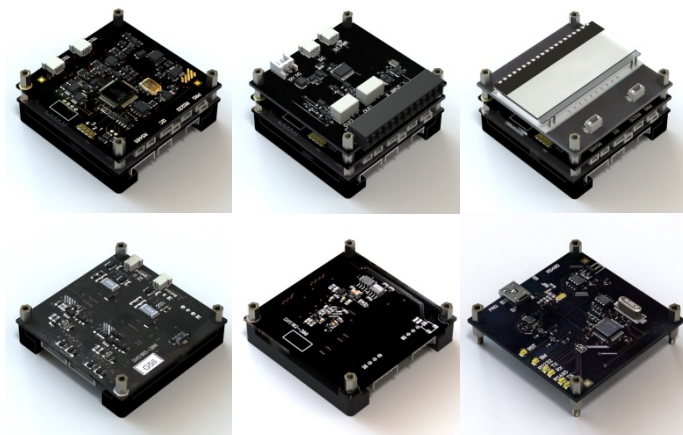




ООО ПЛ Инжиниринг

# Термоэлектрический Контроллер DX5100 Руководство пользователя

## СИСТЕМА КОМАНД



Москва, 2017  
версия 3.13



## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ПРОТОКОЛ ОБМЕНА                                                                     | 7  |
| 1.1. Интерфейсы RS-485 и RS-232                                                        | 7  |
| 1.2. Протокол WAKE                                                                     | 8  |
| 1.3. Структура буфера передачи/приема данных                                           | 12 |
| 1.3.1. Бинарный режим WAKE                                                             | 13 |
| 1.3.2. Символьный режим WAKE                                                           | 15 |
| 1.3.3. Подключение                                                                     | 15 |
| 2. СИСТЕМА КОМАНД                                                                      | 20 |
| 1.4. Выполнение команд                                                                 | 20 |
| 1.5. Статус устройства                                                                 | 21 |
| 1.6. Таблица команд                                                                    | 22 |
| 1.7. Описание команд                                                                   | 24 |
| 1.7.1. Передать эхо                                                                    | 24 |
| 1.7.2. Передать идентификатор устройства                                               | 25 |
| 1.7.3. Передать версию микропрограммы прибора                                          | 25 |
| 1.7.4. Передать информацию об устройстве                                               | 26 |
| Записать информацию в прибор                                                           | 26 |
| 1.7.5. Установить сетевой адрес                                                        | 26 |
| 1.7.6. Установить статус телеметрии                                                    | 27 |
| 1.7.7. Передать параметры, сохраняемые во FLASH<br>(резервное копирование)             | 30 |
| 1.7.8. Записать параметры, сохраняемые во FLASH<br>(восстановление из резервной копии) | 30 |
| 1.7.9. Операции с шиной I2C                                                            | 31 |
| 1.7.10. Управление программами во времени                                              | 32 |
| 1.7.11. Передать строку телеметрии                                                     | 34 |
| 1.7.12. Критерий сигнализации выхода на уставку                                        | 35 |
| 1.7.13. Статус устройств в системе                                                     | 35 |
| 1.7.14. Присвоение интерфейсу статуса командного                                       | 37 |
| 1.7.15. Разрешение цифрового вывода                                                    | 37 |
| 1.7.16. Управление цифровым вводом                                                     | 38 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.8. Команды работы с АЦП                                               | 39 |
| 1.8.1. Аппаратная калибровка АЦП                                        | 39 |
| 1.8.2. Калибровка АЦП                                                   | 40 |
| 1.8.3. Запись калибровочных коэффициентов АЦП                           | 40 |
| 1.8.4. Запись коэффициента фильтра АЦП                                  | 41 |
| 1.8.5. Передать коэффициенты канала АЦП                                 | 41 |
| 1.8.6. Передать регистры смещения канала АЦП                            | 42 |
| 1.8.7. Запуск измерения канала АЦП                                      | 42 |
| 1.8.8. Измерения одного канала АЦП                                      | 43 |
| 1.8.9. Маска на каналы АЦП                                              | 44 |
| 1.8.10. Коэффициент усиления канала АЦП                                 | 45 |
| 1.8.11. Коэффициенты термистора                                         | 45 |
| 1.8.12. Передать коэффициенты термистора                                | 47 |
| 1.8.13. Сохранить текущие настройки входа термистора                    | 48 |
| 1.8.14. Восстановить настройки входа термистора                         | 48 |
| 1.8.15. Сохранить таблицу настроек (backup)                             | 49 |
| 1.8.16. Восстановить таблицу настроек (backup)                          | 49 |
| 1.9. Команды работы с ЦАП                                               | 50 |
| 1.9.1. Установка ЦАП в вольтах                                          | 50 |
| 1.9.2. Установка ЦАП непосредственно                                    | 51 |
| 1.9.3. Записать калибровочных коэффициентов ЦАП                         | 52 |
| 1.9.4. Передать коэффициенты преобразования и максимальные значения ЦАП | 52 |
| 1.9.5. Записать максимальное допустимое напряжение                      | 53 |
| 1.9.6. Напряжение при Т-регулировании                                   | 53 |
| 1.10. Команды работы с ПИД                                              | 54 |
| 1.10.1. Установка полярности ТЭО                                        | 54 |
| 1.10.2. Записать параметры ПИД регулятора                               | 54 |
| 1.10.3. Передать параметры ПИД регулятора                               | 54 |
| 1.10.4. Установка тока термистора                                       | 55 |
| 1.10.5. Передать уставки ПИД-регулятора                                 | 56 |
| 1.10.6. Запуск регулирования                                            | 56 |

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| 1.10.7. Параметры выхода ПИД-регулятора          | 57 |
| 1.10.8. Запуск Z-метра                           | 58 |
| 1.10.9. Записать параметры Z-метрии              | 59 |
| 1.10.10. Ток Z-метра                             | 59 |
| 1.10.11. Запуск регулирования после перезагрузки | 60 |
| 1.10.12. Записать предельные температуры         | 61 |
| 1.10.13. Передать предельные температуры         | 61 |
| 1.10.14. Передать результаты Z-метрии            | 62 |
| 1.10.15. Передать параметры Z-метрии             | 63 |
| 1.10.16. Автонастройка ПИД                       | 63 |
| 1.10.17. Сброс контроллера                       | 64 |
| 1.10.18. Управление модулем индикации            | 64 |



## 1. ПРОТОКОЛ ОБМЕНА

### 1.1. Интерфейсы RS-485 и RS-232

В контроллере реализованы два физических интерфейса RS-485 и RS-232.

Оба интерфейса являются последовательными и используют следующие настройки:

|                                 |                      |
|---------------------------------|----------------------|
|                                 | 9600                 |
|                                 | 19200 (по умолчанию) |
| Возможная скорость обмена (Бод) | 38400                |
|                                 | 57600                |
|                                 | 115200               |
| Биты данных                     | 8                    |
| Четность                        | нет                  |
| Стоповые биты                   | 1                    |
| Управление потоком              | нет                  |

В качестве программного протокола обмена используется протокол «WAKE».

Один из интерфейсов используется для управления термоэлектрическим (ТЭ) контроллером (подача команд и прием ответных кадров). Т.е. WAKE протокол может функционировать на любом из названных интерфейсов. Для определенности будем называть интерфейс, по которому работает WAKE- **командным** интерфейсом.

Протокол WAKE предполагает полудуплексный обмен – это не дает возможности прибору выводить информацию по своей инициативе по командному интерфейсу. Для этой цели (выдачи телеметрической информации по инициативе прибора) используется другой интерфейс (на котором не работает WAKE).

Таким образом, каждый из реализованных в контроллере интерфейсов может быть командным.

Интерфейс, не являющийся командным, используется для выдачи телеметрии. Выдача телеметрии ведется в символьном виде. Следовательно, для отображения и сохранения передаваемой прибором информации можно воспользоваться любой соответственно настроенной терминальной программой.

Интерфейс RS-485 поддерживает сетевую топологию, что позволяет подключить к одной шине RS-485 до 32 устройств. Физической средой передачи сигналов в шине RS-485 является витая пара. Физическая реализация протокола RS-485 предполагает полудуплексный режим обмена по шине.

Прибор – всегда ведомый. На каждый принятый кадр он посылают один ответный.

Принимаемый ведомыми пакет WAKE далее будем называть «командным», кадр ответа – «информационным».

## 1.2. Протокол WAKE

Протокол WAKE является логическим уровнем интерфейса управления оборудованием с помощью асинхронного последовательного канала. Физический уровень интерфейса протоколом не определяется, может использоваться, например, RS-232 или RS-485. Протокол позволяет производить обмен пакетами данных (data frames) длиной до 255 байт с адресуемыми устройствами, которых может быть до 127. В описываемом контроллере суммарная длина пакета ограничена 64 байтами.

Основой протокола WAKE является протокол SLIP (UNIX™ Serial Link Interface Protocol).

Передача данных осуществляется в двоичном виде, т.е. используются все возможные значения байта (00h...FFh).

Для передачи служебной информации зарезервированы два кода: FEND = C0h (Frame End) и FESC = DBh (Frame Escape).

Управляющий код FEND служит для обозначения начала посылки, а код FESC служит для передачи ESC-последовательностей.

Если в потоке данных встречаются байты, значения которых совпадают с управляющими кодами, производится подмена этих байт ESC-последовательностями. Такой механизм называют байт-стаффингом (byte stuffing).

Код FEND заменяется последовательностью <FESC>, <TFEND>, а код FESC – последовательностью <FESC>, <TFESC>, где TFEND = DCh (Transposed FEND), TFESC = DDh (Transposed FESC). Коды TFEND и TFESC являются управляющими только в ESC-последовательностях, поэтому при передаче данных они в подмене не нуждаются.

*Таблица 1. Управляющие коды протокола WAKE*

| Обозначение | Пояснение               | HEX-значение |
|-------------|-------------------------|--------------|
| FEND        | Frame End               | C0h          |
| FESC        | Frame Escape            | DBh          |
| TFEND       | Transposed Frame End    | DCh          |
| TFESC       | Transposed Frame Escape | DDh          |

*Таблица 2. Подмена байт данных ESC-последовательностями*

| Байт данных | Передаваемая последовательность |
|-------------|---------------------------------|
| C0h         | DBh, DCh                        |
| DBh         | DBh, DDh                        |

Структура пакета WAKE следующая: пакет всегда начинается управляющим кодом FEND (C0h). Затем следует необязательный байт адреса, после которого идет байт команды. За ним следует байт количества данных и собственно байты данных. Завершает пакет необязательный байт контрольной суммы CRC-8.

*Таблица 3. Структура пакета WAKE*

|      |      |     |   |       |     |       |     |
|------|------|-----|---|-------|-----|-------|-----|
| FEND | ADDR | CMD | N | Data1 | ... | DataN | CRC |
|------|------|-----|---|-------|-----|-------|-----|

**FEND:** Управляющий код FEND (C0h) является признаком начала пакета. Благодаря стаффингу, этот код больше нигде в потоке данных не встречается, что позволяет в любой ситуации однозначно определять начало пакета.

