

Э-649

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На правах рукописи

13-91-498

ЭНХБОЛД
Дашзэвэгийн

УДК 539.1.075

ИНТЕГРАЦИЯ АППАРАТУРЫ VME, КАМАК И ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ В СОВРЕМЕННЫХ СПЕКТРОМЕТРАХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Специальность: 01.04.01 - техника эксперимента,
физика приборов, автоматизация
физических исследований.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1991

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители :
доктор технических наук,
профессор

КОЛПАКОВ
Игорь Филиппович

кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник

СМИРНОВ
Виталий Анатольевич

Официальные оппоненты :
доктор технических наук,
профессор

СИНАВВ
Алексей Николаевич

кандидат физико-математических наук,
доцент

ПЕВЧЕВ
Юрий Феодорович

Ведущее научно-исследовательское учреждение : Самарский
филиал института машиноведения им. А.А.Благодирова АН СССР

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1991 г. в
____ часов на заседании специализированного совета Д-047.02.02
при Лаборатории высоких энергий Объединенного института
ядерных исследований, г.Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1991 г.

Ученый секретарь

специализированного совета

Лихачев

М.Ф. ЛИХАЧЕВ

Актуальность работы. Развитие экспериментальной техники в физике высоких энергий идет в направлении изучения все более редких процессов, характеризующихся необходимостью регистрации множества частиц на каждое событие в условиях высокого фона. Это обстоятельство приводит к увеличению числа каналов регистрации в системах сбора данных таких экспериментов, к многоступенчатости систем отбора, к увеличению пропускной способности каналов передачи данных. На определенном этапе развития экспериментальной техники возрастание каналов обеспечивала аппаратура в стандарте КАМАК, вначале ограниченная рамками стандартной ветви, затем расширенная на основе системного крейта до нескольких ветвей. Однако и системный крейт не удовлетворяет требованиям современных экспериментальных установок. Он накладывает ограничения на скорость передачи данных, которая даже в случае блочной передачи не превышает 1 Мбайт/с, и лимитирует количество адресов, которое в стандартной ветви КАМАК не превышает величины 3000, а также использует одноуровневую систему прерываний, что существенно замедляет процесс поиска источника прерывания.

Использование в системах автоматизации современных экспериментов, проводимых в ведущих научных центрах мира, высокопроизводительных мультимикропроцессорных шин позволит решать эту проблему за счет многоуровневого отбора информации, распараллеливания предварительной обработки данных по элементам образа события с введением мультимикропроцессорной обработки, увеличения пропускной способности канала и применения надежных конструктивов.

Появление VME, как и ряда других подобных, более ранних и поздних магистрально-модульных стандартов (Z-BUS, AMS, STL, MULTIBUS, EUROBUS, FUTUREBUS, NU-BUS, MULTIBUS-II и др.), стало возможным, благодаря стремительному развитию микропроцессорной техники и технологии.

Из этих магистралей наибольшее распространение в системах

автоматизации установок физики высоких энергий ведущих научных центров Западной Европы и США получила шина VME.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в настоящее время создается ряд современных установок, предназначенных для исследований в области физики высоких энергий, в которых предполагается использование шины VME наряду с широко применяемым стандартом КАМАК.

Кроме того, для решения задач контроля многопроцессорной системы и разработки ее программного обеспечения на современных спектрометрических установках используются выпускаемые промышленностью надежные и компактные персональные компьютеры с развитым базовым математическим обеспечением.

Таким образом, актуальной является задача интеграции аппаратуры КАМАК, VME и персональных компьютеров в спектрометрах, работающих в Объединенном институте ядерных исследований.

Цель работы Диссертация посвящена интеграции аппаратуры разных стандартов в современных спектрометрах элементарных частиц: разработке и созданию интерфейсных устройств между шинами VME, КАМАК и также каналом ввода/вывода персонального компьютера типа IBM PC.

Научная новизна диссертации заключается в решении методических вопросов организации на уровне электронной аппаратуры параллельных процессов сбора и обработки экспериментальных данных со спектрометров элементарных частиц.

