

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
С И Б И Р С К О Е О Т Д Е Л Е Н И Е
И Н С Т И Т У Т Я Д Е Р Н О Й Ф И З И К И

На правах рукописи

Козак Виктор Романович

РАЗРАБОТКА АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

(01.04.20 – физика пучков заряженных частиц
и ускорительная техника)

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НОВОСИБИРСК – 1991

Работа выполнена в Институте ядерной физики
Сибирского отделения АН СССР.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

Бару Семен Ефимович - доктор технических наук,
Институт ядерной физики
СО АН СССР, г.Новосибирск.
Ян Александр Петрович - кандидат технических наук,
Институт автоматики и
электрометрии СО АН СССР,
г.Новосибирск.

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Институт ядерной физики им. В.П.Константинова, г.
Санкт-Петербург.

Защита состоится 6 декабря 1991 г. в 16⁰⁰ часов на
заседании специализированного совета Д.002.24.02 в
Институте ядерной физики СО АН СССР по адресу:
г.Новосибирск-90 пр. Академика Лаврентьева М.А., 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
ИЯФ СО АН СССР.

Автореферат разослан 4 ноября 1991 г.

Ученый секретарь специализи-
рованного совета Д.002.24.02
Член-корреспондент АН СССР
Б.В.

Чириков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Успехи физики высоких энергий в последние годы во многом обязаны методу встречных пучков. В Советском Союзе этот метод успешно развивается в Институте ядерной физики СО АН СССР, где имеется два ускорительно-накопительных комплекса со встречными e^+e^- пучками ВЭПП-2 и ВЭПП-4.

Эти ускорители являются чрезвычайно сложными и дорогими системами, рассчитанными на длительный срок эксплуатации: время жизни крупных ускорителей превышает 20 лет. В связи с этим остро встает проблема морального и физического старения основных компонентов системы управления, в том числе применяемых в системе ЭВМ и средств ее сопряжения с аппаратурой управления. С этой проблемой приходится сталкиваться практически на всех ускорителях, построенных в 60-х - 70-х годах, и считаться с ней при проектировании новых. Даже самая современная ЭВМ, заложенная в систему управления, за такой длительный срок неизбежно устаревает. Замена же управляющих машин сопряжена с очень большими затратами, так как при этом приходится заново разрабатывать большую часть всех средств сопряжения с экспериментальной аппаратурой и, что более существенно, значительную часть программного обеспечения.

Радикальным решением проблемы является переход к полностью распределенным системам управления на базе применения высокопроизводительных микропроцессорных комплексов. Предполагается, что в этом случае функции отдельных узлов в распределенной системе существенно проще, чем в централизованной, и поэтому их модернизацию можно будет производить постепенно, по мере прогресса технологии, не нарушая целостности системы.

В случае применения в распределенной системе микроЭВМ, программно и идеологически совместимых с

ранее используемыми ЭВМ, процесс децентрализации становится естественным и безболезненным, так как позволяет сохранить большую часть программного обеспечения.

В связи с тем, что комплекс ВЭПП-4 будет эксплуатироваться еще, как минимум, 10-15 лет, задача разработки структурных решений, аппаратных и программных средств для распределенной системы управления ВЭПП-4 является весьма актуальной. Важность этих работ также подчеркивается в связи с началом реализации особо крупных проектов ускорителей на сверхвысокие энергии таких, как УНК и ВЛЭПП.

Целью настоящей работы является:

- анализ существующей системы управления УНК ВЭПП-4 и выбор путей ее дальнейшего развития с расчетом на длительную перспективу;
- выбор решений и реализация распределенных систем управления на базе применения сети микроЭВМ в стандарте КАМАК; разработка программных средств для сети управляющих микроЭВМ;
- разработка средств сопряжения микроЭВМ с аппаратурой в удаленных крейтах и пакетов подпрограмм для их обслуживания;
- разработка программных средств позволяющих использовать микроЭВМ в стандарте КАМАК в качестве рабочей станции радиоинженера, расчетной ЭВМ;
- внедрение результатов работы на комплексе ВЭПП-4, других электрофизических установках и экспериментальных стендах.

Научная новизна.

1. Предложена и реализована сеть КАМАК микроЭВМ ориентированная на распределенные системы управления электрофизическими установками и экспериментальными стендами.
2. Предложено и реализовано программное обеспечение Центральной ЭВМ распределенной системы микроЭВМ.
3. Предложен и реализован способ подключения удаленных КАМАК крейтов к микроЭВМ в стандарте КАМАК.

4. Сформулированы требования к сервисному программному обеспечению и реализован ряд программ, превращающих управляющую КАМАК микроЭВМ в персональный компьютер и рабочую станцию радиоинженера.

5. Проанализированы требования к средствам сопряжения управляющей аппаратуры с мини-ЭВМ Электроника-100/25 и разработан контроллер КАМАК крейта совмещенный с микроЭВМ типа Электроника-60.

Реализация результатов работы,
практическая ценность.

