

4-65

10-84-159

ЧУРИН

Игорь Николаевич

АППАРАТУРА
ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ МАССИВОВ ИНФОРМАЦИИ
МЕЖДУ ЭВМ И ОБОРУДОВАНИЕМ
В СТАНДАРТЕ КАМАК, ИСПОЛЬЗУЕМЫМ
В ИССЛЕДОВАНИЯХ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:
доктор технических наук А.Н.Синаев

Официальные оппоненты:
доктор технических наук Ю.А.Каржавин
кандидат технических наук В.И.Приходько

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Институт
ядерных исследований АН УССР (Киев).

Защита диссертации состоится "___" _____ 1984 г.
в _____ час. на заседании Специализированного совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, г.Дубна,
Московской области.

Автореферат разослан "___" _____ 1984 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь
Специализированного совета Ю.А.Батусов
доктор физико-математических наук

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Целью настоящей работы является проектирование, создание и внедрение электронных систем для передачи массивов информации между ЭВМ и оборудованием в стандарте КАМАК, используемым в физических исследованиях на ускорителях. В состав этих систем входят микро-ЭВМ, набор контроллеров крейтов КАМАК, модули для организации стандартной ветви, регистры межкрейтовой связи и некоторые другие. Созданная аппаратура позволяет осуществлять связь с ЭВМ, имеющими как радиальную, так и магистральную структуру канала ввода-вывода, и работающими как по программному каналу, так и по каналу прямого доступа. Работа выполнялась в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ с 1974 по 1983 годы.

Актуальность работы определяется сильно возросшим в настоящее время значением автоматизации физических исследований на ускорителях. В этой сложной и комплексной проблеме особо выделяются вопросы создания и внедрения систем, осуществляющих передачу массивов информации между ЭВМ и оборудованием в стандарте КАМАК. Применение современных систем для пересылки массивов информации позволяет существенно сократить время подготовки и проведения эксперимента, улучшить основные характеристики создаваемых экспериментальных установок.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- Предложена оригинальная структура контроллера крейта, основанная на его конструктивном и логическом разделении на две части - интерфейс магистрали и интерфейс ЭВМ, что позволяет существенно улучшить технические, технологические и эксплуатационные характеристики контроллеров.

- Разработан и создан набор контроллеров крейта для работы с ЭВМ, имеющими как радиальную, так и магистральную структуру каналов ввода-вывода, и работающими как по программному каналу, так и по каналу прямого доступа к памяти.

- Разработана и создана микро-ЭВМ, аналогичная ЭВМ "Электроника-60", полностью размещенная в модуле КАМАК.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

- Предложены и осуществлены принципы построения многокрейтных, разнесенных на большие расстояния систем КАМАК на основе разработанных регистров межкрейтной связи с высоким быстродействием.

- Предложены и реализованы на практике специальные аппаратно-программные средства для наладки и проверки разработанной аппаратуры пересылки массивов информации.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанная аппаратура нашла широкое применение в исследованиях, проводимых как в Лаборатории ядерных проблем, так и в других лабораториях ОИЯИ, а также в ряде институтов СССР и других стран-участниц ОИЯИ (НРБ, ГДР, ЧССР).

Разработанные блоки в стандарте КАМАК серийно изготавливаются в Опытном производстве ОИЯИ. На конец 1983 г. было выпущено более 500 блоков 16 наименований.

Основные результаты работы обсуждались на научно-методических семинарах Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, докладывались на Международных симпозиумах по ядерной электронике, микро-ЭВМ и микропроцессорам (Дубна, 1975 г.; Варна, 1977 г.; Дрезден, 1980 г.; Будапешт, 1981 г.; Мадрид, 1983 г.), на Всесоюзных симпозиумах по автоматизации научных исследований (Киев, 1976 г.; Алма-Ата, 1978 г.; Новосибирск, 1981 г.), опубликованы в научных журналах и в виде сообщений ОИЯИ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Она содержит 130 страниц машинописного текста, 8 таблиц, 51 рисунок и список литературы из 86 наименований.

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Первая глава посвящена общим вопросам связи экспериментального оборудования в стандарте КАМАК с ЭВМ. Рассматриваются требования к аппаратуре связи по быстродействию, длине линий связи и надежности. Сделан краткий обзор принципов организации каналов ввода-вывода современных мини- и микро-ЭВМ. Проведен анализ различных вариантов связи крейтов КАМАК с ЭВМ, отмечены их преимущества и недостатки.

