



Ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции

Институт атомной энергии

им. И. В. Курчатова

А.А. Виноградов, В.В. Парамонов,

ИАЭ-3642/14

А.А. Цветков

**ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ
КОНТРОЛЛЕР КРЕЙТА КАМАК**

Москва 1982

УДК 621.382

Ключевые слова: КАМАК, контроллер, крейт, программа, измерительная система.

Программно-управляемый вспомогательный контроллер крейта КАМАК предназначен для сбора данных от АЦП и их предварительной обработки (сортировки по признакам).

Алгоритм работы контроллера определяется набором команд (программой), записываемых ЭВМ в блок памяти команд контроллера.

Использование контроллера в измерительно-вычислительной системе в экспериментах на циклотроне ИАЭ им. И.В. Курчатова обеспечило сокращение "мертвого" времени системы в 8 – 10 раз (в зависимости от количества измеряемых параметров событий) и позволило освободить ЭВМ от рутинных операций по обслуживанию АЦП.

ВВЕДЕНИЕ

В ядерно-физическом эксперименте широкое применение получили измерительные системы на базе программно-управляемых модулей в стандарте КАМАК [1 – 3]. Обычно управление этими системами осуществляется с помощью малых ЭВМ. ЭВМ выполняет задачи накопления и обработки данных, контроля и управления экспериментальным оборудованием.

Наряду с преимуществами (возможность создания универсальных измерительных систем, использование стандартных внешних устройств, стандартного матобеспечения и т.п.) такие системы имеют и некоторые недостатки. В первую очередь необходимо отметить сравнительно низкое быстродействие: скорость регистрации событий, обеспечиваемая каналом крейта КАМАК, существенно выше скорости регистрации измерительной системы, определяемой быстродействием ЭВМ.

Как правило, требование высокого быстродействия предъявляется к устройству накопления данных. Одним из возможных путей обеспечения этого требования является создание специализированных быстродействующих устройств накопления.

НАЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРА

Контроллер предназначен главным образом для обеспечения различных режимов накопления данных, формируемых в аналого-цифровых преобразователях (АЦП), расположенных в крейте. Считываемые из АЦП данные накапливаются в буферной памяти, а по окончании режима накопления или с заданной периодичностью во время него данные передаются в ЭВМ для дальнейшей обработки.

Увеличивая быстродействие системы, контроллер позволяет также освободить ЭВМ от элементарных операций, связанных с накоплением и предварительной обработкой (сортировкой, проверкой условий отбора и т.д.) исходных экспериментальных данных.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА КОНТРОЛЛЕРА

На рис. 1 показана структурная схема контроллера. Он включает:

- блок управления;
- блок памяти команд;
- грейдер запросов.

Блок управления синхронизирует работу отдельных узлов контроллера, дешифрирует считываемые из блока памяти команды и формирует соответствующие им управляющие сигналы.

Блок памяти команд предназначен для хранения команд, выполняемых контроллером. Характер и последовательность команд зависят от конкретного алгоритма измерений. Запись команд в память осуществляется ЭВМ по каналу каркаса.

Грейдер запросов предназначен для разбиения запросов, поступающих в контроллер от станций крейта, на две группы:

- запросы, требующие обслуживания контроллера;
- запросы, управляющие работой контроллера.

Запросы первой группы выбираются с помощью переключателей, расположенных на передней панели блока. Управляющие запросы выбираются переключками на печатной плате.

РАБОТА КОНТРОЛЛЕРА, ФОРМАТ КОМАНД, ХАРАКТЕРИСТИКИ

Алгоритм работы контроллера сводится к последовательному считыванию команд, хранимых в блоке памяти, их дешифрации и выполнению соответствующих этой команде действий. Предварительно в блок памяти записывается последовательность команд, реализующая выбранный режим работы (программа измерений).

Запуск программы контроллера осуществляется сигналом запроса, относящимся к группе, обслуживаемой контроллером.