Впервые в стране разработаны и созданы интерфейсные устройства для новой магистрально-модульной шины VME. Это скоростные средства сопряжения шины VME с каналом ввода/вывода персонального компьютера типа IBM PC и драйвер ветви КАМАК в стандарте VME.

В этих разработках широко применены программируемые логические матрицы, что придает дополнительную гибкость при наладке и эксплуатации устройств также компактность, что

является очень существенным при внедрении шины VME, имеющей меньший размер платы по сравнению с платой в стандарте КАМАК.

Применение БИС из серии 1804 в разработке устройства сопряжения шины VME с ветвью КАМАК обеспечивает повышенное быстродействие и микропрограммное управление.

Созданный автором комплекс аппаратно-программных средств для программирования ППЗУ, РПЗУ и ПЛМ является универсальным по способности оперирования с широким кругом программируемых запоминающих устройств всех классов. Набор программируемых микросхем может быть легко расширен за счет модульной организации аппаратных средств.

Практическая ценность результатов работы. Применение предложенной автором методики сбора данных на основе шины VME и программно-аппаратных разработок на установке СФЕРА способствовало получению ряда новых результатов в исследовании множественного кумулятивного рождения элементарных частиц.

Разработанный автором интерфейс между шиной VME и персональным компьютером IBM PC используется в других организациях страны и за рубежом.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на 13-м международном симпозиуме по ядерной электронике (Варна, 1988), на третьем международном симпозиуме "Пион-нуклонные и нуклон-нуклонные взаимодействия" (Гатчина 1989), на 14-м международном симпозиуме по ядерной электронике (Варшава, 1990), на международном симпозиуме "Электронные приборы в физике" (Дубна, 1991) и были напечатаны в сообщениях ОИЯИ и в трудах вышеупомянутых симпозиумов.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 работах.

Автор защищает:

1. Методики организации параллельных процессов сбора и обработки экспериментальной информации на установке СФЕРА на основе использования многопроцессорной шины VME.

2. Разработку и внедрение средства сопряжения шины VME

с персональным компьютером типа IBM PC.

3. Реализацию сопряжения шины VME с магистралью ветви КАМАК на основе микропрограммного управления и его микропрограммного обеспечения.

4. Методику создания универсального программатора микросхемных программируемых запоминающих устройств и программируемых логических матриц и его математическое обеспечение. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность интеграции аппаратуры VME, КАМАК и персональных компьютеров в современные спектрометрах элементарных частиц, а также сформулированы основная цель и краткое содержание настоящей диссертации.

В Главе I рассмотрена тенденция развития систем сбора данных на спектрометрах элементарных частиц. В современных спектрометрах физики элементарных частиц потоки информации от детекторов достигают нескольких Мбайт, а после наложения условий отбора сотен Кбайт. Для регистрации и обработки таких потоков информации недостаточно использования одного хотя бы и самого высокопроизводительного компьютера. Поэтому условий отбора сотен Кбайт. Для регистрации и обработки таких потоков информации недостаточно использования одного хотя бы и самого высокопроизводительного компьютера. Поэтому потоки информации от детекторов, как правило, распределяются аппаратурой сбора данных между несколькими процессорами.

В современных спектрометрах элементарных частиц в качестве магистрали, объединяющей процессоры параллельной обработки, используется шина VME, которая ориентирована на многопроцессорную конфигурацию и обеспечивает асинхронную передачу данных с длиной слова 8, 16 или 32-разряда. Максимальная скорость обмена по шине VME 40 Мбайт/с. Для шины VSB, являющейся дополнительной локальной шиной, она может достигать до 70 Мбайт/с за счет более простого протокола обмена. Конструктивно шина выполнена в виде печатной платы и

размешена в крейте, основанном на евромеханике, и распределяется между двумя 96-контактными разъемами типа C96. К достоинствам шины VME, определяющим ее выбор в среди других шин, можно отнести: наиболее массовый в мире выпуск продукции; высокую надежность разъемов и механических конструкций; относительно низкие по отношению к другим стандартам затраты на получение требуемой производительности систем; простоту обслуживания и широкий выбор модулей; профессиональное развитое математическое обеспечение и т.д.

