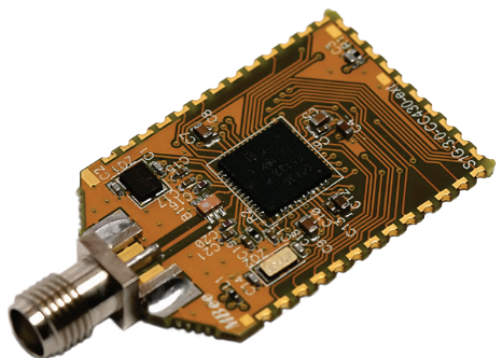




Техническое описание программного обеспечения «SerialStar»



Board Revision	MBee-868-x.x
Product Name	MBee-868-x.x
Doc Name	SerialStar
Revision Date	19.05.2017
Revision Number	10

1. ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Оглавление	1
2.	Общие сведения	3
2.1.	Назначение программного обеспечения «SerialStar»	3
2.2.	Поддерживаемые топологии сети	3
2.3.	Адресация	3
2.3.1.	ID сети	4
2.3.2.	ID системы	4
2.3.3.	ID модема	4
2.4.	Режимы работы линий ввода/вывода	4
2.4.1.	DISABLED (0)	6
2.4.2.	NOT AVAILABLE (1)	6
2.4.3.	ADC (2)	6
2.4.4.	DIGITAL INPUT (3)	6
2.4.5.	DIGITAL OUTPUT LOW (4)	6
2.4.6.	DIGITAL OUTPUT HIGH (5)	6
2.4.7.	UART TX (6)	6
2.4.8.	UART RX (7)	6
2.4.9.	UART CTS (8)	7
2.4.10.	UART RTS (9)	7
2.4.11.	SYSTEM LED (10)	7
2.4.12.	SLEEP REQUEST (11)	7
2.4.13.	SLEEP STATUS (12)	7
2.4.14.	COUNTER INPUT (13, 14)	7
2.4.15.	WAKEUP INPUT FALLING EDGE (15)	8
2.4.16.	WAKEUP INPUT RISING EDGE (16)	8
2.4.17.	PWM (17, 18, 19, 20)	8
2.4.18.	RS485 DIRECTION (21)	8
3.	Режимы работы модема	9
3.1.	Командный режим	9
3.2.	Прозрачный режим	9
3.3.	Пакетный режим	9
3.4.	Режимы пониженного энергопотребления	10
3.4.1.	Внешнее управление режимом сна	10
3.4.2.	Циклический режим сна	11
3.4.3.	Комбинированный режим сна	11
4.	Командный интерфейс	12
4.1.	Формат AT-команд	12
4.2.	Список поддерживаемых AT-команд	13
5.	Работа в пакетном режиме	16
5.1.	Общий формат фрейма в пакетном режиме	16
5.2.	API-фрейм для передачи данных на UART удаленного модема с управлением режимом передачи/подтверждения (0x10, 0x01)	17
5.2.1.	Пример API-фрейма 0x10, 0x01	17

5.3. API-фрейм с локальной AT-командой и немедленным применением изменений без сохранения их в энергонезависимой памяти (0x07).....	18
5.3.1. Пример API-фрейма 0x07	18
5.4. API-фрейм с локальной AT-командой и немедленным применением изменений с сохранением их в энергонезависимой памяти (0x08)	19
5.4.1. Пример API-фрейма 0x08	19
5.5. API-фрейм с локальной AT-командой с помещением измененного значения в очередь (0x09)	20
5.5.1. Пример API-фрейма 0x09	20
5.6. API-фрейм для передачи данных на UART удаленного модема без возможности управления режимом передачи/подтверждения (0x0F)	21
5.6.1. Пример API-фрейма 0x0F	21
5.7. API-фрейм с AT-командой удаленному модему (0x17).....	22
5.7.1. Пример API-фрейма 0x17	22
5.8. API-фрейм с данными, полученных от удаленного модема и предназначенными для выдачи в UART (0x81).....	24
5.8.1. Пример API-фрейма 0x81	24
5.9. API-фрейм с данными о текущем состоянии активных линий ввода/вывода на удаленном модеме (0x83)	25
5.9.1. Пример пакета полученных от удаленного узла данных о текущем состоянии линий I/O	26
5.10. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x87)	27
5.10.1. Пример API-фрейма 0x87	27
5.11. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x88)	28
5.11.1. Пример API-фрейма 0x88	28
5.12. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x89)	29
5.12.1. Пример API фрейма статуса выполнения AT-команды	29
5.13. Формат API фрейма статуса модема (0x8A).....	30
5.13.1. Пример API-фрейма 0x8A	30
5.14. API-фрейм статуса оправки пакета (0x8B).....	31
5.14.1. Пример API-фрейма 0x8B	31
5.15. API-фрейм подтверждения доставки пакета (0x8C)	32
5.15.1. Пример API-фрейма 0x8C	32
5.16. API-фрейм с данными, полученных от удаленного модема и предназначенными для выдачи в UART (0x8F).....	33
5.16.1. Пример API-фрейма 0x8F	33
5.17. API-фрейм ответа на AT-команду удаленному модему (0x97).....	34
5.17.1. Пример API-фрейма 0x97	34
5.18. Контрольная сумма.....	35
6. Технические характеристики	36
6.1. Модули MBee-868-x.x с ПО “SerialStar”	36
6.2. Дальность связи	37
6.3. Значения по умолчанию.....	38
6.4. Характеристики последовательного интерфейса по умолчанию	38
6.5. Кодирование выходной мощности передатчика	39
7. История документа	40
8. Техническая поддержка	42

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Назначение программного обеспечения «SerialStar»

Программное обеспечение «SerialStar» предназначено для развертывания беспроводных систем передачи данных, основанных на радиомодулях диапазона 868 МГц производства фирмы «Системы, модули и компоненты».

С помощью «SerialStar» решается большинство прикладных задач, связанных с концепцией «Интернет вещей». Впервые становится возможным самостоятельно, без необходимости дорабатывать ПО, спроектировать и развернуть сети, способные решать широчайший круг задач, к которым, в частности, относятся:

1. Сбор данных с приборов учета энергоресурсов (счетчиков воды, газа, электричества и т.п.). Число узлов в рамках одной ячейки сети может достигать 65535 штук, а при условии разбиения на подсети и варьирования несущей частоты, становится практически неограниченным. Время автономной работы может достигать 10 лет от 1 элемента АА.
2. Беспроводное управление освещением с высокой точностью. Для этого предусмотрены 4 канала ШИМ с высокой разрешающей способностью 1/13000.
3. Пожарная и охранная сигнализация с возможностью подключения разнообразных датчиков с цифровыми и аналоговыми выходами.
4. Замена проводного канала связи в системах промышленной автоматизации и многое другое.

2.2. Поддерживаемые топологии сети

Программное обеспечение «SerialStar» позволяет создавать беспроводные системы с топологиями:

- «Точка-точка»
- «Звезда»

Во всех возможных топологиях сети все устройства равнозначны, сетевые роли отсутствуют. Каждое устройство в сети может связаться с любым другим устройством из этой же сети напрямую (при условии нахождения устройств в зоне радиовидимости друг друга) или передавать данные сразу на все устройства сети.

2.3. Адресация

Система адресации, применяемая в программном обеспечении «SerialStar», позволяет организовывать независимые сети в общей зоне покрытия. Кроме этого, имеется возможность создавать изолированные логические сегменты в рамках общей сети. Внутри одного логического сегмента каждому узлу сети присваивается уникальный идентификационный номер. Полный адрес устройства состоит из 5 байт (см. Таблица 1).

№ байта	1	2	3	4	5
Поле	ID сети	ID системы		ID модема	
Диапазон	01...FE	0001...FFFE		0001...FFFE*	

Таблица 1

*- адрес 0xFFFF предназначен для отправки широковещательных сообщений.

Сообщения отправляются по адресу, указанному в поле TxID, при работе в прозрачном режиме или по адресу, указанному в соответствующем поле, при работе в пакетном режиме (режим API-фрейма).

2.3.1. ID сети

ID сети - старший байт физического адреса. Этот байт используется радиоядром модуля [MBee-868](#) для аппаратной фильтрации принятых пакетов. Если принятый пакет принадлежит сети с несовпадающим ID, то он будет отфильтрован принимающим узлом на уровне радиоядра. Таким образом, снижается нагрузка на процессорное ядро радиомодуля, позволяя высвободить его ресурсы для выполнения более приоритетных задач. Основное назначение ID сети – обеспечение сосуществования нескольких систем разного назначения или разной принадлежности в единой зоне покрытия. Назначается оператором системы.

2.3.2. ID системы

Байты 2 и 3 физического адреса. Предназначены для организации логических сегментов в границах сети с общим ID сети. Фильтрация принятых пакетов осуществляется процессорным ядром радиомодуля на уровне стека протоколов. С помощью логических сегментов удобно организовывать в границах одной и той же географической зоны несколько сетей. Назначается оператором системы.

2.3.3. ID модема

Идентифицирует сетевой узел внутри данной с сети с одними и теми же ID сети и ID системы. Назначается оператором системы.

По умолчанию, ID модема устанавливается 0x0001.



ВНИМАНИЕ! Ни один из узлов системы не осуществляет контроль правильности назначения адресных полей. Вся ответственность за их корректное распределение возлагается на оператора сети во время ее развертывания.

2.4. Режимы работы линий ввода/вывода

В программном обеспечении радиомодулей [MBee-868](#) поддерживается возможность настройки режимов работы линий ввода/вывода, а также управление их состоянием. Для настройки режимов работы линий используются AT-команды или API-фреймы. Соответствие AT-команды выводу радиомодуля MBee-868, а также назначения «по умолчанию» приведены на Рисунке 1. В Таблице 2 приведены доступные режимы работы линий ввода/вывода, параметр AT-команды, назначающий данный режим и список выводов радиомодуля MBee-868, поддерживающих данный режим. При работе в командном режиме (с помощью AT-интерфейса), все сделанные изменения всегда применяются с одновременным сохранением их в энергонезависимой памяти. Поэтому, если стоит задача динамического локального управления линиями ввода/вывода со стороны подключенной к модулю хост-системы, оптимальным будет использование не AT-

команд, а API-фреймов без сохранения изменений и с немедленным их применением (API-фрейм 0x07). Тем самым не будет уменьшать ресурс циклов стирания/записи энергонезависимой памяти. AT-командами удобно пользоваться для настройки состояния выходных линий после включения питания (безопасного состояния). Например, при использовании модулей в системах управления освещением, безопасным будет установить рабочий цикл активных ШИМ-каналов в 0x0000 и сохранить это значение в памяти, чтобы после подачи питания на модуль не произошло бы непреднамеренное включение драйвера осветительного прибора.

