



В. А. Канцеров Е. Г. Копейкин П. Л. Невский  
П. Н. Сухарев К. В. Чирков Ю. В. Штоцкий

059-90

**АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА  
ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ЭВМ  
С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ  
КАНАЛОМ СВЯЗИ**

Москва 1990

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

В. А. Канцеров    Е. Г. Копейкин    П. Л. Невский  
П. Н. Сухарев    К. В. Чирков    Ю. В. Штоцкий

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА  
ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ЭВМ  
С ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ  
КАНАЛОМ СВЯЗИ

Препринт 059-90

Утверждено  
редсоветом института

Москва 1990



Канцеров В.А., Копейкин Е.Г., Невский П.Л., Сухарев П.Н., Чирков К.В., Штсцкий Ю.В. Аппаратные средства локальной сети ЭВМ с волоконно-оптическим каналом связи. М.: Препринт/МИФИ, 059-90, 1990, 16 с.

В настоящей работе описана технически просто реализуемая локальная сеть, позволяющая объединить до 23 мини- и микроЭВМ. Приведены описания пользовательских и системного адаптеров. Кроме пользовательских ЭВМ, оснащенных блоками двусторонней оптической связи, сеть включает в себя ЭВМ-концентратор (ДВК-2М), системный крейт в стандарте "ВЕКТОР" и оптические линии связи. Передача данных в сети осуществляется пакетами. Максимальная скорость передачи информации - 0,4 Мбайт/с.

© Московский  
инженерно-физический  
институт, 1990 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие экспериментальной физики привело в последние десятилетия к широкому использованию вычислительной техники. ЭВМ применяются на всех этапах — от моделирования различных процессов и экспериментальных установок, использования машин для сбора и обработки информации в линию с экспериментом до сложнейшей обработки результатов измерений, требующей зачастую больше машинного времени, чем сам эксперимент.

Парк ЭВМ, используемых в физике, широк и разнообразен. Машины, применяемые в физическом эксперименте для сбора и обработки информации, различны по своей архитектуре, математическому обеспечению, подключаемым к ним периферийным устройствам. Часто для сбора данных в физическом эксперименте используются микро-ЭВМ. Обработку информации на достаточно высоком уровне проводить на таких ЭВМ неудобно, а иногда и просто невозможно.

С другой стороны, существуют большие и быстродействующие ЭВМ, обладающие большим объемом оперативной памяти (более 1 Мбайта) и дискового пространства (более 100 Мбайт), с широким набором пакетов прикладных программ и разнообразной периферией (быстродействующие печатающие устройства, накопители на магнитных лентах, устройства графического вывода информации). При вводе экспериментальных данных и подготовке обрабатывающих программ мощный арифметический процессор таких ЭВМ практически простаивает.

Очевидным решением является объединение этого разнообразия ЭВМ в единую систему, дающую возможность не только проводить быструю и качественную обработку собранной с различных установок информации, но и создавать базы данных, которые могут иметь большое количество справочной информации.

В конце семидесятых годов благодаря исследованиям в области распределенной обработки данных появились локальные сети, которые можно рассматривать как новый шаг в развитии многопользовательских вычислительных систем, разработанных в целях эффективного использования дорогостоящих системных ресурсов и максимального использования дешевых микропроцессоров и памяти.

В общем случае под локальной сетью понимают такую сеть, все элементы которой (ЭВМ, терминалы, оборудование передачи и контроля данных) географически размещаются на небольшой территории, как правило, в рамках одной организации.

В настоящее время область разработки, создания и внедрения локальных сетей — одна из наиболее интенсивно развивающихся в информатике. Однако необходимо отметить, что при решении этих вопросов встречаются определенные трудности: высокие цены на сетевое оборудование, отсутствие необходимого программного обеспечения, сложности со стандартизацией. Именно этим объясняется, что в настоящее время в СССР единственным стандартным устройством для сопряжения разнородных ЭВМ является интерфейс RS232, который не обеспечивает высоких скоростей обмена и работает на ограниченных расстояниях (до 200 м).

Появление стандартных оптоволоконных приемников-передатчиков [1] позволяет по-новому решить задачу создания локальной сети разнообразных ЭВМ — обеспечить более высокую скорость передачи информации и помехоустойчивость при относительной простоте сетевой аппаратуры.

В данной работе предлагается технически просто реализуемая локальная сеть, позволяющая объединить до 23 мини-ЭВМ при помощи волоконно-оптических линий связи.

## I. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ

Предлагаемая сеть одноузловая с маршрутизацией передаваемой информации [2] (рис. 1). Кроме пользовательских ЭВМ, оснащенных блоками двусторонней оптической связи, она включает в себя ЭВМ-концентратор (ДВК-2М), системный крейт (в стандарте "ВЕКТОР") и оптические линии связи.

Передача данных в сети осуществляется пакетами. ЭВМ-концентратор работает по принципу программного опроса всех пользователей, позволяющему установить наличие запроса.

Установив наличие запроса от пользовательской ЭВМ, концентратор выделяет адрес посылки. Далее передача пакета информации может осуществляться двумя путями:

1. Установлением связи с ЭВМ и непосредственной передачей предназначенного для нее пакета.

