

Ц 8418

Г-701

20/ч-40

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 5053

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
И АВТОМАТИЗАЦИИ

Е.Д. Городничев, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова,
Л.Т. Михушкина, В.Н. Садовников, З.И. Широкова

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ КАНАЛ
ВВОДА-ВЫВОДА ДЛЯ ЭВМ
В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ

1970

Е.Д. Городничев, Г.М. Кадыков, С.В. Кадыкова,
Л.Т. Михушкина, В.Н. Садовников, З.И. Широкова

ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМЫЙ КАНАЛ
ВВОДА-ВЫВОДА ДЛЯ ЭВМ
В ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ

8384/2 чр

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИОФИЗИКА

✓ Создание на вычислительной машине специализированного канала связи с измерительно-регистрирующей аппаратурой позволяет использовать ЭВМ для сбора и обработки экспериментальной информации, а также подключать к машине специализированные устройства ввода-вывода, повышающие скорость оценки и обработки получаемой информации.

Средства прерывания и обмена /1,2/, в основном, решают задачу включения ЭВМ в измерительно-обрабатывающий центр физической лаборатории. Дальнейшее развитие системы связи с ЭВМ требует организации работы на линии нескольких устройств, одновременного подсоединения этих устройств к машине, переключения входа-выхода ЭВМ с одного устройства на другое, организации логически гибкой связи на этапах соединения-отсоединения посредством обмена управляющими кодами, контроля передачи информации и проверки аппаратуры связи во время эксплуатации.

На современных вычислительных машинах вопросы связи с внешними устройствами решаются путем создания универсальных быстродействующих каналов ввода-вывода /3/.

При проектировании канала на конкретной ЭВМ следует учитывать конструктивные и логические особенности машины и систему команд с тем, чтобы решить задачу оптимальным способом. С этой точки зрения канал связи, в котором многие функции управления (подключение устройства к каналу ввода-вывода, анализ кода состояния устройства, задание режима связи, анализ информации и др.) возлагаются на программу, представляется наиболее целесообразным.

У Программно-управляемый канал ввода-вывода.

Общие сведения

Программно-управляемый канал ввода-вывода является специализированным устройством, организующим обмен информацией между кодовыми шинами приема-выдачи ЭВМ и внешними линиями-шинами, к которым подсоединяются источники информации (устройства). Связь канала с основной памятью ЭВМ осуществляется через устройство непосредственного обмена информацией. — интерфейс ввода-вывода /2/. Канал имеет оборудование, которое выполняет следующие функции:

1. Связь с устройством обмена ЭВМ.
2. Прием команд управления от ЭВМ.
3. Раскодирование и выполнение команд управления.
4. Выдача сигналов управления устройству.
5. Прием ответных сигналов и кода состояния от устройства.
6. Сохранение кода состояния.
7. Прием слов данных от ЭВМ, передача слова на шины информации в параллельной форме.
8. Прием слов данных от устройства в параллельной либо последовательно-параллельной форме.
9. Обеспечение буфера на одно слово при передаче данных.
10. Сдвиг информации на регистре обмена и подсчет количества сдвигов.
11. Формирование контрольных разрядов при выдаче и контроль по четности при приеме данных.
12. Коммутация шин информации и управления.
13. Выполнение специальных команд в канале, в том числе выработка программно-управляемых сигналов устройству.
14. Передача сигналов прерывания в ЭВМ.
15. Индикация основных регистров и автономное управление.

Канал имеет четыре физических входа-выхода (направления) для подсоединения внешних устройств и линий связи.

Каждое направление канала имеет линию для сигнала прерывания программы ЭВМ. Линиям прерывания соответствуют четыре фиксирован-

ные ячейки в основной памяти. При прерывании от канала управление в программе передается команде, находящейся в фиксированной ячейке. По номеру ячейки программа определяет устройство (направление), за- просившее канал. При работе все оборудование канала целиком исполь- зуется для управления или передачи данных только по одному направ- лению в отдельное устройство ввода-вывода или из него. Другие направ- ления электрически закрыты. Переключение направлений производится пу- тем выполнения в канале специальной команды.

В ЭВМ имеется четыре команды для канала:

Управление в канале (ВКУ)

Считывание слова состояния канала (ПКУ)

Обмен данными через канал - прием (ПК)

Обмен данными через канал - выдача (ВК).

Команды канала выполняются центральным управлением и устройством обмена информацией и входят в программу ЭВМ.

Команда "управление в канале" передает в канал из основной памя- ти одно или несколько управляющих слов - микрокоманд. Микрокоманда содержит информацию для управления отдельными регистрами и цепями канала и определяет такие функции, как коммутация направлений, выра- ботка программно-управляемых сигналов устройству, установка кода на коммутаторе операций канала для модификации обмена или выполнения специальных действий.

Количество микрокоманд и их адреса в основной памяти задаются в команде управления.

