

Термометры многоканальные ТМ510Х

Протокол MODBUS: Команды и адресное пространство регистров

Зеленоград

2016

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 ФОРМАТ ПАКЕТОВ ДАННЫХ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КОМАНДЫ.	3
3 ОБРАБОТКА ОШИБОК ПРОТОКОЛА.	8
4 АДРЕСАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ.	9
5 ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ.	16

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 В данном документе описана программная реализация протокола Modbus RTU (далее протокол) для термометров многоканальных ТМ5102, ТМ5103, ТМ5104(далее ТМ).

1.2 Протокол полностью соответствует спецификации Modbus RTU.

2. ФОРМАТ ПАКЕТОВ ДАННЫХ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КОМАНДЫ

2.1 Формат пакетов данных

2.1.1 Формат и размер полей пакета запроса данных протокола приведены ниже в Таблице 2.1.

Таблица 2.1

Название поля	Длина поля	Описание поля
Start	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)
Address	8 бит	Адрес устройства
Function	8 бит	Код функции
Data	n * 8 бит	Данные
CRC	16 бит	Контрольная сумма
End	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)

2.1.2 Формат и размер полей ответа протокола при отсутствии ошибок обмена приведены ниже в Таблице 2.2

Таблица 2.2

Название поля	Длина поля	Описание поля
Start	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)
Address	8 бит	Адрес устройства
Function	8 бит	Код функции
Data	n * 8 бит	Данные
CRC	16 бит	Контрольная сумма
End	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)

2.1.3 Формат и размер полей ответа протокола при возникновении ошибки приведены ниже в Таблице 2.3

Таблица 2.3

Название поля	Длина поля	Описание поля
Start	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)
Address	8 бит	Адрес устройства
Exception Function Code	8 бит	Код функции (из запроса) с установленным битом ошибки (80h)
Exception Code	8 бит	Код ошибки протокола
CRC	16 бит	Контрольная сумма
End	3.5 ch (символа)	Пауза (время передачи 3.5 символов)

2.2 Используемые команды

2.2.1 Команда 01 [0x01]. Чтение логических ячеек (размер ячейки – 1 бит)

Запрос

Параметры	Длина, байт	Код/диапазон
Код функции	1	0x01
Начальный адрес ячеек	2	0x0000...0xFFFF
Количество ячеек	2	0x07D0

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x01
Количество байт	1	N
Состояние логических ячеек	N	

Примечание:

N=целая часть от (количество логических ячеек/8), если остаток равен 0;
 N=целая часть от (количество логических ячеек/8) +1 в противном случае.

Особенности:

- команда предназначена для логических ячеек, доступных по записи и чтению;
- в запросе указывается начальный адрес логической ячейки (от нуля) и количество логических ячеек;
- в ответе каждый бит в байте (байтах) содержит бинарный признак состояния логической ячейки (например, для реле: «1»-включено, «0» - выключено);
- признаки состояния логической ячейки в байте расположены последовательно от младшего к старшему биту, незадействованное поле байта дополняется логическими «0».

2.2.2 Команда 03 [0x03]. Чтение значений регистров хранения параметров

Запрос

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x03
Начальный адрес	2	0x0000...0x7FFFF
Количество регистров (до 125)	2	1...7D

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x03
Количество байт	1	Nx2
Состояние входов	Nx2	

Примечание: N= количество регистров

Особенности:

- команда предназначена для чтения регистров хранения;
- в запросе указывается начальный адрес регистра и количество читаемых регистров;
- каждый регистр состоит из двух байт;
- параметры типа `ushort` занимают один регистр;
- параметры типа `float` занимают два регистра (см. Примечания к таблице 4.1);
- параметры типа `string` передаются последовательно регистрами (по 2 кода символа);
- перечень регистров и адресов, соответствующих обязательным параметрам, представлен в Приложении А;
- регистры, соответствующие дополнительным параметрам, размещаются по другим адресам в произвольном порядке в соответствии с типами параметров.