В современных спектрометрах события после оцифровки и параллельного считывания из отдельных детекторов делятся на блоки данных, которые затем обрабатываются процессорами и эмуляторами, находящимися в крейтах VME, и уже в виде информации об образе события передаются в вычислительный центр для хранения и последующей обработки.

Таким образом, предназначенное для организации параллельных процессов считывания и обработки в реальном времени огромных массивов информации, комбинированное применение шин VME и КАМАК является в данный момент оптимальным решением, позволившим с относительно малыми затратами реализовать гибкую "аппаратурную" многозадачную операционную систему с пропускной способностью в несколько Мбайт/с.

В Лаборатории высоких энергий ОИЯИ в настоящее время создается ряд современных экспериментальных установок, предназначенных для исследований в области релятивистской ядерной физики, в которых предполагается широкое использование электроники в стандарте VME и других многопроцессорных шин. В ОИЯИ первые разработки в стандарте VME применены в подсистеме управления циклом сверхпроводящего синхротрона СПИН и в спектрометре СФЕРА. Спектрометр СФЕРА [4,5] предназначен для исследования множественного кумулятивного рождения частиц в геометрии, близкой к 4π. Установка насчитывает несколько тысяч информационных каналов, приходящих из дрейфовых и пропорциональных камер, сцинтилляционных

годоскопов, черенковских счетчиков и электромагнитных калориметров.

Система сбора данных на установке СФЕРА состоит из подсистем, выполненных на основе модулей в стандартах КАМАК, FASTBUS и VME. В настоящее время функционирует первая очередь установки, где осуществляется сбор и обработка данных, снимаемых с 300 годоскопических счетчиков. Функциональная схема действующей системы сбора данных представлена на рис.1. Сбор и предварительную обработку данных на установке осуществляют два компьютера: микро-ЭВМ Электроника-60 и персональный компьютер IBM PC/XT. Во время облучения мишени частицами пучка сбором событий занимается Электроника-60, имеющая канал прямого доступа к памяти с драйвером ветви КАМАК. Между циклами ускорения данные, которые хранились до этого в памяти микро-ЭВМ, передаются в модуль памяти в VME. Затем из буферной памяти данные извлекаются с помощью интерфейса шин VME и IBM PC и перекачиваются на диск компьютера для промежуточного хранения, а так же для гистограммирования и контроля за процессом сбора событий. В дальнейшем после заполнения буфера на твердом диске, данные пересылаются в главный компьютер ЕС-1055 через интерфейсы И.05 и И.06. В состав системы сбора данных установки входит разработанный автором интерфейс между шиной VME и каналом ввода/вывода персонального компьютера IBM PC.

В Главе II рассмотрены разработанные автором средства сопряжения шины VME с персональным компьютером типа IBM PC. Эти средства позволяют решить задачу интеграции персональных компьютеров типа IBM PC в современных спектрометрах элементарных частиц, где используется шина VME.

Успешное решение задач контроля за функционированием многопроцессорной системы и разработки ее программного обеспечения было бы нереальным без наличия современного оборудования, представляющего пользователю возможность с