2. В случае, если прямая передача по тем или иным причинам невозможна, пакет данных переносится в память концентратора (оперативную или внешнюю) с последующей пересылкой по адресу.

Протокол обмена совместно поддерживают программа-диспетчер на ЭВМ-концентраторе и программы приема-передачи на пользовательских ЭВМ. Программное обеспечение позволяет выдавать ряд сервисных сообщений о ходе выполнения задания.

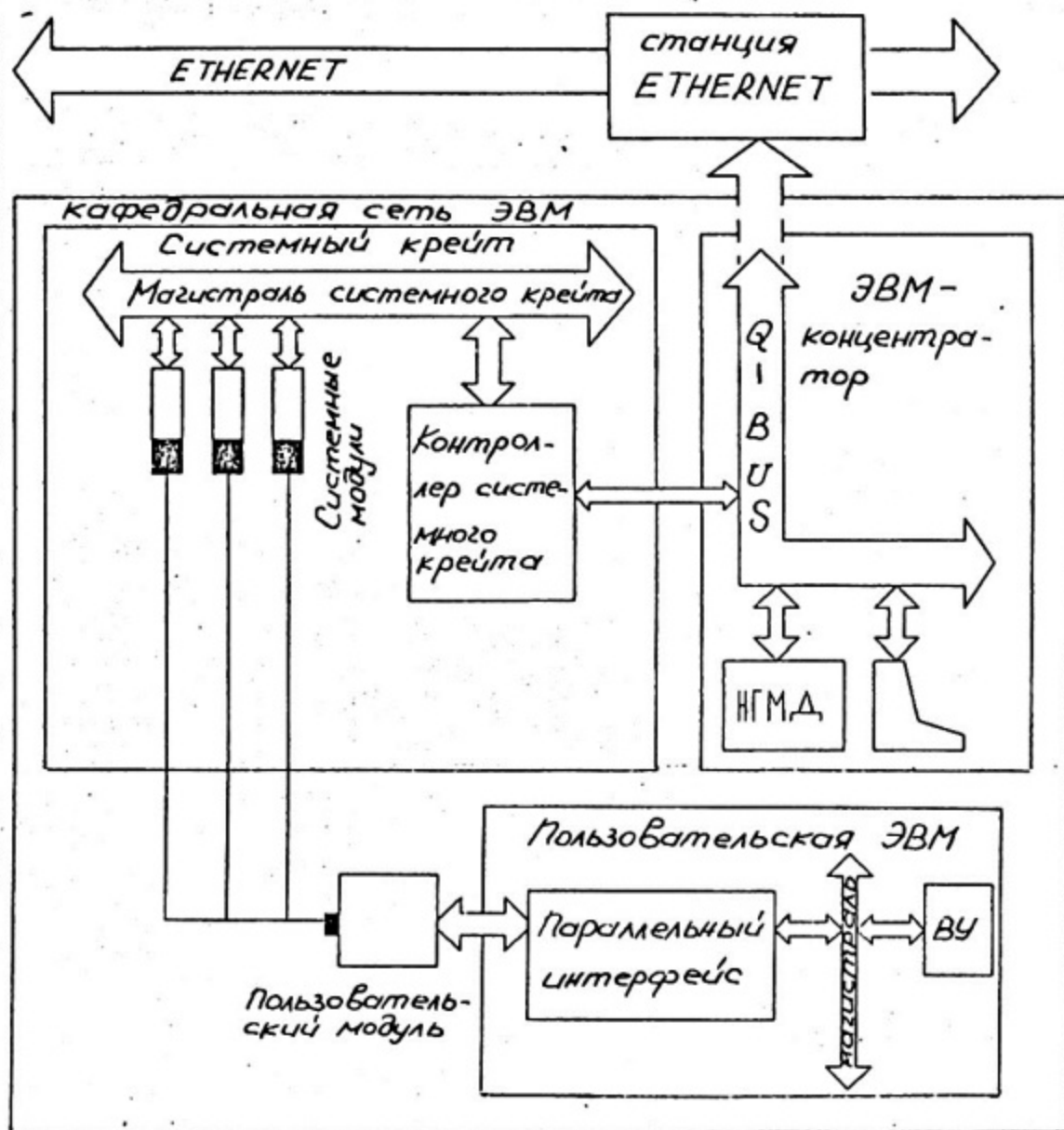


Рис. 1. Структурная схема сети ЭВМ

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ОТДЕЛЬНЫХ БЛОКОВ СЕТИ

В предлагаемой сети используются оптоволоконные линии связи. По сравнению с электрическими они обладают более высокой помехоустойчивостью и скоростью передачи информации (8 Мбит/с), отсутствием собственных электромагнитных излучений, малой массой и небольшими габаритами. Отечественной промышленностью выпускается стандартное оптоволоконное устройство передачи цифровых данных "Электроника МС 4101", которое и было положено в основу линий связи описываемой сети. В дальнейшем будем называть его КЭМ (квантовый электронный модуль).

КЭМ состоит из двух частей: приемника (ПМП) и передатчика (ПДП).

