

МАГИСТРАЛЬНЫЙ ПРОТОКОЛ

Руководство программиста

РАЖГ.00276-33 д7

© ЗАО НПФ ЛОГИКА, 1998, 2011

Отдельные изменения, связанные с дальнейшим совершенствованием изделий, поддерживающих настоящий протокол, могут быть не отражены в настоящем 2-м издании.

РОССИЯ, 190020, г. Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, 150
Тел./факс: (812) 2522940, 4452745; adm@logika.spb.ru; www.logika.spb.ru

Содержание

Введение.....	4
1 Основные положения.....	4
1.1 Принципы магистрального обмена	4
1.2 Режимы передачи данных	4
1.3 Адресация абонентов	4
1.4 Магистральные компьютеры	5
1.5 Удаленный доступ.....	5
1.6 Локальный доступ.....	6
1.7 Локальное оперативное подключение	6
2 Управление магистралью	7
2.1 Типы маркеров	7
2.2 Маркерные циклы	8
2.3 Управляющие таймауты.....	8
2.4 Начальное прослушивание.....	9
3 Форматы сообщений	10
3.1 Общая структура	10
3.2 DLE-стаффинг	10
3.3 Контрольные коды	11
3.4 Указатели и информация при символьном обмене.....	11
3.5 Чтение параметров.....	11
3.6 Запись параметра.....	12
3.7 Чтение элементов индексного массива	13
3.8 Запись элемента массива с индексацией.....	13
3.9 Чтение временных массивов	14
3.10 Внутренняя организация архивов.....	15
3.11 Определение структуры архива	16
3.12 Чтение временного среза архива	17
4 Протяжённость магистрали.....	17

Введение

Излагаемые в данном документе сведения относятся к следующим типам приборов фирмы ЗАО НПФ ЛОГИКА:

- тепловычислители СПТ961, СПТ961М, СПТ961.1, СПТ961.2;
- корректоры расхода газа СПГ761, СПГ761.1, СПГ761.2, СПГ762, СПГ762.1, СПГ762.2, СПГ763, СПГ763.1, СПГ763.2;
- сумматор электрической энергии и мощности СПЕ542.

Для построения информационных систем, состоящих из групп указанных приборов (в том числе смешанного состава) и персональных компьютеров используется магистральный интерфейс. Он обеспечивает непосредственное подключение каждого прибора к двухпроводной информационной магистрали. На аппаратном уровне магистраль соответствует стандарту RS485. Обмен по магистрали осуществляется с помощью магистрального протокола.

1 Основные положения

1.1 Принципы магистрального обмена

По логической организации магистральный интерфейс представляет собой либо шину с маркерным доступом и 9-битовым форматом байтов (шина 1), либо шину с одним ведущим устройством и 8-битовым форматом байтов (шина 2), либо шину с маркерным доступом и 8-битовым форматом байтов (шина 3).

Для шин с маркерным доступом разработанный фирмой магистральный протокол включает в себя процедуры циркуляции маркера, захвата магистрали и контроля её использования. Обеспечивается передача сообщений переменной длины до 5,7 Кб. Все магистральные абоненты равноправны в смысле возможности доступа к ней для передачи сообщения. На магистрали нет постоянно выделенного ведущего, управляющего её использованием. Получение циркулирующего по магистрали маркера разрешает абоненту передачу одного сообщения любому другому абоненту по выбору. Закончив передачу, абонент выводит маркер освобождения, который разрешает доступ к магистрали другому абоненту.

На шине с одним ведущим устройством только это устройство постоянно управляет использованием магистрали.

1.2 Режимы передачи данных

Обмен может выполняться на скоростях 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бит/с. На начальном этапе запуска магистрали выбирается и фиксируется для всех абонентов скорость её дальнейшей работы. Снижение скорости в общем случае позволяет увеличить протяженность магистрали.

Для передачи сообщений и маркеров на шине с маркерным доступом используется асинхронная старт-стопная передача байтов. Формат байтов на магистрали для шины 1 следующий: один стартовый бит, восемь информационных, один управляющий и один стоповый. Контрольный бит для шины 1 не используется. Формат байтов на магистрали для шины 3 следующий: один стартовый бит, восемь информационных, один бит нечётности и один стоповый. Из информационных первым передаётся младший бит. Стоповый бит может быть укороченным, но не более, чем на половину.

Сообщения по шине с одним ведущим устройством передаются в том же формате, в котором они передаются по шине с маркерным доступом, однако формат байтов другой – отсутствует управляющий бит. Кроме того, на шине с одним ведущим устройством отсутствуют какие-либо маркерные процедуры.

1.3 Адресация абонентов

К магистрали может быть подключено до 30 абонентов. Каждому абоненту должен быть задан уникальный адрес из диапазона от 0 до 29. Адреса рекомендуется назначать от нуля подряд, без пропусков. При этом взаимное расположение абонентов на магистрали не имеет значения. Процедуры управления магистралью требуют, чтобы старший адрес был известен всем абонентам. Он используется для организации маркерных циклов на шине с маркерным доступом.

Помимо магистрального интерфейса абонент может иметь дополнительный интерфейс (направление) типа "точка-точка" и осуществлять ретрансляцию магистральных сообщений в этот интерфейс и

обратно из интерфейса в магистраль. Адрес дополнительного направления формируется из магистрального адреса соответствующего абонента добавлением 128 (установлен старший бит в адресном байте). Таким образом, дополнительные адреса могут принимать значения из диапазона 128...157.

Получив сообщение из магистрали со своим адресом, в котором установлен старший бит, абонент направляет его в дополнительный интерфейс. Если по дополнительному интерфейсу получено сообщение с адресом назначения, отличным от магистрального адреса данного абонента, то он передает его через магистраль соответствующему адресату. Адресатами могут быть магистральные абоненты или их дополнительные направления. В последнем случае первоначально сообщение передается магистральному абоненту, и он затем выводит его в свой дополнительный интерфейс.

