

Протокол обмена информацией для декодеров T48(RS-485)

1. Общие положения

В декодере T48(RS-485) реализовано подмножество протокола **Modbus Application Protocol (Modbus RTU)** для сетей основанных на протоколе физического уровня RS-485. В отличие от стандартного протокола Modbus, это подмножество не поддерживает тип данных «дискретные входы (*Discrete Inputs*)» и **не поддерживает** следующие стандартные команды:

- **1 (0x01)** – чтение значений из нескольких регистров флагов (*Read Coil Status*).
- **2 (0x02)** – чтение значений из нескольких дискретных входов (*Read Discrete Inputs*).
- **15 (0x0F)** – запись значений в несколько регистров флагов (*Force Multiple Coils*)
- **22 (0x16)** – запись в один регистр хранения с использованием маски "И" и маски "ИЛИ" (*Mask Write Register*).
- А также команды с кодами **7, 8, 11, 12, 20, 21**.

1.1. Регистры декодеров

1) **Регистры флагов (Coils)** – однобитовые регистры с 16-разрядным адресом от 0 до 2. Предназначены для чтения и записи.

2) **Регистры хранения (Holding Registers)** – 16-разрядные регистры с адресами от 0 до 4. Предназначены для чтения и записи.

3) **Регистры ввода (Input Registers)** – 16-разрядные регистры с адресами от 0 до 27. Предназначены только для чтения.

В таблице приведено подробное описание регистров декодеров.

Регистры флагов		
Название	Адрес	Разрядность
Старт/Стоп измерений (StartStop) . Определяет запуск и останов измерений.	0	1 бит
Потоковая передача (StreamingTransfer) . Не используется.	1	1 бит
Внешний датчик скорости (ExternalRFT) – дополнительное оборудование для измерения частоты вращения при малых оборотах.	2	1 бит
Регистры хранения		
Название	Адрес	Разрядность
Флаги конфигурации (ConfigWord) – слово с регистрами флагов. Номер бита в слове соответствует адресу регистра флага.	0	16 битов
Коэффициент усреднения (AveragingFactor) для вычисления значений сил и крутящих моментов. Задает количество последовательных измерений, которые складываются. Усредненное значение получается путем деления суммы на AveragingFactor.	1	16 битов
Период измерения скорости мс (SpeedMeasurementPeriod) – определяет время в мс между двумя соседними точками вычисления частоты вращения.	2	16 битов
Текущее время декодера – младшая часть (TimeLow)	3	16 битов
Текущее время декодера – старшая часть (TimeHigh)	4	16 битов
Регистры ввода		
Название	Адрес	Разрядность
Текущая усредненная сила Fx . 32-разрядное число с плавающей точкой.	0	32 бита

Текущая усредненная сила Fy. 32-разрядное число с плавающей точкой.	2	32 бита
Текущая усредненная сила Fz. 32-разрядное число с плавающей точкой.	4	32 бита
Текущий усредненный крутящий момент Mx. 32-разрядное число с плавающей точкой.	6	32 бита
Текущий усредненный крутящий момент My. 32-разрядное число с плавающей точкой.	8	32 бита
Текущий усредненный крутящий момент Mz. 32-разрядное число с плавающей точкой.	10	32 бита
Текущая частота вращения. 32-разрядное число с плавающей точкой (RotationFrequency).	12	32 бита
Текущая температура. Число с фиксированной точкой (Temperature). Позиция фиксированной точки (степень 10) = -1. Формула для вычисления значения температуры: Temperature = TemperatureInt/10.	14	16 битов
Состояние декодера (Station). В слове состояния используются два бита: Бит 0 – Датчик подключен; Бит 2 – Получена служебная информация	15	16 битов
Счетчик сообщений (MessagesCount)	16	16 битов
Сообщения – до 10 шт. (Messages[10]). Сообщения – это способ информировать главный компьютер о событиях, происходящих в случайные моменты времени. Каждое событие имеет свой номер. Коды сообщений приведены в приложении.	17 - 26	16 битов
Номер версии прошивки (VersionNumber)	27	16 битов

1.2. Вычисление значений измеренных величин

Единицы измерения для всех сил и крутящих моментов зависят только от номинального крутящего момента (силы) датчика и автоматически учитывается декодером. Возможные единицы измерения приведены в таблице.

Номинальный крутящий момент (сила)	Единица измерения получаемых данных
0.1 Nm (N) ÷ 8 Nm (N)	mNm (mN)
10 Nm (N) ÷ 8 kNm (N)	Nm (N)
10 kNm (N) и более	kNm (kN)

Формула для вычисления температуры: **Температура (°C) = Temperature / 10;**

1.3. Установка нуля датчиков

Датчики крутящего момента и датчики силы в состоянии поставки или при монтаже на объекте испытаний могут иметь смещение "нуля".