Приведенные в диссертации научные и технические решения нашли практическое применение в системах управления ускорителей заряженных частиц. Разработанные структурные схемы построения распределенных систем, аппаратные и программные средства, разработанные автором, легли в основу систем управления ускорительно-накопительных комплексов ИЯФ. В 1986 году была запущена система управления ВЭПП-3, базирующаяся на разработках автора диссертации. Завершена модернизация системы управления УНК ВЭПП-4.

Системы автоматизации ряда термоядерных установок также используют разработанные аппаратные и программные средства.

Универсальность и гибкость программных и аппаратных средств, высокие технико-экономические показатели систем на основе микроЭВМ Одренок, позволили решить проблему автоматизации большого числа рабочих станций исследователей и небольших экспериментальных стендов. В настоящее время в ИЯФ СО АН СССР используется свыше 300 микроЭВМ с программными комплексами, разработанными автором.

Кроме Института ядерной физики, разработанные аппаратные и программные средства, структурные решения, используются в системах автоматизации ряда научно-исследовательских организаций страны и в том числе: в ИАЭ имени Курчатова (г.Москва), Институте физических проблем (г.Зеленоград), Институте теплофизики СО АН СССР и др.

Автор выносит на защиту следующие результаты работы:

1. Предложена и реализована сеть КАМАК микроЭВМ ориентированная на распределенные системы управления электрофизическими установками и экспериментальными стендами.

2. Предложено и реализовано программное обеспечение Центральной ЭВМ распределенной системы микроЭВМ.

3. Предложен и реализован способ подключения удаленных КАМАК крейтов к микроЭВМ в стандарте КАМАК.

4. Сформулированы требования к сервисному программному обеспечению и реализован ряд программ, превращающих КАМАК микроЭВМ в персональный компьютер и рабочую станцию радиоинженера.

5. Проанализированы требования к средствам сопряжения управляющей аппаратуры с мини-ЭВМ Электроника-100/25 и разработан контроллер КАМАК крейта совмещенный с микроЭВМ типа Электроника-60.

Апробация работы, публикации.

1. Результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах в ИЯФ СО АН СССР, на 2 Всесоюзном совещании по автоматизации научных исследований в ядерной физике и смежных областях (Новосибирск, 1982), 13-й Международной конференции по ускорителям частиц высоких энергий (Новосибирск, 1986), 4-м Всесоюзном семинаре по обработке физической информации (Нор-Амберт, 1988), 7-м Всесоюзном симпозиуме по модульным информационно-измерительным системам (Новосибирск, 1989), Europhysics conference on control systems for experimental physics) Geneva, 1987), 12 Всесоюзном совещании по ускорителям заряженных частиц (Москва, 1990), а также на других конференциях и семинарах. По теме диссертации опубликовано в соавторстве 20 печатных работ.

Структура и объем работы.

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех

глав, заключения и списка литературы. Текст содержит 23 рисунка, в списке цитируемой литературы- 65 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цели и задачи исследования, приведены основные результаты работы.

В первой главе проанализирована структурная система управления УНК ВЭПП-4, рассмотрена ее эволюция, рассмотрены основные проблемы, препятствующие дальнейшему развитию системы автоматизации УНК. На основе анализа структуры и системных средств автоматизации УНК ВЭПП-4, сформулирована концепция построения и требования к системному программному обеспечению распределенных систем управления электрофизическими установками на основе магистрально-модульной системы КАМАК и микроЭВМ в этом стандарте. Предложен способ сопряжения микроЭВМ с несколькими крейтами.

Система автоматизации УНК ВЭПП-4 базировалась на мини-ЭВМ серии ОДРА-1300. Использование в системе управления достаточно мощной ЭВМ позволило обеспечить достаточно высокое качество системы управления. Значительный по тем временам объем оперативной памяти и высокое быстродействие дали возможность создавать программное обеспечение исключительно на языках высокого уровня., что в свою очередь позволило привлечь к созданию программного обеспечения физиков, инженеров и даже студентов-практикантов.

Начиная с 1978 года, развитие системы управления ВЭПП-4 основывается на использовании аппаратуры в стандарте КАМАК. Рост функциональной насыщенности устройств, обусловленный развитием потребностей системы автоматизации УНК, высокая интерактивность КАМАК модулей, требовали увеличения информационного потока между ЭВМ и аппаратурой. Однако, способ обмена информацией по каналу прямого доступа под управлением операционной системы ограничивал пропускную способность информационного тракта.

Для уменьшения информационного потока между ЭВМ и аппаратурой в ИЯФ СО АН СССР был разработан ряд контроллеров со встроенной микроЭВМ, позволяющей замыкать часть информационного потока непосредственно в крейте, а обмен с ЭВМ производить массивами однородной информации. В 1983 г. был создан крейт-контроллер (Одренок), совмещенный с микроЭВМ эмулирующей систему команд основной управляющей ЭВМ ОДРА-1300. Программная совместимость с ЭВМ ОДРА, более высокая производительность и разработка для него операционной системы реального времени позволили перенести на микроЭВМ систему подготовки программ и с небольшими модификациями ряд управляющих программ. Это дало возможность в 1984-1985 годах создать на УНК ВЭПП-4 ряд систем в достаточной степени автономных от основных управляющих ЭВМ.