Сообщения по дополнительному интерфейсу передаются в том же формате, в котором они передаются по магистрали. Однако формат байтов другой – отсутствует управляющий бит. Кроме того, на дополнительном направлении отсутствуют какие-либо маркерные процедуры.

Передача сообщений по дополнительному направлению может осуществляться на скорости отличной от магистральной. Абонент производит буферизацию сообщений между магистралью и дополнительным направлением для выравнивания скоростей.

У приборов фирмы ЛОГИКА в качестве дополнительного интерфейса используются RS232 и оптический интерфейс по стандарту МЭК1107. Одновременно может работать только один из них. Выбор осуществляется с лицевой панели прибора.

Оптический интерфейс содержит только каналы передачи и приема данных, а RS232 включает пять цепей: цепь сигнального заземления SG; цепи приема и передачи данных - RxD и TxD; цепи управления потоком данных - RTS и CTS. С помощью двух последних цепей приборы могут осуществлять однонаправленное или двунаправленное управление потоком данных.

1.4 Магистральные компьютеры

К информационной магистрали помимо приборов могут подключаться компьютеры. В этом случае они являются такими же абонентами, как и приборы. Обычно персональные компьютеры не имеют интерфейса RS485, поэтому фирма ЛОГИКА выпускает специальный адаптер АПС79 для сопряжения компьютера с магистралью. Адаптер представляет собой устройство, подключаемое к СОМ-порту компьютера. К шине с маркерным доступом может быть подключено несколько компьютеров через адаптеры АПС79.

К шине с одним ведущим может быть подключен один компьютер через какой-либо из преобразователей RS232 ⇔ RS485, или через интерфейс RS232C одного из приборов (см. раздел 1.6).

1.5 Удаленный доступ

Дополнительный интерфейс абонента может представлять собой коммутируемую или выделенную телефонную линию, а также радиоканал. В этом случае, ретранслируя сообщения между магистралью и дополнительным направлением, абонент обеспечивает удаленный доступ к магистрали.

Интерфейс RS232 приборов фирмы ЛОГИКА обеспечивает различные виды связи. Так, приборы поддерживают работу с телефонными модемами, использующими АТ-систему команд.

Рассмотрим порядок работы на коммутируемых телефонных линиях. Исходно прибор находится в режиме команд (по терминологии АТ-соединений) и ожидает входящего вызова, то есть передачи к нему по линии данных слова RING. Если вызов поступает в разрешенное для работы на линии время, то он принимается. Прибор сразу, либо после получения заданного числа слов RING, снимает трубку, отвечая АТА. Далее прибор ожидает слово CONNECT, после чего переходит в режим данных. Теперь по дополнительному направлению могут передаваться только форматные сообщения, применяемые в магистральном протоколе. Любые команды модема игнорируются, поскольку не являются форматными сообщениями. Если вместо CONNECT поступает NO CARRIER, прибор остается в командном режиме.

В режиме данных прибор контролирует интенсивность использования коммутируемого соединения. Если по направлению к модему из прибора в течение 2 минут не передавались сообщения, то он переходит в режим команд и переводит в него модем. Для этого прибор выводит последовательность из трех знаков +++, обретенную полуторасекундными паузами. Затем он вешает трубку, передавая команду АТН0.

Описанная процедура перехода в режим команд по таймауту означает, что если модем перешел в режим команд самостоятельно в связи с разрывом соединения, прибор будет готов к приему нового входящего вызова не более чем через две минуты.

В режиме данных никакие команды по цепям данных для управления потоком не используются. Возможно только аппаратное управление с помощью цепей RTS и CTS.

Работа по выделенным телефонным линиям и по радиоканалу предполагает, что прибор постоянно находится в режиме данных и допускает использование только форматных сообщений магистрального протокола.

1.6 Локальный доступ

Возможно также локальное подключение компьютера к магистрали через прибор, который является абонентом магистрали. В этом случае соединение осуществляется с помощью физической линии по трех- или пятипроводной схеме нуль-модемного соединения между СОМ-портом компьютера и приборным интерфейсом RS232. Прибор-абонент обеспечивает ретрансляцию форматных сообщений между магистралью и локальным компьютером.

Здесь в отличие от рассмотренного выше магистрального компьютера не требуется адаптер интерфейса RS485, но число цепей в соединении больше. Программное обеспечение компьютера проще, т.к. не должно поддерживать маркерный цикл. Это осуществляет прибор.

1.7 Локальное оперативное подключение

Оптический интерфейс прибора предназначен для оперативного соединения компьютера (например, переносного) с прибором. Если прибор магистральный, то он может осуществлять ретрансляцию форматных сообщений между компьютером и магистралью. Интерфейс реализован с применением адаптеров АПС70 или АПС71.

АПС70 представляет собой головку цилиндрической формы, содержащую источник и приемник инфракрасного излучения. Головка, соединенная кабелем с СОМ-портом компьютера, временно (на сеанс обмена) закрепляется магнитной защелкой на лицевой панели прибора в гнезде оптического порта. АПС71 выполнен аналогично АПС70, но содержит в себе дополнительно преобразователь USB/СОМ и подключается к USB порту компьютера.

Оптическое соединение выполняется на лицевой панели прибора в следующем порядке:

- устанавливается адаптер АПС70 (АПС71) в гнезде оптического порта прибора;
- последовательным нажатием кнопки **МЕНЮ** выбирается пункт **Прибор**;
- затем выбирается пункт **Порт** и нажимается стрелка вниз ↓;
- на табло прибора появляется сообщение "Оптопорт включен".

В этот момент интерфейс переходит в начальное состояние согласования скоростей, как это требуется по стандарту МЭК1107. Программа компьютера должна вывести и принять ряд сообщений, которые описаны ниже.

Формат сообщений соответствует двухточечному протоколу по стандарту МЭК1107. В процессе этого диалога, который выполняется на скорости 300 бит/с, устанавливается скорость последующего обмена и происходит переключение на магистральный формат сообщений.