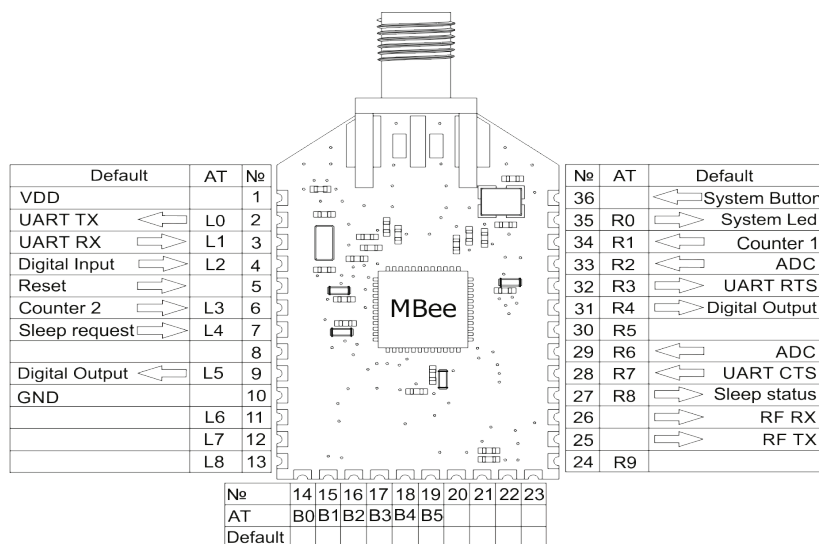


Рисунок 1

Режим работы	Параметр	Выводы модуля	Примечание
DISABLED	0	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Вывод не используется.
NOT AVAILABLE	1	15	Вывод не доступен.
ADC	2	29, 30, 33-35	Аналоговый вход.
DIGITAL INPUT	3	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Цифровой вход.
DIGITAL OUTPUT LOW	4	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Цифровой выход, низкий уровень.
DIGITAL OUTPUT HIGH	5	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Цифровой выход, высокий уровень.
UART TX	6	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
UART RX	7	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
UART CTS	8	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
UART RTS	9	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
SYSTEM LED	10	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Системный светодиод, индицирующий работу в командном режиме. Может быть присвоен только одной линии.
SLEEP REQUEST	11	2-4, 6, 7, 9, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
SLEEP STATUS	12	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.
COUNTER INPUT1	13	2-4, 6, 7, 9, 27-35	Счетный вход №1. Разрядность счетчика 4 байта. Активный перепад отрицательный.
COUNTER INPUT2	14	2-4, 6, 7, 9, 27-35	Счетный вход №2. Разрядность счетчика 4 байта. Активный перепад отрицательный.
WAKEUP INPUT FALLING EDGE	15	2-4, 6, 7, 9, 27-35	Тревожный вход с отрицательным перепадом.
WAKEUP INPUT RISING EDGE	16	2-4, 6, 7, 9, 27-35	Тревожный вход с положительным перепадом.
PWM1	17	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	ШИМ канал №1.
PWM2	18	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	ШИМ канал №2.
PWM3	19	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	ШИМ канал №3.
PWM4	20	2-4, 6, 7, 9, 11-15, 24, 27-35	ШИМ канал №4.
RS485 DIRECTION	21	2-4, 6, 7, 9, 11-19, 24, 27-35	Может быть присвоен только одной линии.

Таблица 2

2.4.1. DISABLED (0)

Вывод отключен. Соответствующий вывод модуля переведен на ввод и с помощью встроенного резистора подтянут к «земле». Информация о состоянии отключенной линии не передается в пакете, формируемом при циклическом выходе из режима сна, а также при срабатывании входов, настроенных как WAKE UP.

2.4.2. NOT AVAILABLE (1)

Вывод не доступен. Данный вывод не может быть настроен.

2.4.3. ADC (2)

Вывод модуля переводится на ввод и подключается ко входу аналого-цифрового преобразователя. Оцифрованное значение данного входа включается в пакет, формируемый при циклическом выходе из режима сна, а также при срабатывании входов, настроенных как WAKE UP. Разрядность АЦП – 12 бит. Напряжение на входе должно находиться в пределах 0-2,5В.

2.4.4. DIGITAL INPUT (3)

Вывод модуля переводится на ввод и с помощью встроенного резистора подключается к напряжению питания. Информация о состоянии линии включается в пакет, формируемый при циклическом выходе из режима сна, а также при срабатывании входов, настроенных как WAKE UP.

2.4.5. DIGITAL OUTPUT LOW (4)

Соответствующий вывод модуля становится цифровым выходом. После включения питания, или после команды, применяющей сделанные изменения на выводе устанавливается низкий уровень. Информация о текущем состоянии выхода включается в пакет, формируемый при циклическом выходе из режима сна, а также при срабатывании входов, настроенных как WAKE UP.

2.4.6. DIGITAL OUTPUT HIGH (5)

Работа модуля аналогична работе в предыдущем режиме (4), за исключением того, что на выходе устанавливается высокий уровень, а не низкий. Вывод модуля становится цифровым выходом.

2.4.7. UART TX (6)

Линия назначается для работы в качестве выхода TX последовательного интерфейса. При отсутствии передачи со стороны модуля, на линии устанавливается высокий уровень, сохраняющийся также и в спящем режиме.

2.4.8. UART RX (7)

Вывод модуля является входом RX последовательного интерфейса. В активном режиме работы модуля не имеет подтягивающего резистора. При переходе в спящий режим, для

исключения излишнего потребления, вследствие плавающего уровня, к данному входу подключается подтягивающий до напряжения питания резистор.

2.4.9. UART CTS (8)

Линия настраивается на вход. Низкий уровень на входе является сигналом, разрешающим модулю передачу данных по последовательному интерфейсу. Вход имеет встроенный резистор, подтягивающий его до напряжения питания. Настройки управления потоком, сделанные с помощью программы SysmcBootLoader, игнорируются. Изменение состояния на данном входе не приводит к выходу модуля из спящего режима.

2.4.10. UART RTS (9)

Вывод становится выходом сигнала готовности модуля принимать данные по последовательному интерфейсу. Высокий уровень на данном выходе является запрещающим для хост-системы. Настройки управления потоком, сделанные с помощью программы SysmcBootLoader, игнорируются.

2.4.11. SYSTEM LED (10)

Выход индикации командного режима модуля. Высокий уровень на данном выводе является признаком того, что модуль находится в командном режиме.

2.4.12. SLEEP REQUEST (11)

Данный режим линии ввода/вывода предназначен для управления модемом при работе в режиме пониженного энергопотребления с внешним управлением сном или в комбинированном режиме. Перепад с высокого уровня на низкий на этой линии, переводит модем в активный режим. Модуль остается в активном режиме до тех пор, пока уровень на входе остается низким. Ко входу подключается встроенный подтягивающий до напряжения питания резистор.

2.4.13. SLEEP STATUS (12)

Выход, предназначенный для индикации активного или спящего режима работы модуля. Высокий уровень на этой линии индицирует активный режим работы модема. Низкий уровень на данной линии говорит о том, что модем находится в режиме пониженного энергопотребления (сна). Вывод может быть использован для управления питанием внешних датчиков.

2.4.14. COUNTER INPUT (13, 14)

Цифровой вход, ассоциированный с первым или со вторым 32-ух разрядным счетчиком импульсов. Информация о текущем состоянии выхода, а также о подсчитанном количестве импульсов включается в пакет, формируемый при циклическом выходе из режима сна, а также при срабатывании входов, настроенных как WAKE UP. Имеет встроенный резистор, подтягивающий вход до напряжения питания. При перепаде с высокого уровня на низкий счетчик получает приращение на 1. В случае назначения нескольким выводам одновременно, состояние счетчика будет представлять собой сумму импульсов, зарегистрированных на всех ассоциированных входах.

2.4.15. WAKEUP INPUT FALLING EDGE (15)

Цифровой вход, предназначенный для отправки по эфиру пакета с текущим состоянием линий ввода/вывода. При отрицательном перепаде на данном входе модуль выходит из спящего режима. Отправка пакета происходит только если установлен бит №1 регистра SLEEP OPTION (см. AT-команду SO). После отправки пакета и по истечению времени, определяемого параметром ST, модуль переходит в спящий режим. Вход имеет встроенный подтягивающий к напряжению питания резистор.

2.4.16. WAKEUP INPUT RISING EDGE (16)

Работа входа не отличается от входа, настроенного как WAKEUP INPUT FALLING EDGE, за исключением того, что выход из спящего режима осуществляется по положительному перепаду и подтягивающий резистор подключен к «земле», а не к питанию.

2.4.17. PWM (17, 18, 19, 20)

Линия настраивается на вывод и предназначена для выдачи ШИМ-сигнала с соответствующего канала. Рабочий цикл сигнала на соответствующем входе определяется регистрами Mx, записываемыми AT-командами M1, M2, M3 или M4. Период ШИМ равен 1 мс. Разрешающая способность 1/13000 или 79 мкс.

2.4.18. RS485 DIRECTION (21)

Линия является выходом и предназначена для управления внешним драйвером интерфейса RS485. Высокий уровень соответствует включению драйвера на передачу.

ВНИМАНИЕ! Никакого контроля за присвоением режимов линиям ввода/вывода со стороны ПО SerialStar не осуществляется. Исключение составляет только запрет повторных назначений для некоторых режимов. В случае настройки вывода для работы в одном из режимов, для которого запрещено повторное назначение, режим будет применен к последней настроенной линии ввода/вывода. Вывод, который ранее был настроен для работы в этом режиме автоматически переходит в режим DISABLED (0). При этом никаких уведомлений со стороны ПО не поступает. Для контроля правильности распределения линий ввода/вывода рекомендуется пользоваться AT-командой HV. Ниже приведен список режимов, которые можно присвоить только одной линии ввода/вывода:

UART TX, UART RX, UART CTS, UART RTS, SYSTEM LED, SLEEP REQUEST, SLEEP STATUS, RS485 DIRECTION.

3. РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМА

В зависимости от выбранного режима работы модема определяется его поведение и способ взаимодействия с хост системой. В каждом модеме в сети может использоваться любой из имеющихся режимов, вне зависимости от того, какой режим используется в других модемах.

3.1. Командный режим

Для управления модулем MBee-868 и его настройки в программном обеспечении «SerialStar» реализован командный режим. Управление осуществляется AT-командами.