Устройство предназначено для преобразования данных из параллельного формата в последовательный, передачи их по оптоволоконному кабелю и обратного преобразования последовательного кода в параллельный.

Основные характеристики КЭМа приведены в таблице. Цикл преобразования – синхронный, синхронизация внутренняя. Для гарантированной передачи данные должны удерживаться на входе передатчика не менее 6 мкс.

Наименование параметра	Норма
1. Число параллельных выходов	19
2. Уровни входных и выходных сигналов	ТТЛ
3. Тип последовательного кода	Манчестер
4. Скорость передачи информации, Мбит/с	8
5. Вероятность ошибки в линейном тракте не более	$10^{-9}$
6. Напряжение питания, В	$\pm 5 \pm 0,25$ $\pm 10 \pm 0,5$
7. Длина оптоволоконного линейного тракта, м	300

### 3. АДАПТЕРЫ ДВУСТОРОННЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ЭВМ

Для обеспечения связи между ЭВМ с помощью КЭМа разработано два типа электронных модулей: пользовательский [USER] и системный [SYSTEM].

Оба модуля изготовлены на одинаковой элементной базе – микросхемах ТТЛ серии К155.

#### 3.1. Пользовательский адаптер

Описываемый адаптер предназначен для ЭВМ типа ДВК, СМ-4, МЕРА-60.

Конструктивно адаптер выполнен в двух вариантах: в стандарте КАМАК и в стандарте Q-BUS. Он содержит передатчик ПДП и приемник ПМП, которые обеспечивают двустороннюю связь. На переднюю панель выведен разъем ПДП и ПМП.

Принципиальная схема адаптера пользователя (рис. 2) состоит из:

- буферных регистров данных, выполненных на микросхемах I55TM7 [D1 - D4] ;
- схем формирования и контроля четности [D5, D6, DI3.4] ;
- регистров статуса [D9.I, D10.I] ;
- схем синхронизации передачи данных [D9.2, D10.2, D11.I,2, D12.I,2, D13.2,3] ;
- схем инициализации - триггер "INIT" [D14.I,2, D15] ;
- схем инверсии/повторения входных и выходных сигналов [D7, D8] .

Адаптер предназначен для подключения к любому байтовому интерфейсу параллельного обмена (через разъем РПЗ2-ПТВ). Обмен данными сопровождается следующими сигналами:

- *DOUT* - запись данных из ЭВМ во входной буферный регистр [D1- D2] ;
- *DIN* - считывание данных из выходного буферного регистра в ЭВМ;

- *INIT* - установка триггера "INIT" , сброс триггеров T1, S1, T2, S2;

- *CLR INIT* - сброс триггера "INIT" ;

- *READY* - готовность передатчика;

- *DREADY* - данные готовы к вводу в ЭВМ.

Отсутствие сигнала *DREADY* означает готовность приемника к записи данных с КЭМ в выходной буферный регистр;

- *SYS READY 1* - готовность системы к передаче данных;

- *SYS READY 2* - готовность системы к приему данных.

При наличии сигнала *READY* передающая ЭВМ выставляет информацию на шины данных *D0-D7* и команду *DOUT* . По переднему фронту сигнала *DOUT* информация записывается во входной регистр передатчика *RG-I*, срабатывает триггер *TRI*, снимающий сигнал *READY*, переключается триггер *SI*. Затем данные с регистра *RG-I*, строб с триггера *SI* и бит четности передаются по приемно-передающему каналу КЭМ. Если приемная ЭВМ готова принять информацию (*READY = 0*) и отсутствует ошибка четности, то по принятому стробу происходит запись информации в выходной регистр приемника (системного блока), а по команде *DIN* - в ЭВМ-концентратор. Изменение состояний триггеров *T2* и *S2* приемника приводит к снятию сигнала *DREADY* , а также к восстановлению сигнала *READY*, т.е. к возможности передачи следующего байта информации.