Передача ведется в символьном формате. Формат символа соответствует стандарту ИСО 646 (1 стартовый бит, 7 битов данных, 1 бит четности, 1 стоповый бит). Данные кодируются в соответствии с 7-битной таблицей кодов ASCII.

Для начала обмена данными со сторон внешнего оборудования в прибор со скоростью передачи 300 бит/с посылается сообщение – запрос сеанса

/	?	!	CR	LF
---	---	---	----	----

Начальному символу "/" соответствует шестнадцатеричный код 2Fh. Символ "?", код 3Fh, предлагает прибору начать сеанс обмена данными. Конечный символ "!", код 21h, ограничивает текстовую часть запроса. Завершают сообщение символы CR (возврат каретки, код 0Dh) и LF (перевод строки, код 0Ah).

В ответ на запрос сеанса прибор также со скоростью 300 бит/с передает идентифицирующее сообщение

/	LGK	Z	T ₁ ...T ₆	P1 P2	I ₁ I ₂ I ₃	CR	LF
---	-----	---	----------------------------------	-------	--	----	----

Здесь:

"/" – стартовый символ;

LGK – три буквы, идентифицирующие изготовителя прибора, например, ЗАО НПФ ЛОГИКА;

- Z – принимает значения от нуля до девяти и указывает скорость, с которой прибор готов вести обмен данными: 0 – 300 бит/с, 1 – 600 бит/с, ... 9 – 115200 бит/с;
- T₁...T₆ – шесть символов, указывающих тип прибора; например, для прибора СПТ961 это "SPT961";
- P1 P2 – два символа, описывающие возможности прибора при переходе на этом этапе к магистральному протоколу обмена. Первый символ, P1, указывает, закрыт или доступен магистральный протокол (0/1). Второй, P2, указывает, какая скорость установлена для магистрального протокола в параметре "Спецификация внешнего оборудования";
- I₁ I₂ I₃ – три младших цифры идентификатора прибора (параметр 008);
- CR – завершающий символ возврата каретки;
- LF – завершающий символ перевода строки.

Далее со стороны внешнего оборудования в прибор со скоростью 300 бит/с должно быть передано подтверждение выбора скорости передачи:

ACK	0	P ₂	3	CR	LF
-----	---	----------------	---	----	----

Здесь ACK - символ подтверждения, его код 06h.

Прибор отвечает символом подтверждения: ACK

Далее обмен данными осуществляется на согласованной в начальной фазе скорости и в магистральном протоколе.

В приборе для обслуживания интерфейса RS232 и оптического канала используются одни и те же аппаратные средства, поэтому при включении оптопорта работа RS232 блокируется. Она восстанавливается автоматически, если обмен через порт не производится в течение двух минут. Это должна учитывать компьютерная программа и поддерживать соответствующий темп обмена. Когда сеанс обмена заканчивается, пользователь отключает АПС70 (АПС71). Через две минуты работа RS232 восстанавливается.

2 Управление магистралью¹

2.1 Типы маркеров

Управление магистралью осуществляется с помощью специальных двухбайтовых (шина 1) или трёхбайтовых (шина 3) маркеров, которые в определенные моменты времени может выводить каждый абонент и требуемым образом менять состояние магистрали.

Первый байт в маркере всегда одинаков – это флаг, в котором восемь информационных бит и управляющий установлены в единицу. Флаг-байт необходим, чтобы магистральные аппаратные средства приборов перешли в состояние, обеспечивающее однозначную интерпретацию второго байта.

Следующие маркеры различаются для шины 1 и 3.

Второй байт для шины 1 имеет следующую структуру:

Номер бита	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Назначение	U	0	M ₁	M ₀	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀

Биты нумеруются, начиная с младшего информационного. Пять битов A₄A₃A₂A₁A₀ составляют адресную часть маркера. Два бита M₁M₀ указывают тип маркера. Седьмой бит всегда равен нулю и отличает этот байт от флаг-байта. Восьмой бит является управляющим и принимает значение 0 или 1 в зависимости от типа маркера.

Различаются следующие типы маркеров:

U=1 и M₁M₀ = 01 – маркер захвата магистрали;

U=1 и M₁M₀ = 10 – маркер отказа от магистрали;

U=0 и M₁M₀ = 11 – маркер подтверждения.

¹ Данный раздел относится только к шине с маркерным доступом

Второй байт для шины 3 имеет следующую структуру:

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Назначение	0	0	0	1	0	0	0	0

Третий байт для шины 3 имеет следующую структуру:

Номер бита	7	6	5	4	3	2	1	0
Назначение	0	M ₁	M ₀	A ₄	A ₃	A ₂	A ₁	A ₀

Здесь:

M₁M₀ = 01 – маркер захвата магистральной;

M₁M₀ = 10 – маркер отказа от магистральной;

M₁M₀ = 11 – маркер подтверждения.

Все байты маркера всегда выводятся подряд. Пауза между ними не должна превышать времени передачи одного байта на выбранной скорости работы магистральной.

2.2 Маркерные циклы

Общая схема маркерных циклов такова. Пусть в некоторый момент времени абонент с адресом *i* получил доступ к магистральной. Если у него имеется сообщение для передачи по магистральной, то он выводит маркер захвата, в адресной части которого указывает магистрального адресата. Получив маркер захвата, адресат обязан вывести маркер подтверждения с собственным адресом. Если такое подтверждение не получено, абонент *i* уничтожает сообщение и выводит маркер отказа от магистральной с указанием собственного адреса. Если подтверждение получено, то в магистраль выводится одно форматное сообщение, и уже после него маркер отказа. Для шины 1 во всех байтах сообщения бит U=0. Непосредственно перед сообщением выводится флаг-байт.