Рассмотрена структура контроллера типа U, систематизированы задачи отдельных узлов контроллера. Логически любой контроллер, осуществляющий связь магистрали КАМАК с каналом ввода-вывода ЭВМ, можно разделить на две основные части: интерфейс магистрали и интерфейс ЭВМ. Интерфейс магистрали обеспечивает работу контроллера с модулями крейта, а интерфейс ЭВМ - связь с каналом ввода-вывода ЭВМ. Устройство интерфейса ЭВМ существенно различается в случаях радиального и магист-

рального каналов ввода-вывода, зависит от принятого способа работы - по программному каналу или по каналу прямого доступа (КЦД).

Рассмотрены также режимы передачи массивов информации по магистрали крейта КАМАК. Выбор этих режимов при проектировании контроллера имеет большое значение с точки зрения обеспечения требуемого быстродействия, удобства подключения экспериментальной аппаратуры и программирования. Показано, что для целей экспериментальной ядерной физики наиболее целесообразно применять два режима: режим многократного обращения по одному адресу при заранее неизвестных моменты готовности очередного слова и общем числе слов в массиве (ULS) и режим последовательного опроса всех адресов в системе (ACA).

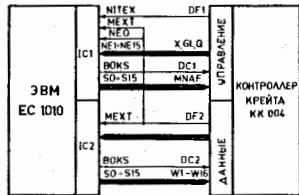
Глава завершается кратким обзором контроллеров крейта и драйверов ветви уже разработанных различными организациями. Дается сравнение их основных характеристик.

Вторая глава содержит описание разработанной аппаратуры в стандарте КАМАК для связи с различными ЭВМ, имеющими радиальный канал ввода-вывода. Описывается созданный универсальный контроллер КК 004 /1,2/. Отличительной особенностью контроллера является аппаратная реализация алгоритмов быстрой пересылки массивов информации между крейтом КАМАК и ЭВМ в режимах ULS и ACA. В состав контроллера входят регистры N, A, F, R и номера станции, узлы управления, обработки сигналов GL и генератор цикла КАМАК. В контроллере применены новые схемные решения узла управляющих сигналов и генератора цикла КАМАК. С целью облегчения программной совместимости со стандартным контроллером типа A-I в контроллере КК 004 нами использован аналогичный набор внутренних команд КАМАК, а также аналогичный способ обработки сигналов L. Для более эффективной работы с сигналами L, подаваемыми модулями крейта, создан грейдер сигналов L КУ 004 /1/, работающий совместно с контроллером КК 004.

Для подключения одного контроллера крейта к ЭВМ с радиальной структурой канала ввода-вывода обычно применяются две общецелевые интерфейсные карты ЭВМ, каждая из которых имеет входной и выходной регистры и узел управления. Одна из них (карта управления) используется для пересылки команд, подаваемых контроллеру, и для считывания статусной информации из него, а другая (карта данных) - для пересылки информации при записи или чтении.

Общецелевые интерфейсные карты ввода-вывода разных мини-ЭВМ имеют сходные наборы сигналов, обращенных к внешнему устройству. Это позволяет использовать один тип контроллера крейта для работы с разными ЭВМ.

Предусмотрены три режима пересылки данных ($M = 0, 2, 3$): при $M = 0$ выполняется пересылка одного слова; при $M = 2$ - пересылка массива по постоянному адресу в режиме ULS; при $M = 3$ массив пересылается при последовательном изменении адресов (режим АСА). Для ЭВМ Хьюлетт-Паккард серии 2100 применены интерфейсные платы НР12566А; для ЭВМ М-6000 - разработанные нами платы БИФ-004; к ЭВМ ЕС-1010 подключение проведено через интерфейсные платы ЕР 15 (рис.1). Применение метода интерфейсных карт позволило с минимальными затратами достичь поставленной задачи - обеспечить аппаратуру КАМАК связью с ЭВМ, имеющими радиальную структуру каналов ввода-вывода при сохранении возможности максимально быстрой передачи массивов информации.



ВВОД в ЕС 1010	NEI-NFS	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВХОДЫ ВО ВХОДНОЙ РЕГИСТР
ВВОД в ЕС 1010	MEXT	ИМПУЛЬС ЗАПИСИ ВО ВХОДНОЙ РЕГИСТР
ВЫВОД из ЕС 1010	SD-SIS	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ВЫХОДЫ С ВЫХОДНОГО РЕГИСТРА
ВЫВОД из ЕС 1010	BOKS	ИМПУЛЬС ВЫДАЧИ С ВЫХОДНОГО РЕГИСТРА
ПРЕКРАЩЕНИЕ	NIEX	ВНЕШНЕЕ ПРЕКРАЩЕНИЕ

Для работы с ЭВМ ИЗОТ-0310 и PDP-8 создано специальное устройство связи контроллера КК 004 по каналу прямого доступа^{3/}. Устройство выполнено в виде двойного модуля КАМАК и устанавливается в крейте рядом с контроллером.

Рис.1 Подключение контроллера КК 004 к ЭВМ ЕС-1010.

