивностью от нескольких единиц до ≈ 1000 событий/сек и длиной описания события 1-3 байта.

Объемы оперативной памяти, требующиеся для обработки такого потока информации, определяются выбранным способом регистрации и методикой обработки.

Зачастую, используя программные или аппаратные средства, можно уже во время измерений сжать регистрируемую информацию в $10 \div 100$ раз и формировать спектры, емкость которых обычно не более 4096 каналов /слов оперативной памяти ЭВМ/. Количество таких спектров, формируемых на этапе измерения, в зависимости от типа спектрометра может быть от нескольких сотен до нескольких тысяч.

Основные виды требующейся в эксперименте обработки следующие:

1/ Экспресс-обработка с целью получить информацию для управления процессами на этапе измерений.

2/ Структурная и арифметическая обработка, обеспечивающая сжатие и накопление информации.

3/ Визуальный контроль и ручная разметка спектров с использованием дисплея и других средств. Эта работа пока требует значительного расхода времени экспери-

ментатора, т.к. обработка спектра может занимать от нескольких минут до нескольких часов.

4/ Окончательная обработка информации, надежность которой подтверждена во время предшествовавшей обработки.

Первый и второй виды обработки определяют часть необходимых операций программы измерений. Реализация на ЭВМ модуля второго и третьего видов обработки в качестве фоновой задачи во время измерений приведет к сокращению длительности эксперимента. Под фоновой мы понимаем любую задачу, не имеющую программно реализованной обратной связи с программой измерений. Окончательная обработка, включающая итерационные процессы, обычно выполняется на средних и больших ЭВМ.

Из сказанного следует, что на ЭВМ модуля желательно реализовать возможность одновременного выполнения трех программ:

- 1/ Заданной программы измерений.
- 2/ Дисплейной программы.
- 3/ Фоновой задачи.

При наличии кабельной связи модуля с базовой ЭВМ вполне реально выполнение на большой ЭВМ операции, включенной в программу измерений. Такая возможность является важным условием для автоматизации эксперимента, если при обработке информации машиной на линии с экспериментальной установкой используются, например, итерационные процессы.

Организация работы измерительного модуля

Программу измерений можно проиллюстрировать *рис. 1*. На данном рисунке изображена работа части программы измерений, соответствующая одному из каналов ввода информации. В любом эксперименте их, как правило, несколько.

Во время измерений от детектора поступает некоторый спектр событий. Выделим процесс регистрации событий и процесс обработки зарегистрированной информации.

1. Первый из них сводится к занесению описаний событий в буферную память. Регистрация событий произ-

водится в порядке очередности их поступления с потерей событий. Необходимым является требование, чтобы зарегистрированная информация отображала с заданной точностью спектр событий, поступающий от спектрометра.

Одной из основных причин искажения спектра является конечное мертвое время τ регистрирующей части модуля ^{6/}. При использовании для регистрации событий канала автономной передачи данных мертвое время полностью определяется свойствами оборудования. При использовании программного канала величину τ определяют совместно параметры оборудования, алгоритмы диспетчера и программ обработки прерываний. Структура программного обеспечения должна обеспечивать возможность модификации диспетчера и программ обработки прерываний.

Следует отметить, что при обоих способах регистрации /программный и автономный каналы/ неизбежно значительное резервирование времени процессора. При интенсивности I зарегистрированных событий доля η времени, в течение которого процессор не занят регистрацией событий, будет $\eta = 1 - I\tau$.

2. При подходе к процессам регистрации и обработки как к неделимым мы должны их считать процессами последовательными и блокировать один из них на время работы другого. Назовем временем реакции измерительной системы то время, в течение которого процесс регистрации программно блокирован из-за необходимости выполнить обработку.

Наличие у системы конечного времени реакции имеет два отрицательных следствия. Во-первых, в ряде случаев должны приниматься специальные меры к защите спектра от искажений в процессе регистрации. Во-вторых, часть информации просто теряется, что приводит к снижению точности результатов и экономически невыгодно.

Второе замечание связано с критерием эффективности измерительной системы и требует дополнительного рассмотрения.

При схеме измерений, показанной на *рис. 1*, время реакции системы равно времени обработки.

