

Радиомодемы EMBee

- Протокол передачи ZigBee
- В модуле четыре операционные системы: стек Zigbee, ОС Координатора, ОС Роутера (маршрутизатора), ОС спящего устройства.
- Возможность автоматического горячего резервирования координатора сети одним из роутеров сети при выходе из строя основного координатора.
- Простота интеграции с помощью AT команд
- Автоматическое формирование сети после инициализации устройств.
- Высокая помехозащищенность сети Zigbee
- Общее количество адресов в сети Zigbee - 65 000 шт.



Руководство пользователя v2.01
EMB-250-100BI-R-006

Содержание

1. Общие характеристики радиомодема.....	3
1.1. Ключевые характеристики.....	3
1.2. Характеристики радиомодема EMB-250-100BI-R-006	4
1.3. Назначение разъемов	5
1.4. Общий вид.....	6
2. Работа радиомодема.....	7
2.1. Последовательный интерфейс.....	7
2.1.1. Прозрачный режим (Transparent Operation)	7
2.1.2. Режим API (API Operation)	7
2.2. Режимы функционирования.....	9
2.2.1. Режим ожидания (Idle Mode).....	9
2.2.2. Режимы приема и передачи.....	9
2.2.3. Спящий режим (Sleep Mode).....	10
2.2.4. Командный режим.....	10
2.3. Адресация.....	11
2.3.1. Режим одноадресной передачи (Unicast Mode).....	11
2.3.2. Режим широковещательной передачи (Multicast Mode).....	11
3. Конфигурирование радиомодема.....	11
3.1. Таблица команд.....	11
4. Формирование ZigBee сети.....	15
4.1. Координатор.....	16
4.2. Роутер.....	16
4.3. Оконечное спящее устройство.....	16
5. Примеры применения AT команд.....	16
Приложение А. Дополнительная информация.....	19
Информация для заказа.....	19
Контактная информация.....	19

1. Общие характеристики радиомодема

1.1 Ключевые характеристики

Высокая производительность. низкая стоимость

EMBees:

- Расстояние передачи в помещении, в городе: 100м
- Расстояние передачи на открытой местности: 1800м
- передаваемая мощность: 100 мВт (20 dBm)
- чувствительность приемника: -91 dBm

Сетевые возможности и безопасность

- Повторение и подтверждение передачи
- Каждый канал имеет 65 000 уникальных доступных адресов сети
- Поддерживается топология Mesh сети
- 128-битовое шифрование
- Защита радиосети ключом (паролем)
- Количество ошибок, при непрерывной передаче данных по радиосети Zigbee: - меньше 0.7%.
- Скорость автоматического построения радио сети из 100 модемов EMBees : около 2 мин.
- Автоматическое восстановление радиосети при сбое.

Удобство в работе

- Автоматическое формирование Mesh сети (координатор -> всем устройствам, координатор -> устройство, устройство -> координатор)
- Автоматическое переформирование сети при замене координатора(такую задачу может взять на себя любой роутер)
- Автоматическое переподключение выпадающих из сети устройств
- Поддержка всевозможных типов устройств:
 - координатор
 - роутер
 - спящее устройство
 - мобильное устройство (перемещаемое спящее устройство)
- Поддержка координатором или каждым из роутеров до 6 спящих(мобильных устройств)
- Получение информации о подключенных устройствах в сети и их связях
- Возможность получения эхо от любого от устройств
- Небольшие габаритные размеры
- AT и API командные режимы для конфигурирования параметров радиомодема и передачи данных