Если абонент не имеет сообщения, он выводит маркер отказа. Передача по магистральной маркера отказа с адресом *i* означает, что доступ к магистральной переходит к абоненту с адресом *i* + 1. Он выполняет те же действия, что и предшествующий абонент. Когда выводится маркер отказа с адресом N, доступ к магистральной получает абонент с адресом 0. Здесь N – максимальный из адресов абонентов участвующих в циклах вывода маркеров захвата и отказа.

Различаются активные и пассивные абоненты. Первые поддерживают циркуляцию, передавая маркеры захвата и отказа. В случае, когда они адресуются для приема сообщения, активные абоненты выводят маркер подтверждения. Вторые могут быть только адресованы и выводят маркер подтверждения. Адреса пассивных абонентов целесообразно назначать вне диапазона адресов активных, нумеруя их от 29 в сторону уменьшения. Примером пассивного абонента является адаптер принтера АПС43. Он всегда имеет фиксированный адрес 29. Все приборы являются активными абонентами.

2.3 Управляющие таймауты

Передаваемые маркеры могут искажаться помехой. Кроме того, абоненты могут отключаться от магистральной, например, вследствие отключения питания прибора или магистрального компьютера, изъятия прибора для проведения поверки и ремонта и т.п. Все эти обстоятельства не должны останавливать работу магистральной, то есть маркерные циклы.

Поэтому абонент с адресом *i* получает доступ к магистральной не только, когда получен маркер отказа от абонента *i* – 1 (этот абонент может отсутствовать). Доступ автоматически переходит к нему, когда закончился некоторый таймаут. Здесь возможно использование одного из двух таймаутов – T_{ЗХ} и T_{ОТ}. Первый вычисляется и устанавливается всякий раз, когда абонент *i* выделил на магистральной маркер захвата, а второй – когда выделил маркер отказа. Вычисления таймаутов производятся по формулам:

$$T_{ЗХ} = 1,5 \cdot T_M + i \cdot T_B \quad (2.1)$$

$$T_{ОТ} = (I - k + 1) \cdot T_B \quad \text{при } i > k \quad (2.2)$$

$$T_{ОТ} = (I - k + N + 2) \cdot T_B \quad \text{при } i \leq k \quad (2.3)$$

где

T_M – время необходимое для передачи максимального сообщения размером 5,7 Кб на выбранной скорости работы магистральной;

T_{3X} – таймаут захвата, мс;

$T_{от}$ – таймаут отказа, мс;

i – магистральный адрес абонента;

k – адрес, указанный в маркере отказа;

T_B – задержка, зависящая от выбранной скорости работы магистральной (см. таблицу 2.1).

Таблица 2.1

Скорость, бит/с	300	600	1200	2400	4800	9600	19200	38400	57600	115200
T_B , мс	120	80	60	40	40	20	20	20	20	20

Таким образом, когда какой-либо из абонентов отказался от использования магистральной, все остальные начинают ожидать, что магистраль захватит (или откажется) абонент со следующим по возрастанию адресом. Каждому следующему выделяется свое временное окно. Если абонент захватил магистраль и слишком долго не освобождает ее, то доступ перейдет к действующему абоненту с самым младшим адресом.

Очевидно, что среднее время ожидания доступа пропорционально N . Если его не указывать каждому абоненту, а положить в формулах $N=29$, то магистраль останется работоспособной при любом числе абонентов, но время ожидания неоправданно увеличится. Поэтому значение N указывается каждому абоненту.

На магистральной используется ещё один обязательный таймаут – $T_A=4$ мс. Это обязательная минимальная задержка между выключением передатчика одним абонентом и включением передатчика другим абонентом. Задержка необходима для завершения переходных процессов, чтобы не произошло искажение передаваемого сообщения или маркера.

2.4 Начальное прослушивание

Для синхронизации с работой магистральной абонент после логического подключения к ней выполняет начальное прослушивание. Логическое подключение прибора происходит при включении его питания, а также при каждом рестарте. Алгоритм прослушивания следующий. В течение первых двух секунд абонент контролирует прохождение любых байтов (данных или маркеров). При активной магистральной за это время должен пройти хотя бы один байт. Если байт(ы) зафиксирован, то устанавливается таймаут T_{3X} . В течение этого периода должны поступить управляющие маркеры. Они синхронизируют абонента с магистралью, или доступ автоматически перейдет к данному абоненту.

Если байты (байт) не зафиксированы, то устанавливается другой, более короткий таймаут:

$$T_{НП} = (N + i + 2) \cdot T_B \quad (2.4)$$

где

$T_{НП}$ – таймаут начального прослушивания;

T_B – задержка, зависящая от выбранной скорости работы магистральной (см. таблицу 2.1);

N – старший магистральный адрес;

i – магистральный адрес абонента.

Неактивной магистраль может оказаться, например, если все абоненты имеют одну питающую цепь, по которой прошла помеха, вызвавшая синхронный рестарт приборов. В этом случае они все приступят к начальному прослушиванию. Передача будет отсутствовать. Все приборы, как видно из формулы, установят различные таймауты, что позволит избежать столкновения маркеров при запуске циклов.

3 Форматы сообщений

3.1 Общая структура

Сообщения состоят из заголовка, тела и следующей за ними контрольной информации. Эти составляющие имеют формат:

- заголовок

SOH	DAD	SAD	ISI	FNC	DataHead
-----	-----	-----	-----	-----	----------

- тело сообщения (данные)

STX	DataSet	ETX
-----	---------	-----

- контрольная информация

CRC1	CRC2
------	------

Для структурирования сообщений используются управляющие символы:

SOH = 01h – начало заголовка,

ISI = 1Fh – указатель кода функции FNC,

STX = 02h – начало тела сообщения,

ETX = 03h – конец тела сообщения.

Здесь и далее буква h указывает, что значение приведено в шестнадцатеричной системе счисления. Используются следующие обозначения:

DAD – байт адреса приёмника,

SAD – байт адреса источника,

FNC – байт кода функции,

CRC1, CRC2 – циклические контрольные коды.