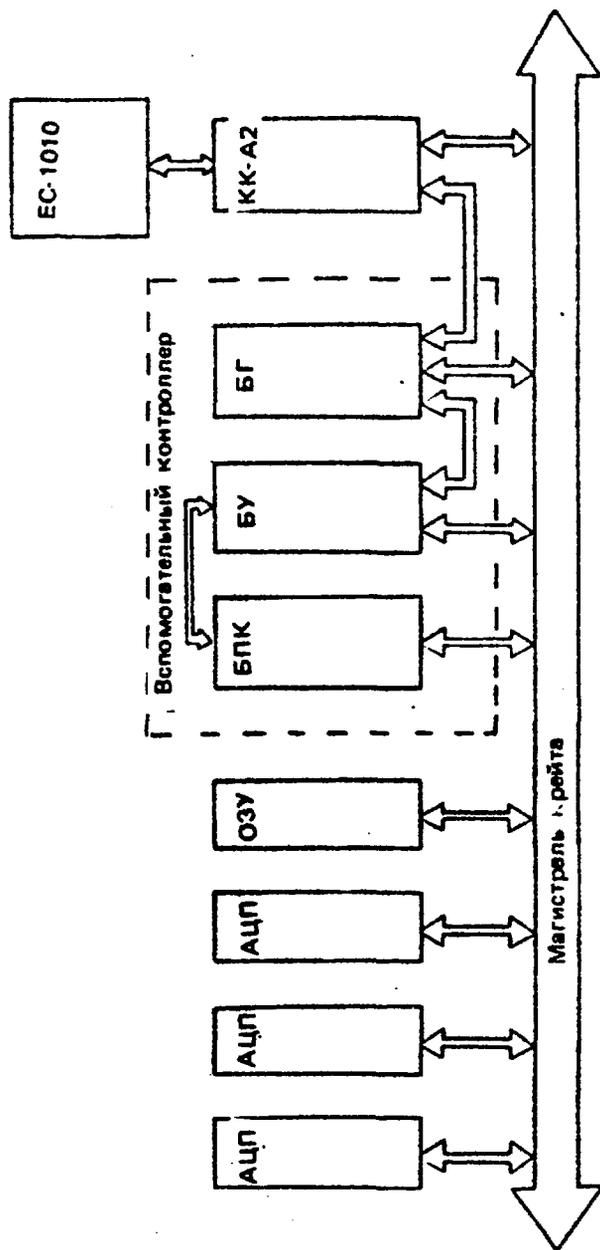


Рис. 1 Структурная схема вспомогательного контроллера и его включения в измерительную систему

Контроллер работает совместно с контроллером крейта типа А2 [4], что дает возможность обеспечить как автономный режим работы, так и работу совместно с ЭВМ. Доступ к шинам N и L магистрали КАМАК осуществляется через вспомогательную магистраль контроллера А2.

Все выполняемые команды разделяются на два типа:

- команды магистрали КАМАК;
- внутренние команды контроллера.

Признаком типа команды является наличие "0" (команда КАМАК) или "1" в пятом разряде командного слова.

Формат команд представлен на рис. 2.

Характеристики контроллера:

- длина информационного слова – 16 бит;
- длина слова команды – 16 бит;
- объем памяти команды – 32 слова;
- количество обслуживаемых периферийных АЦП – 15;
- быстродействие – $6,5 \cdot 10^5 \frac{\text{КАМАК-команд}}{\text{с}}$.

Конструктивно контроллер выполнен в трех модулях:

- блок управления – модуль 2М;
- блок памяти команд – модуль 1М;
- блок грейдера – модуль 1М.

Связь между блоками осуществляется через внешние разъемы.

ОПИСАНИЕ БЛОКОВ КОНТРОЛЛЕРА

1. Блок управления

1.1. Структура блока

Основным блоком контроллера, определяющим его функциональные возможности, является блок управления (рис. 3). Он состоит из следующих основных узлов:

- схемы запуска программ;
- схемы формирования тактовых импульсов;
- схемы дешифрации команд;
- схемы обработки запросов;
- регистров;

