

ЛИТЕРАТУРА

1. EUR 4100e. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Revised Description and Specification. ESONE Committee, 1972.
2. EUR 4600e. CAMAC. Organisation of Multi-Crate Systems. Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controller Type A. ESONE Committee, 1972.
3. EUR 5100e. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Specification of Amplitude Analogue Signals. ESONE Committee, 1972.
4. О. З. Гусев, Ю. Н. Золотухин, З. А. Лившиц, Ю. К. Постоечко, В. С. Якушев. Специфика управления в САМАС.— Автометрия, 1973, № 2.
5. В. Д. Бобко, Ю. Н. Золотухин, Ю. М. Крендель, З. А. Лившиц, А. П. Ян. Магистральная система обмена информацией.— Автометрия, 1974, № 4.
6. Ал. Е. Бреннер, Ю. В. Ступин. Децентрализованные и централизованные системы обработки в научных исследованиях США. Препринт ФИАН № 184, М., 1973 г.
7. L. Babiloni, E. de Agostino, B. Rispoli. CAMAC Data Transmission System for Computer — to — Computer Communication.— CAMAC Bulletin, 1973, № 7.
8. R. C. M. Vagnes. The CAMAC Serial Highway — A Preview.— CAMAC Bulletin, 1973, № 8.

Поступила в редакцию 8 апреля 1974 г.

УДК 681.323.+681.325.021

**В. Д. БОБКО, Ю. Н. ЗОЛОТУХИН, Ю. М. КРЕНДЕЛЬ,
З. А. ЛИВШИЦ, А. П. ЯН**
(Новосибирск)

МАГИСТРАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ

1. В [1] обсуждены принципы построения типовой структуры комплекса автоматизации научных исследований, базирующейся на концепции использования стандартизованного внутрисистемного уровня (ядра) для обмена информацией между различными компонентами комплекса (абонентами). В настоящей статье подробно описаны (в терминах структуры и функционирования) указанный стандартный уровень и техника взаимодействия между ядром и абонентами; отмечены особенности разработанной в 1973 г. в ИАЭ СО АН СССР магистральной системы обмена информацией, являющейся первой очередью общепромышленного комплекса автоматизации научных исследований.

2. Функции ядра в обсуждаемой типовой структуре выполняет магистральная модульная система, соответствующая принципам САМАС [2, 3]. Алгоритмы функционирования, рассматриваемые ниже, относятся к случаю однокорпусной системы; отличия, связанные с присутствием ветви магистрали данных, определяются в основном условиями САМАС [3] (см, также [1]).

Сопряжение абонента комплекса с ядром осуществляется с помощью интерфейса, подразделяющегося на две части: стандартный (не зависящий от типа абонента) модуль обмена и собственно абонентский интерфейс. Модули обмена вместе с управляющим блоком-контроллером и образуют ядро (рис. 1).

Описываемые ниже функциональная схема модуля обмена и алгоритмы его взаимодействия с контроллером и абонентским интерфейсом создаются унифицированными. Соблюдение связанных с этим ограничений обязательно для совместимости с предлагаемой ИАЭ типовой структурой.

Для контроллера **обязательным** является выполнение функций, возлагаемых на него в соответствии с алгоритмом, приведенным на рис. 2. Иных ограничений на его реализацию не накладывается.

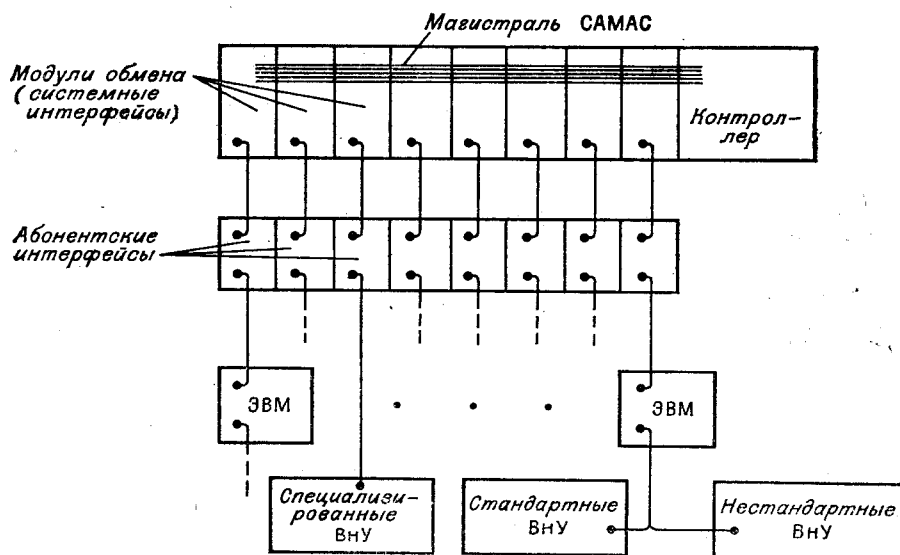


Рис. 1.

