Протокол обновления прошивки модулей системы БЛОК  
по линии связи (CAN)

**ВЕРСИЯ 9**

Протокол предназначен для внутрисистемного (без отчуждения) программирования модулей системы БЛОК по CAN-линии. Протокол должен соответствовать следующим требованиям:

1. Обеспечивать возможность программирования модуля по линии CAN без отключения его от системы
2. Обеспечивать надёжность доставки прошивки до модуля (исключать потерю и повреждение пакетов, обеспечивать повторную посылку данных при потере)
3. Обеспечивать возможность доставки бинарной прошивки для модулей без ОС и прошивки, представляющей набор программных файлов, для модулей с ОС
4. Обеспечить возможность проверки версии и целостности текущей прошивки в модуле
5. Исключить возможность прошивки модуля неродным ПО
6. Обеспечивать возможность передачи информации о параметрах модуля, прошивки и загрузчика

# Термины и определения

Ячейка – аппаратный узел системы. В случае если система состоит из нескольких полукомплектов (каналов), каждый полукомплект (канал) считается отдельной ячейкой.

Модуль – функционально обособленный логический узел в системе. В одной ячейке может содержаться несколько программных модулей. Каждый модуль обладает своим идентификатором (номером), уникальным в пределах ячейки.

Прошивка (firmware) – программное обеспечение модуля. Может быть представлено как один бинарный исполняемый файл (для модулей без ОС), так и как каталог с файлами и подкаталогами (для модулей с ОС).

Программатор – программа, осуществляющая обновления прошивки в модуле.

Загрузчик – программа, исполняемая в модуле помимо основной прошивки, или функционально обособленная часть прошивки, отвечающая за реализацию данного протокола.

# OSI-модель протокола

Протокол прошивки состоит из нескольких уровней, согласно модели OSI, расположить которые можно следующим образом:

|  |  |
| --- | --- |
| Слой в модели OSI | Протокол |
| 5. Данные | Протокол FUDP |
| 4. Транспортный | ISO-TP (ISO 15765-2) |
| 3. Сетевой |
| 2. Канальный | CAN |
| 1. Физический | --- |

Таблица 1. OSI-модель обновления прошивки по CAN

# FUDP over CAN

## CAN-сообщения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Дескриптор | Название | Назначение |
| 66A8 | FU\_INIT | Запрос на перевод модуля в режим программирования |
| 66C8 | FU\_PROG | ISO-TP сообщения, посылаемые программатором |
| 66E8 | FU\_DEV | ISO-TP сообщения, посылаемые загрузчиком |

Таблица 2. Дескрипторы CAN-сообщений

## ISO-TP

Для организации возможности передачи информации длиной более 8 байт и контроля потока поверх CAN используется протокол транспортного уровня ISO 15765-2 (ISO-TP). Применяется выравнивание CAN-фрейма до 8 байт.

# Протокол FUDP (Firmware Update Protocol)

Протокол FUDP работает поверх протокола ISO-TP.

Программатор является ведущим: он начинает обмен с отправки команды и дожидается ответа от загрузчика. Если через 2 секунды с момента окончания передачи команды не начато получение регламентируемого протоколом ответа, то программатор посылает команду на завершение сеанса программирования и начинает переход в новый сеанс. После 10 неудачных сеансов программирование считается не выполненным.

## Формат пакета FUDP

Пакет протокола FUDP состоит из заголовка и данных. Заголовком является первый байт ISO-TP сообщения. Он содержит идентификатор сообщения, определяющий тип сообщения. Остальные байты – данные сообщения, специфичные для каждого типа.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения* |
| N | данные сообщения |

Таблица 3. Формат пакета FUDP

## Переход в режим программирования

Для перевода модуля в режим программирования, программатор отправляет сообщение PROG\_INIT (идентификатор протокола FUDP: 01h).