2.2.3 Команда 05 [0x05]. Запись состояния одной логической ячейки

Запрос

Параметры	Длина, байт	Код/диапазон
Код функции	1	0x05
Адрес логической ячейки	2	0x0000...0xFFFF
Состояние логической ячейки	2	0x0000 – «OFF» 0xFFFF – «ON»

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x05
Адрес логической ячейки	2	0x0000...0xFFFF
Состояние логической ячейки	2	0x0000 - OFF 0xFFFF - ON

Особенности:

- в запросе указывается начальный адрес логической ячейки (от нуля) и количество ячеек;
- в ответе каждый бит в байте (байтах) содержит бинарный признак состояния логической ячейки (например, для реле: «1»-включено, «0» - выключено);
- признаки состояния реле в байте расположены последовательно от младшего к старшему биту, незадействованное поле байта дополняется логическими «0».

2.2.4 Команда 06 [0x06] . «Запись одного регистра хранения»**Запрос**

Параметры	Длина, байт	Код/диапазон
Код функции	1	0x01
Адрес регистра	2	0x0000...0xFFFF
Значение регистра	2	0x0000...0xFFFF

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код/диапазон
Код функции	1	0x01
Адрес регистра	2	0x0000...0xFFFF
Значение регистра	2	0x0000...0xFFFF

Особенности:

- в запросе указывается адрес регистров хранения и записываемое значение;
- ответ (при нормальном выполнении запроса) является эхо-копией запроса.

2.2.5 Команда 15 [0x0F]. «Запись нескольких логических ячеек»

2.2.5.1 Команда 15 имеет нижеописанные поля формата пакетов данных:

Запрос

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x15
Начальный адрес	2	0x0000...0xFFFF
Количество логических ячеек (1968)	2	1...7B0
Количество байт	1	N
Значения логических ячеек	N	

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x15
Начальный адрес	2	0x0000...0xFFFF
Количество логических ячеек (1968)	2	1...7B0

Примечание:

N=целая часть от (количество логических ячеек/8), если остаток равен 0;

N=целая часть от (количество логических ячеек/8) +1 в противном случае.

2.2.5.2 Команда 15 имеет следующие особенности:

- в запросе указывается начальный номер логической ячейки (от нуля), количество записываемых логических ячеек, количество байт для упаковки значений логических ячеек и значения логических ячеек в упакованном виде;
- в ответе указывается начальный номер логической ячейки (от нуля) и количество записываемых логических ячеек;
- упаковка значений логических ячеек в байт проводится от младшего бита к старшему, неиспользуемое поле байта заполняется логическими «0».

2.2.6 Команда 16 [0x10]. «Запись нескольких регистров»

2.2.6.1 Команда 16 имеет нижеописанные поля формата пакетов данных:

Запрос

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x10
Начальный адрес	2	0x0000...0xFFFF
Количество регистров (до 123)	2	0x0001...0x007B
Количество байт	1	Nx2
Количество регистров	Nx2	

Примечание: N=количество регистров

Ответ

Параметры	Длина, байт	Код
Код функции	1	0x04
Начальный адрес	2	0x0000...0xFFFF
Количество регистров (до 123)	2	0x0001...0x007B

2.2.6.2 Команда 16 имеет следующие особенности:

- в запросе указывается начальный номер регистра и количество записываемых регистров, зависящее от типа записываемых параметров;
- в запросе содержится байт с удвоенным числом записываемых регистров и регистры записываемых параметров;
- в запросе параметр типа float(4 байта) размещается в 2 регистрах;
- в запросе параметр типа ushort (двухбайтовое беззнаковое целое) размещается в 1 регистре;
- в запросе параметр типа string размещается последовательно по 2 кода символа в регистре;
- в ответе содержится начальный номер регистра и количество записанных регистров, зависящее от типа записанных параметров;
- адреса регистров, доступных по записи, приведены в Таблице 2.

3. ОБРАБОТКА ОШИБОК ПРОТОКОЛА

3.1 При обмене данными возможны ошибки, которые обрабатываются соответствующим образом. Возможные ситуации и реакция протокола приведены ниже.

3.1.1 ТМ принимает запрос, формат запроса корректен и может быть стандартно обработан. ТМ формирует ответ без кода ошибки.

3.1.2 ТМ запроса не принимает, возникновение ошибки по таймауту.

3.1.3 ТМ принимает запрос, формат запроса содержит ошибку (чётность, КС и т.д.). ТМ не формирует ответа, возникновение ошибки по таймауту.

3.1.4 ТМ принимает запрос, формат запроса корректный, но обработка невозможна (неподдерживаемая функция, несуществующий адрес регистра и т.д.). ТМ формирует ответ содержащий признак ошибки (установленный старший бит кода функции) и один из кодов ошибки, описанных в Таблице 3.1.