Команда "считывание состояния" вызывает в канале операцию счи- тывания в основную память кода с шин управляющих сигналов устройства. Адрес слова состояния указывается в команде. Обмен данными через ка- нал в модификации "прием" осуществляется командой непосредственного ввода²⁷. Команда непосредственного ввода вызывает в канале операцию считывания информации с шин устройства в выбранном направлении. Фор- мат команды позволяет задать область основной памяти, время на обмен, адрес ячейки, запоминающей количество прошедших через канал слов дан- ных, адрес передачи управления в программе ЭВМ после окончания обмен-

на. Аппаратными средствами канала осуществляется анализ управляющих признаков от устройства и контроль по четности принимаемой информации.

Обмен данными через канал в модификации "выдача" осуществляется командой непосредственного вывода/2/. Команда вывода вызывает операцию выдачи информации из основной памяти на шины канала в выбранном направлении. В команде вывода так же, как и в команде ввода, задается область памяти, подлежащая выдаче, время на обмен, адрес ячейки, где запомнить количество прошедших через канал слов данных, адрес передачи управления в программе ЭВМ после окончания обмена. Аппаратными средствами канала осуществляется анализ управляющих признаков от устройства и формирование контрольных разрядов.

Конструктивно канал выполнен в виде отдельного устройства (рис.1), соединенного кабельными линиями с интерфейсом ввода-вывода ЭВМ. Электрические схемы элементов выполнены на стандартных платах БЭСМ-4. Имеется панель разъемов для подсоединения линий связи с устройствами ввода-вывода, пульт управления с индикацией и тумблерным регистром для автономной наладки.

√ Структурная схема канала

Устройство канала включает в себя следующие основные части-блоки (рис. 2,3):

1. Блок связи с ЭВМ (БСМ)
2. Блок распределителя импульсных сигналов синхронизации (РИС)
3. Дешифратор операций (КОП)
4. Схему управления обменом (УОИ)
5. Регистр команд (РКК)
6. Регистр обмена (РОИ)
7. Электронные коммутаторы:
 - шин управления от устройства (КШУС-У)
 - шин управления от канала (КШУС-К)
 - шин информации устройства (КШИН-У)

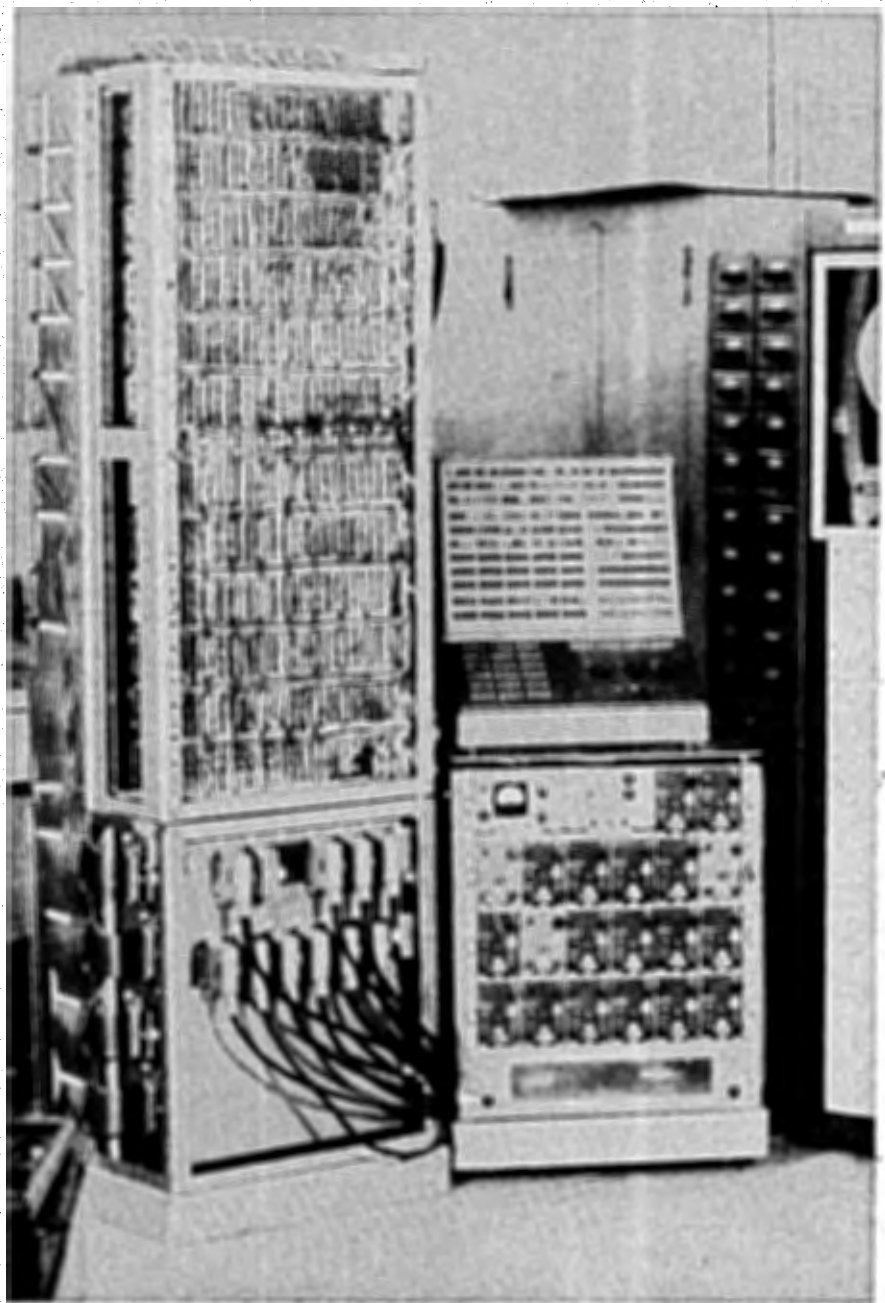


Рис. 1. Общий вид канала ввода-вывода данных ЭВМ.