### Сообщение PROG\_INIT (01h)

Сообщение передаётся для перевода соответствующего модуля в режим программирования.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ INIT (01h)* |
| 1,5 | ID ячейки (старшим вперёд) |
| 0,5 | Модификация |
| 1 | Номер программного модуля |
| 0,5 | Номер канала |
| 2,5 | Серийный номер (старшим вперёд) |

Таблица 4. Сообщение PROG\_INIT

Это сообщение является Single Frame ISO-TP сообщением. Соответствующее ему CAN-сообщение выглядит так:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Дескриптор: 66A8* | | | | | | | | |
| Бит  Байт | **7** | **6** | **5** | **4** | **3** | **2** | **1** | **0** |
| 1 | 07h | | | | | | | |
| 2 | 01h | | | | | | | |
| 3 | ID ячейки (биты 12-5) | | | | | | | |
| 4 | ID ячейки (биты 4-0) | | | | Модификация ячейки | | | |
| 5 | Номер программного модуля | | | | | | | |
| 6 | Номер канала | | | | Серийный номер (биты 19-16) | | | |
| 7 | Серийный номер (биты 15-8) | | | | | | | |
| 8 | Серийный номер (биты 7-0) | | | | | | | |

Таблица 5. Формат CAN-сообщения, содержащего PROG\_INIT

При получении такого сообщения со значениями параметров, равными параметрам модуля, прошивка модуля должна закончить работу и передать управление загрузчику.

«0» в значении любого из параметров значит «любой». При этом, если остальные параметры равны параметрам модуля, пошивка не завершает работу, а отправляет ответное сообщение со своими параметрами. Формат ответного сообщения совпадает с сообщением PROG\_INIT.

### Ответ на широковещательный запрос активных модулей – сообщение PROG\_BCAST\_RESPONSE (00h)

Сообщение предаётся на запрос PROG\_INIT, содержащий в качестве некоторых параметров «0», при условии, что остальные параметры совпадают с параметрами модуля.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ BCAST\_RESPONSE (00h)* |
| 1,5 | ID ячейки (старшим вперёд) |
| 0,5 | Модификация |
| 1 | Номер программного модуля |
| 0,5 | Номер канала |
| 2,5 | Серийный номер (старшим вперёд) |

Таблица 6. Формат сообщения PROG\_BCAST\_RESPONSE

## Инициализация соединения

После завершения работы прошивки (или при загрузке после включения питания модуля) загрузчик принимает управление на 500 мс и ожидает получения от программатора PROG\_INIT сообщения со всеми заполненными параметрами, равными параметрам модуля. Программатор передаёт сообщение PROG\_INIT с интервалом в 100 мс. Если в течение 500 мс сообщение PROG\_INIT загрузчиком не получено, то происходит проверка целостности прошивки и её загрузка.

### Сообщение PROG\_STATUS (02h)

После получения сообщения PROG\_INIT загрузчик отправляет программатору сообщение PROG\_STATUS (идентификатор 02h), содержащее набор значений словарных свойств. Т.е. пар ключ – значение: 1 байт на ключ и 4 байта на значение. Длина сообщения PROG\_STATUS определяется количество заданных свойств. Максимальное количество одновременно используемых свойств = 64. Подробнее об словаре свойств смотри ниже.

Факт получения программирующим устройством сообщения PROG\_STATUS считается началом соединения.

## Запрос списка файлов

### Сообщение запроса списка файлов PROG\_LIST\_RQ (03h)

Для запроса списка файлов на программируемом модуле, программатор отправляет сообщение PROG\_LIST\_RQ. В случае, если список всех файлов модуля оказывается слишком длинным и не помещается в ответном сообщении, есть возможность запросить часть списка.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_LIST\_RQ (03H)* |
| 2 | Offset – кол-во файлов, которые необходимо пропустить с начала списка |
| 2 | Count – запрашиваемое кол-во файлов (0 – все оставшиеся) |

### Сообщение списка файлов PROG\_LIST (04h)

На запрос списка файлов загрузчик отвечает сообщением содержащим список файлов. В случае отсутствия файловой системы на программируемом устройстве, именем файла является адрес начала файла в памяти (в шестнадцатеричном виде).

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_LIST (04h)* |
| 1 | Длина имени файла 1 |
| N | Имя файла 1 в кодировке Win-1251 (без символа окончания строки) |
| 4 | Размер файла 1 (байт) |
| 4 | Контрольная сумма файла 1 (CRC-16 CCITT, (полином:0x8408 )) |
| 1 | Длина имени файла 2 |
| … | … |

Таблица 7. Формат сообщения PROG\_LIST

В случае, если информация о всех имеющихся файлах не помещается в одном сообщение низлежащего уровня, то в качестве последнего файла передаётся флаг:

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| 1 | 0 (вместо длины имени файла) |
| 4 | Кол-во файлов, не вошедших в отправленный список (вместо размера файла) |
| 4 | 0 (вместо контрольной суммы) |

Таблица 8. Формат флага наличия файлов, не вошедших в сообщение

## Чтение файла

### Запрос на чтение – сообщение PROG\_READ\_RQ (05h)

Программатор может запросить чтение заданной части любого файла из перечисленных в PROG\_LIST. Для этого отправляется сообщение PROG\_READ\_RQ (05h).