Таблица 3.1

Код ошибки	Описание ошибки
1	2
01	Принятый код функции не может быть обработан (не поддерживаемый код функции)
02	Адрес регистра данных, указанный в запросе, недоступен
1	2
03	Данные, содержащиеся в поле данных запроса, имеет недопустимый диапазон
06	устройство занято
20	ошибочная длина данных
21	доступ только для чтения

4. АДРЕСАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ

4.1 Адреса параметров и их описание приведены в Таблице 4.1.

Таблица 4.1

HEX-адрес регистра	Обозначение параметра	Тип данных	Доступ	Описание
Регистры хранения (команды: 3, 6, 16)				
00D2	Цифровое обозначение модели	ushort	ЧТ	Цифровое обозначение модели
00D3		ushort		
00D4	Вариант исполнения прибора	ushort	ЧТ	Вариант исполнения прибора
00D5		ushort		
0400	Тип прибора	ushort	ЧТ	Тип прибора: «73» - TM5102 «74» - TM5103 «75» - TM5104
0403	Версия электроники	ushort	ЧТ	Версия электронной части прибора
0404	Версия ПО	ushort	ЧТ	Версия встроенного ПО
0408	Addr	ushort	ЧТ/ЗП	Сетевой адрес – (1...254)
0409	SPd (BaudRate)	ushort	ЧТ/ЗП	Код скорости сетевого обмена: «4» 2,4 kbps «5» 4,8 kbps «6» 9,6 kbps «7» 19,2 kbps «8» 38,4 kbps «9» 57,6 kbps «10» 115,2 kbps

040A	PrtY	ushort	ЧТ/ЗП	Код паритета: «0» - нет (2 стоп-бита) «1» - нечётный «2» - чётный «3» - нет (1 стоп-бит) - для встроенного ПО v.17 и выше
0418	Reset	ushort	ЧТ/ЗП	Перезапуск прибора: «1» - перезапустить
0416	Blink	ushort	ЧТ/ЗП	Мигание индикации: «0» - выключить «1» - включить
0500...051F	Результат измерения (16 каналов)	float	ЧТ	Результат измерения (16 каналов, без указания ошибок)
0520, 0521	Результат измерения, код ошибки, код таймера (16 каналов в регистрах 0520...055F)	float	ЧТ	Результат измерения
0522		ushort		Код ошибки
0523		ushort		Код таймера
0700...071F	SEt1 (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Уставка1
0720...073F	HYS1 (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Гистерезис уставки1
0740...075F	SEt2 (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Уставка2
0760...077F	HYS2 (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Гистерезис уставки2
0780...078F	StYP (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код типа уставок: «0» - нижняя и верхняя «1» - две нижних «2» - две верхних
07F0...07FF	ЮОС (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код номера канала компенсатора холодного спая: «0» - off «1»... «16» - номер канала
0800...081F	ScL (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Минимум шкалы индикации
0820...083F	ScH (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Максимум шкалы индикации
0840...084F	SctP (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код типа шкальной индикации: «0» - одиночный «1» - столбчатый
0850...085F	iCOL (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код цветности основного индикатора: «0» - выкл «1» - auto «2» - зеленый «3» - желтый (оранжевый) «4» - красный
0860...086F	SEnS (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Тип датчика: «0» - Cu85 «1» - Cu65 «2» - Cu81 «3» - Cu61 «4» - PtH5 «5» - PtH1 «6» - Ptb1