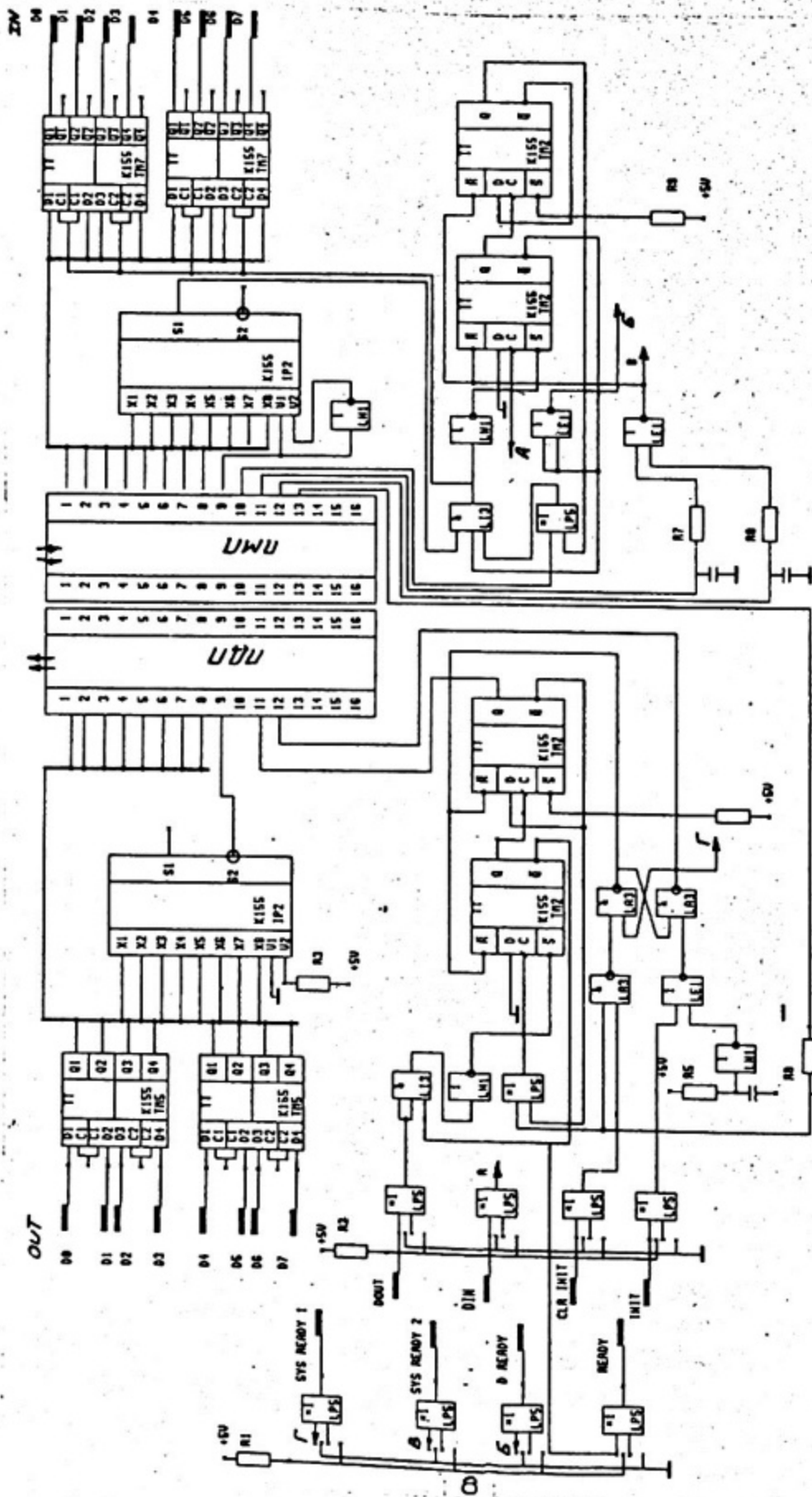


Рис. 2. Принципиальная схема пользовательского адаптера

Временные диаграммы работы блока приведены на рис. 3. Установка схемы пользовательского адаптера в исходное состояние осуществляется командами *INIT* и *CLRINIT*, управляющими триггером "INIT".