**<ADDR>:** Байты адреса используются для адресации отдельных устройств. Для того чтобы можно было однозначно установить, адресом или командой является второй и третий байты пакета, введены некоторые ограничения. Для адресации используется 7 бит, а старший бит, передаваемый вместе с адресом, должен всегда быть установлен.

|        | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| ADDR = | 1  | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 |

Иногда возникает необходимость передать какую-то команду или данные сразу всем устройствам. Для этого предусмотрен коллективный вызов (broadcast), который осуществляется путем передачи нулевого адреса (учитывая единичный старший бит, в этом случае передаваемый байт равен 80h).

Передача в пакете нулевого адреса полностью аналогична передаче пакета без адреса. Поэтому при реализации протокола можно автоматически исключать нулевой адрес из пакета.

Учитывая разрядность адреса и один зарезервированный адрес для коллективного вызова, максимальное количество адресуемых устройств одного типа составляет 127.

Если возникает необходимость передать значение адреса 40h или 5Bh (передаваемый байт в этом случае будет равен C0h или DBh), то производится стаффинг, т.е. передача ESC-последовательности (см. таблицу 2).

Устройства с такими адресами требуют большей на один байт длины пакета. Это может быть заметно в тех случаях, когда используются короткие пакеты. В таких случаях следует избегать назначения устройствам названных адресов.

**CMD:** Байт команды всегда должен иметь нулевой старший бит.

|       | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CMD = | 0  | C6 | C5 | C4 | C3 | C2 | C1 | C0 |

Код команды занимает 7 бит, что позволяет передавать до 128 различных команд.

Коды команд выбираются произвольно в зависимости от нужд приложения.

Поскольку код команды всегда имеет нулевой старший бит, этот код никогда не совпадает с управляющими кодами. При передаче команды стаффинг никогда не производится

**N:** Байт количества данных имеет значение, равное количеству передаваемых байт данных.

Код количества данных занимает 8 бит, в результате один пакет может содержать до 255 байт данных. Значение N не учитывает служебные байты пакета FEND, ADDR, CMD, N и CRC. В результате стаффинга фактическая длина пакета может возрасти. Значение N **не** учитывает этот факт и отражает количество полезных байт данных (т.е. значение N всегда таково, как будто стаффинг не осуществляется).

Если передаваемая команда не имеет параметров, то передается N = 00h и байты данных опускаются.

Если возникает необходимость передать значение N, равное C0h или DBh, то производится стаффинг, т.е. передача ESC-последовательности (см. таблицу 2). Однако при таких больших значениях N длина пакета столь велика, что его удлинение еще на один байт практически незаметно.

**Data1...DataN:** Байты данных, количество которых определяется значением N. При N = 00h байты данных отсутствуют. Байты данных могут иметь любое значение, кроме FEND (C0h) и FESC (DBh). Если возникает необходимость передать одно из этих значений, то производится стаффинг, т.е. передача ESC-последовательности (см. таблицу 2), состоящей из управляющего кода FESC и кода TFEND (TFESC).

В контроллер в поле данных командного кадра передаются параметры команды.

Поле данных информационного кадра содержит сформированный прибором ответ.

В контроллере байты данных представляют собой ASCII символы. Таким образом, все поле данных можно рассматривать как символьную строку.

**CRC:** Байт контрольной суммы CRC-8. Может отсутствовать в некоторых реализациях протокола. Контрольная сумма CRC-8 рассчитывается перед операцией стаффинга для всего пакета, начиная с байта FEND и заканчивая последним байтом данных. Если в пакете передается адрес, то при вычислении контрольной суммы используется его истинное значение, т.е. единичный старший бит не учитывается.

Для расчета контрольной суммы используется полином  $CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1$ .

**Значение CRC перед вычислением инициализируется числом DEh.** При передаче значения байта контрольной суммы C0h и DBh заменяются ESC-последовательностями (см. таблицу 2).

### 1.3. Структура буфера передачи/приема данных

Структура поля данных кадра (Data1...DataN) реализованного протокола для всех команд имеет общие черты.

Каждая команда (командный кадр) вызывает ответ (информационный кадр).

В каждом **командном кадре** есть два (первых) байта, которые обозначают следующее.

Первый байт является идентификатором типа устройства и расширением поля адресации. Устройство на шине воспринимает командный кадр, как посланный ему, если адрес байта и идентификатора совпадают с адресом устройства.

При широковещательной передаче идентификатор, как и адрес, принимается равным нулю. Описываемому устройству присвоен идентификатор типа 2.

Второй байт зарезервирован для дальнейших применений и в контроллере не используется.

В каждом информационном кадре имеются два (последних) байта статуса прибора. Байты статуса должны интерпретироваться как совокупность битов, каждый из которых сигнализирует о возникновении какого-либо события. Соответствие битов статуса событиям будет описано ниже.

В качестве примера параметров, поле данных может содержать следующие типы данных.

|               | Биты | Байты | Диапазон значений                                     |
|---------------|------|-------|-------------------------------------------------------|
| unsigned char | 8    | 1     | 0 — 255                                               |
| unsigned int  | 16   | 2     | 0 — 65535                                             |
| unsigned long | 32   | 4     | 0 — 4294967295                                        |
| float         | 32   | 4     | $\pm 1.175494\text{E}-38$ — $\pm 3.402823\text{E}+38$ |

В этой системе команд не используются целые со знаком, хотя в общем случае они могут быть использованы.

Кроме типов, приведенных в таблице, поле данных может содержать символьную строку, завершающуюся нулем (0x00).

Поддерживаются два вида полей данных: символьные и бинарные (соответствующие режимам WAKE).

### 1.3.1. Бинарный режим WAKE

Целочисленные типы данных задаются последовательностью байтов числом, указанным в таблице ниже. Верхние байты следуют первыми.

Номер 7459 хранится в виде шестнадцатеричного значения 0x1D23. В памяти это значение выглядит следующим образом:

|            |      | Address+0 | Address+1 | Address+2 | Address+3 |
|------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Содержимое | int  | 0x1D      | 0x23      | -         | -         |
| Содержимое | long | 0x00      | 0x00      | 0x1D      | 0x23      |

Число с плавающей запятой выражается в виде произведения двух частей: мантиссы и степени двойки, например:

$$\pm \text{mantissa} \times 2^{\text{exponent}}$$

Мантисса представляет собой фактический двоичный разряд числа с плавающей запятой.

Степень двух представлена экспонентой (exponent). Сохраненная форма показателя - это 8-битное значение от 0 до 255. Фактическое значение показателя рассчитывается путем вычитания 127 от сохраненного значения (от 0 до 255), что дает диапазон от -127 до 128.

Мантисса представляет собой 24-битное значение (что составляет около семи десятичных цифр), в котором старший бит (MSB) всегда равен 1, и, следовательно, не сохраняется. Существует также знаковый бит, определяющий знак числа с плавающей запятой.

Числа с плавающей запятой хранятся на границах байтов в следующем формате:

|            | Address+0 | Address+1 | Address+2 | Address+3 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Содержимое | SEEE      | EMMM      | MMMM      | MMMM      |
| е          | EEEE      | MMMM      | MMMM      | MMMM      |

где

S    знаковый бит, где 1 значит отрицательный и 0 - положительный.

E    показатель со смещением 127.

M    24-разрядная мантисса (хранится в 23 битах).

Нуль есть особое значение с показателем 0 и мантиссой 0.

Используя приведенный выше формат, число с плавающей запятой -12,5 хранится в виде шестнадцатеричного значения 0xC1480000. В памяти это значение выглядит следующим образом:

|            | Address+0 | Address+1 | Address+2 | Address+3 |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Содержимое | 0xC1      | 0x48      | 0x00      | 0x00      |

### 1.3.2. Символьный режим WAKE

В символьном режиме поле Data1 ... DataN рассматривается как список параметров, в символьном виде, разделенных друг от друга пробелом. Первые два байта командного кадра и последние два байта информационного кадра не разделены.

Целочисленные параметры могут быть как в десятичном, так и в шестнадцатеричном формате. В шестнадцатеричной форме каждый ниббл (тетрада) имеет следующий вид:

'0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F'.

Пара смежных символов соответствует байту, записанному в шестнадцатеричной системе счисления.

Таким образом, из сказанного следует, что для успешного соединения должен быть выбраны с устройством надлежащий командный интерфейс, режим (символ или бинарный) и скорость обмена.

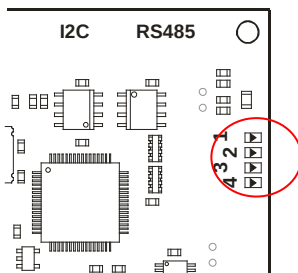
### 1.3.3. Подключение

Устройство можно настроить на различные скорости коммуникации. Каждый из интерфейсов может быть командным. Формат данных WAKE может быть либо символьным, либо двоичным (бинарным).

В течение 1 секунды после включения устройства, фотодиоды отображают скорость обмена через интерфейсы и режим WAKE, как показано ниже.

На цифровой плате управления имеются четыре светодиода (LED 1...LED 4).

Сразу после включения устройства, в течение 1 секунды, светодиоды отображают скорость обмена курс на каждом интерфейсе и режим WAKE согласно таблице:



| WAKE        | BIN  |      |      |      |      | SYM  |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rate (baud) | 9600 | 1920 | 3840 | 5760 | 1152 | 9600 | 1920 | 3840 | 5760 | 1152 |
| LED 1       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| LED 2       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| LED 3       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| LED 4       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

 погашен.  
 светится.

Кроме того, после включения, устройство выводит информационную строку в формате, указанном в таблице ниже. Строка выводится в интерфейс RS232, а также в интерфейс RS485 (если он не командный).

Вывод осуществляется со скоростью, на которую устройство настроено.

TEC контроллер NetAdr= hh DevId=0200 WAKE-RS 485 -SYM  
1 2 3

1 Сетевой адрес устройства-01(по умолчанию)...7F

|                     |                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------|
| Командный интерфейс |                                                         |
| 2                   | <i>RS232 (по умолчанию)</i><br><i>RS485</i>             |
| 3                   | Формат данных WAKE<br><i>BIN (по умолчанию) или SYM</i> |

Эта информация может быть использована в случае, если есть трудности при соединении с устройством.

Если происходит подключение к интерфейсу, который на данный момент не командный, устройство не будет сразу же готово к работе. Чтобы придать подключенному интерфейсу статус командного для текущей сессии, необходимо послать последовательность символов «\$&%» на соответствующий COM-порт.