				«7» - ni1 «8» - Gr21 «9» - Gr23 «10» - tc.H «11» - tc.L «12» - tc.S «13» - tc.r «14» - tc.b «15» - tc.A1 «16» - tc.A2 «17» - tc.A3 «18» - tc.J «19» - tc.t «20» - tc.n «21» - tc.E «22» - i05 «23» - i020 «24» - i420 «25» - U100 «26» - U75 «27» - r320
0880...088F	InPC (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код типа математической операции: «0» - OFF «1» - (канал 1 – канал 2) «2» - (канал 1+канал 2)/2 «3» - (канал 1+ канал 2) «4» - (канал 1 * канал 2) «5» - канал 1 «6» - канал1/канал2 (v.17 ПО и выше)
0890...089F	InC1 (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Первый канал для математической операции
08A0...08AF	InC2 (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Второй канал для математической операции
08B0...08CF	SHFn (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Смещение характеристики
08D0...08EF	GAin (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Наклон характеристики
08F0...08FF	PrcS (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Кол-во знаков после запятой
0900...090F	nSu (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Кол-во усреднений
0910...092F	brdL (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Нижний предел обрыва датчика
0930...094F	brdH (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Верхний предел обрыва датчика
0980...098F	Sil (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Граница линеаризации квадратного корня
0990...09AF	rES0 (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Сопротивление ТС в 0С
09B0...09CF	rESL (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Сопротивление линии связи ТС
09D0...09DF	Lc (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код типа схемы подключения ТС: «0» - трёхпроводная схема «1» - двухпроводная

09E0...09FF	IdPL (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Нижний предел диапазона преобразования
0A00...0A1F	IdPH (16 каналов)	float	ЧТ/ЗП	Верхний предел диапазона преобразования
0A20...0A2F	JCt (16 каналов)	ushort	ЧТ/ЗП	Код типа компенсатора: «0» - Cu85 «1» - Cu65 «2» - Cu81 «3» - Cu61 «4» - PtH5 «5» - PtH1 «6» - Ptb1 «7» - ni1 «8» - Gr21 «9» - Gr23
0C00	PASS	ushort	ЧТ/ЗП	Пароли: Доступ к уставкам Доступ к конфигурации
0C01	PASS	ushort	ЧТ/ЗП	
040E...0415	TEXT	ushort	ЧТ/ЗП	
0A50		ushort	ЧТ/ЗП	Кол-во точек полиномиальной аппроксимации
0A51...0A66	B0, A0, A1, ...A9	float	ЧТ/ЗП	Коэффициенты полиномиальной аппроксимации результата измерения $\text{ИНД} = \sum_{i=0}^9 A_i \times \left(\frac{D}{B_0}\right)^i$ где ИНД – число на индикаторе D – результат измерения
0D30...0D6F	Коды конфигурации реле	ushort	ЧТ/ЗП	Блок конфигурации реле 128 байтов конфигурации
0D00	rL	ushort	ЧТ/ЗП	Код блока конфигурации реле: «0» - USER (таблица пользователя) «1» - TM5102 (типовая настройка) «2» - TM5103 (типовая настройка) «3» - TM5104 (типовая настройка)
0D10...0D17	nSP1...nSP8	ushort	ЧТ/ЗП	Мажоритарная схема для реле 1...8
0D20...0D27	trL1...trL8	ushort	ЧТ/ЗП	Таймеры реле 1...8
0EE0	TimeDate	ushort	ЧТ/ЗП	Дата и время в объединённом битовом поле двух регистров (начиная с младшего бита младшего байта): секунды – (биты 0...5 - значения 0...59) минуты – (биты 6...11 - значения 0...59) часы - (биты 12...16, значения 0...23) число – (биты 17...21, значения 0...30) – дни 1...31 месяц – (биты 22...25, значения 0...11) - месяцы январь...декабрь
0EE1		ushort		

				год – (биты 26...31, значения 0...63) годы 2000...2063		
0EE2		ushort	ЧТ/ЗП	Значение регистра	Корректируемый диапазон ухода часов, ppm	
					min	max
				0	-2.17	+2.17
				1	+2.18	+6.51
				2	+6.52	+10.85
				3	+10.86	+15.19
				4	+15.20	+19.53
				5	+19.54	+23.87
				6	+23.88	+28.21
				7	+28.22	+32.55
				8	+32.56	+36.89
				9	+36.90	+41.23
				10	+41.24	+45.57
				11	+45.58	+49.91
				12	+49.92	+54.25
				13	+54.26	+58.59
				14	+58.60	+62.93
				15	+62.94	+67.27
				16	+67.28	+71.61
				17	+71.62	+75.95
				18	+75.96	+80.29
				19	+80.30	+84.63
				20	+84.64	+88.97
				21	+88.98	+93.31
				22	+93.32	+97.65
				23	+97.66	+101.99
				24	+102.00	+106.33
				25	+106.34	+110.67
				26	+110.68	+115.01
				27	+115.02	+119.35
				28	+119.36	+123.69
				29	+123.70	+128.03
				30	+128.04	+132.37
				31	+132.38	+136.71
				32 (недопустимое значение)	–	–
				33	-2.18	-6.51
				34	-6.52	-10.85
				35	-10.86	-15.19
				36	-15.20	-19.53
				37	-19.54	-23.87
				38	-23.88	-28.21
				39	-28.22	-32.55
				40	-32.56	-36.89
				41	-36.90	-41.23
				42	-41.24	-45.57
				43	-45.58	-49.91