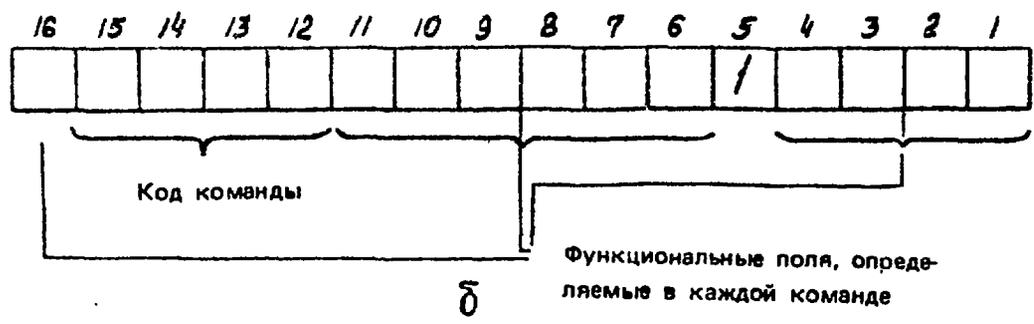
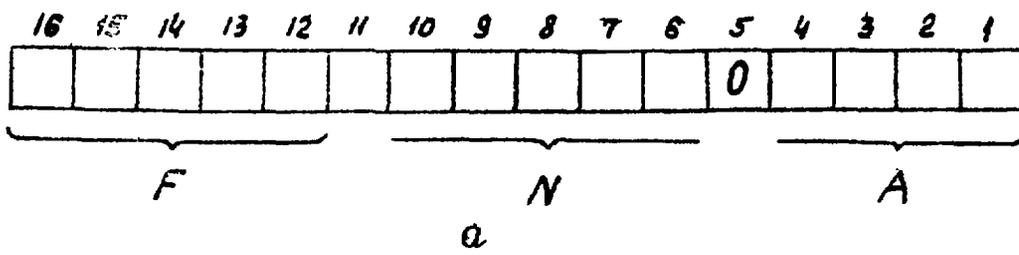
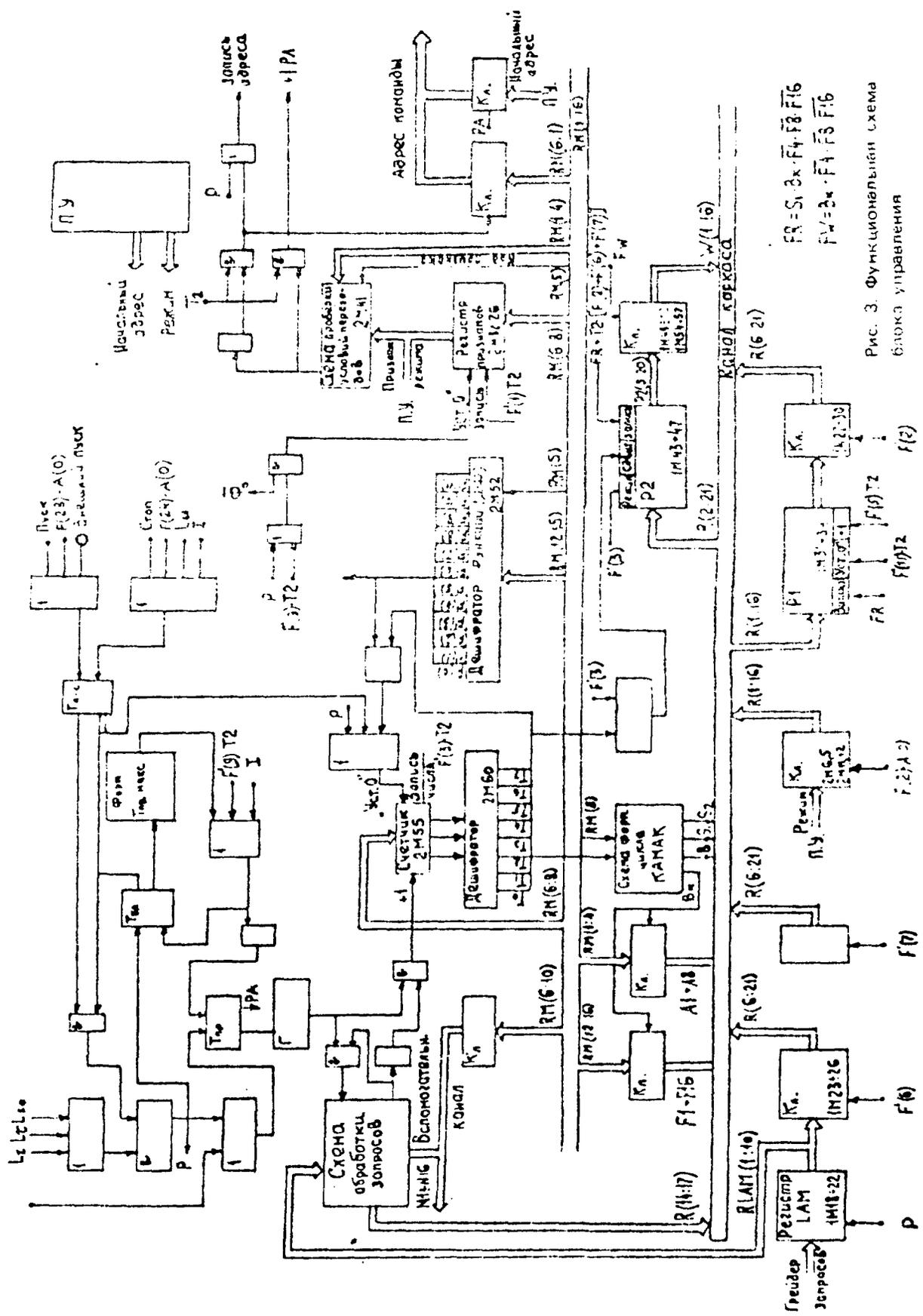


Рис. 2. Формат команд контроллера; а—команда КАМАК; б — внутренняя команда контроллера



FR = S1-3x-F4-F8-F16
 FW = 2x-F4-F8-F16

Рис. 3. Функциональная схема блока управления

- схемы проверки условий перехода;
- пульта управления.