Адреса DAD и SAD являются адресами абонентов на магистрали или дополнительном интерфейсе. При передаче сообщения через магистраль в адресную часть маркера захвата помещаются пять младших битов из DAD, а в адресную часть маркера подтверждения - из SAD.

Допускается использование безадресных заголовков вида:

SOH	ISI	FNC	DataHead
-----	-----	-----	----------

Однако в этом случае абонент-получатель полагает, что оно адресовано ему. Если получателем является прибор и сообщение содержит запрос, то ответ направляется в дополнительный интерфейс и тоже в безадресном виде.

Заголовок и тело сообщения могут включать поля переменной длины, соответственно DataHead и DataSet. Эти поля содержат данные, которые могут быть как символьными, так и двоичными.

Код FNC в заголовке сообщения определяет, как должны интерпретироваться и обрабатываться данные DataSet из тела сообщения. Если данные отсутствуют, то сообщение является управляющим или подтверждающим выполнение абонентом каких-либо действий.

3.2 DLE-стаффинг

Для того, чтобы можно было выделять управляющие символы на фоне двоичных данных, управляющие символы отмечаются символом-префиксом DLE=10h. Он всегда предшествует управляющему символу. Поэтому при передаче сообщения в действительности имеют следующий вид.

Заголовок

DLE	SOH	DAD	SAD	DLE	ISI	FNC	DataDLEHead
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-------------

Тело сообщения

DLE	STX	DataDLESet	DLE	ETX	CRC1	CRC2
-----	-----	------------	-----	-----	------	------

Все поля от DAD до ETX включительно подвергаются DLE-стаффингу, то есть к каждому обна-

руженному символу DLE добавляется еще один. Затем формируется контрольная информация. Полученные два байта записываются за ETX без стаффинга.

Стаффинг применяется всегда, вне зависимости от того является ли сообщение двоичным или символьным.

3.3 Контрольные коды

Контрольные коды насчитывается с байта, следующего за SOH, поскольку два первых байта DLE и SOH проверяются явно при выделении начала сообщения. Контрольные коды охватывают все байты, включая ETX и все стаффинг-символы в этом промежутке. Алгоритм расчета циклического контрольного кода приведен ниже, в виде функции на языке C. Функция возвращает 16-ти разрядное целое число, старший байт которого – CRC1, а младший – CRC2. Если приписать эти байты к сообщению и повторно выполнить функцию, включая в промежуток обработки и эти байты, то результат должен быть нулевым.

```
////////////////////////////////////  
//Функция вычисляет и возвращает циклический код для  
//последовательности из len байтов, указанной *msg.  
//Используется порождающий полином:  
//(X в степени 16)+(X в степени 12)+(X в степени 5)+1.  
//Полиному соответствует битовая маска 0x1021.  
//  
int CRCode (char *msg, int len)  
{  
    int j, crc = 0;  
  
    while ( len-- > 0 )  
    {  
        crc = crc ^ (int) *msg++ << 8;  
        for ( j=0; j < 8; j++ )  
        {  
            if(crc & 0x8000) crc = (crc << 1) ^ 0x1021;  
            else crc <=< 1;  
        }  
    }  
    return crc;  
}
```

3.4 Указатели и информация при символьном обмене

При осуществлении символьного обмена между абонентами данные DataSet разделяются на две категории: указатели и информацию. Каждая категория представляет собой последовательность символьных полей, начинающихся с кода горизонтальной табуляции HT (09h). Последовательность полей завершается разделителем FF (0Ch) - подача формы. Таким образом, структура категорий одинакова. Различается их назначение.

К указателям относятся номера каналов, параметров, массивов и т.п. К информации - значения параметров, единицы измерения, временные метки и т.д.

При обработке сообщения абонент первоначально интерпретирует указатели. Если указатель не содержит ошибок, то он копируется в ответное сообщение. Если обнаружена ошибка, то вместо копии указателя в ответное сообщение помещается диагностический текст, причем он начинается с разделителя HT, а заканчивается FF. Дальнейший разбор прекращается, и формирование ответа заканчивается. Ответ, содержащий диагностику, отправляется источнику запроса.

Ниже при описании каждого вида обмена структура указателей и информации уточняется.

3.5 Чтение параметров

В заголовке запроса указывается FNC=1Dh. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet содержит указатели запрашиваемых параметров, ограниченные разделителем FF, то есть имеет вид:

Указатель 1	FF	Указатель 2	FF	Указатель N	FF
-------------	----	-------------	----	------	-------------	----

Все указатели имеют одинаковый формат:

HT	Номер канала	HT	Номер параметра
----	--------------	----	-----------------

Номера каналов и параметров задаются целыми числами в символьном формате.

В заголовке ответа указывается FNC=03h. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet в ответе состоит из N последовательных блоков одинаковой структуры:

Указатель i	FF	Информация i	FF
-------------	----	--------------	----

Поле "Информация" в свою очередь распадается на поля:

HT	Значение	HT	Единицы	HT	Метка времени
----	----------	----	---------	----	---------------

В поле "Значение" в символьном формате лицевой панели прибора представлено значение параметра, заданного соответствующим указателем. Поля "Единицы" и "Метка времени" также относятся к указанному параметру.

Какое-либо из полей может отсутствовать. Однако в этом случае остается его начальный разделитель HT. Это позволяет правильно интерпретировать содержимое всех полей.

Если в блоке "Информация" отсутствуют подряд несколько последних полей, то их можно опустить вместе с разделителями, т.к. блок ограничен разделителем FF. Это позволяет правильно интерпретировать поля в следующем блоке. Например, при отсутствии единиц и метки времени сразу за полем значения может следовать FF. Подчеркнем, что отсутствие поля единиц не означает, что параметр не имеет размерности. Для безразмерных параметров указывается "б/р".