Исполнение абонентского интерфейса должно быть согласовано с требованиями, вытекающими из унификации модуля обмена. Его сложность может зависеть от задач, решаемых соответствующим абонентом.

3. В работе последовательно изложены: функции и структура модуля обмена, контроллера, абонентского интерфейса; алгоритмы функционирования. Так как описание структуры компонентов (по необходимости) формализовано, для удобства чтения можно начинать с алгоритмов функционирования, обращаясь к предыдущему тексту как справочному.

4.1. Стандартный модуль обмена выполняет следующие функции: обеспечение асинхронного обмена информацией между абонентами (за счет наличия буферного регистра данных); извещение контроллера о действиях абонента; извещение абонента о действиях контроллера (системы); управление абонентским интерфейсом.

Функциональная схема модуля обмена изображена на рис. 2.

4.2. Модуль обмена содержит: регистр запросов, управляющий регистр, статусный регистр, регистр данных, флаговый регистр, схему формирования флагов и ряд вспомогательных схем. Ниже подробно описаны регистры модуля обмена.

4.3. **Регистр запросов.** Обозначение — LR ; субадрес в модуле обмена (для контроллера) — A (14); доступен абоненту для записи информации; содержимое LR может быть считано контроллером с помощью команды чтения $SAMAC F$ (4)*. Наличие в LR хотя бы одной единицы (кроме «1» в 1-м разряде) вызывает в модуле обмена групповой запрос L , поступающий в контроллер. Спецификация разрядов LR приведена в табл. 1.

4.4. **Управляющий регистр.** Обозначение — CR ; субадрес в модуле обмена — A (10); недоступен для абонента; используются команды $SAMAC$: F (19) — селективное занесение, F (23) — селективное гашение, F (1) — чтение (для контроля). Спецификация разрядов приведена в табл. 2.

4.5. **Статусный регистр.** Обозначение — SR ; субадрес в модуле

* Нестандартная команда $F(4)$ используется в связи с необходимостью гасить регистр после каждого чтения.

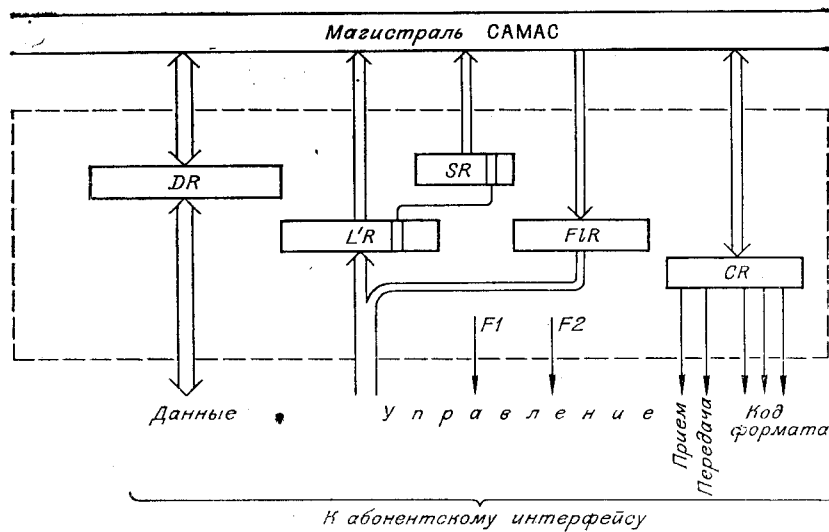


Рис. 2.

обмена — $A(11)$; для работы с SR предусмотрена команда SAMAC $F(1)$ — чтение; для абонента доступен 7-й бит SR (см. описание регистра $L'R$ в п. 4.8). Спецификация разрядов приведена в табл. 3.