Рис.1 Подключение контроллера КК 004 к ЭВМ ЕС-1010.

роллером. В устройстве связи с помощью аппаратных средств учтена специфика быстрой пересылки массивов как через магистраль крейта и контроллер КК 004, с одной стороны, так и через магистраль ввода-вывода мини-ЭВМ ИЗОТ-0310 в режиме канала прямого доступа, с другой стороны.

В дополнение к сказанному следует отметить, что такой контроллер может быть подключен и к ЭВМ, имеющей магистральную структуру, если в ее составе имеются дуплексные регистры (интерфейсные платы), например, платы ИР для микро-ЭВМ "Электроника-60".

В этой же главе обсуждены вопросы программного обеспечения, применяемого на разных ЭВМ при работе с контроллером КК 004. В частности, для вычислительной машины Хьюлетт-Паккард нами изучены возможности разработанного в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ компилятора языка высокого уровня КАМАК в отношении пересылки массивов информации и организации прерываний от экспериментальной аппаратуры^{4/}. Опыт эксплуатации языка КАМАК подтвердил его положительные качества: лаконичность, наглядность программ, полное использование возможностей языка ФОРТРАН и системных ресурсов ЭВМ. Показано, что для большинства физи-

ческих задач недостаточное быстродействие программ на языке КАМАК можно компенсировать применением пересылки массивов данных с помощью быстрых аппаратных средств контроллера КК 004. Для ЭВМ ЕС-1010 написан ряд подпрограмм, позволяющих инициировать быструю пересылку массивов. В конце главы даны примеры применения контроллера КК 004 в исследовательских установках.

Третья глава посвящена разработке аппаратуры КАМАК для ЭВМ с магистральным каналом ввода-вывода. Предложена структура модульного контроллера крейта. Впервые контроллер разделен на две части (интерфейс магистрали и интерфейс ЭВМ) не только логически, но и конструктивно, то есть выполнен в виде двух блоков единичной ширины. При этом достигаются следующие преимущества по сравнению с размещением контроллера в одном блоке двойной ширины:

- получает дальнейшее развитие принцип модульности, появляется возможность использования единого интерфейса магистрали при создании контроллеров для разных ЭВМ;
- унифицируется межплатная связь в контроллере, так как она может выполняться через многоконтактные разъемы, установленные на задних панелях обоих блоков;
- улучшаются технологические и эксплуатационные характеристики контроллера, поскольку его легче изготавливать, настраивать и ремонтировать.

Блок-схема контроллера, состоящего из двух блоков, приведена на рис.2. Интерфейс магистрали устанавливается на 25-ой станции крейта и имеет доступ к линиям N, A, F, Z, C, I, B, S1, S2, L, X и Q. Пять линий выбора флага обеспечивают вывод на линию "флаг" одного из 32 сигналов запроса и статуса. В их число включены сигналы L, некоторые их комбинации и другие сигналы. Блок выполняет пересылку как отдельных слов, так и массивов информации в режимах ULS и АСА, а также генерацию управляющих сигналов на магистрали крейта. Интерфейс ЭВМ устанавливается обычно на 24-ой станции и взаимодействует с линиями магистрали R и W, а также имеет до-

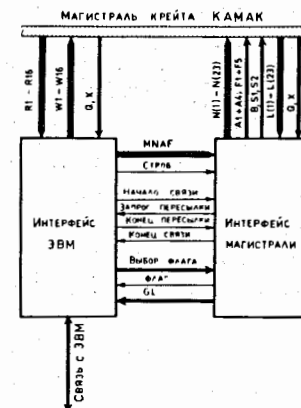


Рис.2 Структура модульного контроллера, состоящего из интерфейса ЭВМ и интерфейса магистрали.

ступ к линиям X и Q. Этот интерфейс имеет буферные регистры чтения и записи, к которым подключены линии данных канала ввода-вывода ЭВМ, а также два управляющих триггера - триггер связи и триггер пересылки.

Для описываемого модульного контроллера разработан протокол пересылки массива данных между каналом ввода-вывода ЭВМ и магистралью крейта. Сначала в интерфейс магистрали по стробу заносится команда МНАФ, которую необходимо выполнить. Затем по команде от ЭВМ подается сигнал "Начало связи". Начиная с этого момента, пересылка массива ведется под управлением интерфейса магистрали. При выполнении команды чтения по выбранному сигналу L генерируется цикл КАМАК, во время которого данные по линиям R1-R16 заносятся в интерфейс ЭВМ. Для пересылки очередного слова в ЭВМ интерфейс магистрали подает сигнал "Запрос пересылки", по которому интерфейс ЭВМ выполняет запись слова в ОЗУ и сообщает о завершении передачи сигналом "Конец пересылки". Когда передача массива завершена, интерфейс магистрали посылает сигнал "Конец связи". Аналогично выполняется пересылка массива в обратном направлении по команде записи.