Схема запуска программ принимает сигналы запросов, поступающие из блока грейдера запросов и требующие обслуживания со стороны контроллера, и в зависимости от условий, определяемых состоянием внутренних триггеров блока и внешними сигналами, формирует сигнал, запускающий выполнение программы контроллера.

Схема формирования тактовых импульсов включает в себя генератор синхроимпульсов, счетчик, дешифратор. Схема формирует последовательность импульсов, управляющую выполнением отдельных операций (считывание команды, выполнение команды, запись адреса и т.п.).

Схема дешифрации команд формирует управляющие сигналы в соответствии с принятыми из памяти командами.

Схема обработки запросов по слову состояния LAM формирует адрес станции, выставившей запрос.

Узел регистров включает:

- регистр LAM для записи слова состояния;
- регистры P1 и P2 для записи, хранения и преобразования исходной информации, поступающей из АЦП;
- регистр признаков для записи кода признака перехода, содержащегося в команде.

Схема проверки условий перехода при наличии признака условного перехода формирует импульс, управляющий записью адреса следующей команды. При этом адрес следующей команды задается в определенных разрядах текущей команды.

Пульт управления представляет собой набор клавишных регистров, с помощью которых задается режим работы контроллера.

1.2. Описание работы блока управления

Запуск программы осуществляется импульсом запроса, поступающим от одной из станций крейта. При этом запрос должен относиться к группе, обслуживаемой контроллером. Результирующий сигнал запросов (L_{Σ} , $L_{б.об}$) осуществляет запуск программы. При этом необходимо, чтобы:

- триггер "пуск – стоп" $T_{п-с}$ находился в состоянии, разрешающем запуск;
- была окончена предыдущая программа $T_{бл} = "0"$;

— канал не был занят контроллером крейта (Request Inhibit—"0")

Разрешение запуска осуществляется:

— сигналом "пуск" (кнопкой "пуск" на пульте управления);

— сигналом "внешний пуск";

— командой F (26) A (0) .

Запрет запуска осуществляется:

— сигналом "стоп" (кнопкой "стоп" на пульте управления);

— сигналом "i" (канал каркаса);

— командой F (24) A (0) ;

— сигналом L_i станции, требующей обслуживания ЭВМ (L_i выбирается перемычкой в блоке грейдера) .

Запуск программы осуществляется или немедленно сигналом запуска (одномерный режим, режим быстрого запуска*), или с задержкой, обусловленной временем преобразования АЦП (для многомерных режимов) .

Сигнал запуска выполняет следующие действия:

— устанавливает триггер блокировки на время работы программы;

— записывает слово LAM в регистр LAM;

— сбрасывает счетчик номера станции, выставившей запрос (в одномерном режиме счетчик не сбрасывается);

— определяет начальный адрес программы;

— устанавливает в "0" счетчик формирователя тактовых импульсов;

— устанавливает программный триггер T_{пр} в "1", запускает генератор синхроимпульсов.

Запуск программы возможен также сигналом от кнопок "Сброс" и "Наблюдение" на пульте управления.

Запуском генератора синхроимпульсов начинается выполнение программы. Импульсы с выхода генератора поступают на вход распределителя, который формирует тактовые сигналы, управляющие работой отдельных узлов контроллера.

Наличие программного триггера дает возможность прервать выполнение программы на время подготовки внешних устройств к приему информации.

*) Режим быстрого запуска введен для уменьшения "мертвого" времени контроллера. Запуск программы в этом случае происходит при совпадении запросов от выбранных станций. Выбор станций осуществляется с помощью тумблерного регистра 2П, расположенного в блоке грейдера запросов. Выбор режима осуществляется переключателем на пульте управления.

Триггер блокировки ($T_{\text{бл}}$) запрещает запуск на время выполнения программы. Сброс $T_{\text{бл}}$ осуществляется или по окончании программы, или (в случае сбоя) по истечении интервала времени, соответствующего максимальному времени блокировки.

Программа контроллера хранится в блоке памяти. Считывание команд программы и их выполнение происходит в соответствующие такты. Количество тактов и характер выполняемых в каждом такте действий зависят от конкретной команды. В общем случае выполняются следующие действия:

- считывание команды из блока памяти;
- дешифрация команды;
- выполнение команды;
- запись адреса следующей команды;
- подготовка схемы к выполнению следующей команды.

Последней командой программы всегда является команда окончания программы, подготавливающая контроллер к новому программному циклу.

2. Блок памяти команд

Блок предназначен для хранения последовательности команд, выполняемых вспомогательным контроллером крейта.

