

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР



А.Н. Квашнин, В.В. Колюхов, А.Д. Хильченко

**КОНТРОЛЛЕР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО  
МУЛЬТИПЛЕКСНОГО КАНАЛА СВЯЗИ**

ПРЕПРИНТ 91-37



НОВОСИБИРСК

## КОНТРОЛЛЕР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МУЛЬТИПЛЕКСНОГО КАНАЛА СВЯЗИ

Квашнин А.Н., Конюхов В.В., Хильченко А.Д.

Институт ядерной физики  
630090, Новосибирск 90, СССР

### АННОТАЦИЯ

В работе описан контроллер последовательного мультиплексного канала связи, отвечающий требованиям ГОСТ 26765.52-87. Контроллер предназначен для сопряжения узловых машин, построенных как на базе "Q" так и "U" - шины, с удаленными измерительными и управляющими устройствами в распределенных автоматизированных системах, в том числе и с рабочими станциями, построенными на базе микро-ЭВМ класса "Электроника-60". Контроллер является ведущим модулем системы связи, выполняющим все, предусмотренные стандартом, процедуры обмена. Он работает на кабельную линию связи длиной до 1-го км и обслуживает до 30 подключенных к ней устройств.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на плазменных установках ИЯФ СО АН СССР находится в эксплуатации ряд автоматизированных систем, построенных на базе ЭВМ серии "Электроника" /1,2/. Эти системы имеют двухуровневую структуру и в качестве узловой обычно используют ЭВМ типа "Электроника-79", "Электроника-100/25" или "МС-1212". Указанные машины с помощью радиальных последовательных линий связи "DL" связаны с микро-ЭВМ "Электроника-60", управляющими работой отдельных узлов и подсистем установки с помощью соответствующего оборудования, размещенного, в основном, в крейтах КАМАК. На установках относительно небольшого масштаба системы такого типа позволили довольно успешно решать как задачи управления, так и регистрации, сбора и обработки экспериментальных данных. Однако, при попытке их использования на крупных установках выявились серьезные трудности, обусловленные как недостатками базового программного обеспечения, так и техническими причинами.

Основной недостаток существующих систем заключается в низкой эффективности работы микро-ЭВМ из-за того, что при разработке программного обеспечения "АЛИСА" функциональные возможности "Электроника-60" были сильно завышены. Стремление создать на базе этих машин локальные рабочие места экспериментаторов привело к тому, что большая часть оперативной памяти микро-ЭВМ оказалась занятой под системное программное обеспечение и базовые пакеты подпрограмм, что значительно снизило возможности конкретного пользователя.

С нашей точки зрения микро-ЭВМ в автоматизированных системах должны выполнять функции программируемых контроллеров, обслуживающих конкретные узлы экспериментальной установки. Не обязательно и общение микро-ЭВМ с терминалом (за исключением режима отладки прикладных пользовательских программ). Такая идеология использования микро-ЭВМ напоминает применение микропроцессора в конкретном "интеллектуальном" приборе, работающем по заранее заданному алгоритму. Отличие заключается лишь в том, что рабочие программы для микро-ЭВМ должны подготавливаться в узловой машине и затем загружаться в нее по линии связи. Эта же линия связи должна использоваться и для обмена данными между узловой машиной и микро-ЭВМ в процессе выполнения рабочих программ. Для сокращения объема передаваемых по линии связи сообщений, снижения требований к скорости обмена информацией узловой машины с внешними устройствами и повышения эффективности работы всей системы в целом, целесообразно использовать специальные программные средства, позволяющие инициализировать из центра выполнение подпрограмм, размещенных в "глухих" периферийных микро-ЭВМ. Реализация такого подхода требует разделения в существующих системах терминальных линий связи и линий связи микро-ЭВМ с узловой машиной. Наряду с этим, для ликвидации ограничений на число микро-ЭВМ, либо интеллектуальных контроллеров крейта КАМАК, подключаемых к узловой машине, желательно заменить существующую систему линий связи на мультиплексный последовательный моноканал. Переход в системе связи к такому каналу, несмотря на необходимость начальных затрат, связанных с разработкой соответствующих интерфейсных узлов и программного обеспечения, весьма привлекателен, так как он открывает путь к развитию на установках систем управления с

гибкой структурой, обладающих возможностью широкого наращивания функций.

В настоящей работе описан один из основных интерфейсных модулей новой системы - контроллер последовательного мультиплексного канала связи. Сегодня существуют уже три версии этого контроллера, отличающиеся друг от друга построением машинного интерфейса и базовым конструктивом. Это контроллер для мини-ЭВМ типа "МС-1212" с Q-шиной, контроллер для машин типа "СМ-4", "СМ-1420", "СМ-1700", имеющих U-шину для подключения внешних устройств, и контроллер в конструктиве КА-МАК, предназначенный для использования совместно с интеллектуальными крейт-контроллерами "Миленок". Поскольку все эти версии контроллеров в своей основе имеют одну и ту же базовую схему, в настоящей работе будет описана именно она, а необходимые дополнения, касающиеся контроллера канала связи в конструктиве КАМАК, будут даны в отдельном разделе.

#### КОНТРОЛЛЕР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МУЛЬТИПЛЕКСНОГО КАНАЛА СВЯЗИ

Контроллер является ведущим модулем системы связи, принципы построения, структура и протоколы обмена которой регламентированы ГОСТ 266765.52-87 /3/. Краткая характеристика данного стандарта, соответствующего зарубежному MIL-STD-1553B /4, 5,6/, дана в Приложении 1.

Контроллер выполняет все операции обмена данными между абонентами канала связи, передает в канал команды управления, проверяет корректность выполнения передач по ответным словам абонентов, обрабатывает поступающие от них запросы, проводит диагностику неисправностей канала связи и подключенного к нему оборудования.

