

ЗАО «НПП «Автоматика»

рН-метр промышленный двухканальный

РН-4122

Руководство по применению
коммуникационного интерфейса

ПКЦ2.02 РП

г. Владимир

СОДЕРЖАНИЕ

	Лист
Введение.....	3
1.Подключение.....	3
2. Протокол взаимодействия прибора и ведущего устройства.....	5
3. Форматы данных в регистрах хранения.....	6
4. Описание функций.....	10
5. Исключительные ответы.....	17
Приложение А.....	18
Приложение Б.....	19
Приложение В.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по применению предназначено для обеспечения правильной эксплуатации рН-метра промышленного двухканального (далее прибор или ВЕДОМОЕ устройство) при использовании обмена данными по последовательному интерфейсу.

1. ПОДКЛЮЧЕНИЕ

Подключение приборов осуществляется через интерфейс RS-485. Среда передачи – витая пара в экране. Для этой цели может быть рекомендован кабель ТПП по ГОСТ 22498-88. Топология подключения магистральная. Через один преобразователь интерфейса RS-232/RS-485 (в комплект поставки не входит) можно подключить не более 32 приборов (смотри рисунок 1). Преобразователь интерфейса RS-232/RS-485 должен автоматически определять направление передачи. Преобразователь интерфейса подключается к коммуникационному (COM) порту RS-232C компьютера кабелем, рекомендованным производителем (смотри, например, рисунок 2).

Используя дополнительные коммуникационные порты компьютера и преобразователи интерфейса RS-232/RS-485 можно подключить дополнительные сегменты сети. Максимальная длина сегмента 1.2 км. Используя трансляторы сигналов RS-485 (до трех штук) можно увеличить длину сегмента и количество приборов в сегменте локальной сети. На ограниченных расстояниях допускается вместо экрана использовать отдельный провод.



Рисунок 1 - Подключение через RS-485

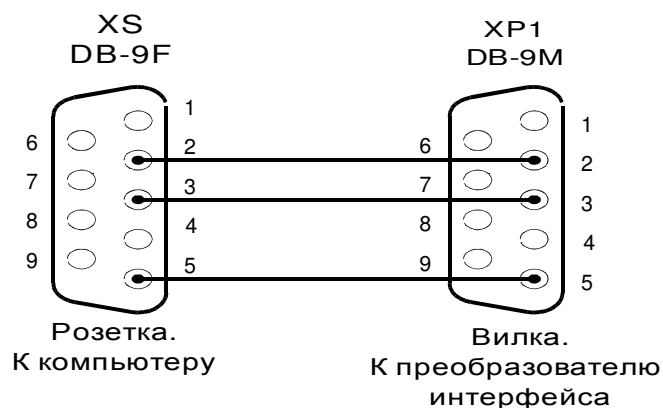


Рисунок 2 - Схема кабеля для подключения преобразователя интерфейса к компьютеру

Не допускается применение «звездообразной» топологии объекта. Длина отвода не должна превышать 0.7 м; предпочтительно соединять отрезки кабеля непосредственно в разъемах. Сегмент должен быть снабжен на обоих концах резисторами R_V номиналом 120 Ом (смотри рисунок 3). Подключение осуществлять с соблюдением полярности. Проводник экрана должен быть заземлен в одной точке.