Цикл считывания — 100 нс.

Запись информации в память осуществляется по каналу каркаса, считывание — как по каналу каркаса, так и по каналу, соединяющему блок памяти с блоком управления (связь с блоком управления осуществляется через разъем на передней панели).

Выполняемые функции КАМАК:

- 1) F (0) A (0) — чтение регистра числа;
- 2) F (16) A (2) — запись числа в память;
- 3) F (16) A (3) — запись адреса памяти;
- 4) F (26) A (2) — запись из памяти в регистр числа;
- 5) F (8) A (0) — проверка запроса;
- 6) F (10) A (0) — сброс запроса;
- 7) F (24) A (3) — сброс блокировки.

Функциональная схема блока показана на рис. 4. Совместно с блоком управления блок памяти работает только в режиме считывания информации. При этом каждый раз производится проверка считанного из памяти числа по четности (17-й и 18-й разряды числа используются

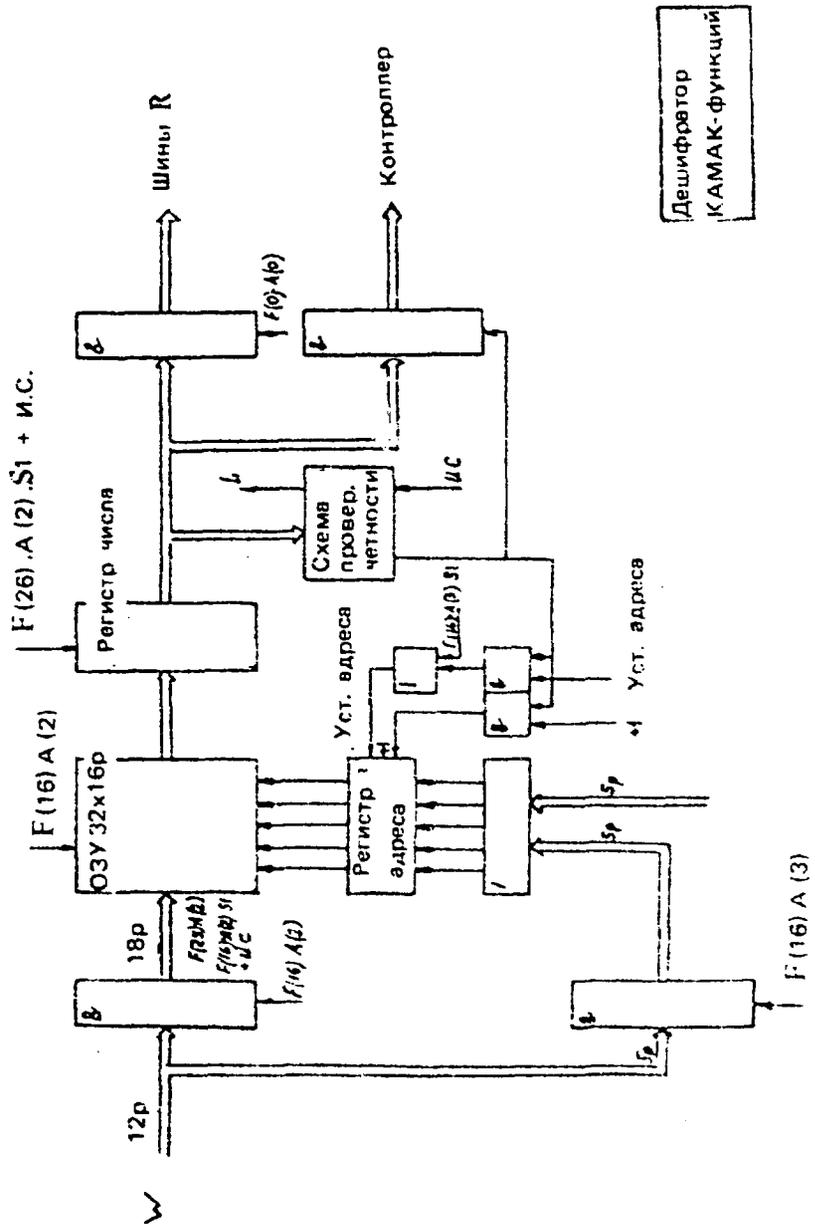


Рис. 4. Функциональная схема блока памяти команд

как биты добавления до четности младшего и старшего байта соответственно). Считывание производится в первом такте работы блока управления. Считанная информация переписывается в регистр числа. В случае несоответствия числа условиям четности производится повторное считывание по данному адресу. При этом блокируются вход счетчика адреса и выходные клапаны информационных шин. При десятикратном считывании искаженной информации блок выставляет запрос на канал каркаса. Программа, обслуживающая данный запрос, восстанавливает информацию в блоке памяти.

