**Категории кодов функций**

Возможные значения:

* 0x11 – Чтение информации об устройстве;
* 0x41 – Чтение значений входов/выходов;
* 0x42 – Запись значений выходов;
* 0x47 – Чтение принятых пакетов из последовательного интерфейса МПК;
* 0x48 – Запись принятых пакетов в последовательный интерфейс МПК;
* 0x64 – Чтение конфигурации входов/выходов;
* 0x65 – Запись конфигурации входов/выходов;
* 0х6Е – Запись конфигурации сетевого интерфейса RS485 по серийному номеру.

## Форматы пакетов

**Чтение информации об устройстве (0x11):**

*Запрос:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x11 | 2 байта |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Серийный номер** | **Тип устройства** | **Аппаратная версия** | **Программная версия** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x11 | 2 байта | 1 байт  (см табл. 2) | 1 байт | 4 байта | 2 байта |

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| **Тип устройства** | **Название модуля** |
| 1 (0x01) | МВАТН2-ЕР |
| 2 (0x02) | МСАТ4-ЕР |
| 3 (0x03) | МСАТП4-ЕР |
| 4 (0x04) | МСАТС4-ЕР |
| 5 (0x05) | МВДО8-ЕР |
| 6 (0x06) | МВДР8-ЕР |
| 7 (0x07) | МСД4-ЕР |
| 8 (0x08) | МСД8-ЕР |
| 9 (0x09) | МСАН4-ЕР |
| 10 (0x0A) | МВАТН4-ЕР |
| 17 (0x11) | МВАТН2 |
| 18 (0x12) | МСАТ4 |
| 19 (0x13) | МСАТП4 |
| 20 (0x14) | МСАТС4 |
| 21 (0x15) | МВДО8 |
| 22 (0x16) | МВДР8 |
| 23 (0x17) | МСД4 |
| 24 (0x18) | МСД8 |
| 25 (0x19) | МСАН4 |
| 26 (0x1A) | МВАТН4 |
| 128 (0x80) | МПК-ЕР |
| 144 (0x90) | ПЛК-ЕР |
| 224 (0xE0) | Тестовый модуль |
| 240 (0xF0) | Стенд |

**Чтение значений входов/выходов (0x41):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x41 | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Тип канала** | **Состояние канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x41 | 1 байт | 1 байт | 1 – 4 байта\* | 2 байта |

Команда поддерживает возможность чтения значений для нескольких каналов одновременно.

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала 1** | **…** | **Номер канала N** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x41 | 1 байт | … | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала 1** | **Тип канала 1** | **Состояние канала 1** | **…** | **Номер канала N** | **Тип канала N** | **Состояние канала N** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x41 | 1 байт | 1 байт | 1 – 4 байта\* | … | 1 байт | 1 байт | 1 – 4 байта\* | 2 байта |

\*Размер поля «**Состояние канала**» зависит от режима работы данного канала, указанного в поле «Тип канала». Соответствие режимов см в таблице 3.