При получении этой последовательности по некомандному интерфейсу переключает устройство в режим приема команд через этот интерфейс. Данная последовательность символов может быть передана с помощью любой терминальной программы. Также можно вывести ее по команде 02h - «Transfer an echo».

|                   |                                                                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 02    __@\$&%__   |                                                                                                             |
| 1                 | 2                                                                                                           |
| 1                 | Код команды hex                                                                                             |
| Символьная строка |                                                                                                             |
| 2                 | Переключает прием команд на интерфейс, по которому эта команда принята. Ответ на эту команду не посылается. |

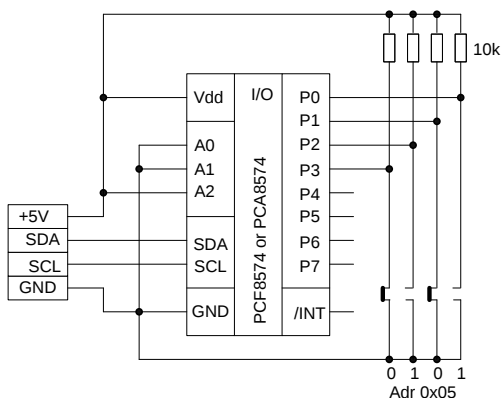
Протокол WAKE будет и далее работать через интерфейс, по которому эта команда прибыла. Тем не менее, после выключения и повторного включения устройства, командным интерфейсом снова будет тот, что установлен командой 4Bh.

Начиная с версии 3 программного обеспечения, существует возможность задать адрес контроллера не программированием командой, а извне.

Наличие устройства под номером 05 (для команды 0x44) на шине I2c позволяет задать адрес контроллера на шине RS-485. Этим устройством должна быть микросхема PCA8574 or PCF8574 - Remote 8-bit I/O expander for I2C-bus with interrupt. Адресные входы этой микросхемы должны быть A0=0, A1=0, A2=1. В этом случае младшие четыре разряда ввода данных интерпретируются как адрес контроллера в сети RS-485. Адрес нужно сформировать подачей соответствующих сигналов на ножки микросхемы. Наличие микросхемы проверяется сразу после включения контроллера.

|    |                                            |
|----|--------------------------------------------|
| P3 | разряд D3 адреса контроллера в сети RS-485 |
| P2 | разряд D2 адреса контроллера в сети RS-485 |
| P1 | разряд D1 адреса контроллера в сети RS-485 |
| P0 | разряд D0 адреса контроллера в сети RS-485 |

Заданный таким образом адрес имеет приоритет перед адресом заданным командой 07.



Старшие разряды этой микросхемы могут использоваться, например, для управления светодиодами. При этом следует младшие разряды всегда устанавливать в высокий уровень.

## 2. СИСТЕМА КОМАНД

### 1.4. Выполнение команд

Выполнение команды происходит при условиях:

- Совпадение адреса прибора, передаваемого в поле ADDR, с адресом прибора, принимающего пакет или ADDR=0x00 (широковещательная передача). Если интерфейс RS-232 используется в качестве командного, значение поля ADDR могут не совпадать с сетевым адресом устройства.
- Совпадение идентификатора прибора, передаваемого в блоке данных, с идентификатором прибора, принимающего пакет.
- Не нарушен формат команды и значения параметров не выходят за допустимые пределы.

При описании команд будет указан код (номер) команды и ее параметры. При этом используются следующие сокращения и обозначения:

№ - номер АЦП или номер канала ТЭО (ПИД регулятора) или номер ЦАП.

Номера АЦП и соответствующие измеряемые параметры представлены в таблице:

|   |                    |
|---|--------------------|
| 0 | Напряжение питания |
| 1 | Напряжение TEC1    |
| 2 | Напряжение TEC2    |
| 3 | Ток TEC1           |
| 4 | Ток TEC2           |
| 5 | Температура TEC1   |
| 6 | Температура TEC2   |

Номер канала ТЕС и номер ЦАП могут принимать значения «0» или «1».

Следующие сокращения используются для описания параметров в зависимости от их типа:

|    |               |                                        |
|----|---------------|----------------------------------------|
| uc | unsigned char | Целое десятичное число                 |
| ud | unsigned int  | Целое десятичное число                 |
| ul | unsigned long | Целое десятичное число                 |
| e  | float         | Число с плавающей запятой              |
| f  | float         | Число с плавающей запятой              |
| s  | string        | Строка символов                        |
| h  | hex           | Шестнадцатеричное число (0...9, A...F) |

Для символьного режима эти сокращения определяют вид и форму параметров. В двоичном режиме - только вид параметров. Цифра после «e» и «f» указывает на количество цифр после запятой.

### 1.5. Статус устройства

Значения бит младшего (последнего) байта статуса:

|      |                                                     |
|------|-----------------------------------------------------|
| 0x01 | Ошибка EEPROM                                       |
| 0x02 | Неизвестная команда                                 |
| 0x04 | Нет готовых данных для телеметрии (ответа)          |
| 0x08 | Слишком долго не падает напряжение ТЭО при Z-метрии |
| 0x10 | Ошибка в параметрах либо формате команды            |
| 0x20 | Переполнение буфера приема RS-232                   |
| 0x40 | Переполнение буфера приема RS-485                   |
| 0x80 | Ошибка напряжения питания                           |



**Внимание!** Появление ошибки напряжения питания (0x08) сопровождается отключением преобразователей напряжения. Ошибка остается

*даже после возвращения напряжения в допустимые пределы  $12 \pm 10\%$ .*

Значения бит старшего байта статуса:

|      |                                                 |
|------|-------------------------------------------------|
| 0x01 | Выход температуры ТЭО1 за установленные пределы |
| 0x02 | Выход температуры ТЭО2 за установленные пределы |
| 0x04 | Температура ТЭО1 в пределах уставки             |
| 0x08 | Температура ТЭО2 в пределах уставки             |
| 0x10 | Выполнение команды прервано                     |

## 1.6. Таблица команд

| Мнемоника         | Код  | Параметры              | Описание                                                                       | Инф.кадр                   |
|-------------------|------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Системные команды |      |                        |                                                                                |                            |
| CMD_ECHO          | 0x02 | s                      | // передать эхо                                                                | s                          |
| CMD_INFO          | 0x03 |                        | // передать идентификатор устройства                                           | hhhh                       |
| CMD_GetVer        | 0x04 |                        | // передать версию микропрограммы прибора                                      | s                          |
| CMD_GetInfo       | 0x05 |                        | // передать информацию об устройстве                                           | s                          |
| CMD_SetInfo       | 0x06 | s                      | // записать информацию об устройстве                                           |                            |
| CMD_SetAdr        | 0x07 | uc                     | // установить сетевой адрес                                                    | uc                         |
| CMD_StTel         | 0x40 | uc hh hh               | // установить статус телеметрии                                                | hh hh                      |
| CMD_get_PRM       | 0x41 |                        | // передать параметры, сохраняемые во FLASH, (резервное копирование)           |                            |
| CMD_set_PRM       | 0x42 |                        | // принять параметры, сохраняемые во FLASH (восстановление из резервной копии) |                            |
| CMD_I2C           | 0x44 | uc hh hhhh hh          | // операции с I2C шиной                                                        | hh hh hh hh<br>hh hh hh hh |
| CMD_Prog_T        | 0x45 | uc uc uc f ud<br>hh uc | // Управление программами изменения по времени                                 | uc uc uc f2<br>ud hh uc    |
| CMD_get_Tel       | 0x46 |                        | // передать строку телеметрии                                                  |                            |
| CMD_Krt_OK        | 0x49 | № uc uc f              | // критерий сигнализации выхода на уставку                                     |                            |
| CMD_St_HW         | 0x4a |                        | // статус устройств в системе                                                  | hh hh hh                   |

| Мнемоника            | Код  | Параметры | Описание                                                         | Инф.кадр             |
|----------------------|------|-----------|------------------------------------------------------------------|----------------------|
| CMD_Infs_Wk          | 0x4b | uc uc uc  | // присвоение статуса устройству                                 |                      |
| CMD_Dig_Out          | 0x4d | uc        | // разрешение цифрового вывода                                   | uc                   |
| CMD_Dig_In           | 0x4e | uc hh     | // управление цифровым вводом                                    | uc hh                |
| Команды работы с АЦП |      |           |                                                                  |                      |
| CMD_ClbrADC          | 0x10 | № uc      | // аппаратная калибровка АЦП                                     | hh hh                |
| CMD_ClbrK_AD<br>C    | 0x11 | № f       | // калибровка АЦП (расчет калибровочных коэффициентов АЦП)       |                      |
| CMD_Wr_K_AD<br>C     | 0x12 | № e       | // запись калибровочных коэффициентов АЦП                        |                      |
| CMD_Kfiltr           | 0x13 | № uc      | // запись коэффициента фильтра АЦП                               |                      |
| CMD_AskKADC          | 0x14 | №         | // передать коэффициент преобразования и коэффициент фильтра АЦП | hh e6 uc hh          |
| CMD_AskOfst          | 0x15 | №         | // передать регистры смещения АЦП                                | hh hh hh hh          |
| CMD_StartADC         | 0x16 | №         | // запуск измерения канала АЦП                                   | hh hhhhhhhh<br>e6 e6 |
| CMD_Only_1           | 0x17 | № 1/0     | // измерения одного канала АЦП (скоростное измерение)            | hh                   |
| CMD_Sever            | 0x18 | hh        | // маска на каналы АЦП                                           | hh                   |
| CMD_PGA              | 0x19 | № uc      | // PGA канала АЦП термистора                                     |                      |
| CMD_Polinom          | 0x1a | № uc      | // записать степень полинома термистора                          |                      |
|                      | 0x1a | № uc f    | // записать коэффициенты полинома термистора                     |                      |
| CMD_ask_Pol          | 0x1b | № uc      | // передать степень полинома термистора                          | hh uc uc e6          |
| CMD_saveTerm         | 0x1c | uc        | // сохранить текущие настройки входа термистора                  |                      |
| CMD_loadTerm         | 0x1d | uc uc     | // загрузить параметры входа термистора                          | hh                   |
| CMD_get_TBL          | 0x1e |           | // Сохранить таблицу настроек входов термисторов (backup)        |                      |
| CMD_set_TBL          | 0x1f |           | // Восстановить таблицу настроек входов термисторов (backup)     |                      |
| Команды работы с ЦАП |      |           |                                                                  |                      |
| CMD_set_DAC          | 0x21 | № f       | // установка ЦАПов в вольтах                                     | hh ud                |
| CMD_seth_DAC         | 0x22 | № ud      | // установка ЦАПов непосредственно (без контроля превышения)     | hh ud                |
| CMD_Wr_K_DA<br>C     | 0x23 | № f f     | // запись калибровочных коэффициентов ЦАП                        |                      |
| CMD_AskKDAC          | 0x24 | №         | // передать коэффициенты преобразования и max значения ЦАП       | hh e6 e6 f2          |

