



YKSA-460003

Версия А1 – 09.05.2024



Последняя версия этого документа:
docs.yktaero.space/docs/YKSA-460003

Описание протокола загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR

Для версий загрузчика 1.X.X

YKTS-BOOTSX-AVR Bootloader Protocol Reference

For 1.X.X bootloader versions

Подготовлено:
Петров А.Н.

Согласовано:

Утверждено:
Илларионов Т.А.

This page is intentionally left blank.

Содержание

1	Введение	5
1.1	Назначение документа	5
1.2	Область применения документа	5
1.3	Соглашения о терминах	5
1.4	Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению	5
2	Общие положения	6
2.1	Формат описания сообщений	6
2.1.1	Название сообщения	6
2.1.2	Описание	6
2.1.3	Параметры сообщения	6
2.1.4	Описание полей	6
2.1.5	Формат сообщения	7
2.1.5.1	Короткие сообщения	7
2.1.5.2	Длинные сообщения	7
2.1.6	Ответ	7
3	Работа с загрузчиком	8
3.1	Подготовка к работе	8
3.2	Режимы работы загрузчика	8
3.3	Обновление микропрограммы	8
4	Описание команд	9
4.1	Команды управления состоянием загрузчика	9
4.1.1	0xA AFF CMD_BOOTLDR_STAY – Остаться в загрузчике	9
4.1.2	0xA AFE CMD_BOOTLDR_EXIT – Выйти из загрузчика	9
4.1.3	0xA AF0 CMD_BOOTLDR_REBOOT – Перезагрузить устройство	10
4.1.4	0x0110 CMD_IS_IN_BOOTLOADER – Проверить режим загрузчика	10
4.2	Команды конфигурации загрузчика	11
4.2.1	0xA AC0 CMD_CONFIG_GET – Получить конфигурацию загрузчика	11
4.2.2	0xA AC2 CMD_CONFIG_SET – Установить конфигурацию загрузчика	12
4.3	Команды работы с памятью	13
4.3.1	0x11F1 CMD_ENTER_MEM_MODE – Войти в режим самопрограммирования	13
4.3.2	0x11F2 CMD_EXIT_MEM_MODE – Выйти из режима самопрограммирования	13
4.3.3	0xAB00 CMD_ERASE_MEM – Стереть область памяти	14
4.3.4	0xAB01 CMD_WRITE_MEM – Записать данные в память	15
4.3.5	0xAB02 CMD_READ_MEM – Прочитать данные из памяти	16
4.3.6	0xAB10 CMD_COPY_MEM – Скопировать область памяти	17
4.3.7	0xAB03 CMD_CRC32_MEM – Вычислить контрольную сумму области памяти	18
4.3.8	0xAA00 CMD_UPDATE_COMMIT – Подтвердить обновление микропрограммы	19
4.3.9	0xAB04 CMD_WRITE_EEMEM – Записать данные в EEPROM	20
4.3.10	0x11E0 CMD_READ_EEMEM – Прочитать данные из EEPROM	21
4.4	Прочие команды	21
4.4.1	0xFFE0 CMD_GET_VERSION – Получить версию загрузчика	21
4.4.2	0xDEAD CMD_RESET_PROTOCOL_STACK – Сбросить стек протокола	22
5	Описание квитанций и сообщений	23
5.1	Квитанции о выполнении команд	23
5.1.1	0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды	23

5.1.2	0x0101 MSG_NACK – Квитанция об ошибке выполнения команды	23
5.2	Сообщения о состоянии загрузчика	24
5.2.1	0x0102 MSG_MODE_NORMAL – Сообщение об инициализации загрузчика	24
5.2.2	0xEE01 MSG_MODE_UPDATE – Сообщение о переходе в режим обновления	24
5.3	Конфигурация загрузчика	25
5.3.1	0xAAC1 MSG_LONG_CONFIG – Конфигурация загрузчика	25
5.4	Квитанции об операциях с памятью	26
5.4.1	0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT – Квитанция об операции с памятью	26
5.4.2	0xAA08 MSG_LONG_MEM_READ – Данные из памяти	27
5.4.3	0xAA09 MSG_CRC32_REPORT – Контрольная сумма области памяти	28
5.4.4	0x11E1 MSG_LONG_EEMEM_READ – Данные из EEPROM	29
5.5	Прочие сообщения	30
5.5.1	0xFFE1 MSG_VERSION_SW – Версия загрузчика	30

Приложение А. Глоссарий 31

1 Введение



Внимание! Перед началом работы рекомендуется загрузить [последнюю версию документа](#).