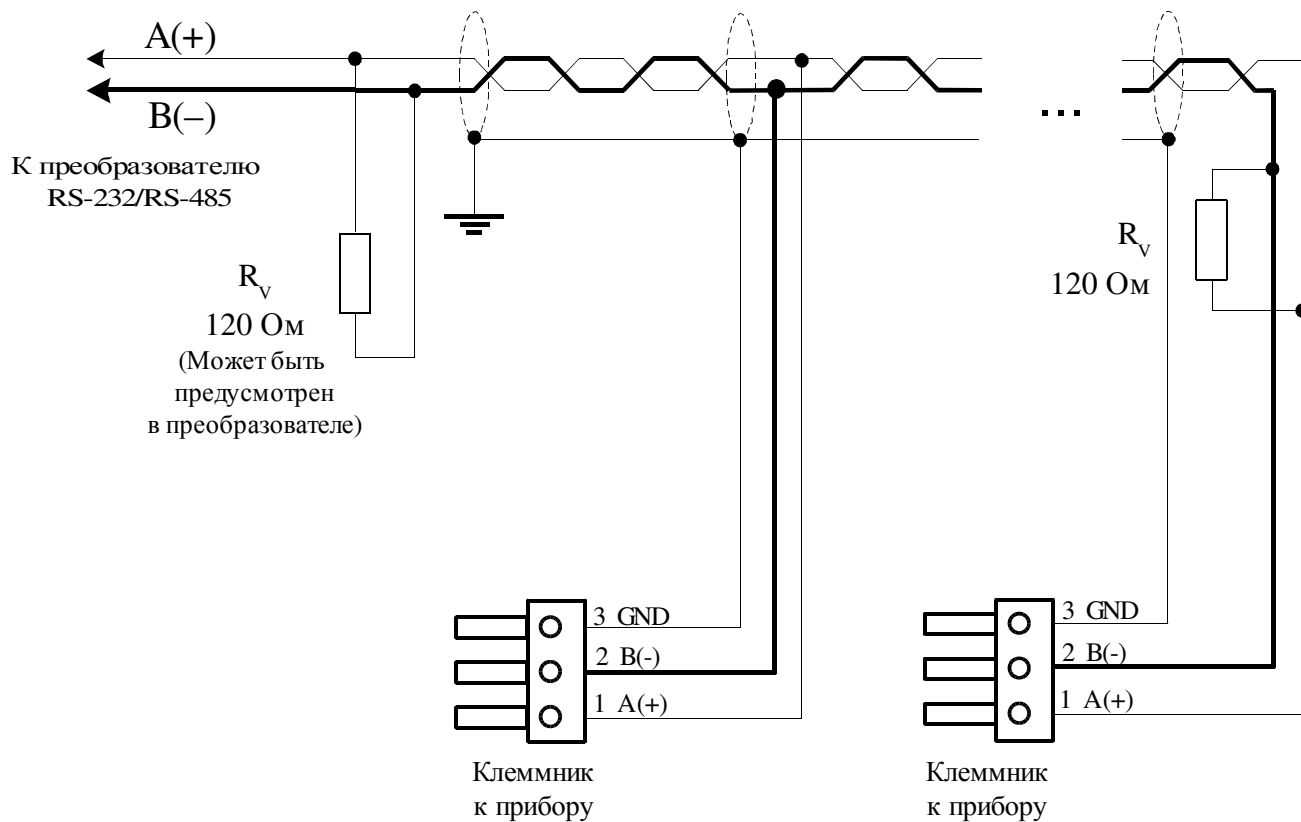


Рисунок 3 - Канал связи RS-485

2. ПРОТОКОЛ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА И ВЕДУЩЕГО УСТРОЙСТВА

Протокол взаимодействия прибора (далее ВЕДОМЫЙ) и мастера сети (далее ВЕДУЩИЙ) регламентирует процедуры обмена информацией на физическом и канальном уровнях.

Прибор реализует необходимую часть функций протокола MODBUS RTU фирмы MODICON (<http://www.modbus.org>, www.modicon.com/openmbus) с учетом специфики прибора, которая описана в данном документе.

Прибор, подключаемый к локальной сети, называется узлом сети и имеет адрес (от 1 до 247).

Приборы в сети пассивны, любой обмен данными инициируется мастером сети (ВЕДУЩИМ). Мастером может выступать компьютер или контроллер. Мастер передает приборам настроечные параметры, команды управления и считывает текущие данные.

Скорость обмена данными может выбираться из ряда 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 бод. Выбор скорости передачи может осуществляться путем формирования ВЕДУЩИМ специальной команды или с передней панели прибора в режиме его программирования.

Обмен данными ведется посылками из нескольких байт. Формат байта соответствует формату UART и приведен ниже.

СТАРТ -бит	D0 младш.	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7 старш.	P	СТОП -бит
0	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	1	1

Бит «P» представляет собой бит дополнения до четности или стоп-бит в зависимости от конфигурации коммуникационного порта. Для рассматриваемого протокола длина посылки всегда составляет 11 бит.

Время между окончанием приема посылки от ВЕДУЩЕГО и началом выдачи ВЕДОМЫМ ответа не должно превышать 100 мс (тайм-аут).

ВЕДУЩИЙ не должен передавать запрос ни в один из подключенных к локальной сети приборов (а не только в данный прибор) до тех пор, пока не получен ответ на предыдущий запрос (кроме широковещательного) или пока не истек тайм-аут. Следующий запрос ВЕДОМОГО после широковещательного может быть передан не ранее чем через 100 мс после его завершения.

Если при приеме информации от ВЕДУЩЕГО произошла ошибка приема стоп-бита или CRC-кода, запрос игнорируется и ответ не формируется.

Ни одно сообщение, отправляемое в адрес прибора, не может быть длиннее 256 байт, включая адрес узла и CRC-код. Сообщения большей длины игнорируются прибором и ответ не формируется.

Если запрос успешно принят, но прибор по каким-либо причинам не может выполнить команду, предписываемую этим запросом, формируется исключительный ответ (смотри пункт 5).

Для вычисления CRC-кода используется алгоритм, рекомендованный фирмой MODICON (смотри Приложение А).

3. ФОРМАТЫ ДАННЫХ В РЕГИСТРАХ ХРАНЕНИЯ

Прибор имеет два канала измерения. Область регистровой памяти, предназначенная для чтения и записи информации, занимает 47 регистров (94 байта), причем для чтения доступны все эти регистры, а для записи только их часть.