| Мнемоника                        | Код  | Параметры | Описание                                        | Инф.кадр          |
|----------------------------------|------|-----------|-------------------------------------------------|-------------------|
| CMD_DAC_max                      | 0x25 | № f       | // запись максимального напряжения              |                   |
| CMD_U_Treg                       | 0x26 | № f       | // напряжение Т-регулирования                   | hh f2             |
| Команды работы с ПИД регулятором |      |           |                                                 |                   |
| CMD_Pol_TEC                      | 0x30 | № uc      | // уставка полярности ТЭО                       |                   |
| CMD_set_PID                      | 0x31 | № f f f   | // запись параметров ПИД регулятора             |                   |
| CMD_ask_PID                      | 0x32 | №         | // передать параметры ПИД регулятора            | hh f6 f6 f6       |
| CMD_setCurrT                     | 0x33 | № uc      | // ток термистора 0-10мкА 1-93мкА               | hh uc             |
| CMD_askT_PID                     | 0x34 | №         | // передать уставки ПИД регулятора              | hh f2 f2 uc<br>uc |
| CMD_strt_PID                     | 0x35 | № uc f    | // запуск регулирования                         |                   |
| CMD_tun_PID                      | 0x36 | № hh      | // вывод параметров ПИД регулятора (биты)       | hh hh             |
| CMD_Zmetr                        | 0x37 | № uc uc   | // запуск Z-метра                               | s                 |
| CMD_Zprmtr                       | 0x38 |           | // запомнить параметры Z-метрии (как эталонные) |                   |
| CMD_Z_I                          | 0x39 |           | // передать ток Z метра                         | e6                |
| CMD_Z_I                          | 0x39 | f         | // запомнить ток Z метра                        |                   |
| CMD_Boot                         | 0x3b | № uc f ud | // запуск регулирования после перезагрузки      | hh hh f2 ud       |
| CMD_set_LimT                     | 0x3c | № f f uc  | // запись предельных температур                 |                   |
| CMD_get_LimT                     | 0x3d | №         | // передать предельные температуры              | hh f2 f2 uc       |
| CMD_ResZmtr                      | 0x3e |           | // передать результат Z-метрии                  | hh f2 e2 f2       |
| CMD_TecZmtr                      | 0x3f | №         | // передать параметры Z-метрии                  | hh f2 e2 f2       |
| CMD_PID_tun                      | 0x51 | №         | // автонастройка ПИД                            | s                 |
| CMD_REST                         | 0x53 |           | // сброс контроллера                            |                   |
| CMD_EKR                          | 0x54 | [#screen] | // управление модулем индикации                 |                   |

## 1.7. Описание команд

### 1.7.1. Передать эхо

В ответ посылается кадр с полем данных повторяющим поле данных (Data1...DataN) принятого кадра.

|    |   |
|----|---|
| 02 | s |
| 1  | 2 |

- |   |                   |
|---|-------------------|
| 1 | Код команды hex   |
| 2 | Символьная строка |

С помощью этой команды, можно прерывать длительные процедуры (например, Z-метрии).

### ***1.7.2. Передать идентификатор устройства***

**03**

1

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1 | Код команды hex |
|---|-----------------|

В ответ посылается сетевой адрес и идентификатор типа устройства.

Пример:

**0102**

ТЕС контроллер (02) с адресом 01 на шине RS-485 (01)

### ***1.7.3. Передать версию микропрограммы прибора***

**04**

1

- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1 | Код команды hex |
|---|-----------------|

В ответ посылается название устройства с версией микропрограммы.

Пример:

**DX5100.334**

прибор DX5100 с версией микропрограммы- 334

**1.7.4. Передать информацию об устройстве****05****1****1** Код команды hex

В ответ посылается серийный номер и дата выпуска прибора.

Пример:

**#C09-P16-P17-I06 10.05.2009**

Серийный номер прибора, дата выпуска

**1.7.5. Записать информацию в прибор****□6 s****1 2****1** Код команды hex**2** Серийный номер прибора, дата выпуска (max 32 знака)**1.7.6. Установить сетевой адрес****07 uc****1 2****1** Код команды hex**2** Сетевой адрес прибора (1...127)

Команда 07 может передаваться при широковещательной адресации.

### 1.7.7. Установить статус телеметрии

|   | 40                              | uc | hh | hh |
|---|---------------------------------|----|----|----|
|   | 1                               | 2  | 3  | 4  |
| 1 | Код команды hex                 |    |    |    |
| 2 | Период выдачи телеметрии        |    |    |    |
| 3 | Старший байт статуса телеметрии |    |    |    |
| 4 | Младший байт статуса телеметрии |    |    |    |

Команда 40 может передаваться при широковещательной адресации. Когда принимается широковещательная команда, вывод телеметрии останавливается.

Параметр период выдачи задается в 0.01 секунды. Для задания периода равным 1 секунде следует задать uc=100. Максимальное значение uc=255. Период выдачи телеметрии кроме этого параметра зависит еще от того, готовы ли новые (после предыдущей выдачи) значения выводимых параметров. Так, если включить выдачу всех параметров (младший байт - 7F), то минимальный период телеметрии будет 0.5 секунды. Это время соответствует времени преобразования всех каналов АЦП. Для повышения «быстродействия» телеметрии следует включать в блок телеметрии только нужные параметры и использовать команды, сокращающие количество обрабатываемых АЦП каналов (описаны далее).

Функция каждого бита младшего и старшего байта статуса отражена в таблице.

Каждый бит разрешает/запрещает (1/0) либо функцию, либо включение соответствующего параметра в блок телеметрии.

| Младший байт |       |                                        |         |
|--------------|-------|----------------------------------------|---------|
| БИТ          | маска | функция либо параметр блока телеметрии | Ед.изм. |

|   |    |                                    |   |
|---|----|------------------------------------|---|
| 0 | 01 | Измеренное напряжение питания (f2) | В |
| 1 | 02 | Измеренное напряжение ТЭО1 (f2)    | В |
| 2 | 04 | Измеренное напряжение ТЭО2 (f2)    | В |
| 3 | 08 | Измеренный ток ТЭО1 (f1)           | А |
| 4 | 10 | Измеренный ток ТЭО2 (f1)           | А |
| 5 | 20 | Измеренная температура ТЭО1 (f3)   | К |
| 6 | 40 | Измеренная температура ТЭО2 (f3)   | К |
| 7 | 80 | Резерв                             |   |

## Старший байт

| БИТ | маска | функция либо параметр блока телеметрии                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ед.изм. |
|-----|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 0   | 01    | Статус канала ТЭО1 (hh) (значения бит - см. команду 4A)                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
| 1   | 02    | Статус канала ТЭО2 (hh) (значения бит - см. команду 4A A)                                                                                                                                                                                                                                                         |         |
| 2   | 04    | Состояние устройства (hhhh - два байта в конце информационного блока); значения битов статуса устройства - см. раздел 2.2.<br>Байты статуса устройства добавляются только к телеметрии некомандного интерфейса, так как в телеметрии по команде 46 статус устройства присутствует в конце информационного блока.  |         |
| 3   | 08    | Разрешает вывод чего-либо, в дополнение к телеметрии, в некомандный интерфейс                                                                                                                                                                                                                                     |         |
| 4   | 10    | Значение уставки температуры ТЭО1(f2)                                                                                                                                                                                                                                                                             | К       |
| 5   | 20    | Значение уставки температуры ТЭО2 (f2)                                                                                                                                                                                                                                                                            | К       |
| 6   | 40    | Разрешение вывода телеметрии в командный интерфейс.<br>Следует отметить, что данный режим не подразумевается протоколом WAKE, т.е. он не является <u>стандартным</u> , поскольку приводит к периодическому выводу кадров WAKE по шине ведомым устройством без получения команды кадра!!!<br>Смотрите команду 46h. |         |
| 7   | 80    | Разрешение вывода телеметрии в некомандный интерфейс                                                                                                                                                                                                                                                              |         |

При выдаче телеметрии первым параметром выводится время в единицах 0,01 секунды (ul). Время постоянно считается и обновляется после выдачи команды 40.

Строка телеметрии заканчивается символом ";".

Если команда выполнена успешно, выводятся значения двух байтов статуса(hh hh).



**Внимание!** Если длина строки телеметрии превышает 62 символа, это может сказаться на зависящих от времени функциях системы. Например, можно наблюдать "биение" периода ПИД.

При статусе телеметрии 0xB7, 0x66 строка будет содержать значения напряжения двух каналов, температур двух каналов, статусы двух каналов ПИД, статус устройства, значения уставок двух каналов ПИД. Длина строки не должна превышать 62 символа.

Для оценки длины строки телеметрии может быть использована следующая таблица (учитывая, что параметры разделены пробелами):

| Параметр                           | Число символов | Пример  |
|------------------------------------|----------------|---------|
| Время                              | 7              | 1364400 |
| Измеренное напряжение питания (f2) | 5              | 12.02   |
| Измеренное напряжение ТЭО1 (f2)    | 5              | -4.12   |
| Измеренное напряжение ТЭО2 (f2)    | 5              | -1.23   |
| Измеренный ток ТЭО1 (f2)           | 4              | 0.53    |
| Измеренный ток ТЭО2 (f2)           | 4              | 2.54    |
| Измеренная температура ТЭО1 (f2)   | 6              | 299.53  |
| Измеренная температура ТЭО2 (f2)   | 6              | 310.12  |

|                                                                                              |   |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|--------|
| Статус канала ТЭО1 (hh)                                                                      | 2 | 10     |
| Статус канала ТЭО2 (hh)                                                                      | 2 | 00     |
| Статус устройства (hhhh – два байта, соответствующие тем, что в конце информационного кадра) | 4 | 0000   |
| Уставка температуры ТЭО1 (f2)                                                                | 6 | 300.00 |
| Уставка температуры ТЭО2 (f2)                                                                | 6 | 310.00 |

#### **1.7.8. Передать параметры, сохраняемые во FLASH (резервное копирование)**

---

41

1

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1 | Код команды hex |
|---|-----------------|

После подачи этой команды прибор выдает в командный или некомандный интерфейс содержимое структуры с сохраняемыми в энергонезависимой памяти параметрами, такими как калибровочные коэффициенты, сетевой адрес и т.п.

Каждый байт передается в виде двух шестнадцатеричных цифр. Первые 4 цифры (2 байта), являются размером структуры, который выводится в байтах. Данная команда используется для резервного копирования сохраняемых параметров. Вывод параметров начнется по обоим интерфейсам после приема какого-либо символа по любому интерфейсу.

#### **1.7.9. Записать параметры, сохраняемые во FLASH (восстановление из резервной копии)**

---

42

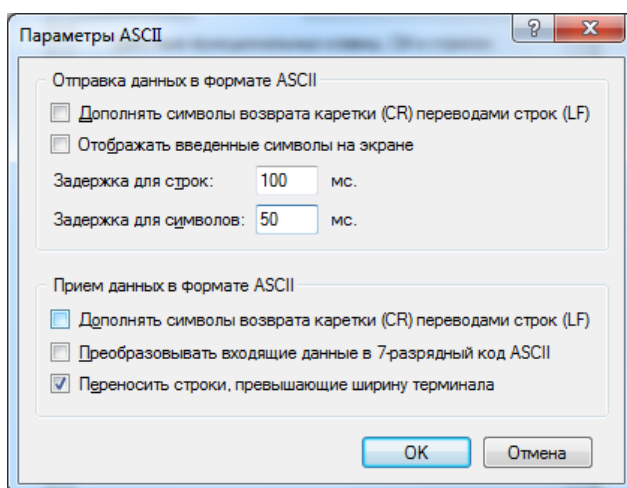
1

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1 | Код команды hex |
|---|-----------------|

После подачи этой команды прибор ожидает данные и интерпретирует их как выданные по команде 41. Принимаемые данные записываются в структуру.