3.2. Прозрачный режим

«Прозрачный» - режим, в котором все полученные по UART данные от хоста сразу отправляются по радиоканалу модему, адрес которого указан в настройках модема в поле получателя (в случае, если указан адрес 0xFFFF, отправляется широковещательный пакет, который принимают все устройства данной сети, при условии, что у них не установлен запрет на прием широковещательных пакетов). Все данные, полученные по радиоканалу и предназначенные данному модему или широковещательные, сразу отправляются в UART.

После первого включения модем находится в прозрачном режиме. ID модема по умолчанию установлен – 0x0001, а адрес получателя – 0xFFFF. Все пакеты, полученные по UART, сразу передаются в эфир. Таким образом, сразу после прошивки двух модулей MBee, имеется возможность организовать беспроводной удлинитель UART.

Преимуществом данного режима является отсутствие служебной информации в передаваемых данных, что приводит к увеличению пропускной способности канала.

3.3. Пакетный режим

Пакетный – режим работы в котором обмен данными между хостом и модемом осуществляется в определенном формате. Данный режим расширяет возможности взаимодействия хоста с модемом.

При работе в данном режиме передаваемые данные инкапсулируются в пакеты, содержащие в себе дополнительную служебную информацию:

1. Адрес получателя
2. Тип передаваемого пакета
3. Контрольная сумма

Пакетный режим может быть дуплексным и симплексным (в одну сторону пакетный, в другую прозрачный), то есть данные могут передаваться в пакетах в направлении:

1. От хоста к модему и от модема к хосту
2. От хоста к модему
3. От модема к хосту

3.4. Режимы пониженного энергопотребления

Для обеспечения пониженного энергопотребления модема, предусмотрено несколько различных режимов. В этих режимах отключается вычислительное ядро модема, радиоядро и неиспользуемая периферия. В результате этого потребление модема сокращается до 2-4 мкА, что позволяет обеспечить длительный срок службы от автономного источника питания. Режим с отключением основных узлов модуля называется режимом сна или спящим режимом.

Управление режимами сна осуществляется с помощью команды SM (Sleep Mode). Возможные варианты режимов сна приведены в Таблице 3.

Режим сна	Описание
SM 0	Режим сна отключен
SM 1	Управление режимом сна с помощью специального вывода модуля
SM 4	Циклический режим сна
SM 5	Комбинированный режим сна

Таблица 3

В случае, если включен один из режимов сна ($SM \neq 0$), вывод SLEEP STATUS (по умолчанию №27) модуля MBee-868 индицирует текущее состояние модема. Высокий уровень на данном выходе означает, что модем находится в активном режиме, низкий – модем находится в режиме сна. Этот сигнал может быть использован для управления питанием внешних устройств (датчиков) при организации периодического опроса.

3.4.1. Внешнее управление режимом сна

В данном режиме модем переходит в активный или спящий режим в зависимости от сигнала, подаваемого на вывод SLEEP REQUEST (по умолчанию №7) модуля MBee-868. Низкий уровень на данном выводе переводит модем в активный режим, а высокий – в режим сна. После снятия сигнала SLEEP REQUEST, модем переходит в спящий режим после выполнения всех задач (обработка всех событий) и выдерживания паузы (см. Рисунок 2), длительность которой устанавливается командой ST (Time before sleep). Если во время выдерживания паузы ST поступят данные по UART или радиоканалу (возникает событие), таймер ST обнуляется и запускается снова после завершения обработки события.

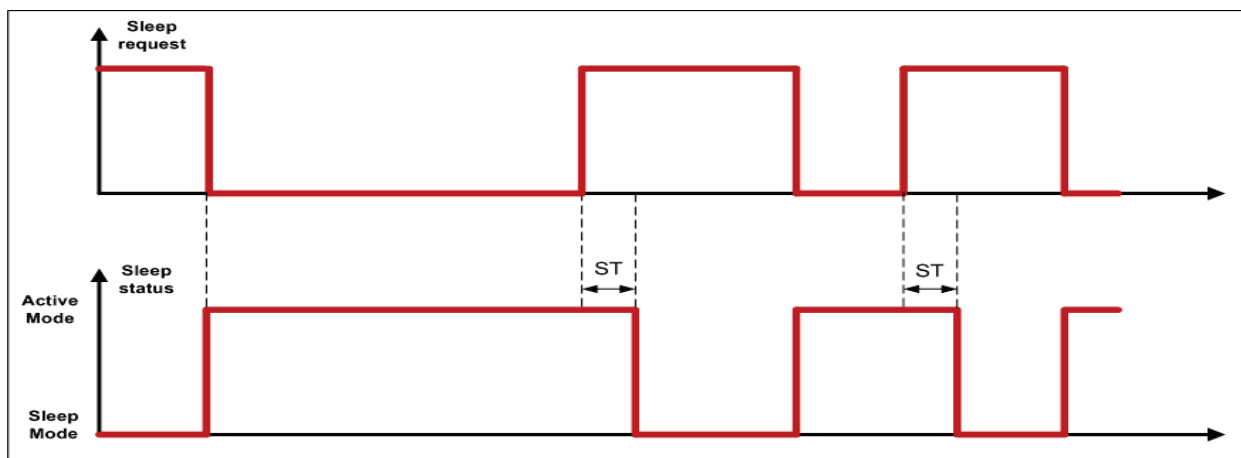


Рисунок 2

3.4.2. Циклический режим сна

В данном режиме модем переходит в активный режим циклически, в соответствии с параметрами, настроенными командами SP и ST. При переходе в активный режим, модем может отправлять пакет, содержащий текущее состояние активированных цифровых и аналоговых входов. Эта функция управляется пользователем. Параметр SP (Sleep Period) задается командой SP и определяет время сна модема. Параметр ST определяется командой ST и управляет временем нахождения модема в активном режиме, после обработки им события, вызвавшего выход из режима сна и произошедших непосредственно после него.

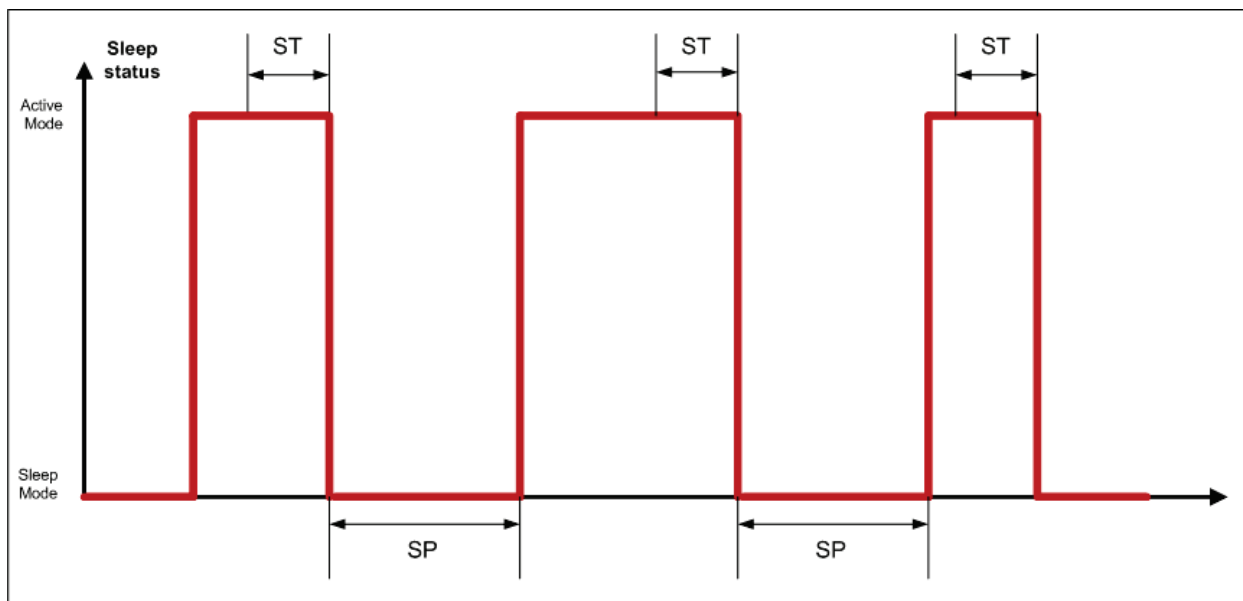


Рисунок 3

3.4.3. Комбинированный режим сна

Комбинированный режим сна аналогичен циклическому режиму, но с возможностью выхода из сна при переходе сигнала SLEEP REQUEST на соответствующем входе модуля MBee-868 из высокого уровня в низкий. После завершения всех операций, снятия сигнала SLEEP REQUEST и по истечении времени, определяемого параметром ST, модуль автоматически возвращается в режим сна.

4. КОМАНДНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

Для управления модулем MBee и его настройки в программном обеспечении «SerialStar» реализован командный режим. Управление осуществляется AT-командами. Переход в командный режим может быть осуществлен несколькими способами:

1. В любом режиме нажатием системной кнопки. При этом параметры UART принудительно устанавливаются в 9600 8N1 независимо от настроек, установленных «по умолчанию». Способ управления потоком при этом не меняется. Выход осуществляется также нажатием системной кнопки либо кнопки «Reset».
2. В любом режиме передачей 3-х «+» в течении 2 секунд с интервалом между символами не менее 2-х символов. Выход осуществляется передачей 3-х «+» либо кнопками «System» или «Reset».

Все настройки, сделанные в командном режиме, применяются только после передачи специальной AT-команды. Для сохранения их во flash-памяти необходима передача отдельной команды, иначе после перезагрузки программного обеспечения все настройки вернуться к ранее установленным значениям.

Восстановление параметров по умолчанию (возврат к заводским настройкам) можно произвести, при необходимости, 4-х кратным нажатием на системную кнопку в течении 2 секунд.

4.1. Формат AT-команд

AT – префикс.

ASCII – код команды.

Parameter – данные.

AT Prefix	ASCII Command	Parameter (Optional)	Carriage Return
---------------------	-------------------------	--------------------------------	----------------------------------

Carriage Return <CR> - возврат каретки.

Код команды всегда имеет длину 2 символа. Допускаются как большие, так и маленькие буквы. Код команды может быть отделен от символов “AT” пробелами. Максимально допустимое число пробелов – 3. Наличие пробелов необязательно.

Данные следуют после команды. Количество байт данных зависит от команды. Данные могут быть отделены от кода командами пробелами. Максимально допустимое число пробелов – 3. Наличие пробелов необязательно. Данные могут вводиться как в шестнадцатеричном виде с префиксом 0x, так и в десятичном виде. При вводе данных в десятичном виде ведущие нули не допускаются.