Адреса регистров и их назначение приведены в таблице 1.

Таблица 1

Адрес регистра	Описание
00h	Скорость обмена по RS-485. Чтение/Запись 0 – 1200 бод; 1 – 2400 бод; 2 – 4800 бод; 3 – 9600 бод; 4 – 19200 бод; 5 – 38400 бод; 6 – 57600 бод; 7 – 115200 бод.
01h	Паритет. Чтение/Запись 0, 1 – выкл; 2 – четный; 3 – нечетный.
02h	Тип протокола ModBus. Только чтение 00h – ModBus RTU. Поле введено в целях унификации.
03h	Адрес устройства в сети ModBus. Чтение/Запись Младший байт – адрес; Старший байт – всегда 00h.
04h	Разделитель ASCII-сообщений. Только чтение 0Ah – код разделителя. Поле введено в целях унификации.

Адрес регистра	Описание
05h	<p>Тип основного параметра канала 1. Только чтение Содержимое регистра может иметь следующие значения:</p> <p>Младший байт регистра (D0-D7): Тип параметра для канала 1. 00h – измерение pH, pH; 01h – измерение ЭДС, мВ; 02h – измерение УЭП, мСм; 03h – измерение УЭП, мкСм.</p> <p>Старший байт регистра (D8-D15): 00h – режим измерения 01h – режим программирования</p>
06h 07h	Значение основного параметра канала 1 в формате float 4. Только чтение
08h	<p>Тип дополнительного параметра канала 1. Только чтение</p> <p>Младший байт: 00h – измерение температуры, t Старший байт регистра (D8-D15): всегда 00h</p>
09h 0Ah	Текущее значение температуры для канала 1 в формате Float 4. Только чтение
0Bh	<p>Тип основного параметра канала 2. Только чтение Содержимое регистра может иметь следующие значения:</p> <p>Младший байт регистра (D0-D7): Тип параметра для канала 1. 00h – измерение pH, pH; 01h – измерение ЭДС, мВ; 02h – измерение УЭП, мСм; 03h – измерение УЭП, мкСм.</p> <p>Старший байт регистра (D8-D15): всегда 00h</p>
0Ch 0Dh	Значение основного параметра канала 2 в формате float 4. Только чтение
0Eh	Тип дополнительного параметра канала 2 . Только чтение Аналогично содержимому для канала 1.
0Fh 10h	Текущее значение температуры для канала 2 в формате Float 4. Только чтение

Адрес регистра	Описание
11h	<p>Конфигурация работы реле 1. Чтение/Запись Содержимое регистра может иметь следующие значения:</p> <p>Младший байт регистра (D0-D7): 00h – реле работает по основному параметру канала 1; 01h – реле работает по дополнительному параметру канала 1; 02h – реле работает по по основному параметру канала 2; 03h – реле работает по дополнительному параметру канала 2.</p> <p>Старший байт регистра (D8-D15): 00h – реле выключено; 01h – реле срабатывает, когда текущее значение параметра меньше уставки; 02h – реле срабатывает, когда текущее значение параметра больше уставки.</p>
12h 13h	Значение уставки для реле 1 в формате float 4. Чтение/Запись
14h 15h	Значение порога для реле 1 в формате float 4. Чтение/Запись
16h	<p>Конфигурация работы реле 2. Чтение/Запись Аналогично содержимому для реле 1.</p>
17h 18h	Значение уставки для реле 2 в формате float 4. Чтение/Запись
19h 1Ah	Значение порога для реле 2 в формате float 4. Чтение/Запись
1Bh	<p>Конфигурация работы реле 3. Чтение/Запись Аналогично содержимому для реле 1.</p>
1Ch 1Dh	Значение уставки для реле 3 в формате float 4. Чтение/Запись
1Eh 1Fh	Значение порога для реле 3 в формате float 4. Чтение/Запись
20h	<p>Конфигурация работы реле 4. Чтение/Запись Аналогично содержимому для реле 1.</p>
21h 22h	Значение уставки для реле 4 в формате float 4. Чтение/Запись
23h 24h	Значение порога для реле 4 в формате float 4. Чтение/Запись

