



+

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3526/
2-80

28/7-8
10-80-256

Л. Г. Ефимов

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА
УПРАВЛЕНИЯ ДРАЙВЕРОМ
ФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
НА ЛИНИИ С ЕС ЭВМ

Направлено в ПТЭ

1980

Использование ЭВМ в системах автоматизации эксперимента физики высоких энергий имеет ряд особенностей. Одной из основных задач, решаемых при создании подобных систем /в частности, при автоматизации спектрометров высоких энергий/ является обеспечение их максимальной пропускной способности, т.е. минимального мертвого времени (T_M). Если вклад детекторов и регистрирующей электроники в мертвое время установки, рассматриваемой как однолинейная система обслуживания статистически распределенных во времени запросов^{1/}, не превышает вклада электроники сопряжения и собственно ЭВМ, то

$$T_M = T_{\Pi} + T_C,$$

где T_{Π} - время подготовки к приему одного зафиксированного события и T_C - время чтения образа одного события в устройствах запоминания /буферную память или ОЗУ ЭВМ/.

Эти величины зависят от следующих основных факторов:

- 1/ технических характеристик каналов ввода-вывода ЭВМ;
- 2/ средств сопряжения с ними;
- 3/ математического обеспечения системы ввода-вывода.

Сокращение времени обслуживания (T_C) запроса в подобной системе связано с увеличением скорости передачи данных с установки. Обычно это достигается использованием каналов прямого доступа /КПД/ в память ЭВМ, когда цикл записи одного слова может достигать цикла ОЗУ ЭВМ.

С этой точки зрения появившиеся в лабораторной практике ЭВМ единой серии /ЕС ЭВМ/ обеспечивают скорость приема данных по селекторным каналам, сравнимую с КПД малых машин / $\approx 1,25$ Мбайт/с/^{2/}. С другой стороны, больший объем ОЗУ в ЭВМ единой серии среднего класса по сравнению с объемом ОЗУ доступных в настоящее время малых ЭВМ позволяет полностью использовать столь высокую скорость приема данных без организации буферов в ОЗУ и динамического обмена программами с медленными внешними запоминающими устройствами /режима «warping» /.

Существенной трудностью при организации непосредственной работы установки на линии с ЕС ЭВМ является обеспечение минимального времени реакции ЭВМ на прерывание типа "событие", определяющего главным образом величину T_{Π} . Эта трудность может быть устранена введением специальных средств в контроллер канала, позволяющих производить анализ состояния периферии на уровне взаимодействия канал-контроллер без выхода в центральный процессор^{3/}.

К другим преимуществам ЕС ЭВМ типа ЕС-1040, обладающим большой длиной слова /двойное слово - 64 разряда/, развитой библиотекой подпрограмм обработки и развитой периферией, относятся широкие возможности предварительной обработки информации в процессе ее сбора и накопления.

С целью организации сопряжения экспериментальных физических установок с ЕС ЭВМ в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ был впервые разработан и введен в эксплуатацию комплекс аппаратных и программных средств, описание периферийной части которого дается в этой работе.

В соответствии со структурой комплекса периферийные средства, находящиеся в аппаратуре удаленных от ЭВМ установок, должны решать следующие задачи:

- 1/ подключение к внешнему интерфейсу микропрограммного контроллера канала /МКК/ ЕС ЭВМ и во взаимодействии с данным контроллером обеспечение мультирежимного обслуживания аппаратуры установок /различные форматы, скорости передачи управляющей информации и данных и т.д./;
- 2/ обеспечение возможности центру /ЭВМ/ через МКК производить по инициативе периферии обслуживание в цикле ускорителя нескольких /до восьми/ установок в режиме разделения времени;
- 3/ обеспечение синхронизации двухсторонней передачи данных периферия-центр с работой регистрирующей электроники установки;
- 4/ передача в центр сигналов о любом изменении состояния периферии в процессе ее работы на линии с ЭВМ; формирование данных сигналов в соответствии с логикой работы электроники запуска установки;
- 5/ техническое обеспечение диалога оператора установки с ЭВМ /возможность передачи в центр командной информации и визуального контроля за реакцией ЭВМ/;
- 6/ обеспечение возможности дальнейшей модернизации и совершенствования периферийной аппаратуры сопряжения путем введения дополнительных источников управления электронной установки, устройств предварительного отбора событий и т.д.