В связи с этим разработчик системы (ПО) сбора данных от датчиков должен предусмотреть процедуру установки нуля и сохранения поправки. Декодеры T48(RS-485) имеют встроенную функцию установки нуля и сохранения поправок. Иногда поправку также используют для вычитания веса тары из общего веса.

2. Диалоговый режим работы

2.1. Общий формат запросов и ответов

Все запросы и ответы имеют формат:

Заголовок	Данные	Контрольная сумма
-----------	--------	-------------------

- Заголовок;
- Данные;
- Контрольная сумма.

2.2. Формат заголовка и контрольной суммы для декодера T48(RS-485)

Для декодеров T48(RS-485) заголовок запроса и ответа имеют формат:

Адрес устройства	Код команды
------------------	-------------

- адрес устройства (1 байт) – адрес устройства, к которому адресован запрос (имеет смысл только для декодера T48(RS-485)). Адрес устройства может изменяться от 1 до 247. Адреса в диапазоне 248...255 – зарезервированы.
- код команды (1 байт) – говорит ведомому устройству, какие данные или выполнение какого действия требует от него ведущее устройство. Старшая единица (0x80) в коде команды используется в ответе подчиненного, чтобы указать, что операция закончилась с ошибкой;

Контрольная сумма (2 байта):

Контрольная сумма

Контрольная сумма служит для проверки отсутствия ошибок в запросе и ответе. Это циклическая контрольная сумма CRC-16 Modbus.

2.3. Коды команд декодера

Все декодеры имеют одинаковый набор команд:

- 3 – **READ_HOLDING_REGISTERS** – чтение значений из нескольких регистров хранения;
- 4 – **READ_INPUT_REGISTERS** – чтение значений из нескольких регистров ввода;
- 5 – **FORCE_SINGLE_COIL** – запись значения одного флага;
- 6 – **PRESET_SINGLE_REGISTER** – запись значения в один регистр хранения;
- 16 – **PRESET_MULTIPLE_REGISTERS** – запись значений в несколько регистров хранения;
- 17 – **REPORT_SLAVE_ID** – чтение служебной информации об устройстве.

2.4. Формат поля данных запросов

- **Формат данных запроса READ_HOLDING_REGISTERS (3)**

- Адрес первого элемента таблицы регистров хранения (2 байта);
- Количество считываемых регистров (2 байта).

- **Формат данных запроса READ_INPUT_REGISTERS (4)**

- Адрес первого элемента таблицы регистров ввода (2 байта);
- Количество считываемых регистров (2 байта).

- **Формат данных запроса FORCE_SINGLE_COIL (5)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Устанавливаемое значение (2 байта). Для флагов значение 0xFF00 означает включённое состояние, 0x0000 — выключенное, другие значения недопустимы.

- **Формат данных запроса PRESET_SINGLE_REGISTER (6)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Устанавливаемое значение (2 байта).

- **Формат данных запроса PRESET_MULTIPLE_REGISTERS (16)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Количество записываемых регистров (2 байта);
- Количество передаваемых байт - N (1 байт);
- Устанавливаемые значения (N байт).

- **Формат данных запроса REPORT_SLAVE_ID (17)**

Поле данных в этом запросе пустое.

2.5. Формат поля данных ответов

Если во время выполнения команды произошла ошибка, то декодер возвращает в поле данных код завершения (1 байт). Код завершения может принимать значения:

- **RET_CODE_COMMAND_ERR (1)** – Принятый код функции не может быть обработан.
- **RET_CODE_ADDRESS_ERR (2)** – Адрес данных, указанный в запросе, недоступен.
- **RET_CODE_DATA_ERR (3)** – Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной.
- **RET_CODE_UNREPAIRABLE_ERR (4)** – Невосстанавливаемая (unrepairable) ошибка имела место, пока ведомое устройство пыталось выполнить затребованное действие.
- **RET_CODE_BUSY_ERR (6)** – Ведомое устройство занято обработкой команды. Ведущее устройство должно повторить сообщение позже, когда ведомое освободится.
- **RET_CODE_CHECKSUM_ERR (8)** – Ведомое устройство обнаружило ошибку паритета.

Признаком того, что во время выполнения команды произошла ошибка, служит 1 в старшем разряде кода команды в заголовке ответа.

Ниже приведены форматы данных ответов в случае успешного завершения операции.