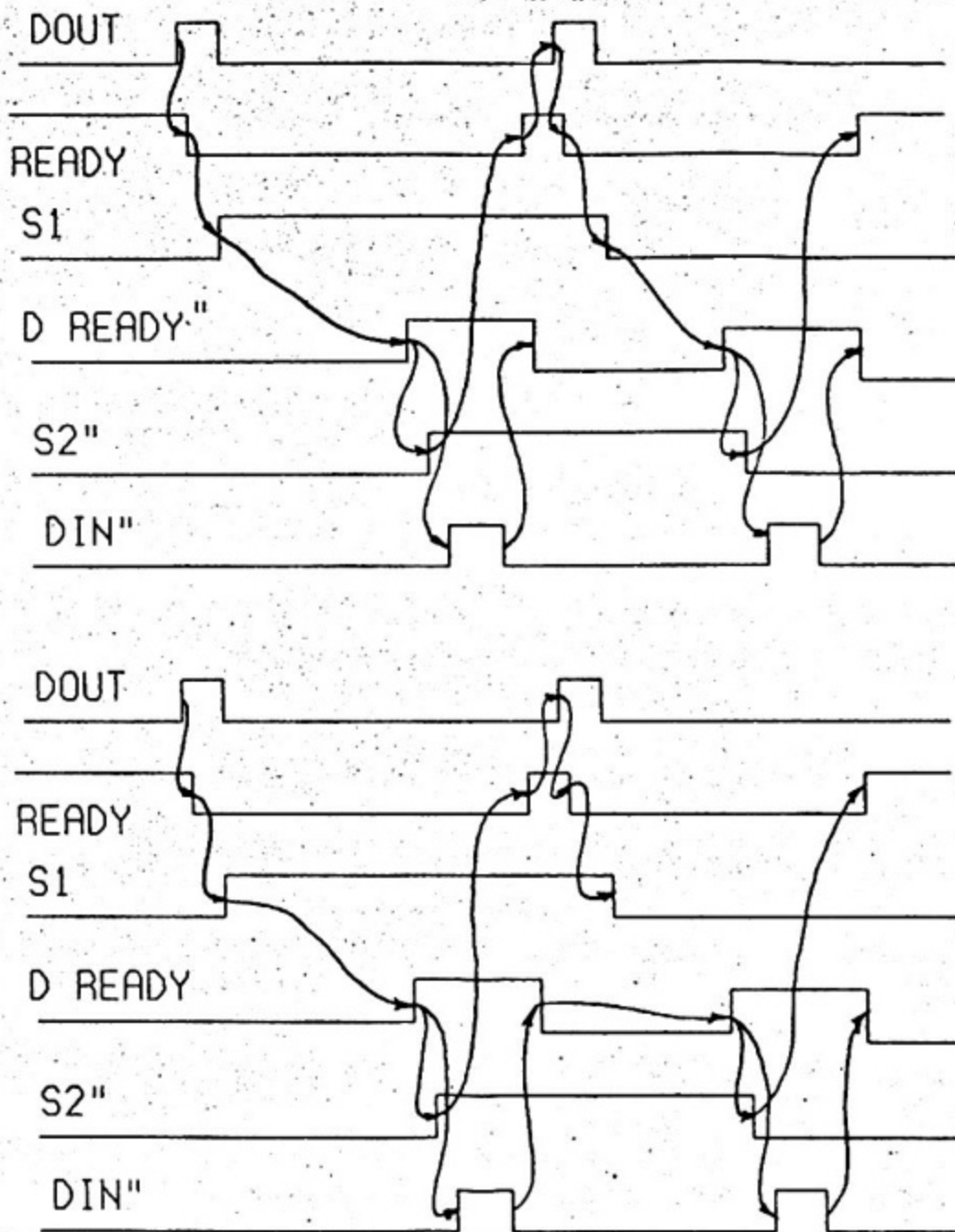


Рис. 3. Временные диаграммы

Для согласования полярности сигналов, поступающих с ЭВМ на блок пользователя, с логическими уровнями КЭМ предусмотрена возможность коммутации полярности входных и выходных сигналов модуля.

### 3.2. Пользовательский адаптер для микроЭВМ "Электроника ДЗ-28"

Пользовательский адаптер для ЭВМ "Электроника ДЗ-28" имеет особенности, отраженные на рис. 4. Данная ЭВМ используется в автоматизированном спектрометре угловых корреляций аннигиляционного излучения "КВАНТ-СТ" [3]. Обработка экспериментальной информации осуществляется на существенно более мощной мини-ЭВМ, входящей в состав локальной сети. МикроЭВМ "Электроника ДЗ-28" не имеет интерфейса связи с крейтом КАМАК и, следовательно, не может быть подключена к локальной сети через стандартный пользовательский адаптер.

Информация с шины "ВЫВОД" микроЭВМ через входной регистр ДД1, ДД3 поступает в передатчик-преобразователь ПДП, а затем - в оптоволоконную линию связи. Прием информации осуществляют приемник-преобразователь ПМП и выходные регистры ДД5, ДД8, информация с которых через элементы ДД4, ДД7 поступает на шину "ВВОД" "Электроника ДЗ-28". Элементы ДД2 и ДД6 осуществляют проверку информации на четность.

Обмен данными сопровождается теми же командами, как и в стандартном пользовательском адаптере. Дешифрация команд осуществляется элементом ДД16.

Микросхемы ДД19.1 и ДД18.1,2 предназначены для организации сигнала СИП при подаче команды *OUTO*, а микросхемы ДД17.1, ДД18.4 и ДД19.2 - при подаче команды *INPO*.

Схема обмена информацией между ЭВМ "Электроника ДЗ-28" и ЭВМ-концентратором строится следующим образом: производится инициализация блока сопряжения последовательностью команд *INIT*, *CLRINIT*; после передачи байта информации принимающая ЭВМ должна передать этот же байт обратно. Передающая ЭВМ сравнивает переданный и принятый байты и, в случае их совпадения, переходит к передаче следующего байта.

Максимальная скорость передачи информации в этом случае ограничена быстродействием микроЭВМ, составляющим ~ 10 Кбайт/с.

### 3.3. Системный крейт

ЭВМ-концентратор через специальный контроллер связана с системным крейтом, выполненным в конструктиве "Вектор". Магистраль крейта используется нестандартным образом:

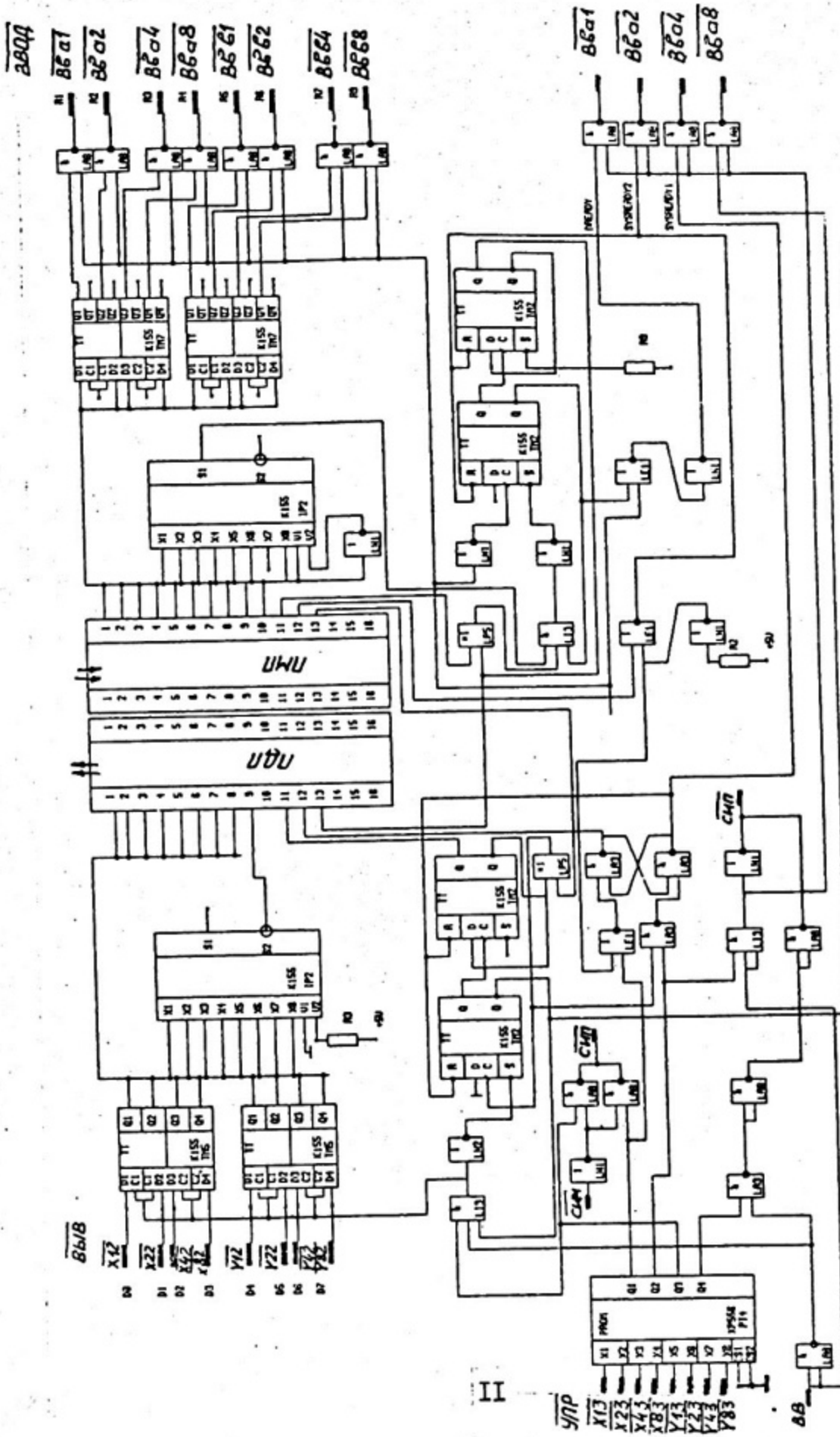


Рис. 4. Принципиальная схема пользовательского адаптера для микроЭВМ "Электроника ДЗ-28"

шины	$N, Q, Z$ :	
	$RD..R7$ :	Те же функции, что и в стандарте
	$W0..W7$ :	"Вектор"
	+6В :	
	ЗЕМЛЯ :	
шины	$F1 - DOUT$	$A1 - READY$
	$F2 - DIN$	$A2 - DREADY$
	$F4 - TSR$	$A4 - SYS READY 1$
	$F8 - RSR$	$A8 - SYS READY 2$
	$F16 - INIT$	

Специализированный контроллер обслуживает 23 системных адаптера, обеспечивающих связь с 23 периферийными ЭВМ. Он осуществляет преобразование магистрали  $Q-BUS$  ЭВМ "Электроника-60" в немультимплексированную шину передачи данных для управления системными адаптерами. Блок-схема системного контроллера приведена на рис. 5. Выход на шину  $Q-BUS$  и системную шину осуществляется через приемопередатчики типа К589АП16. Адресный селектор и регистр функций декодирует 5 функций управления станциями, соответствующих чтению/записи регистров данных, чтению регистров статуса и генерации системного сброса.