4.6. Регистр данных. Обозначение — DR ; субадрес в модуле обмена — $A(0)$; доступен для чтения и записи из ЭВМ; для работы с DR предусмотрены команды SAMAC: $F(0)$ — чтение данных, $F(6)$ — двухадресный обмен, $F(16)$ — занесение информации. DR используется как для обмена данными между абонентами, так и для передачи

Таблица 1

№ разр.	Интерпретация «1»	Способ управления битом	Примечание
2	Ошибка	От устройства контроля четности или от абонента	
3	Начало обмена	Генерируется абонентом записью слова в $L'R$ (см. п. 4.8)	
4	Готов	Генерируется абонентом записью слова в $L'R$ или аппаратно из абонентского интерфейса	Готовность модуля к очередной операции
5	Конец обмена	От абонента	Только от модуля-передатчика
6	Отказ	От абонента	Только от модуля-приемника
7	Изменение направления передачи	От абонента	Перед этим запросом в DR заносится слово, указывающее на направление передачи информации
8	Изменение формата	От абонента	Перед этим запросом в DR заносится служебное слово с кодом формата
9—12	Резерв		

Таблица 2

№ разр.	Интерпретация «1»	Способ управления	Примечание
1	Запрет	От тумблера «блокирован» и из контроллера	Для запрещения запросов модуля
2	Передача данных	Из контроллера	
3	Прием данных	Из контроллера	
4	Код формата	Из контроллера	
5			
6			
7	Выключение контро-ля нечетности	Из контроллера	Для выключения при необ-ходимости контроля не-четности в интерфейсе
8	Резерв		

служебной информации в контроллер. В последнем случае в *DR* заносится «адресное» слово, первые 3 разряда которого содержат нули (зарезервированы для номера каркаса), следующие 5 разрядов (с 4-го по 8-й) — код адреса приемника в каркасе, затем 3 разряда (с 9-го по 11-й) — код формата и 12-й разряд — выключение контроля нечетности.

4.7. **Флаговый регистр.** Обозначение — *FIR*; субадрес в модуле обмена *A(0)*, доступен для записи из контроллера (команда *SAMAC F(17)*) и чтения абонентом. В табл. 4 приведены значения кодовых комбинаций *FIR*.

Примечание. Старший (9) разряд *FIR* является контрольным, используется при вводе информации в ЭВМ, оборудованной контролем нечетности данных.

4.8. От абонента требуется управление несколькими триггерами в регистре *LR* и одним (седьмым) разрядом регистра *SR* модуля обмена. Для того чтобы не выделять отдельного адреса для управления этим триггером, вводится «фиктивный» регистр *L'R*: его 1-й разряд соответствует 7-му разряду *SR*, а остальные — соответствующим разрядам *LR*,

Таблица 3

№ разр.	Интерпретация «1»	Способ управления	Примечание
1	Модуль блокирован	От тумблера «блокиро-ван» или от <i>CR</i> (1)	
2	Занят в обмене		
3	Резерв		
4	Ошибка	От устройства контроля нечетности в интер-фейсе	
5	Хранит запрос	Модуль обмена имеет необработанный за-прос	
6	Резерв		
7	Абонент готов «ра-ботать»	Запись из ЭВМ «1» в 1-й бит <i>L'R</i>	
8	Резерв		

Код	Интерпретация
00000001	Разрешение на обмен для абонента-передатчика
00000010	«Приглашение» к обмену абонента-приемника
10000011	Конец обмена
00000100	Обнаружена ошибка в данных
10000101	Обнаружена ошибка в служебной информации
10000110	Произошло изменение формата
00000111	«Начало обмена» от занятого в обмене модуля
00001011	Есть L , нет $L(i)$
00001110	Модуль-приемник недиалогоспособен
10001111	Модуль-приемник выдал запрос «Отказ»
00001000	Модуль заблокирован
10001001	Нет согласия на работу в системе
10001010	Некорректный запрос

т. е. для абонента управление сводится к записи в $L'R$ подходящего слова.

5.1. **Контроллер системы** выполняет функции поиска и идентификации запросов абонентов, обеспечивает реализацию алгоритма обмена, осуществляет контроль правильности работы системы. Его функциональная схема приведена на рис. 3.

5.2. В состав контроллера входят следующие основные узлы: схема приоритета (PR), выделяющая номер наиболее приоритетного абонента из числа подавших запросы на обслуживание;

схема идентификации запросов (DC);

регистр запросов (LR), в который записывается содержимое регистра запросов модуля обмена;

буферный регистр (BR), куда заносится из регистра данных модуля номер вызываемого абонента и код формата представления данных, подлежащих передаче;

оперативное запоминающее устройство ($ОЗУ$) для запоминания номеров абонентов, занятых в обмене, причем каждому абоненту системы отведена одна ячейка памяти;

постоянное запоминающее устройство ($ПЗУ$), в котором записаны команды, используемые для управления системой обмена;

схема управления ($УУ$);

генератор тактирующих импульсов ($ГТ$);

двоичный счетчик ($СТ$) для организации циклов из нескольких команд;

набор триггеров для запоминания состояний при организации условных переходов: T «Усл» — для фиксации диалогоспособности вызываемого абонента, T «Занят» — для проверки корректности поступивших запросов;

регистр готовности (RR) — для хранения информации о готовности абонентов к обмену.