Для чтения установленного значения необходимо отправить соответствующую команду без параметра, за которой следует <CR>. Модем возвращает текущее установленное значение в десятичном виде. При отправке команды без параметра, но с префиксом «0x», с последующим <CR>, модем возвращает текущее установленное значение в шестнадцатеричном виде.

После успешного выполнения большинства команд (команд, не вызывающих рестарт модуля) выдается сообщение «OK».

4.2. Список поддерживаемых AT-команд

AT-команда	Описание	Диапазон параметра	Значение по умолчанию
Специальные команды			
WR	Команда WR предназначена для записи параметров в энергонезависимую память модуля. Все внесенные изменения вступают в силу после перезапуска программного обеспечения модуля.		
CN	Команда CN предназначена для выхода из командного режима с сохранением всех изменений в энергонезависимой памяти и с последующим рестартом. Сообщение «OK» не выдается.		
AC	Команда AC предназначена для немедленного применения внесенных изменений с сохранением их в энергонезависимой памяти без перезагрузки модуля.		
DC	Команда DC предназначена для отмены всех внесенных изменений, которые еще не были применены командами AC или CN. Выхода из командного режима не происходит.		
RE	Команда RE предназначена для возврата модуля к заводским настройкам. Функционал аналогичен 4-х кратному нажатию системной кнопки в течении 2 секунд.		
FR	Команда FR предназначена для программного рестарта модуля. Сообщение «OK» не выдается.		
VR	Команда VR предназначена для чтения версии программного обеспечения модема.		
HV	Команда HV предназначена для чтения аппаратных настроек модуля.		
AP	Команда AP предназначена для выбора режима работы модуля. 0 – означает работу в прозрачном режиме. 1 – означает работу модуля в пакетном режиме. 2 – параметр зарезервирован. 3 – пакетный режим от хоста к модему и прозрачный от модема к хосту. 4 – параметр зарезервирован. 5 – пакетный режим от модема к хосту и прозрачный от хоста к модему. 6 – параметр зарезервирован.	0 – 6	0
Команды настройки сетевых параметров			
MY	Команда MY предназначена для установки собственного 16-и битного адреса модуля – MyID.	0x0001 - 0xFFFFE	0x0001
ID	Команда ID предназначена для установки сетевых идентификаторов. Старший байт – ID сети. Данный байт используется радиоядром модуля для аппаратной фильтрации принятых пакетов, снижая при этом нагрузку на процессорное ядро. Младшие байты – ID системы. Предназначены для организации логических сегментов в границах сети с общим ID.	0x010001 – 0xFEFFFFE, Старший байт и младший байт не могут принимать значение 0x00 и 0xFF	0x010001
TX	Команда TX предназначена для установки адреса получателя при работе в прозрачном режиме. Для данной команды поддерживается синоним – DL.	0x0001 - 0xFFFF	0xFFFF – широковещательное сообщение
DM	Команда DM (Device Mode) представляет собой битовое поле, предназначенное для управления режимами работы модема. Бит 0 управляет приемом ширококвещательных пакетов. Для блокировки приема ширококвещательных пакетов этот бит должен быть установлен в 1. Бит 1 управляет режимом CCA (Clear Channel Assessment) – проверка занятости радиоканала. Для постоянного отключения CCA бит должен быть установлен в 1.	0-255	0

AT-команда	Описание	Диапазон параметра	Значение по умолчанию
Команды настройки радиочастотных параметров			
CH	Команда CH предназначена для установки частотного канала радиомодуля. 1 – 868,75 МГц 2 – 868,85 МГц 3 – 868,95 МГц 4 – 869,05 МГц 5 – 869,15 МГц	1-5	1
CF	Команда CF предназначена для точной установки несущей частоты в Гц. Точность установки частоты - 396,73 Гц. Если установленная частота совпадает с одним из фиксированных каналов, то значение, выдаваемое по команде CH меняется на соответствующее, в противном случае в данном поле выводится значение 0.	779 МГц – 928 МГц	
RB	Команда RB предназначена для установки эфирной битовой скорости передачи данных. Доступные для установки значения: RB=1: 1200 бит/с, 2GFSK, девиация 5, 16 КГц RB=2: 2400 бит/с, 2GFSK, девиация 5,16 КГц RB=3: 4800 бит/с, 2GFSK, девиация 5,16 КГц RB=4: 9600 бит/с, 2GFSK, девиация 9,52 КГц RB=5: 19200 бит/с, 2GFSK, девиация 19,04 КГц RB=6: 38400 бит/с, 2GFSK, девиация 19,04 КГц RB=7: 57600 бит/с, 2GFSK, девиация 25,39 КГц RB=8: 115200 бит/с, 2GFSK, девиация 69,82 КГц RB=9: 250000 бит/с, 2GFSK, девиация 126,95 КГц RB=10: 500000 бит/с, 2FSK, девиация 203,125 КГц.	1-10	6
PL	Команда PL предназначена для установки выходной мощности передатчика радиомодуля. Таблица с кодами выходной мощности передатчика для каждого типа модуля приведена в главе «Технические характеристики».	-30 dBm...+10 dBm (MBee-868-3.0) -32 dBm...+27 dBm (MBee-868-2.0)	0xC1 - MBee-868-3 0x1F - MBee-868-2
Команды управления режимами сна			
SM	Команда SM предназначена для установки режима сна модема. После успешного выполнения команды поступает ответ «OK». 0 – Спящий режим отключен. 1 – Внешнее управление режимом сна. 2-3 – Зарезервированы. 4 – Циклический режим сна. 5 – Комбинированный режим сна.	0-5	0
SP	Команда SP предназначена для установки длительности времени нахождения модема в состоянии сна. Время задается в десятках миллисекунд. При значении параметра более 1 минуты (5999), интервал округляется до целых минут в меньшую сторону.	1 - 69114000	1500
ST	Команда ST предназначена для установки длительности времени нахождения модема в активном режиме после обработки последнего события. Время задается в миллисекундах. Если значение параметра установлено равным 0, то модуль переходит в режим сна сразу после обработки события, вызвавшего пробуждение без таймаута.	0 - 1999	20
SO	Команда SO (Sleep options) представляет собой битовое поле, предназначенное для управления функцией отправки пакета с данными GPIO. Бит 1 отвечает за отправку регулярного пакета с данными GPIO при переходе модема в активный по расписанию циклического сна. Для разрешения отправка пакета бит должен быть установлен в 1	0-6	6

АТ-команда	Описание	Диапазон параметра	Значение по умолчанию
	Бит 2 отвечает за отправку регулярного пакета с данными GPIO при переходе модема в активный режим при появлении соответствующего сигнала на выводе настроенном, как WAKEUP INPUT. Для разрешения отправки пакета бит должен быть установлен в 1		
Команды управления линиями ввода/вывода			
L0	Команда L0 предназначена для установки режима работы вывода №2.	0, 3-19	6
L1	Команда L1 предназначена для установки режима работы вывода №3.	0, 3-19	7
L2	Команда L2 предназначена для установки режима работы вывода №4.	0, 3-19	0
L3	Команда L3 предназначена для установки режима работы вывода №6.	0, 3-19	0
L4	Команда L4 предназначена для установки режима работы вывода №7.	0, 3-19	0
L5	Команда L5 предназначена для установки режима работы вывода №9.	0, 3-19	1
L6	Команда L6 предназначена для установки режима работы вывода №11.	0, 3-10, 12, 16-19	0
L7	Команда L7 предназначена для установки режима работы вывода №12.	0, 3-10, 12, 16-19	0
L8	Команда L8 предназначена для установки режима работы вывода №13.	0, 3-10, 12, 16-19	0
B0	Команда B0 предназначена для установки режима работы вывода №14.	0, 3-10, 12, 16-19	0
B1	Команда B1 предназначена для установки режима работы вывода №15 (доступна только для радиомодуля MBee-868-3.0).	0, 3-10, 12, 16-19	0
B2	Команда B2 предназначена для установки режима работы вывода №16.	0, 3-5, 8-10, 12	0
B3	Команда B3 предназначена для установки режима работы вывода №17.	0, 3-5, 8-10, 12	0
B4	Команда B4 предназначена для установки режима работы вывода №18.	0, 3-5, 8-10, 12	0
B5	Команда B5 предназначена для установки режима работы вывода №19.	0, 3-5, 8-10, 12	0
R0	Команда R0 предназначена для установки режима работы вывода №35. !!! Внимание. В режиме обновления ПО модема, вывод №35 автоматически определяется, как «SYSTEM LED» и индицирует процесс загрузки.	0, 2-19	10
R1	Команда R1 предназначена для установки режима работы вывода №34.	0, 2-19	0
R2	Команда R2 предназначена для установки режима работы вывода №33.	0, 2-19	0
R3	Команда R3 предназначена для установки режима работы вывода №32.	0, 3-19	9
R4	Команда R4 предназначена для установки режима работы вывода №31.	0, 3-19	0
R5	Команда R5 предназначена для установки режима работы вывода №30.	0, 2-19	0
R6	Команда R6 предназначена для установки режима работы вывода №29.	0, 2-19	12
R7	Команда R7 предназначена для установки режима работы вывода №28.	0, 3-19	8
R8	Команда R8 предназначена для установки режима работы вывода №27.	0, 3-19	0
R9	Команда R9 предназначена для установки режима работы вывода №24.	0, 3-10, 12, 16-19	0
M1	Команда M1 предназначена для установки рабочего цикла 1-го канала ШИМ.	0-13000	0
M2	Команда M2 предназначена для установки рабочего цикла 2-го канала ШИМ.	0-13000	0
M3	Команда M3 предназначена для установки рабочего цикла 3-го канала ШИМ.	0-13000	0
M4	Команда M4 предназначена для установки рабочего цикла 4-го канала ШИМ.	0-13000	0

Таблица 4

5. РАБОТА В ПАКЕТНОМ РЕЖИМЕ

5.1. Общий формат фрейма в пакетном режиме

При работе в пакетном режиме все данные передаются в определенном формате. При передаче API-фрейма по UART от хоста к модему не допускаются таймауты между символами фрейма более, чем удвоенное время передачи одного символа.

Общий вид API фрейма приведен в Таблице 5.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные						Контрольная сумма	
			Тип фрейма				...	m		
1	2	3	4	5	6	7	...	m	m+1	
0x7E	MSB	LSB	Type	Data						

Таблица 5

Стартовый байт 0x7E – 1-й байт фрейма, идентифицирует начало кадра.

Длина API фрейма – 2-й и 3-й байт фрейма, указывают количество байт, включенных в поле данных кадра. Не включает в себя 1-й (стартовый байт), 2-й и 3-й байты (длина кадра) и последний байт (контрольная сумма).