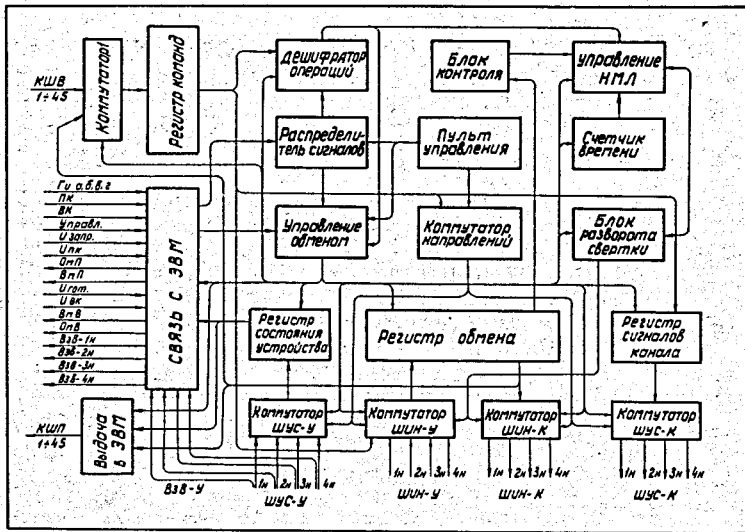


Рис. 2. Структурная схема канала.

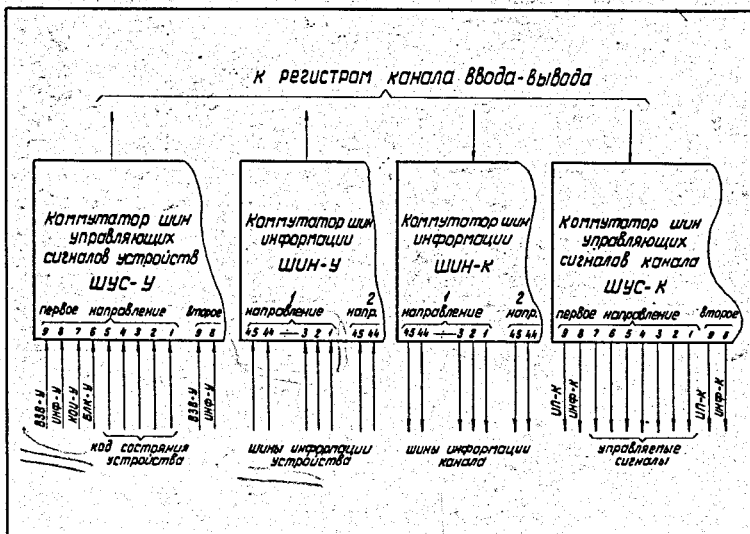


Рис. 3. Линии сопряжения канала и устройства в одном направлении.

- шин информации канала (КШИН-К)
- кодовых шин выдачи слова ЭВМ в канал (КШВ)
- кодовых шин приема слова из канала в ЭВМ (КШП)
- 8. Коммутатор направлений (КН)
- 9. Регистр программно-управляемых сигналов канала (РУС-К)
- 10. Регистр кода состояния устройства (РУС-У)
- 11. Блок последовательно-параллельного разворота слова информации (РРС)
- 12. Блок контроля (БК)
- 13. Специальные блоки - управление магнитофоном (УНМЛ) и счетчик времени (Часы)
- 14. Пульт управления (ПУ).

Работа схемы при выполнении операций управления

Блок связи с ЭВМ осуществляет связь управления канала с устройством непосредственного ввода-вывода вычислительной машины по 16-ти линиям передачи сигналов.

По линии ГИ в канал поступает непрерывная серия импульсов с частотой 1 мГц, синхронизирующая работу схемы РИС и управления.

Блок РИС запускается сигналами $I_{\text{запр}}$ и $I_{\text{вк}}$ из интерфейса ЭВМ и вырабатывает четыре прямоугольных сигнала Π_1 - Π_4 длительностью 1 мксек каждый и четыре импульсных сигнала I_1 - I_4 длительностью 0,5 мксек и относительным сдвигом 1 мксек. Сигналы Π и I используются для считывания информации с внешних линий, организации передач в канале, сбросов регистров, формирования сигналов управления. Режимы работы задаются каналу сигналами из интерфейса ввода-вывода на линиях УПРАВЛ., ПК, ВК в соответствии с таблицей:

| Режим работы | Обозначение | Сигналы на линиях | | |
|------------------------|-------------|-------------------|----|----|
| | | УПРАВЛ. | ПК | ВК |
| Управление в канале | ВКУ | 1 | 0 | 1 |
| Считывание состояния | ПКУ | 1 | 1 | 0 |
| Обмен данными - прием | ПК | 0 | 1 | 0 |
| Обмен данными - выдача | ВК | 0 | 0 | 1 |