Выгоднее рассматривать процесс обработки состоящим из нескольких фаз, как это показано на *рис. 2*. При



Рис. 1. Схема эксперимента на этапе измерений при последовательном выполнении процесса регистрации и процесса обработки.

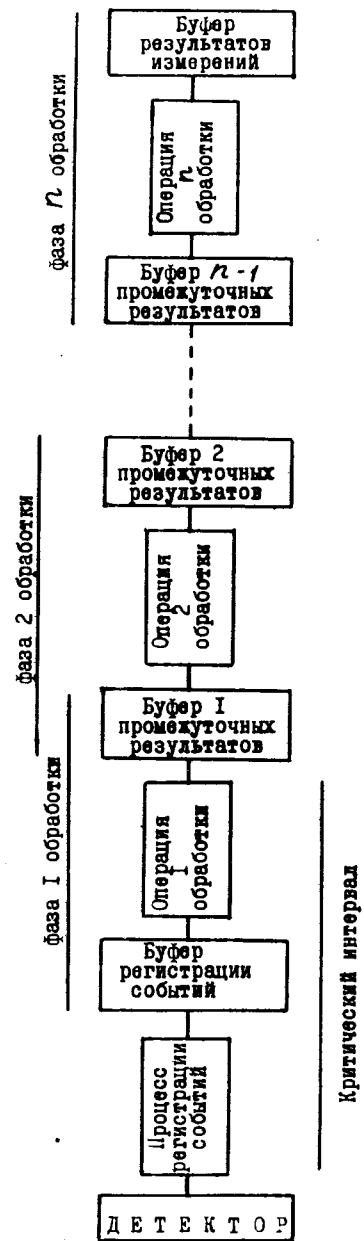


Рис. 2. Схема эксперимента на этапе измерений.

этом длина критического интервала, в течение которого процессы регистрации и обработки должны быть последовательными, определяется продолжительностью первой фазы обработки, а остальная часть процесса обработки может выполняться параллельно с процессом регистрации.

Время реакции системы в этом случае уменьшается и будет определяться суммой времени исполнения операции на первой фазе обработки и времени переключения обработки на эту фазу. Дальнейшее уменьшение времени реакции системы может быть достигнуто двумя путями:

1/ Сокращением времени переключения фаз, что достигается сокращением длительности неделимой операции на каждой фазе.

2/ Уменьшением числа повторений длительных операций путем буферизации данных на входе в такую фазу.

Учитывая, что

а/ в любом эксперименте необходимо обеспечивать ввод и регистрацию информации по нескольким каналам одновременно;

б/ предпочтительнее параллельное исполнение процессов регистрации и обработки, чем последовательное;

в/ процесс обработки на некоторой фазе может разветвляться на ряд параллельных процессов /7/, можно сделать вывод о необходимости иметь на модуле развитой аппарат для реализации параллельных процессов.

Критерий эффективности программы измерений

В условиях, когда стоимость базовой установки /реактора/ намного превышает стоимость измерительного модуля, качество программного обеспечения следует определять по коэффициенту использования базовой установки k :

$$k = p_p / (t_p + t_{\bar{p}}), \quad /1/$$

где t_p - время, в течение которого программно разрешена регистрация экспериментальных данных, $t_{\bar{p}}$ - время,

в течение которого процесс регистрации программно блокирован.

Из предыдущего параграфа следует, что при наличии резерва процессорного времени и соответствующем построении программного обеспечения задача построения оптимальной программы измерений сводится в основном к задаче рационального использования памяти.

При известной методике эксперимента и описанном выше подходе к структуре программ обработки оптимальное распределение памяти поддается оценке. Это наиболее важно в случае фиксированной конфигурации модуля, не обеспечивающей значение k , близкое к максимальному $k_{\text{макс}} = 1 - I_{\tau}$.

Следует заметить, что в этих условиях и при использовании критерия /1/ требование к скорости исполнения отдельных операций не является обязательным.

Вывод из сказанного - требование ввести в программное обеспечение измерительного модуля аппарат гибкого управления распределением памяти под программы и промежуточные результаты обработки.

Структура программного обеспечения измерительного модуля

Структура программного обеспечения измерительного модуля, разработанная с учетом перечисленных требований, показана на рис. 3. Звездочками на рисунке помечены блоки, которые могут быть заменены при изменении методики эксперимента.