Если по каким-либо причинам значение параметра не может быть определено, тогда в поле "Значение" помещается краткий диагностический текст, уточняющий причину отказа. В этом случае последующие поля этого параметра отсутствуют.

3.6 Запись параметра

Одно сообщение с запросом на запись содержит значение только одного параметра.

В заголовке запроса указывается FNC=03h. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet имеет следующую структуру:

Указатель	FF	Информация	FF
-----------	----	------------	----

или более подробно:

HT	Номер канала	HT	Номер параметра	FF	HT	Значение	FF
----	--------------	----	-----------------	----	----	----------	----

В поле "Значение" в символьном формате лицевой панели прибора должно быть помещено записываемое значение указанного параметра. Его номер и номер канала заданы целыми числами в символьном формате.

Ответное сообщение является подтверждением записи. В заголовке ответа указывается FNC=7Fh. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая была в запросе. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet подтверждения записи имеет следующую структуру:

Указатель	FF	Информация	FF
-----------	----	------------	----

или более подробно:

HT	Номер канала	HT	Номер параметра	FF	HT	Диагностика	FF
----	--------------	----	-----------------	----	----	-------------	----

Здесь указатель совпадает с указателем запроса. При нормальном завершении записи поле диагностики остается пустым, иначе в него помещается краткий диагностический текст.

3.7 Чтение элементов индексного массива

В заголовке запроса указывается FNC=0Ch. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet содержит один указатель следующего формата:

HT	Номер канала	HT	Номер массива	HT	Начало	HT	Количество
----	--------------	----	---------------	----	--------	----	------------

Поле "Начало" задает начальный индекс, а поле "Количество" - число считываемых элементов. Элементы считываются с возрастанием индекса от начального значения. Все поля представляют собой целые числа, записанные в символьном формате.

В заголовке ответа указывается FNC=14h. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet в начале содержит указатель из запроса и далее блоки информации. Каждый блок содержит информацию об отдельном элементе массива. Число блоков соответствует заданному в поле "Количество" из запроса.

Указатель	FF	Информация 1	FF	...	Информация N	FF
-----------	----	--------------	----	-----	--------------	----

Блоки информации имеют одинаковую структуру:

HT	Значение	HT	Единицы	HT	Метка времени
----	----------	----	---------	----	---------------

В поле "Значение" в символьном формате лицевой панели прибора представлено значение очередного элемента массива. Поля "Единицы" и "Метка времени" также относятся к этому элементу.

Какое-либо из полей, кроме "Значение", может отсутствовать. Однако в этом случае остается его начальный разделитель HT. Это позволяет правильно интерпретировать содержимое всех полей.

Если в блоке "Информация" отсутствуют подряд несколько последних полей, то их можно опустить вместе с разделителями, т.к. блок ограничен разделителем FF. Это позволяет правильно интерпретировать поля в следующем блоке. Например, при отсутствии единиц и метки времени сразу за полем значения может следовать FF.

Если отсутствует поле "Единицы", то в данном случае это означает, что единицы измерения те же, которые имеет ближайший предшествующий элемент с указанными единицами измерения. Таким образом, если массив состоит из однородных элементов, то единицы измерения могут быть указаны один раз в блоке первого элемента. Для меток времени такой механизм обобщения не используется.

Не все массивы имеют полный набор полей в блоке информации. Как минимум, всегда заполняется поле "Значение".

Если по каким-либо причинам значение элемента массива не может быть определено, тогда в поле "Значение" может быть помещён краткий диагностический текст. При этом метка времени может остаться. Однако в этом случае остается и разделитель HT от поля единиц измерения.

3.8 Запись элемента массива с индексацией

Одно сообщение с запросом на запись содержит значение только одного элемента массива.

В заголовке запроса на запись указывается FNC=14h. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet в запросе на запись имеет следующую структуру:

Указатель	FF	Информация	FF
-----------	----	------------	----

Указатель имеет вид:

НТ	Номер канала	НТ	Номер массива	НТ	Номер элемента	НТ	1
----	--------------	----	---------------	----	----------------	----	---

То есть в отличие от указателя для индексного считывания массивов на месте начального индекса указан номер элемента, а вместо количества – 1.

Поле информации включает только задаваемое значение элемента:

НТ	Значение
----	----------

Значение задается в символьном формате лицевой панели прибора.

Ответное сообщение является подтверждением записи. В заголовке ответа указывается FNC=7Fh. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet подтверждения записи имеет следующую структуру:

Указатель	FF	Информация	FF
-----------	----	------------	----

Здесь указатель совпадает с указателем запроса. При нормальном завершении записи поле диагностики остается пустым, иначе в него помещается краткий диагностический текст.

3.9 Чтение временных массивов

Под временным массивом понимается совокупность элементов, каждый из которых имеет временную привязку (метку). Обычно это массив значений какого-либо физического параметра в различные моменты времени.

В заголовке запроса указывается FNC=0Eh. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet состоит из трех указателей. Первый имеет следующую структуру:

НТ	Номер канала	НТ	Номер массива
----	--------------	----	---------------

Начальный элемент определяется вторым указателем. Его структура такова:

НТ	День	НТ	Месяц	НТ	Год	НТ	Час	НТ	Минуты	НТ	Секунды
----	------	----	-------	----	-----	----	-----	----	--------	----	---------

Год может быть задан двухпозиционным числом или полным. В последнем случае учитываются две последние цифры.

Конечный элемент задается третьим указателем, который имеет такую же структуру, как и второй. Третий указатель всегда должен содержать предшествующий момент времени по отношению ко второму указателю. То есть считывание осуществляется в сторону прошлого.

Поля всех трех указателей представляют собой целые числа, записанные в символьном формате.

В заголовке ответа указывается FNC=16h. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet в начале содержит три указателя из запроса и далее блоки информации. Если какой-либо из указателей не может быть правильно интерпретирован, то в ответ на его место помещается краткая диагностика и дальнейший разбор запроса прекращается. Каждый блок содержит информацию об отдельном элементе массива.