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ READ\_RQ (05h)* |
| 1 | Длина имени файла |
| N | Имя файла в кодировке Win-1251 (без символа окончания строки) |
| 4 | Смещение от начала файла (байт) |
| 4 | Размер считываемого блока (байт): [0 – 4000?] |

Таблица 9. Формат сообщения PROG\_READ\_RQ

### Чтение данных – сообщение PROG\_READ (06h)

На сообщение PROG\_READ\_RQ загрузчик отвечает сообщением PROG\_READ.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ READ (06h)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Чтение успешно  1 – Файл не найден  2 – Недопустимое смещение (выходит за границу файла)  3 – Ошибка чтения |
| N | Считанные данные.  N – запрошенный размер или размер оставшейся части файла |

Таблица 10. Формат сообщения PROG\_READ

## Удаление файла

### Команда на удаления файла – сообщение PROG\_RM (07h)

Для удаления файла и очистки занимаемой им области памяти программатор отправляет сообщение PROG\_RM (07h)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ RM (07h)* |
| 1 | Длина имени файла |
| N | Имя файла в кодировке Win-1251 (без символа окончания строки) |

Таблица 11. Формат сообщения PROG\_RM

### Подтверждение удаления файла – сообщение PROG\_RM\_ACK (08h)

На запрос RPOG\_RM загрузчик должно ответить сообщением PROG\_RM\_ACK.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ RM (08h)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Удаление успешно  1 – Файл не существует  2 – Ошибка удаления файла |

Таблица 12. Формат сообщения PROG\_RM\_ACK

## Создание файла

### Команда на создание файла – сообщение PROG\_CREATE (09h)

Перед началом записи в файл, файл нужно создать.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ CREATE (09h)* |
| 1 | Длина имени файла N |
| N | Имя файла в кодировке Win-1251 (без символа окончания строки)  (или адрес начала файла для устройств без ОС) |
| 4 | Размер файла |
| 4 | Контрольная сумма файла (CRC-16 CCITT, (полином:0x8408 )) |

Таблица 15. Формат сообщения PROG\_CREATE

### Подтверждение создания файла – сообщение PROG\_CREATE\_ACK (0Ah)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_ CREATE\_ACK (0Ah)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Файл создан успешно  1 – Файл с таким именем уже существует  2 – Превышено максимальное количество файлов  3 – Недостаточно памяти  4 – Ошибка создания |

Таблица 16. Формат сообщения PROG\_CREATE\_ACK

## Запись в файл

### Команда на запись в файл – сообщение PROG\_WRITE (0Bh)

Запись может вестись только в существующий файл.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_WRITE (0Bh)* |
| 1 | Длина имени файла N |
| N1 | Имя файла в кодировке Win-1251 (без символа окончания строки)  (или адрес начала файла для устройств без ОС) |
| 4 | Смещение от начала файла (байт) |
| N2 | Данные |

Таблица 17. Формат сообщения PROG\_WRITE

### Подтверждение записи в файл – сообщение PROG\_WRITE\_ACK (0Сh)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_WRITE\_ACK (0СH)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Запись осуществлена успешно  1 – Выход за пределы записываемого файла  2 – Файл не существует  255 – Неизвестная ошибка |

Таблица 182. Формат сообщения PROG\_WRITE\_ACK

# Словарь свойств

Загрузчик отвечает за хранение в модуле списка свойств, согласно ниже излагаемому словарю.

Свойства делятся на 3 категории:

* **общие свойства** – доступны для записи и задаются программирующим устройством.
* **постоянные свойства блока** – задаются единожды при прошивке модуля на заводе. Содержат идентификацию блока.
* **свойства загрузчика** – генерируются загрузчиком и описывают его версию и возможности.