1. СТРУКТУРА СОПРЯЖЕНИЯ ПЕРИФЕРИИ С МКК ЕС ЭВМ

Описываемые аппаратные средства предназначены для управления работой на линии с ЕС ЭВМ устройства, получившего широкое распространение в качестве интерфейса ЭВМ многокредитных регистрирующих и управляющих систем КАМАК - универсального драйвера ветви⁴ /УДВ/. Однако схемные решения, касающиеся организации

Рис.1. Структура аппаратных средств сопряжения универсального драйвера ветви КАМАК с МКК ЕС ЭВМ.

взаимодействия УДВ с центром, могут быть использованы также при разработке сопряжения любых других периферийных устройств с МКК ЕС ЭВМ.

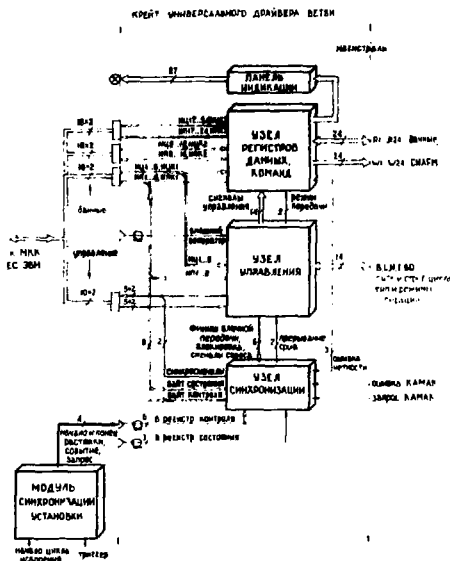
Общая структурная схема средств управления УДВ представлена на рис.1. Внешний интерфейс МКК, к которому подключается драйвер, содержит 2 группы шин. Первая используется для передачи информации из центра в периферию КАМАК, вторая - для передачи информации из периферии в центр. В случае байтового формата передачи каждая группа представляет собой 14 скрученных пар, из которых 9 пар отводятся под данные /1 разряд контроля по четности/ и 5 пар - под передачу управляющих сигналов. В случае передачи данных по линии связи 24-разрядными словами дополнительно используется 36 пар для двухсторонней передачи старших байтов данных.

Для управления работой УДВ со стороны центра используются следующие 5 сигналов:

- "Готовность-Ц" - сигнал общей готовности и сброса;
- "Управление-Ц" /1÷3/ - сигналы передачи командной информации центра;
- "Строб-Ц" - сигнал синхронизации информации центра.

Со своей стороны УДВ как периферийное устройство может выработать следующие 5 сигналов:

- "Вызов-П" - сигнал запроса периферии КАМАК на обслуживание ее центром, используемый для организации работы в режиме разделения времени;
- "Выбор-П" - сигнал подтверждения выбора периферии КАМАК;
- "Строб-П" - сигнал синхронизации информации периферии;



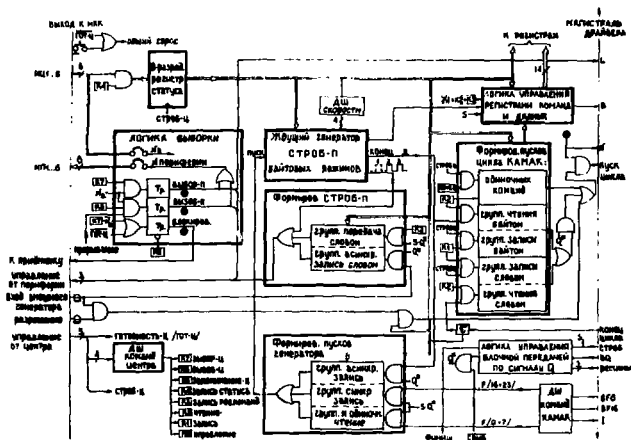


Рис.2. Структурная схема узла управления.