1.1 Назначение документа

Документ описывает протокол взаимодействия сервисного программного обеспечения и загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR через шину CAN. Загрузчик предназначен для обновления микропрограмм изделий ООО «ЯКС» в составе космических аппаратов на платформе SXC3 от ООО «СПУТНИКС».

1.2 Область применения документа

Настоящий документ применим к следующим изделиям:

Таблица 1.1 — Изделия, использующие загрузчик YKTS-BOOTSX-AVR

ОБОЗНАЧЕНИЕ ИЗДЕЛИЯ	РЕВИЗИЯ ИЗДЕЛИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ ИЗДЕЛИЯ	ПРИМЕЧАНИЕ
YKTS-PL-EDU16-SPTX	A5 B0 B1	Модуль полезной нагрузки с микроконтроллерным кластером для платформ МКА SXC3	Только для двух микроконтроллеров несущей платы (Supervisor 0 и Supervisor 1)
YKTS-PL-SPTX-SDK	A0	Стенд экспериментальной отработки полезных нагрузок для платформ МКА SXC3	

1.3 Соглашения о терминах

В [разделе «Глоссарий»](#) определены термины, применяемые в этом документе.

1.4 Перечень документов, рекомендуемых к ознакомлению

1. [Интерфейсный контрольный документ для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC ICD\)](#);
2. [Руководство по эксплуатации для платформы «Орбикрафт-Про» SXC1 \(SXC РЭ\)](#);
3. [Описание программного загрузчика SXC bootldr](#);
4. [Руководство по интеграции модуля полезной нагрузки YKTS-PL-EDU16-SPTX \(YKSA-469010\)](#).



Документ содержит интерактивные возможности. Ссылки на разделы и внешние источники отмечены синим цветом. Ссылки в содержании интерактивны. Для быстрого перехода к содержанию нажмите на название документа или название раздела в верхнем колонтитуле.

2 Общие положения

2.1 Формат описания сообщений

Описание каждого UniCAN-сообщения включает в себя следующие блоки:

1. Название сообщения;
2. Описание;
3. Параметры сообщения;
4. Описание полей;
5. Формат сообщения;
6. Ответ.

Далее будет рассмотрен каждый из перечисленных блоков.

2.1.1 Название сообщения

Названия сообщений приводятся в формате

MSG_ID <идентификатор сообщения> – <краткое описание>,

где:

MSG_ID – двухбайтовый UniCAN-идентификатор сообщения в шестнадцатеричном формате;
<идентификатор сообщения> – наименование сообщения в XML-файле Houston;
<краткое описание> – краткое описание сообщения на русском языке

Пример: *0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды.*

2.1.2 Описание

В данном блоке приводится более подробное описание сообщения.

2.1.3 Параметры сообщения

В блоке «Параметры сообщения» приводится основная информация о UniCAN-сообщении:

Тип сообщения – длинное или короткое.

Длина данных в байтах. Длина не включает в себя служебные поля (MSG_ID, CRC16 и т.п.);

Наличие доп. полей – имеются ли поля кроме MSG_ID;

Направление – ожидаемое направление передачи сообщения («на борт» или «на землю»);

Ответ – наличие ответа от получателя на данное сообщение.

2.1.4 Описание полей

При наличии дополнительных полей в сообщении, в данном блоке приводится таблица с описанием каждого поля. Таблица содержит следующие столбцы:

Поле – наименование поля.

Смещение – смещение поля в битах относительно поля MSG_ID для коротких сообщений и относительно начала данных для длинных сообщений;

Тип – тип данных поля с указанием размера в битах и порядка байт (например, uint16 LE);

Описание – описание поля;

По умолчанию – значение поля по умолчанию.

Типы данных, используемые в описании полей:

int8/uint8 – знаковое/беззнаковое целое 8 бит;

int16/uint16 – знаковое/беззнаковое целое 16 бит;

int32/uint32 – знаковое/беззнаковое целое 32 бита;

int64/uint64 – знаковое/беззнаковое целое 64 бита;

float32 – число с плавающей точкой одинарной точности;

float64 – число с плавающей точкой двойной точности;

bool1 – однобитовое логическое значение;

byte8[n] – массив длиной n байт.

Допустимые модификаторы порядка байт: LE (little-endian), BE (big-endian). По умолчанию используется порядок LE.