MSB – 2-й байт фрейма – старший байт длины поля данных.

LSB – 3-й байт фрейма – младший байт длины поля данных.

Type – 4-й байт - идентифицирует тип данного фрейма. Возможные типы API фреймов приведены в Таблице 6.

Тип фрейма*	Код фрейма	Описание
Transmit request API frame	0x01, 0x10	Передача данных удаленному узлу.
AT Command immediate apply API frame	0x07	AT-команда локальному модему.
AT command API frame	0x08	AT-команда локальному модему.
AT command queue API frame	0x09	AT-команда локальному модему.
Transmit request no options API frame	0x0F	Передача данных удаленному узлу без байта Options.
Remote AT command request API frame	0x17	AT-команда удаленному модему.
Receive packet API frame	0x81	Принятые данные от удаленного узла.
I/O receive packet API frame	0x83	Принятые данные о текущем состоянии линий I/O от удаленного узла.
Command response API frame data	0x87	Статус выполнения AT-команды.
	0x88	Статус выполнения AT-команды.
	0x89	Статус выполнения AT-команды.
Modem status frame API frame	0x8A	Статус модема.
Transmit status API frame	0x8B	Статус отправки пакета.
Acknowledge API frame	0x8C	Подтверждение доставки пакета.
Receive packet no options API frame	0x8F	Принятые данные от удаленного узла.
Remote AT command response API frame	0x97	Ответ на AT-команду удаленному модему.

Таблица 6

* С развитием программного обеспечения «SerialStar» возможно добавление новых типов фреймов.

5.2. API-фрейм для передачи данных на UART удаленного модема с управлением режимом передачи/подтверждения (0x10, 0x01)

Данный фрейм применяется если требуется передать данные на UART удаленного узла. Формат API-фрейма приведен в Таблице 7. В поле «Тип фрейма» допускается также использование 0x01.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные								Контрольная сумма	
			Тип фрейма									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	m	m+1	
0x7E	MSB	LSB	0x10	Frame ID	MSB Destination ID	LSB Destination ID	Options	Data				

Таблица 7

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем HE передает фрейма с подтверждением отправки пакета в эфир. Если байт Frame ID отличен от 0, то фрейм статуса отправки пакета будет передан модемом хост системе с таким же номером Frame ID.

MSB Destination ID – старший байт ID устройства, которому предназначен пакет.

LSB Destination ID – младший байт ID устройства, которому предназначен пакет.

Options – битовое поле опций. Значение установки флага (единицы) в соответствующем поле приведено в Таблице 8. Установка 1 в нулевом бите будет приводить к отказу от подтверждения доставки данного пакета удаленным модемом. Установка 1 в первом бите приведет к отключению режима CCA (Clear Channel Assessment) при передаче данного пакета в эфир.

№ бита, байта Options	Значение
0	Отключение подтверждения доставки
1	Отключение режима CCA

Таблица 8

Data – поле данных, которые требуется передать на UART удаленного модема.

5.2.1. Пример API-фрейма 0x10, 0x01

Пример API-фрейма для передачи на UART удаленного модуля последовательности байт 0x00, 0x01, 0x02, 0x03 с подтверждением доставки с предварительной проверкой чистоты канала (CCA):

7E 00 09 10 01 00 02 00 00 11 22 33 86

В Таблице 9 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x09	
Тип фрейма	0x10	
Идентификатор фрейма	0x01	
Адрес получателя	0x00 0x02	
Опции	0x00	С подтверждение доставки и включенным механизмом CCA
Пользовательские данные	0x00 0x11 0x22 0x33	
Контрольная сумма	0x86	

Таблица 9

5.3. API-фрейм с локальной AT-командой и немедленным применением изменений без сохранения их в энергонезависимой памяти (0x07)

С помощью данного фрейма осуществляется передача AT-команды в пакетном режиме от хоста к локальному модему с ее применением непосредственно после получения, но без сохранения в энергонезависимой памяти модема (то есть, после перезагрузки модуля измененный параметр будет установлен в соответствии с настройками, сохраненными в энергонезависимой памяти модема). Фрейм удобно применять для управления локальными линиями ввода/вывода поскольку при его использовании не уменьшается ресурс циклов перезаписи энергонезависимой памяти.

Формат API фрейма приведен в Таблице 10.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма	
			Тип фрейма								
1	2	3	4	5	6	7	8	...	m	m+1	
0x7E	MSB	LSB	0x07	Frame ID	AT command		AT parameter				

Таблица 10

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем НЕ формирует подтверждение выполнения команды. Если байт Frame ID отличен от 0, то ответ будет передан модемом хосту с таким же номером Frame ID.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

AT parameter – поле данных AT-команды. Если данное поле не заполняется, то в ответ придет текущее установленное значение параметра.

5.3.1. Пример API-фрейма 0x07

Пример API-фрейма передачи AT-команды L5, определяющей вывод №9 локального модема как цифровой выход с высоким уровнем:

7E 00 05 07 01 4C 35 05 71

В Таблице 11 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x07	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Параметр	0x05	Установка режима работы вывода DIGITL OUTPUT HI
Контрольная сумма	0x71	

Таблица 11

5.4. API-фрейм с локальной AT-командой и немедленным применением изменений с сохранением их в энергонезависимой памяти (0x08)

С помощью данного фрейма осуществляется передача AT-команды в пакетном режиме от хоста к локальному модему с ее применением непосредственно после получения и с сохранением в энергонезависимой памяти модема. При использовании данного фрейма необходимо помнить об ограниченном числе циклов перезаписи энергонезависимой памяти модуля (около 100000). Применяется этот фрейм в основном для настройки одиночного параметра.

Формат API фрейма приведен в Таблице 12.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма
			Тип фрейма							
1	2	3	4	5	6	7	8	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x08	Frame ID	AT command		AT parameter			

Таблица 12

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем НЕ формирует подтверждение выполнения команды. Если байт Frame ID отличен от 0, то ответ будет передан модемом хосту с таким же номером Frame ID.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

AT parameter – поле данных AT-команды. Если данное поле не заполняется, то в ответ придет текущее установленное значение параметра.

5.4.1. Пример API-фрейма 0x08

Пример API-фрейма передачи AT-команды L5, определяющей вывод №9 локального модема как цифровой выход с высоким уровнем. Сделанное изменение сохраняется в энергонезависимой памяти:

7E 00 05 08 01 4C 35 05 70

В Таблице 13 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x08	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Параметр	0x05	Установка режима работы вывода DIGITL OUTPUT HI
Контрольная сумма	0x70	

Таблица 13

5.5. API-фрейм с локальной AT-командой с помещением измененного значения в очередь (0x09)

С помощью данного фрейма осуществляется передача AT-команды в пакетном режиме от хоста к локальному модему с ее применением только после передачи команды АС. Используйте этот фрейм если требуется осуществить настройки нескольких параметров с последующим одновременным сохранением всех сделанных изменений. Такой метод настройки значительно продлевает ресурс энергонезависимой памяти модуля.

Формат API фрейма приведен в Таблице 14.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма
			Тип фрейма							
1	2	3	4	5	6	7	8	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x09	Frame ID	AT command		AT parameter			

Таблица 14

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем НЕ формирует подтверждение выполнения команды. Если байт Frame ID отличен от 0, то ответ будет передан модемом хосту с таким же номером Frame ID.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

AT parameter – поле данных AT-команды. Если данное поле не заполняется, то в ответ придет текущее установленное значение параметра.

5.5.1. Пример API-фрейма 0x09

Пример API-фрейма передачи AT-команды L5, определяющей вывод №9 локального модема как цифровой выход с высоким уровнем. Сделанное изменение помещается в очередь параметров на запись:

7E 00 05 09 01 4C 35 05 6F

В Таблице 15 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x09	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Параметр	0x05	Установка режима работы вывода DIGITL OUTPUT HI
Контрольная сумма	0x6F	

Таблица 15

5.6. API-фрейм для передачи данных на UART удаленного модема без возможности управления режимом передачи/подтверждения (0x0F)

Формат API-фрейма для передачи данных, полученных по UART, удаленному узлу для выдачи их на UART приведен в Таблице 16. Данный фрейм аналогичен фрейму 0x10, но в нем, для увеличения пропускной способности, отсутствует поле Options. При использовании данного типа фрейма подтверждение доставки не осуществляется.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма	
			Тип фрейма	5	6	7	8	...	m		
1	2	3	4	5	6	7	8	...	m	m+1	
0x7E	MSB	LSB	0x0F	Frame ID	MSB Destination ID	LSB Destination ID	Data				

Таблица 16

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем HE передает подтверждение успешной отправки пакета в эфир. Если байт Frame ID отличен от 0, то фрейм статуса отправки пакета будет передан модемом хост системе с таким же номером Frame ID.

MSB Destination ID – старший байт ID адреса устройства, которому предназначен пакет.

LSB Destination ID – младший байт ID адреса устройства, которому предназначен пакет.

5.6.1. Пример API-фрейма 0x0F

Пример API-фрейма для передачи на UART удаленного модуля последовательности байт 0x00, 0x01, 0x02, 0x03 без подтверждения доставки с предварительной проверкой чистоты канала (CCA):

7E 00 08 0F 01 00 02 00 11 22 33 87

В Таблице 17 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x08	
Тип фрейма	0x0F	
Идентификатор фрейма	0x01	
Адрес получателя	0x00 0x02	
Пользовательские данные	0x00 0x11 0x22 0x33	
Контрольная сумма	0x87	

Таблица 17

5.7. API-фрейм с AT-командой удаленному модему (0x17)

Формат API фрейма для передачи AT-команды удаленному модему приведен в Таблице 18.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные										Контрольная сумма
			Тип фрейма	5	6	7	8	9	10	11	...	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x17	Frame ID	MSB Destination ID	LSB Destination ID	Options	AT command		AT parameter			

Таблица 18

Frame ID – идентификатор фрейма. Назначается произвольно хост системой. Если в данном байте передается значение 0x00, то модем HE передает подтверждение успешной отправки пакета в эфир. Если байт Frame ID отличен от 0, то фрейм статуса отправки пакета будет передан модемом хост системе с таким же номером Frame ID.

MSB Destination ID – старший байт ID адреса устройства, которому предназначен пакет.

LSB Destination ID – младший байт ID адреса устройства, которому предназначен пакет.

Options – битовое поле опций. Значение установки флага (единицы) в соответствующем поле приведено в Таблице 19. Если в 1 и 2 бите установлены нули, все изменения сохраняются в теневой регистр и не будут выполнены до отправки AT-команды AC. Режим передачи (с CCA или без) определяется битом 1, регистра Device mode (команда DM).