|  |  |
| --- | --- |
| Ключ | Свойство |
|  | Общие свойства (1– 127) |
| 1 | Версия |
| 2 | Подверсия |
| 3 | Дата последнего обновления ПО |
| 4 | Доработка (версия) |
| 5 | Дата доработки |
| 6 | Контрольная сумма прошивки целиком (XOR контрольных сумм файлов) |
| 7 | Текстовая метка версии |
|  |  |
|  | Постоянные свойства блока (128 – 191) |
| 129 | ID ячейки |
| 130 | Номер программного модуля |
| 131 | Серийный номер блока |
| 132 | Дата производства (год\*100 + месяц) |
| 133 | Номер канала (полукомплекта): 1, 2, 3, … |
| 134 | Модификация ячейки |
|  |  |
|  | Свойства загрузчика (192 – 255) |
| 192 | Вид |
| 193 | Версия загрузчика |
| 194 | Наличие файловой системы (0 – без ФС, 1 – с ФС) |
| 195 | Версия протокола, по которой работает загрузчик |
| 196 | Наиболее старая версия протокола, которую поддерживает загрузчик |
| 197 | Подверсия загрузчика |
| 198 | Конфигурация загрузчика |

## Запись значения в словарь свойств

### Команда на запись ЗНАЧЕНИЯ В СЛОВАРЬ СВОЙСТВ – сообщение param\_SET\_rq (0fh)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PARAM\_SET\_RQ (0Fh)* |
| 1  4 | Ключ  Значение свойства |

Таблица 13. Формат сообщения PARAMS\_SET\_RQ

### ПОДТВЕРЖДЕНИЕ записИ ЗНАЧЕНИЯ В СЛОВАРЬ СВОЙСТВ – сообщение param\_SET\_ACK (10h)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PARAM\_SET\_ACK (10h)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Значение свойства записано успешно  1 – Свойство «только для чтения»  2 – Превышено максимальное количество свойств |

Таблица 14. Формат сообщения PARAMS\_SET\_ACK

## УДАЛЕНИЕ параметра ИЗ СЛОВАРЯ СВОЙСТВ

### Команда на УДАЛЕНИЕ параметра ИЗ СЛОВАРЯ СВОЙСТВ – сообщение param\_RM\_rq (11h)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PARAM\_RM\_RQ (11h)* |
| 1 | Ключ |

Таблица 15. Формат сообщения PARAM\_RM\_RQ

### ПОДТВЕРЖДЕНИЕ УДАЛЕНИЯ параметра ИЗ СЛОВАРЯ СВОЙСТВ – сообщение param\_RM\_ACK (12h)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PARAM\_RM\_ACK (12h)* |
| 1 | Код ошибки:  0 – Параметр удален успешно  1 – Параметр «только для чтения»  2 – Параметр не найден |

Таблица 16. Формат сообщения PARAM\_RM\_ACK

## выход из режима программирования

### Команда на выход из режима программирования – сообщение PROG\_SUBMIT (13h)

По окончании сессии программатор отправляет команду на выход из режима программирования. При получении данной команды программируемое устройство проверяет целостность полученной прошивки, сохраняет изменения и передаёт управление (загружает) прошивку.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_SUBMIT (13h)* |
| 1 | Применение изменений:  0 – Применить изменения  1 – Отвергнуть изменения |

Таблица 15. Формат сообщения PROG\_SUBMIT

### ПОДТВЕРЖДЕНИЕ выходА из режима программирования – сообщение PROG\_SUBMIT\_ACK (14H)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_SUBMIT\_ACK (14h)* |
| 1 | Код завершения:  0 – Изменения успешно применены  1 – Не удалось применить изменения  2 – Изменения успешно отвергнуты  3 – Не удалось отвергнуть изменения  4 – Работаю, необходимо подождать |

Таблица 15. Формат сообщения PROG\_SUBMIT\_ACK

## Поддержание соединения

### Команда поддержки соединения PROG\_PING (15H)

Для поддержания длительного соединения мастер должен не реже 1 раза в секунду подкармливать загрузчик сообщениями PROG\_PING. В сообщении содержится номер запроса – постоянно инкрементирующийся однобайтный счётчик.

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_PING (15h)* |
| 1 | Номер запроса |

Таблица 15. Формат сообщения PROG\_PING

### Команда подтверждения соединения PROG\_PONG (16H)

|  |  |
| --- | --- |
| Длина | Содержимое |
| *1* | *идентификатор сообщения PROG\_PING (16h)* |
| 1 | Номер запроса |
| 1 | Статус загрузчика: 0 – загрузчик в режиме программирования, ошибок нет  1 – обнаружена потеря 1 пакета  2 – обнаружена потеря нескольких пакетов, сеанс отменён |

Таблица 15. Формат сообщения PROG\_PONG