При записи команд в ОЗУ необходимо блокировать работу блока управления.

3. Блок грейдера запросов

Функциональная схема блока показана на рис. 5. Грейдер связывает блок управления со вспомогательной магистралью контроллера А2 и согласует уровни сигналов магистрали с уровнями сигналов (логические уровни) в блоке управления. Помимо сортировки запросов от станций в крейте и формирования слова LAM, блок формирует сигналы запуска программ контроллера L_{Σ} (или $L_{б.об}$ *) :

$$L_{\Sigma} = AL_j \cdot 1P_1 + AL_j \cdot 1P_2 + \dots,$$

где AL_j — сигнал запроса i -й станции крейта, поступающий в грейдер из контроллера А2; $1P(1:12)$ — тумблерный регистр, расположенный на передней панели блока; $1P_j$ — i -й разряд этого регистра. Сигнал L_{Σ} используется, как правило, для запуска программы измерений одномерных спектров.

$L_{б.об}$ — сигнал быстрой обработки запроса,

$$L_{б.об} = (A_i + \overline{2P_1}) \cdot (A_j + \overline{2P_2}) \cdot (A_n + \overline{2P_3}) \cdot (A_k + \overline{2P_4}),$$

$$A_i = GL_M \cdot 1I_j.$$

$2P(1:4)$ — тумблерный регистр, расположенный на плате.

Сигнал быстрой обработки запроса используется для запуска программ измерения многомерных спектров. Признаком режима быстрого обслуживания является наличие "1" в одном из разрядов тумблерного регистра 2P. Запуск осуществляется или при совпадении запросов от выбранных станций, или, если один из запросов отсутствует, через интервал времени, равный максимальному времени пре-

*) Выбор сигналов AL_j , GL_j и т.п. осуществляется переключками на печатной плате.