Указатель 1	FF	...	Указатель 3	FF	...	Информация i	FF	...
-------------	----	-----	-------------	----	-----	--------------	----	-----

Блоки информации имеют одинаковую структуру:

НТ	Значение	НТ	Единицы	НТ	Метка времени
----	----------	----	---------	----	---------------

В поле "Значение" в символьном формате лицевой панели прибора представлено значение очередного элемента массива. Поля "Единицы" и "Метка времени" также относятся к этому элементу.

Поле "Единицы" может отсутствовать. Однако в этом случае остается его начальный разделитель НТ. Это позволяет правильно интерпретировать содержимое всех полей.

Если поле единиц отсутствует, то это означает, что единицы измерения те же, которые имеет ближайший предшествующий элемент с указанными единицами измерения. Таким образом, если массив состоит из однородных элементов, то единицы измерения могут быть указаны один раз в блоке первого элемента. Для меток времени такой механизм обобщения не используется.

В ответ помещаются все элементы, временные метки которых попадают в промежуток, заданный вторым и третьим указателями. Если таковых нет, то ответ не будет содержать ни одного блока информации, а только указатели.

3.10 Внутренняя организация архивов

Большинство архивных данных в приборах хранится в виде сводных записей, в которые включены значения всех физических параметров, относящихся к определенному моменту времени. Например, запись часового архива содержит часовые средние значения всех параметров, подлежащих архивированию при выбранной конфигурации прибора. Запись помечена соответствующей меткой времени.

Таким образом, архив можно представить как таблицу, каждая графа которой соответствует конкретному параметру, а одна из граф содержит метку времени. Строки таблицы соответствуют различным моментам времени. Состав граф таблицы (включаемые в архив параметры) зависит от заданной пользователем конфигурации прибора. Для каждого вида архивов имеется отдельная таблица, а именно: часовая, суточная, декадная, месячная таблица и т.п.

Очевидно, что между архивными таблицами и таблицами реляционных баз данных типа ACCESS нетрудно установить соответствие и организовать пополнение компьютерной базы данных архивными данными прибора. Для этого существует два типа запросов. Ниже они описываются.

Первый позволяет определить состав любого приборного архива (номера хранимых параметров, их символьные обозначения и единицы измерения). Эту информацию можно использовать при именовании полей создаваемой реляционной таблицы. Второй запрос используется для наполнения таблицы компьютерной базы данных.

Оба запроса используют ссылочные номера архивов.

Тип архива	Ссылочная информация	
	Номер канала	Номер параметра
Минутный	0	65525
Часовой	0	65530
(Полу)часовой, каналы 1 – 16	0	65523
(Полу)часовой, каналы 17 – 32	0	65522
(Полу)часовой, каналы 33 – 48	0	65521
(Полу)часовой, каналы 49 – 64	0	65520
(Полу)часовой, каналы 65 – 80	0	65519
(Полу)часовой, каналы 81 – 96	0	65518
(Полу)часовой, каналы 97 – 112	0	65517
(Полу)часовой, каналы 113 – 128	0	65516
(Полу)часовой, группы 1 – 16	0	65499
(Полу)часовой, группы 17 – 32	0	65498
Суточный	0	65532
Суточный, каналы 1 – 16	0	65515
Суточный, каналы 17 – 32	0	65514
Суточный, каналы 33 – 48	0	65513
Суточный, каналы 49 – 64	0	65512
Суточный, каналы 85 – 80	0	65511
Суточный, каналы 81 – 96	0	65510
Суточный, каналы 97 – 112	0	65509
Суточный, каналы 113 – 128	0	65508

Тип архива	Ссылочная информация	
	Номер канала	Номер параметра
Суточный, группы 1 – 16	0	65497
Суточный, группы 17 – 32	0	65496
Декадный	0	65528
Месячный	0	65534
Месячный, каналы 1 – 16	0	65507
Месячный, каналы 17 – 32	0	65506
Месячный, каналы 33 – 48	0	65505
Месячный, каналы 48 – 64	0	65504
Месячный, каналы 65 – 80	0	65503
Месячный, каналы 81 – 96	0	65502
Месячный, каналы 97 – 112	0	65502
Месячный, каналы 113 – 128	0	65500
Месячный, группы 1 – 16	0	65495
Месячный, группы 17 – 32	0	65494

Отметим, что описанный выше запрос на считывание временного массива, по существу, является запросом на считывание одной графы из таблицы архива. Так как хранение данных организовано в приборе по строкам, а не по графам таблицы, подготовка ответа на такой запрос занимает существенно больше вычислительных ресурсов прибора, чем считывание строк. Поэтому если даже необходимо прочитать не все архивные параметры, может оказаться более эффективным считывать полные строки с частично «ненужными» параметрами.

3.11 Определение структуры архива

В заголовке запроса указывается FNC=19h. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet состоит из одного указателя. Он имеет следующую структуру:

HT	Ссылочный номер канала	HT	Ссылочный номер параметра
----	------------------------	----	---------------------------

Поля указателя представляют собой целые числа, записанные в символьном формате.

В заголовке ответа указывается FNC=21h. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet в начале содержит указатель из запроса и далее блоки информации. Каждый блок содержит информацию о соответствующем параметре, включенном в архив. Причем порядок следования этой информации соответствует тому, в котором выводятся значения параметров при считывании временного среза (строки архивной таблицы).

Указатель 1	FF	...	Информация i	FF	...
-------------	----	-----	--------------	----	-----

Блоки информации имеют одинаковую структуру:

HT	Обозначение	HT	Единицы	HT	Номер канала	HT	Номер параметра
----	-------------	----	---------	----	--------------	----	-----------------

Поле "Обозначение" содержит символьное обозначение включенного в архив параметра. Поле "Единицы" - его единицы измерения, а "Номер канала" и "Номер параметра" - соответствующие номера. Содержимое полей "Обозначение" и/или "Единицы" в очередном блоке может отсутствовать. Однако символ табуляции остается. Отсутствие содержимого означает, что оно совпадает с указанным в предшествующем блоке.