Разработаны универсальный интерфейс магистрали КК 007 и три интерфейса ЭВМ КЭ 001, КЭ 002 и КЭ 003^{5,6/}. Интерфейс магистрали совместно с интерфейсами ЭВМ образует следующие контроллеры:

- а) с интерфейсом КЭ 001 - контроллер крейта для ЭВМ СМ-3 или СМ-4 по каналу прямого доступа к памяти;
- б) с интерфейсом КЭ 002 - контроллер крейта для микро-ЭВМ "Электроника-60" по каналу прямого доступа к памяти;
- в) с интерфейсом КЭ 003 - контроллер крейта для микро-ЭВМ "Электроника-60" по программному каналу.

Интерфейсы ЭВМ КЭ 001 и КЭ 002 имеют сходную структуру. Связь с шиной ЭВМ осуществляется в них через двунаправленные буферы адреса и данных (для КЭ 001 эти буферы - отдельные, а для КЭ 002 - совмещенные) и однонаправленные буферы ввода и вывода сигналов управления. Программно доступны четыре 16-разрядных регистра: регистр управления и статуса (PUC), счетчик адреса, счетчик переданных слов и регистр МНАФ. Имеются программно недоступные регистры R и W, а также регистр вектора прерывания. Устройство прямого доступа к памяти состоит из 3 узлов, осуществляющих требование работы по КПД, управление шиной ЭВМ и управление прерываниями. Интерфейс ЭВМ КЭ 003 не имеет аппаратных средств для работы по КПД, поэтому кроме регистров PUC и МНАФ в нем программно доступны регистры данных R и W.

Впервые в СССР разработана микро-ЭВМ, аналогичная ЭВМ "Электроника-60", процессор и ОЗУ которой полностью размещены в модулях КАМАК единичной ширины. Наличие микро-ЭВМ, изготовленной как и остальная

аппаратура в стандарте КАМАК, приводит к унификации конструктивов, уменьшению общих габаритов системы и делает ее использование более гибким. Микро-ЭВМ КМ 002^{7,8/} применяется в составе интеллектуальных автономных управляющих систем совместно с контроллером крейта, состоящим из блоков КК 007 и КЭ 002 или КЭ 003. Основой микро-ЭВМ является микропроцессор, который состоит из 4 БИС серии К 581, предназначенных для построения микро-ЭВМ "Электроника-60". В состав микро-ЭВМ КМ 002 входят также узлы управления шиной, управления прерываниями, предоставления прямого доступа, буферы данных и адреса и некоторые другие. В блоке, кроме того, находятся стираемая программируемая постоянная память (СППЗУ) на микросхемах К573РФ1, содержащая 3К слов. Шина микро-ЭВМ выводится на разъем РП5-50, расположенный на передней панели.

Для совместной работы с микро-ЭВМ КМ 002 создан модуль оперативной памяти КЛ 015. Он содержит ОЗУ динамического типа емкостью 32К 16-разрядных слов, которое построено на 32 интегральных микросхемах К565РУ3. ОЗУ позволяет работать как с 8-разрядными байтами, так и с 16-разрядными словами.

Разработано простое и эффективное программное обеспечение связи аппаратуры КАМАК с ЭВМ, имеющими магистральную шину. Для программирования работы контроллеров крейта, состоящих из интерфейса ЭВМ КЭ 001, КЭ 002 или КЭ 003 и интерфейса магистрали КК 007, применяются два способа: в одном из них используются макроопределения, а в другом - специальные подпрограммы.

В первом случае применен сокращенный набор операторов языка IML, адаптированный для реализации возможностей разработанных нами контроллеров.

Второй способ используется, в основном, для написания программ, носящих диалоговый характер.

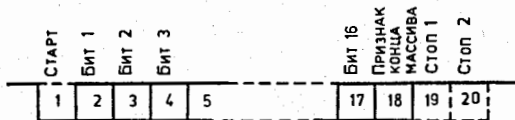
В четвертой главе обсуждаются вопросы создания и применения аппаратуры для многокрейтных и многомашинных систем. Системы, содержащие более 2-3 крейтов, обычно связываются с ЭВМ через один общий блок - системный контроллер или драйвер. Такая связь предусмотрена в стандартных - ветвевой (EUR 4600) и последовательной (EUR 6100) системах. Находят применение и нестандартные способы. Выбор способа во многом определяется требованиями к системе, ее составом и расстоянием между отдельными частями. Нами применяются системы, в которых связь с ЭВМ производится через контроллер одного (старшего) крейта, а контроллеры остальных (младших) крейтов соединяются со старшим через регистры межкрейтной связи. Преимуществами такого метода является использование в старшем крейте стандартной магистрали КАМАК и осуществление связи с

ЭМ через обычный контроллер крейта, предназначенный для данной ЭМ. Регистры межкрейтной связи позволяют также организовывать связи между несколькими ЭМ.