1.2 Характеристики радиомодемов EMB-250-100BI-R-006

Таблица 1.1. Характеристики радиомодемов EMBee

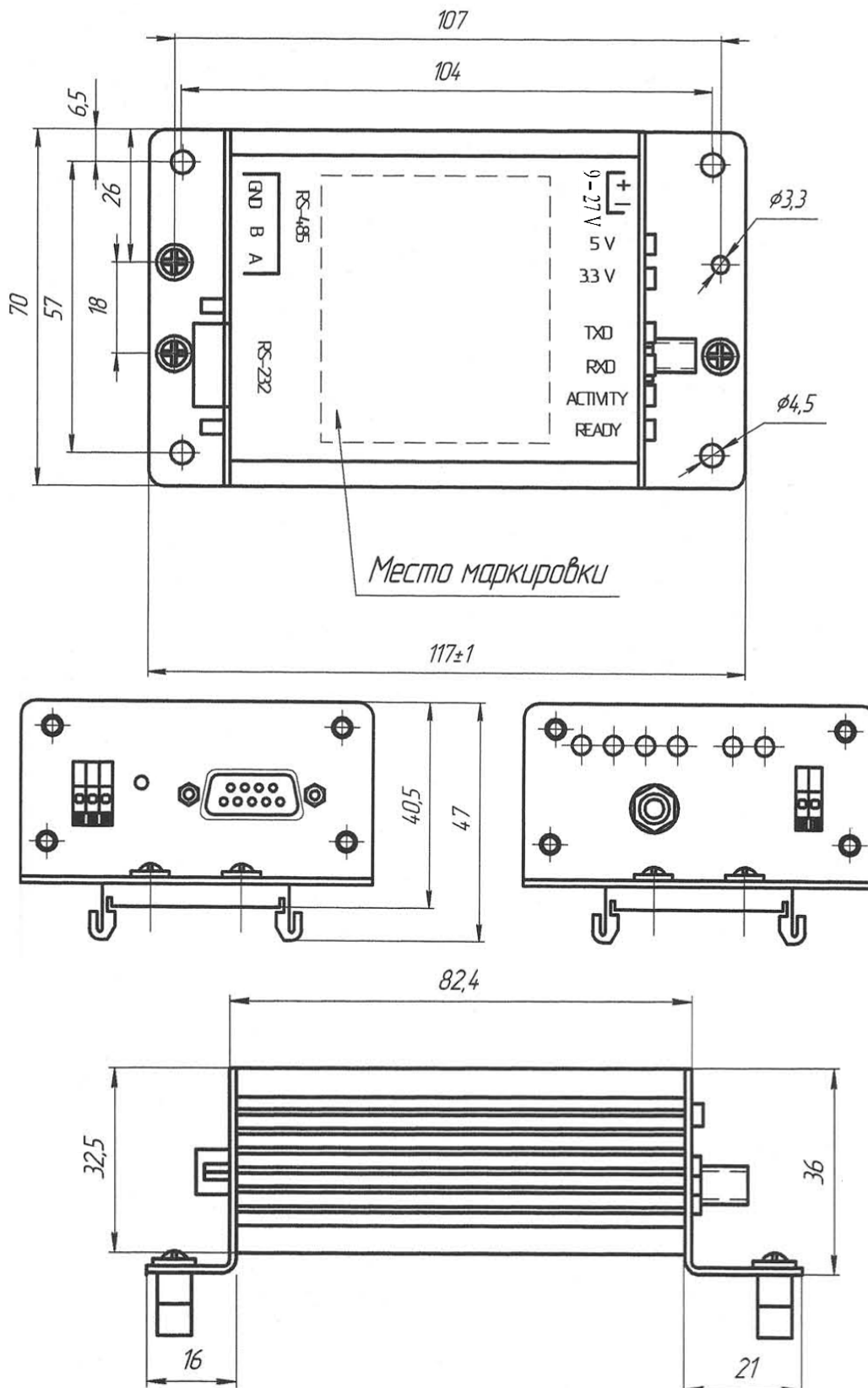
Параметр	EMBee
Производительность	
Дальность связи в помещении, в городе (P _{вых} =100мВт)	до 100м
Дальность связи на открытой местности (P _{вых} =100мВт)	до 1800м
Максимальная мощность передатчика (средняя в полосе 5 МГц для выбранного канала в пределах диапазона 2400-2438 МГц) (устанавливается программно)	100 мВт (20 dBm)
Скорость передачи сети	250 Кб/с
Скорость передачи данных пользователя в Mesh сети	4 800 бит/с
Скорость последовательного интерфейса (устанавливается программно)	1200-38400 бит/с
Чувствительность приемника	-91 dBm (потеря 1% пакетов)
Энергетические требования	
Напряжение питания	9 - 27 В
Ток передачи (в импульсе 3 мс.) (P _{вых} =100мВт)	300мА±10%
Ток ожидания/приема (усредненный) (P _{вых} =100мВт)	120мА±10%
Ток выключения	30 мА
Общие	
Диапазон частот	2400-2438 МГц
Размеры	(117,00 x 70,00 x 36,00) мм
Диапазон температур	от -40°C до 85°C
Волновое сопротивление антенны (разъем SMA(female))	50 Ом
Тип антенны EMB-250-100BI-R-006	SMA (female) разъем для подключения внешней антенны
Сетевые возможности и безопасность	
Поддерживаемые топологии	Mesh сеть (координатор -> всем устройствам, координатор -> устройство, устройство -> координатор)
Вид модуляции	O-QPSK
Количество каналов	16
Количество адресов в сети	65000
Типы адресации	По идентификатору сети (PAN ID) (с 128-битным паролем), каналу и строковому идентификатору

1.3 Назначение разъемов

Таблица 1.2. Назначение разъемов и индикаторов радиомодема EMB-250-100BI-R-006

Название	Описание
9 - 27 V	Постоянное питание 9 - 27 В
RS-232	Подключение к радиомодему через интерфейс RS-232
GND	общий минус
5 V	Индикатор подачи питания 5 В
3,3 V	Индикатор подачи питания 3,3 В
TXD	Индикатор активности интерфейса RS-232 (передача)
RXD	Индикатор активности интерфейса RS-232 (прием)
ACTIVITY	Индикатор активности сети
READY	Индикатор готовности радиомодема к работе в сети (информирует о готовности радиомодема – координатора к подключению новых устройств в сеть а радиомодема – роутера о уже осуществившемся подключении к сети)

1.4 Общий вид



2. Работа радиомодема

2.1. Последовательный интерфейс

2.1.1. Прозрачный режим (Transparent Operation)

Применяется по умолчанию (AP=0) (см. ниже табл. 3.5.). В этом режиме все данные стоят в очереди на радиопередачу.

Когда превышен порог параметра RO (Перерыв Пакетирования (Packetization Timeout)), радиомодем пытается начать радиопередачу. Если радиомодем не может немедленно начать передачу (например, если он уже получает радиоданные), последовательные данные сохраняются во входном буфере. Данные пакетируются и посылаются при любом перерыве RO или когда получены 246 байт (максимальный размер пакета).

Радиомодем работает, как описано выше, если не обнаружена командная последовательность в 3-х первых символах. Командная последовательность состоит из трех копий командного символа (параметр CC, по умолчанию “+++”) (см. ниже п.2.2.4.). Командная последовательность переключает радиомодем в командный режим. Превышение времени между этими символами (параметр GT) определяет их как данные.

В случае, когда входной буфер занят данными, радиомодем, сконфигурированный как координатор не будет воспринимать символы командного режима (+++) до тех пор, пока его буфер не освободится (в случае отсутствия адресата задержка зависит от параметра NT (см. ниже табл. 3.5.)).