Адрес регистра	Описание
25h	<p>Конфигурация работы аналогового выхода 1. Чтение/Запись Содержимое регистра может иметь следующие значения:</p> <p>Младший байт регистра (D0-D7): 00h – реле работает по основному параметру канала 1; 01h – реле работает по дополнительному параметру канала 1; 02h – реле работает по по основному параметру канала 2; 03h – реле работает по дополнительному параметру канала 2.</p> <p>Старший байт регистра (D8-D15): 00h – режим работы 4...20мА; 01h – режим работы 0...20мА; 02h – режим работы 0...5мА.</p>
26h 27h	Нижнее значение диапазона измеряемого параметра по выходному току(MIN) для аналогового выхода 1 в формате float 4. Чтение/Запись
28h 29h	Верхнее значение диапазона измеряемого параметра по выходному току(MAX) для аналогового выхода 1 в формате float 4. Чтение/Запись
2Ah	Конфигурация работы аналогового выхода 2 . Чтение/Запись Аналогично содержимому для аналогового выхода 1.
2Bh 2Ch	Нижнее значение диапазона измеряемого параметра по выходному току(MIN) для аналогового выхода 2 в формате float 4. Чтение/Запись
2Dh 2Eh	Верхнее значение диапазона измеряемого параметра по выходному току(MAX) для аналогового выхода 2 в формате float 4. Чтение/Запись

***Примечание:** символ «h», стоящий в конце цифровых выражений, означает шестнадцатеричный формат отображения представленных величин.*

Результат измерения, уставки и пороги реле, а также нижние и верхние значения диапазона аналоговых выходов представлены 4-байтовыми числами в формате float4 (Single Format по IEEE-754), размещенными в регистрах по принципу big-Endian (старший первый). Например, если результат измерения канала 1 равен 7.63, то регистр 06h содержит 40F4h, а регистр 07h - 28F6h; т.е. все число представлено как 40F428F6h.

4. ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ

Перечень поддерживаемых функций представлен в таблице 2.

Таблица 2

№ п/п	Функция	Подфункция	Описание
1	03h (03 ₁₀)	–	Чтение содержимого регистров хранения
2	06h (06 ₁₀)	–	Запись информации в регистр хранения
3	10h (16 ₁₀)	–	Запись информации в группу регистров хранения
4	11h (17 ₁₀)	–	Чтение идентификатора локального устройства
5	14h (20 ₁₀)	–	Чтение общей ссылки
6	08h (08 ₁₀) диагностика	0000h (00 ₁₀)	Возврат данных запроса
		000Ah (10 ₁₀)	Очистить счетчики и регистр диагностики
		000Bh (11 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика сообщений шины
		000Ch (12 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика ошибок коммуникационного порта
		000Dh (13 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика исключительных ответов шины
		000Eh (14 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика сообщений ведомого устройства
		000Fh (15 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика безответных сообщений
		0011h (17 ₁₀)	Вернуть содержимое счетчика занятости ведомого устройства

Ниже данные функции описаны более подробно.

4.1. Функция 03h (03₁₀): "Чтение содержимого регистров хранения".

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу сети.

Адрес	03h	Адрес первого регистра (2 байта)	Количество регистров (2 байта)	CRC-16
-------	-----	----------------------------------	--------------------------------	--------

Передача двухбайтового адреса первого регистра и двухбайтового количества читаемых регистров начинается со старшего байта.

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО.

Адрес	03h	Счетчик байтов	Старший байт регистра 1	Младший байт регистра 1	Старший байт регистра 2	Младший байт регистра 2	CRC-16
-------	-----	----------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	--------

Примечание 1: одной командой можно прочитать все 47 регистров.

Примечание 2: в SCADA-системе TraceMode чтение регистров осуществляется каналами подтипа MODBUS с дополнением к подтипу RoutWord(3) для чтения отдельных регистров или RoutFloat(3) для чтения пар регистров со значением в формате float4. Для дополнения RoutWord(3) нужно задавать количество запрашиваемых значений $Q = 1$, а для дополнения RoutFloat(3) - $Q = 2$.

4.2. Функция 06h (06₁₀): "Запись информации в регистр хранения".
Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	06h	Адрес регистра (2 байта)	Значение (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----------------------------	-----------------------	--------

Передача двухбайтового адреса первого записываемого регистра начинается со старшего байта. Это справедливо и для двухбайтового поля «Значение».

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО.

Адрес	06h	Адрес регистра (2 байта)	Значение (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----------------------------	-----------------------	--------

В ответной посылке ВЕДОМЫЙ отправляет ВЕДУЩЕМУ эхо запроса.

4.3. Функция 10h (16₁₀): "Запись информации в группу регистров хранения".
Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	10h	Адрес первого регистра (2 байта)	Количество регистров (2 байта)	Счетчик байтов (1 байт)	Значение 1 (2 байта)	Значение 2 (2 байта)	CRC-16
-------	-----	--	--------------------------------------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------	--------

Передача двухбайтового адреса первого записываемого регистра начинается со старшего байта. Это справедливо и для двухбайтового количества регистров и полей «Значение».

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО.

Адрес	10h	Адрес первого регистра (2 байта)	Количество регистров (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-------------------------------------	-----------------------------------	--------

В ответной посылке передача двухбайтового адреса первого записываемого регистра и двухбайтового количества регистров (0002h) начинается со старшего байта.