Блоки информации присутствуют в ответе всегда. Если запрос содержит несуществующий ссылочный номер архива, то помещается единственный блок с краткой диагностикой.

3.12 Чтение временного среза архива

В заголовке запроса указывается FNC=18h. Поле DataHead может содержать произвольную информацию длиной до 80 байтов без учета возможных стаффинг символов DLE.

Поле DataSet состоит из двух указателей. Первый имеет следующую структуру:

HT	Ссылочный номер канала	HT	Ссылочный номер параметра
----	------------------------	----	---------------------------

Временной срез определяется вторым указателем. Его структура такова:

HT	День	HT	Месяц	HT	Год	HT	Час	HT	Минуты	HT	Секунды
----	------	----	-------	----	-----	----	-----	----	--------	----	---------

Год может быть задан двухпозиционным числом или полным. В последнем случае учитываются две последние цифры.

Поля обоих указателей представляют собой целые числа, записанные в символьном формате.

В заголовке ответа указывается FNC=20h. Поле DataHead содержит ту же информацию, которая содержалась в заголовке запроса. Таким образом, в поле можно располагать информацию для идентификации приложения, из которого направляются запросы к абоненту.

Поле DataSet в начале содержит два указателя из запроса, затем два ответных временных указателя и далее блоки информации. Каждый блок содержит информацию об отдельном параметре, входящем в архив.

Указатель 1	FF	...	Указатель 4	FF	...	Информация i	FF	...
-------------	----	-----	-------------	----	-----	--------------	----	-----

Указатель3 является ближайшей временной меткой по отношению к Указателю2, который содержался в запросе.. В архиве может не быть метки точно совпадающей с меткой запроса, поэтому выбирается ближайшая. Указатель4 - это ближайшая метка в архиве к Указателю3 в направлении к прошлому. Указатель4 можно использовать в следующем запросе на месте Указателя2. Такая цепочка может быть полезной, если необходимо прочитать записи архива за некоторый интервал.

Блоки информации имеют одинаковую структуру:

HT	Значение
----	----------

В поле "Значение" в символьном формате лицевой панели прибора представлено значение очередного хранимого в архиве параметра. Последовательность элементов соответствует той же, в которой они перечисляются в ответе на запрос о структуре архива.

Если по каким-либо причинам значение элемента в ответе не может быть определено, тогда в поле "Значение" помещается краткий диагностический текст. Если записи с запрошенной меткой нет, то диагностика помещается в первый и единственный блок информации.

4 Протяжённость магистрали

При подключении абонентов к магистрали необходимо обеспечить электрическое объединение всех одноименных магистральных контактов. То есть обеспечить электрически параллельное включение всех абонентов: приборов и компьютеров (через адаптер АПС79). Это означает, что информационная магистраль может иметь звездообразную, кольцевую, линейную и комбинированную схему объединения абонентов. Можно использовать телефонные кабели, коммутируя пары в кросс-шкафах АТС, участки ранее проложенной, но не используемой телефонной разводки в помещениях и т.п.

Различные схемы соединения обладают различными нагрузочными характеристиками для абонентов. В этом смысле приборы и компьютеры одинаковы, т.к. в приборах и адаптере АПС79 используются одинаковые аппаратные средства подключения к шине.

Увеличение активных и реактивных составляющих нагрузки до некоторой степени может быть компенсировано снижением скорости работы магистрали. Ниже, в таблицах, приводятся сведения, дающие представления о возможной протяженности и электрических параметрах магистрали.

В первой таблице дается экспериментально полученная оценка качества взаимного обмена двух абонентов, между которыми устанавливался РС имитатор двухпроводной линии. Электрическая схема имитатора соответствует ГОСТ 7153-85 "Аппараты телефонные. Общие технические условия". Приняты следующие обозначения: ✓ – связь устойчивая, не более 2% потерянных сообщений; ✗ –

связь отсутствует, более 80% потерянных сообщений.

Рассматривались три нагрузки: малая RC_M ($R=500$ Ом, $C=0,1$ мкФ); средняя RC_C ($R=500$ Ом, $C=0,5$ мкФ) и большая RC_B ($R=3$ кОм, $C=0,5$ мкФ). Средняя нагрузка по упомянутому стандарту соответствует 5 км "усредненной" телефонной линии.

Нагрузка	Скорость (бит/с)				
	300	600	1200	2400	4800
RC_M	✓	✓	✓	✓	✓
RC_C	✓	✓	✓	✗	✗
RC_B	✓	✓	✗	✗	✗

Данные первой таблицы и характеристики затухания конкретных типов кабелей позволяют оценить возможную длину линии. Эти длины приведены во второй таблице. При составлении таблицы использовались проспекты зарубежных фирм и справочник "Городские телефонные кабели" под редакцией Д.Л.Шарле, М., "Радио и связь", 1984.

Ø мм	Наименование и тип кабеля	Длина, км, при скорости, бит/с			
		600	1200	2400	4800
0,7	Телефонный кабель типа ТП	>12	11	5,7	2
0,7	Телефонный кабель типа Т	>11	10	5,7	2
0,7	Кабель ВТР1, фирма AESP	>11	10	5,7	2
0,6	Телефонный линейный провод ЛТР-П и ЛТР-В	>11	10	5,5	2
0,5	Телефонный кабель типа ТП	>11	10	3,5	1,4
0,5	Кабель ВТР3/45, 5 категория, фирма AESP	>11	10	3,5	1,4
0,5	Телефонный кабель типа Т	>8	7,5	3,7	1,3
0,5	Телефонный распредел. провод ТРП и ТРВ	>8	7,5	3,7	1,3
0,32	Телефонный кабель типа ТП	>6	5,5	2,5	0,8