"Управление-П" - сигнал рабочего изменения состояния периферии;

"Состояние-П" - сигнал аварийного изменения состояния периферии.

Как следует из рис.1, организация работы УДВ на линии с ЕС ЭВМ производится при помощи трех связанных между собой функциональных узлов, имеющих выход на внешний интерфейс МКК и магистраль драйвера: узла управления, узла регистров и узла синхронизации.

1.1. Узел управления

Данный узел выполняет основные функции управления работой драйвера, в соответствии с которыми в структуре узла можно выделить несколько элементов /рис.2/.

Логика выборки осуществляет коммуникации с МКК в процессе начальной выборки для выхода в режим он-лайн.

8-разрядный регистр статуса. С его помощью программно задается протокол двухстороннего обмена данными и управляющей информацией между драйвером и МКК.

Дешифратор команд центра вырабатывает на основе получаемого от МКК кода внутренние команды узла управления КО÷К7,

Ждущий генератор сигналов СТРОБ-П используется при байтовом формате передачи по линии связи в двух случаях:

- а/ для выработки сигналов синхронизации передаваемых в центр данных;
- б/ в качестве источника сигналов синхронизации записываемых в аппаратуру КАМАК данных /режим групповой асинхронной записи/.

Генератор может вырабатывать сигналы синхронизации с периодом 0,8; 1,6; 3,2; 6,4 мкс. Выбор частоты генерации позволяет учитывать частотные свойства линии связи периферии с центром. Кроме того, в зависимости от разрядности считываемых или записываемых слов КАМАК генератор вырабатывает 2 /для 16-разрядных слов/ или 3 /для 24-разрядных слов/ сигнала "Строб-П" на один цикл КАМАК.

Выбор частоты и подстройка под разрядность производится программным образом путем записи в соответствующие разряды статусного регистра.

Запуск генератора определяется режимом передачи данных, занесенных в регистр статуса, типом операции КАМАК /чтение или запись/, а также логикой управления блочной передачей по сигналу Q.

Формирователь "Строб-П" собирает по "ИЛИ" сигналы с выхода ждущего генератора "Строб-П" байтовых режимов и со схем формирования "Строб-П" при передаче информации словами.

В режиме групповой асинхронной записи словом, когда в МКК "Строб-П" трансформируется в сигнал синхронизации записываемых в периферию КАМАК данных /"Строб-Ц", источником "Строб-П" является внешний генератор.

Формирователь пуска циклов КАМАК выдает на магистраль драйвера сигнал "Пуск цикла":

- а/ для инициации одиночных команд КАМАК;
- б/ в течение групповых операций чтения-записи при использовании байтового формата передачи данных или формата передачи словом. В этих режимах разрешение пусков цикла определяется логикой управления блочной передачей по сигналу Q.

Имеется также возможность программного задания такого режима, при котором пуски циклов КАМАК инициируются внешним генератором.

Логика управления регистрами команд и данных формирует сигналы управления работой регистров в соответствии с записанным в статусный регистр режимом, а также в соответствии с типом внутренней команды /K1÷K3/.

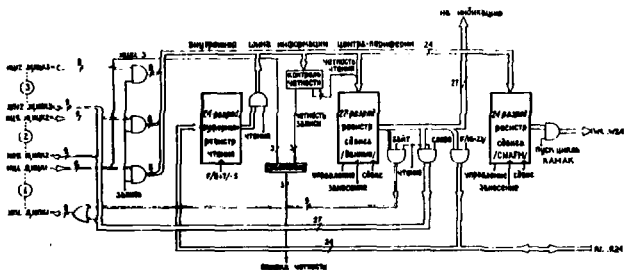


Рис.3. Структурная схема узла регистров.

1.2. Узел регистров команд и данных

Данный узел выполняет функции промежуточного хранения, внутреннего преобразования формата и коммутации информации, передаваемой из центра в периферию КАМАК и в обратном направлении.