2.1.5 Формат сообщения

В блоке «Формат сообщения» приводится формат сообщения в виде кадров UniCAN. Каждый кадр имеет длину 8 байт (64 бита), «лишние» биты обозначаются серым цветом и меткой «не передается».

2.1.5.1 Короткие сообщения

Короткие сообщения занимают один кадр UniCAN. Поле MSG_ID занимает первые 16 бит кадра.

Пример короткого сообщения длиной 2 байта:

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		Пример поля					
0x1234		0x0001		Не передается			

2.1.5.2 Длинные сообщения

Длинные сообщения занимают несколько кадров UniCAN. Первый кадр (он же *кадр старта*) содержит идентификатор старта 0xFFFE, идентификатор сообщения MSG_ID и длину данных + CRC16 в байтах. Далее идут N кадров, содержащих данные сообщения. Последние 2 байта длинного сообщения содержат CRC16 X-modem.

Поля сообщения могут быть распределены между кадрами произвольным образом, в том числе разрезаться на границах кадров. Выравнивание полей не производится.

Пример длинного сообщения длиной 10 байт:

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0x1234		10 + 2		Не передается	

0	8	16	24	32	40	48	56
Пример поля 1				Пример поля 2			
0x00000001				0x00000002			

64	72	80	88	96	104	112	120
Пример поля 3		CRC16					
0x0003		—		Не передается			



Поле CRC16 может находиться в последнем кадре вместе с данными, в отдельном кадре, или на границе кадров.

2.1.6 Ответ

Блок «Ответ» содержит ссылку на описание ответного сообщения, если таковое существует, а также дополнительную информацию о возможных ответах.

3 Работа с загрузчиком

3.1 Подготовка к работе

Загрузчик YKTS-BOOTSX-AVR предназначен для использования в КА на платформе SXC3 от ООО «СПУТНИКС». Для работы с загрузчиком необходимо следующее программное обеспечение:

- Сервисное программное обеспечение Houston Server от ООО «СПУТНИКС»;
- Клиент сервисного ПО Houston Client от ООО «СПУТНИКС»;
- [Файл описания протокола загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR в формате XML](#).

XML-файл описания протокола загрузчика YKTS-BOOTSX-AVR предоставляется ООО «ЯКС», его необходимо загрузить в клиентское ПО Houston Client в соответствии с руководством пользователя.

3.2 Режимы работы загрузчика

Загрузчик YKTS-BOOTSX-AVR поддерживает следующие режимы работы:

- **MODE_NORMAL** (передача управления основной микропрограмме по таймеру);
- **MODE_BOOTLOADER** (ожидание сервисных команд);
- **MODE_PROGRAM** (чтение и запись памяти микроконтроллера).

Загрузчик начинает работу в режиме **MODE_NORMAL**. В этом режиме загрузчик ожидает команды на переход в режим **MODE_BOOTLOADER** ([0xAAFF CMD_BOOTLDR_STAY – Остаться в загрузчике](#)) до истечения таймера, после чего передает управление основной микропрограмме. По умолчанию таймер установлен на 10 секунд.

Переход в режим **MODE_BOOTLOADER** осуществляется по команде от сервисного ПО, либо автоматически при обнаружении незаконченного обновления микропрограммы.

Переход в режим **MODE_PROGRAM** осуществляется по команде от сервисного ПО. При этом выставляется флаг незавершенного обновления, который записывается в конфигурацию загрузчика. При следующем включении питания загрузчик автоматически переходит в режим **MODE_BOOTLOADER**.

Операции с памятью микроконтроллера доступны только в режиме **MODE_PROGRAM**.

3.3 Обновление микропрограммы

Обновление микропрограммы микроконтроллера осуществляется в режиме **MODE_PROGRAM**. Для обновления микропрограммы необходимо выполнить следующие действия:

1. Перейти в режим **MODE_PROGRAM** ([0x11F1 CMD_ENTER_MEM_MODE – Войти в режим самопрограммирования](#));
2. Стереть память микроконтроллера ([0xAB00 CMD_ERASE_MEM – Стереть область памяти](#));
3. Записать новую микропрограмму последовательностью команд [0xAB01 CMD_WRITE_MEM – Записать данные в память](#);
4. Завершить обновление микропрограммы ([0xAA00 CMD_UPDATE_COMMIT – Подтвердить обновление микропрограммы](#));
5. Перезагрузить устройство.