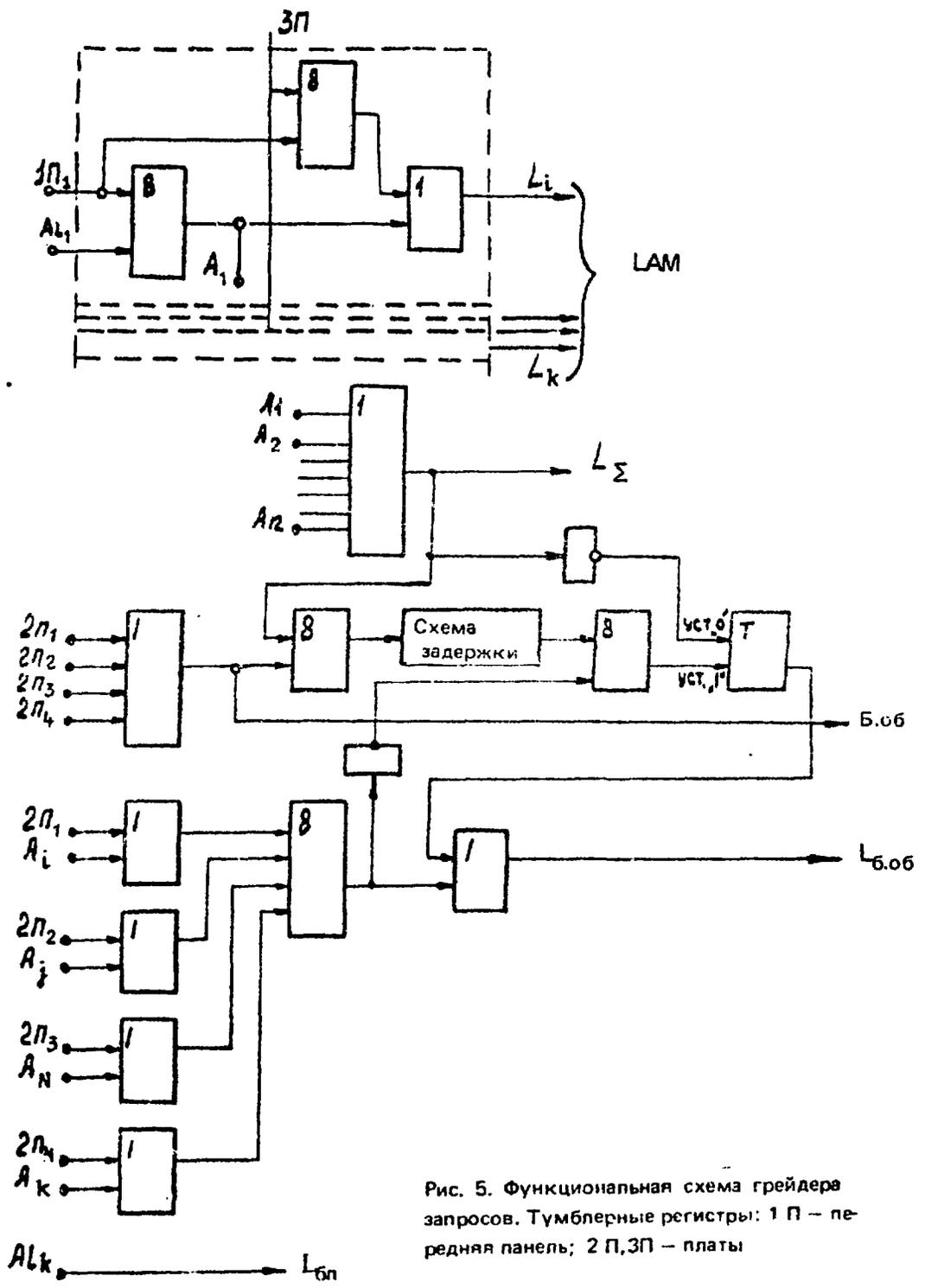


Рис. 5. Функциональная схема грейдера запросов. Тумблерные регистры: 1 П – передняя панель; 2 П, 3П – платы

образования АЦП и отсчитываемый от первого пришедшего запроса.

В блоке предусмотрено два режима формирования слова LAM. В первом случае "1" в соответствующем бите слова LAM записывается, если появляется запрос подключенной к грейдеру станции. Во втором случае для всех подключенных станций в соответствующие им биты слова LAM пишется "1" независимо от состояния их шины L. Выбор режима осуществляется переключателем ЗП, расположенным на плате.

6. Включение контроллера в измерительную систему.

Характеристики системы

На рис. 1 показана одна из возможных реализаций измерительной системы с использованием вспомогательного контроллера. Процесс измерений разбит на два этапа:

- накопление данных в буферной памяти;
- передача данных в ЭВМ, где производится их окончательная обработка.

Каждый этап определен соответствующим ему сигналом-признаком. Признаком конца этапа накопления может быть, например, сигнал переполнения буферной памяти или сигнал, соответствующий концу импульса вывода пучка (в случае импульсного режима работы источника). При наличии признака режима система автоматически переходит к выполнению соответствующих действий.

В настоящее время подобная система реализована в измерительно-вычислительном центре на циклотроне ИАЭ.

На рис. 6 показаны загрузочные характеристики измерительной системы для различных программ измерений.

S — программа накопления одномерного спектра.

DS — программа накопления двумерного спектра и одномерного для событий, локализирующихся в выделенной области двумерного спектра.

DDS — программа накопления двух двумерных спектров и одномерного для событий, локализирующихся в выделенных областях двух двумерных спектров.

Циклотрон работал в импульсном режиме с параметрами: частота импульсов $f = 100$ Гц; длительность импульса $\tau_{\mu} = 1,2$ мс.

Работа измерительной системы синхронизировалась импульсами ускорителя: во время вывода пучка (τ_{μ}) производилось накопление данных в буферной памяти, во время паузы — передача данных и их сортировка в ЭВМ (ЕС-1010).