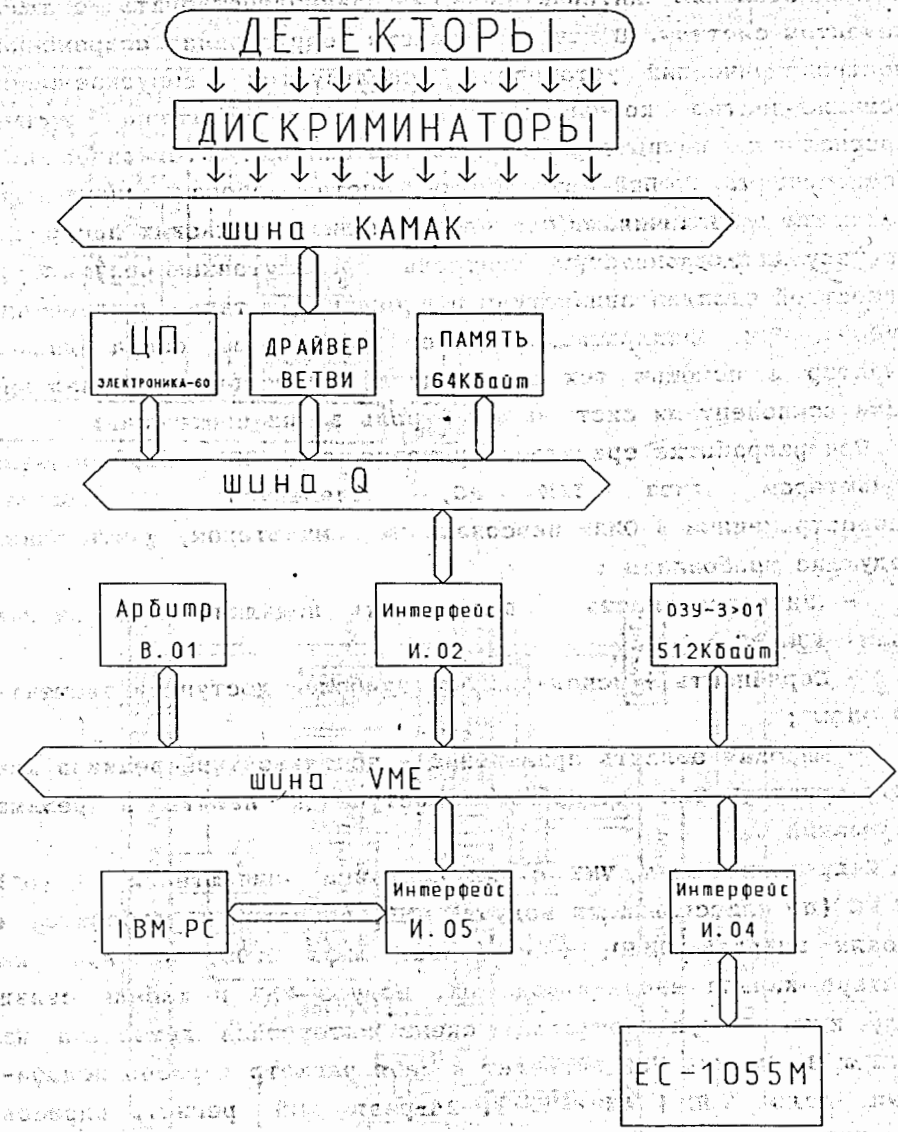


Рис.1 Система сбора данных на установке СФЕРА (первая очередь)

высокой степенью интерактивности взаимодействовать с любым элементом системы. В качестве такого оборудования современных спектрометрических установок используются выпускаемые промышленностью компактные, надежные и достаточно мощные персональные компьютеры с развитым базовым математическим обеспечением. При разработке систем сбора данных эти комплексы обеспечивают компиляцию пользовательских программ, загрузку их в процессоры, контроль промежуточных результатов совместной отладки аппаратуры и программ, а также диагностику ошибок. При эксплуатации систем в режиме сбора данных оператор с помощью тех же средств осуществляет управление всеми компонентами системы и контроль за их состоянием.

При разработке средств сопряжения шины VME с персональным компьютером типа IBM PC, являющимся наиболее распространенным в ОИЯИ персональным компьютером, учитывались следующие требования:

- Универсальность - возможность подключения к разным типам IBM PC;
- Серийность - использования наиболее доступной элементной базы;
- Широкая область применений - использование режимов как программного, так и прямого доступа к памяти и режима прерываний.

Сопряжение шины VME с персональным компьютером (ПК) IBM PC (по классификации модулей VME, принятой в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, оно имеет шифр И.05) основано на адаптере канала ввода-вывода ПК, модуле VME и кабеле связи между ними. Функциональная схема интерфейса приведена на рис. 2 и 3. Модуль VME включает в себя регистр адресов модификации шины VME (AM0-AM5), 24-разрядный регистр адресов шины VME с возможностью инкрементации и декрементации его содержимого, два 16-разрядных регистра данных, 8-разрядный регистр управления и статуса, а также приемники и передатчики.