Для организации систем с параллельной межкрейтной связью разработан универсальный 16-разрядный регистр КИ 015^{/9/}. Он может быть использован для двусторонней связи с контроллером КК 004 или вторым регистром КИ 015, установленными в другом крейте. Кроме входного и выходного регистров, в состав модуля включены управляющие триггеры, обеспечивающие пересылку массивов в режиме ULS полностью аппаратным образом с максимальным для ЭМ быстродействием.

Для обмена массивами информации между системами КАМАК, удаленными друг от друга, нами разработаны регистры последовательной межкрейтной связи КИ 021 и КИ 022^{/10,11/}. Блок КИ 021 выполняет параллельные загрузку и выдачу слова данных при управлении от магистрали крейта по командам КАМАК, а блок КИ 022 производит эти операции при внешнем управлении через разъемы на передней панели. Последовательные передача и прием слова в обоих блоках осуществляются через разъемы на передней панели. Формат слова приведен на рис.3.

Рис.3 Структура 20-разрядного слова в линии связи при работе регистра межкрейтной связи КИ 021.



Оба блока могут подключаться к одним и тем же линиям связи. В качестве таких линий используются или две скрученные пары проводов с волновым сопротивлением 120 Ом длиной до 2 км, или два коаксиальных кабеля с волновым сопротивлением 100 Ом длиной до 100 м. Линия в виде скрученных пар подключается через общий разъем на передней панели, причем с передатчика в нее подается ток 12 мА от парафазного источника тока, а в качестве приемника используется дифференциальный усилитель. Коаксиальные кабели подключаются через отдельные разъемы; сигналы по ним передаются в уровнях TTL.

Для блоков КИ 021 и КИ 022 создан простой и эффективный протокол пересылки информации. Пример организации межкрейтной связи через регистры КИ 021 приведен на рис.4.

Для организации ветвевой системы в соответствии со стандартом EBC 4600 нами разработан машинно-независимый драйвер ветви КК 008^{/12/}, включающий специальные аппаратные средства, которые позволяют выполнять пересылку массивов информации в различных режимах.

Драйвер ветви КК 008 работает как нормальный модуль крейта и ис-

Рис.4 Пример организации межкрейтной связи через регистры КИ 021.

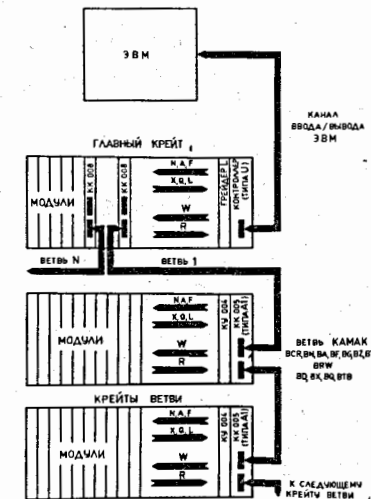
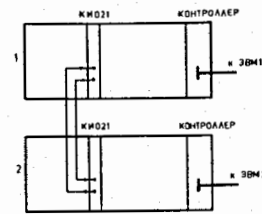


Рис.5 Организация многоветвевой крейта КК 005 (типа А-1)^{/13/}, грей-системы на основе драйвера дер сигналов L КУ 004 и терминатор ветви КК 006^{/1/}.

На основе разработанной аппаратуры в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ создан ряд многокрейтных систем. В диссертации кратко описана электронная аппаратура более 10 различных исследовательских установок. Приведем два примера.

Система сбора и первичной обработки информации, получаемой с С-детектора заряженных частиц спектрометра "Арес", представляет собой двухмашинный комплекс^{/14/}. На его нижнем уровне находится малая ЭМ М-6000, а на верхнем - базовая ЭМ Лаборатории - ЕС-1040. Экспериментальная аппаратура расположена в трех крейтах КАМАК. Два крейта системы предназначены для считывания информации с регистрирующих устройств. Третий крейт содержит аппаратуру контроля параметров экспериментальной установки. Он подключен к ЭМ М-6000 с помощью контроллера

пользует магистраль в полном соответствии со стандартом EBC 4100 (рис.5). Для связи крейта с ЭМ в зависимости от ее типа используется обычный контроллер крейта типа U. В этом же крейте могут размещаться и другие модули. Преимуществом такого решения является независимость драйвера ветви от типа применяемой ЭМ и связанная с этим универсальность использования. Другим преимуществом является простота создания многоветвевых систем, так как в старшем крейте может быть помещено несколько драйверов, каждый из которых управляет своей ветвью.