Структурная схема узла представлена на рис.3. Его основными элементами являются 24-разрядный сдвиговый регистр для записи кода команды КАМАК (СНАФМ) и 27-разрядный сдвиговый регистр данных.

При формировании слова СНАФМ и при записи данных из центра информация в эти регистры заносится с внутренних шин либо в один такт, если формат передачи по линии связи - слово, либо в три такта со сдвигом, если используется байтовый формат.

При чтении данных информация с шин магистрали драйвера R1...R24 сначала заносится в 24-разрядный буферный регистр чтения по стробу цикла КАМАК, затем переписывается в регистр данных вместе с тремя формируемыми значениями разрядов контроля по четности. Дальнейший выход информации на линию связи определяется форматом передачи: при передаче словами в центр посылаются все 27-разрядное слово в один такт, при байтовой передаче байты последовательно выдаются на шины ИП1...8, ИПК1 внешнего интерфейса МКК в три такта.

Буферный регистр чтения позволяет сделать независимыми во времени процессы передачи информации из регистра данных в центр и чтения данных с магистрали ветви КАМАК. Таким образом, при чтении обеспечивается возможность запуска цикла КАМАК до окончания передачи информации в центр.

Контроль по четности при записи данных в аппаратуру КАМАК осуществляется для каждого байта независимо от формата передачи данных по линии связи. Сигналы "Ошибка четности" передаются в узел синхронизации, где они вызывают появление сигнала аварийного изменения состояния периферии /"Состояние-П"/.

Для проверки правильности двухсторонней передачи данных в узле регистров предусмотрен выход сдвигового регистра данных на индикацию. Она осуществляется при помощи специальной панели, где визуально можно наблюдать за прохождением каждого байта информации и состоянием соответствующего ему разряда четности.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ДВУХСТОРОННЕЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В КОМПЛЕКСЕ ПЕРИФЕРИИ КАМАК - МКК ЕС ЭВМ

Выход периферии КАМАК с номером N в режим работы на линии с ЭВМ осуществляется после выполнения процедуры начальной выборки. Ее завершающим этапом является получение драйвером сигнала "Выбор-П" с соответствующим значением N в байте данных. При этом на магистраль УДВ выдается сигнал запроса обслуживания L . Если нет запросов более высокого приоритета, управление драйвером передается интерфейсу МКК ЕС ЭВМ¹⁴.

Вся дальнейшая работа периферии КАМАК ведется под управлением записанной в оперативной памяти канала ЭВМ программы, ориентированной на обслуживание конкретного физического эксперимента. Операции, производимые драйвером в аппаратуре многокредитной установки, определяются поступающими в узел управления командами центра КО-КЗ. Эти команды осуществляют формирование пусков цикла КАМАК, управление регистрами команд и данных и коммутацию внутренних сигналов узла управления в соответствии с режимом передачи информации через внешний интерфейс МКК /рис.2/. Как уже отмечалось, выбор режима определяется содержанием статусного регистра узла управления, модифицируемого по команде центра К4. Назначение разрядов этого регистра показано на рис.4.

Общее количество вариантов протокола обмена информацией между центром и периферией, которые можно задавать программным образом, равно 44.

В качестве примера рассмотрим часто используемый для передачи в ЭВМ больших массивов данных режим группового чтения, когда опрос регистрирующей электроники КАМАК производится в режиме сканирования адреса (ASM). Временная диаграмма, иллюстрирующая работу узла управления драйвером в данном режиме при байтовом формате и максимальной скорости передачи, приведена на рис.5.

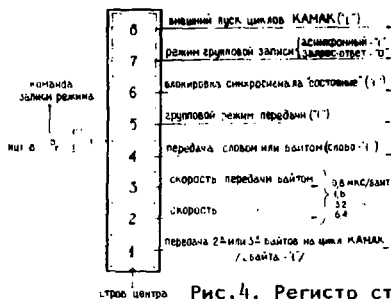


Рис. 4. Регистр статуса.