В прозрачном режиме от координатора пакет всегда отправляется адресату, установленному в параметре DN (Destination Node). DN=”(по умолчанию) определяет широкоэвещательную рассылку, всем адресатам. Все остальные устройства всегда отправляют пакет координатору. При передаче параметр NT (см. ниже табл. 3.3.) всегда определяет максимальное время ожидания подтверждения доставки пакета адресату, после чего регистрирует норму при доставке пакета и ошибку при невозможности доставки. Таким образом, в прозрачном режиме определить доставку пакета можно только лишь по сигналу nREADY, который должен установиться ранее времени, установленного в параметре NT. В противном случае это будет свидетельствовать о недоставке пакета.

2.1.2. Режим API (API Operation)

Альтернатива прозрачному режиму (AP=1). Расширяет уровень использования сетевых возможностей радиомодема приложением хоста. В этом режиме в отправляемых и принимаемых пакетах кроме данных содержится дополнительная информация об адресатах.

В режиме API можно посылать пакеты данных на радиомодем, содержащие адрес и полезную информацию, вместо использования командного режима. Радиомодем может посылать пакеты, содержащие информацию о его статусе.

Режим API позволяет:

- изменять адрес назначения приемника, не входя в командный режим;
- определить статус (успех/неудача) каждого РЧ-пакета;
- определить адрес источника каждого принятого пакета;
- удаленно считывать и записывать в порты радиомодема, опрашивать каналы АЦП, регулировать каналы ШИМ (широотно-импульсного модулятора).

Формат пакета в режиме API предоставлен в табл. 2.1.

Табл. 2.1. Формат пакета API

Режим	Отсылаемый пакет (вывод DI)	Ответ радиомодема или принимаемый пакет (вывод DO)
Передача пакета данных от координатора	DN<CR><LF>[Packet Data]	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка
Принимаемый пакет данных в координатор	-	NI<CR><LF>[Packet Data]
Запись во внешнее устройство удаленного радиомодема из координатора	(DN)(space)(DX,PX)<CR><LF>Data	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка
Чтение внешнего устройства удаленного радиомодема из координатора	(DN)(space)(DX,PX)<CR><LF>	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка если OK, затем (NI)(space)(DX,PX)<CR><LF>Data <CR><LF>
Передача пакета данных в координатор	<CR><LF>[Packet Data]	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка
Принимаемый пакет данных от координатора	-	<CR><LF>[Packet Data]
Запись во внешнее устройство удаленного координатора	(space)(DX,PX)<CR><LF>Data	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка
Чтение внешнего устройства удаленного координатора	(space)(DX,PX)<CR><LF>	OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка если OK, затем (space)(DX,PX)<CR><LF>Data <CR><LF>
Автовывод внешних устройств в координатор	-	(NI)(space)(DX,PX)<CR><LF>Data <CR><LF>
Автовывод внешних устройств из координатора	-	(space)(DX,PX)<CR><LF>Data <CR><LF>

Примечание:

DN (Destination Node) – строковый идентификатор получателя

NI (Node Identifier) – строковый идентификатор отправителя

DX, PX – адрес внешнего устройства D0-D9, P0, P1

Data – байт или слово данных

Packet Data – пакет данных

space – пробел

<CR><LF> - перевод строки, возврат каретки, символы 0x0D,0x0A

Параметр NT определяет время ожидания доставки пакета адресату, недоставка пакета – “ERROR”.

2.2. Режимы функционирования

Радиомодемы EMBeE могут функционировать в пяти режимах (рис. 2.4).

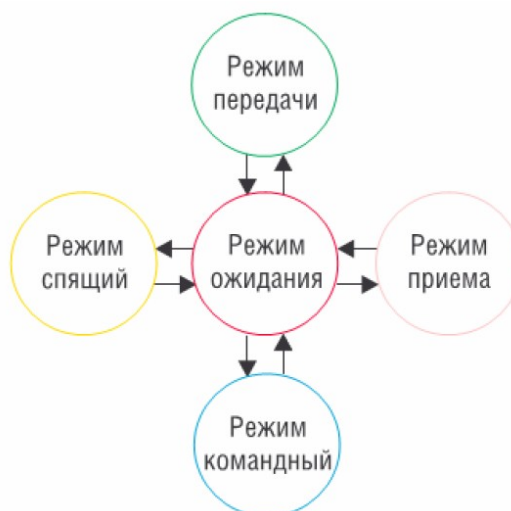


Рис. 2.4. Режимы функционирования радиомодема EMBeE

2.2.1. Режим ожидания (Idle Mode)

Если данные не принимаются или не передаются, радиомодем находится в режиме ожидания. Радиомодем переходит в другие режимы работы при следующих условиях:

- режим передачи (последовательные данные получены во входной буфер);
- режим приема (данные получены через антенну);
- командный режим (получена командная последовательность).

2.2.2. Режимы приема и передачи

Когда последовательные данные приняты и радиомодем готов к отправке пакета в эфир, радиомодем из режима ожидания переходит в режим передачи данных. От координатора пакет отправляется по адресу назначения. В прозрачном режиме адрес назначения определяется параметром команды DN. В режиме API адрес назначения определяется в пакете в соответствии с форматом API. Каждому модулю в сети должен быть присвоен адрес, определяемый параметром команды NI. Все пакеты от устройств отправляются к координатору независимо от адреса назначения.

Если передача не ведется широкоэмитальным сообщением (параметр команды DN определен), то радиомодем будет ожидать получения подтверждения от устройства назначения. Если подтверждение не будет получено, будет зарегистрирован сбой подтверждения передачи (ERROR).

Если радиопакет принят и адрес соответствует параметру команды NI, данные из приемного буфера выдаются через последовательный порт.

Режим работы удаленного обращения к внешним устройствам

Для чтения, записи во внешнее устройство удаленного радиомодема необходимо использовать режим API (AP=1). В выходном пакете указывается адрес радиомодема (DN), адрес внешнего устройства и передаваемые данные в соответствии с форматом API.