5.3. Отметим характерную особенность систем, построенных по стандарту САМАС, — функционирование в режиме «Запрос — Ответ».

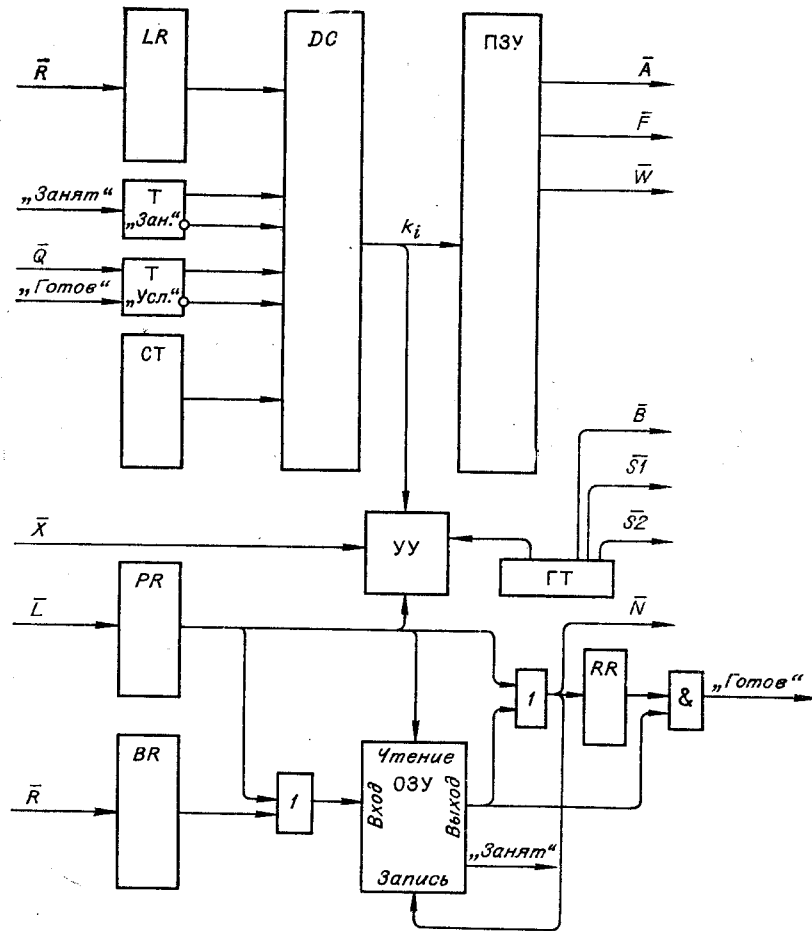


Рис. 3.

Контроллер производит некоторые действия только в ответ на некоторый запрос абонента.

По данным, содержащимся в *LR*, *CT*, *T* «Занят», *RR*, схема идентификации запросов вырабатывает сигнал на одной из своих выходных шин, которые одновременно являются адресными шинами ПЗУ. Таким образом, на шинах магистрали формируется соответствующая команда и, если необходимо, возбуждаются шины данных *W*. Также в соответствии с сигналами указанных выше устройств формируются номера абонентов, к которым происходит обращение. Синхронизация работы контроллера обеспечивается импульсами тактового генератора.

6.1. **Абонентский интерфейс** выполняет следующие функции в системе: согласование электрических и логических уровней сигналов; преобразование форматов представления информации абонента в стандартные форматы магистрали обмена; синхронизация обмена данными между абонентом и модулем обмена; контроль передач информации.

6.2. В магистральном канале установлены следующие стандартные форматы: числа с фиксированной запятой, меньшие единицы (запятая фиксирована после старшего разряда); числа с фиксированной запятой целые (запятая фиксирована после младшего разряда); числа с плавающей запятой; буквенно-цифровая информация; логическая информация.

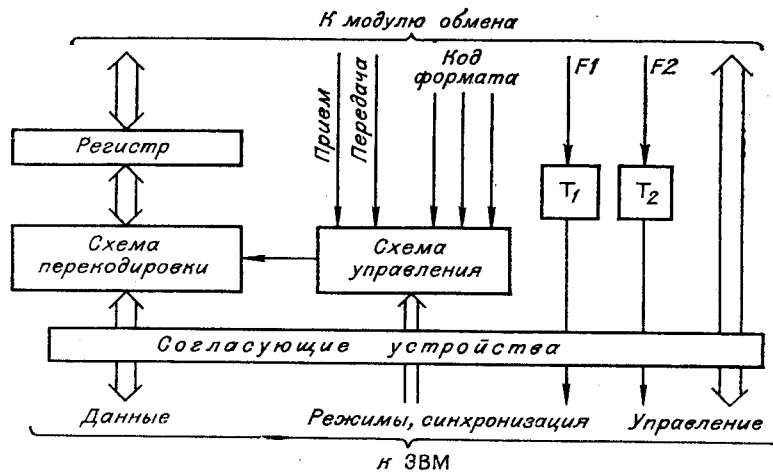


Рис. 4.