Для правильного выполнения этой команды в терминальной программе следует установить задержку (при отправке) для символов 50 мс.

Например, для программы HyperTerminal как показано на рисунке.



Для записи введенных данных в энергонезависимую память необходимо послать команду установки любого параметра, например, 0x07 - "установить сетевой адрес".

#### 1.7.10. Операции с шиной I2C

|   | 44                | uc | hh | hhhh | hh |
|---|-------------------|----|----|------|----|
|   | 1                 | 2  | 3  | 4    | 5  |
| 1 | Код команды hex   |    |    |      |    |
| 2 | 0-запись 1-чтение |    |    |      |    |

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 3 | № устройства на шине I2C              |
|   | 0- EEPROM 24с256                      |
|   | 1-PCF8574 с шиной данных LCD          |
|   | 2-PCF8574 с шиной управления LCD      |
| 4 | 3-RTC DS1307                          |
|   | Адрес в устройстве на шине I2C        |
|   | При чтении, число байтов (не более 8) |
| 5 | При записи, байт для записи           |

По этой команде можно прочитать или записать данные в устройствах, подключенных к шине I2C.

При чтении, прочтенные байты (hh hh...) передаются в информационный кадр.

#### **1.7.11. Управление программами во времени**

Контроллер имеет функцию "Program" изменения рабочего режима по времени. Данная функция осуществляется на основе программ, хранящихся в энергонезависимой памяти.

- Количество программ до 16 (0-15)
- Количество строк в программе до 50 (0-49)

В каждой строке программы хранится информация:

- температура (уставка) (K) для режимов 2 и 3 или напряжение (В) для режима 4 (см. ниже);
- время, после выдержки которого следует уйти с этой строки программы (количество секунд - max 65535);
- Старший полубайт - режим текущей строки (интерпретация области первого параметра строки программы, как температуры и напряжения). Возможные значения:
  - 0 Запрет регулирования,
  - 2 Т-регулирование,
  - 3 Поддержание температуры (ПИД),
  - 4 Постоянное напряжение;
  - 5 Установка напряжения Т-регулирования

6    Корректировка уставки

7    Прекратить работу по программе, не выключая  
последнего режима регулирования

В программах нет проверок на корректность – она возложена на пользователя

- Младший полубайт - № программы, на которую следует перейти (0-15) по истечении времени Time;
- № строки, на которую следует перейти.

Каждая программа обладает статусом:

- 255   - нет программы
- 0       - программа есть и это начало программы
- 1-244 - программа есть, но это не начало программы

Остановить процесс регулирования и прекратить работу по программе, можно указав в адресе строки перехода значение 0xFF (255).

Если в тексте программы номера строки, куда следует перейти - 0xFF, ТЭО будет выключен (регулирование остановится).

Можно переходить к любой строке любой программы - программы могут каскадироваться и циклироваться (периодически повторяться). Каскадирование обеспечивает длительность процесса в 50 шагов и более.

Каскадирование означает, что после завершения одной программы может начаться другая.

При помощи этой команды можно записать либо прочитать строку программы, установить либо прочитать статус программы.

|    |    |    |    | Строка программы<br>содержит |    |    |    |
|----|----|----|----|------------------------------|----|----|----|
| 45 | uc | uc | uc | f                            | ud | hh | uc |
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5                            | 6  | 7  | 8  |

**1 Код команды hex**

Режим

0-запись строки программы

**2 1-чтение строки программы**

2-установка статуса программы

3-чтение статуса программы

**3 Номер программы, с которой надо работать**

Номер строки программы (0-49), если MODE=0 или MODE =1

**4 Или статус (0-255), если MODE=2 или MODE=3****5 Уставка - значение температуры (K), которую надо поддерживать, для режимов 2 и 3; напряжение для режима 4****6 Время (сек), в течение которого надо поддерживать необходимую величину (уставки)****Старший полубайт** - режим текущей строки (интерпретация области fl, как температуры или напряжения). Возможные значения:

0 Запрет регулирования,

**7 2 Т-регулирование,**

3 Поддержание температуры (ПИД),

4 Постоянное напряжение

**Младший полубайт** - № программы, на которую следует перейти (0-15) по истечении времени Time**8 Номер строки, на которую следует перейти (0-49)****1.7.12. Передать строку телеметрии**

46

1

## 1 Код команды hex

В ответ на команду прибор посылает информационный кадр со строкой телеметрии. При этом отражаются значения параметров согласно статусу (см. команду 40h – установить статус телеметрии).

**1.7.13. Критерий сигнализации выхода на уставку**

| 49 | uc                                                                                                                                                                    | uc | uc | f |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|
| 1  | 2                                                                                                                                                                     | 3  | 4  | 5 |
| 1  | Код команды hex                                                                                                                                                       |    |    |   |
| 2  | Номер канала ТЭО                                                                                                                                                      |    |    |   |
| 3  | 2...255 - количество периодов ПИД регулятора, по прошествии которых, если температура находится в установленных пределах, генерируется соответствующий сигнал статуса |    |    |   |
| 4  | 2...255 - количество периодов ПИД регулятора, по прошествии которых, если температура вышла за установленные пределы, снимается соответствующий сигнал статуса        |    |    |   |
| 5  | Допустимое отклонение                                                                                                                                                 |    |    |   |

Параметр 4 не должен превышать 3. Оба параметра не должны быть менее «2». Когда используется плата DX5107, реле срабатывает в соответствии с параметрами команды 0x49 (см. также команду 0x4D).

**1.7.14. Статус устройств в системе**

| 4A |
|----|
| 1  |

## 1 Код команды hex

## Область «PARAMETERS» информационного кадра:

hh hh hh

1 2 3

Наличие устройств на шине I2C

0x01-EEPROM 24c256

1 0x02-PCF8574 с шиной данных LCD

0x04-PCF8574 с шиной управления LCD

0x08-RTC DS1307

Статус канала ТЭО1

0x01- происходит регулирование

0x02- температура ТЭО1 в пределах уставки

0x04- 1-нагрев 0-охлаждение

0x08- работа по программе изменения по времени

2 0x10- канал преобразователей присутствует

3 MSB 0x20...0x80- режим регулирования

0- нет регулирования

1- по программе

2- Т-регулирование

3- на температуру уставки

4- постоянное напряжение

Статус канала ТЭО2

0x01- происходит регулирование

0x02- температура ТЭО1 в пределах уставки

3

0x04- 1-нагрев 0-охлаждение

0x08- работа по программе изменения по времени

0x10- канал преобразователей присутствует

3 MSB 0x20...0x80- режим регулирования

0- нет регулирования

1- по программе

2- T-регулирование

3- на температуру уставки

4- постоянное напряжение

### 1.7.15. Присвоение интерфейсу статуса командного

|   | 4B                                                                           | uc | uc | uc |
|---|------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|   | 1                                                                            | 2  | 3  | 4  |
| 1 | Код команды hex                                                              |    |    |    |
| 2 | 0 - интерфейс RS232 станет командным<br>1 - интерфейс RS485 станет командным |    |    |    |
| 3 | 0 – бинарный режим WAKE<br>1 – символьный режим WAKE                         |    |    |    |
|   | Скорость обмена                                                              |    |    |    |
|   | 0-9600                                                                       |    |    |    |
| 4 | 1-19200<br>2-38400<br>3-57600<br>4-115200                                    |    |    |    |

Команда 4B может быть передана при широковещательной адресации. Если команда получена при широковещательной передаче, командным становится интерфейс RS485.

После подачи этой команды указанный интерфейс становится командным после перезагрузки прибора.

### 1.7.16. Разрешение цифрового вывода

|  | 4D | uc |
|--|----|----|
|  | 1  | 2  |

- |   |                                           |
|---|-------------------------------------------|
| 1 | Код команды hex                           |
| 2 | 0- запрет, 1- разрешение цифрового вывода |

По этой команде можно включить/выключить соответствующий переключатель реле платы цифрового ввода-вывода DX5107, когда достигается значение уставки температуры (в соответствии с параметрами команды 0x49).

Команда может быть послана без параметров.

Область «PARAMETERS» информационного кадра:

- |                                             |
|---------------------------------------------|
| hh                                          |
| 1                                           |
| 1 0- запрет, 1- разрешение цифрового вывода |

### 1.7.17. Управление цифровым вводом

- |    |                                                                                                   |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4E | uc                                                                                                | hh |
| 1  | 2                                                                                                 | 3  |
| 1  | Код команды hex                                                                                   |    |
| 2  | Номер канала ТЭО                                                                                  |    |
| 3  | D0...D3 - номер программы, работающей по спаду<br>D4...D7 - номер программы, работающей по фронту |    |

По этой команде можно задать номера программ, переход к которым осуществляется по сигналам соответствующих входов платы цифрового ввода-вывода DX5107.

Команда может быть послана без параметра 3.

Область «PARAMETERS» информационного кадра:

- |    |    |
|----|----|
| hh | hh |
|----|----|

| 1 | 2                                                                                                 |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Номер канала ТЭО                                                                                  |
| 2 | D0...D3 - номер программы, работающей на спаде<br>D4...D7 - номер программы, работающей по фронту |

### 1.8. Команды работы с АЦП

При описании команд работы с АЦП при обращении к АЦП указывается номер канала. В поле данных информационного кадра выводится номер входа АЦП. Так один вход АЦП может использоваться для измерения двух каналов т.к. в устройстве применены внешние мультиплексоры.

| Канал измерения | Параметр           | Вход АЦП |
|-----------------|--------------------|----------|
| 0               | Напряжение питания | 00       |
| 1               | Напряжение ТЭО1    | 01       |
| 2               | Напряжение ТЭО2    | 01       |
| 3               | Ток ТЭО1           | 02       |
| 4               | Ток ТЭО2           | 02       |
| 5               | Температура ТЭО1   | 03       |
| 6               | Температура ТЭО2   | 04       |

#### 1.8.1. Аппаратная калибровка АЦП

Команда служит для проведения аппаратной калибровки АЦП.

| 10 | ис                                    | ис |
|----|---------------------------------------|----|
| 1  | 2                                     | 3  |
| 1  | Код команды hex                       |    |
| 2  | Номер канала АЦП                      |    |
|    | Тип калибровки                        |    |
| 3  | 1- Автокалибровка смещения и усиления |    |
|    | 4- Системная калибровка смещения      |    |

## 3- Автокалибровка усиления

Команда вызывает калибровку канала АЦП. При параметре d=4 происходит системная калибровка смещения. Во время подачи данной команды следует обеспечить нулевой уровень на соответствующем входе измерения.

При параметре d=3 происходит автокалибровка шкалы по опорному напряжению. Выполнение калибровки сопровождается заполнением соответствующих регистров микросхемы АЦП. Завершается команда записью регистров микросхемы АЦП в энергонезависимую память для последующего применения при переключении на калибруемый канал АЦП.