В режиме ВКУ канал разрешает интерфейсу ЭВМ выдачу управляющих слов сигналом на линии ОМВ. От импульса выдачи кода $I_{ВК}$ запускается распределитель РИС. По I_1 управляющее слово – микрокоманда считывается с КШВ на РКК. Разряды кода операции по I_2 передаются на регистр операции РОП и дешифрируются коммутатором КОП. Дальнейшее выполнение микрокоманды осуществляется в соответствии с кодом операции.

В микрокоманде "коммутация направлений" разряды номера направления по сигналу $P_3 \vee P_4$ передаются на регистр в блок КН.

Коммутатор направлений дает разрешение на прохождение сигналов через КШУС-У и КШУС-К, считывание информации с ШИН-У и выдачу на ШИН-К по выбранному направлению.

В микрокоманде "занесение на РУС-К" код 1-7 разрядов передается на регистр РУС-К по сигналу $P_3 \vee P_4$ и через коммутатор ШУС-К поступает на 1-7 шины управляющих сигналов канала.

При выполнении микрокоманды "установка кода на КОП" осуществляется только дешифрация кода операции. Сигнал на КОП сохраняется и определяет дальнейшую работу схемы управления канала.

В режиме ПКУ сигнал на линии ОМП разрешает интерфейсу ЭВМ прием слова состояния канала. По сигналу $I_{запр.}$ запускается РИС. Код состояния устройства по I_2 считывается с 1-5 ШУС-У на регистр РУС-У и с него выдается на линии КШП. Интерфейс ЭВМ заносит код состояния в основную память.

Взаимодействие блоков при обмене

Работа канала и взаимодействие с интерфейсом ЭВМ в режиме приема показаны на временной диаграмме рис. 4. В групповом режиме ПК интерфейс посылает в канал сигналы $I_{запр.}$ с периодом 8 мксек. $I_{запр.}$ запускают распределитель импульсов синхронизации. Схема управления обменом по I_2 анализирует признак информации от устройства и при наличии признака ИНФ-У (рис. 3) устанавливает триггер маркера слова (ОМП), а по P_3 считывает код с ШИН-У на регистр обмена. Через блок

выдачи в ЭВМ содержимое РОИ поступает на линии КШП. По I_4 устройству посылается сигнал ИП-К длительностью 1 мксек. Интерфейс ЭВМ считывает код с КШП в память и посылает каналу импульс $I_{ПК}$, по которому схема УОИ сбрасывает РОИ и управляющий триггер ОМП.

Конец обмена по инициативе устройства осуществляется сигналом на линии КОИ-У (рис. 3). По нему блок БСМ вырабатывает сигнал на линии ВМП, вызывающий окончание работы интерфейса ЭВМ.

Работа канала и взаимодействие с интерфейсом ЭВМ в режиме выдачи показаны на временной диаграмме (рис. 5). В групповом режиме ВК с периодом (частотой) 8 мксек анализируется сигнал "блокировка от устройства" на линии БЛК-У (рис. 3). При отсутствии сигнала интерфейс ЭВМ выдает на КШВ слово информации и сигнал $I_{ВК}$ в блок БСМ. По $I_{ВК}$ запускается распределитель импульсов РИС. По I_1 код с КШВ передается на РКК и по P_1 на регистр обмена. С РОИ через коммутатор ШИН-К слово информации выдается на шины канала. По линии управления от канала схемой УОИ выдается сопровождающий признак ИНФ-К (рис. 3). По ИНФ-К устройство считывает информацию с ШИН-К и посылает каналу сигнал БЛК-У. Информация на ШИН-К сохраняется каналом пока не будет снят сигнал БЛК-У. В ответ канал сбрасывает регистр обмена и признак ИНФ-К. Отсутствие сигнала БЛК-У разрешает интерфейсу ЭВМ выдачу следующего слова.

Сигнал БЛК-У не выдается устройством, если последнее может принимать информацию с максимальной частотой работы интерфейса. В этом случае информация на ШИН-К сохраняется в течение 6 мксек.

Конец обмена по инициативе устройства осуществляется сигналом "конец обмена" на линии КОИ-У. По нему БСМ вырабатывает сигнал окончания работы интерфейса на линии ВМВ.

При последовательно-параллельной передаче данных осуществляется параллельный обмен 45-тью разрядными словами между интерфейсом ЭВМ и каналом и обмен по 8 разрядов (байтами) между каналом и устройством. Указание схеме УОИ вести обмен байтами дает КОП, на который предварительно заносится код операции. КОП модифицирует режимы ПК и ВК.