После подготовительных операций, связанных с записью режима в регистр статуса и передачи кода начальной команды сканирования СНАФМв узел регистров, запуск первого цикла чтения производится непосредственно по команде центра К2 /чтение/. При получении с магистрали драйвера истинного значения сигнала ответа ($Q = 1$) логика управления блочной передачей разрешает запуск

ждущего генератора, вырабатывающего 6 импульсов с частотой $F_0 = 2,5$ МГц. Формирование синхросигналов периферии "Строб-П" производится делением частоты F_0 , причем программное задание скорости передачи данных в центр связано с изменением коэффициента деления.

На рис. 5 показана работа с максимальной скоростью, определяемой быстродействием селекторного канала №1 ЕС ЭВМ /1,25 Мбайт/с/.

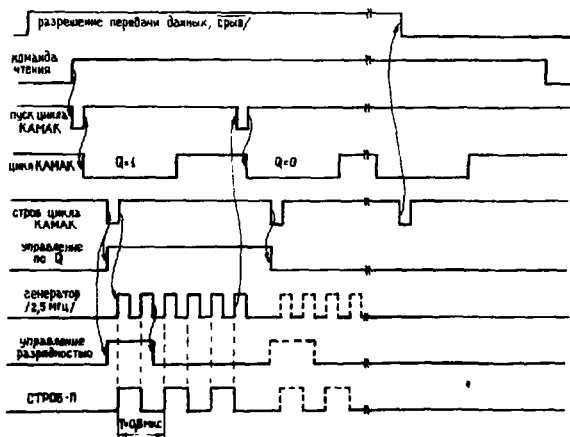


Рис. 5. Временная диаграмма работы узла управления.

Последний импульс отработки ждущего генератора запускает следующий цикл КАМАК. При получении значения $Q=0$ запуск генератора запрещается до следующего цикла, в котором $Q=1$, и сигналы пуска "пустых" циклов вырабатываются в контроллере драйвера.

При достижении конечного адреса сканирования формируется сигнал "Срыв", при этом запуск генератора блокируется и в узле синхронизации вырабатывается сообщение центру о конце блочной передачи.

На рис.6 приведена сводная таблица всех режимов работы драйвера на линии с ЕС ЭВМ. В последней колонке таблицы даны значения длительности выполнения различных операций в аппаратуре КАМАК для разных режимов, характеризующие быстродействие комплекса.

Как следует из таблицы, описываемые аппаратные средства дают возможность помимо группового чтения производить групповую запись данных из центра в периферийную часть комплекса в двух режимах. Источником сигналов синхронизации данных при групповой записи в байтовом формате является, как и в случае группового чтения, ждущий генератор узла управления. В режиме быстрой групповой асинхронной записи генератор перезапускается собственным импульсом конца отработки. В этом случае синхросигналы "Строб-П" и получаемые из них в центре сигналы "Строб-Ц" вырабатываются с постоянной скважностью.

В режиме групповой записи "Запрос-ответ" запуск генератора выполняется таким же образом, как при групповом чтении, т.е. по концу строба цикла КАМАК. Поэтому в данном режиме цикл записи одного слова зависит от длины линии связи периферии с центром.

3. СИНХРОНИЗАЦИЯ МКК ЕС ЭВМ И ПЕРИФЕРИИ ФИЗИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ В ПРОЦЕССЕ СБОРА ДАННЫХ

Сигнализация в центр со стороны периферии КАМАК о возникновении любой ситуации, требующей обслуживания, осуществляется выработкой в узле синхронизации драйвера /рис.1/ сигналов рабочего /"Управление-П"/ либо аварийного /"Состояние-П"/ изменения состояния периферии. Причины, вызывающие появление этих сигналов, фиксируются в двух 8-разрядных регистрах - регистре управления /контроля/ и регистре состояния /ошибки/. Каждый из синхросигналов вырабатывается как логическое "ИЛИ" всех разрядов соответствующего регистра, а содержимое регистров может передаваться в центр по шинам данных ИП1...ИП8. Из двух синхросигналов сигнал "Состояние-П" обладает наибольшим приор-