**1.8.2. Калибровка АЦП**

|   | <b>11</b>                                          | <b>uc</b> | <b>f</b> |
|---|----------------------------------------------------|-----------|----------|
|   | 1                                                  | 2         | 3        |
| 1 | Код командыhex                                     |           |          |
| 2 | Номер канала АЦП                                   |           |          |
| 3 | Значение калибровочного уровня физической величины |           |          |

Команда может применяться для канала АЦП, для которого произведены все аппаратные калибровки (см. команда 10h). В процессе калибровки рассчитывается и запоминается в энергонезависимой памяти калибровочный коэффициент линейной функции преобразования. Для калибровки канала измерения температуры в качестве уровня физической величины следует указать сопротивление калибровочного резистора.

**1.8.3. Запись калибровочных коэффициентов АЦП**

|  | <b>12</b> | <b>uc</b> | <b>f</b> |
|--|-----------|-----------|----------|
|  | 1         | 2         | 3        |

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 | Код команды hex                  |
| 2 | Номер канала АЦП                 |
| 3 | Значение коэффициента калибровки |

Команда служит для записи калибровочного коэффициента АЦП в энергонезависимую память.

#### **1.8.4. Запись коэффициента фильтра АЦП**

|   | 13                            | uc | uc |
|---|-------------------------------|----|----|
|   | 1                             | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex               |    |    |
| 2 | Номер канала АЦП              |    |    |
| 3 | Значение коэффициента фильтра |    |    |

Команда служит для записи коэффициента цифрового фильтра, воздействию которого подвергаются отсчеты АЦП, в энергонезависимую память.

Если коэффициент фильтра –  $K$ , то постоянная времени фильтра  $\tau = K \cdot dT$ , где  $dT$  - время квантования АЦП. Таким образом при  $K=1$  фильтрация показаний АЦП не происходит.

При применении ПИД регулирования не следует применять цифровой фильтр к сигналам АЦП измерения температуры.

#### **1.8.5. Передать коэффициенты канала АЦП**

|   | 14               | uc |
|---|------------------|----|
|   | 1                | 2  |
| 1 | Код команды hex  |    |
| 2 | Номер канала АЦП |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | hh                                             | e6  | uc   | hh    |
|---|------------------------------------------------|-----|------|-------|
|   | 1                                              | 2   | 3    | 4     |
| 1 | Номер входа АЦП                                |     |      |       |
| 2 | Значение коэффициента калибровки               |     |      |       |
| 3 | Значение коэффициента фильтра                  |     |      |       |
|   | Определяет коэффициент усиления $PGA = 2^{hh}$ |     |      |       |
| 4 | 0-1                                            | 2-4 | 4-16 | 6-64  |
|   | 1-2                                            | 3-8 | 5-32 | 7-128 |

### 1.8.6. Передать регистры смещения канала АЦП

|   | 15               | uc |
|---|------------------|----|
|   | 1                | 2  |
| 1 | Код команды hex  |    |
| 2 | Номер канала АЦП |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|       | hh                                                                                            | hh | hh | hh |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|       | 1                                                                                             | 2  | 3  | 4  |
| 1     | Номер входа АЦП                                                                               |    |    |    |
| 2...4 | Значение регистров смещения канала АЦП, полученные в результате системной калибровки смещения |    |    |    |

### 1.8.7. Запуск измерения канала АЦП

|   | 16               | uc |
|---|------------------|----|
|   | 1                | 2  |
| 1 | Код команды hex  |    |
| 2 | Номер канала АЦП |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | hh                                                                                                                                      | hhhhhhh | e6 | e6 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----|----|
|   | 1                                                                                                                                       | 2       | 3  | 4  |
| 1 | Номер входа АЦП                                                                                                                         |         |    |    |
| 2 | Измерение канала АЦП в шестнадцатеричных единицах                                                                                       |         |    |    |
| 3 | Измерение канала АЦП в физических единицах с учетом калибровочных коэффициентов (для каналов 5 и 6 - значение сопротивление термистора) |         |    |    |
| 4 | Измерение канала АЦП в физических единицах с учетом калибровочных коэффициентов (для каналов 5 и 6 - значение температуры)              |         |    |    |

### 1.8.8. Измерения одного канала АЦП

Для увеличения скорости оцифровки предусмотрена команда 17h, которая переводит АЦП в режим, при котором не переключаются каналы, а происходит измерение одного - выбранного. Такой режим может быть использован для исследования динамических характеристик объекта управления.

|   | 17                                                                                        | uc | uc |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|   | 1                                                                                         | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex                                                                           |    |    |
| 2 | Номер канала АЦП                                                                          |    |    |
| 3 | 1-включение режима измерения одного канала<br>0-выключение режима измерения одного канала |    |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | hh                                                                                                                                          |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | 1                                                                                                                                           |
| 1 | Байт с битом, установленным в положении, соответствующем выбранному каналу, если канал для быстрого измерения выбрана, в противном случае - |

|      |                    |
|------|--------------------|
| 0x00 |                    |
|      | <b>Канал АЦП</b>   |
| 01h  | напряжение питания |
| 02h  | напряжение ТЭО1    |
| 04h  | напряжение ТЭО2    |
| 08h  | ток ТЭО1           |
| 10h  | ток ТЭО2           |
| 20h  | температура ТЭО1   |
| 40h  | температура ТЭО2   |

### 1.8.9. Маска на каналы АЦП

Если какие-то каналы АЦП не нужны, их можно исключить из процесса измерения, подав команду 18h.

| 18 | hh              |
|----|-----------------|
| 1  | 2               |
| 1  | Код команды hex |
| 2  | Маска           |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh      |
|---------|
| 1       |
| 1 Маска |

Маска интерпретируется как байт, представленный в шестнадцатеричной форме. Каждый бит этого байта либо включает (бит «1»), либо исключает (бит «0») соответствующий канал АЦП из процесса измерения.

| Маска | Канал АЦП          |
|-------|--------------------|
| 01h   | Напряжение питания |

|     |                  |
|-----|------------------|
| 02h | Напряжение ТЭО1  |
| 04h | Напряжение ТЭО2  |
| 08h | Ток ТЭО1         |
| 10h | Ток ТЭО2         |
| 20h | Температура ТЭО1 |
| 40h | Температура ТЭО2 |

### 1.8.10. Коэффициент усиления канала АЦП

|   | 19                                                                | uc  | uc   |       |
|---|-------------------------------------------------------------------|-----|------|-------|
|   | 1                                                                 | 2   | 3    |       |
| 1 | Код команды hex                                                   |     |      |       |
| 2 | Номер канала АЦП                                                  |     |      |       |
| 3 | Определяет программируемый коэффициент усиления = 2 <sup>hh</sup> |     |      |       |
|   | 0-1                                                               | 2-4 | 4-16 | 6-64  |
|   | 1-2                                                               | 3-8 | 5-32 | 7-128 |

### 1.8.11. Коэффициенты термистора

Команда используется для настройки функции преобразования сопротивления термистора в температуру  $T=f(R)$ .

Могут быть установлены два типа таких функций - полиномиальный и по уравнению Стейнхарта и Харта.

#### Коэффициенты полинома термистора

При использовании полиномиальной функции, применяется многочлен пятой степени.

$$T=A_0 + A_1 \cdot R + A_2 \cdot R^2 + A_3 \cdot R^3 + A_4 \cdot R^4 + A_5 \cdot R^5$$

Если полином степени меньше, чем пять, ненужные коэффициенты должны быть установлены равными нулю.

#### Уравнение Стейнхарта и Харта

Коэффициенты термистора A, B, C линейризуют температурную кривую сопротивления термистора и связаны уравнением Стейнхарта и Харта следующим образом:

$$\frac{1}{T} = A + B[\ln R] + C[\ln R]^3$$

где:

T = Температура (K)

R = Сопротивление термистора (Ом)

A, B, C = Коэффициенты термистора

Эти коэффициенты должны быть установлены равными значениям, указанным производителем термистора.

Эта команда интерпретируется по-разному, в зависимости от количества параметров.

### ***Запись типа функции преобразования термистора***

|   | 1A                                                                                           | uc | uc |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
|   | 1                                                                                            | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex                                                                              |    |    |
| 2 | Номер канала АЦП                                                                             |    |    |
| 3 | Тип функции преобразования<br>3 - уравнение Стейнхарта и Харта<br>5 - полиномиальная функция |    |    |

### ***Запись коэффициентов термистора***

|   | 1A                              | uc | uc | f |
|---|---------------------------------|----|----|---|
|   | 1                               | 2  | 3  | 4 |
| 1 | Код команды hex                 |    |    |   |
| 2 | Номер канала АЦП                |    |    |   |
| 3 | Порядок коэффициента (n =0...5) |    |    |   |

| Коэффициенты |          |                                    |         |
|--------------|----------|------------------------------------|---------|
| 4            | <i>n</i> | Уравнение<br>Стейнхарта и<br>Харта | Полином |
|              | 0        | A                                  | $A_0$   |
|              | 1        | B                                  | $A_1$   |
|              | 2        | C                                  | $A_2$   |
|              | 3        |                                    | $A_3$   |
|              | 4        |                                    | $A_4$   |
|              | 5        |                                    | $A_5$   |

### 1.8.12. Передать коэффициенты термистора

| 1B | uc                                              | uc |
|----|-------------------------------------------------|----|
| 1  | 2                                               | 3  |
| 1  | Код команды hex                                 |    |
| 2  | Номер канала АЦП                                |    |
| 3  | Порядок коэффициента термистора ( $n=0\dots5$ ) |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | uc                                              | uc                                 | e6      |
|----|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------|
| 1  | 2                                               | 3                                  | 4       |
| 1  | Номер канала АЦП (5, 6)                         |                                    |         |
|    | Тип функции преобразования                      |                                    |         |
| 2  | 3 - уравнение Стейнхарта и Харта                |                                    |         |
|    | 5 - полиномиальная функция                      |                                    |         |
| 3  | Порядок коэффициента термистора ( $n=0\dots5$ ) |                                    |         |
|    | Коэффициенты термистора                         |                                    |         |
| 4  | <i>n</i>                                        | Уравнение<br>Стейнхарта и<br>Харта | Полином |
|    | 0                                               | A                                  | $A_0$   |
|    | 1                                               | B                                  | $A_1$   |

|   |   |                |
|---|---|----------------|
| 2 | C | A <sub>2</sub> |
| 3 | - | A <sub>3</sub> |
| 4 | - | A <sub>4</sub> |
| 5 | - | A <sub>5</sub> |

### **1.8.13. Сохранить текущие настройки входа термистора**

| 1C | uc                 |
|----|--------------------|
| 1  | 2                  |
| 1  | Command code hex   |
| 2  | TEC channel number |

Текущие настройки калибровки входа измерения термистора запоминаются в строке таблицы, в соответствии с параметром установленного тока и коэффициентом усиления входа АЦП.

Строка таблицы хранит: коэффициент преобразования, значения регистров калибровки смещения и признак валидности.

### **1.8.14. Восстановить настройки входа термистора**

| 1D | uc                                                                                                                    | uc |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | 2                                                                                                                     | 3  |
| 1  | Command code hex                                                                                                      |    |
| 2  | TEC channel number                                                                                                    |    |
| 3  | Параметр соответствующий устанавливаемым характеристикам калибровки (максимально возможному сопротивлению термистора) |    |

Проверяется, являются ли данные, хранящиеся в таблице верными (сохраненными по команде 1C). Если данные верны - в

соответствии с ними заполняются параметры калибровки и значения измерительного тока и усиления канала АЦП.