Загрузчик поддерживает работу с утилитой Firmware Manager из сервисного ПО Houston Client. Для обновления микропрограммы необходимо загрузить файл прошивки в утилиту Firmware Manager и выполнить процедуру обновления в соответствии с руководством пользователя ООО «СПУТНИКС».



Внимание! По адресу 0x1E000 в памяти микроконтроллера начинается область, зарезервированная для загрузчика. Запись в эту область может привести к отказу изделия. Обновление загрузчика должно производиться только специалистами ООО «ЯКС».

4 Описание команд

4.1 Команды управления состоянием загрузчика

4.1.1 0xAAFF CMD_BOOTLDR_STAY – Остаться в загрузчике

Описание: Команда CMD_BOOTLDR_STAY предотвращает запуск основной микропрограммы и оставляет загрузчик в активном состоянии до следующего перезапуска.

Команда должна быть отправлена в течение 10 секунд после включения устройства, иначе управление будет передано основной микропрограмме.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAFF

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xAAFF		Не передается					

Ответ: [0xEE01 MSG_MODE_UPDATE](#) – Сообщение о переходе в режим обновления

4.1.2 0xAAFE CMD_BOOTLDR_EXIT – Выйти из загрузчика

Описание: Команда CMD_BOOTLDR_EXIT запускает основную микропрограмму и завершает работу загрузчика. Загрузчик не будет доступен до следующего перезапуска.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAFE

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xAAFE		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK](#) – Квитанция о выполнении команды

4.1.3 0xAAF0 CMD_BOOTLDR_REBOOT – Перезагрузить устройство

Описание: Команда CMD_BOOTLDR_REBOOT перезагружает устройство.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAF0

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xAAF0		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

4.1.4 0x0110 CMD_IS_IN_BOOTLOADER – Проверить режим загрузчика

Описание: Команда CMD_IS_IN_BOOTLOADER проверяет нахождение устройства в режиме загрузчика.

Устройство, находящееся в режиме загрузчика, вернет ответ [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#). В ином случае, команда будет проигнорирована.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0110

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x0110		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды](#)

4.2 Команды конфигурации загрузчика

4.2.1 0xAAC0 CMD_CONFIG_GET – Получить конфигурацию загрузчика

Описание: Команда CMD_CONFIG_GET запрашивает текущую конфигурацию загрузчика.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAC0

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xAAC0	Не передается						

Ответ: [0xAAC1 MSG_LONG_CONFIG – Конфигурация загрузчика](#)

4.2.2 0xAAC2 CMD_CONFIG_SET – Установить конфигурацию загрузчика

Описание: Команда CMD_CONFIG_SET устанавливает новую конфигурацию загрузчика.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 21 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAC2
ADDR	0	uint16 LE	UniCAN адрес загрузчика	0x001C
LAST_UPD_RESULT	16	uint32 LE	Результат последнего обновления	0x00000000
NEW_FW_ADDR	48	uint32 LE	Адрес новой микропрограммы	0x00000000
NEW_FW_CRC32	80	uint32 LE	Контрольная сумма новой микропрограммы	0x00000000
NEW_FW_SIZE	112	uint32 LE	Размер новой микропрограммы	0x00000000
N_RETRIES	144	uint8	Количество попыток обновления	0x00
GS_ADDR	152	uint16 LE	UniCAN адрес наземной станции	0x0001



Внимание! Загрузчик поддерживает только короткие адреса UniCAN. Установка адресов больше 0x001F приведет к некорректной работе загрузчика.

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFFE		0xAAC2		21 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR		LAST_UPD_RESULT				NEW_FW_ADDR	
0x001C		0x00000000				0x0000	
64	72	80	88	96	104	112	120
NEW_FW_ADDR		NEW_FW_CRC32				NEW_FW_SIZE	
0x0000		0x00000000				0x0000	
128	136	144	152	160	168	176	184
NEW_FW_SIZE		N_RETRIES	GS_ADDR		CRC16		
0x0000		0x00	0x0001		—		Н. п.

Ответ: [0xAAC1 MSG_LONG_CONFIG – Конфигурация загрузчика](#)

4.3 Команды работы с памятью

4.3.1 0x11F1 CMD_ENTER_MEM_MODE – Войти в режим самопрограммирования

Описание: Команда CMD_ENTER_MEM_MODE разрешает запись во внутреннюю память микроконтроллера. После выполнения команды загрузчик переходит в режим самопрограммирования и ожидает команд работы с памятью.