Схема построения контроллера приведена на рис.1. В его состав входят:

- узел приемопередатчика,
- адаптер канала,
- буферное запоминающее устройство с набором служебных регистров,
- микропрограммный управляющий автомат,
- узел синхронизации и формирования опорных временных интервалов,
- контроллер шины сопряжения с процессором, включающий в себя регистр состояния, шинные формователи и узел формирования прерываний.

Схема построения контроллера во многом определяется структурой и многообразием предусмотренных стандартом протоколов обмена, а также жесткими требованиями к временным интервалам между посылками в канале связи. Указанные требования стандарта, а также желание свести к минимуму программные издержки на обслуживание контроллера со стороны узловой ЭВМ, предопределили выбор подхода, основанного на аппаратной реализации контроллером всех протокольных функций, связанных с работой канала связи. С этой целью в схему контроллера были включены микропрограммный управляющий автомат (МАУ), буферное запоминающее устройство (БЗУ) и узел синхронизации и формирования опорных временных интервалов. Входящий в состав контроллера приемопередающий узел служит для электрического согласования входов и выходов БИС адаптера канала (АК) с

трансформатором гальванической развязки, а БИС АК /7,8/ осуществляет взаимное преобразование последовательного и параллельного форматов командных/ответных слов и данных, проверяет поступающую из канала информацию на достоверность, формирует флаги условий для МАУ. Контроллер шины сопряжения выполняет роль интерфейсного узла, связывающего указанные элементы платы контроллера мультиплексного канала с процессором базовой мини или микро-ЭВМ.

Цикл работы контроллера по пересылке любого из числа предусмотренных стандартом форматов сообщений можно условно разбить на три этапа:

- загрузки со стороны базового процессора служебных регистров и, если необходимо, слова или массива данных в БЗУ;
- выполнения процедуры обмена данными или пересылки команд управления по каналу связи;
- проверки процессором наличия ошибок обмена в исполненной контроллером операции и, если необходимо, - считывания процессором переданного от одного из абонентов канала массива или слова данных.

На первом и третьем этапах контроллер канала связи взаимодействует с процессором, а на втором - работает в автономном режиме, выполняя заданный на этапе загрузки алгоритм передачи сообщения. На первом этапе управляющий автомат контроллера канала связи выключен. Активен интерфейсный узел - контроллер шины сопряжения с процессором. Он обеспечивает адресацию ячеек БЗУ, а также формирование кодов операций, определяющих для каждой процедуры обмена в канале связи один из десяти возможных стартовых адресов в рабочем алгоритме МАУ. Код операции формируется контроллером шины сопряжения в процессе анализа загружаемых со стороны процессора командных слов (их поля субадреса, поля количества слов/типа спецкоманды, а также разряда "ЗАПИСЬ/ЧТЕНИЕ"). Для правильного формирования кода операции имеет значение и порядок загрузки регистров контроллера. Код операции обмена заносится в одну из ячеек БЗУ и, при переходе ко второму этапу работы, анализируется включившимся МАУ. Все дальнейшие действия, выполняемые контроллером канала по пересылке сообщения того или иного формата, определяются выбранным с помощью стартового адреса алгоритмом работы управляющего автомата.

Переход контроллера от второго этапа работы к третьему сопровождается формированием флага готовности в его регистре состояния (РС) и, если это необходимо, - прерыванием. Учитывая сказанное, можно сделать вывод о том, что контроллер мультиплексного канала связи выполняет роль сопроцессора ввода/вывода, освобождающего базовый процессор от выполнения рутинных процедур по обслуживанию канала связи. Последнее обстоятельство является весьма важным, особенно в том случае, когда базовый процессор работает под многопользовательской операционной системой и ориентирован на решение задач управления в режиме реального времени.

В средствах сопряжения, используемых при построении автоматизированных систем реального времени, особое значение приобретает характер процедуры обработки запросов на обслуживание от периферийных устройств. Оптимальной, на наш взгляд, является процедура, гарантирующая жесткие временные рамки как для этапа получения запроса, так и выполнения указанной им операции. С этой точки зрения в системах связи, построение которых регламентируется ГОСТ 266765.52-87, имеет

место существенный недостаток, определяемый используемым механизмом поиска запросов от абонентов. Суть этого механизма заключается в анализе контроллером канала связи флага "ЗАПРОС" в ответном слове абонента и чтении его векторного слова, определяющего характер запроса. Данный механизм требует от базового процессора неоправданных временных затрат на реализацию процедуры периодического опроса состояния абонентов. Для устранения этого недостатка в контроллер встроены аппаратный маскируемый сканер, включаемый процессором в паузах между обращениями к каналу связи. Сканер, обнаружив немаскированный запрос от любого абонента, останавливается и формирует прерывание с жестко заданным вектором, что позволяет освободить процессор базовой ЭВМ от выполнения несвойственных ему функций и гарантирует вполне приемлемое значение длительности максимального временного интервала на поиск источника запроса (порядка 2-х мсек при 30-ти абонентах).

#### РЕГИСТРЫ КОНТРОЛЛЕРА

В состав контроллера входят следующие служебные регистры:

- регистр первого командного слова (PKC1);
- регистр второго командного слова (PKC2);
- регистр первого ответного слова (POC1);
- регистр второго ответного слова (POC2);
- регистр данных (РД);
- регистр состояния (РС);
- регистр маски запроса (PM3).

Все указанные регистры - шестнадцатиразрядные и размещены в БЗУ контроллера. Структура регистров и назначение их конкретных разрядов показаны на рис.2. Регистры команд и регистр маски запроса со стороны базового процессора доступны только для операции "ЗАПИСЬ", а регистры ответных слов - только для операции "ЧТЕНИЕ". Регистр данных и регистр состояния доступны как для первой, так и для второй операции.