Описываемые средства сопряжения позволяют осуществить

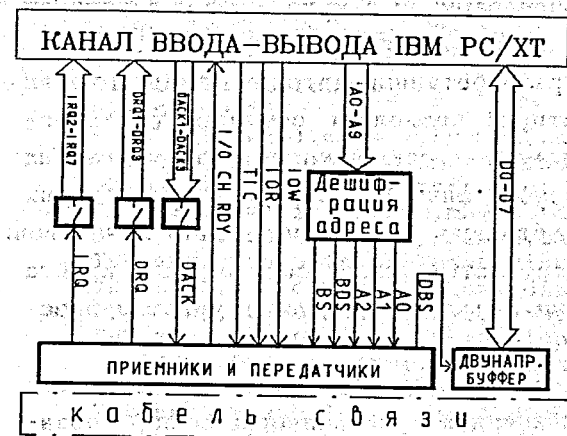


Рис. 2. Функциональная схема адаптера канала ввода/вывода ПК.

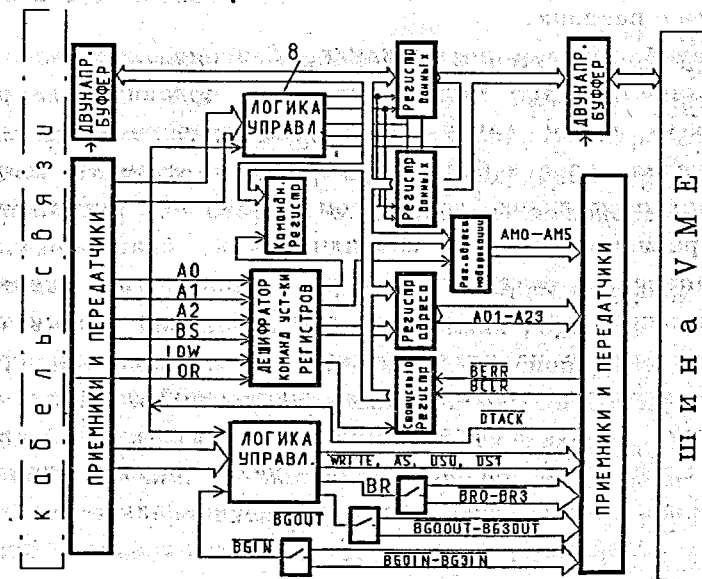


Рис. 3. Функциональная схема модуля VME.

обмен данными между шиной VME и оперативной памятью персонального компьютера как в программном режиме, так и в режимах прямого доступа к памяти и приоритетного прерывания.

В Главе III рассмотрен разработанный автором драйвер ветви КАМАК в стандарте VME, который позволяет осуществить интеграцию аппаратуры VME и КАМАК в спектрометрах элементарных частиц. Объединение на основе шины VME одного и более таких модулей с процессорными модулями позволяет на качественно более высоком уровне осуществлять замену системного крейта КАМАК в системах со многими ветвями КАМАК и с мультипроцессорной обработкой данных.

Драйвер ветви КАМАК состоит из двух основных блоков: интерфейса в стандарте VME и модуля микропрограммного управления, конструктивно выполненного в виде модуля КАМАК. Эти блоки соединяются между собой кабелем связи через разъемы на их лицевых панелях.