1. Для описания процедур исполнения требующихся во время измерений процессов введен внутренний язык, близкий к входному. Введение внутреннего языка упрощает специализацию программного обеспечения измерительного модуля на круге задач, предполагаемых в ИВЦ. Такой подход обеспечивает ряд полезных качеств, из которых наиболее существенны следующие:

а/ резкое сокращение объема памяти, требующейся для хранения рабочих программ;

б/ облегчение построения программы, планирующей исполнение запрограммированных процессов;

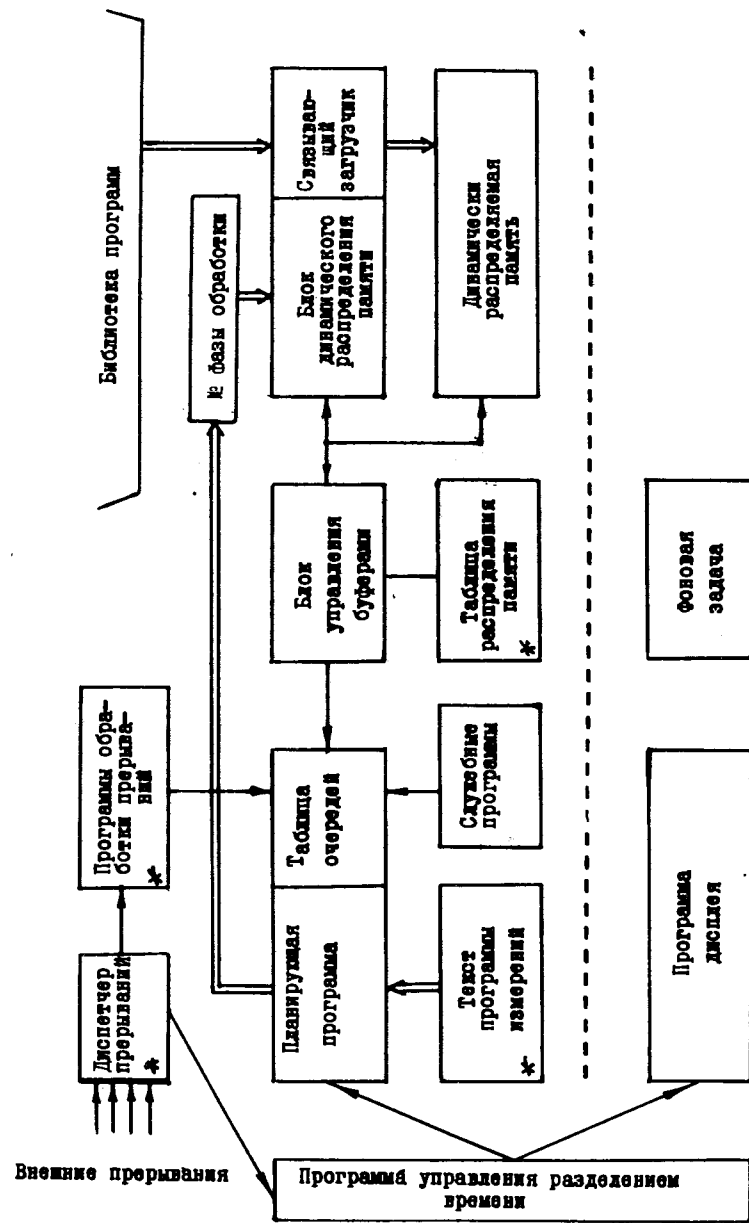


Рис. 3. Структура программного обеспечения измерительного модуля.

в/ сохранение аналогии в изображении процессов в исходной и рабочей программах;
г/ упрощение трансляции.

2. В таблице распределения памяти /ТРП/ описаны типы памяти и емкость буферов, используемых в программах обработки информации. Введение ТРП позволяет исполнять одну и ту же программу измерений на модулях разной конфигурации без дополнительной настройки программного обеспечения. Помимо этого, наличие ТРП конкретного эксперимента с указанными функциями является одной из необходимых предпосылок для организации спасения экспериментального материала в аварийных ситуациях.

3. Диспетчер и программы обработки прерываний учитывают конкретный набор нужных в эксперименте устройств, подключенных к ЭВМ модуля. Замена этих блоков может потребоваться при изменении состава экспериментального оборудования и при переходе к другому эксперименту.