PKC1 и PKC2 предназначены для временного хранения командных слов, загружаемых со стороны процессора в регламентированном стандартом формате. PKC1 используется для хранения всех одиночных команд как индивидуального, так и группового форматов сообщений, а PKC2 - для хранения командного слова "ЧТЕНИЕ МАССИВА ДАННЫХ" в сообщении сдвоенного формата, предназначенном для организации обмена типа "СТАНЦИЯ - СТАНЦИЯ".

POC1 и POC2 используются для хранения ответных слов от абонентов канала. В POC1 управляющий автомат платы контроллера заносит ответное слово, поступающее от абонента в ответ на любую одиночную команду индивидуального режима, а в POC2 - ответное слово на команду "ЧТЕНИЕ МАССИВА ДАННЫХ" в сообщениях сдвоенного формата.

Посредством РД на шине процессора представлены инкрементные буфера передаваемых и принимаемых контроллером канала информационных массивов.

РС аккумулирует флаги, отражающие текущее состояние платы контроллера, наличие и тип обнаруженных в процессе выполнения обмена по каналу связи ошибок. Кроме этого в РС выделено несколько управляющих разрядов, предназначенных для:

- сброса элементов платы контроллера в исходное состояние;
- инициализации повторного выполнения текущей операции обмена в канале связи;
- включения/выключения аппаратного сканера запросов;
- маскирования прерывания по готовности контроллера.

С помощью PM3 на шине процессора представлена размещенная в БЗУ таблица флагов разрешения прерывания по запросам обслуживаемых контроллером канала абонентов. Адрес любого элемента этой таблицы однозначно связан с номером абонента и определяется полем адреса в слове, которое заносится процессором в PM3 контроллера канала на этапе инициализации.

#### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНТРОЛЛЕРА С ПРОЦЕССОРОМ.

На шине процессора служебные регистры контроллера занимают пять последовательных адресов в области памяти, отведенной под внешние устройства. Указанные адреса задаются перемычками и соответствуют:

A0	-	РС
A1 = A0 - #2	-	PKC1/POC1
A2 = A0 - #4	-	PKC2/POC2
A3 = A0 - #6	-	РД
A4 = A0 - #10	-	PM3

Схема прерываний формирует два различных адреса вектора прерывания: по готовности контроллера канала к работе с процессором и по запросу любого из абонентов мультиплексного канала связи. Конкретные значения адреса вектора как в первом, так и во втором случае определяются прошивкой сменного ПЗУ.

Как уже отмечалось, в базовом цикле работы контроллера канала связи можно выделить три этапа - загрузки, работы с каналом и передачи параметров и данных процессору. Рассмотрим порядок выполнения указанных процедур для всех, регламентированных стандартом, форматов сообщений.

формат 1. Передача массива данных от контроллера к абоненту.

Для выполнения данной операции процессор должен занести в PKC1 командное слово в формате "ЗАПИСЬ МАССИВА ДАННЫХ", а следом за ним пословно записать в РД информационный массив с длиной, указанной в поле "КОЛИЧЕСТВО СЛОВ" командного слова. При записи последнего слова информационного массива в РД контроллер канала автоматически переходит к выполнению заказанной операции обмена, т.е. пересылает в канал связи командное слово и информационный массив. Получив ответное слово от абонента контроллер заносит его в POC1, взводит флаг готовности в РС и, если прерывание по готовности не маскировано, формирует его. Далее, по готовности контроллера, либо по прерыванию, процессор должен прочитать РС для того, чтобы получить подтверждение о безошибочном выполнении заказанной процедуры обмена. Если в РС взведен флаг ошибки, то ее причину можно узнать из поля кода ошибки этого же регистра (таблица 1). Для более детального анализа характера ошибки процессор может прочитать ответное слово абонента обращением к POC1.

формат 2. Передача массива данных от абонента к контроллеру.

Выполнение этой операции начинается с записи процессором в РКС1 командного слова в формате "ЧТЕНИЕ МАССИВА ДАННЫХ", после чего контроллер автоматически переходит к работе с каналом. Он посылает в канал связи команду, получает в ответ на нее ответное слово от абонента и помещает его в РОС1. Следом за ответным словом контроллер принимает информационный массив заданной длины и помещает его в приемный буфер БЗУ. Приняв последнее слово массива, контроллер взводит флаг готовности в РС и формирует прерывание по готовности, если оно не маскировано. Далее, подобно случаю рассмотренному ранее, процессор считывает содержимое РС, анализирует поле ошибок обмена и, если их нет, читает принятый контроллером массив данных обращением к РД.

Формат 3. Передача массива данных от одного абонента к другому.

Операция этого типа начинается с записи процессором в РКС1 командного слова "ЗАПИСЬ МАССИВА ДАННЫХ", а следом за ним - записи в РКС2 командного слова "ЧТЕНИЕ МАССИВА ДАННЫХ". Следует заметить, что эти команды должны быть адресованы разным абонентам, а содержимое поля "КОЛИЧЕСТВО СЛОВ" этих команд должно быть одинаковым. После загрузки указанных регистров контроллер канала переходит к выполнению заказанной ему процедуры обмена. Он посылает в канал связи обе команды, принимает ответное слово на команду "ЧТЕНИЕ" и заносит его в РОС2. Вслед за этим словом он принимает передаваемый в канал связи одним из абонентов информационный массив и помещает его в приемный буфер ЗУ. Последним контроллер принимает ответное слово на команду "ЗАПИСЬ" от второго абонента и помещает его в РОС1. Завершив описанную процедуру, контроллер взводит флаг готовности в РС и формирует прерывание по готовности, если оно разрешено. Все дальнейшие операции, связанные с анализом ошибок, аналогичны описанным ранее за тем исключением, что для полного анализа характера ошибки процессор должен прочитать оба ответных слова, находящихся в РОС1 и РОС2. Следует заметить, что при выполнении рассматриваемой процедуры обмена контроллер канала, в целях контроля за передачей данных, записывает их в свой приемный буфер. Эта особенность дает пользователю дополнительные возможности на этапе отладки системы связи, когда могут возникнуть проблемы с локализацией источника ошибок.