Внимание! Команда автоматически выставляет флаг незавершенного обновления микропрограммы. Флаг сбрасывается после выполнения команды [0xAA00 CMD_UPDATE_COMMIT – Подтвердить обновление микропрограммы](#), либо через команду установки конфигурации. Загрузчик не будет передавать управление основной микропрограмме до сброса флага.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x11F1

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x11F1		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK](#) – Квитанция о выполнении команды

4.3.2 0x11F2 CMD_EXIT_MEM_MODE – Выйти из режима самопрограммирования

Описание: Команда CMD_EXIT_MEM_MODE запрещает запись во внутреннюю память микроконтроллера.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x11F2

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x11F2		Не передается					

Ответ: [0x0100 MSG_ACK](#) – Квитанция о выполнении команды

4.3.3 0xAB00 CMD_ERASE_MEM – Стереть область памяти

Описание: Команда CMD_ERASE_MEM стирает указанную в полях область памяти микроконтроллера.

Стирание памяти происходит страницами по 256 байт. Стираются все страницы, входящие в указанную область памяти.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 8 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB00
ADDR	0	uint32 LE	Адрес начала области памяти	0x00000000
SIZE	32	uint32 LE	Размер области памяти	0x00000000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFFE		0xAB00		8 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR				SIZE			
0x00000000				0x00000000			
64	72	80	88	96	104	112	120
CRC16							
—		Не передается					

Ответ: [0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT](#) – Квитанция об операции с памятью

4.3.4 0xAB01 CMD_WRITE_MEM – Записать данные в память

Описание: Команда CMD_WRITE_MEM записывает страницу памяти микроконтроллера по указанному адресу. Адрес должен быть выровнен по границе 256 байт.

Перед записью страница памяти должна быть стерта командой [0xAB00 CMD_ERASE_MEM – Стереть область памяти](#), в противном случае команда завершится ошибкой.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: до 262 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB01
ADDR	0	uint32 LE	Адрес начала области памяти	0x00000000
SIZE	32	uint16 LE	Размер записываемой области памяти, до 256 байт	0x0000
DATA	48	byte8[SIZE]	SIZE байт данных для записи	—

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFFE		0xAB01		6 + SIZE + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR				SIZE		DATA[...]	
0x00000000				0x0000		—	
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA[...]						CRC16	
—						—	

Ответ: [0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT](#) – Квитанция об операции с памятью

4.3.5 0xAB02 CMD_READ_MEM – Прочитать данные из памяти

Описание: Команда CMD_READ_MEM считывает память микроконтроллера по указанному адресу.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 6 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB02
ADDR	0	uint32 LE	Адрес начала области памяти	0x00000000
SIZE	32	uint16 LE	Размер считываемой области памяти, до 256 байт	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		ADDR				SIZE	
0xAB02		0x00000000				0x0000	

Ответ: [0xAA08 MSG_LONG_MEM_READ – Данные из памяти](#)

4.3.6 0xAB10 CMD_COPY_MEM – Скопировать область памяти

Описание: Команда CMD_COPY_MEM копирует область памяти микроконтроллера по указанным адресам. Области памяти могут пересекаться.

Область назначения будет стерта автоматически. Адреса и размеры областей памяти должны быть выровнены по границе 256 байт.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 10 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB10
ADDR_SRC	0	uint32 LE	Адрес начала копируемой области	0x00000000
ADDR_DST	32	uint32 LE	Адрес области назначения	0x00000000
SIZE	64	uint16 LE	Размер копируемой области	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0xAB10		10 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR_SRC				ADDR_DST			
0x00000000				0x00000000			
64	72	80	88	96	104	112	120
SIZE		CRC16					
0x0000		—		Не передается			

Ответ: [0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT](#) – Квитанция об операции с памятью

4.3.7 0xAB03 CMD_CRC32_MEM – Вычислить контрольную сумму области памяти

Описание: Команда CMD_CRC32_MEM вычисляет контрольную сумму области памяти микроконтроллера по указанному адресу и размеру.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 8 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB03
ADDR	0	uint32 LE	Адрес начала области памяти	0x00000000
SIZE	32	uint32 LE	Размер проверяемой области памяти	0x00000000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0xAB03		8 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR				SIZE			
0x00000000				0x00000000			
64	72	80	88	96	104	112	120
CRC16							
—		Не передается					

Ответ: [0xAA09 MSG_CRC32_REPORT](#) – Контрольная сумма области памяти

4.3.8 0xAA00 CMD_UPDATE_COMMIT – Подтвердить обновление микропрограммы

Описание: Команда CMD_UPDATE_COMMIT подтверждает обновление микропрограммы и проверяет контрольную сумму.