6.3. На блок-схеме абонентского интерфейса, приведенной на рис. 4, показаны следующие основные узлы: входные и выходные согласующие усилители, дуплексный регистр, схема преобразования форматов, схема синхронизации обмена, схема управления режимами работы.

6.4. В этой статье мы не будем подробно останавливаться на описании конкретных абонетских интерфейсов, разработанных в ИАЭ, а ограничимся лишь одним, в значительной мере фрагментарным примером. На рис. 5 изображены правила преобразования форматов ЭВМ «Электроника-100» в стандартные форматы магистральной системы. На рис. 6 показана одна из ветвей алгоритма обмена информацией между ядром системы и ЭВМ «Электроника-100» с интерфейсом, обеспечивающим работу как по программному каналу, так и каналу прямого

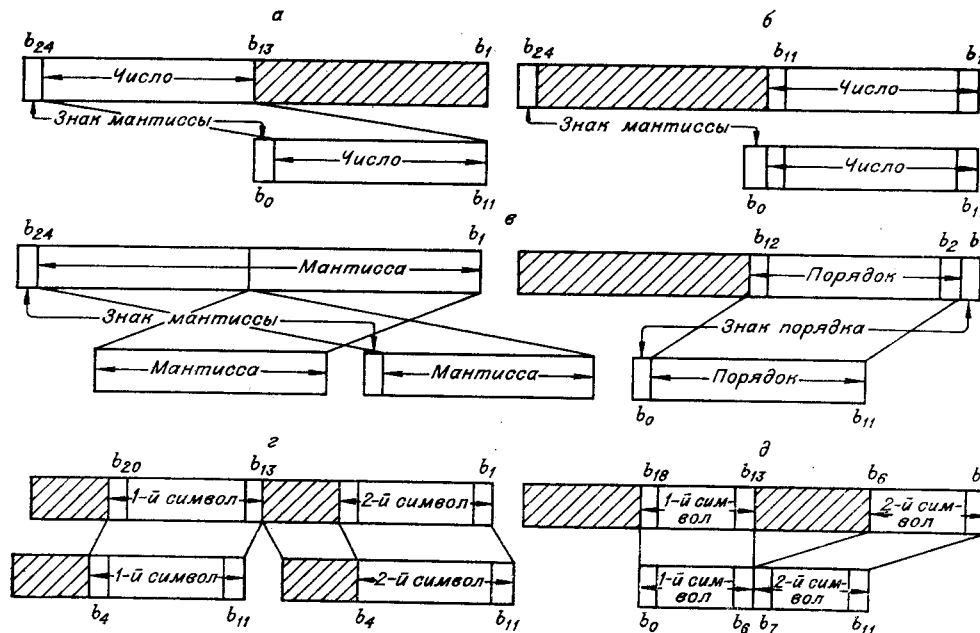


Рис. 5.