Формат 4. Передача спецкоманды одному из абонентов канала.

Выполнение этой процедуры начинается с загрузки в РКС1 спецкоманды, после чего контроллер переходит к работе с каналом связи. Он передает команду в канал, а затем принимает от абонента ответное слово и помещает его в РОС1, взводит флаг готовности в РС и формирует прерывание с соответствующим адресом вектора в том случае, если оно не запрещено. Последующие действия процессора не имеют каких либо особенностей по сравнению с описанными ранее.

Формат 5. Передача спецкоманды и слова данных одному из абонентов.

Действия, выполняемые процессором и контроллером канала

связи при выполнении данной операции аналогичны описанным для сообщения формата 1. Отличие заключается только в том, что в на этапе загрузки в РКС1 записывается спецкоманда, а в РД не массив, а одно слово данных.

Формат 6. Передача спецкоманды и чтение слова данных от абонента.

Действия, выполняемые процессором и контроллером при выполнении данной операции аналогичны описанным для сообщения формата 2. Отличие заключается только в том, что на этапе загрузки в РКС1 записывается спецкоманда, а на этапе считывания данных из РД процессором читается не массив, а одно слово.

Формат 7. Передача массива данных от контроллера ко всем абонентам.

Действия, выполняемые при передаче массива данных от контроллера к абонентам в групповом режиме полностью совпадают с описанными для сообщения формата 1. Отличие заключается в том, что на этапе загрузки контроллера в РК1 заносится команда записи данных в групповом режиме и, в связи с этим, абоненты канала не подтверждают прием этой команды передачей ответных слов.

Формат 8. Передача массива данных от одного абонента ко всем остальным.

Выполнение контроллером указанной процедуры обмена аналогично выполнению процедуры формата 3. Отличие заключается в том, что контроллер канала не получает ответных слов от абонентов к которым адресована групповая команда записи данных.

Формат 9. Передача спецкоманды ко всем абонентам.

Выполнение данной процедуры аналогично выполнению процедуры формата 4. Отличие, как и в предыдущем случае, заключается в отсутствии от абонентов канала связи ответных слов.

Формат 10. Передача спецкоманды и слова данных ко всем абонентам.

Выполнение данной процедуры аналогично выполнению процедуры формата 5. Как и в предыдущем случае, при ее выполнении, контроллер не получает от абонентов канала связи ответных слов.

Из описания, приведенного выше, видно, что сообщения форматов 7-10 являются групповыми и характеризуются отсутствием ответных слов от абонентов канала связи. Это обстоятельство приводит к тому, что контроллер, при передаче указанных сообщений, не может провести проверку на наличие возможных ошибок обмена. Эту особенность групповых сообщений следует иметь в виду с целью предотвращения возможных неприятностей для пользователя в конкретных системах.

Наряду с передачей описанных выше сообщений контроллер канала связи способен выполнять некоторые дополнительные

операции, существенно расширяющие его возможности. Простейшие из них - начальная инициализация и повтор операции. Обе эти функции реализуются с помощью соответствующих управляющих разрядов РС. Начальная инициализация (сброс всех элементов платы контроллера в исходное состояние) производится при записи в первый разряд РС логической единицы, а операция повтора процедуры обмена заказывается процессором при записи логической единицы во второй разряд РС. Возможность повтора процедуры может использоваться при обнаружении контроллером ошибки обмена в канале связи. Причем, при повторном обращении к каналу связи нет необходимости в перезагрузке регистров команд и данных контроллера.

Последняя и наиболее важная из числа дополнительных функций контроллера связана с процедурой поиска запросов на обслуживание от абонентов системы связи с помощью встроенного маскируемого сканера. В работе этого сканера можно выделить два основных этапа - загрузки масок в соответствующую таблицу БЗУ и инициализации процедуры циклического опроса абонентов канала, фигурирующих в таблице в качестве активных. На первом этапе, обращением к РМЗ, процессор определяет активность подключенных к каналу связи абонентов, записывая в таблицу слова данных, формат которых показан на рис.2. Старшие пять разрядов каждого такого слова определяют адрес абонента, а восьмой разряд каждого слова - его состояние (активный/пассивный). Единичное состояние разряда соответствует пассивному абоненту. После загрузки таблицы масок, процессор должен занести в РКС1 спецкоманду "ПЕРЕДАТЬ ОТВЕТНОЕ СЛОВО". С этого момента начинается работа сканера на канал связи, причем адрес первого опрашиваемого абонента будет определяться содержимым поля адреса загруженной спецкоманды. Получив ответное слово от очередного абонента, контроллер канала связи проверяет состояние флага "ЦИКЛ" (младший разряд РС). Если этот флаг сброшен (записан логический ноль), сканер, независимо от того, получен им флаг "ЗАПРОС" в ответном слове абонента или нет, останавливается. При этом в РС взводится флаг готовности и, если шестой разряд РС находится в единичном состоянии, формируется прерывание по готовности контроллера.