При приеме блок РРС управляет упаковкой байтов информации, поступающих через 1-8 ШИН-У на РОИ. После приема на РОИ последнего

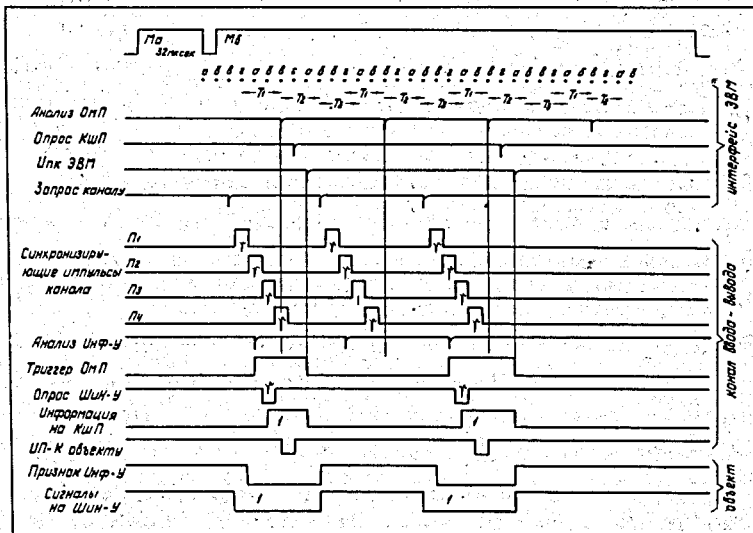


Рис. 4. Временная диаграмма работы канала и интерфейса ЭВМ при приеме двух слов информации.

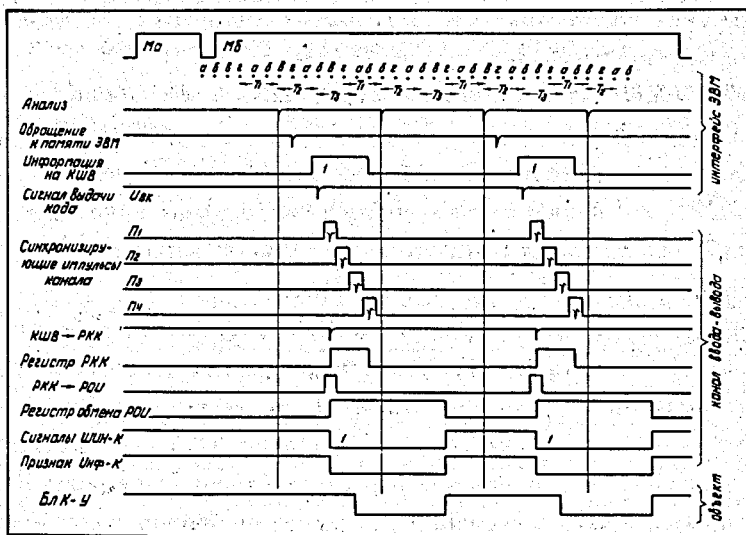


Рис. 5. Временная диаграмма работы канала и интерфейса ЭВМ при выдаче двух слов информации.

байта устанавливается триггер маркера слова в канале и интерфейсу из БСМ выдается сигнал ОМП. Интерфейс считывает слово с РОИ, как при параллельной передаче.

При выдаче блок РРС управляет разворотом слова с РОИ на 1-8 ШИН-К. На линию ОМВ из БСМ выдается сигнал, блокирующий выдачу в канал до конца разворота. После выдачи последнего байта канал разблокируется и интерфейс выдает следующее слово на РОИ, как при параллельной выдаче.

Взаимодействие блоков при выполнении специальных команд

Блоки канала УНМЛ и ЧАСЫ (рис. 2) используются при обмене данными с взаимозаменяемым магнитофоном, подключенным к одному из направлений канала. Тем самым канал ввода-вывода берет на себя некоторые функции устройства управления.

При записи на ленту в канале выполняется модифицированная команда обмена ВК. На КОП устанавливается код операции записи. Блоки УОИ, РРС, УНМЛ управляют последовательно-параллельной выдачей информации. Блок ЧАСЫ в этом режиме работает как генератор, задающий частоту (плотность) записи строк. Блок контроля БК формирует контрольный разряд строки. При считывании с ленты в канале выполняется модифицированная команда ПК. На КОП устанавливается код операции чтения. Блоки УОИ, РРС, УНМЛ управляют последовательно-параллельным приемом строк на РОИ. Блок БК осуществляет контроль по четности принимаемых строк.

Управление движением магнитофона осуществляется через регистр программно-управляемых сигналов РУС-К.

Команды обмена информацией ☑

Обмен информацией по шинам ШИН-К и ШИН-У с устройствами, подключенными к каналу, и обмен между аппаратурой канала и ЭВМ по линиям КШП и КШВ осуществляются командами непосредственного ввода-вывода, предназначенными для организации работы ЭВМ в режиме on-line ^{12/}.

Формат команд обмена:

π 50 0001 (5) A₂ A₃ 0001 - прием

π 70 A₁ A₂ A₃ 0005 - выдача.

Адреса A₁(70)+A₃(50) определяют массив принимаемых (выдаваемых) слов. Максимальная скорость обмена внутри массива 125 кгц (8 мксек на одно слово информации).

Операции управления в канале ☑

Операции управления в канале ввода-вывода осуществляются с помощью модификации команды обмена

1,0 50 1005 7777 A₃
π 70 A₁ A₂ A₃ .