2.2.3 Спящий режим

Спящий режим позволяет модулю войти в состояние низкого расхода энергии, если тот не используется. Чтобы войти в режим сна, необходимо сконфигурировать радиомодем как спящее устройство (AD=E, AD=M). После подключения к сети радиомодем переходит в режим пониженного энергопотребления с периодом пробуждения SP. Мобильные устройства (AD=M) предназначены для перемещаемых объектов и могут работать только в циклическом режиме. Если мобильное устройство не обратилось к сети в течении 50 с., сеть его вычеркивает из своих таблиц и впоследствии мобильное устройство переподключится. Значение 0xFFFF SP переводит модуль в режим постоянного сна. Вывод из режима сна осуществляется подачей положительного перепада на вывод SLEEP_RQ. После пробуждения модуль принимает или выдает сообщения и снова переходит в режим сна.

2.2.4 Командный режим

Чтобы изменять или читать параметры радиомодема, он должен сначала перейти в командный режим - состояние, в котором поступающие символы интерпретируются как команды. Для перехода в командный режим необходимо выдать 3-символьную последовательность "+++". После выдачи "OK" радиомодем переходит в командный режим. Если время между символами последовательности "+++" превышает время, установленное в параметре GT (по умолчанию секунда), последовательность воспринимается как данные. Символы командной последовательности можно изменить с помощью команды CC.

Каждая AT-команда представляет собой текстовую строку, которая начинается символами «AT». Далее следует код команды, пробел, параметр команды и символы «возврат каретки» (<CR>, код 0x0D), «перевод строки» (<LF>, код 0x0A) (табл. 2.2). Например, команда, изменяющая номер радиоканала на «0x10» будет выглядеть так: ATCH 10<CR><LF>. Для сохранения измененных параметров радиомодема в энергонезависимой памяти используется команда записи WR (Write). Если не подать команду WR, то после выключения и повторной подачи питания будут восстановлены предыдущие значения параметров. Каждая подаваемая команда сначала распознается модулем и затем исполняется. В случае успешного выполнения, радиомодем выдаст строку «OK» по линии DO. Если команду не удалось исполнить, сообщение «ERROR» поступает во внешний микроконтроллер. Радиомодем выходит из командного режима по команде «ATCN». В командном режиме все символы можно вводить как в верхнем, так и в нижнем регистре клавиатуры. Отвечает радиомодем числовыми значениями шестнадцатеричного и десятичного исчисления верхнего регистра и символьными значениями нижнего регистра.

Таблица 2.2. Пример AT-команд

Отсылаемая AT-команда	Ответ радиомодема
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATCH<Enter>	{текущее значение}<CR><LF> (Прочитать значение CH) <CR><LF>
ATCH 10<Enter>	OK <CR><LF> (Изменить значение CH на 0x10)
ATWR<Enter>	OK <CR><LF> (записать в энергонезависимую память)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)

2.3 Адресация

2.3.1 Режим одноадресной передачи (Unicast Mode).

В этом режиме от координатора все пакеты отправляются в прозрачном режиме адресату, установленному в параметре команды DN, а в режиме API по адресу, указанному в пакете API в соответствии с форматом API.

2.3.2 Режим широковещательной передачи (Multicast Mode).

В широковещательном режиме пакеты всегда отправляются только от координатора всем устройствам в сети без ожидания доставки с параметром DN="" или адресату с пустой строкой. При синхронной передаче параметр команды MD определяет задержку между пакетами для успешной доставки всем абонентам.

3 Конфигурирование радиомодема

Конфигурирование радиомодема (изменение параметров) может производиться путем подачи AT - команд. Каждый радиомодем в сети должен иметь одну и ту же версию встроенного ПО (firmware).

3.1 Таблица команд

EMBee радиомодемы оперируют числовыми значениями в шестнадцатеричном виде. Команды PL, DB используют отрицательные десятичные значения. Описание команд сортировано по категориям и содержится в табл. 3.1.-3.8. В таблицах шестнадцатеричные значения определяются "0x" префиксом.

Табл. 3.1. Команды специального назначения

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
WR	Записать (Write). Записывает значения параметров в энергонезависимую память, чтобы модификации параметров сохранились после включения питания или сброса. Замечание: Как только отдана команда WR, никакие дополнительные символы не должны быть посланы модулю до получения ответа "OK".	CREM	-	-
RE	Восстановить параметры по умолчанию (Restore Defaults). Восстанавливает параметры радиомодема в значения по умолчанию.	CREM	-	-
FR	Программный сброс (Software Reset). Немедленно отвечает ОК, затем выполняет аппаратный сброс текущего устройства приблизительно через 100мс.	CREM	-	-
NR	Сетевой сброс (Network Reset). В координаторе перезапускает сеть с задержкой, установленной в параметре. Возвращает ОК после задержки. Задержка необходима для спящих устройств, которые после пробуждения перезапускаются при отсутствии FR. В остальных устройствах работает аналогично команде FR.	CREM	0 - 0xFFFFE [x 1 sec]	-

Табл. 3.2. Адресные команды

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
MY	16-разрядный адрес радиомодема (16-bit Network Address). Получить 16-разрядный сетевой адрес радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFE	0xFFFFE
MS	16-разрядный адрес источника (16-bit Source Network Address). Получить 16-разрядный сетевой адрес источника.	CREM	0 - 0xFFFFE	-