Если флаг "ЦИКЛ" находится в единичном состоянии, а в ответном слове абонента активен флаг "ЗАПРОС", сканер также останавливается. При этом в регистре состояния контроллера взводится флаг готовности и, если шестой разряд РС не сброшен, на шине процессора формируется прерывание по запросу абонента. Если же флаг "ЦИКЛ" находится в единичном состоянии, а запрос от опрашиваемого абонента отсутствует, сканер продолжает свою работу. Он по таблице масок находит адрес следующего абонента, помеченного активным, посылает к нему спецкоманду и анализирует состояние флага "ЗАПРОС" в его ответном слове. Если этот флаг пассивен и младший разряд РС находится в единичном состоянии, то сканер продолжает свою работу. Если же флаг "ЗАПРОС" активен, сканер останавливается, контроллер взводит бит готовности в РС и формирует прерывание по запросу абонента. Процессор определяет номер активного абонента по полю адреса в ответном слове, хранящемся в РОС1.

Запись со стороны процессора в младший разряд РС логического нуля приводит к остановке сканера после выполнения им текущей операции (обращения к одному из абонентов канала связи).

При работе с описанным выше контроллером мультиплексного канала связи следует учитывать характерную для него особенность, связанную с запретом обращения ко всем служебным регистрам (за исключением РС) со стороны процессора при работе контроллера на мультиплексный канал. Обращения к служебным регистрам разрешены только при активном флаге готовности регистра состояния.

#### ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЛЕРА МУЛЬТИПЛЕКСНОГО КАНАЛА СВЯЗИ В КОНСТРУКТИВЕ КАМАК

Контроллер мультиплексного канала связи в конструктиве КАМАК взаимодействует с базовым процессором интеллектуального крейт-контроллера через магистраль крейта. Для загрузки и чтения регистров контроллера используются следующие КАМАК-функции:

N F(1)A(0)/N F(17)A(0) - чтение/запись регистра состояния;  
N F(0)A(0)/N F(16)A(0) - чтение РОС1 / запись РК1;  
N F(0)A(1)/N F(16)A(1) - чтение РОС2 / запись РК2;  
N F(0)A(2)/N F(16)A(2) - чтение/запись РД;  
N F(16)A(3) - запись РМЗ.

Форматы регистров контроллера в конструктиве КАМАК аналогичны описанным ранее.

Определяющая особенность работы рассматриваемого варианта контроллера связана с процедурами формирования и обработки прерываний как по готовности, так и по сканеру. Причиной этого является заложенный в стандарте КАМАК способ обработки запросов, не поддерживающий в явном виде процедуру чтения вектора прерывания. В нашем случае, как по готовности контроллера, так и по срабатыванию сканера, интерфейсным узлом контроллера формируется запрос на обслуживание по одной и той же линии "L". Конкретный источник запроса может быть определен при чтении регистра состояния по значению флагового разряда "ЦИКЛ". Если данный разряд находится в единичном состоянии, то запрос на обслуживание однозначно связан со срабатыванием сканера, в противном случае - с появлением флага готовности контроллера. Запрос на обслуживание от контроллера канала связи может быть сброшен по команде N F(10)A(0), он может быть маскирован/демаскирован командами N F(24)A(0) / N F(26)A(0). Для того, чтобы проверить наличие запроса при наложенной маске используется команда N F(8)A(0), при исполнении которой состояние шины "Q" крейта КАМАК однозначно связано с состоянием флага запроса (Q=L). И последнее, что следует отметить в данном разделе. Общий сброс всех элементов платы контроллера в исходное состояние производится как по команде "Z", так и при записи единицы в младший разряд регистра состояния. Этот регистр, в отличие от всех остальных, доступен со стороны магистрали крейта КАМАК в любой произвольный момент времени. Остальные же - только при активном флаге готовности контроллера.

## КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТРОЛЛЕРОВ

Контроллер мультиплексного канала связи для машин с Q-шиной выполнен в виде стандартной платы половинной ширины конструктива микро-ЭВМ "Электроника-60", а для машин использующих U-шину для подключения внешних устройств - в конструктиве БРС на двух платах. Камаковский контроллер канала связи выполнен в виде камак-станции единичной ширины. На всех платах контроллеров установлены разъемы типа "ЛЕМО", через которые, посредством шлейфов, производится подключение к каналу связи длиной до 1 км. Скорость передачи по каналу - 1Мбит/сек. Входной импеданс приемного узла контроллеров >2кОм. Амплитуда сигнала передатчика на нагрузке 37,5 Ом >10В. Элементная база контроллеров - микросхемы 155, 555, 556, 559, 580 и 588 серий. Питание - от источников ЭВМ (+5В, -12 В, +12В) или крейта КАМАК (+5В, +24В, -6В). Потребляемая мощность - около 10 Вт.

### Приложение 1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОСТ 26765.52-87

Стандарт определяет принципы построения последовательного асинхронного мультиплексного канала междомодульного обмена данными с временным разделением посылок, использующего протокол обмена типа "команда - ответ". Сообщения кодируются бифазным кодом "МАНЧЕСТЕР-2" и передаются со скоростью 1Мбит/с по линии связи, представляющей собой экранированную витую пару, либо кабель, с импедансом 70 - 85 Ом, согласованные с обеих сторон. Устройства подключаются к моноканалу шлейфами длиной до 6 м через трансформаторы гальванической развязки. Базовая конфигурация системы связи предполагает использование двух мультиплексных каналов - основного и резервного, по которым один контроллер управляет работой до 30 устройств, обеспеченных соответствующим интерфейсом.

К каналу связи возможно подключение устройств трех типов:

- контроллера, являющегося единственным устройством, способным управлять передачами по линии связи и формировать специальные управляющие посылки;
- станции оконечных устройств, сопрягающей устройства пользователя с каналом связи и выполняющей, по отношению к каналу, функции приемника или источника информации;
- станции - монитора, фиксирующей трафик канала и применяемой для отладки систем и выявления неисправных абонентов.

Каждое из указанных устройств может резервировать все элементы сопряжения (шлейфы, трансформаторы, приемопередающие узлы) и использовать наряду с основным каналом связи резервный.