Команда управления имеет дело с регистром программно-управляемых сигналов и ШУС-К (7 линий), с коммутатором операций и коммутатором направлений. Конкретное управление регистрами - установку кода операции, номера направления, выработку на ШУС-К управляющих сигналов осуществляют микрокоманды, хранящиеся на поле A₁(70)+A₃(50) в основной памяти. Выполнение команды управления состоит в последовательной выборке микрокоманд из памяти ЭВМ, передаче их по КШВ на регистр команд канала и выполнения микрокоманды аппаратными средствами канала. Время выполнения одной микрокоманды 8 мксек.

Формат микрокоманды включает в себя:

- код операции КОП_{МК} 37 + 45 разряды
- мантиссу микрокоманды М_{МК} 1 + 12 разряды
- маску микрокоманды МСК_{МК} 25 + 36 разряды

КОП_{МК} МАСКА 0000 МАНТ

Маска микрокоманды определяет разряды мантиссы, участвующие в операции, задаваемой КОП_{МК}.

Коммутация направлений в канале производится микрокомандами:

| КОП | A ₁ | A ₂ | A ₃ | |
|-----|----------------|----------------|----------------|-------------------------------|
| 402 | 7400 | 0000 | 0400 | Выбор первого направления |
| 402 | 7400 | 0000 | 1000 | Выбор второго направления |
| 402 | 7400 | 0000 | 2000 | Выбор третьего направления |
| 402 | 7400 | 0000 | 4000 | Выбор четвертого направления. |

Код номера направления задается 9+12 разрядами A₃, маска на изменение номера - 33+36 разрядами A₁. После окончания работы по данному направлению осуществляется программное отключение направления микрокомандой:

402 7400 0000 0000.

Микрокоманда для установки кода операции на КОП не имеет маски и мантиссы:

КОП 0000 0000 0000.

Приведем перечень микрокоманд такого типа, используемых для создания режимов работы с магнитофоном СДС-608:

| | | | | |
|----------------------------|-----|------|------|------|
| Режим двоичной записи | 410 | 0000 | 0000 | 0000 |
| Режим кодированной записи | 411 | 0000 | 0000 | 0000 |
| Режим двоичного чтения | 412 | 0000 | 0000 | 0000 |
| Режим кодированного чтения | 413 | 0000 | 0000 | 0000 |
| Запись контрольной строки | 414 | 0000 | 0000 | 0000 |
| Поиск маркера файла | 415 | 0000 | 0000 | 0000 |

Микрокоманды 410+414 самостоятельного значения не имеют и выполняются в сочетании с командами обмена. Микрокоманды 410+413 выполняются перед командой обмена, запись контрольной строки - после команды обмена.

Выработка программно-управляемой последовательности сигналов

Отсутствие у устройств ввода-вывода стандартных согласующих электронных блоков управления вызывает необходимость иметь в канале средства для создания программно-управляемой последовательности сигналов. Требуемые для управления устройства сигналы вырабатываются посредством выполнения программы из микрокоманд "занесение кода на регистр РУС-К".

Формат микрокоманды занесения:

| | | | | |
|-----|--------|-------|-------|-----------|
| КОП | A_1 | A_2 | A_3 | |
| 402 | ОМАСКА | 0000 | 0 | код РУС . |

Разряды $1+7 A_3$ заносятся на регистр управляемых сигналов, разряды $25+31$ (маска) микрокоманды определяют разряды A_3 , участвующие в операции занесения. Логическая формула занесения для одного разряда:

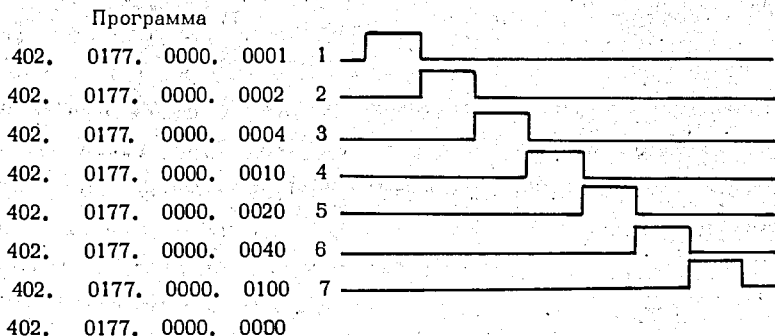
$$R_i = MCK \wedge M \vee \overline{MCK} \wedge R_{icm}$$

где: $MCK, M, R_{icm} = 0,1$

R_i - код разряда РУС-К после занесения,

R_{icm} - код разряда до занесения.

Приведем пример тестовой программы последовательности сигналов на шинах канала ШУС-К: ШУС-К Диаграмма сигналов



Изменяя порядок следования микрокоманд в программе и коды мантисс $M_{МК}$, можно получать различные последовательности сигналов на ШУС-К.

Считывание состояния ц

Считывание кода состояния устройства в память ЭВМ осуществляется модифицированной командой обмена

1,0 50 1001 7777 A_3
π 70 A_1 A_2 A_3 $A_1(70) = A_3(50)$

Время выполнения команды 76 мксек. Формат слова, содержащего код состояния:

000. 00 ШУС-У. 0000. 0000.