Ниже приводятся некоторые параметры микроЭВМ Одренок:

- разрядность слова- 24 бита;
- оперативная память- 64 Кслов;
- быстродействие- 0.3 MIPS;
- скорость обмена с КАМАК модулями- 3 мкс/цикл;
- наличие встроенных аппаратных средств поддержки мультипрограммирования.

Небольшие системы, аппаратура для которых размещалась в одном крейте (в крейте Одренка) и которые требовали незначительного информационного обмена с ЭВМ поддержки удавалось реализовать с незначительными затратами и с высокими качественными показателями. Однако при создании более сложных систем возникал ряд проблем.

Можно кратко суммировать основные недостатки сложившейся структуры:

- значительная неоднородность системных средств и дефицит системных ресурсов затрудняли развитие системы управления и ограничивали ее надежность;
- обмен информацией с управляющей аппаратурой под контролем операционной системы приводил к большим затратам времени (для ЭВМ ОДРА организация обмена около 7,5 мс, для микроЭВМ

Одренок- 1-3 мс);

- существовало три значительно различающихся способа взаимодействия прикладных программ с аппаратурой- через систему связи ЭВМ ОДРА, через систему связи микроЭВМ и с аппаратурой непосредственно в крейте микроЭВМ;
- необходимость сложных межпрограммных взаимодействий при реализации относительно простых функций значительно увеличивала время реакции программного обеспечения на внешние события.

Существовали и другие причины инициирующие поиск новых компьютерных структур для целей управления. Например, институт начал проектировать ускорители-источники синхротронного излучения, масштабы которых были соизмеримы с комплексом ВЭПП-3. Возникло желание использовать для системы управления микроЭВМ Одренок с богатыми специализированными библиотеками, наработанным опытом и некоторыми программами, которые можно было использовать без переделки.

В 1984 году необходимость перехода к распределенной системе управления, базирующейся на микроЭВМ Одренок и, по возможности, отказа от ЭВМ ОДРА стала очевидной. Для этого требовалось решить следующие проблемы:

- создание аппаратных и программных средств эффективной системы поддержки разнообразных комплектов на основе микроЭВМ Одренок;
- реализация межпроцессорного и межпрограммного обмена информацией;
- создание средств сопряжения с дополнительными крейтами КАМАК;
- разработка дополнительных аппаратных и программных средств, превращающих крейт-контроллер Одренок в полноценную микроЭВМ-основу систем автоматизации и рабочих станций.

В 1985 году была разработана и запущена первая версия сети микроЭВМ Одренок. Программное обеспечение центральной ЭВМ обеспечивало традиционное обслуживание периферийных ЭВМ, а также ряд возможностей, ориентированных на потребности системы

управления УНК. Совместно с операционной системой, программное обеспечение центральной ЭВМ позволило сохранить практически все системные программы и программы общего пользования используемые на ЭВМ ОДРА. Описанная конфигурация была использована в модернизированной системе управления УНК ВЭПП-3, функционирующей с 1986 г.

Для подключения к микроЭВМ Одренок дополнительных крейтов разработан специальный комплект блоков, включавший в себя драйвер последовательной связи DS-24S (B0614) с временем обмена менее 10 мкс на слово и контроллер СС-24S (K0614).

Это связанное оборудование совместно с соответствующим пакетом подпрограмм завершало преобразование Одренка из интеллектуального крейт-контроллера в недорогую, но высококачественную управляющую микроЭВМ, которая могла быть использована в различных конфигурациях.

По самым грубым оценкам рабочие станции на основе микроЭВМ Одренок обходились институту гораздо дешевле любых доступных альтернативных микроЭВМ, предоставляя пользователю большую вычислительную мощность и большой сервис и, что самое существенное, эти рабочие станции были адаптированы к типовым задачам института. На основе такой конфигурации строились не только большие многомашинные системы, но и отдельные локальные стенды.

Несмотря на широкое распространение в системах управления ЭФУ ИЯФ СО АН СССР микроЭВМ Одренок, существовал ряд систем автоматизации базировавшихся на комплекте ЭВМ Электроника-100/25 и Электроника-60, взаимодействовавших между собой по достаточно распространенной в СССР схеме. Однако, эта типовая схема имела ряд недостатков. Во-первых, из комплекта Электроники-60 использовалась только плата центрального процессора: дополнительные необходимые платы (ОЗУ 32 Кбайт, ПЗУ-загрузчик, интерфейс терминала, интерфейс линии связи, драйвер контроллера) приходилось изготавливать в институте, так как завод-изготовитель микроЭВМ не поставлял ее в

необходимом комплекте. Во-вторых, множество плат и разъемов существенно понижали надежность в любой системе, использующей Электронику-60. В то же время в очень многих системах Электроника-60 управляла одним-двумя крейтами. Избыточность аппаратуры и низкая надежность громоздкой системы инициировали поиск более разумного решения.