## ПРОТОКОЛЫ ОБМЕНА

Протоколы обмена основаны на использовании посылок трех типов (рис.3):

- командного слова, посылаемого в линию только контроллером канала и содержащего: пятиразрядное поле адреса станции, пятиразрядное поле субадреса/режима, пятиразрядное поле длины массива/кода команды и разряд типа операции запись/чтение;
- слова данных, содержащего информацию в шестнадцатиразрядном поле;
- ответного слова, посылаемого станцией в ответ на принятую команду и содержащего пятиразрядное поле адреса станции и восемь флаговых разрядов, применяемых для отображения текущего состояния станции и подключенных к ней устройств.

Полная длина каждого слова, пересылаемого по линии связи, равна двадцати разрядам. Из них три первых являются стартовыми, следующие шестнадцать - информационными, а последний, младший разряд - бит дополнения до четности.

Слова указанных типов образуют сообщения, обеспечивающие передачу данных и сигналов управления между контроллером канала и станциями оконечных устройств. Стандартом предусматривается три основных формата сообщений (рис.4):

- передачи данных от контроллера к одной из станций,
- передачи данных от станции к контроллеру,
- передачи данных от станции к станции.

В случае сообщения первого формата контроллер канала посылает в линию командное слово, указывающее приемнику информации, что он должен принять массив данных определенной длины (от 1 до 32 слов) следующий по каналу связи вслед за командным словом. После приема данных и проверки их на достоверность, станция посылает контроллеру ответное слово, завершающее цикл обмена.

Сообщения второго формата также начинаются с посылки в канал командного слова, указывающего станции, что она должна передать контроллеру массив данных определенной длины (от 1 до 32 слов) из подключенного к ней устройства, заданного субадресом. Приняв командное слово, станция посылает в канал ответное и, следом за ним, заказанный информационный массив.

При выполнении операции передачи данных от одной станции к другой (формат 3), контроллер канала посылает командное слово к станции "А", определяющее ее работу в режиме приема массива данных, а следом за ним командное слово к станции "Б", определяющее работу этой станции в режиме передачи массива данных. Длина информационных массивов, указанная в командных словах, должна быть одинаковой и находится в интервале от 1 до 32 слов. Приняв адресованную к ней команду, станция "Б" передает в канал ответное слово и следом за ним массив данных. Станция "А" принимает данные и посылает в канал свое ответное слово. Контроллер канала, приняв оба ответных слова, завершает процедуру обмена.

Во всех указанных пересылках как контроллером, так и станциями выполняется проверка принимаемой из канала информации на правильность манчестерского кодирования и анализируется бит паритета. Такая проверка является характерной для рассматриваемого стандарта и позволяет значительно снизить

влияние на работоспособность канала связи внешних электромагнитных помех.

Наряду с описанными форматами сообщений стандарт предусматривает возможность передачи данных от контроллера ко всем станциям и от одной станции ко всем остальным (форматы 7,8). С этой целью используются команды "группового" режима, отличающиеся тем, что содержимое их поля адреса равно #37. Причем, групповыми из числа описанных ранее могут быть только команды записи.

Приняв групповую команду, станция выполняет заказанную ей операцию, но не посылает в канал ответного слова. Однако, она обязана взвести в своем регистре ответного слова флаг приема команды группового режима. Этот флаг может быть проверен контроллером позже, при приеме ответного слова на следующую команду.

Наряду с описанными процедурами информационного обмена стандартом предусматривается возможность пересылки по каналу связи спецкоманд, предназначенных для управления режимами работы станций, контроля за их состоянием и за правильностью выполнения процедур пересылки данных. Спецкоманды могут быть как индивидуальными, так и групповыми. Отличительным признаком спецкоманд является равное 0 или #37 содержимое поля субадреса /режима в командном слове. Тип команды при этом определяется содержимым поля количества слов. Полный список спецкоманд, предусмотренных стандартом, приведен в таблице 2, а соответствующие им форматы сообщений показаны на рис.4 (форматы 4-6, 9, 10). По своему назначению спецкоманды подразделяются на следующие классы:

- ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ. Команда этого класса позволяет контроллеру канала связи передать управление каналом потенциальному контроллеру, представленному на магистрали в текущий момент времени одной из станций. Если такая станция принимает команду передачи управления, она обязана взвести соответствующий флаг своего регистра состояния и послать в канал ответное слово, подтверждающее ее способность выполнять функции контроллера.
- СИНХРОНИЗАЦИИ. Прием этой команды вызывает выполнение устройством пользователя заранее заданной последовательности действий. Одна из версий команды "синхронизация" сопровождается посылкой контроллером слова данных, которое может использоваться в качестве параметра, задающего выбор нужной последовательности операций в оконечном устройстве.
- ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ. Спецкоманда этого класса позволяет контроллеру канала стартовать заранее определенную последовательность действий в оконечных устройствах сети, направленную на проверку правильности их функционирования. Станция, после приема команды встроенного контроля, посылает в канал ответное слово и, если это необходимо, следом за ним слово данных, содержащее результат выполнения процедуры контроля.
- ПРОВЕРКИ СОСТОЯНИЯ. Спецкоманда предназначена для получения контроллером канала ответного слова от выбранной им станции и обычно используется с целью проверки флагов ее регистра состояния, указывающих тип последней выполненной

команды, наличие обнаруженных ошибок обмена, состояние подключенных к станции устройств и ее способность принять на себя функции контроллера.