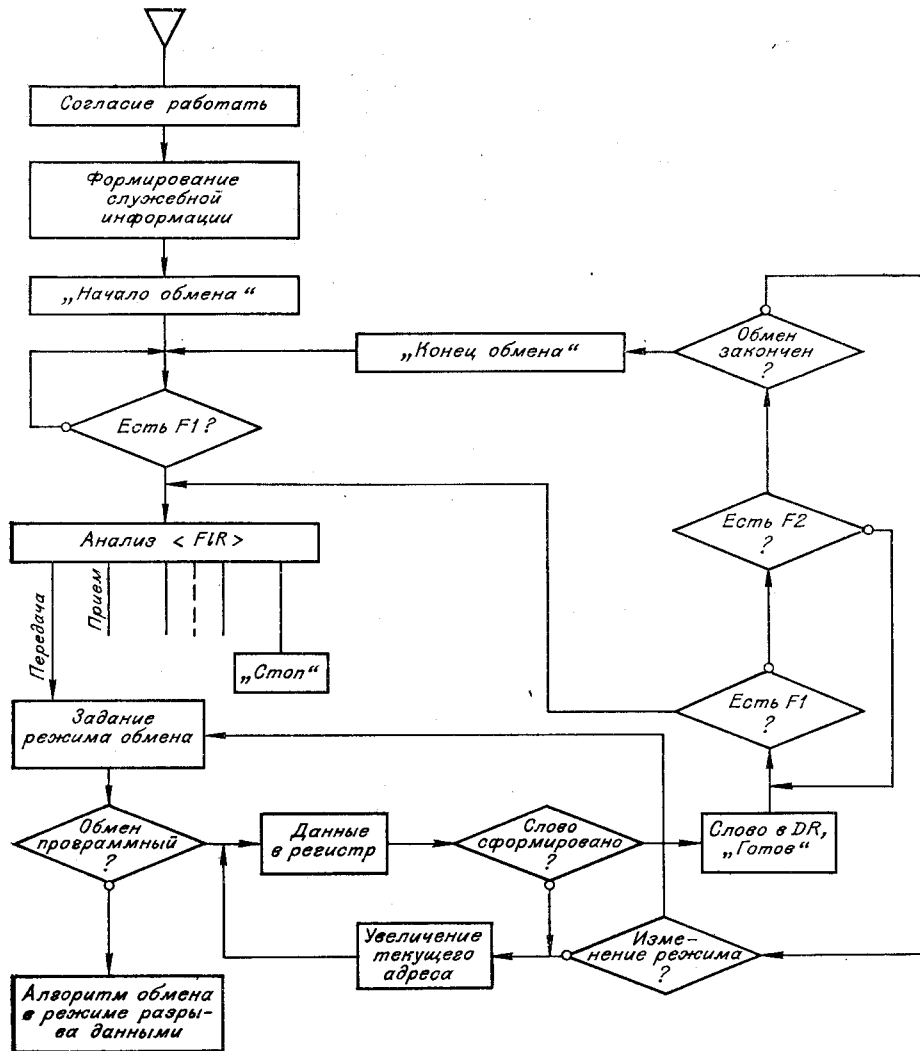
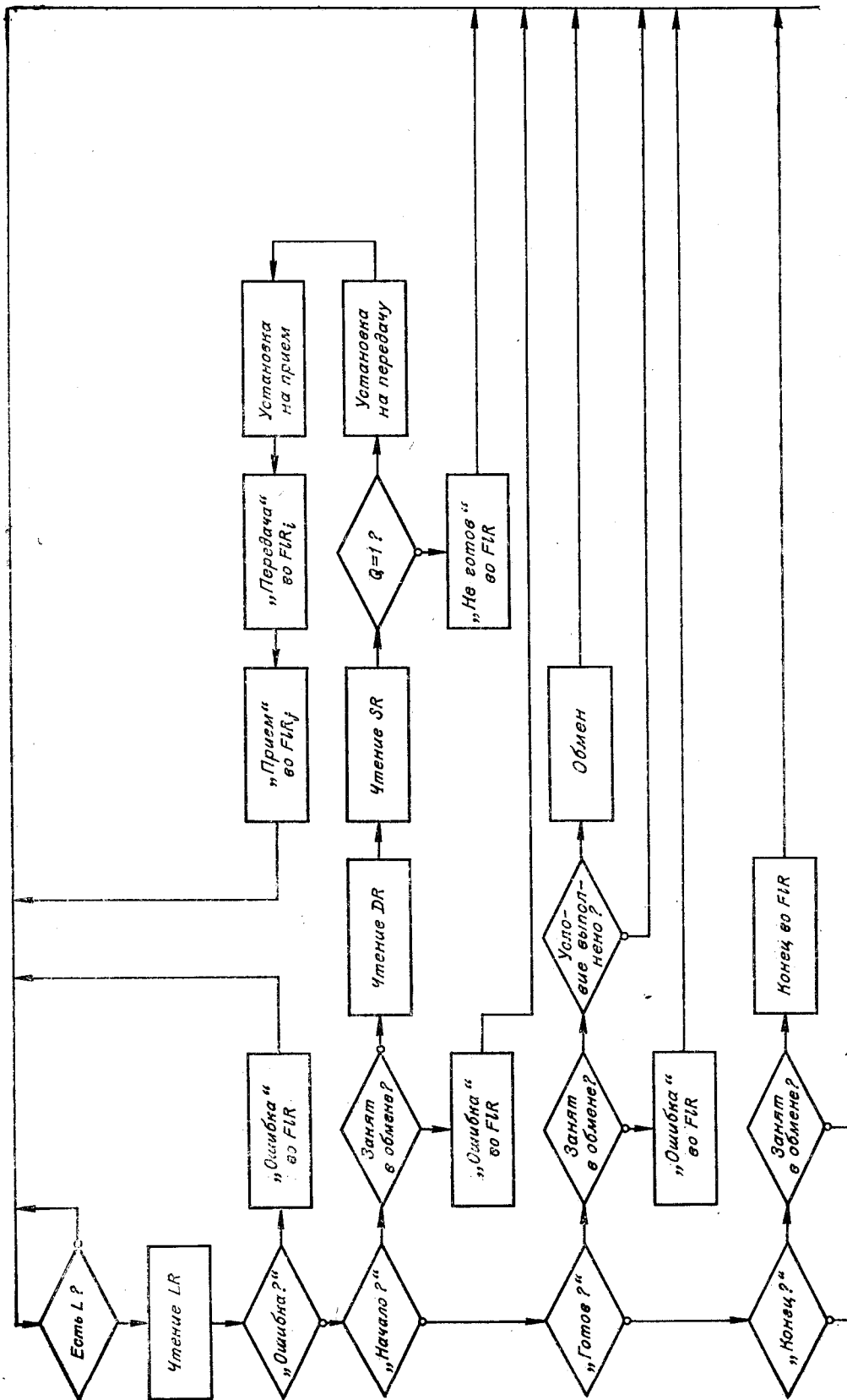