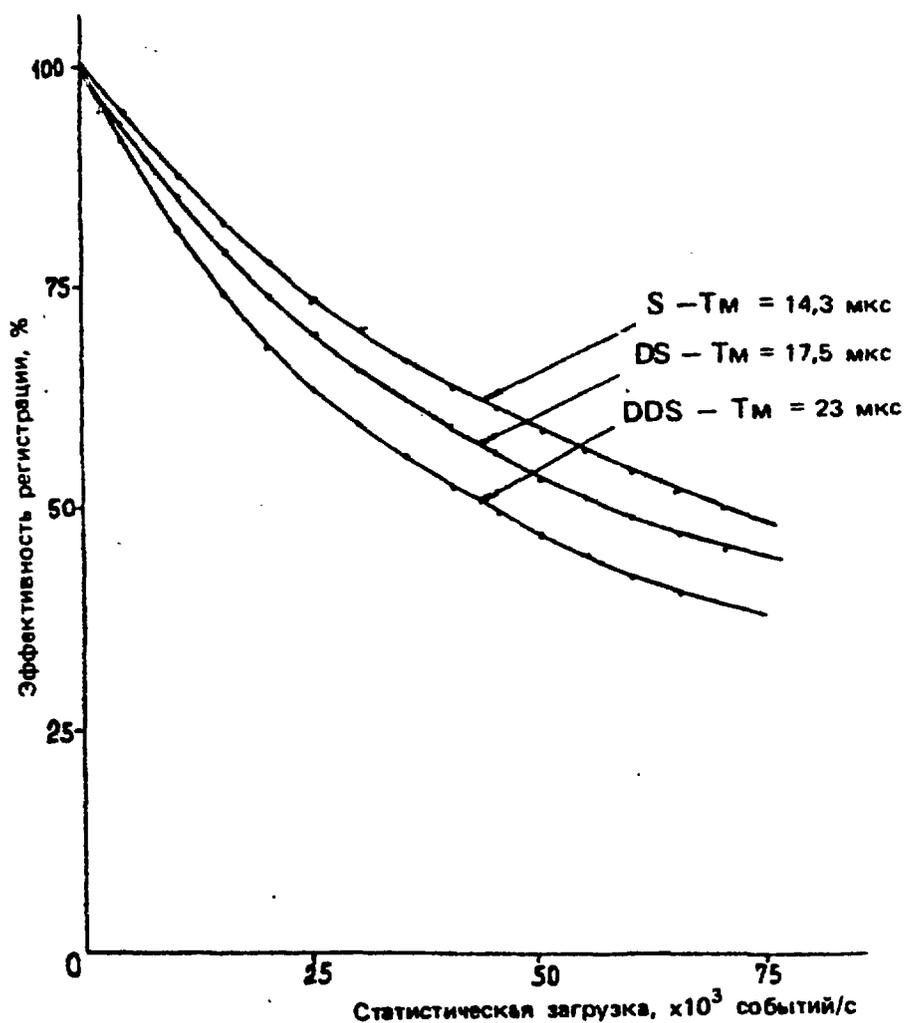


Рис. 6. Зависимость эффективности регистрации от загрузки

Эффективное "мертвое" время системы для различных режимов работы составляет: для S - 14,3 мкс; для DS - 17,5 мкс; для DDS - 23 мкс.

Сюда входит и "мертвое" время АЦП (максимальное "мертвое" время АЦП равно 12 мкс).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке программно-управляемого вспомогательного контроллера планировалось решение следующих задач:

- повышение быстродействия измерительной системы;
- упрощение организации сбора данных;
- освобождение ЭВМ от рутинных операций по непрерывному обслуживанию измерительных блоков КАМАК.

Опыт использования контроллера в измерительной системе в экспериментах на циклотроне подтвердил правильность выбранных решений.

Эффективность регистрации измерительной системы повысилась более чем в четыре раза практически для всех экспериментов, проводимых на циклотроне.

Совмещение во вспомогательном контроллере аппаратных и программных средств значительно упростило программу сбора данных, работа которой сводится к обслуживанию измерительных блоков по их запросам и параметрам, автоматически получаемым программой из таблиц.

Практически в течение всего эксперимента ЭВМ может выполнять функции по сортировке, предварительной обработке данных, а также по оперативному представлению контрольной информации на графическом и алфавитно-цифровом дисплеях.

Список литературы

1. Виноградов В.И. Дискретные информационные системы в научных исследованиях. М.: Атомиздат, 1976.
2. Колпаков И.Ф. Электронная аппаратура на линии с ЭВМ в физическом эксперименте. М.: Атомиздат, 1974.
3. Никитюк Н.М. Программно-управляемые блоки в стандарте КАМАК М.: Энергия, 1977.
4. Multiple controllers in a CAMAC Gate. Commission of the European Communities. EUR 6500 EN, 1978.

Редактор О.В. Базанова
Технический редактор Н.И. Мезенко
Корректор В.П. Горичева

Т-11610. 18.05.82. Формат 60x90/16. Уч.-изд. л. 1,0
Тираж 125. Цена 15 коп. Индекс 3624. Заказ 2430

Отпечатано в ИАЭ

РУБРИКАТОР ПРЕПРИНТОВ ИАЭ

- 1. Общая теоретическая и математическая физика**
- 2. Ядерная физика**
- 3. Общие проблемы ядерной энергетики**
- 4. Физика и техника ядерных реакторов**
- 5. Методы и программы расчета ядерных реакторов**
- 6. Теоретическая физика плазмы**
- 7. Экспериментальная физика плазмы и управляемый термоядерный синтез**
- 8. Проблемы термоядерного реактора**
- 9. Физика конденсированного состояния вещества**
- 10. Физика низких температур и техническая сверхпроводимость**
- 11. Радиационная физика твердого тела и радиационное материаловедение**
- 12. Атомная и молекулярная физика**
- 13. Химия и химическая технология**
- 14. Приборы и техника эксперимента**
- 15. Автоматизация и методы обработки экспериментальных данных**
- 16. Вычислительная математика и техника**

Индекс рубрики дается через дробь после основного номера ИАЭ.

Препринт ИАЭ-3642/14. М., 1982