Успешное выполнение команды также разрешает автоматический запуск новой микропрограммы при следующем включении питания.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 12 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAA00
ADDR	0	uint32 LE	Адрес новой микропрограммы	0x00000000
CRC32	32	uint32 LE	Контрольная сумма новой микропрограммы	0x00000000
SIZE	64	uint32 LE	Размер новой микропрограммы	0x00000000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0xAA00		12 + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR				CRC32			
0x00000000				0x00000000			
64	72	80	88	96	104	112	120
SIZE				CRC16			
0x00000000				—		Не передается	

Ответ: [0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT](#) – Квитанция об операции с памятью

4.3.9 0xAB04 CMD_WRITE_EEMEM – Записать данные в EEPROM

Описание: Команда CMD_WRITE_EEMEM записывает данные в EEPROM микроконтроллера по указанному адресу.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: до 260 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAB04
ADDR	0	uint16 LE	Адрес начала области памяти	0x0000
SIZE	16	uint16 LE	Размер записываемой области памяти, до 256 байт	0x0000
DATA	32	byte8[SIZE]	SIZE байт данных для записи	—



Внимание! Первые 128 байт EEPROM зарезервированы для хранения конфигурации загрузчика. Запись в эту область может привести к некорректной работе загрузчика.

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFFE		0xAB04		4 + SIZE + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR		SIZE		DATA[...]			
0x0000		0x0000		—			
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA[...]						CRC16	
—						—	

Ответ: [0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT](#) – Квитанция об операции с памятью

4.3.10 0x11E0 CMD_READ_EEMEM – Прочитать данные из EEPROM

Описание: Команда CMD_READ_EEMEM считывает EEPROM микроконтроллера по указанному адресу.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 4 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x11E0
ADDR	0	uint16 LE	Адрес начала области памяти	0x0000
SIZE	16	uint16 LE	Размер считываемой области памяти, до 256 байт	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		ADDR		SIZE			
0x11E0		0x0000		0x0000		Не передается	

Ответ: [0x11E1 MSG_LONG_EEMEM_READ – Данные из EEPROM](#)

4.4 Прочие команды

4.4.1 0xFFE0 CMD_GET_VERSION – Получить версию загрузчика

Описание: Команда CMD_GET_VERSION запрашивает версию загрузчика.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Есть

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xFFE0

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xFFE0		Не передается					

Ответ: [0xFFE1 MSG_VERSION_SW – Версия загрузчика](#)

4.4.2 0xDEAD CMD_RESET_PROTOCOL_STACK – Сбросить стек протокола

Описание: Команда CMD_RESET_PROTOCOL_STACK сбрасывает стек протокола UniCAN в случае ошибки при приеме длинного сообщения.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На борт
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xDEAD

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xDEAD		Не передается					

Ответ: нет

5 Описание квитанций и сообщений

5.1 Квитанции о выполнении команд

5.1.1 0x0100 MSG_ACK – Квитанция о выполнении команды

Описание: Квитанция о выполнении команды. Передается в ответ на команду, если она была выполнена успешно.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 2 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю / На борт
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0100
CODE	0	uint16 LE	Код результата выполнения, 0 – нет ошибок	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		CODE					
0x0100		0x0000		Не передается			

Ответ: Нет

5.1.2 0x0101 MSG_NACK – Квитанция об ошибке выполнения команды

Описание: Квитанция о выполнении команды. Передается в ответ на команду, если она была выполнена с ошибкой.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 2 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю / На борт
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0101
CODE	0	uint16 LE	Код ошибки	0x0000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		CODE					
0x0101		0x0000		Не передается			

Ответ: Нет

5.2 Сообщения о состоянии загрузчика

5.2.1 0x0102 MSG_MODE_NORMAL – Сообщение об инициализации загрузчика

Описание: Сообщение MSG_MODE_NORMAL передается загрузчиком сразу после инициализации. Передача этого сообщения означает, что загрузчик готов к работе.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x0102

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0x0102		Не передается					

Ответ: Нет

5.2.2 0xEE01 MSG_MODE_UPDATE – Сообщение о переходе в режим обновления

Описание: Сообщение MSG_MODE_UPDATE передается загрузчиком в ответ на команду перехода в режим обновления микропрограммы.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: —
Наличие доп. полей: Нет
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xEE01