- ЧТЕНИЯ ПОСЛЕДНЕГО КОМАНДНОГО СЛОВА. Спецкоманда этого типа позволяет контроллеру проверить правильность приема станцией предыдущей команды и используется для анализа характера и причин сбоев в канале связи.
- РЕКОНФИГУРАЦИИ ЛИНИЙ СВЯЗИ. Команды этого класса используются в системах, имеющих одну и более резервную линию связи. Они предназначены для подключения/отключения резервных и основных приемопередающих узлов станций к этим линиям. В том случае, если в системе используется более одной резервной линии связи, контроллер должен использовать спецкоманды переключения, сопровождающиеся посылкой в канал слова данных, указывающего номер приемопередающего узла станции.
- УСТАНОВКИ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ. Спецкоманда используется для сброса станций и подключенного к ним оборудования в начальное состояние, соответствующее их состоянию после включения источника питания. Команда обычно применяется на этапе пуска системы, а также в случае обнаружения ошибок обмена, обусловленных работой какой либо из станций в неопределенном режиме.
- ПЕРЕДАЧИ ВЕКТОРНОГО СЛОВА. Стандарт предусматривает возможность обработки контроллером канала "скрытых" прерываний, формируемых станциями в ответном слове флагом запроса на обслуживание. Для выяснения характера запроса предусматривается специальная процедура, связанная с пересылкой контроллеру канала векторного слова. Ее суть заключается в следующем: контроллер канала, обнаружив активный флаг запроса в ответном слове какой либо станции посылает к ней команду чтения векторного слова. Приняв эту команду, станция посылает в линию связи ответное слово и слово данных, содержащее информацию о источнике запроса и его характере.

Описанный выше список команд предоставляет контроллеру мультимплексного канала связи богатые средства для обеспечения жизнеспособности управляемой им системы, обработки запросов от оконечных устройств, защиты звена связи от сбоев и ошибок. Все отмеченные возможности реализуются соответствующим программным обеспечением и могут использоваться в большей или меньшей степени в зависимости от сложности создаваемых систем и требуемого уровня их надежности.

Более детальную информацию по организации последовательных мультимплексных каналов связи, архитектуре систем и используемой при их построении элементной базе можно найти в работе /9/.

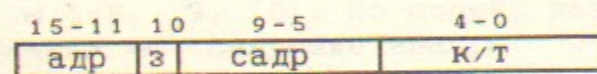
В заключении авторы считают необходимым поблагодарить Вьюгова Г.И., Скорюпина А.А., Бушакова Д.Г., Никитина С.Г. и Фирулева К.Н. за помощь, оказанную на этапе разработки контроллеров и оформления необходимой технической документации.





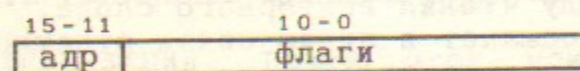
- п/п - приемопередатчик,
- ак - адаптер канала,
- мау - микропрограммный автомат управления,
- бзу - буферное запоминающее устройство,
- шф - шинные формираторы,
- рс - регистр состояния,
- к пр - контроллер прерываний.

Рис.1. Схема построения контроллера последовательного мультиплексного канала связи.



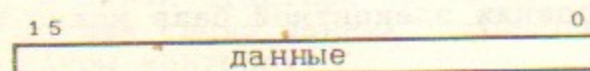
- адр - поле адреса абонента,
- з - бит типа операции запись/чтение,
- садр - поле субадреса
- к/т - поле количества слов/типа спецкоманды,

Рис.2а. Формат регистров РКС1 и РКС2.



- 0 - неисправность оконечного устройства,
- 1 - принято управление каналом связи,
- 2 - неисправность абонента,
- 3 - абонент занят,
- 4 - принята команда группового режима,
- 5-7 - зарезервированы, не используются.
- 8 - запрос на обслуживание,
- 9 - признак ответного слова,
- 10 - ошибка в сообщении.

Рис.2б. Формат регистров РОС1 и РОС2.



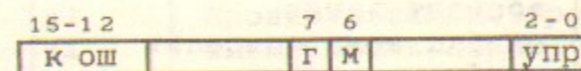
данные - информационные разряды.

Рис.2в. Формат регистров данных.



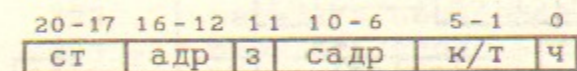
- адр - поле адреса абонента
- м - разряд маски

Рис.2г. Формат регистра масок запросов.



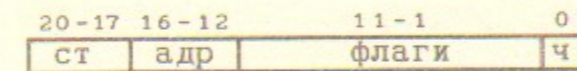
- к ош. - поле кода ошибок,
- г - разряд готовности контроллера,
- м - разряд разрешения прерывания по готовности,
- упр - поле разрядов управления,
- 0 - включение сканера (флаг "ЦИКЛ"),
- 1 - сброс в исходное состояние,
- 2 - повтор операции.

Рис.2д. Формат регистра состояния.



- ст - синхросигнал,
- адр - поле адреса абонента,
- з - бит типа операции запись/чтение,
- садр - поле субадреса,
- к/т - поле количества слов/типа спецкоманды,
- ч - бит дополнения до четности.

Рис.3а. Командное слово.



- 1 - неисправность оконечного устройства,
- 2 - принято управление каналом связи,
- 3 - неисправность абонента,
- 4 - абонент занят,
- 5 - принята команда группового режима,
- 6-8 - зарезервированы, не используются.
- 9 - запрос на обслуживание,
- 10 - признак ответного слова,
- 11 - ошибка в сообщении.

Рис.3б. Ответное слово.