Примечание 1: одной командой можно записать до 13-и регистров.

Примечание 2: в режиме удержания запись невозможна - прибор будет отвечать исключительным ответом "ВЕДОМЫЙ занят" (SLAVE_DEVICE_BUSY). Аналогичная ситуация может наблюдаться, если прибор в момент запроса занят выводом на экран (например, при отображении оперативного графика). Команду нужно повторить.

Примечание 3: функции 6 и 10 поддерживают широковещательную запись (адрес 0), что можно использовать для групповой смены параметров обмена

(скорость, паритет) через интерфейс, а также индивидуальной смены адреса (команды групповой смены адреса игнорируются).

Примечание 4: при широковещательной записи ответ в соответствии со стандартом не формируется. При записи с конкретным указанным адресом прибора в случае модификации адреса, скорости или паритета ответ формируется со старыми параметрами (т.е. со старым адресом, на старой скорости и со старым признаком паритета), а весь последующий обмен должен осуществляться уже с новыми параметрами.

Примечание 5: в SCADA-системе TraceMode запись регистров осуществляется каналами подтипа MODBUS с дополнением к подтипу W Word(6) для записи отдельных регистров или W Float(16) для записи пар регистров со значением в формате float4. Для дополнения W Word(6) нужно задавать количество запрашиваемых значений $Q = 1$, а для дополнения W Float(16) - $Q = 2$.

4.4. Функция 11h (17₁₀): "Чтение идентификатора локального устройства" Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу сети MODBUS.

Адрес	11h	CRC-16
-------	-----	--------

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО.

Адрес	11h	Счетчик байт (07h)	Идентификатор прибора (52h)	FFh	Спецификация прибора (5 байт)	CRC-16
-------	-----	-----------------------	--------------------------------	-----	----------------------------------	--------

Поле спецификации прибора состоит из 6-ти байт, которые образуют строку: "PKC2U".

4.5. Функция 14h (20₁₀): "Чтение общей ссылки" Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу сети MODBUS.

Адрес	14h	Счетчик байт (07h)	06h	Номер файла (2 байта) всегда 0000h	Стартовый адрес (2 байта)	Счетчик регистров (2 байта)	CRC-16
-------	-----	--------------------------	-----	--	---------------------------------	-----------------------------------	--------

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО, если данные прочитаны.

Адрес	14h	Счетчик байт (N + 2)	Счетчик байт (N + 1)	06h	Содержимое архива (N байт)	CRC-16
-------	-----	----------------------------	----------------------------	-----	-------------------------------	--------

Данная функция используется для чтения архива. Так как само чтение занимает достаточно продолжительное время, выдать результат сразу прибор не может. При запросе какой-либо части архива прибор выдает исключительный ответ "Задержка тайм-аута" ACKNOWLEDGE (смотри пункт 5) и начинает выполнять запрос. Через некоторое время (в среднем около 35 мс) можно той же командой прочитать запрашиваемые данные.

Максимальный размер блока данных в запросе – 64 регистра или 128 байт.

Если запрашивается ровно 64 регистра, то прибор выполняет упреждающее чтение: при первом запросе, как всегда, выдается ACKNOWLEDGE; следующий запрос позволяет прочитать желаемые данные, и прибор самостоятельно приступит к чтению следующих 128 байт. Если к моменту времени, когда данные будут прочитаны, дать команду на чтение этих следующих 128 байт, то ответ будет выдан сразу без ACKNOWLEDGE. Таким способом можно прочитать весь архив с максимальной скоростью. Необходимая задержка в этом случае может быть снижена, так как прибор начинает читать новые данные параллельно с выдачей результата предыдущего запроса: 20 мс для скорости обмена 115200 бод, 10 мс для скорости обмена 57600 бод, а при более низких скоростях задержка уже не нужна. На максимальной скорости время чтения всего архива составляет около 30 секунд.

Прибор может не успевать читать нужные данные даже с использованием указанной задержки и будет периодически выдавать исключительный ответ ACKNOWLEDGE. Это связано с тем, что чтение архива имеет невысокий приоритет. Во всех случаях при получении исключительного ответа ACKNOWLEDGE следует, выждав указанную выше паузу, повторить запрос.

Рекомендуемый алгоритм чтения архива представлен в Приложении Б.

Описание структуры архива приведено в Приложении В.

ВНИМАНИЕ: *настоятельно не рекомендуется просматривать архив в момент его чтения по ModBus или просматривать оперативный график, так как в приборе для этих операций используется один и тот же буфер, причем приоритет остается за просмотром архива. В результате выполняемый запрос от ModBus будет сброшен (и на очередной запрос прибор снова выдаст ACKNOWLEDGE). Аналогичная ситуация будет наблюдаться в режиме просмотра оперативного графика; кроме того, график может заметно мигать при перерисовке.*

Примечание: *чтение архива через интерфейс на высоких скоростях требует достаточно много ресурсов прибора, что может проявляться в виде заметного снижения реакции на нажатия кнопок пользователем, особенно при просмотре архива.*

4.6. Диагностическая функция 08h (08₁₀).