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID							
0xEE01		Не передается					

Ответ: Нет

5.3 Конфигурация загрузчика

5.3.1 0xAAC1 MSG_LONG_CONFIG – Конфигурация загрузчика

Описание: Сообщение MSG_LONG_CONFIG передается загрузчиком в ответ на запрос конфигурации. Сообщение содержит информацию о текущей конфигурации загрузчика.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: 21 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAAC1
ADDR	0	uint16 LE	UniCAN адрес загрузчика	0x001C
LAST_UPD_RESULT	16	uint32 LE	Результат последнего обновления	0x00000000
NEW_FW_ADDR	48	uint32 LE	Адрес новой микропрограммы	0x00000000
NEW_FW_CRC32	80	uint32 LE	Контрольная сумма новой микропрограммы	0x00000000
NEW_FW_SIZE	112	uint32 LE	Размер новой микропрограммы	0x00000000
N_RETRIES	144	uint8	Количество попыток обновления	0x00
GS_ADDR	152	uint16 LE	UniCAN адрес наземной станции	0x0001

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START	MSG_ID		Length		Не передается		
0xFFFE	0xAAC1		21 + 2				
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR	LAST_UPD_RESULT			NEW_FW_ADDR			
0x001C	0x00000000			0x0000			
64	72	80	88	96	104	112	120
NEW_FW_ADDR	NEW_FW_CRC32			NEW_FW_SIZE			
0x0000	0x00000000			0x0000			
128	136	144	152	160	168	176	184
NEW_FW_SIZE	N_RETRIES	GS_ADDR		CRC16		Н. п.	
0x0000	0x00	0x0001		—			

Ответ: Нет

5.4 Квитанции об операциях с памятью

5.4.1 0xAA03 MSG_MEMSET_REPORT – Квитанция об операции с памятью

Описание: Сообщение MSG_MEMSET_REPORT передается загрузчиком в ответ на команды работы с памятью.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 6 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAA03
ADDR	0	uint32 LE	Адрес области памяти	0x00000000
CODE	32	uint16 LE	Результат операции	0x0000

Коды ошибок операций с памятью:

КОД	ОПИСАНИЕ	ВОЗМОЖНОЕ ИСПРАВЛЕНИЕ
0x0000	Нет ошибок.	—
0x0001	Запись запрещена.	Переведите загрузчик в режим самопрограммирования командой 0x11F1 CMD_ENTER_MEM_MODE – Войти в режим самопрограммирования.
0x0003	Ошибка контрольной суммы CRC32.	Контрольная сумма, переданная в команде 0xAA00 CMD_UPDATE_COMMIT – Подтвердить обновление микропрограммы, не совпала с вычисленной. Повторите попытку обновления.
0x0111	Запись в нестертую область памяти.	Перед записью, память необходимо стереть командой 0xAB00 CMD_ERASE_MEM – Стереть область памяти.

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID		ADDR				CODE	
0xAA03		0x00000000				0x0000	

Ответ: Нет

5.4.2 0xAA08 MSG_LONG_MEM_READ – Данные из памяти

Описание: Сообщение MSG_LONG_MEM_READ передается загрузчиком в ответ на запрос данных из памяти.

Сообщение может содержать до 256 байт данных из памяти, начиная с указанного адреса.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: до 262 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAA08
ADDR	0	uint32 LE	Адрес начала области памяти	0x00000000
SIZE	32	uint16 LE	Размер считываемой области памяти, до 256 байт	0x0000
DATA	48	byte8[SIZE]	SIZE байт прочитанных данных	—

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFE		0xAA08		6 + SIZE + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR				SIZE		DATA[...]	
0x00000000				0x0000		—	
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA[...]						CRC16	
—						—	

Ответ: Нет

5.4.3 0xAA09 MSG_CRC32_REPORT – Контрольная сумма области памяти

Описание: Сообщение MSG_CRC32_REPORT передается загрузчиком в ответ на запрос контрольной суммы области памяти.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткое сообщение
Длина сообщения: 4 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xAA09
VALUE	0	uint32 LE	Контрольная сумма CRC32	0x00000000

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56	
MSG_ID		VALUE						
0xAA09		0x00000000						Не передается

Ответ: Нет

5.4.4 0x11E1 MSG_LONG_EEMEM_READ – Данные из EEPROM

Описание: Сообщение MSG_LONG_EEMEM_READ передается загрузчиком в ответ на запрос данных из EEPROM.