№ бита, байта Options	Значение
0	Отключение подтверждения доставки
1	Применение изменений с сохранением в энергонезависимую память
2	Применение изменений без сохранения в энергонезависимую память (имеет приоритет перед битом 1 при одновременной установке обоих бит)

Таблица 19

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном передается код AT-команда в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

AT parameter – поле данных AT-команды. Если данное поле не заполняется, то в ответ придет текущее установленное значение параметра.

5.7.1. Пример API-фрейма 0x17

Пример API-фрейма передачи AT-команды L5, определяющей вывод №9 удаленного модема как цифровой выход с высоким уровнем. Сделанное изменение применяется сразу после получения пакета и сохраняется в энергонезависимую память:

7E 00 08 17 01 00 02 04 4C 35 05 5B

В Таблице 20 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x08	
Тип фрейма	0x17	
Идентификатор фрейма	0x01	
Адрес получателя	0x00 0x02	
Опции	0x04	
АТ-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Параметр	0x05	Установка режима работы вывода DIGITL OUTPUT HI
Контрольная сумма	0x5B	

Таблица 20

5.8. API-фрейм с данными, полученных от удаленного модема и предназначенными для выдачи в UART (0x81)

Формат API-фрейма содержащий в себе данные от удаленного модема предназначенные для выдачи их на UART приведен в Таблице 21.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные								Контрольная сумма
			Тип фрейма								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x81	MSB Source ID	LSB Source ID	RSSI	Options	Data			

Таблица 21

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

RSSI (Received Signal Quality Indicator) – уровень мощности сигнал+шум на входе приемника на момент приема эфирного пакета. Представляет собой число в дополнительном коде со знаком. Единица измерения - dBm. Используется для оценки абсолютного качества радиолинии. В условиях слабых помех позволяет достаточно точно оценить качество связи. Для обеспечения надежных коммуникаций необходимо поддерживать его на уровне не ниже -70..-80 dBm.

Options – битовое поле (см. Таблица 22). Если модем, приняв пакет, автоматически отправил подтверждение доставки, то бит №0 выставляется в 0. Если принятый пакет был ширококвещательным, то бит №1 выставляется в 1.

№ бита, байта Options	Значение
0	Подтверждение доставки
1	Широковещательный пакет

Таблица 22

5.8.1. Пример API-фрейма 0x81

Пример API-фрейма с данными для хост-системы. Полученный пакет был отправлен в адресном режиме и на него было передано подтверждение получения:

7E 00 09 81 00 01 D6 00 00 11 22 33 41

В Таблице 23 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x09	
Тип фрейма	0x81	
Адрес отправителя	0x00 0x01	
RSSI	0xD6	
Опции	0x00	Подтверждение отправлено. Пакет не ширококвещательный
Пользовательские данные	0x00 0x11 0x22 0x33	
Контрольная сумма	0x41	

Таблица 23

5.9. API-фрейм с данными о текущем состоянии активных линий ввода/вывода на удаленном модеме (0x83)

Формат API-фрейма содержащий в себе данные от удаленного узла с текущим состоянием линий I/O, выдаваемый на UART приведен в Таблице 24.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные										Контрольная сумма
			Тип фрейма	5	6	7	8	9	10	11	...	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x83	MSB Source ID	LSB Source ID	RSSI	Options	Temperature	VBatt	Data			

Таблица 24

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

RSSI (Received Signal Quality Indicator) – уровень мощности сигнал+шум на входе приемника на момент приема эфирного пакета. Представляет собой число в дополнительном коде со знаком. Единица измерения - dBm. Используется для оценки абсолютного качества радиолинии. В условиях слабых помех позволяет достаточно точно оценить качество связи. Для обеспечения надежных коммуникаций необходимо поддерживать его на уровне не ниже -70..-80 dBm.

Options – битовое поле (см. Таблица 25). Если принятый пакет был широковещательным, то бит №1 выставляется в 1.

№ бита, байта Options	Значение
1	Широковещательный пакет

Таблица 25

Temperature – температура, измеренная внутренним датчиком модема, приславшего данные. Температура передается в дополнительном коде.

VBatt – напряжение питания модема, приславшего данные. Для получения значения в вольтах, полученное число переводится в десятичный формат и делится на 51.

Data – информация о текущих состояниях активированных линий ввода/вывода. Данные передаются лишь для тех линий, на которых установлен один из режимов работы: ADC, DIGITAL INPUT, DIGITAL OUTPUT, COUNTER INPUT, WAKEUP INPUT. Формат передаваемых данных для каждой линии приведен в Таблице 26.

№ I/O	Mode	Value
-------	------	-------

Таблица 26

№ I/O – номер физического вывода на модуле MBee-868. Длина поля – 1 байт.

Mode – режим работы данного вывода. В старшем бите данного поля передается текущее состояние цифрового входа/выхода. Длина поля – 1 байт.

Value – текущее значение параметра. Данное поле заполняется для режимов работы вывода – ADC и COUNTER INPUT, для прочих режимов данное поле отсутствует. Длина поля Value для режима ADC равна 2 байтам (старшим байтом вперед). Для получения значения

на соответствующем аналоговом входе в вольтах необходимо полученное значение умножить на 2,5 (опорное напряжение) и разделить на 4096 (разрядность АЦП). Длина поля Value для режима COUNTER INPUT равна 4-м байтам (старшим байтом вперед).

5.9.1. Пример пакета полученных от удаленного узла данных о текущем состоянии линий I/O

Пример поступающего на UART интерфейс пакета от удаленного модема, расположенного на плате MB-Tag-1.2, содержащий данные о текущем состоянии цифровых и аналоговых линий ввода/вывода:

7E 00 21 83 00 01 E5 02 17 A0 04 83 06 0E 00 00 00 00 09 04 1D 02 FF FF 1F 04 21 02 FF FF 22 0D 00 00 00 00 A5

В Таблице 27 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x21	
Тип фрейма	0x83	
Адреса отправителя	0x00 0x01	
RSSI	0xE7	
Options	0x02	Входящий пакет – широкополосный.
Температура	0x17	Температура модема + 25 С.
Напряжение питания	0xA0	Напряжение питания радиомодуля +3,14 В.
Данные I/O	0x04 0x83	Вывод №4 настроен как цифровой вход. Текущее состояние – высокий уровень.
	0x06 0x0E 0x00 0x00 0x00 0x00	Вывод № 6 настроен как счетный вход №2. Текущее число подсчитанных импульсов равно 0.
	0x09 0x04	Вывод №9 настроен как цифровой выход. Текущее состояние – низкий уровень.
	0x1D 0x02 0xFF 0xFF	Вывод №29 настроен как аналоговый вход.
	0x1F 0x04	Вывод №31 настроен как цифровой выход с низким уровнем. Напряжение на входе близко к 0.
	0x21 0x02 0xFF 0xFF	Вывод №33 настроен как аналоговый вход. Напряжение на входе близко к 0.
	0x1F 0x04	Вывод №31 настроен как цифровой выход с низким уровнем.
	0x22 0x0D 0x00 0x00 0x00 0x00	Вывод №34 настроен как счетный вход №1. Текущее число подсчитанных импульсов равно 0.
Контрольная сумма	0xA5	

Таблица 27

5.10. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x87)

Данный фрейм высылается в ответ на AT-команду локальному модему, переданную в пакетном режиме с типом фрейма 0x07.

Формат API фрейма статуса выполнения AT-команды, переданной в пакетном режиме локальному модему приведен в Таблице 28.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма	
			Тип фрейма								
1	2	3	4	5	6	7	8	7	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x87	Frame ID	AT command	Status	AT parameter				

Таблица 28

Frame ID – идентификатор фрейма.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды, в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

Status – статус отправленного фрейма. Возможные значения приведены в Таблице 29.

Название	Значение	Описание
Ok	0x00	Выполнено
Error	0x01	Недостаточно памяти для выполнения команды.
Invalid code	0x02	Недопустимый код AT-команды
Invalid parameter	0x03	Недопустимое значение параметра

Таблица 29

AT parameter – поле данных AT-команды. Передается только если команда запрашивала данные.

5.10.1. Пример API-фрейма 0x87

Пример API-фрейма статуса выполнения локальной AT-команды

7E 00 05 87 01 4C 35 00 F6

В Таблице 30 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x87	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Статус	0x00	Команда выполнена успешно
Контрольная сумма	0xF6	

Таблица 30

5.11. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x88)

Данный фрейм высылается в ответ на AT-команду локальному модему, переданную в пакетном режиме с типом фрейма 0x08.

Формат API фрейма статуса выполнения AT-команды, переданной в пакетном режиме локальному модему приведен в Таблице 31.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма	
			Тип фрейма								
1	2	3	4	5	6	7	8	7	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x88	Frame ID	AT command	Status	AT parameter				

Таблица 31

Frame ID – идентификатор фрейма.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды, в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

Status – статус отправленного фрейма. Возможные значения приведены в Таблице 32.

Название	Значение	Описание
Ok	0x00	Выполнено
Error	0x01	Недостаточно памяти для выполнения команды.
Invalid code	0x02	Недопустимый код AT-команды
Invalid parameter	0x03	Недопустимое значение параметра

Таблица 32

AT parameter – поле данных AT-команды.

5.11.1. Пример API-фрейма 0x88

Пример API фрейма статуса выполнения локальной AT-команды:

7E 00 05 88 01 4C 35 00 F5

В Таблице 33 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x88	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Статус	0x00	Команда выполнена успешно
Контрольная сумма	0xF5	

Таблица 33

5.12. API-фрейм статуса выполнения локальной AT-команды (0x89)

Данный фрейм высылается в ответ на AT-команду локальному модему, переданную в пакетном режиме с типом фрейма 0x09.

Формат API фрейма статуса выполнения AT-команды, переданной в пакетном режиме локальному модему приведен в Таблице 34.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма	
			Тип фрейма								
1	2	3	4	5	6	7	8	7	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x89	Frame ID	AT command	Status	AT parameter				

Таблица 34

Frame ID – идентификатор фрейма.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном поле передается код AT-команды, в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

Status – статус отправленного фрейма. Возможные значения приведены в Таблице 35.

Название	Значение	Описание
Ok	0x00	Выполнено
Error	0x01	Недостаточно памяти для выполнения команды.
Invalid code	0x02	Недопустимый код AT-команды
Invalid parameter	0x03	Недопустимое значение параметра

Таблица 35

AT parameter – поле данных AT-команды.