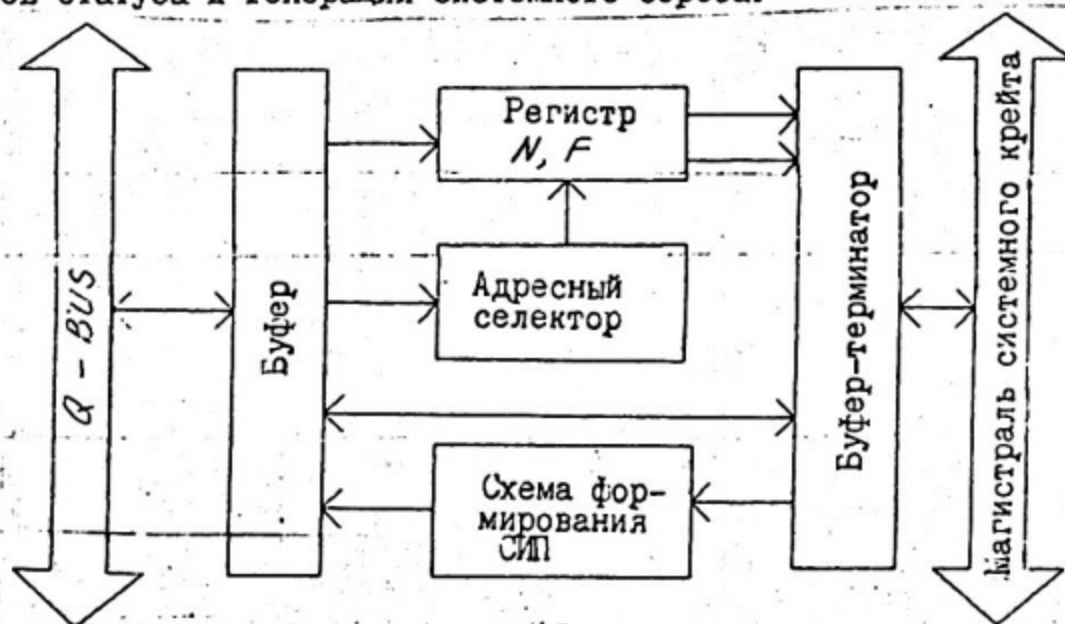


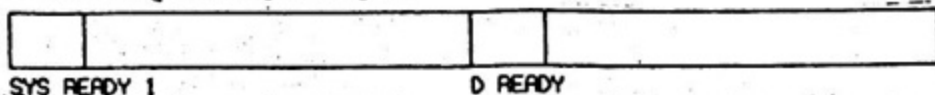
Рис. 5. Блок-схема контроллера системного крейта

Для программиста системный контроллер занимает в адресном пространстве до 92 адресов, имеющих стандартную для ЭВМ "Электроника-60" организацию, приведенную на рис. 6.

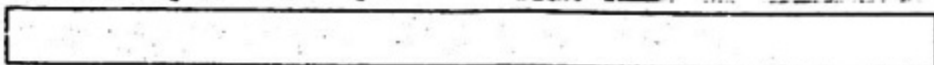
Сигнал СИП определяется ответом  $Q$  любого из 23 модулей системного крейта. Логика прерываний контроллер не имеет. Биты

Готовности и, ошибки, стандартные для "Электроники-60": готовность 8-й бит, ошибка - 16-й бит.

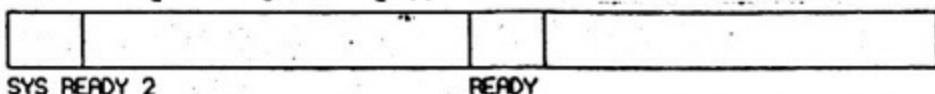
Регистр статуса приемника



Регистр данных приемника



Регистр статуса передатчика



Регистр данных передатчика

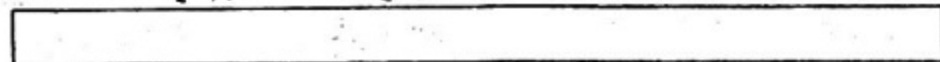


Рис. 6. Формат регистров контроллера системного крейта

### 3.4. Системный адаптер

Системный адаптер выполнен в конструктиве "Вектор" в виде модуля одинарной ширины. Принципиальная схема адаптера приведена на рис. 7. На передней панели модуля размещены лишь оптические разъемы КЭМов и светодиоды, индицирующие состояние триггеров  $T1, T2, S1, S2, INIT$ . Все остальные сигналы выведены на магистраль крейта.

Принцип работы и схема в целом аналогичны пользовательскому блоку. Отличия состоят в следующем:

все сигналы, приходящие с магистрали и выходящие на нее, стробируются;

возможность инверсии входных/выходных сигналов отсутствует, стробирование входных сигналов осуществляется с помощью сигналов, приходящих по радиальным шинам  $N$ . Основное назначение сигналов управления:

*DOUT* - запись данных с магистрали в блок;

*DIN* - чтение данных из блока. Стробирует вывод данных на магистраль крейта;

*TSR* - чтение статуса передатчика. Кроме того стробирует вывод сигналов *READY, SYS READY1* на магистраль, функция *CLR INIT* обнуляет триггер *INIT*;

*RSR* - чтение статуса приемника. Стробирует вывод на магистраль сигналов *DREADY, SYS READY2*;