Количество всех сообщений подсчитывается с момента очистки счетчиков связи или включения питания.

4.6.1. Подфункция 0000h (0₁₀). «Возврат данных запроса».

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	00h	Старший байт данных	Младший байт данных	CRC-16
-------	-----	-----	-----	------------------------	------------------------	--------

Ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО.

Адрес	08h	00h	00h	Старший байт данных	Младший байт данных	CRC-16
-------	-----	-----	-----	------------------------	------------------------	--------

Нормальный ответ ВЕДОМОГО на запрос ВЕДУЩЕГО содержит те же данные, что и запрос. Ответ должен быть эхом запроса.

4.6.2. Подфункция **000Ah (10₁₀)**. «Очистить счетчики и регистр диагностики». Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Ah	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство очищает регистр диагностики и формирует ответ ВЕДУЩЕМУ.

Адрес	08h	00h	0Ah	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

Замечание. Очистка счетчиков происходит после формирования и отправки ответа.

4.6.3. Подфункция **000Bh (11₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика сообщений шины». Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Bh	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество всех сообщений, переданных ВЕДОМЫМ устройством в систему связи.

Адрес	08h	00h	0Bh	Общее кол-во ответов (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----------------------------------	--------

4.6.4. Подфункция **000Ch (12₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика ошибок коммуникационного порта». Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Ch	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество CRC ошибок, обнаруженных ведомым устройством.

Адрес	08h	00h	0Ch	Общее кол-во CRC ошибок (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	--------------------------------------	--------

4.6.5. Подфункция **000Dh (13₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика исключительных ответов шины».

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Dh	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество исключительных ответов, сформированных ведомым устройством.

Адрес	08h	00h	0Dh	Общее кол-во исключительных ответов (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	--	--------

4.6.6. Подфункция **000Eh (14₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика сообщений ведомого устройства».

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Eh	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество принятых сообщений и отправленных ответов ведомого устройства.

Адрес	08h	00h	0Eh	Общее кол-во сообщений (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-------------------------------------	--------

4.6.7. Подфункция **000Fh (15₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика безответных сообщений».

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	0Fh	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество адресованных ведомому устройству сообщений, на которые оно не сформировало ни нормального, ни исключительного ответа.

Адрес	08h	00h	0Fh	Общее кол-во безответных сообщений (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	---	--------

4.6.8. Подфункция **0011h (17₁₀)**. «Вернуть содержимое счетчика занятости ведомого устройства».

Запрос ВЕДУЩЕГО ВЕДОМОМУ узлу.

Адрес	08h	00h	11h	00h	00h	CRC-16
-------	-----	-----	-----	-----	-----	--------

После приема этого запроса ВЕДОМОЕ устройство формирует ответ ВЕДУЩЕМУ, в котором передает количество адресованных ведомому устройству сообщений, на которые оно сформировало ответ ACKNOWLEDGE.

Адрес	08h	00h	11h	Общее кол-во сообщений ACKNOWLEDGE (2 байта)	CRC-16
-------	-----	-----	-----	---	--------

5. ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ОТВЕТЫ

Формирование исключительного ответа производится при получении ВЕДОМЫМ команды с недопустимыми для данного прибора функцией, адресом данных или данными, а также в целях предотвращения тайм-аута у ВЕДУЩЕГО при чтении архива.

Формат ответа представлен ниже.

Адрес	Функция + 80h	Исключительный код (1 байт)	CRC-16
-------	---------------	--------------------------------	--------

Поле функции повторяет функцию в запросе ВЕДУЩЕГО, но в старшем бите байта содержится 1.

Поле исключительного кода может содержать следующие данные:

01h (ILLEGAL FUNCTION) – недопустимая функция (в запросе указана недопустимая для данного ВЕДОМОГО устройства функция);

02h (ILLEGAL DATA ADDRESS) – недопустимый адрес данных (в запросе указан недопустимый для данного ВЕДОМОГО устройства адрес данных);

03h (ILLEGAL DATA VALUE) – недопустимое значение (величина, указанная в поле данных запроса, является недопустимой для данного ВЕДОМОГО устройства);

05h (ACKNOWLEDGE) – задержка тайм-аута (ВЕДОМОЕ устройство приняло запрос, но его обработка требует длительного времени; ответ формируется для предотвращения тайм-аута у ВЕДУЩЕГО; после завершения обработки запроса ВЕДОМЫМ устройством ВЕДУЩИЙ может получить запрашиваемые данные).

06h (SLAVE DEVICE BUSY) - ВЕДОМЫЙ занят, команда может быть выполнена позднее.