			44	-49.92	-54.25
			45	-54.26	-58.59
			46	-58.60	-62.93
			47	-62.94	-67.27
			48	-67.28	-71.61
			49	-71.62	-75.95
			50	-75.96	-80.29
			51	-80.30	-84.63
			52	-84.64	-88.97
			53	-88.98	-93.31
			54	-93.32	-97.65
			55	-97.66	-101.99
			56	-102.00	-106.33
			57	-106.34	-110.67
			58	-110.68	-115.01
			59	-115.02	-119.35
			60	-119.36	-123.69
			61	-123.70	-128.03
			62	-128.04	-132.37
			63	-132.38	-136.71

Адреса логических ячеек (команды: 1, 5, 15)

04F0	Pull		ЧТ/ЗП	Смещающее напряжение линии интерфейса RS-485: «0» - выключить «1» - включить
0950...095F	Sqr (16 каналов)		ЧТ/ЗП	Код включения корнеизвлечения: «0» - выключить «1» - включить
0960...096F	CutE (16 каналов)		ЧТ/ЗП	Код включение тестирования: «0» - выключить тестирование «1» - включить тестирование
0970...097F	ZSqr (16 каналов)		ЧТ/ЗП	Код способа вычисления квадратного корня при отрицательных значениях: «0» - использовать модуль подкоренного выражения «1» - включить обнуление
0AF0...0AFF	InPE (16 каналов)		ЧТ/ЗП	Временное отключение каналов: «0» - выключить канал «1» - включить канал

Примечания к содержимому столбца «Тип» Таблицы 4.1:

- **hex** – шестнадцатиричное представление параметра;
- **string** – строка, находящаяся в последовательных регистрах и представляющая собой байтовую последовательность символов в кодировке Win-1251 (пример приведен ниже в Таблице 5);
- **ushort** – двухбайтовое беззнаковое целое, расположенное в одном регистре;
- **float** – четырехбайтовое число с плавающей запятой и знаком, расположенное в двух регистрах, байты числа в посылке размещаются последовательно 1-4 байт в двух регистрах, причём первый байт старший, а последний младший, представление числа (знак, экспонента, мантисса) согласно стандарта IEEE 754. Считывание параметра должно происходить из всех регистров (содержащих этот параметр) за одну операцию чтения. Количество считываемых регистров за одну операцию чтения должно быть кратно количеству регистров в одном параметре.

5. ОБРАБОТКА ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ ТМ

5.1 При измерениях ТМ, возможно возникновение ошибок, связанных с неисправностью или ошибочным подключением первичного преобразователя, ошибками конфигурации ТМ, или неисправностью ТМ.

5.2 Код ошибки можно получить при считывании результатов измерения начиная с адреса 0520h (количество считанных регистров должно быть кратно 4, т.е. измеренное значение, код ошибки, и код внутреннего счетчика должны быть считаны за одну операцию).

5.3 Код ошибки находится после измеренного значения (для канала1 - регистр 0522h, для канала2 - регистр 0526h и т.д.). Коды ошибок и их описания приведены ниже в Таблице 4.2

Таблица 4.2

Код ошибки измерения	Описание ошибки
1	2
1	Обрыв в цепи датчика
2	Деление на ноль или результат выходит за разрядную сетку
3	Несуществующий номер канала
4	Ошибка чтения памяти параметров
5	Ошибка записи памяти параметров
6	Нет результата
8	Переполнение (верх)
10	Неизвестна температура холодного спая ТП
11	Ошибка чтения данных из АЦП
12	Ошибка измерения напряжения на входе
13	Переполнение (низ)
14	Неизвестный тип датчика
15	Ошибка данных памяти параметров
16	Ошибочный номер параметра
17	Ошибочное значение параметра
19	Внутренняя ошибка АЦП
21	Неизвестный тип вторичной обработки
22	Ошибка в параметрах вторичной обработки