Опыт разработки и использования микроЭВМ Одренок подсказывали, что наиболее оптимальным решением было бы совмещение микроЭВМ с крейт- контроллером. Современная элементная база позволяла создать такой контроллер крейта достаточно компактным, с приемлемыми характеристиками и удовлетворяющим требованиям систем автоматизации ЭФУ:

- программная совместимость с микроЭВМ Электроника-60;
- совместимость контроллерной части с популярным устройством СС-11, для которого существовали распространенные пакеты программ и тестов;
- возможность при необходимости подключать к крейт- контроллеру стандартное оборудование Электроники-60;
- для большинства типовых применений не должно требоваться дополнительных блоков.

В рамках сформулированных требований разработан контроллер крейта КАМАК, совмещенный с микроЭВМ Электроника-60 (К0615).

Во второй главе описываются программные средства, созданные автором для систем автоматизации на основе микроЭВМ Одренок.

Программное обеспечение, разработанное автором для распределенных систем автоматизации, включает в себя следующее:

- 1) программное обеспечение центральной ЭВМ сети;
- 2) системные утилиты;
- 3) пакеты подпрограмм обслуживания КАМАК аппаратуры в центральном и удаленных крейтах;
- 4) программное обеспечение рабочих станций.

Программное обеспечение центральной ЭВМ состоит из следующих компонент:

- программы обслуживания сети Одрят;
- начальный загрузчик;
- программы организации и поддержки конфигурации системы.

Центральная ЭВМ располагает, как правило, следующими ресурсами: накопитель на винчестерском диске, электронный диск, терминал, часы, комплект связных устройств, устройство связи с кластером более высокого уровня, интерфейс магнитофона и интерфейсы к различным типам ЭВМ и сетей. Программа поддержки сети предоставляет периферийным ЭВМ следующие ресурсы центральной ЭВМ:

- директории на винчестерском накопителе;
- электронный диск- устройство общего доступа;
- директории на накопителе центральной ЭВМ более высокого уровня;
- центральный терминал (он доступен любому пользователю кластера. Кроме этого, центральный терминал может подключаться к любой микроЭВМ нижних уровней, как их собственный);
- энергонезависимый хронометр;
- ряд специальных возможностей (взаимодействие с операционной системой или пользовательской программой в центральной ЭВМ, средства синхронизации процессов и т.п.).

В процессе инициализации система определяет наличные ресурсы и обходится имеющимися. Если в крейте отсутствует электронный диск или (и) винчестерский накопитель, то сетевая программа предоставляет доступные диски центра более высокого уровня. Эти свойства не только увеличили живучесть системы, но и, что более важно, существенно облегчили диагностику неисправностей.

При проектировании загрузчика использовался общепринятый подход, практикуемый при создании системного программного обеспечения Одренка- для неквалифицированного пользователя функции программы максимально просты, в то же время как квалифицированный специалист всегда имеет возможность для самых разнообразнейших действий. После запуска

загрузчик сканирует крейт в поисках интерфейса терминала и, обнаружив таковой, пытается принять с него код Control-B. Если в течении 2-3 секунд это не удалось, производится стандартная процедура загрузки. В противном случае начинается диалог с оператором.

Загрузчик дает возможность просмотреть и модифицировать содержимое винчестерского или электронного диска, загрузить систему из произвольной директории или из электронного диска, позволяет изменять описание конфигурации и т.п. Наличие встроенного имитатора ручного контроллера позволяет проверить работоспособность различных модулей.

Системные утилиты для ЭВМ ОДРА и микроЭВМ Одренок создавались в течении 15 лет многими пользователями ЭВМ. Автором был создан ряд программ, реализующих системные функции. Наиболее интересной программой является программа обмена файлами. Эта программа предназначена для манипуляций с файлами, обеспечивая полный набор операций, включая обмен между системными носителями различных типов расположенных в разных кластерах. Программа обеспечивала стандартный сервис, аналогичный программам подобного назначения популярных операционных систем RT-11 и MS-DOS.

Одним из существенных требований к трактам передачи информации на ускорительно-накопительных комплексах является скорость обмена. Этот параметр в равной мере определяется как параметрами аппаратуры, так и обслуживающим ее программным обеспечением. Так, например, для контроллера к микроЭВМ Электроника-60 с аппаратным быстродействием несколько микросекунд полное быстродействие простейшего однопрограммного пакета превышало 200 мкс при обмене 16-разрядными словами.