5.12.1. Пример API фрейма статуса выполнения AT-команды

Пример API фрейма статуса выполнения локальной AT-команды:

7E 00 05 89 01 4C 35 00 F5

В Таблице 36 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x05	
Тип фрейма	0x89	
Идентификатор фрейма	0x01	
AT-команда	0x4C 0x35	Команда L5 в формате ASCII
Статус	0x00	Команда выполнена успешно
Контрольная сумма	0xF4	

Таблица 36

5.13. Формат API фрейма статуса модема (0x8A)

Формат API-фрейма, передаваемого модемом в UART после включения питания, а также после аппаратного или программного сброса, приведен в Таблице 37. Данный API фрейм передается только при работе модема в пакетном режиме в направлении хоста и информирует хост систему о причине инициализации модема.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные		Контрольная сумма
			Тип фрейма		
1	2	3	4	5	6
0x7E	MSB	LSB	0x8A	Status	

Таблица 37

Status – байт содержащий информацию о причине инициализации модема. Возможные варианты приведены в Таблице 38.

Название	Значение	Описание
PowerUp	0x00	Включение питания.
Reset	0x01	Перезагрузка после активации входа RESET или после программного рестарта модуля.

Таблица 38

5.13.1. Пример API-фрейма 0x8A

Пример API фрейма от локального модуля после его загрузки:

7E 00 02 8A 01 74

В Таблице 39 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x02	
Тип фрейма	0x8A	
Статус	0x01	Инициализация после нажатия кнопки RESET
Контрольная сумма	0x74	

Таблица 39

5.14. API-фрейм статуса отправки пакета (0x8B)

Формат входящего API фрейма статуса отправки пакета приведен в Таблице 40. Данный фрейм отправляется локальным модемом хост системе в ответ на пакет с типом фрейма 0x01, 0x10, 0x17. Данный фрейм содержит в себе информацию о статусе отправки по радиоканалу или ошибке в формате AT-команды, содержащейся в фрейме.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные							Контрольная сумма
			Тип фрейма							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0x7E	MSB	LSB	0x8B	Frame ID	MSB Destination ID	LSB Destination ID	TX Retry Count	Status	Reserve	

Таблица 40

Frame ID – идентификатор фрейма.

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

TX Retry Count – счетчик попыток отправки пакета в эфир. При включенном режиме CCA модем отправляет пакет в эфир только в случае если он (эфир) в данный момент свободен. Количество попыток отправки ограничено.

Status – статус отправки. Возможные значения приведены в Таблице 41.

Название	Значение	Описание
Ok	0x00	Выполнено.
Error	0x01	Недостаточно памяти для выполнения команды.
Invalid code	0x02	Недопустимый код AT-команды.
Invalid parameter	0x03	Недопустимое значение параметра.
TX failure	0x04	Сообщение не отправлено.

Таблица 41

5.14.1. Пример API-фрейма 0x8B

Пример API фрейма статуса отправки пакета:

7E 00 07 8B 01 00 02 01 00 00 70

В Таблице 42 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x07	
Тип фрейма	0x8B	
Идентификатор фрейма	0x01	
Адрес получателя	0x00 0x02	
Счетчик попыток отправки	0x01	Отправлено с первого раза
Статус отправки	0x00	Сообщение отправлено
Байт зарезервирован	0x00	
Контрольная сумма	0x70	

Таблица 42

5.15. API-фрейм подтверждения доставки пакета (0x8C)

Формат входящего API фрейма подтверждающего доставку пакета с типом фрейма 0x01 или 0x10 удаленному модему (при условии, что был выставлен запрос подтверждения) приведен в Таблице 43.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные						Контрольная сумма
			Тип фрейма						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0x7E	MSB	LSB	0x8C	MSB Source ID	LSB Source ID	RSSI	Options	Frame ID	

Таблица 43

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

RSSI (Received Signal Quality Indicator) – уровень мощности сигнал+шум на входе приемника на момент приема эфирного пакета. Представляет собой число в дополнительном коде со знаком. Единица измерения - dBm. Используется для оценки абсолютного качества радиолинии. В условиях слабых помех позволяет достаточно точно оценить качество связи. Для обеспечения надежных коммуникаций необходимо поддерживать его на уровне не ниже -70..-80 dBm.

Options – битовое поле, для данного пакета всегда равно 0.

Frame ID – идентификатор фрейма.

5.15.1. Пример API-фрейма 0x8C

Пример API фрейма подтверждения доставки пакета:

7E 00 06 8C 00 02 E4 00 01 BC

В Таблице 44 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x06	
Тип фрейма	0x8C	
Адрес получателя	0x00 0x02	
RSSI	0xE4	
Байт зарезервирован	0x00	
Идентификатор фрейма	0x01	
Контрольная сумма	0x70	

Таблица 44

5.16. API-фрейм с данными, полученных от удаленного модема и предназначенными для выдачи в UART (0x8F)

Формат API-фрейма содержащий в себе данные от удаленного узла предназначенные для выдачи их на UART и отправленные в соответствии с типом фрейма 0x0F приведен в Таблице 45.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные								Контрольная сумма
			Тип фрейма	5	6	7	8	9	...	m	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x8F	MSB Source ID	LSB Source ID	RSSI	Options	Data			

Таблица 45

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

RSSI (Received Signal Quality Indicator) – уровень мощности сигнал+шум на входе приемника на момент приема эфирного пакета. Представляет собой число в дополнительном коде со знаком. Единица измерения - dBm. Используется для оценки абсолютного качества радиолинии. В условиях слабых помех позволяет достаточно точно оценить качество связи. Для обеспечения надежных коммуникаций необходимо поддерживать его на уровне не ниже -70..-80 dBm.

Options – битовое поле (см. Таблица 46). Если принятый пакет был широковещательным, то бит №1 выставляется в 1.

№ бита, байта Options	Значение
1	Широковещательный пакет

Таблица 46

5.16.1. Пример API-фрейма 0x8F

Пример API-фрейма с данными для хост-системы. Полученный пакет был отправлен в адресном режиме без опций передачи:

7E 00 09 8F 00 01 EC 00 00 11 22 33 1D

В Таблице 47 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x09	
Тип фрейма	0x8F	
Адрес отправителя	0x00 0x01	
RSSI	0xEC	
Байт опций	0x00	Пакет не широковещательный
Данные	0x00 0x11 0x22 0x33	Пользовательские данные
Контрольная сумма	0x1D	

Таблица 47

5.17. API-фрейм ответа на AT-команду удаленному модему (0x97)

Формат API фрейма ответа на AT-команду удаленному модему приведен в Таблице 48.

Стартовый байт	Длина API фрейма		Данные										Контрольная сумма	
			Тип фрейма	5	6	7	8	7	8	9	10	...		m
1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	...	m	m+1
0x7E	MSB	LSB	0x97	MSB Source ID	LSB Source ID	RSSI	Options	AT command		Status	AT parameter			

Таблица 48

MSB Source ID – старший байт ID устройства отправившего пакет.

LSB Source ID – младший байт ID устройства отправившего пакет.

RSSI (Received Signal Quality Indicator) – уровень мощности сигнал+шум на входе приемника на момент приема эфирного пакета. Представляет собой число в дополнительном коде со знаком. Единица измерения - dBm. Используется для оценки абсолютного качества радиолинии. В условиях слабых помех позволяет достаточно точно оценить качество связи. Для обеспечения надежных коммуникаций необходимо поддерживать его на уровне не ниже -70..-80 dBm.

Options – зарезервировано.

AT command – поле AT-команды, 2 байта. В данном передается код выполненной AT-команда, в ASCII формате. Символы передаются в верхнем регистре.

Status – зарезервировано.

AT parameter – поле данных AT-команды. Присутствует только если команда запрашивала параметр.

5.17.1. Пример API-фрейма 0x97

Пример API фрейма, полученного от удаленного узла пакета:

7E 00 09 97 00 02 E8 00 4C 35 00 05 F8

В Таблице 49 приведена расшифровка полей данного пакета.

Поле	Содержимое	Расшифровка
Стартовый байт	0x7E	
Длина пакета	0x00 0x09	
Тип фрейма	0x97	
Адрес отправителя	0x00 0x02	
RSSI	0xE8	
Байт опций	0x00	
AT-команда	0x4C 0x35	Была выполнена команда L5
Статус	0x00	Байт зарезервирован
AT параметр	0x05	AT параметр – 5 (цифровой выход, высокий уровень)
Контрольная сумма	0xF8	

Таблица 49

5.18. Контрольная сумма

При проверке целостности данных контрольная сумма рассчитывается и проверяется на необработанных данных.

Порядок расчета: сложить все байты, исключая первые 3 байта - стартовый байт и 2 байта длины фрейма, а затем вычесть младшие 8 бит результата из 0xFF.

Для проверки: сложить все байты, включая контрольную сумму, исключив первые 3 байта - стартовый байт и 2 байта длины фрейма. Если контрольная сумма правильная, результат будет равен 0xFF.

ПРИМЕР расчета контрольной суммы:

Отправляем 2 байта данных 0x12 и 0x34 удаленному узлу с адресом 0x02.

Тип фрейма: 0x01.

Складываем все байты, кроме трех первых: $0x01 + 0x02 + 0x12 + 0x34 = 0x49$

Вычитаем из 0xFF полученное значение: $0xFF - 0x49 = 0xB6$

Получаем кадр: 7E 00 07 01 00 00 02 00 12 34 B6

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

6.1. Модули MBee-868-x.x с ПО “SerialStar”

Типовая схема включения, являющаяся одинаковой для всех модификаций модулей MBee-868, показана на Рисунке 4.