SH	Старшие байты серийного номера (Serial Number High). Чтение старших 32 бит уникального 64-битового адреса радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	factory-set
SL	Младшие байты серийного номера (Serial Number Low). Чтение младших 32 бит уникального 64-битового адреса радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	factory-set
NI	Идентификатор узла (Node Identifier). Хранит строковый идентификатор. Регистр принимает только ASCII данные. Строка не может начинаться с пробела. Возврат каретки (Enter) заканчивает команду. Команда будет автоматически закончиться, когда максимальный размер строки будет введен. Эта строка будет возвращена как часть команды ND (обнаружение узла). Этот идентификатор также используется с командой DN (узел назначения).	CREM	32-Byte printable ASCII string #0-удаляет строку	-
DN	Узел назначения (Destination Node). Хранит строковый идентификатор узла назначения. Регистр принимает только ASCII данные. Строка не может начинаться с пробела.	C	32-Byte printable ASCII string #0-удаляет строку	-
SN	Идентификатор источника (Source Node Identifier). Хранит строковый идентификатор источника. Регистр принимает только ASCII данные.	C	32-Byte printable ASCII string	-

Табл. 3.3. Сетевые команды

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
CH	Канал (Channel). Установка/чтение номера канала, используемого для того, чтобы осуществлять радиопередачу и прием. Используются номера канала протокола 802.15.4.	CREM	0x0B-0x1A (EMBEE)	0xF
ID	Сетевой идентификатор (PAN ID). Установка/чтение сетевого идентификатора персональной сети (PAN).	CREM	0 - 0x3FFF	0x1234 (4660d)
KY	Ключ шифрования (AES Encryption Key). Установка 128-разрядного AES (Advanced Encryption Standard) ключа для кодирования/декодирования данных. KY регистр не доступен для чтения.	CREM	0 - (any 16-Byte value) #0-удаляет ключ	0x0
NT	Время ожидания доставки данных (Node Discover Timeout). Установка/чтение максимального времени ожидания доставки данных узлу.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [x 1 msec]	0x1770 (6000d)
ND	Обнаружение узла (Node Discover). Обнаруживает и сообщает обо всех найденных радиомодемах. Следующая информация будет сообщена для каждого обнаруженного радиомодема: DEVICE_TYPE (1 Byte: "C"=Coord, "R"=Router, "E"=End Device, "M"=Mobile Device) : EUI64, NI<CR><LF> где EUI64 = SH + SL Команда ожидает ответа от устройств неопределенное время (до ввода любой команды).	C	-	-
LB	Эхо (Loop Back). Регистр доступен только по записи. DN, равный пустой строке включает/выключает режим эхо на всех устройствах сети. При широковещательной рассылке (DN="") ответ возвращает лишь адресуемое устройство. Формат отсылаемого пакета: Address(null terminated string)_Data. Установленный DN включает/выключает режим эхо только лишь на адресуемом устройстве. Возвращаются данные любого формата.	C	0 - 1 0 - loopBack Off 1 - loopBack On	0
AD	Тип устройства (Association Device). Установка/чтение типа устройства.	CREM	char DEVICE_TYPE "C"=Coord "R"=Router "E"=End Device "M"=Mobile Device	"R"
RN	Готовность сети (Ready Network). Чтение готовности сети.	CREM	0 - 1 (read only) 1 - Ready	0
MD	Задержка для широковещательной рассылки (Multicast Delay). Установка/чтение задержки между фреймами для широковещательной рассылки в сети.	C	0 - 0xFF (x 1sec)	0
PT	Время между опросом родительского устройства (Poll Times). Для спящего устройства: Время между опросом родительского устройства.	CREM	1 - 0xFFFF (ms)	0x3E8 (1000ms)

Табл. 3.4. Команды радиосвязи

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.																																																
PL	<p>Уровень мощности (Power Level). Выбор/чтение уровня мощности, передаваемой радиомодемом.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Шкала значений</th> <th>Уровень выходной мощности</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3 dBm</td><td>100 mW</td><td>-8 dBm</td><td>8.1 mW</td></tr> <tr><td>2 dBm</td><td>80 mW</td><td>-9 dBm</td><td>7.9 mW</td></tr> <tr><td>1 dBm</td><td>63 mW</td><td>-11 dBm</td><td>5 mW</td></tr> <tr><td>0 dBm</td><td>50 mW</td><td>-12 dBm</td><td>4 mW</td></tr> <tr><td>-1 dBm</td><td>40 mW</td><td>-14 dBm</td><td>2.5 mW</td></tr> <tr><td>-2 dBm</td><td>32 mW</td><td>-17 dBm</td><td>1 mW</td></tr> <tr><td>-3 dBm</td><td>25 mW</td><td>-20 dBm</td><td>630 μW</td></tr> <tr><td>-4 dBm</td><td>20 mW</td><td>-26 dBm</td><td>160 μW</td></tr> <tr><td>-5 dBm</td><td>16 mW</td><td>-43 dBm</td><td>3 μW</td></tr> <tr><td>-6 dBm</td><td>12.5 mW</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>-7 dBm</td><td>10 mW</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Шкала значений	Уровень выходной мощности			3 dBm	100 mW	-8 dBm	8.1 mW	2 dBm	80 mW	-9 dBm	7.9 mW	1 dBm	63 mW	-11 dBm	5 mW	0 dBm	50 mW	-12 dBm	4 mW	-1 dBm	40 mW	-14 dBm	2.5 mW	-2 dBm	32 mW	-17 dBm	1 mW	-3 dBm	25 mW	-20 dBm	630 μW	-4 dBm	20 mW	-26 dBm	160 μW	-5 dBm	16 mW	-43 dBm	3 μW	-6 dBm	12.5 mW			-7 dBm	10 mW			CREM	3 – (-43)dBm EMBeE)	3
Шкала значений	Уровень выходной мощности																																																			
3 dBm	100 mW	-8 dBm	8.1 mW																																																	
2 dBm	80 mW	-9 dBm	7.9 mW																																																	
1 dBm	63 mW	-11 dBm	5 mW																																																	
0 dBm	50 mW	-12 dBm	4 mW																																																	
-1 dBm	40 mW	-14 dBm	2.5 mW																																																	
-2 dBm	32 mW	-17 dBm	1 mW																																																	
-3 dBm	25 mW	-20 dBm	630 μW																																																	
-4 dBm	20 mW	-26 dBm	160 μW																																																	
-5 dBm	16 mW	-43 dBm	3 μW																																																	
-6 dBm	12.5 mW																																																			
-7 dBm	10 mW																																																			