Описываемый драйвер ветви КАМАК, благодаря микропрограммному управлению ветвью КАМАК, позволяет организовать работу на магистрали ветви КАМАК не только в обычных режимах записи и чтения, но и в большинстве режимов передачи массивов данных, предусмотренных стандартом КАМАК. К этим режимам относятся режимы единичной команды КАМАК, сканирования по адресам, повтора, останова, паузы, многократной проверки, расширенного сканирования по адресам и останова с синхронизацией. Для каждого из этих режимов написана микропрограмма, которая занимает некоторую область постоянной памяти микропроцессорного узла. В качестве примера, на рис. 4 иллюстрируется блок-схема микропрограммы цикла чтения КАМАК, а микропрограмма в языке микроассемблера, специально созданного автором для отладки электронных устройств на базе БИС серии 1804, имеет следующую форму:

```
cnt equ 1023h
start JMAP
      ORG 8h
```

```
CIP err1, camenb=0, mux=0, inv=1, mke=1, comp=1, gra=1
PUSH cnt, mux=11, ta=1, b=0, inv=0, mke=0
TWB err2, inv=1, mux=0
CIP s1, mux=2, rcam=0
CIP s2, mux=1
PUSH cnt, inv=1, mux=11, rcam=1, ta=0
TWB err3, inv=0, mux=0, ind=0, disp=0
JZ b=1, ind=1, mke=1, intenb=1, camenb=1, disp=255
s1 CIP s3, mux=1, inv=1, b=0, mke=0, rcam=0, ta=1, camenb=0
PUSH cnt, inv=0, mux=11, rcam=1, ta=0
TWB err3, mux=0, inv=0, ind=0, disp=2
JZ ind=1, b=1, camenb=1, mke=1, disp=255
s2 PUSH cnt, inv=0, mux=11, b=0, ta=0, rcam=1, camenb=0, mke=0
TWB err3, mux=0, inv=0, ind=0, disp=1
JZ ind=1, b=1, camenb=1, mke=1, disp=255
s3 PUSH cnt, inv=0, mux=11, b=0, ta=0, rcam=1, camenb=0, mke=0
TWB err3, mux=0, inv=0, ind=0, disp=3
JZ ind=1, b=1, camenb=1, mke=1, disp=255
err1 JZ b=1, ind=0, disp=4
err2 JZ b=1, ind=0, disp=8, intenb=1
err3 JZ b=1, ind=0, disp=12
```

Глава IV посвящена к аппаратным и программным средствам, использованным при разработке и наладке интерфейсных модулей для шины VME и других электронных устройств. К этим средствам относятся универсальный модульный программатор и пакет программ для отладки электронных устройств на базе БИС серий 1804.

Основные особенности созданного автором комплекса аппаратно-программных средств программирования ПЗУ перечислены ниже.

1. Универсальность - способность оперировать с широким кругом наиболее часто применяемых в цифровой аппаратуре биполярных (ТТЛ, ТТЛШ) и МОП ПЗУ всех классов, в том числе ППЗУ, РПЗУ и ПЛМ. В настоящее время средствами комплекса осуществляется программирование следующих микросхем:

ППЗУ (PROM)-KP556PT4, KP556PT5, KP556PT7 и их зарубежных аналогов;

УФРПЗУ (UVEPROM)-INTEL 2708, 2716, 2732, 2764 и советских аналогов;

ПЛМ (PAL) KP556PT1 и KP556PT2.

2. Расширяемость набора программируемых микросхем,

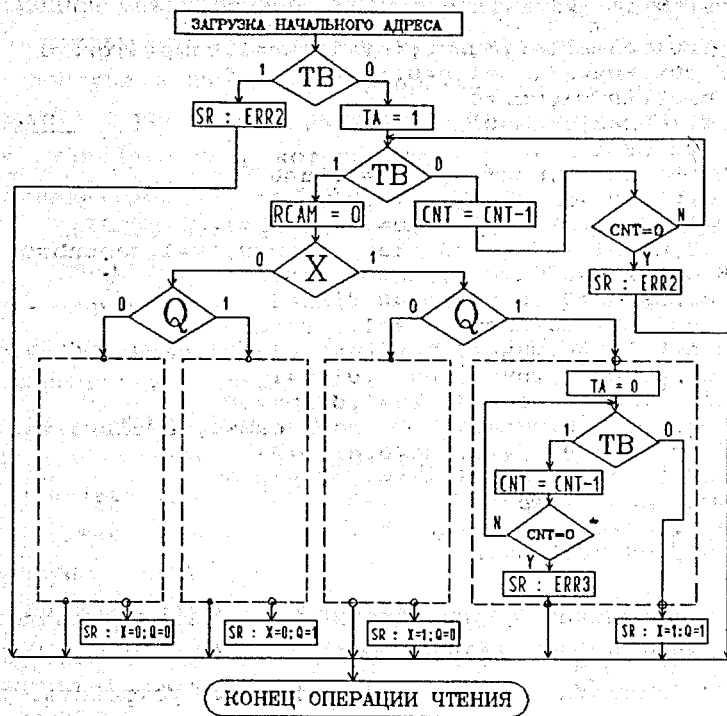


Рис. 4. Блок-схема микропрограммы цикла чтения КАМАК

обеспечиваемая модульным принципом организации аппаратных средств и наличием унифицированного порта связи основного модуля системы, выполненного в стандарте КАМАК, со сменными платами ПЗУ конкретных типов.