Таблица 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Режим работы канала** | **Тип канала** | **Тип и размер поля данных** | **Поддерживаемые модули** |
| Отключен | 0x00 | — |  |
| RS232 | 0x01 | — | МПК |
| RS485 | 0x02 | — | МПК |
| Дискретный вход | 0x11 | 1 байт (char) | МСД4, МСД8 |
| Частотный вход | 0x21 | 4 байта (float) | МСД4, МСД8 |
| Счетчик импульсов | 0x22 | 4 байта (float) |  |
| Фазный вход | 0x23 | 4 байта (float) |  |
| Ускорение | 0x24 | 4 байта (float) | МСД4, МСД8 |
| Аналоговый вход 0 – 5В | 0x41 | 4 байта (float) | МСАН4 |
| Аналоговый вход 0 – 10В | 0x42 | 4 байта (float) | МСАН4 |
| Аналоговый вход 4 – 20мА | 0x45 | 4 байта (float) | МСАТ4 |
| Аналоговый вход 0 – 20мА | 0x46 | 4 байта (float) | МСАТ4 |
| Аналоговый вход термопара K-Type | 0x51 | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термопара L-Type | 0x52 | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термопара E-Type | 0x53 | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термопара T-Type | 0x54 | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термопара J-Type | 0x55 | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термопара [мВ] | 0x5F | 4 байта (float) | МСАТП4 |
| Аналоговый вход термосопротивление Pt100 (a=0,00385) | 0x61 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление Pt500 (a=0,00385) | 0x62 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление Pt1000  (a=0,00385) | 0x63 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 50П (a=0,00391) | 0x64 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 100П (a=0,00391) | 0x65 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 50М8 (a=0,00428) | 0x66 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 100М8 (a=0,00428) | 0x67 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление Ni100 | 0x68 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 50М6 (a=0,00426) | 0x69 | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление 100М6 (a=0,00426) | 0x6A | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Аналоговый вход термосопротивление [Ом] | 0x6F | 4 байта (float) | МСАТС4 |
| Дискретный выход | 0x91 | 1 байт (char) | МВДО8, МВДР8 |
| Частотный выход | 0xA1 | 4 байта (float) | МВДО8 |
| Аналоговый выход 0 - +5В | 0xC1 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 0 - +10В | 0xC2 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход ±5В | 0xC3 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход ±10В | 0xC4 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 4 – 20мА | 0xC5 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 0 – 20мА | 0xC6 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 0 – 22мА | 0xC7 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 0 - +5,5В | 0xC8 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход 0 - +11В | 0xC9 | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход ±5,5В | 0xCA | 4 байта (float) | МВАТН4 |
| Аналоговый выход ±11В | 0xCB | 4 байта (float) | МВАТН4 |
|  |  |  |  |
| Ошибка канала | 0xEE |  |  |

**Запись значений выходов (0x42):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Тип канала** | **Состояние канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x42 | 1 байт | 1 байт | 1 – 4 байта\* | 2 байта |

*Ответ:*

***Ok или Error***

Команда поддерживает возможность чтения значений для нескольких каналов одновременно.

**Чтение принятых пакетов из последовательного интерфейса МПК (0x47):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x47 | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Длинна пакета (N)** | **Пакет** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x47 | 1 байт | 1 байт | N байт | 2 байта |

**Запись принятых пакетов в последовательный интерфейс МПК (0x48):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Длинна пакета (N)** | **Пакет** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x48 | 1 байт | 1 байт | N байт | 2 байта |

*Ответ:*

***Ok или Error***

**Чтение конфигурации входов/выходов (0x64):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x64 | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Тип канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x64 | 1 байт | 1 байт | 2 байта |

Команда поддерживает возможность чтения конфигурации для нескольких каналов одновременно.

**Запись конфигурации входов/выходов (0x65):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала** | **Тип канала** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x65 | 1 байт | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

***Ok или Error***

После установки конфигурации требуется перезагрузка модуля.

Команда поддерживает возможность задавать конфигурацию для нескольких каналов одновременно.

**Управляющая команда для модуля (0x68):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Управляющая команда** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x68 | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

***Ok или Error***

Значение поля «Управляющая команда» может принимать следующие значения:

* Перезапуск модуля 0x01
* Установка заводских настроек 0x02
* Синхронизация с сервером NTP 0x03
* Установка клиента для пакетов Ethernet

**Запись конфигурации сетевого интерфейса RS485 по серийному номеру (0х6Е):**

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Тип конфигурируемого устройства** | **Серийный номер конфигурируемого устройства** | **Новый сетевой адрес** | **CRC16** |
| 1 байт | 0x6Е | 1 байт | 2 байта | 1 байт | 2 байта |

*Ответ:*

***Ok или None***

Адрес устройства (первое поле в пакете) равно «0», пакет адресуется по серийному номеру.

**Обработка ошибок**

Во время обмена данными могут возникать ошибки двух типов:

* ошибки, связанные с искажениями при передаче данных;
* логические ошибки (запрос принят без искажений, но не может быть выполнен)

При передаче по асинхронным линиям связи ошибки первого типа обнаруживаются при помощи проверки соответствия принятого запроса установленному формату ADU и вычисления контрольной суммы. Дополнительно, для проверки каждого символа может использоваться бит четности. Если подчинённое устройство обнаруживает искажение данных, принятый запрос игнорируется, ответное сообщение не формируется. Главное устройство может обнаружить ошибку по истечению времени, отведённого на ответ.