Табл. 3.5. Команды последовательного интерфейса

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.
BD	Скорость последовательного интерфейса (Interface Data Rate). Установка/чтение скорости последовательного интерфейса для коммуникации между последовательным портом радиомодема и хостом. Устанавливается после сохранения и перезапуска радиомодема.	CREM	0 – 7 (standard baud rates) 0 = 1200 bps 1 = 2400 2 = 4800 3 = 9600 4 = 19200 5 = 38400 6 = 57600 7 = 115200	3 (9600)
RO	Перерыв пакетирования (Packetization Timeout). Установка/чтение времени задержки, требуемой перед передачей. Установите равным нулю, чтобы передавать символы, как только они прибывают на радиомодем, вместо буферизации их в один пакет.	CREM	0 - 0xFFFF [x character times ms]	20
AP	Включить режим API (API Enable). Включение режима API	CREM	0 - 1 0 = Disabled 1 = API enabled	0

Табл. 3.6. Команды спящего режима

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.
SP	Период пробуждения (Sleep Period). Время на протяжении, которого радиомодем находится в спящем состоянии. Радиомодем пробуждается на короткое время, после чего выполняет активные задачи, если он и были установлены. Значение 1= 1/4 с. Значение 0xFFFF переводит радиомодем в режим постоянного сна. Выход из режима постоянного сна осуществляется по выводам nDIN и SLEEP_RQ.	EM	1 - 0xFFFF	0xC (3s)

Табл. 3.7. Команды ввода-вывода

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.
C0-C9	Конфигурирование ввода-вывода (DIO0–DIO9 Configuration). Альтернативные функции: DIO3(CTS),DIO8 = 1 – готовность сети, готовность доставки данных DIO0-DIO3 = 2 – ADC	CREM	0 = Disabled 1 = Alternative function 2 = ADC 3 = DI 4 = DO low 5 = DO high	0
CP0	Конфигурирование ШИМ0 (PWM0 Configuration). Установка/чтение режима вывода PWM0. Параметры ШИМ - период 3600мкс, положительная длительность равна: - выход PWM = (3600/65536)*Data_PWM(мкс) - выход PWM как отображение ADC = (3600/1024)*Data_ADC(мкс)	CREM	0 = Disabled 1 = RSSI (-25..-91dBm) 2 = PWM Output 3 = DI	0

	Интегрирующая цепь для получения ЦАП: R=100k,C=1mkF или R=1M,C=100nF.		4 = DO low 5 = DO high	
CP1	Конфигурирование ШИМ1 (PWM1 Configuration). Установка/чтение режима вывода PWM1. Параметры ШИМ – аналогично PWM0.	CREM	0 = Disabled 1 – Reserved 2 = PWM Output 3 = DI 4 = DO low 5 = DO high	0
IU	Включение автовывода на UART (I/O Output Enable). Выключение/Включение автовывода на последовательный порт приемника. В выключенном состоянии в режиме автовывода включается режим виртуального отображения портов – входные выходы передатчика отображаются на выходных выводах приемника.	CREM	0 - 1 0 = Disabled 1 = Enabled	1
IR	Период автовывода (Sample Rate). Установка/чтение периода автовывода на приемник включенных входов на передатчике. 0 отключает автовывод.	CREM	0 - 0xFFFF [x 1 msec]	0

Табл. 3.8. Команды диагностики

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
VR	Версия прошивки (Firmware Version). Чтение версии встроенного ПО радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
HV	Версия аппаратного обеспечения (Hardware Version). Чтение версии аппаратного обеспечения радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
DB	Сила принимаемого сигнала (Received Signal Strength). Чтение уровня сигнала (в децибелах) последнего принятого пакета (RSSI). Возвращается абсолютное значение. (Например: 0x58 = -88 dBm). После команды DB первые пять минут после перезапуска координатора с периодом в 15 с. выводятся мощность принятого сигнала в дБм RSSI и качество сигнала LQI (255 - без потерь, 0 - максимальное число потерь). После пяти минут период вывода изменяется на 1 мин. После ввода любого символа режим DB прекращается.	CREM	(-25) - (-91) dBm [read-only]	-

Табл. 3.9. Опции командного режима

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
CN	Выход из командного режима (Exit Command Mode). Выход радиомодема из командного режима.	CREM	-	-
AC	Применить изменения (Apply Changes). Применить изменения к очередному значению параметра, сохранить настройки в энергонезависимой памяти и перезапустить радиомодем.	CREM	-	-
GT	Защитное время (Guard Times). Установка/чтение защитного времени для перехода в командный режим. Если время между символами 3-х символьной последовательности CC превышает время, установленное в параметре GT, последовательность воспринимается как данные.	CREM	1 - 0x0CE4 [x 1 ms]	0x3E8 (1000d)
CC	Символ командной последовательности (Command Sequence Character). Установить/прочитать символ ASCII, который используется между защитными временами в командной последовательности (GT+CC+GT). Командная последовательность из 3-х символов переводит радиомодем в командный режим. Защита запрещает воспринимать 3 символа CC внутри передаваемого пакета, как командную последовательность.	CREM	0 - 0xFF	0x2B ('+' ASCII)

*Примечание.