- **Формат данных ответа на команду READ_HOLDING_REGISTERS (3)**

- Количество передаваемых байт - N (1 байт);
- Запрошенные регистры (N байт);

- **Формат данных ответа на команду READ_INPUT_REGISTERS (4)**

- Количество передаваемых байт - N (1 байт);
- Запрошенные регистры (N байт);

- **Формат данных ответа на команду FORCE_SINGLE_COIL (5)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Устанавливаемое значение (2 байта). Для флагов значение 0xFF00 означает включённое состояние, 0x0000 — выключенное, другие значения недопустимы.

- **Формат данных ответа на команду PRESET_SINGLE_REGISTER (6)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Устанавливаемое значение (2 байта).

- **Формат данных ответа на команду PRESET_MULTIPLE_REGISTERS (16)**

- Адрес регистра (2 байта);
- Количество записываемых регистров (2 байта);

- **Формат данных ответа на команду REPORT_SLAVE_ID (17)**

- Идентификатор датчика (7 байт);
- Коррекция чувствительности (6 байт);
- Взаимные корректировки (12 байт);
- Температура (целое число 1 байт);
- Тип датчика (целое число 1 байт);
- Количество зубьев (Целое число - 1 байт);
- Максимальная скорость вращения, деленная на 100 (целое число 1 байт);
- Дата поверки (3 байта);

2.6. Порядок передачи байтов в словах

В соответствии с протоколом Modbus, декодер T48(485) принимают запросы и передает ответы, в которых первым байтом всегда передается **старший** байт.

2.7. Примеры запросов и ответов для декодера T48(RS-485)

- **Команда FORCE_SINGLE_COIL (5)**

Требуется установить бит конфигурации «Старт/Стоп» в 1, т. е. начать измерения.

Адрес устройства = 1.

Адрес регистра в разделе регистров хранения = 0x0000.

Слово для записи = FF00

Запрос: 01 05 0000 FF00 8C3A

Ответ: 01 05 0000 FF00 5029

- **Команда PRESET_SINGLE_REGISTER (6)**

Требуется установить коэффициент усреднения равным 100.

Адрес устройства = 1.

Адрес регистра в разделе регистров хранения = 0x0001.

Новое значение = 0x0064

Запрос: 01 06 0001 0064 D9E1

Ответ: 01 06 0001 0064 D9E1

- **Команда PRESET_MULTIPLE_REGISTERS (16)**

Требуется установить установить время на часах декодера равным 0.

Адрес устройства = 1.

Адрес первого регистра в разделе регистров хранения = 0x0003.

Количество регистров = 2.

Новые значения: младшая часть = 0x0000, старшая часть = 0x0000.

Запрос: 01 10 0003 0002 04 0000 0000 B3BA

Ответ: 01 10 0003 0002 B1C8

- **Команда READ_HOLDING_REGISTERS (3)**

Требуется прочитать текущее время на часах декодера.

Адрес устройства = 1.

Адрес первого регистра в разделе регистров хранения = 0x0003.

Количество регистров = 2.

Запрос: 01 03 0003 0002 340B

Ответ: 01 03 04 B0C1 002E 0D13

- **Команда READ_INPUT_REGISTERS (4)**

Требуется прочитать 5 регистров ввода, начиная с адреса 0.

Адрес устройства = 1.

Адрес первого регистра в разделе регистров ввода = 0x0000.

Количество регистров = 2.

Запрос: 01 04 0000 0005 3009

Ответ: 01 04 0A 0FA0 0000 0E4F FFFE 012C 1C03

- **Команда REPORT_SLAVE_ID (17)**

Требуется прочитать служебную информацию датчика.

Адрес устройства = 1.

Запрос: 01 11 C02C

Ответ: 01 11 C2C2B3B3B3010C0C080C0C0B000000000000000000000000096010164100914 4516

3. Приложение 1. Коды сообщений

```
#define MESSAGE_SBOI_SYNCHRO 1 // Сообщение "Сбой синхронизации"
#define MESSAGE_POLUCHEN_ID 2 // Сообщение "получена служебная информация!"
#define MESSAGE_OSHIBKA_ID 3 // Сообщение "служебная информация не совпадает со
старой"
#define MESSAGE_DATCHIK_OFF 4 // Датчик отключился
#define MESSAGE_DATCHIK_ON 5 // Датчик подключился
#define MESSAGE_ISKAJENIA 8 // Искажения приема-передачи
#define MESSAGE_BUFFER_LOSS 15 // Потеря буфера данных
#define MESSAGE_MEASUREQ_OVERFL 18 // Очередь измерений переполнена
#define MESSAGE_MESSAGEQ_OVERFL 19 // Была переполнена очередь сообщений
```