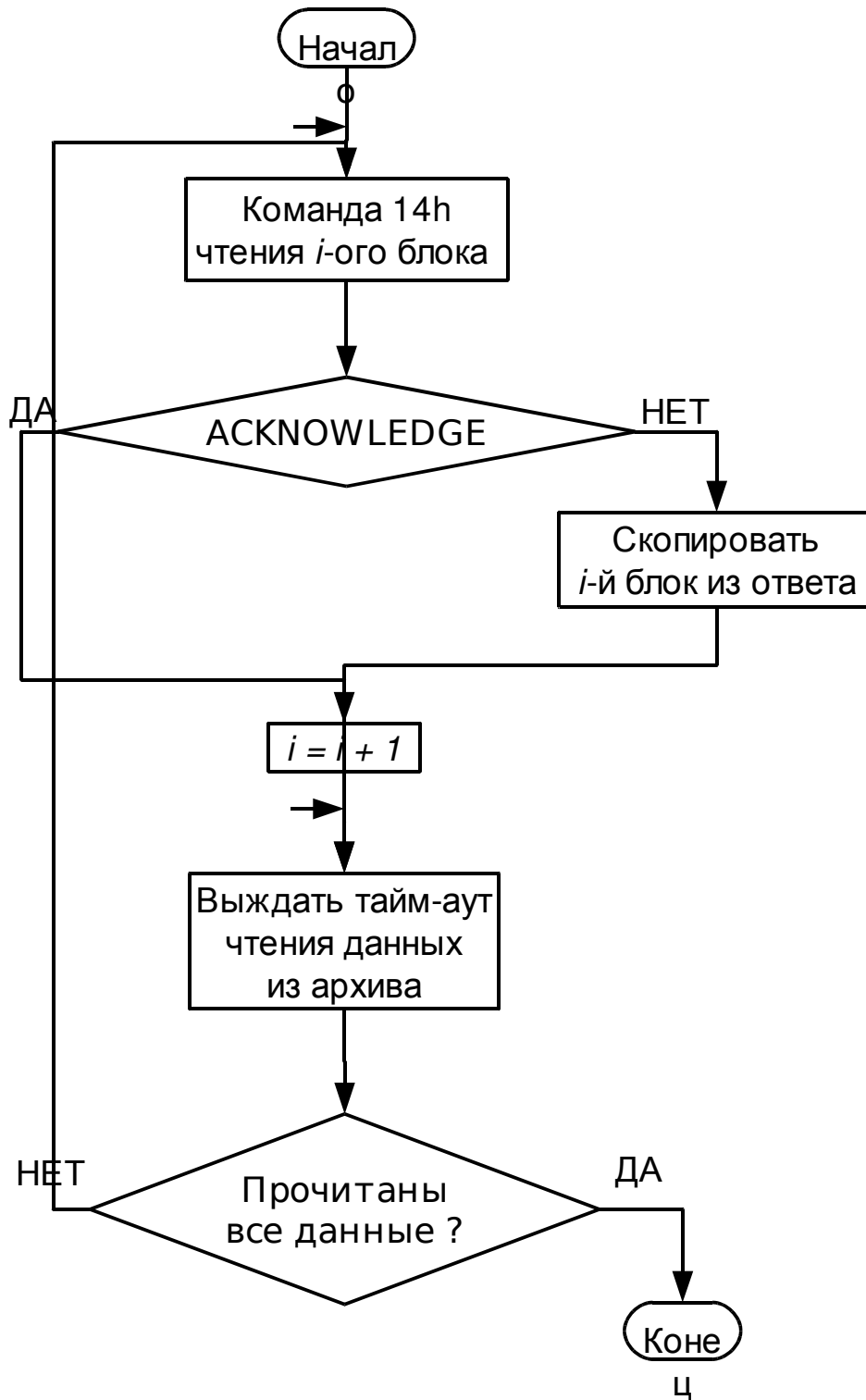
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Алгоритм вычисления CRC-16 для ModBus RTU на языке Си.

```
// Buffer - массив с данными
// Count - количество элементов в массиве

unsigned short CRC16 (unsigned char *Buffer,
                     unsigned char Count)
{
    unsigned char CF, i, j;
    unsigned short csum = 0xFFFF;
    for (i = 0; i < Count ; i++) {
        csum ^= Buffer[i];
        for (j = 0; j < 8; j++){
            CF = csum & 1;
            csum = csum >> 1;
            if (CF) csum^=0xA001;
        }
    }
    return(csum);
}
```