- 25 разряд - код первой линии ШУС-У
- 26 разряд - код второй линии ШУС-У
- 27 разряд - код третьей линии ШУС-У
- 28 разряд - код четвертой линии ШУС-У
- 29 разряд - код пятой линии ШУС-У
- 30 разряд - ошибка при приеме.

Код состояния анализируется в ЭВМ программным путем.

Тестовая программа "канал-канал" для контроля аппаратуры

Тестовые программы являются важным средством для наладки, до-работки и контроля работы схем при проектировании электронной аппаратуры. Такие программы должны предусматривать режимы работы, максимально приближающиеся к реальным, удобные для осциллографического наблюдения и поиска ошибок, "тяжелые" для массовых целей и питания с точки зрения возникновения помех. На рис. 6 приведена блок-схема программы для контроля аппаратуры канала ввода-вывода ЭВМ.

Основными режимами работы программы являются:

- кольцевая передача, заключающаяся в передаче одного слова информации из основной памяти на регистр обмена канала, сохранении слова на регистре, приеме содержимого регистра в память и сравнении принятой информации с эталоном;

- прием однородного массива информации с тумблерного регистра пульта управления канала.

Управление тестом ведется с КЗУ пульта управления ЭВМ. Константы для формирования информации задаются на КЗУ-I и КЗУ-II. Количество слов в команде при выдаче кодов определяется 1+9 разрядами КЗУ-III, при приеме кодов 1+9 разрядами КЗУ-IV. При нулевом значении 1+9 разрядов КЗУ осуществляется обмен одним словом информации.

Программа теста располагается в ячейках 0001+0100 основной памяти и состоит из восьми блоков. Рассмотрим работу теста в кольцевом режиме.

Вначале блок 1 осуществляет засылку четырех КЗУ в рабочие ячейки основной памяти. Блок 2 производит роспись поля выдачи 1000+1777 эталонным кодом из ячейки 0065 и очищает поле 2000+2777 для приема информации из канала. В блоке 3 формируется адрес A_3 команды ВК в соответствии с КЗУ-III и затем производится выдача в канал командой непосредственного вывода. Для сохранения информации на регистре обмена специальным тумблером блокируется сброс регистра РОИ.

В блоке 4 осуществляется прием содержимого регистра РОИ в 2000 ячейку основной памяти. Так же как при выдаче производится формирование адреса A_3 по коду КЗУ-IV в команде приема, но для кольцевого режима $KЗУ-IV = 0$.

В блоке контроля 5 принятая информация сравнивается с эталоном из ячейки 0065. При несравнении выполнение программы прекращается. Контроль массива принятых кодов организуется командой "переход после цикла" (ПЦ). Количество циклов в ПЦ формируется программно. Для этого используется информация о количестве принятых слов в ячейке $A_3(70)$ команды приема /2/.

В общем случае кольцевого режима блок 6 пропускает на блок 7.

В блоке 7 производится изменение эталона в 0065 циклическим сложением 0065 с КЗУ-II и проба на изменение КЗУ-I в процессе работы теста. Если КЗУ-I не изменилось, программа повторяется с новым эталоном, переходя в блок 2.