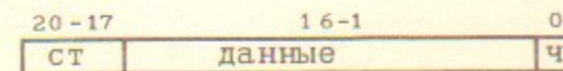
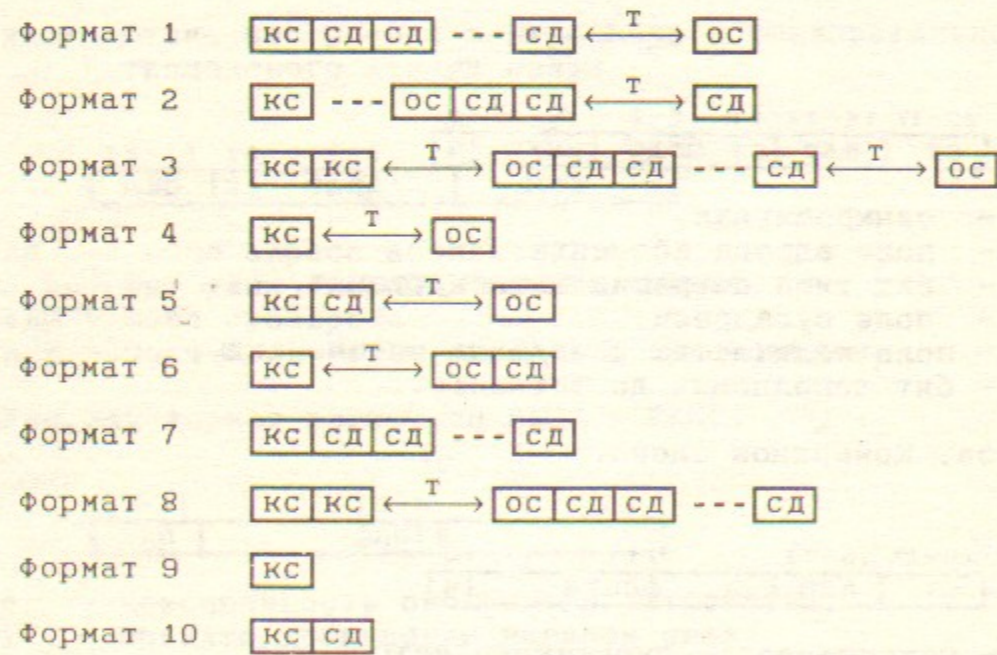


Рис.3в. Слово данных.

Таблица 1. Кодировка поля ошибок РС.

разряд				тип ошибки обмена	код
15	14	13	12		
0	0	0	0	нет ошибки	#0
0	1	1	1	абонент занят	#7
1	0	0	0	ошибка кода операции	#10
1	0	0	1	ошибка по таймеру	#11
1	0	1	1	вместо ОС приняты данные	#13
1	1	0	0	ошибка по четности	#14
1	1	0	1	не тот адрес в ОС	#15
1	1	1	0	ошибка в ОС	#16
1	1	1	1	вместо данных принято ОС	#17



КС - командное слово,  
 ОС - ответное слово,  
 СД - слово данных,  
 T - интервал ожидания ответа (12 мкс).

Рис.4. Форматы сообщений.

Таблица 2. Список спецкоманд.

бит W/R	код команды	наименование команды	групп. режим	со словом данных ?
1	#0	принять управление	нет	нет
1	#1	синхронизация	да	нет
1	#2	передать ОС	нет	нет
1	#3	провести самоконтроль	да	нет
1	#4	блокировать передатчик	да	нет
1	#5	разблокировать передатчик	да	нет
1	#6	блокировать признак неисправности ОУ	да	нет
1	#7	разблокировать признак неисправности ОУ	да	нет
1	#10	установить исходное состояние	да	нет
1	#11-#17	резерв	-	-
1	#20	передать векторное слово	нет	да
0	#21	синхронизация со словом данных	да	да
1	#22	передать последнее КС	нет	да
1	#23	передать слово встроенного контроля	нет	да
0	#24	блокировать передатчик N-го канала	да	да
0	#25	разблокировать передатчик N-го канала	да	да
-	#26-#37	резерв	-	-

ЛИТЕРАТУРА:

1. Автоматизация регистрации и обработки информации на установке У-1, генераторе мощного релятивистского электронного пучка для нагрева плазмы. / С.Г. Воропаев, В.В. Конюхов и др. - в сб.: Обработка физической информации. Материалы всесоюзной конференции. - Ереван, 1985, т.3.
2. А.Д.Хильченко. Аппаратные средства систем автоматизации экспериментальных исследований по взаимодействию РЭП с плазмой. Кандидатская диссертация. Новосибирск, 1986.
3. ГОСТ 26765.52-87. Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей.
4. MIL-STD-1553B, STANDART USA, 1978, 52 PP.
5. MIL-STD-1553B, APPLICATION HANDBOOK. USA, 1979, 242 PP.
6. D. BRAKNELL INTRODUCTION TO THE MIL-STD-1553B SERIAL MULTIPLEX DATA BUS. - MICROPROCESSORS AND MICROSISTEMS, 1988, VOL 12, N 1, P. 3.
7. Хвощ С.Т., Смолов В.Б и др. Комплект БИС для организации мультиплексных каналов обмена информацией. - Микропроцессорные средства и системы, 1984, N 3, с. 18.
8. Хвощ С.Т., Варлинский Н.Н., Попов Е.А. Микропроцессоры и микро-ЭВМ в системах автоматического управления. - Л.: Машиностроение, 1987. 640 с.
9. Организация последовательных мультиплексных каналов систем автоматического управления./ С.Т. Хвощ, В.В. Дорошенко, В.В. Горовой.-Л.: Машиностроение, 1989.-271 с., ил.

А.Н.Квашнин, В.В.Кнюхов, А.Д.Хильченко

КОНТРОЛЛЕР ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО МУЛЬТИПЛЕКСНОГО  
КАНАЛА СВЯЗИ

Препринт  
№ 91-37

Работа поступила - 29 марта 1991 г.

---

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов  
Подписано к печати - 11.04.1991 г.  
Формат бумаги 60x90 1/16 Объем 1,4 печ.л., 1,1 учетно-изд.л.  
Тираж 250 экз. Бесплатно. Заказ № 37.

---

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90