В Modbus TCP дополнительная проверка целостности данных не предусмотрена. Передача данных без искажений обеспечивается протоколами TCP/IP.

При ошибках второго типа подчинённое устройство отсылает сообщение об ошибке (если запрос адресован этому устройству; на широковещательные запросы ответ не отправляется). Признаком того, что ответ содержит сообщение об ошибке, является установленный старший бит номера функции. За номером функции, вместо обычных данных, следует код ошибки и, при необходимости, дополнительные данные об ошибке.

**Стандартные коды ошибок**

* 01 — Принятый код функции не может быть обработан.
* 02 — Адрес данных, указанный в запросе, недоступен.
* 03 — Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной.
* 04 — Невосстанавливаемая ошибка имела место, пока ведомое устройство пыталось выполнить затребованное действие.
* 05 — Ведомое устройство приняло запрос и обрабатывает его, но это требует много времени. Этот ответ предохраняет ведущее устройство от генерации ошибки тайм-аута.
* 06 — Ведомое устройство занято обработкой команды. Ведущее устройство должно повторить сообщение позже, когда ведомое освободится.
* 07 — Ведомое устройство не может выполнить программную функцию, заданную в запросе. Этот код возвращается для неуспешного программного запроса, использующего функции с номерами 13 или 14. Ведущее устройство должно запросить диагностическую информацию или информацию об ошибках от ведомого.
* 08 — Ведомое устройство при чтении расширенной памяти обнаружило ошибку паритета. Ведущее устройство может повторить запрос, но обычно в таких случаях требуется ремонт.

Ниже приведён пример команды ведущего устройства и ответов ведомого (для Modbus RTU).

*Запрос:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала1** | **Номер канала2** | **CRC16** |
| 0x01 | 0x64 | 0x00 | 0x01 | 0x81 0xC7 |

*Ответ:*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Номер канала1** | **Тип канала1** | **Номер канала2** | **Тип канала2** | **CRC16** |
| 0x01 | 0x64 | 0x00 | 0x42 | 0x01 | 0x41 | 0x11 0xB6 |

*Сообщение об ошибке:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Адрес устройства** | **Номер функции** | **Код ошибки** | **CRC16** |
| 0x01 | 0xE4 | 0x01 | 0xAA 0xC0 |

# 

При работе через Ethernet (через МПК) передача идет по средствам протокола UDP. Пакет аналогичен Modbus TCP и выглядит следующим образом:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ID транзакции** | **ID протокола** | **Длина пакета** | **Адрес ведомого устройства** | **Код функции** | **Данные** |

где

* **ID транзакции** — два байта, нули
* **ID протокола** — два байта, нули
* **длина пакета** — два байта, длина следующей за этим полем части пакета
* **адрес ведомого устройства** — адрес подчинённого устройства, к которому адресован запрос.

# Приложение 1: Алгоритм подсчета CRC16 (Modbus) и таблица полиномов при работе через RS485

const uint8\_t auchCRCHi[256] = {

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,

0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,

0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,

0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81,

0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0,

0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,

0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,

0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,

0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,

0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,

0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0,

0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,

0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,

0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,

0x40

};

const uint8\_t auchCRCLo[256] = {

0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5, 0xC4,

0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B, 0xC9, 0x09,

0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE, 0xDF, 0x1F, 0xDD,

0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6, 0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3,

0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2, 0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7,

0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F, 0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A,

0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB, 0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE,

0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25, 0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26,

0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60, 0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2,

0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C, 0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F,

0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8, 0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB,

0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D, 0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5,

0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73, 0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91,

0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57, 0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C,

0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A, 0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88,

0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E, 0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C,

0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86, 0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80,

0x40

};

uint16\_t CalcCRC16(uint8\_t \*p, uint16\_t len){

uint8\_t crc\_hi = 0xFF;

uint8\_t crc\_lo = 0xFF;

int iIndex;

while(len--){

iIndex = crc\_lo ^ \*(p++);

crc\_lo = (uint8\_t)(crc\_hi ^ auchCRCHi[iIndex]);

crc\_hi = auchCRCLo[iIndex];

}

return (uint16\_t)( crc\_hi << 8 | crc\_lo );

}