Операция, тип синхросигнала	Формат передачи по линии связи	Источник синхро-сигнала	Режим передачи	Режим КАМАК	Разрешенность (бит/байт)	Источник сигнала пускового КАМАК	Период следования синхро-сигналов (мкс)	Минимальный цикл перебора слова в выводе или команда (мкс)
Запись СМАК, створ центра	байт	центр	одиноч.	M=0	24/3	---	0 В (мин)	---
Команда управление, створ центра	байт	центр	одиноч.	M=0	24/3	3-й СТРС 1-й выв.	0 В (мин)	56 (для одного слова СМАК) 88 (разные СМАК)
Чтение данных, створ периферии	байт	внутренний генератор ИРАОМ	одиноч.	M=0	16/2	ком. чтение	0 В	40 (для одного слова СМАК) 72 (разные СМАК)
					24/3		16	
					24/3		32	
	слово	задержка створ цикла КАМАК	группов.	ASM, SM, RM	16/2	ком. чтение или конец створ генератора	0 В	2 В
					24/3		16	
					24		32	
Запись данных, створ центра	байт	внутренний генератор ИРАОМ	одиноч.	M=0	16/2	2-й СТРС + 0 выв.	0 В (мин)	56 (для фиксации слова) 88 (для разных СМАК) 88 (для разных СМАК) 88 (для разных СМАК)
					24/3		0 В (мин)	
					24/3		0 В	
	слово	внутренний генератор ИРАОМ	группов.	SM, RM	16/2	2-й СТРС + 0 выв.	0 В	L - длина (м) C - 2*10 ³ мкс
					24/3		0 В	
					24/3		0 В	
слово	центр	одиноч.	M=0	16/2	2-й СТРС + 0 выв.	0 В	2 В	
				24/3		0 В		
				24/3		0 В		
слово	внутренний генератор ИРАОМ	группов.	ASM, SM, RM	16/2	2-й СТРС + 0 выв.	0 В	2 В	
				24/3		0 В		
				24		0 В		

Рис.6. Сводная таблица режимов работы драйвера на линии с ЕС ЭВМ.

ритетом, блокируя передачу в центр сигнала "Управление-П" и выход регистра управления на шины данных.

Таким образом, описанные средства дают возможность производить обработку флага периферии в программе канала чтением байта данных и, в соответствии с полученной информацией, реали-

защитой условного перехода к подпрограмме обслуживания причины возникновения флага /т.е. любого из двух указанных синхросигналов/.

В регистре состояния фиксируются аварийные и подобные им ситуации, требующие немедленного обслуживания: ошибки по четности, ошибка в ветви КАМАК, конец асинхронной групповой записи данных. Три разряда регистра свободны, их модификация осуществляется внешними сигналами /рис. 1/.

В регистре контроля фиксируются рабочие ситуации, возникающие в периферии КАМАК: конец блочной передачи данных, запрос КАМАК (Σ ВД). Остальные шесть разрядов регистра свободны, управление их состоянием производится по сигналам внешней синхронизации.

Свободные разряды регистра управления могут использоваться для организации временной привязки процесса сбора данных к сигналам, вырабатываемым в аппаратуре экспериментальной установки. Практика эксплуатации спектрометрических установок физики высоких энергий на линии с ЭВМ показывает, что наиболее необходимыми сигналами временной привязки являются:

1/ сигналы, формируемые из синхроимпульсов ускорителя и определяющие моменты начала и конца приема в ЭВМ информации в каждом цикле ускорителя /"Начало растяжки", "Конец растяжки"/;

2/ сигнал готовности данных, формируемый из синхроимпульса запуска установки и определяющий момент начала чтения образа одного события /"Событие"/.

Помимо синхронизации процесса сбора данных с циклом ускорителя необходимо иметь возможность эффективного общения оператора установки с ЭВМ, т.е. передачи с установки директив /типа "Начать работу", "Кончить работу", "Печатать" и т.д./ и визуального наблюдения за ответной реакцией ЭВМ. На практике выработка сигналов синхронизации установки обычно производится в электронике "медленной логики", собираемой из стандартных блоков задержки и формирования сигналов, а организация простейшего диалога осуществляется при помощи блоков индикации, набора констант или кнопочных панелей.