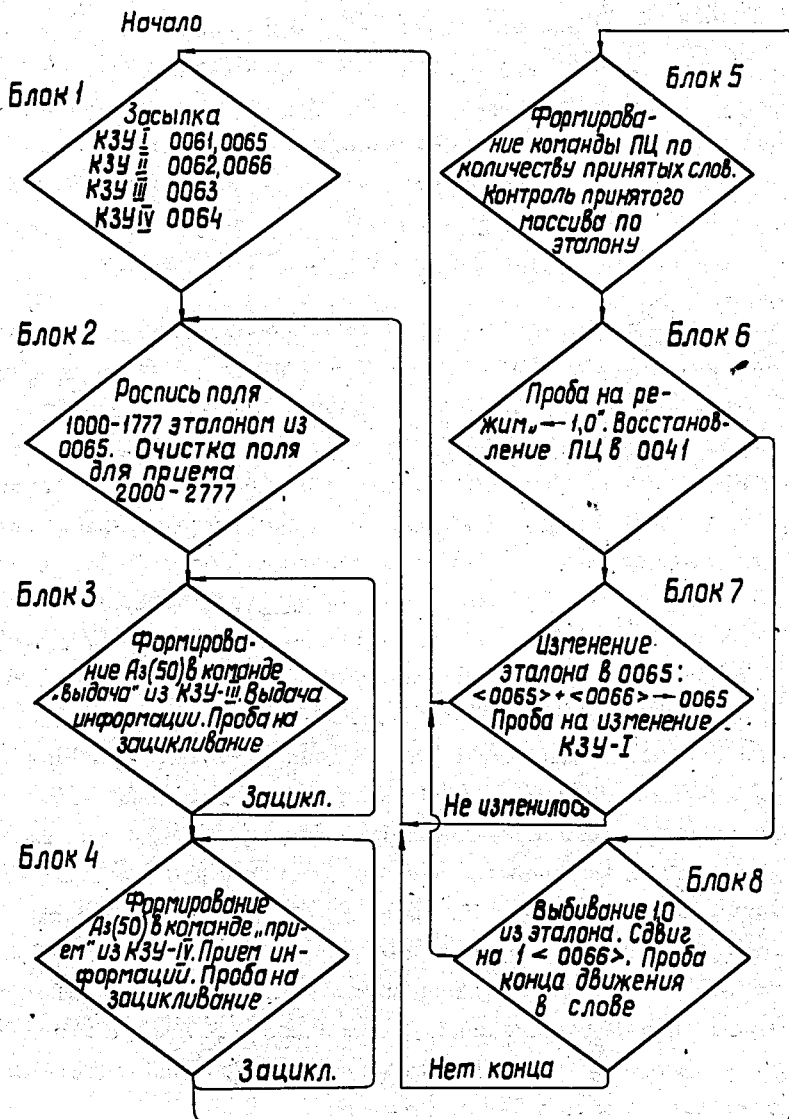


Рис. 6. Блок-схема тестовой программы контроля канала.

Как частный случай кольцевого режима возможна проверка кодами типа 777. 7777. 7777. 7776 или 000. 0000. 0000. 0001 с движением нуля (единицы) по разрядам в процессе проверки. Для этого вместо блока 7 тумблером 44 разряд КЗУ- IV включается в работу блок 8.

Для осциллографического наблюдения временных диаграмм работы канала (рис.4,5) закикливается работа блока 3 (выдача) или блока 4 (прием). Управление закикливанием производится тумблером 43 разряда с КЗУ- III и КЗУ- IV. Для получения более четкой картины на экране осциллографа количество слов в командах обмена задается минимальным.

Заключение

Программно-управляемый канал ввода-вывода данных разработан коллективом сотрудников Лаборатории вычислительной техники и автоматизации. Общий объем электроники составляет 600 ячеек. Каналом оборудована вычислительная машина Серпуховского научно-экспериментального отдела ОИЯИ. Работы по модернизации машины и наладке аппаратуры были завершены в 1969 году. Тем самым были подготовлены каналы связи ЭВМ для экспериментов ОИЯИ (по исследованию свойств K_0 -мезонов и исследованию спектра масс тяжелых частиц), проводимых на ускорителе ИФВЭ по on-line методике. К другим направлениям канала подсоединены специализированные устройства - стандартный накопитель на магнитной ленте и осциллограф со световым карандашом /4/.

Таким образом, создание канала связи на несколько направлений значительно расширило возможности ЭВМ по обеспечению экспериментов средствами вычислительной техники. В настоящее время три физические группы имеют отдельные каналы для передачи информации в ЭВМ. Программно-управляемый канал дает принципиальную возможность в одном цикле ускорителя вести накопление информации с нескольких экспериментальных установок, ведущих регистрацию на разных импульсах магнитного поля. Время переключения направлений канала 100 мксек. Ограничение определяется объемом памяти ЭВМ, не позволяющим разместить программы для двух экспериментов.

С использованием в программе таких средств канала как считывание кода состояния и передача программно-управляемых кодов (сигналов) появляется возможность автоматического текущего контроля исправности работы экспериментальной аппаратуры по значительному числу тестовых параметров или событий. ЭВМ по каналу вывода сигнализирует о неисправностях непосредственно при их появлении, что повышает надежность системы ЭВМ - эксперимент и позволяет более эффективно использовать время ускорителя.

В заключение авторы выражают благодарность члену-корреспонденту АН СССР М.Г. Мещерякову за практическую помощь в период создания аппаратуры, Н.Н. Говоруну, Г.И. Забиякину за полезные обсуждения проекта канала, сотрудникам КБ и ПТО ЛВТА С.Х. Бихтимирову, Э.А. Шевченко, В.С. Бородину, А.В. Афанасьеву, начальнику СНЭО М.И. Соловьеву и группе обслуживания БЭСМ-3М, руководимой А.И. Барановским, за помощь в работе. Мы особенно благодарны З.А. Святенкиной за большую работу по оформлению технической документации.

Л и т е р а т у р а

1. Е.Д. Городничев, Г.М. Кадыков, Н.Н. Морозова, В.Н. Садовников. Реализация прерывания программ в БЭСМ-4 ОИЯИ для использования вычислительной машины в электронных экспериментах и системах обработки данных. Сообщение ОИЯИ, 10-4753, Дубна, 1969.
2. Е.Д. Городничев, Г.М. Кадыков, Н.Н. Морозова, В.Н. Садовников. Аппаратура и команды обмена информацией для работы БЭСМ-4 в режиме *on-line*. Сообщение ОИЯИ, 10-4870, Дубна, 1969.
3. *Input / Output Interface-Channel to Control Unit. IBM System Reference Library, Form N A22-6843.*
4. А.И. Барановский и др. Развитие измерительного центра ОИЯИ в ИФВЭ (г. Серпухов) на базе БЭСМ-3М. Депонированная публикация ОИЯИ, Б1-10-4653, Дубна, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел

20 апреля 1970 года.