Рекомендуемый алгоритм чтения архива



ОПИСАНИЕ СТРУКТУРЫ АРХИВА

Архив занимает 64Кб (65536 байт) и представляет из себя закольцованный поток кадров (фреймов). Кадры могут быть 2-х типов - кадры времени и кадры данных. Сначала всегда следует кадр времени, после которого идут один или несколько кадров данных. Кадр времени занимает 8 байт и содержит полное время (год, месяц, день, час, минуты, секунды) и код интервала записи. Кадры данных занимают по 4 байта и содержат пары значений основного K_{OCH} и дополнительного $K_{ДОП}$ параметра каналов через равные промежутки времени. В архив могут быть записаны значения только первого канала, только второго или обоих. Например, кадр времени - 2008.02.03 10:00:03, интервал - 5 секунд, запись значений только первого канала; тогда следующий за кадром времени кадр данных $KI_{OCH} = 7.02$, $KI_{ДОП} = 25.1$ °C - значения в момент 2008.02.03 10:00:03, следующий кадр данных $KI_{OCH} = 7.10$, $KI_{ДОП} = 25.6$ °C - значения в момент 2008.02.03 10:00:08 следующий кадр данных $KI_{OCH} = 7.15$, $KI_{ДОП} = 26.0$ °C - значения в момент 2008.02.03 10:00:13 и т.д. Каждый кадр защищен 6-битной контрольной суммой (CRC6).

Такая нерегулярная структура усложняет работу с архивом, но позволяет записать большее количество точек данных.

Так как количество циклов перезаписи ячеек памяти архива ограничено (100000), то запись в архив ведется по кольцу - сначала с адреса 0000h до FFFFh, после чего опять с 0000h, затирая предыдущие данные. Для определения начала и конца записи на кольце каждый кадр содержит специальный бит - Ring. При переходе через 0000h этот бит инвертируется. Чтобы найти начало, нужно проанализировать значение этого бита для всех кадров с 0000h по FFFFh и найти первый кадр, у которого бит Ring отличается от предыдущего - этот кадр является началом записи, а предыдущий кадр - концом. Если все кадры имеют одинаковый бит Ring, то запись начинается с 0000h.

Если в архив сохраняются оба параметра, то кадры данных канала 1 и канала 2 идут друг за другом: кадр времени, кадр канала 1, кадр канала 2, кадр канала 1, кадр канала 2 и т.д.

Если начальные кадры - кадры данных, их нужно проигнорировать, т.к. неизвестно время. Нужно двигаться по потоку кадров до первого кадра времени. Кадры времени присутствуют в начале каждого блока по 256 байт, но могут располагаться и чаще, если были перерывы в записи архива (например, прибор выключили и включили).

Формат кадра времени:

Заголовок (1 байт)								год + 1 (1 байт)	месяц (1 байт)	день (1 байт)	час (1 байт)	минуты (1 байт)	секунды (1 байт)	CRC6 (1 байт)
7	6	5	4	3	2	1	0							
Ring	1	Каналы		Интервал										

Бит 6 байта заголовка - это признак кадра времени (установлен в 1).

Каналы (биты 5, 4) - это код сохраняемых данных в архив: 0 - только 1-й канал, 1 - только 2-й канал, 2 - оба канала.

Интервал (биты 3 - 0) - код интервала записи (смотри таблицу 3).

Таблица 3

Код интервала	Интервал, сек.	Код интервала	Интервал, сек.
0	1	4	15
1	2	5	30
2	5	6	60
3	10	7	300

Год смещен на 1, т.е. год 1 - это 2000, 2 - 2001, 3 - 2002 и т.д. Если год равен 0 (метка форматирования), то все данные до следующего кадра времени нужно проигнорировать.

Формат кадра данных:

байт 0								байт 1								байт 2								байт 3							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Ring	0	$KI_{доп}$, (11 бит)											$KI_{осн}$, (13 бит)											CRC6							

Бит 6 байта 0 - это признак кадра данных (установлен в 0).

CRC6 вычисляется для всех 4-х байт, но для последнего байта биты с 5 по 0 обнуляются.

Значение дополнительного параметра хранится в целочисленном виде с десятиными долями, смещенное на 512: например, температура 25.6 °C, тогда $T = (25.6 * 10) + 512 = 768$.

Значение основного параметра хранится также в целочисленном виде, но формат зависит от типа с сотыми долями, смещенное на 1024: например, pH = 7.52 °C, тогда $V = (7.52 * 100) + 1024 = 1776$.

Функция вычисления CRC6 на языке Си:

```
// Array - массив с данными
// Count - количество элементов в массиве
unsigned char Crc6(unsigned char *Array,
unsigned char Count)
{
    unsigned char i, a, hb;
    unsigned char crc, Data;

    crc = 0x3F;
    for (a = 0; a < Count; a++) {
        Data=Array[a];
        for (i = 0; i < 8; i++) {
            hb = crc & 0x40;
            crc <<= 1;
            if (hb)
```

```
        crc |= 0x01;

        if (((Data & 0x80) >> 1)^(crc & 0x40))
            crc ^=0x09;
        Data <<= 1;
    }
}
return (crc & 0x3F);
}
```