3. Развитость математического обеспечения, дающего возможность в варианте работы программатора на линии с микроЭВМ МЕРА-60 ("Электроника-60") производить:

- а/ диалог оператора со системой;
- б/ выбор и гибкую смену режимов работы программатора;
- в/ отладку информационных файлов и двусторонний обмен ими между внешними носителями информации ЭВМ и буферным оперативным запоминающим устройством основного модуля.

4. Возможность автономного варианта работы программатора, без необходимости использования ЭВМ или других источников программного управления магистралью крейта КАМАК, в котором размещается основной модуль.

В данном программаторе строго соблюдены технические рекомендации фирм-изготовителей ПЗУ по формированию последовательностей прожигающих импульсов для ППЗУ и ПЛМ. Это означает, что прожигающие импульсы вырабатываются в модуле в виде пачек с постепенно расширяющейся длительностью, при этом в течение приблизительно 400 мс длительность импульсов изменяется от 0,2 до 8 мкс (рис.5). Таким образом, достигается более мягкий режим занесения информации по сравнению с часто применяемой записью одним длинным импульсом с пологим передним фронтом и, в конечном итоге, обеспечивается значительно более низкий коэффициент отбраковки микросхем.

В пакет программ AMDMAS, предназначенный для трансляции и последующей обработки микрокода, входит 5 программ: редактор текста, программа микроассемблирования МА, сервисные программы последующей обработки POSTMA, EPRMA и PROMMA.

Программы EPRMA, PROMMA осуществляют разбиение общего массива микропрограммной памяти на области, соответствующие конкретным микросхемам памяти с заданной разрядностью и емкостью. Эти программы написаны специально для универсального программатора ПУМ-401, разработанного в ЛВЭ ОИЯИ.

В ЗАКЛЮЧЕНИИ изложены основные выводы диссертации.

1. Автором предложены и решены практически методические вопросы организации параллельных процессов сбора и обработки экспериментальной информации в спектрометре СФЕРА на основе использования многопроцессорной шины VME.

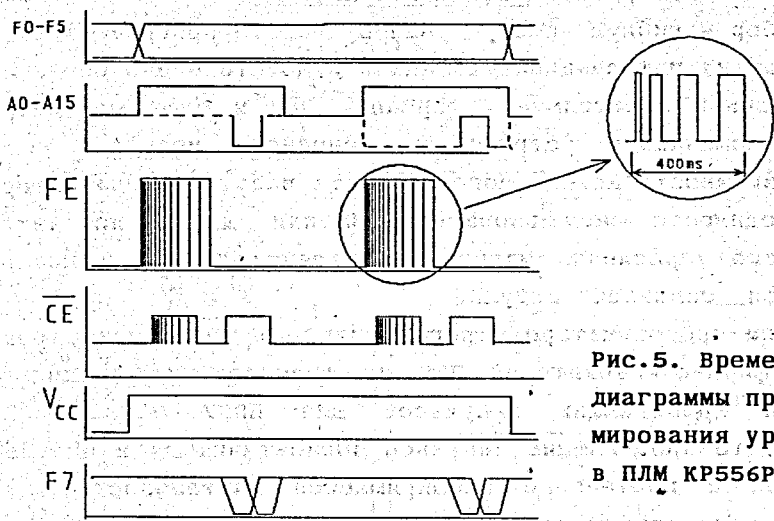


Рис. 5. Временные диаграммы программирования уровня "И" в ПЛМ KP556PT1.

2. Впервые в стране разработано средство сопряжения шины VME с персональным компьютером типа IBM PC и решена задача интеграции персонального компьютера в спектрометрах элементарных частиц, где применяется шина VME. Организован мелкосерийный выпуск модулей интерфейса.