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

---

hh

1

The command execution result:

- |   |                                                                  |
|---|------------------------------------------------------------------|
| 1 | 0x01- настройки восстановлены<br>0x00- ошибка валидности данных. |
|---|------------------------------------------------------------------|

### **1.8.15. Сохранить таблицу настроек (backup)**

---

1E

1

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1 | Command code hex |
|---|------------------|

После отправки этой команды, контроллер выдает содержимое таблицы с параметрами, хранящимися в энергонезависимой памяти в командный и не командный интерфейсы.

Каждый байт передается в виде двух символов, соответствующих шестнадцатеричным цифрам. Эта команда используется для резервного копирования хранимых параметров. Вывод параметров начнется в оба интерфейса после приема какого-либо символа, по любому интерфейсу. Данные соответствующие одной строке, хранятся в 8 байтах.

### **1.8.16. Восстановить таблицу настроек (backup)**

---

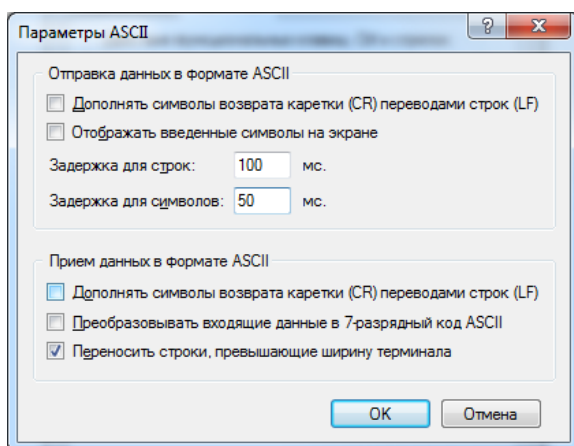
1F

1

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1 | Command code hex |
|---|------------------|

После приема этой команды контроллер ожидает прихода данных по командному или некомандному интерфейсу и интерпретирует их как данные сохраненные при помощи команды 1E. Принимаемые данные сохраняются в энергонезависимой памяти.

Для правильной работы данной команды следует при выдаче файла установить задержку для символов 50 мсек.



## 1.9. Команды работы с ЦАП

При описании команд работы с ЦАП при обращении к ЦАП указывается номер канала ТЭО. В поле данных информационного кадра выводится номер выхода ЦАП процессора.

### 1.9.1. Установка ЦАП в вольтах

|   | 21               | uc | f |
|---|------------------|----|---|
|   | 1                | 2  | 3 |
| 1 | Код команды hex  |    |   |
| 2 | Номер канала ТЭО |    |   |

---

**3 Напряжение в вольтах**

---

При исполнении команды, устанавливаемое напряжение не превышает максимальное для выбранного канала.

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

---

|   | hh                        | ud |
|---|---------------------------|----|
|   | 1                         | 2  |
| 1 | Канал ЦАП                 |    |
| 2 | Напряжение в единицах ЦАП |    |

---

### **1.9.2. Установка ЦАП непосредственно**

---

|   | 22                        | uc | ud |
|---|---------------------------|----|----|
|   | 1                         | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex           |    |    |
| 2 | Номер канала ТЭО          |    |    |
| 3 | Напряжение в единицах ЦАП |    |    |

---



**Внимание!** Проверка на превышение максимального напряжения не проводится!

Команда используется для калибровки. Необходимо использовать на нагрузке, допускающей напряжения до 8 вольт.

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

---

|   | hh        | ud |
|---|-----------|----|
|   | 1         | 2  |
| 1 | Канал ЦАП |    |

---

---

## 2 Напряжение в единицах ЦАП

---

### 1.9.3. Записать калибровочных коэффициентов ЦАП

| 23 | uc                                                                       | f | f |
|----|--------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 1  | 2                                                                        | 3 | 4 |
| 1  | Код команды hex                                                          |   |   |
| 2  | Номер канала ТЭО                                                         |   |   |
| 3  | Значение смещения линейной функцией преобразования                       |   |   |
| 4  | Значение коэффициента пропорциональности линейной функции преобразования |   |   |

Коэффициенты определяют функцию, по которой определяется величина, загружаемая в ЦАП, в зависимости от необходимого напряжения.

### 1.9.4. Передать коэффициенты преобразования и максимальные значения ЦАП

| 24 | uc               |
|----|------------------|
| 1  | 2                |
| 1  | Код команды hex  |
| 2  | Номер канала ТЭО |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | e6                                                                       | e6 | f2 |
|----|--------------------------------------------------------------------------|----|----|
| 1  | 2                                                                        | 3  | 4  |
| 1  | Канал ЦАП                                                                |    |    |
| 2  | Значение смещения линейной функцией преобразования                       |    |    |
| 3  | Значение коэффициента пропорциональности линейной функции преобразования |    |    |

---

**4** Максимальное напряжение ТЭО

---

**1.9.5. Записать максимальное допустимое напряжение**

---

|          | <b>25</b>                       | <b>uc</b> | <b>f</b> |
|----------|---------------------------------|-----------|----------|
|          | 1                               | 2         | 3        |
| <b>1</b> | Код команды hex                 |           |          |
| <b>2</b> | Номер канала ТЭО                |           |          |
| <b>3</b> | Максимальное напряжение ТЭО (В) |           |          |

---

**1.9.6. Напряжение при Т-регулировании**

---

|          | <b>26</b>                          | <b>uc</b> | <b>f</b> |
|----------|------------------------------------|-----------|----------|
|          | 1                                  | 2         | 3        |
| <b>1</b> | Код команды hex                    |           |          |
| <b>2</b> | Номер канала ТЭО                   |           |          |
| <b>3</b> | Напряжение при Т-регулировании (В) |           |          |

---

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

---

|          | <b>hh</b>                          | <b>f2</b> |
|----------|------------------------------------|-----------|
|          | 1                                  | 2         |
| <b>1</b> | Номер канала ТЭО                   |           |
| <b>2</b> | Напряжение при Т-регулировании (В) |           |

---

Команда может быть передана без параметров.

## 1.10. Команды работы с ПИД

### 1.10.1. Установка полярности ТЭО

Управление полярностью напряжения, подаваемого на ТЕС, осуществляется командой 30h.

|   | 30                           | uc | uc |
|---|------------------------------|----|----|
|   | 1                            | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex              |    |    |
| 2 | Номер канала ТЭО             |    |    |
|   | 0- ТЭО отключен              |    |    |
| 3 | 1- ТЭО включен на нагрев     |    |    |
|   | 2- ТЭО включен на охлаждение |    |    |

Выполнение команды сопровождается сообщением в форме "bridge AA-BB", переданным в некомандный интерфейс, где AA - номер канала ТЭО, BB является третьим параметром команды.

### 1.10.2. Записать параметры ПИД регулятора

|   | 31                                                                 | uc | f | f | f |
|---|--------------------------------------------------------------------|----|---|---|---|
|   | 1                                                                  | 2  | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Код команды hex                                                    |    |   |   |   |
| 2 | Номер канала ТЭО                                                   |    |   |   |   |
| 3 | Значение коэффициента пропорциональной составляющей ПИД-регулятора |    |   |   |   |
| 4 | Значение коэффициента интегральной составляющей ПИД-регулятора     |    |   |   |   |
| 5 | Значение коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-регулятора |    |   |   |   |

### 1.10.3. Передать параметры ПИД регулятора

|  | 32 | uc | f | f | f |
|--|----|----|---|---|---|
|  | 1  | 2  | 3 | 4 | 5 |

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1 | Код команды hex  |
| 2 | Номер канала ТЭО |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | hh                                                                 | f6 | f6 | f6 |
|---|--------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|   | 1                                                                  | 2  | 3  | 4  |
| 1 | Номер канала ТЭО                                                   |    |    |    |
| 2 | Значение коэффициента пропорциональной составляющей ПИД-регулятора |    |    |    |
| 3 | Значение коэффициента интегральной составляющей ПИД-регулятора     |    |    |    |
| 4 | Значение коэффициента дифференциальной составляющей ПИД-регулятора |    |    |    |

#### 1.10.4. Установка тока термистора

|   | 33                             | uc | uc |
|---|--------------------------------|----|----|
|   | 1                              | 2  | 3  |
| 1 | Код команды hex                |    |    |
| 2 | Номер канала ТЭО               |    |    |
| 3 | 0- ток 10 мкА<br>1- ток 93 мкА |    |    |

Команда 33 может быть передана без параметра 3.

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | hh                             | uc |
|---|--------------------------------|----|
|   | 1                              | 2  |
| 1 | Номер канала ТЭО               |    |
| 2 | 0- ток 10 мкА<br>1- ток 93 мкА |    |

**1.10.5. Передать уставки ПИД-регулятора**

| 34 | uc               |
|----|------------------|
| 1  | 2                |
| 1  | Код команды hex  |
| 2  | Номер канала ТЭО |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | f2                                                                                                           | f2 | uc | uc |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
| 1  | 2                                                                                                            | 3  | 4  | 5  |
| 1  | Номер канала ТЭО                                                                                             |    |    |    |
| 2  | Значение устанавливаемой температуры ПИД регулятора (уставка)                                                |    |    |    |
| 3  | Значение отклонения, при котором формируется сигнал установки требуемой температуры в статусе ПИД-регулятора |    |    |    |
| 4  | Критерий сигнала выхода на уставку (см. команду 49h)                                                         |    |    |    |
| 5  | Критерий сигнала ухода с уставки (см. команду 49h)                                                           |    |    |    |

**1.10.6. Запуск регулирования**

| 35   | uc               | uc                         | f                                            |
|------|------------------|----------------------------|----------------------------------------------|
| 1    | 2                | 3                          | 4                                            |
| 1    | Код команды hex  |                            |                                              |
| 2    | Номер канала ТЭО |                            |                                              |
| 3, 4 | 3                |                            | 4                                            |
|      | 0                | Остановка регулирования    | Отсутствует                                  |
|      | 1                | Регулирование по программе | 0...15 - программа, на которую перейти       |
|      | 2                | T-регулирование            | Температура, которую необходимо поддерживать |

|   |                                                      |                                                        |
|---|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 3 | Поддержание температуры - запуск ПИД – регулирования | Температура, которую необходимо поддерживать (уставка) |
| 4 | Постоянное напряжение                                | Напряжение, которое необходимо поддерживать            |

Команда 35 может быть передана при широковещательной адресации.

Выполнение команды сопровождается сообщением в форме "bridge AA-BB", переданным в некомандный интерфейс (если разрешено командой 40), где AA - номер канала ТЭО, BB является третьим параметром команды.