Подключение к микроЭВМ Одренок дополнительных удаленных крейтов КАМАК организовывалось посредством комплекта драйвера и контроллера, разработанных автором и обеспечивавших аппаратную скорость обмена до 100 Кслов в секунду. Автор разработал два пакета подпрограмм. Первый пакет ориентирован на типовые потребности и обладал следующими параметрами:

- поддержка многопрограммной работы;

- работа с аппаратурой расположенной как в крейте микроЭВМ, так и в удаленном крейте;
- обмены 24-разрядными словами;
- контроль ошибок обмена;
- время передачи и исполнения КАМАК команды от 65 до 140 мкс (в зависимости от типа обмена).

На электрофизических установках ИЯФ непосредственно с аппаратурой взаимодействует, как правило, единственная программа, которая является посредником для всех других управляющих программ. Для работы в подобных системах был разработан пакет подпрограмм не рассчитанный на многопрограммность. При этом достигается скорость обмена 19-78 мкс при вызове из программы написанной на языке высокого уровня.

Для ускорения диагностики неисправностей и отладки больших систем написан тест, проверяющий основные тракты прохождения информации и позволяющий протестировать простые модули. Программа позволяет проверить исправность драйвера DS-24S, трасс к удаленному крейту, исправность контроллера, исправность крейта и отсутствие искажений на магистрали неисправными модулями, считать все запросы модулей, снять карты X и Q избранного модуля, протестировать внутренние регистры большинства модулей различной разрядности, и включает некоторые другие тесты. Кроме этого полезным при поисках неисправностей был имитатор ручного контроллера, написанный первоначально для рабочих станций радиоинженеров-разработчиков электронной аппаратуры. Благодаря этим тестам, при запуске и эксплуатации системы управления УНК ВЭПП-3 удается достаточно быстро локализовать типовые неисправности.

Существенную часть потребителей созданной сети Одрят составляли рабочие станции. На любом физическом комплексе сегодня есть специальные ЭВМ программистов. Поскольку комплексы являются экспериментальными установками, их программное обеспечение непрерывно модифицируется вместе со всей системой автоматизации. Это вызывает потребность в поддержке функций

персонального компьютера в Одренке. Изобилие технической и эксплуатационной документации, подготовка отчетов и публикаций инициировали быстрый рост числа пользователей Одренка как персональной ЭВМ. К персональным ЭВМ можно отнести как микроЭВМ подготовки программ на УНК, так и рабочие станции радиоинженеров, а также маленькие экспериментальные стенды. Существенной особенностью таких потребителей являлось разнообразие потребностей. Если микроЭВМ крупного физического комплекса круглосуточно управляли установкой, поглощая большую часть ресурсов микроЭВМ, то на рабочих станциях любые работы длились непродолжительное время и большую часть времени микроЭВМ использовались в качестве персональных ЭВМ. Доступные в то время персональные ЭВМ, такие как ДВК различных моделей, уступали Одренку по основным параметрам и не могли предоставить лучшего сервиса. Поэтому трудно было удержаться от заманчивой перспективы совместить в Одренке многоцелевую управляющую ЭВМ и качественную персональную ЭВМ.

Одной из наиболее распространенных работ на персональных компьютерах являлась обработка текстов. Автором был создан пакет программ (редактор текстовых файлов, текстовый процессор, комплект программ печати), позволяющих достаточно удобно редактировать тексты, форматировать и распечатывать их на различных принтерах.

Второй существенной потребностью владельцев персональных ЭВМ является потребность в расчетах, в стандартном языке программирования, например в ФОРТРАНе. Автором создана программа-монитор, позволяющая использовать фирменный компилятор с ФОРТРАНа, мониторируя его запросы к операционной системе и обеспечивая согласование форматов входных и выходных данных компилятора. Встроенный препроцессор позволил ввести в ФОРТРАН-1900 современные возможности: условную компиляцию, текстовые литералы, восьмеричные числа и т.п.

Заметными потребителями вычислительной техники являлись радиоинженеры. Их рабочие места нуждались не только в стандартном, но и в специфичном программном

обеспечении. Автором диссертации были созданы программы и разработан ряд модулей в стандарте КАМАК для программирования современных компонентов радиоэлектроники- программируемых постоянных запоминающих устройств (ППЗУ) и программируемой матричной логики (ПМЛ), а также ряд тестовых программ общего и частного применения.

В третьей главе описаны некоторые аппаратные средства, созданные автором для распределенных систем управления, рассматриваются наиболее интересные схемотехнические решения.

Драйвер DS-24S и контроллер CC-24S были разработаны для совместной работы и ориентированы на использование совместно с 24-разрядной КАМАК микроЭВМ. К драйверу может быть подключено до 4 контроллеров. Связь осуществляется по двум коаксиальным кабелям. Данные передаются двухполярным самосинхронизованным неуравновешенным кодом. Для повышения помехоустойчивости применена гальваническая развязка на приемном конце с помощью быстродействующих оптронов.

Сигналы в линии состоят из кодовых импульсов КИ (положительных), синхроимпульсов СИ (отрицательных) и временных интервалов между ними. Амплитуда импульсов не менее 12 В, длительность импульсов и интервалов между ними не менее 50 нс. Следует заметить, что при увеличении длительности любого интервала в передатчике, в приемнике ничего изменять не требуется. Дальность связи при этом соответственно может возрасти.