Блок КК 008 включает в себя регистры R и W, два регистра команд, дешифраторы, узел управления, а также стробируемые буферы для выхода на магистраль ветви. Связь с ветвью осуществляется через многоконтактные разъемы на передней панели.

Разработаны также контроллер системы на основе драйвера дер сигналов L КУ 004 и терминатор ветви КК 006^{/1/}.

На основе разработанной аппаратуры в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ создан ряд многокрейтных систем. В диссертации кратко описана электронная аппаратура более 10 различных исследовательских установок. Приведем два примера.

Система сбора и первичной обработки информации, получаемой с С-детектора заряженных частиц спектрометра "Арес", представляет собой двухмашинный комплекс^{/14/}. На его нижнем уровне находится малая ЭМ М-6000, а на верхнем - базовая ЭМ Лаборатории - ЕС-1040. Экспериментальная аппаратура расположена в трех крейтах КАМАК. Два крейта системы предназначены для считывания информации с регистрирующих устройств. Третий крейт содержит аппаратуру контроля параметров экспериментальной установки. Он подключен к ЭМ М-6000 с помощью контроллера

КК 004. Через регистр межкрейтовой связи КИ 021, установленный в этом крейте, организована связь между ЭВМ М-6000 и ЕС-1040.

Трехуровневая система регистрации, обработки и анализа спектротрической информации применяется для исследования распада радиоактивных ядер ^{15/}. Основой нижнего уровня являются спектрометры различных типов с электронным оборудованием на основе многоканальных амплитудных анализаторов, микро-ЭВМ КМ 001, КМ 002, "Электроника-60", мини-ЭВМ ИЗОТ-0310. На среднем уровне находится ЭВМ ЕС-1010, осуществляющая предварительную обработку накопленных в спектрометрах данных. ЭВМ ЕС-1010 через контроллер КК 004 управляет крейтом КАМАК, в котором размещены интерфейсы дополнительных внешних устройств и регистры последовательной межкрейтовой связи КИ 021 и КИ 022 для связи с установками нижнего уровня, с одной стороны, и с ЭВМ верхнего уровня, с другой стороны. На верхнем уровне находится ЭВМ ЕС-1040, которая окончательно обрабатывает и хранит полученную информацию. Рядом с ней установлен распределительный крейт КАМАК, содержащий ряд регистров последовательной межкрейтовой связи КИ 021, которые обеспечивают обмен информацией с ЭВМ среднего и нижнего уровней нескольких экспериментов. Этот крейт через контроллер КК 004 управляется от буферной ЭВМ КРС-4200, которая по каналу прямого доступа связана с ЭВМ ЕС-1040.

В пятой главе рассматриваются аппаратно-программные средства для наладки и проверки разработанных устройств передачи массивов данных: контроллера КК 004, интерфейсов ЭВМ КЭ 001, КЭ 002, КЭ 003, интерфейса магистрали КК 007 и регистров межкрейтовой связи КИ 021 и КИ 022.

С этой целью нами разработан малогабаритный, простой и надежный 32-разрядный анализатор логических состояний КТ 001 ^{16/}. Анализатор позволяет наблюдать на цифровом индикаторе логические состояния 32-битового адреса и данных в течение выбранных 16 тактов работы цифровой системы. Анализатор содержит входные буферы управляющих сигналов, данных и адреса, схему выбора тактового сигнала, узел поиска заданной стартовой комбинации, схему пропуска заданного числа тактов задержки, ОЗУ на 16 слов по 32 разряда и узел индикации. Допустимая частота тактовых сигналов до 5 МГц.

Окончательная проверка контроллера КК 004 и регистров межкрейтовой связи может производиться с помощью автономной двухкрейтовой системы с микро-ЭВМ на основе микропроцессора Интел-8080 ^{17/}. В этой системе нами использован способ подготовки новых программ, основанный на использовании ОЗУ микро-ЭВМ для хранения промежуточной информации вместо перфоленты в условиях, когда отсутствуют дорогостоящие магнитные накопители данных. Аппаратная часть микро-ЭВМ позволяет разместить в памяти как все три служебные программы: монитор с отлад-

чиком, редактор текста и ассемблер, так и основные буфера данных: текстовую рабочую зону, двоичную рабочую зону и таблицу символов. При этом переход от одного пункта процедуры подготовки программы к другому происходит легко и быстро, так как не надо работать с перфолентой. Разработана основанная на данном способе программа диалогового редактора текста и ассемблера ^{18/}. Программа компактна и достаточно мощна. При ОЗУ величиной 16К байт возможно подготавливать и ассемблировать программы, содержащие до 800 строк текста на языке ассемблера Интел-8080. Редактор текста занимает около 1К байт, подпрограмма ассемблера - около 2К байт, таблица кодов операций и стандартных меток занимает 2К байт. Одна директива редактора текста для выполнения требует от 0,5 до 1 секунды. Ассемблирование без печати листинга проходит со скоростью 60-70 строк в секунду.