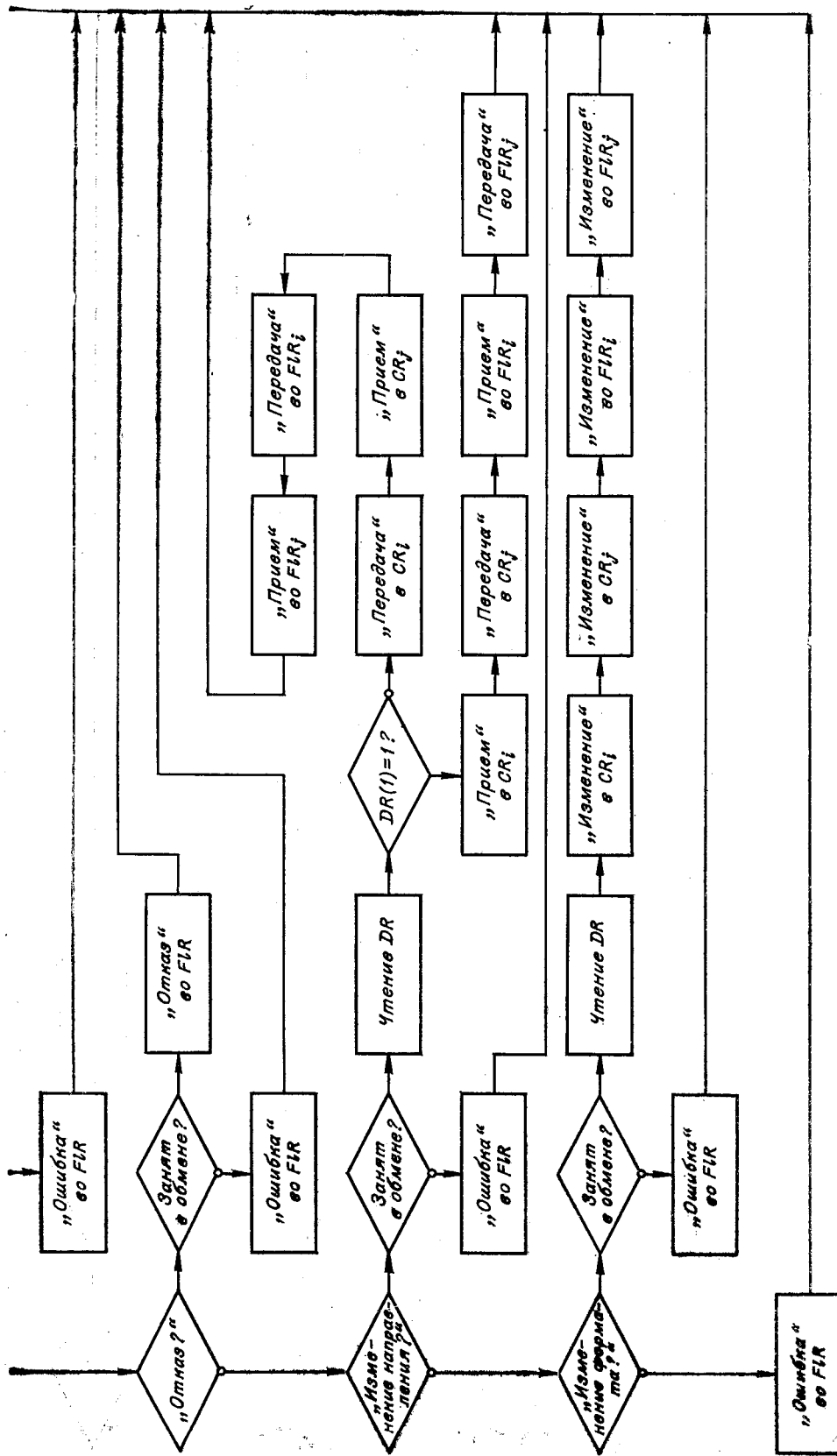