#### 1.10.7. Параметры выхода ПИД-регулятора

| 36 | uc                                                                       | hh                                                                                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                        | 3                                                                                                                      |
| 1  | Код команды hex                                                          |                                                                                                                        |
| 2  | Номер канала ТЭО                                                         |                                                                                                                        |
| 3  | Байт статуса - биты включают "1" либо выключают "0" определенные функции |                                                                                                                        |
|    | 0x01                                                                     | управляет подачей напряжения на выход. Если он "0", напряжение на выход не подается, а переключается только полярность |
|    | 0x02                                                                     | резерв                                                                                                                 |
|    | 0x04                                                                     | управляет характером регулирования. Установка этого бита переводит процесс регулирования в Т-регулирование (релейное)  |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | uc               |
|----|------------------|
| 1  | 2                |
| 1  | Номер канала ТЭО |

## Байт статуса

|   |      |                                                                                                                        |
|---|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 0x01 | управляет подачей напряжения на выход. Если он "0", напряжение на выход не подается, а переключается только полярность |
|   | 0x02 | резерв                                                                                                                 |
|   | 0x04 | характер регулирования. "1"- Т-регулирование (релейное)                                                                |
|   | 0x08 | 1-термистор есть<br>0-термистор отсутствует                                                                            |

**1.10.8. Запуск Z-метра**

| 37 | uc                                        | uc | uc |
|----|-------------------------------------------|----|----|
| 1  | 2                                         | 3  | 4  |
| 1  | Код команды hex                           |    |    |
| 2  | Номер канала ТЭО                          |    |    |
| 3  | Время измерения Z-метра (сек)20...255     |    |    |
| 4  | Если "1" – только измерение сопротивления |    |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|                                |                  |  |  |
|--------------------------------|------------------|--|--|
| “ Z-metr uc started. Wait!!! ” |                  |  |  |
| 1                              |                  |  |  |
| 1                              | Номер канала ТЭО |  |  |

Время, указываемое в параметрах команды 37h, не является временем проведения диагностики. Должно быть указано время заведомо больше утроенной постоянной времени. Диагностика состоит из нескольких промежуточных этапов, каждый из которых превышает указанное в параметрах команды 37h время. Оценочно время проведения диагностики составляет время, указанное в параметрах увеличенное в 5 раз.

Во время диагностики, по мере завершения промежуточных этапов, в интерфейс, не являющийся командным, выдается отладочная информация.

После завершения Z-метрии, найденные параметры объекта регулирования, а именно сопротивление (R), термоэлектрическая добротность (Z), постоянная времени ( $\tau$ ) выводятся в некомандный интерфейс (если отсутствовала ошибка «TEC voltage has not fallen for too long in Z-metering»).



**Внимание!** Процедура Z-метрии длительный процесс и во время его выполнения команды не воспринимаются и информационные кадры не формируются. Светодиодная индикация прекращается (начало светодиодной индикации может служить сигналом завершения диагностики).

Во время проведения диагностики любого канала, регулирование на этом канале прекращается.

Процедуру можно прервать, отправив команду “Send echo”.

#### **1.10.9. Записать параметры Z-метрии**

---

38

1

1 Код команды hex

По данной команде найденные параметры запоминаются как эталонные для соответствующего объекта управления.

#### **1.10.10. Ток Z-метра**

---

39 f

1 2

1 Код команды hex

- 2 Значение сопротивления калибровочного резистора, подключенного в качестве нагрузки к каналу ТЭО

По данной команде величина тока запоминается в энергонезависимой памяти и используется для расчетов Z-метрии.

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

f6

1

- 1 Величина тока Z-метра

Команда может передаваться без параметров.

#### 1.10.11. Запуск регулирования после перезагрузки

|   | ЗВ                                                                                                           | uc                                                   | uc | f                                                      | ud |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------|----|
|   | 1                                                                                                            | 2                                                    | 3  | 4                                                      | 5  |
| 1 | Код команды hex                                                                                              |                                                      |    |                                                        |    |
| 2 | Номер канала ТЭО                                                                                             |                                                      |    |                                                        |    |
| 3 | 3                                                                                                            |                                                      |    | 4                                                      |    |
|   | 0                                                                                                            | Остановка регулирования                              |    | Отсутствует                                            |    |
|   | 1                                                                                                            | Регулирование по программе                           |    | 0...15 - программа, на которую перейти                 |    |
|   | 2                                                                                                            | Т-регулирование                                      |    | Температура, которую необходимо поддерживать           |    |
|   | 3                                                                                                            | Поддержание температуры - запуск ПИД – регулирования |    | Температура, которую необходимо поддерживать (уставка) |    |
|   | 4                                                                                                            | Постоянное напряжение                                |    | Напряжение, которое необходимо поддерживать            |    |
| 5 | Время (сек), по истечении которого необходимо приступить к программе (только при регулировании по программе) |                                                      |    |                                                        |    |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | hh                                                                                                                 | f2                                                   | ud                                                     |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1  | 2                                                                                                                  | 3                                                    | 4                                                      |
| 1  | Номер канала ТЭО                                                                                                   |                                                      |                                                        |
|    | 2                                                                                                                  | 3                                                    |                                                        |
| 2  | 0                                                                                                                  | Остановка регулирования                              | Отсутствует                                            |
|    | 1                                                                                                                  | Регулирование по программе                           | 0...15 - программа, на которую перейти                 |
|    | 2                                                                                                                  | Т-регулирование                                      | Температура, которую необходимо поддерживать           |
|    | 3                                                                                                                  | Поддержание температуры - запуск ПИД – регулирования | Температура, которую необходимо поддерживать (уставка) |
|    | 4                                                                                                                  | Постоянное напряжение                                | Напряжение, которое необходимо поддерживать            |
| 4  | Время (сек), по истечении которого необходимо приступить к программе (только при регулировании по программе) или 0 |                                                      |                                                        |

Команда может передаваться с параметром 2.

#### **1.10.12. Записать предельные температуры**

| 3C | uc                                                                                                                      | f | f | uc |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|
| 1  | 2                                                                                                                       | 3 | 4 | 5  |
| 1  | Код команды hex                                                                                                         |   |   |    |
| 2  | Номер канала ТЭО                                                                                                        |   |   |    |
| 3  | Минимальная допустимая температура                                                                                      |   |   |    |
| 4  | Максимальная допустимая температура                                                                                     |   |   |    |
| 5  | Если в течение этого времени температура выходит за установленные пределы, выдается сигнал ошибки - см. статус прибора. |   |   |    |

#### **1.10.13. Передать предельные температуры**

| <b>3D</b> |                  | <b>uc</b> |
|-----------|------------------|-----------|
| 1         |                  | 2         |
| 1         | Код команды hex  |           |
| 2         | Номер канала ТЭО |           |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | f2                                                                                                                      | f2 | uc |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|
| 1  | 2                                                                                                                       | 3  | 4  |
| 1  | Номер канала ТЭО                                                                                                        |    |    |
| 2  | Минимальная допустимая температура                                                                                      |    |    |
| 3  | Максимальная допустимая температура                                                                                     |    |    |
| 4  | Если в течение этого времени температура выходит за установленные пределы, выдается сигнал ошибки - см. статус прибора. |    |    |

#### 1.10.14. Передать результаты Z-метрии

| <b>3E</b> |                 |
|-----------|-----------------|
| 1         |                 |
| 1         | Код команды hex |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

| hh | f2                                                      | e2 | f2 |
|----|---------------------------------------------------------|----|----|
| 1  | 2                                                       | 3  | 4  |
| 1  | Номер канала ТЭО, параметры которого представлены далее |    |    |
| 2  | Сопротивление (R) (Ом)                                  |    |    |
| 3  | ТЭ добротность Z (1000/K)                               |    |    |
| 4  | Постоянная времени tau (s)                              |    |    |

**1.10.15. Передать параметры Z-метрии**

|   | <b>3F</b>        | <b>cu</b> |
|---|------------------|-----------|
|   | 1                | 2         |
| 1 | Код команды hex  |           |
| 2 | Номер канала ТЭО |           |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | <b>hh</b>                                               | <b>f2</b> | <b>e2</b> | <b>f2</b> |
|---|---------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|   | 1                                                       | 2         | 3         | 4         |
| 1 | Номер канала ТЭО, параметры которого представлены далее |           |           |           |
| 2 | Сопротивление (R) (Ом)                                  |           |           |           |
| 3 | ТЭ добротность Z (1000/K)                               |           |           |           |
| 4 | Постоянная времени tau (s)                              |           |           |           |

**1.10.16. Автонастройка ПИД**

|   | <b>51</b>        | <b>uc</b> |
|---|------------------|-----------|
|   | 1                | 2         |
| 1 | Код команды hex  |           |
| 2 | Номер канала ТЭО |           |

Поле «PARAMETERS» информационного кадра:

|   | <b>"Tuning PID uc started. Wait!!!"</b> |
|---|-----------------------------------------|
|   | 1                                       |
| 1 | Номер канала ТЭО                        |

Функция автонастройки ищет коэффициенты пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих алгоритма ПИД регулирования.

Во время процесса, по мере завершения промежуточных этапов, в некомандный интерфейс выдается отладочная информация.

После завершения процесса автонастройки устанавливаются коэффициенты соответствующего канала ПИД регулятора.

Коэффициенты рассчитываются для режима охлаждения, в котором разрешены измерения всех каналов АЦП - самый длинный период выборки ПИД.



**Внимание!** Процедура настройки может быть довольно длительным процессом и во время его выполнения команды не воспринимаются и информационные кадры не формируются. Светодиодная индикация прекращается (начало светодиодной индикации может служить сигналом завершения автонастройки ПИД-регулятора). Во время проведения автонастройки любого канала, регулирование на другом канале прекращается.

Результаты расчетов не являются точными и могут использоваться только как отправная точка для начала настройки контроллера.

#### **1.10.17. Сброс контроллера**

---

53

1

1 Код команды hex

#### **1.10.18. Управление модулем индикации**

---

**54**    XX

1       2

---

**1**    Код команды hex

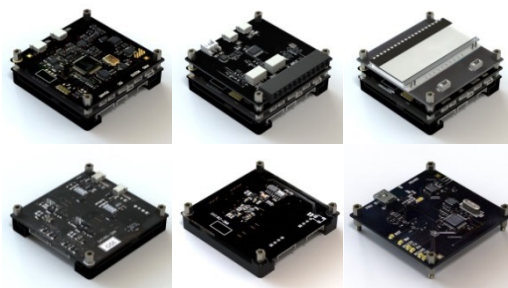
Старший нибл - единицы индикации температуры

**2**    1-градус Цельсия, 0-Кельвин

Младший нибл - номер стартового экрана 0 –"E1"... 3 –"E4"







ООО «ПЛ Инжиниринг»

Россия 115230 Москва  
Варшавское шоссе 46  
мейл: [info@promln.com](mailto:info@promln.com)  
тел.: +7-499-678-3231  
факс: +7-499-678-3258  
сайт: [www.promln.ru](http://www.promln.ru)

стр. 68 всего 68

*Дистрибутор в Европе и США*

**TEC Microsystems GmbH**  
Schwarzschildstrasse 8  
Berlin 12489, Germany  
phone: +49-(0)30-6789-3314  
fax: +49-(0)30-6789-3315  
e-mail: [info@tec-microsystems.com](mailto:info@tec-microsystems.com)  
website: [www.tec-microsystems.de](http://www.tec-microsystems.de)

версия 3.13 (2017)