Для окончательной наладки и испытаний контроллеров крейта, состоящих из модулей КЭ 001, КЭ 002, КЭ 003 и КК 007 и других блоков, нами разработаны и созданы две автономные системы на основе микро-ЭВМ "Электроника-60" и КМ 002.

Рассмотрим вариант автономной системы на основе микро-ЭВМ в стандарте КАМАК КМ 002 (рис.6). Система состоит из трех крейтов и обеспе-

чивает разработку, отладку, документирование новых программ, а также запись их в СПИЗУ. В старшем крейте размещена микро-ЭВМ с интерфейсами периферийных устройств, которая управляет контроллером крейта, состоящим из интерфейса ЭВМ КЭ 002 и интерфейса магистрали КК 007. С помощью специально разработанного интерфейса КИ 043 сигналы шины микро-ЭВМ КМ 002 могут быть преобразованы в сигналы общей шины СМ ЭВМ. Этот интерфейс обеспечивает работу с прерываниями и передачу данных как по программному каналу, так и по КИЦ. Через общую шину к системе подключен накопитель на гибких магнитных дисках.

Оба младших крейта также управляются от микро-ЭВМ КМ 002. Управление одним из них производится непосредственно по шине микро-ЭВМ через

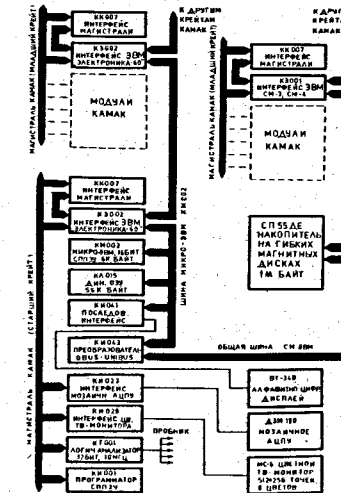


Рис.6 Автономная система программирования и наладки

интерфейс КЭ 002, а другим – по общей шине СМ ЭЕМ через преобразователь шин КИ 043 и интерфейс КЭ 001. В первом младшем крейте размещаются проверяемые и настраиваемые модули, которые управляются по шине микро-ЭЕМ КМ 002, а во втором – по общей шине СМ ЭЕМ. Модули, управляемые по магистрали КАМАК, могут располагаться в любом из этих крейтов.

Таким образом, микро-ЭЕМ КМ 002 управляет тремя различными шинами: шиной ЭЕМ "Электроника-60", общей шиной СМ ЭЕМ и магистралью КАМАК. Микро-ЭЕМ работает под управлением операционной системы ФОБОС. Применяются макроассемблер, языки высокого уровня ПАСКАЛЬ, ФОРТРАН и БЭЙСИК^{8/}.

В конце главы описаны вспомогательные модули, используемые при пересылке массивов информации – контрольный сумматор КУ 009 и генератор проверочной информации КР 009^{19,13/}.

III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

I. Систематизированы требования к современным системам передачи массивов информации, применяемым для автоматизации физического эксперимента; рассмотрены способы построения таких систем и направления повышения эффективности их работы.

2. Для мини-ЭЕМ с радиальным каналом ввода-вывода разработан универсальный контроллер крейта, позволяющий осуществлять быструю пересылку массивов информации.

3. Для современных мини- и микро-ЭЕМ, основанных на магистральном канале ввода-вывода типа "Общая шина", разработана серия модульных контроллеров, осуществляющих передачу информации по каналу прямого доступа к памяти.

4. Впервые в СССР в виде модулей КАМАК разработана и создана микро-ЭЕМ, аналогичная ЭЕМ "Электроника-60", что позволяет создавать автономные системы предварительной обработки информации полностью в стандарте КАМАК.

5. Разработаны параллельные и последовательные регистры межкрейтовой связи. Для последовательного регистра предложен и применен простой и эффективный протокол пересылки информации.

6. Разработан машинно-независимый драйвер ветви, а также вариант контроллера типа А-1 для организации многокрейтовых систем КАМАК.

7. Для работы созданной аппаратуры совместно с ЭЕМ разработаны простые и эффективные программные средства с применением языка высокого уровня КАМАК и языка промежуточного уровня ГМЛ, позволяющие передавать массивы информации.

Работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Н.И.Журавлев, Ли Зу Эк, Нгуен Мань Шат, А.Г.Петров, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК, разработанные для исследований на синхротроне. (Выпуск III). ОИЯИ, IO-8757, Дубна, 1975.
2. В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. Обмен массивами данных с ЭЕМ HP 2116 или M-6000 с помощью контроллера КК 004. В кн.: Международный симпозиум по ядерной электронике, 8-й, Дубна, 1975. ОИЯИ, Д13-9287, Дубна, с.153-159; ПТЭ, 1976, № 3, с.77-79.
3. П.Петев, И.Н.Чурин. Устройство связи ЭЕМ ИЗОТ-0310 с аппаратурой в стандарте КАМАК по каналу прямого доступа к памяти. ОИЯИ, IO-81-78, Дубна, 1981.
4. П.Нойберт, Х.-Г.Ортлепп, В.Д.Фромм. Применение языка КАМАК для обмена массивами информации и организации прерываний при работе с экспериментальной аппаратурой. ОИЯИ, IO-III92, Дубна, 1978.
5. Вьонг Дао Ви, Н.И.Журавлев, Ле Зон Пхир, Нгуен Мань Занг, П.Петев, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск IX). ОИЯИ, IO-81-755, Дубна, 1981.
6. А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. Контроллеры крейта для работ с ЭЕМ СМ-3, СМ-4 и "Электроника-60". ОИЯИ, IO-81-691, Дубна, 1981.
7. В.А.Антыхов, Вьонг Дао Ви, Н.И.Журавлев, Ле Зон Пхир, Нгуен Мань Занг, П.Петев, А.В.Саламатин, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск X). ОИЯИ, IO-82-844, Дубна, 1982.
8. П.Петев, И.Н.Чурин. Микро-ЭЕМ типа "Электроника-60" в стандарте КАМАК. ОИЯИ, II-83-116, Дубна, 1983.
9. В.А.Антыхов, З.Динель, Н.И.Журавлев, С.В.Игнатъев, А.Г.Петров, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК, разработанные для исследований на синхротроне. (Выпуск VI). ОИЯИ, IO-II636, Дубна, 1978.
10. В.А.Антыхов, З.Динель, Н.И.Журавлев, С.В.Игнатъев, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск VII). ОИЯИ, IO-I2912, Дубна, 1979.
11. А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. Обмен массивами между удаленными друг от друга системами в стандарте КАМАК с помощью регистров последовательной межкрасочной связи. In: X International Symposium on Nuclear Electronics 10-16 April, 1980, Dresden, GDR. ZfK Rossendorf, ZfK-433, 1981, v.2, p.273; ОИЯИ, IO-80-119, Дубна, 1979; ПТЭ, 1982, № I, с.89-92.
12. Нгуен Мань Занг, А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. Драйвер ветви КАМАК для передачи массивов данных в многокрейтовых системах. ОИЯИ, IO-83-594, Дубна, 1983.

13. В.А.Антюхов, С.В.Игнатъев, Н.И.Журавлев, Ли Зу Эк, А.Г.Петров, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК, разработанные для исследований на синхротронном источнике. (Выпуск У). ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
14. В.А.Баранов, Н.И.Журавлев, Р.Иленбург, С.М.Коренченко, В.И.Корнев, Н.А.Кучинский, С.В.Медведь, А.Н.Синаев, И.Н.Чурин, Ф.Шварценберг. Система сбора и первичной обработки информации, получаемой на С-детекторе спектрометра АРЕС. ОИЯИ, 13-81-162, Дубна, 1981.
15. В.Б.Бруданин, Ц.Вывлов, К.Я.Громов, Н.И.Журавлев, С.В.Игнатъев, С.В.Медведь, М.Ноак, П.Петев, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, Т.М.Телевинова, В.Г.Чумин, И.Н.Чурин, Ф.Шварценберг. Трехуровневая система регистрации, обработки и анализа спектрометрической информации. ОИЯИ, 6-82-23, Дубна, 1982.
16. И.Н.Чурин. 32-разрядный анализатор логических состояний для настройки микропроцессорных систем. In: X International Symposium on Nuclear Electronics 10-16 April, 1980, Dresden, GDR. ZfK-433, 1981, v.2, p.161.
17. В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, И.Н.Чурин. Автономная система для испытаний блоков в стандарте КАМАК на основе контроллера МАКАМАК. В кн.: Международный симпозиум по ядерной электронике, 9-й, Варна, 1977. ОИЯИ, Д13-III82, Дубна, 1978, с.95.
18. И.Н.Чурин. Диалоговый редактор текста и ассемблер для ЭВМ на основе микропроцессора Интел-8080. ОИЯИ, 10-12679, Дубна, 1979.
19. В.А.Антюхов, Вьонг Дао Ви, Э.Динель, Н.И.Журавлев, С.В.Игнатъев, Ле Зон Пхир, Нгуен Мань Занг, В.Т.Сидоров, А.Н.Синаев, А.А.Стахин, И.Н.Чурин. Цифровые блоки в стандарте КАМАК. (Выпуск УШ). ОИЯИ, 10-80-650, Дубна, 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 марта 1984 года