Рис. 6

доступа в память ЭВМ. (Эта ветвь относится к режиму передачи данных по программному каналу из ЭВМ «Электроника-100».)

7. **Алгоритм обмена** (рис. 7). Абонент, желающий начать обмен данными, производит следующие действия: занесение в *DR* адресного слова (его структура описана в п. 4.6); занесение в *L'R* слова, порождающего запрос «Начало обмена». В результате этих действий в модуле обмена возникает групповой запрос *L*, поступающий в контроллер. Запрос вызывает следующие действия контроллера: чтение регистра запросов модуля обмена, проверка «корректности» запроса (в данном случае единственным корректным запросом является «Начало обмена»); если запрос некорректен, то контроллер записывает в *FIR* соответствующее слово, при этом генерируются сигнал *F1*. Получив сигнал *F1*, абонент читает *FIR* и узнает о некорректности запроса; если запрос корректен, то контроллер читает содержимое *DR* (адресное слово), определяет адрес потенциального приемника и читает его статусный регистр. Если в *SR* потенциального приемника имеется хотя бы одна единица или «0» в 7-м разряде, то модуль недиалогоспособен, в этом случае контроллер описанным выше способом через *FIR* сооб-





Окончание рис. 7.

щает о недиалогоспособности абонента; если в 7-м разряде *SR* записана единица, а в остальных нули, то приемник диалогоспособен, в этом случае контроллер настраивает модули на передачу и прием соответственно: записывает в *CR* передатчика «1» во 2-й разряд, а в *CR* приемника — «1» в 3-й разряд и устанавливает соответствующий код формата. Затем контроллер через регистры *FIR* модулей сообщает абонентам, что они поставлены на передачу (прием) соответственно. После установления связи абонент-передатчик заносит в *DR* очередное слово массива данных и выставляет запрос «Готов» в *L'R** (для модуля-передатчика после установления связи корректны следующие запросы: «Готов», «Конец обмена», «Ошибка», «Изменение направления», «Изменение формата»; для модуля-приемника — «Готов», «Ошибка», «Отказ», «Изменение направления», «Изменение формата»). Если контроллер получил запрос «Готов» и от модуля-приемника (согласие принять данные), то выполняется операция двухадресного обмена, после которой абоненты получают сигнал *F2*, извещающий о разрешении начать следующий цикл передачи данных.

Реакция контроллера на запросы:

«Конец обмена» от модуля-передатчика — разрыв связи и сообщение об этом абонентам (через *FIR*);

«Отказ» от модуля-приемника — сообщение об отказе модулю-передатчику;

«Изменение направления» — чтение содержимого *DR* модуля, генерирующего запрос, и установка направления передачи по содержимому 1-го разряда *DR* («0» в 1-м разряде — источник запроса становится передатчиком, «1» — приемником);

«Изменение формата» — чтение слова из *DR* модуля-источника запроса и селективная запись в *CR* модулей, участвующих в обмене, нового кода формата, сообщение о произведенном изменении обоим абонентам;

«Ошибка» — сообщение абоненту об ошибке.

При обнаружении некорректного запроса контроллер сообщает об этом модулю, пославшему запрос, передачей соответствующего слова в *FIR* (см. табл. 4).

8. Макетный вариант описанной выше системы работает в ИАЭ с декабря 1973 г. В настоящее время разработаны абонентские интерфейсы для ЭВМ «Электроника-100», HP2116B и ряда специализированных внешних устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. Е. Нестерихин и др. Организация систем автоматизации научных исследований (проблемы, методы, перспективы). — Автометрия, 1974, № 4.
2. EUR 4100e. CAMAC. A Modular Instrumentation System for Data Handling. Revised Description and Specification. ESONE Committee, 1972.
3. EUR 4600e. CAMAC. Organisation of Multi-Grate Systems. Specification of the Branch Highway and CAMAC Crate Controller Type A. ESONE Committee, 1972.

Поступила в редакцию 8 апреля 1974 г.

* Предусмотрена возможность и для аппаратного формирования запроса «Готов» из абонентского интерфейса.