3. Впервые в стране разработан драйвер ветви КАМАК в стандарте VME, который позволяет решить задачу интеграции аппаратуры VME и КАМАК в современных спектрометрических установках элементарных частиц. Он является быстродействующим и гибким в управлении электронным прибором, благодаря использованию в его разработке микропроцессорного узла с микропрограммным управлением. Драйвер может осуществить передачу массива данных с пропускной способностью до 3 Мбайт/с. Объединение на основе шины VME одного и более таких модулей с процессорными модулями позволяет на качественно

более высоком уровне осуществлять замену системного крейта КАМАК в системах со многими ветвями КАМАК и с мультипроцессорной обработкой данных.

4. Разработан универсальный модульный программатор в стандарте КАМАК с возможностью программирования биполярных (ТТЛ, ТТЛШ) и МОП ПЗУ всех видов и расширения набора программируемых микросхем. В нем строго соблюдена форма прожигающих импульсов, рекомендуемых фирмой - изготовителем программируемых ПЗУ, что обеспечивает значительно низкий процент отбраковки микросхем.

5. Создано математическое обеспечение для универсального модульного программатора в варианте работы под управлением микро-ЭВМ МЕРА-60 на языке Макроассемблер, а в варианте работы с персональным компьютером IBM PC на языке Си.

6. Разработан пакет программ по подготовке программ для микропроцессорных схем серии 1804, куда входят транслятор символов языка микрокоманд в код (длина микрокоманды может устанавливаться до 128 разрядов) и сервисные программы для дальнейшей обработки.

7. Разработанное автором интерфейсное устройство между шиной VME и каналом ввода/вывода персонального компьютера IBM PC нашло применение в ряде организаций: СКБ Института кибернетики АН Эстонии, СКБ научного приборостроения АН Грузии и других.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Вфимов Л.Г., Энхболд Д. Аппаратные средства и программное обеспечение универсального модульного программатора ПЗУ, РПЗУ, ПЛМ. сообщение ОИЯИ, Р10-87-793, Дубна, 1987, 8 с.
2. Энхболд Д. Средства сопряжения шины VME с персональным компьютером Правец-16 (IBM PC/XT). В кн.: "XIII международный симпозиум по ядерной электронике, Варна, 12-18 сентября 1988г" Д13-88-938, Дубна, 1988, -с. 19-21.

3. Евтисов В.С., Ефимов Л.Г., Пасевич К., Энхболд Д. Универсальный стенд программирования микросхемных ПЗУ на основе микроЭВМ. В кн.5 "XIII международный симпозиум по ядерной электронике, Варна, 12-18 сентября 1988г" Д13-88-938, Дубна, 1988, -С. 157-159.

4. Аверичев Г.С., Аверичев С.А., Анисимов Ю.С.,..., Энхболд Д. Установка "СФЕРА" - спектрометр для изучения множественного рождения кумулятивных частиц в 4 π -геометрии. В кн.: Труды третьего международного симпозиума "Пион-нуклонные и нуклон-нуклонные взаимодействия", Гатчина, 1989, т.2, с. 357.

5. Афанасьев С.В., Анисимов Ю.С., Базылев С.Н., Хмелевски.Е., Энхболд Д. и др. Эксперимент по поиску образования кумулятивных мюонных пар с малой инвариантной массой. В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ, N7, [46]-90, Дубна, 1990, с.6.

6. Смирнов В.А. Ли Тхе Ха, Энхболд Д. Драйвер ветви КАМАК в стандарте VME. В кн.: "XIV международный симпозиум по ядерной электронике, Варшава, 17-21 сентября 1990 г" Д13-90-938, Дубна, 1990, -С. 19-21.

7. Afanasiev S.V., Anisimov Yu.S., Arkhipov V.V.,..., Enkhold D. et al. The Data Acquisition and Trigger Systems for the Forward Detector of the Spectrometer Sphere. In: Proc. of the International Symposium " Electronic Instrumentation in Physics", Dubna, 1991, -p. 85-93.

Рукопись поступила в издательский отдел

14 ноября 1991 года.