Выделены следующие сочетания импульсов в линии связи:

- С6- запись статусной информации;
- С5- чтение статусной информации;
- С4- запись данных;
- С3- чтение данных;
- С2- конец обмена;
- С1- информационная 1;
- С0- информационный 0.

Драйвер начинает обмен командой (С6-С3), после

чего он ожидает ответ на команду, свидетельствующий о готовности приемника выполнить эту команду, далее передается информация и после нее команда С2 (конец обмена) на которую тоже ожидается ответ, свидетельствующий о завершении обмена. Если не было ответа на команду в течение 200 мкс, драйвер интерпретирует это как сбой связи. Информационное поле включает в себя 24 разряда данных и бит контроля четности.

При операциях записи приемный канал диспетчера принимает информацию с линии. Таким образом возможно проконтролировать работу драйвера «сам на себя», включая контроль правильности передаваемой информации. Кроме этого возможна реализация операции записи с одновременным чтением, если в периферийном устройстве этот механизм предусмотрен.

Для расширения возможностей введено два типа информации: статус и данные. Аппаратно они реализованы идентично и предназначены для расширения возможностей при работе с периферийными устройствами. Например, при работе с контроллером СС-24S статусный регистр включает в себя биты командного слова (N, A, F, Z, C, I) и биты ответов с магистрали (Q, X, L), а регистр данных обслуживает W, R- шины.

При работе на кабели типа РК-75-2-11 и при длительности импульсов 50 нс дальность связи не менее 100 м. Линия возбуждается двухполярным токовым передатчиком с предискажением сигнала. Приемник с оптронной развязкой на АОД129А позволяет уверенно принимать 50-наносекундные импульсы. Фотодиод включен по схеме с компенсацией емкости.

Цифровая часть собрана на микросхемах ТТЛШ-серий. Формирование временной диаграммы, а также контроль ответов осуществляет микропрограммный автомат, что позволяет реализовать различные связные протоколы.

Контроллер использует все 4 команды, генерируемые драйвером В0614. Запись и чтение данных вызывают исполнение NAFa, записанного ранее в командный регистр контроллера. Запись и чтение статуса трактуются контроллером как запись NAFa в регистр команд и чтение его для контроля. При записи

безинформационного NAFa (функции (F8-F15 и F24-F31) команда выполняется автоматически, без обращения к регистру данных. Это позволяет исполнять безинформационные команды единственно посылкой от драйвера. При чтении статусного регистра в старших разрядах отдаются ответы X и Q, а также состояние триггера L. В K0614 применен параллельный маскируемый 24-разрядный генератор прерываний от LAM запросов.

Комплект драйвер/контроллер нашел широкое применение как в системах управления электрофизических установок ИЯФ СО АН СССР, так и в сторонних организациях. В процессе эксплуатации они зарекомендовали себя надежным и удобным средством сопряжения КАМАК аппаратуры с микроЭВМ Одренок. В 1991 году на различных установках работало около 400 контроллеров.

Крейт-контроллер K0615 разработан для замены комплекта микроЭВМ Электроника-60 и контроллера K16-П и представляет из себя логическое совмещение микроЭВМ Электроника-60 и распространенного контроллера крейта КАМАК типа СС-11 и построен на основе однокристалльной ЭВМ K1801BM2. Блок-схема процессора крейт-контроллера практически идентична микроЭВМ Электроника-60, но в отличие от нее каждый блок не занимает плату, а реализован на нескольких микросхемах.

Ниже приводятся некоторые параметры контроллера:

- ОЗУ- 28К 16-разрядный слов;
- время исполнения команды MOV при регистровом методе адресации- 1.8 мкс;
- время исполнения команды DIV при регистровом методе адресации- <20 мкс;
- время исполнения команды FDIV- <510 мкс;
- скорость передачи устройств последовательного ввода/вывода от 50 до 57600 бод.

Крейт-контроллер K0615 зарекомендовал себя в качестве удобного и надежного средства создания интеллектуальных систем в распределенных системах автоматизации. Основное применение разработанный контроллер нашел в следующих областях:

- обслуживание удаленного крейта в распределенных системах в условиях больших

- помех и наводок;
- для предварительной обработки информации из отдельного крейта в больших системах;
- системы с требованиями повышенной надежности (типа промышленных ускорителей);
- системы минимальной стоимости.

Вопросам применения распределенных систем автоматизации посвящена четвертая глава. Рассмотрена система управления УНК ВЭПП-3 (1991 г.) и схема автоматизации радиоэлектронной лаборатории.

Модернизированная система управления ВЭПП-3 была запущена в 1986 году. Основная часть системы управления подверглась незначительной эволюции, хотя за время эксплуатации «обросла» некоторыми вспомогательными подсистемами.