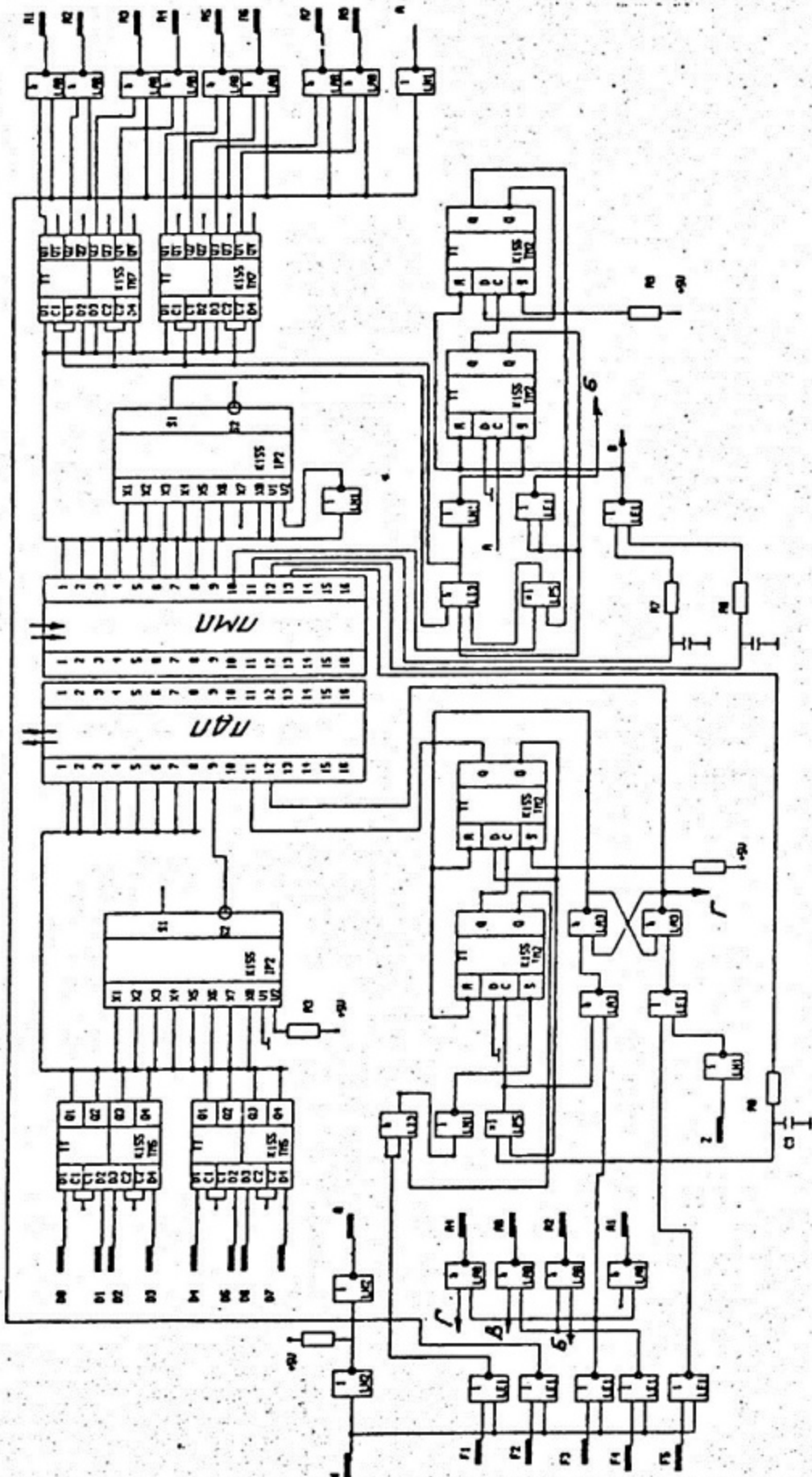


Рис. 7. Принципиальная схема системного адаптера

- N* - выбор адреса модуля в крейте;
- Q* - подтверждение наличия модуля по выбранному адресу;
- Z* - начальная установка состояния модуля.

Назначение сигналов *READY*, *DREADY*, *SYS READY1*, *SYS READY2* полностью идентично назначению аналогичных команд пользовательского модуля.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные аппаратные средства позволили создать локальную сеть ЭВМ. В период опытной эксплуатации в сети были объединены 6 различных по архитектуре и производительности ЭВМ, в их составе: СМ-2, ДВКЗ, *Eclipse S200*, "Электроника-60", ДВК2, "Электроника ДЗ-28".

Проведенная опытная эксплуатация этой сети показала ее высокую надежность и работоспособность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство передачи цифровых данных "Электроника МС 4101". Техническое описание, 1985.
2. Якубайтис Э.А. Архитектура вычислительных сетей. М.: Статистика, 1980.
3. Штоцкий Ю.В. и др. Деп. рукопись ВИНТИ. № 345-В88, 1989.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
I. Основные принципы работы локальной сети.....	4
2. Технические характеристики и принцип работы отдельных блоков сети.....	5
3. Адаптеры двусторонней оптической связи ЭВМ .....	6
3.1. Пользовательский адаптер.....	6
3.2. Пользовательский адаптер для микроЭВМ "Электроника ДЗ-28".....	10
3.3. Системный крейт.....	10
3.4. Системный адаптер.....	13
Заключение.....	15

---

Рукопись поступила в издательский отдел II.II.90 г.  
Ответственный за выпуск Ю.В. Штоцкий

Редактор И.Н. Маркина  
Техн. редактор Е.Н. Кочубей  
Корректор А.В.Цветкова

---

Подписано в печать 14.02.91.                      Формат 60x84 I/I6  
Объем 1,0 п.л.    Тираж 100 экз.  
Изд. № 059-90                      Цена 5 коп.                      Заказ 78

---

Инженерно-физический институт. Типография МИФИ.  
II5409, Москва, Каширское шоссе, 31