Тип устройства: С - координатор; R - роутер; E - спящее устройство; M - мобильное устройство.

4 Формирование ZigBee сети

ZigBee сеть состоит из одного координатора и одного или более роутеров и/или конечных спящих устройств. ZigBee сеть формируется, когда координатор выбирает канал и PAN ID (идентификатор сети). Формирование сети происходит автоматически при подключении роутеров и конечных спящих устройств к координатору (рис. 4.1.). При отсутствии координатора подключающиеся устройства ожидают его появления в сети неограниченное время. В отсутствие координатора любое из устройств можно переключить в режим координатора. При замене координатора происходит автоматическое реформирование сети (при этом конечные спящие устройства должны успеть хотя бы раз пробудиться, чтобы обнаружить отсутствие координатора). Выпадающие из сети устройства автоматически переподключаются. Когда сеть сформирована, от устройств все связи проложены только к координатору. Координатор может обратиться к любому из устройств или передать данные всем устройствам сети (широковещательная рассылка).

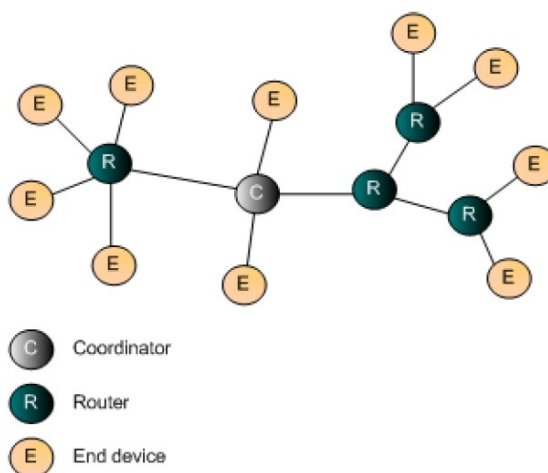


Рис. 4.1. Дерево ZigBee сети

Когда роутер или конечное спящее устройство присоединяются к сети, ему присваивается 16-разрядный адрес (MY). При переподключении устройств эти адреса могут изменяться. Поэтому передача данных в сети привязана к строковым идентификаторам (NI), которые пользователь присваивает устройствам. Координатор всегда имеет нулевой 16-разрядный адрес и не имеет строкового идентификатора. Так же каждый радиомодем имеет свой уникальный фиксированный 64-разрядный идентификатор (SH,SL).

Оконечные спящие устройства всегда подключаются к роутерам или координатору, хотя все связи от конечных спящих устройств прокладываются только к координатору. При этом конечное спящее устройство становится ребенком роутера или координатора. Передача и прием данных в оконечное спящее устройство всегда осуществляется через родительский роутер или координатор. Оконечные спящие устройства могут быть мобильными устройствами. Мобильное устройство выполняет все те же функции, что и оконечное спящее устройство, но только предназначено для перемещаемых объектов. Если в течении 50 сек. сеть не обнаружила мобильное устройство, она удаляет его из своих таблиц. Оконечные спящие устройства поддерживают режим пониженного энергопотребления и предназначены для использования батарейного питания.

С помощью команды ND можно получить информацию о подключенных устройствах к сети и о их связях. Для защиты сетевой информации сеть можно формировать с применением ключа KY. Таким образом, можно получить уникальную сеть. Все устройства в сети обязательно должны иметь одинаковые CH, ID, KY.

4.1 Координатор

Координатор (AD=C) всегда один в сети и предназначен для формирования сети. После перезапуска он позволяет другим типам устройств подключаться к сети. Координатор позволяет подключать к сети до 65000 устройств, из которых неограниченное количество роутеров и до 6 оконечных спящих устройств, подключаемых к координатору. Сеть формируется с параметрами CH, ID, KY. Кроме функций формирования сети координатор выполняет все функции передачи данных и портов ввода-вывода. Координатор должен быть обеспечен постоянным непрерывным напряжением питания.

4.2 Роутер

Роутеры (AD=R) всегда присоединяются к координатору или к другим роутерам и предназначены для маршрутизации данных в сети. После перезапуска они позволяют подключать к себе остальные роутеры или оконечные спящие устройства. Каждый из роутеров позволяет подключать к себе до 6 оконечных спящих устройств. Роутеры подключаются к сети с параметрами CH, ID, KY. Функция автоматической маршрутизации в роутерах позволяет формировать сети неограниченной длины и неограниченного радиуса действия любой древовидной структуры. Кроме функций маршрутизации сети, роутеры выполняют все функции передачи данных и портов ввода-вывода. Роутер должен быть обеспечен постоянным непрерывным напряжением питания.

4.3 Оконечное спящее устройство

Оконечные спящие устройства (AD=E) всегда присоединяются к координатору или к роутерам и являются оконечным устройством в сети, предназначенным для работы с батарейным питанием. Оконечные спящие устройства подключаются к сети с параметрами CH, ID, KY. Функция пониженного энергопотребления позволяет использовать устройство длительное время от батарейного питания. В оконечных спящих устройствах поддерживаются все функции передачи данных и портов ввода-вывода. Мобильное спящее устройство (AD=M) выполняет все функции оконечного спящего устройства, но предназначено для перемещаемых объектов. Если мобильное устройство не обратилось к сети в течении 50 сек., сеть удаляет его из своих таблиц.