Сеть микроЭВМ представляет из себя иерархическую древовидную структуру. Существует несколько кустов микроЭВМ, связанных с центральной ЭВМ комплекса ВЭПП-3. Это кластер ВЭПП-4, на котором производится отработка и запуск системы управления ВЭПП-4. К кластеру ВЭПП-3 подключен также кластер «PHYSICS», который включает в себя как персональные ЭВМ на основе Одренка для проведения различных расчетов, связанных с УНК, так и ряд небольших экспериментальных стендов.

Кластер ВЭПП-3 включает в себя ЭВМ управления, ЭВМ контроля и несколько ЭВМ для автоматизации ведущихся на комплексе экспериментов. Система управления включает в себя центральную ЭВМ с необходимой периферийной аппаратурой, пять ЭВМ управления к которым подключены 19 дополнительных крейтов КАМАК с аппаратурой управления и контроля и две ЭВМ контроля с 5 дополнительными крейтами. На всех ЭВМ часть аппаратуры располагается в крейте с микроЭВМ. Это либо системные устройства, либо устройства с интенсивным информационным обменом, такие как графические дисплеи, цифровые осциллографы. Дополнительные крейты с аппаратурой подключаются посредством комплекта модулей DS-24S и CC-24S.

Функции управляющих ЭВМ разграничены следующим

образом. МикроЭВМ IPO и UPO осуществляют контроль примерно по 140 каналам и управление примерно по 130 каналам всех систем инжектора «Позитрон». ЭВМ MSV3 осуществляет управление магнитной системой накопителя ВЭПП-3 (магнитами, линзами, корректорами, всего около 400 каналов управления и контроля). ЭВМ RFV3 осуществляет управление ВЧ-системой накопителя ВЭПП-3 (40 каналов управления и контроля). ЭВМ BEAMV3 занимается контролем пучка в кольце накопителя, измеряет ток, орбиту, осуществляет коррекцию орбиты при подъеме энергии.

Все управляющие ЭВМ включают в себя микроЭВМ Одренок, модуль связи с центральной ЭВМ, интерфейс терминала, электронный диск, интерфейсы к дополнительным крейтам, один или несколько терминалов, часто принтер.

Управляющие ЭВМ, нуждающиеся в быстром обмене большими объемами информации с другой ЭВМ имеют интерфейс локальной сети, обеспечивающий дуплексный буферизованный обмен со скоростью до 1.5 Мбайт/с. Такой связью соединены между собой ЭВМ UPO и IPO, а также микроЭВМ управления накопителем. Кроме частных линий, в системе используется также обмен информацией через центральную ЭВМ. Для этого используется «почтовый ящик» программы обслуживания сети, электронный диск, доступный всем ЭВМ как для чтения, так и для записи, а также используются файлы базы данных на винчестерском диске.

Кроме основных ЭВМ управления инжектором и накопителем, система включает в себя и две системы технологического контроля. Одна из них контролирует температуру и вакуум в различных элементах комплекса, а вторая - дозиметрическую обстановку.

Объем основных рабочих программ составляет около 1 Мбайта.

В заключении приводятся основные результаты работы и обсуждаются пути ее развития.

Основные результаты работы заключаются в следующем:

1. Предложена и реализована распределенная

структура микроЭВМ в стандарте КАМАК в качестве основы системы управления УНК ВЭПП-3. В настоящее время на основе предложенной структуры отрабатывается прикладное программное обеспечение системы управления УНК ВЭПП-3.

2. Разработан ряд аппаратных и программных средств для распределенных систем микроЭВМ, позволяющих создавать на их основе разнообразные системы автоматизации научных исследований.

3. На основе разработанной структуры, аппаратных и программных средств создано несколько десятков систем автоматизации на различных электрофизических установках как в ИЯФ СО АН СССР (ВЭПП-3, ВЭПП-4, ТРАПП, МАГНИКОН, ПСП-02, ГДЛ и др.) так и в сторонних организациях (СИБИРЬ в Институте атомной энергии, ТНК в Институте физических проблем и др.).

4. Разработаны аппаратные и программные средства для превращения базовой управляющей микроЭВМ в персональную ЭВМ-инструмент исследователя. Эти средства позволили решить проблему автоматизации небольших экспериментальных стендов и рабочих станций радиоинженеров в ИЯФ СО АН СССР, значительно облегчили их труд и повысили его производительность.

Основные положения диссертации изложены в следующих работах:

1. Аульченко В.М., Батраков А.М., Козак В.Р. и др. Система автоматизации эксперимента на термоядерной установке ГОЛ-1./ Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции.- Новосибирск, 1979, с.37.

2. Абдрашитов Г.Ф., Байбородин С.И., Батраков А.М. и др. Автоматизация эксперимента на термоядерной установке ПСП-02./ Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции.- Новосибирск, 1981, с.23.

3. Козак В.Р., Храпкин П.Л. Программное обеспечение системы сбора данных на термоядерной установке ПСП-02./ Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ. Тезисы докладов Всесоюзной конференции.- Новосибирск, 1981, с.24.