Сообщение может содержать до 256 байт данных из памяти, начиная с указанного адреса.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Длинное сообщение
Длина сообщения: до 260 байт
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0x11E1
ADDR	0	uint16 LE	Адрес начала области памяти	0x0000
SIZE	16	uint16 LE	Размер считываемой области памяти, до 256 байт	0x0000
DATA	32	byte8[SIZE]	SIZE байт прочитанных данных	—

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
START		MSG_ID		Length			
0xFFFFE		0x11E1		6 + SIZE + 2		Не передается	
0	8	16	24	32	40	48	56
ADDR		SIZE		DATA[...]			
0x0000		0x0000		—			
64	72	80	88	96	104	112	120
DATA[...]						CRC16	
—						—	

Ответ: Нет

5.5 Прочие сообщения

5.5.1 0xFFE1 MSG_VERSION_SW – Версия загрузчика

Описание: Сообщение MSG_VERSION_SW передается загрузчиком в ответ на запрос версии загрузчика.

Параметры сообщения

Тип сообщения: Короткая команда
Длина сообщения: 3 байта
Наличие доп. полей: Да
Направление: На землю
Ответ: Нет

Описание полей

ПОЛЕ	СМЕЩЕНИЕ	ТИП	ОПИСАНИЕ	ПО УМОЛЧ.
MSG_ID	—	uint16 LE	Идентификатор сообщения	0xFFE1
MAJOR	0	uint8	Версия загрузчика, выпуск	0x00
MINOR	8	uint8	Версия загрузчика, ревизия	0x00
PATCH	16	uint8	Версия загрузчика, патч	0x00

Формат сообщения

0	8	16	24	32	40	48	56
MSG_ID	MAJOR	MINOR	PATCH				
0xFFE1	0x00	0x00	0x00	Не передается			

Ответ: Нет

Приложение А. Глоссарий

МКА	<i>Синонимы: КА, спутник.</i> Малый космический аппарат.
Платформа МКА	<i>Синонимы: платформа.</i> Комплект вспомогательных систем (система электропитания, радиосвязи, ориентации и т.п.) от стороннего поставщика, обеспечивающий все необходимые средства для функционирования ПН.
ПН	<i>Синонимы: полезная нагрузка, модуль ПН.</i> Устройство или набор устройств КА, обеспечивающий выполнение задач миссии КА. Устанавливается на борт КА и интегрируется с платформой.
РЭ	Руководство по эксплуатации.
МК	<i>Синонимы: MCU.</i> Микроконтроллер.
ПО	Программное обеспечение.
СЭП	Система энергопитания.
ICD	Interface Control Document (Интерфейсный Контрольный Документ).
CAN	(Controller Area Network – сеть контроллеров) – стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть исполнительных устройств и датчиков.
UniCAN	Протокол обмена данными в сети CAN, разработанный ООО «СПУТНИКС».
I2C	<i>Синонимы: TWI, Two-Wire Interface.</i> Inter-Integrated Circuit – последовательная асимметричная шина для связи между интегральными схемами внутри электронных приборов.
SPI	Интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами.
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – Универсальный асинхронный приёмопередатчик, узел вычислительных устройств.
1WIRE	Однопроводной интерфейс для двухсторонней передачи данных, разработанный компанией Dallas Semiconductor.
JTAG	(Joint Test Action Group) – отладочный интерфейс на базе стандарта IEEE 1149.1.
ISP	In-System Programming – процесс обновления микропрограммы в микроконтроллере, не требующий его извлечения из платы, и одноименный интерфейс.

This page is intentionally left blank.

История изменений

ВЕРСИЯ	ДАТА	АВТОР(Ы)	СПИСОК ИЗМЕНЕНИЙ
A0	29.04.2024	Петров А.Н.	Начальная версия.
A1	09.05.2024	Петров А.Н.	<ul style="list-style-type: none">– Добавлена команда <code>0xAB10 CMD_COPY_MEM</code> – Скопировать область памяти.– Мелкие исправления.



ООО «ЯКС» – YKSA
677009, Россия, г. Якутск, ул. Дзержинского, 76, блок С, офис 203
Тел.: [+7\(914\)228-06-39](tel:+7(914)228-06-39), E-mail: contact@yктаero.space

Распространяется по лицензии [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

Сборка: -/, номер CI: -/, коммит: 68fd6d57
YKSA-460003 A1 09.05.2024 – <https://docs.yктаero.space/docs/YKSA-460003>