Для решения указанных задач в комплексе периферия КАМАК - МКК ЕС ЭВМ при помощи одного устройства был разработан модуль КАМАК, структурная схема которого изображена на рис. 7. Данный модуль, использующий сигналы магистрали обычного крейта КАМАК, включает в себя логику выработки сигналов временной привязки и средства взаимодействия оператора с ЭВМ.

Сигнал "Начало растяжки" формируется из задержанного синхроимпульса ускорителя "Начало цикла ускорения" /НЦУ/. Сигнал "Конец растяжки" может формироваться либо из синхроимпульса ускорителя "Конец цикла ускорения" /КЦУ/, либо из задержанного импульса НЦУ в зависимости от положения переключателя. Сиг-

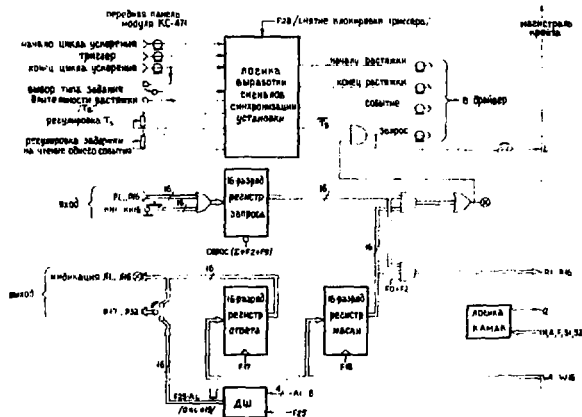


Рис.7. Структурная схема модуля синхронизации.

нал "Событие" производится в течение длительности растяжки T_S из вырабатываемого в электронике запуска установки импульса "Триггер" при условии отсутствия блокировки этого импульса, устанавливаемой его же задним фронтом. Снятие блокировки осуществляется от ЭВМ по команде F(28). Во избежание формирования сигнала "Конец растяжки" при чтении последнего события в одном цикле этот сигнал выдается в ЭВМ через промежуток времени $T_S + T_A$ после НЦУ, где T_A - длительность чтения массива данных в одном событии. Величина задержек T_S и T_A может регулироваться потенциометрами в пределах, задаваемых схемным образом и зависящих от конкретных условий работы установки.

Средства организации диалога включают в себя:

- 1/ 16-разрядный входной регистр для формирования сигнала запроса и последующей передачи командной информации в ЭВМ, управляемый вручную от кнопок либо внешними сигналами;
- 2/ 16-разрядный регистр маски для выборочного разрешения разрядов регистра запроса;
- 3/ 16-разрядный выходной регистр и формирователь импульсов для производства сигналов ответа ЭВМ и индикации.

Очевидно, что данная часть схемы модуля может использоваться как универсальный дуплексный регистр.

4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И КОНСТРУКЦИЯ

Узлы, используемые в составе драйвера, выполнены на трех отдельных платах и смонтированы в одной ячейке КАМАК шириной 68,8 мм ~~4 мм~~. Данный модуль имеет шифр ИР40М-885 по спецификации ЛВЭ ОИЯИ, выполнен на микросхемах серии К155 малой и средней степени интеграции ~~общее количество - 180~~ и потребляет ток 4 А с шины +6 В. Модуль синхронизации ~~шифр КС-474~~ также выполнен на микросхемах ТТЛ логики, потребляет ток 1,8 А с шины +6 В. ~~Ширина модуля - 4 мм~~

Все входные и выходные сигналы, используемые в аппаратуре, имеют уровни ТТЛ.

В заключение автор выражает глубокую признательность В.Н.Садовникову за большую помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. "Мир", М., 1979.
2. Каналы ввода-вывода ЭВМ ЕС-1020 /под ред. А.М.Ларионова/. "Статистика", М., 1976.
3. Садовников В.Н. и др. ОИЯИ, 10-11624, Дубна, 1978.
4. Нгуен Фук и др. ПТЭ, 1976, №3.
5. Басиладзе С.Г. и др. ОИЯИ, 10-8372, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 марта 1980 года.