4. Бажан А.И., Карлинер М.М., Козак В.Р. и др. Стенды для настройки радиоэлектронной аппаратуры на базе многомашинного комплекса ЭВМ серии Электроника-60 и Электроника 100-25./ Тезисы докладов второго всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике и в смежных областях.- Новосибирск, 1982, с.39.

5. Абдрашитов Г.Ф., Байбородин С.И., Батраков А.М. и др. Система автоматизации эксперимента на термоядерной установке ПСП-02./ Автоматизация научных исследований в ядерной физике и в смежных областях. Тезисы докладов второго Всесоюзного семинара.- Новосибирск, 1982, с.152.

6. Алешаев А.Н. и др. Системы управления ускорителями в ИЯФ (состояние и перспективы развития)./ Труды 13-й международной конференции по ускорителям частиц высоких энергий.- Новосибирск, 1987, т.2, с.213-219.

7. Козак В.Р. Матобеспечение для ЭВМ ОДРА и Одренок. Программы обработки текстовых файлов.- Новосибирск, 1988.- 37 с. (Препринт/ Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 88-23).

8. Козак В.Р. Драйвер и контроллер для ЭВМ Одренок.- Новосибирск, 1988.- 13 с. (Препринт/ Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 88-24).

9. Козак В.Р., Тютюник А.Г., Уваров Н.П. Автономный контроллер крейта К0615.- Новосибирск, 1988.- 16 с. (Препринт/ Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 88-31).

10. Алешаев А.Н., Козак В.Р. Программное обеспечение для микроЭВМ Одренок. Центральная ЭВМ.- Новосибирск, 1988.- 31 с. (Препринт/ Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 88-48).

11. Алешаев А.Н., Белов С.Д., Козак В.Р. и др. Распределенные многоцелевые системы АСНИИ на базе сетей КАМАК микроЭВМ./ В сб. Обработка физической информации. Тезисы докладов четвертого Всесоюзного семинара по обработке физической информации.- Нор-Амберд, 1988, с.6.

12. Гончаров В.Н., Козак В.Р., Никифоров А.А. Программное обеспечение для микроЭВМ Одренок.

ФОРТРАН-1900.- Новосибирск, 1988.- 49 с. (Препринт/Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 88-81).

13. Козак В.Р., Кузнецов С.Н., Тютюник А.Г. и др. Системы обработки информации в стандарте VME./В сб.: Автоматизация исследований в ядерной физике и в смежных областях. Тезисы докладов пятого Всесоюзного семинара. Ташкент, 1988, с.67.

14. Батраков А.М., Гудков Б.А., Голубенко Ю.И. и др. Структура системы управления комплексом ВЭПП-3./ Тезисы докладов VII-го всесоюзного симпозиума по модульным информационно-измерительным системам.- Новосибирск, 1989, с.7.

15. Алешаев А.Н., Белов С.Д., Дубровин А.С. и др. Система управления комплексом ВЭПП-3 (программное обеспечение)./ Тезисы докладов VII-го всесоюзного симпозиума по модульным информационно-измерительным системам.- Новосибирск, 1989, с.8.

16. Козак В.Р., Пискунов Г.С., Тарарышкин С.В. Программаторы для ППЗУ.- Новосибирск, 1989.- 14 с. (Препринт/Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ89-165).

17. Козак В.Р., Репков В.В., Уваров Н.П. Программаторы для ПЛМ.- Новосибирск, 1989.- 18 с. (Препринт/ Ин-т ядерной физики СО АН СССР; ИЯФ 89-171).

18. A.N. Aleshaev, A.M. Batrakov, S.D. Belov, V.V. Kargaltsev, V.R. Kozak, E.A. Kuper, V.A. Kupchik, B.V. Levichev, A.V. Ledenev, V.I. Nifontov, Yu.I. Oschepkov, G.S. Piskunov, I.Ya. Protopopov, S.V. Tararyshkin, Yu.I. Eidelman. ACCELERATOR CONTROL SYSTEMS AT THE INP (STATUS AND PROSPECTS).- Europhysics conference on control systems for experimental physics, 1987. Proceedings, Geneva, 1990. P.25-30.

19. Алешаев А.Н., Белов С.Д., Гончаров В.Н. и др. Структура и организация систем управления ускорительными комплексами в ИЯФ СО АН СССР./ Тезисы докладов 12 Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц.- Москва, 1990, с.44.

20. В.Р. Козак, С.Н. Кузнецов, Н.П. Уваров, А.В. Шадрин. Модули в стандарте VME для систем управления электрофизическими установками.- Тезисы

докладов 12 Всесоюзного совещания по ускорителям
заряженных частиц. Москва, 1990, с.52.

Козак Виктор Романович

РАЗРАБОТКА АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Автореферат
Диссертации на соискание ученой степени
Кандидата технических наук

Подписано к печати - 29.X.1991 г.
Формат бумаги 60x90 1/16 Объем 1,4печ.л., 1,1 учетно-
изд.л.
Тираж 100 экз. Бесплатно. Заказ №112.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90