5 Примеры применения AT команд

Табл. 5.1. Конфигурирование координатора

Отсылаемая AT-команда	Ответ радиомодема
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAD C<Enter>	OK <CR><LF> (Установить тип устройства - координатор)
ATCH 10<Enter>	OK <CR><LF> (Изменить значение CH на 0x10)
ATID 2222<Enter>	OK <CR><LF> (Установить идентификатор сети – 0x2222)
ATKY 1234567890<Enter>	OK <CR><LF> (Установить ключ – 0x1234567890)
ATWR<Enter>	OK <CR><LF> (записать в энергонезависимую память)
ATFR<Enter>	OK <CR><LF> (Перезапустить радиомодем)

Табл. 5.2. Конфигурирование роутера

Отсылаемая AT-команда	Ответ радиомодема
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAD R<Enter>	OK <CR><LF> (Установить тип устройства - роутер)
ATCH 10<Enter>	OK <CR><LF> (Изменить значение CH на 0x10)
ATID 2222<Enter>	OK <CR><LF> (Установить идентификатор сети – 0x2222)
ATKY 1234567890<Enter>	OK <CR><LF> (Установить ключ – 0x1234567890)
ATNI router1<Enter>	OK <CR><LF> (Присвоить строковый идентификатор – router1)

ATWR<Enter>	OK <CR><LF> (записать в энергонезависимую память)
ATFR<Enter>	OK <CR><LF> (Перезапустить радиомодем)

Табл. 5.3. Конфигурирование оконечного спящего устройства

Отсылаемая AT-команда	Ответ радиомодема
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAD E<Enter>	OK <CR><LF> (Установить тип устройства – спящее)
ATCH 10<Enter>	OK <CR><LF> (Изменить значение CH на 0x10)
ATID 2222<Enter>	OK <CR><LF> (Установить идентификатор сети – 0x2222)
ATKY 1234567890<Enter>	OK <CR><LF> (Установить ключ – 0x1234567890)
ATNI sleep1<Enter>	OK <CR><LF> (Присвоить строковый идентификатор – sleep1)
ATWR<Enter>	OK <CR><LF> (записать в энергонезависимую память)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)

Табл. 5.4. Передача данных координатору (прозрачный режим AP=0)

Отсылаемые данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
12345	(Последовательность 12345 выдается в координатор)

Табл. 5.5. Передача данных от координатора роутеру (прозрачный режим AP=0)

Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATDN router1<Enter>	OK <CR><LF> (Установить узел назначения – router1)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)
12345	(Последовательность 12345 выдается в роутер)

Табл. 5.6. Широковещательная передача данных от координатора (прозрачный режим AP=0)

Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATDN #0<Enter>	OK <CR><LF> (Удалить узел назначения)
ATMD 6<Enter>	OK <CR><LF> (Установить задержку между фреймами 6 сек)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)
12345	(Последовательность 12345 выдается всем устройствам)

Табл. 5.7. Передача данных координатору (API режим AP=1)

Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAP 1<Enter>	OK <CR><LF> (Включить API режим)
ATRO 1000<Enter>	OK <CR><LF> (Установить задержку выдачи пакета 4 сек)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)
<Enter>12345	(Через 4 сек последовательность 12345 выдается в координатор) OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка

Табл. 5.8. Передача данных от координатора роутеру (API режим AP=1)

Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAP 1<Enter>	OK <CR><LF> (Включить API режим)
ATRO 1000<Enter>	OK <CR><LF> (Установить задержку выдачи пакета 4 сек)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)
router1<Enter>12345	(Через 4 сек. последовательность 12345 выдается в роутер) OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка

Табл. 5.9. Широковещательная передача данных от координатора (API режим AP=1)

Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAP 1<Enter>	OK <CR><LF> (Включить API режим)
ATRO 1000<Enter>	OK <CR><LF> (Установить задержку выдачи пакета 4 сек)
ATDN #0<Enter>	OK <CR><LF> (Удалить узел назначения)
ATMD 6<Enter>	OK <CR><LF> (Установить задержку между фреймами 6 сек)
ATCN<Enter>	OK <CR><LF> (Выйти из командного режима)
<Enter>12345	(Через 4 сек. последовательность 12345 выдается всем устройствам) OK<CR><LF> - норма

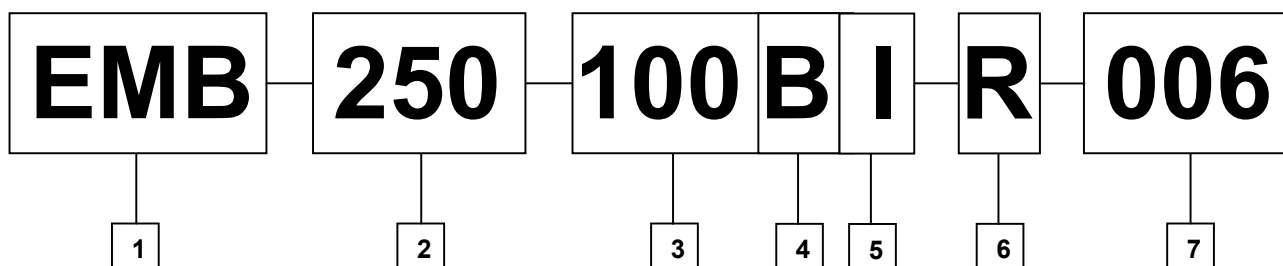
Примечания.

1. <Enter> = <CR><LF> - перевод строки, возврат каретки, символы 0x0D,0x0A

Приложение А. Дополнительные сведения

Информация для заказа

Рис. А-01. Формат маркировки радиомодемов EMBEE.



1. Сокращенно торговая марка EMBEE™
2. Модель радиомодуля (EM250)
3. Выходная мощность мВт (100 мВт)
4. Тип исполнения:
B - в корпусе
5. Диапазон температур:
I = промышленный (-40+85°C)
C = коммерческий (0+70°C)
6. Тип интерфейса радиомодема:
R – RS-232
7. Порядковый номер разработки (001-999).

Контактная информация

Для консультаций и технической поддержки обращайтесь по телефону:

тел: +38-044-592-15-71

mail: info@embee.ua