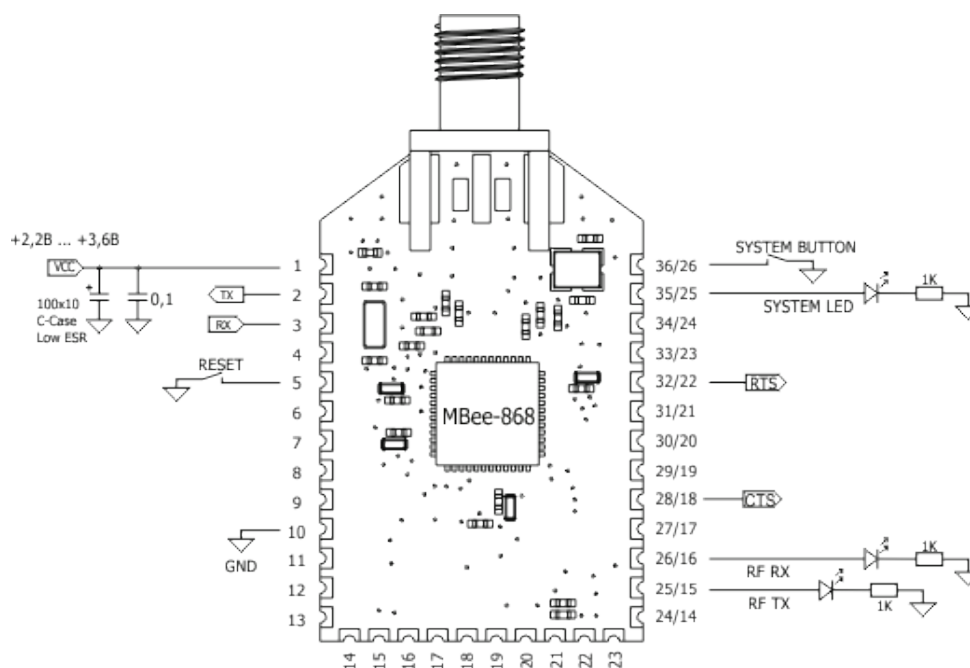


Рисунок 4

Электрические уровни цифровых сигналов должны соответствовать TTL/CMOS 3,3 В. Для записи или обновления программного обеспечения, модуль должен быть подключен к компьютеру при помощи любого доступного трансивера последовательного интерфейса. В качестве возможного решения хорошо подходят устройства [RFSerialBridge](#) или [MB-USBridge](#). На компьютер должна быть предварительно установлена программа SysmcBootLoader, последняя версия которой доступна на сайте [CMK](#).

После подключения к компьютеру и подачи питания модуль необходимо перевести в режим программирования/настройки одним из 2-х способов:

1. Удерживая нажатой кнопку «SYSTEM BUTTON», нажать и отпустить кнопку «RESET»
2. Удерживая кнопку «SYSTEM BUTTON» выключить и, дождавшись разряда конденсаторов питания, снова включить питание платы.

При входе в режим программирования светодиод «SYSTEM LED» начинает мигать с периодом примерно 2 с. Корректность входа в режим настроек может быть определена также с помощью программы SysmcBootloader.

Работа с программой SysmcBootLoader интуитивно понятна и не требует пояснений. С помощью нее имеется возможность выбрать требуемую скорость последовательного интерфейса, а также включить или выключить аппаратное управление потоком. При выборе скорости передачи данных необходимо учитывать максимальную пропускную способность радиоканала. Пропускная способность зависит от битовой скорости эфирного

протокола и от качества радиосвязи (расстояние между модулями, типы антенн, наличие радиопомех и т.д.). Соответственно, выбор скорости 115200 бит/с не означает, что Вы получите пропускную способность канала, равную 115200 бит/с при эфирной скорости 38400 бит/с.

6.2. Дальность связи

Дальность связи зависит от установленной мощности передатчика, несущей частоты, битовой скорости, коэффициента усиления используемых антенн, чувствительности приемника, взаимного расположения антенн, погодных условий и т.д.

В Таблице 51 приведены оценки расстояний, при которых для данной битовой скорости будет устойчивая связь (запас чувствительности не менее 20 дБм) в зоне прямой видимости. В расчете использовались следующие данные:

Мощность передатчика (модуль MBee-868-2.0)	14 дБм
Мощность передатчика (модуль MBee-868-3.0)	10 дБм
Коэффициент усиления передающей антенны	2 дБм
Коэффициент усиления принимающей антенны	2 дБм
Рабочая частота	868,75 МГц

Таблица 50

Расчет дальности связи в свободном пространстве проводился по формуле Фрииса.

№	Скорость, Бит/сек	Чувствительность, дБм	Расстояние, км. MBee-868-3.0	Расстояние, км. MBee-868-2.0
1	1200	-109	3.8	21
2	2400	-107	3.0	17
3	4800	-106	2.7	15
4	9600	-105	2.4	13
5	19200	-104	2.1	12
6	38400	-102	1.7	10
7	57600	-98	1.0	6
8	115200	-94	0.7	4
9	250000	-90	0.4	2
10	500000	-84	0.2	1

Таблица 51

6.3. Значения по умолчанию

№	Параметр/Значение	Комментарий
1	NET_ID = 0x01	Старший байт параметра команды ID
2	SYSTEM_ID = 0x0001	Средний и младший байт параметра команды ID
3	CH = 0x01	Центральная частота 868,75 МГц
4	MY = 0x0001	Собственный адрес
5	DL(TX) = 0xFFFF	Адрес получателя
6	AP = 0	Прозрачный режим
7	PL = 0xC1(MBee-868-3.0) PL = 0x1F(MBee-868-2.0)	10 dBm для модуля MBee-868-3.0 14 dBm для модуля MBee-868-2.0
8	RB = 6	38400 бит/с, 2GFSK, девиация 19,04 КГц
9	SM = 0	Спящий режим отключен
10	ST = 20	Таймаут после обработки последнего события перед переходом в режим сна равен 20 мс.
11	SP = 1500	Время сна установлено равным 15 с.
12	DM = 0	Прием широкополосных пакетов разрешен. Режим CCA активирован.
13	SO = 6	Разрешена отправка пакета с данными GPIO при просыпании в режиме циклического сна и при срабатывании входа WAKEUP.
14	L0 = 6	Выход TX UART.
15	L1 = 7	Вход RX UART.
16	L2 = 3	Цифровой вход.
17	L3 = 14	Счетный вход №2
18	L4 = 11	SLEEP REQUEST
19	L5 = 4	Цифровой выход, низкий уровень.
20	L6 = 0	Отключен.
21	L7 = 0	Отключен.
22	L8 = 0	Отключен.
23	B0 = 0	Отключен.
24	B1 = 0 (MBee-868-3.0) B1=1 (MBee-868-2.0)	Отключен (только для MBee-868-3.0). Не используется (только для MBee-868-2.0)
25	B2 = 0	Отключен.
26	B3 = 0	Отключен.
27	B4 = 0	Отключен.
28	B5 = 0	Отключен.
29	R0 = 10	Выход модуля. Системный светодиод.
30	R1 = 13	Счетный вход №1.
31	R2 = 2	АЦП
32	R3 = 9	Выход RTS UART.
33	R4 = 4	Цифровой выход, низкий уровень.
34	R5 = 0	Отключен.
35	R6 = 2	АЦП
36	R7 = 8	Вход CTS UART.
37	R8 = 12	SLEEP STATUS
38	R9 = 0	Отключен.

Таблица 52

6.4. Характеристики последовательного интерфейса по умолчанию

Скорость	9600 Кбит/с
Число стоповых бит	1
Четность	нет
Управление потоком	аппаратное CTS/RTS
Размер приемного буфера	400 байт
Размер буфера на передачу	400 байт

Таблица 53

6.5. Кодирование выходной мощности передатчика

В Таблице приведены шестнадцатеричные коды выходной мощности передатчика для разных типов модулей MBee-868-x.0, при питании устройства $V_{cc} = 3,3$ В.

MBee-868-3.0		MBee-868-2.0	
Мощность (dBm)	Код	Мощность (dBm)	Код
10	0xC1	27	0x81
9	0xC4	26	0x50
8	0xC7	25	0x62
7	0xCA	24	0x3F
6	0xCD	23	0x65
5	0x80	22	0x38
4	0x84	21	0x29
3	0x87	20	0x6B
2	0xCF	19	0x6C
1	0x8B	18	0x27
0	0x8D	17	0x34
-1	0x51	16	0x25
-2	0x62	15	0x33
-3	0x3E	14	0x1F
-4	0x65	13	0x1D
-5	0x57	12	0x23
-6	0x68	11	0x1A
-7	0x2B	10	0x19
-8	0x6B	9	0x0F
-9	0x6C	8	0x0D
-10	0x27	7	0x0B
-11	0x26	6	0x0A
-12	0x34	5	0x09
-13	0x25	4	0x21
-14	0x33	3	0x06
-15	0x1F	1	0x05
-16	0x1D	0	0x04
-17	0x32	-3	0x02
-18	0x1A	-6	0x30
-19	0x19	-32	0x00
-20	0x22		
-25	0x21		
-30	0x03		

Примечание. Красным цветом в таблице показаны значения, превышающие допустимые в соответствии с требованиями ГКРЧ от 07 мая 2007 № 07-20-03-001.

7. ИСТОРИЯ ДОКУМЕНТА

№	Дата	Редакция документа	Описание изменений
1	04.10.2016	1-я версия	
2	17.10.2016		Глава «Форматы пакетов»: добавлен раздел «Контрольная сумма». Глава «Технические характеристики»: добавлен раздел «Кодирование выходной мощности передатчика».
3	07.11.2016		Глава «Форматы пакетов»: <ol style="list-style-type: none"> 1. Исправлена ошибка в таблице общего формата фрейма пакетов. 2. Исправлена ошибка в таблице формата API фрейма передачи данных удаленному узлу. 3. Исправлена ошибка в таблице формата API фрейма получения данных от удаленного узла. 4. Исправлено описание способа расчета контрольной суммы. Добавлен пример расчета. Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команды CF, исправлено описание команды PL.
4	14.11.2016		Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команды RB. Глава «Технические характеристики» добавлен раздел «Дальность связи». Внесены незначительные стилистические изменения, не меняющие смысл содержимого.
5	23.11.2016		Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команды DC. Внесены незначительные стилистические изменения, не меняющие смысл содержимого.
6	09.12.2016		Глава «Режимы работы модема»: добавлен раздел «Режимы пониженного энергопотребления». Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команд SM, ST, SP. Глава «Технические характеристики»: внесены дополнения в Таблице в разделе «Модули MBee-868-x.x с ПО "SerialStar"». Внесены незначительные стилистические изменения, не меняющие смысл содержимого.
7	29.02.2017		Глава «Режимы работы модема», раздел «Прозрачный режим», добавлена информация о возможности запрета приема широковещательных пакетов.

			<p>Глава «Командный интерфейс»: добавлена информация о способе возврата к значениям «по умолчанию».</p> <p>Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команды DM.</p> <p>Глава «Общие сведения»: добавлен раздел «Линии ввода/вывода».</p> <p>Глава «Командный интерфейс»: в список поддерживаемых AT-команд добавлено описание команд настройки линий ввода/вывода.</p> <p>Расширен список значений по умолчанию.</p>
8	17.05.2017		Дано полное описание новых возможностей версии SerialStar 2.0.
9	19.05.2017	Текущая версия	Глава 2.4 дополнена подробным описанием настроек линий ввода/вывода.

8. ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА

Разработка и техническая поддержка

СИСТЕМЫ, МОДУЛИ И КОМПОНЕНТЫ

Разработчик систем автоматизации и телеметрии

Телефон **+7 (495) 784 5766**

Электронная почта **mbee@sysmc.ru**

Сайт **www.sysmc.ru**