4. Планирующая программа ведет организацией всех работ на модуле. Основным элементом, управляющим ее работой, является таблица очередей, в которой планирующая программа отмечает последовательность исполнения требующихся операций. В планирующую программу встроен интерпретатор программы измерений. При возникновении необходимости выполнить операцию на очередной фазе обработки планирующая программа определяет, какая требуется операция, рассматривает возможность выполнения операции и инициирует работу блока управления буферами.

5. Блок управления буферами обеспечивает программам доступ к нужным участкам памяти и фиксирует текущее состояние буферов.

6. После работы блока управления буферами может работать программа, исполняющая нужную операцию обработки. При отсутствии такой программы в оперативной памяти управление передается группе программ /на рис. 3 "связывающий загрузчик" и "блок динамического распределения памяти"/.

Связывающий загрузчик выбирает из библиотеки нужную программу в перемещаемой двоичной форме, разме-

щает ее в памяти на месте, указанном блоком динамического распределения памяти и, если требуется, настраивает ее по адресу загрузки и заполняет перекрестные ссылки. Блок динамического распределения памяти при определении места загрузки программы учитывает фазу обработки, в которой участвует загружаемая программа, и соответственно смещает плавающую границу фиксации. Тем самым существует тенденция к сокращению времени доступа к программам, требующимся чаще. После выполнения этих операций управление передается загруженной программе. Результатом выполнения операции на любой фазе обработки может быть управляющая информация. Поэтому после завершения операции управление передается планирующей программе.

7. Режим измерений при условии безотказной работы оборудования и в отсутствие оператора не требует разделения времени, планирующая программа может быть замкнута в петле просмотра таблицы очередей.

Для визуального контроля процессов, происходящих в ЭВМ, программа дисплея может быть включена в эту петлю ожидания. В этом режиме программе дисплея будет отдаваться время, свободное от исполнения программы измерений.

При отсутствии программы измерений все время процессора может быть отдано фоновой задаче.

Введение программы управления разделением времени позволяет дополнить набор возможных режимов работы следующими:

а/ Резервное время процессора может быть использовано для счета фоновой задачи одновременно с исполнением программы измерений. Согласование фиксированной частоты переключения в режим планирования с интенсивностью регистрируемых событий обеспечивается емкостью буфера на выходе системы регистрации.

б/ При отладке программ, оборудования, методики измерений необходим режим, в котором программе дисплея отдается время, требующееся для генерации устойчивого изображения, а планирующей программе и фоновой задаче - остальное время.

8. Конкретное содержание библиотеки программных модулей обеспечивает специализацию на интересующем круге задач, предпосылки к этому заложены в структуре программного обеспечения.

Основные алгоритмы описанной системы программного обеспечения проверены на ЭВМ ТРА-1001-і и используются в эксперименте с середины 1974 года.

Авторы благодарны В.П.Ширикову, Ю.М.Останевичу и Л.Б.Пикельнеру за полезные обсуждения.

Литература

1. В.Д.Ананьев, Д.И.Блохинцев, П.В.Букаев и др. Сообщение ОИЯИ, 13-4392, Дубна, 1969.
2. Г.И.Забиякин, В.А.Владимиров, Б.Е.Журавлев, Л.С.Нефедьева. ОИЯИ, Б1-10-4680, Дубна, 1969.
3. В.Н.Ефимов, Н.Ю.Ширикова. ОИЯИ, Б2-10-4089, Дубна, 1968; И.И.Шелонцев. ОИЯИ, Б2-10-4090, Дубна, 1968; И.И.Шелонцев, Н.Ю.Ширикова. ОИЯИ, Б2-10-4091, Дубна, 1968.
4. Н.С.Заикин, О.Н.Ломидзе, В.Н.Поляков, В.П.Шириков. ОИЯИ, Б1-11-5964, Дубна, 1971.
5. Н.Н.Воробьева, В.Б.Злоказов, Л.С.Нефедьева и др. ОИЯИ, Б1-10-8674 Дубна, 1975.
6. Б.Е.Журавлев. ОИЯИ, 13-3292, Дубна, 1967.
7. А.А.Богдзель, В.Браньковски, К.Дади и др. Сообщение на VIII Международном симпозиуме по ядерной электронике. Дубна, 24-29 июня 1975 г.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 июля 1975 года.