

# 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 v2.0  
EMB-250-2CI-001

## Содержание

---

<b>1. Общие характеристики радиомодема.....</b>	<b>3</b>
1.1. Ключевые характеристики.....	3
1.2. Характеристики радиомодема EMB-250-2CI-001 .....	4
1.3. Назначение выводов.....	5
1.4. Электрические характеристики.....	6
1.5. Общий вид.....	7
<b>2. Работа радиомодема.....</b>	<b>8</b>
2.1. Последовательный интерфейс.....	8
2.1.1. Передача данных UART.....	8
2.1.2. Управление передачей .....	9
2.1.3. Прозрачный режим (Transparent Operation) .....	10
2.1.4. Режим API (API Operation) .....	10
2.2. Режимы функционирования.....	12
2.2.1. Режим ожидания (Idle Mode).....	12
2.2.2. Режимы приема и передачи.....	12
2.2.3. Спящий режим (Sleep Mode).....	13
2.2.4. Командный режим.....	13
2.3. Адресация.....	14
2.3.1. Режим одноадресной передачи (Unicast Mode).....	14
2.3.2. Режим широковещательной передачи (Multicast Mode).....	14
<b>3. Конфигурирование радиомодема.....</b>	<b>14</b>
3.1. Таблица команд.....	14
<b>4. Формирование ZigBee сети.....</b>	<b>18</b>
4.1. Координатор.....	19
4.2. Роутер.....	19
4.3. Оконечное спящее устройство.....	19
<b>5. Примеры применения AT команд.....</b>	<b>19</b>
<b>Приложение А. Отладочная плата.....</b>	<b>23</b>
Интерфейс внешних устройств.....	23
<b>Приложение Б. Дополнительная информация.....</b>	<b>26</b>
Информация для заказа.....	26
Контактная информация.....	26

---

# 1. Общие характеристики радиомодема

---

## 1.1 Ключевые характеристики

---

### **Высокая производительность, низкая стоимость**

#### EMBees:

- Расстояние передачи в помещении, в городе: 25м
- Расстояние передачи на открытой местности: 100м
- передаваемая мощность: 2 мВт (3 dBm)
- чувствительность приемника: -89 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

### **Низкое энергопотребление**

#### EMBees:

- ток в режиме передачи (в импульсе 3 мс): 37мА±10% (3.3В)
- ток отключения: 1 мкА

### **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-250-2CI-001

Таблица 1.1. Характеристики радиомодемов EMBeE

Параметр	EMBeE
<b>Производительность</b>	
Дальность связи в помещении, в городе (P <sub>вых</sub> =2мВт)	до 25м
Дальность связи на открытой местности (P <sub>вых</sub> =2мВт)	до 100м
Максимальная эквивалентно изотропная излучаемая мощность (ЭИИМ) в полосе выбранного канала 5 МГц в пределах диапазона 2400-2438 МГц (устанавливается программно)	2 мВт (3 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	-89 dBm (потеря 1% пакетов)
<b>Энергетические требования</b>	
Напряжение питания	2,1 – 3,6 В
Ток передачи (в импульсе 3 мс.) (P <sub>вых</sub> =2мВт)	37мА±10%
Ток ожидания/приема (усредненный)	35мА±10%
Ток выключения	1 мкА
<b>Общие</b>	
Диапазон частот	2400-2438 МГц
Размеры мм	24,00 x 47,60
Диапазон температур	от -40°C до 85°C
Тип антенны EMB-250-2CI-001	Интегрированная на плате, керамическая SMD
<b>Сетевые возможности и безопасность</b>	
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 выводов

Таблица 1.2. Назначение выводов радиомодема EMBeе (Сигналы, передаваемые низким уровнем, подчеркнуты)

№ вывода	Название	Направление	Описание
1	VCC	-	Питание (3.3В)
2	<u>nDOUT</u>	Выход	Выход последовательных данных UART
3	<u>nDIN</u>	Вход	Вход последовательных данных UART
4	<u>DIO8/NW_READY</u>	Вход/Выход	Цифровой порт 8, готовность сети и передачи данных
5	<u>RESET</u>	Вход	Сброс радиомодема
6	PWM0/RSSI	Вход/Выход	Цифровой порт 10, выход ШИМ канала 0 или индикация силы принимаемого сигнала
7	PWM1	Вход/Выход	Цифровой порт 11, выход ШИМ канала 1
8	DIO9	Вход/Выход	Цифровой порт 9
9	<u>SLEEP_RQ</u>	Вход	Контроль режима «сна»
10	GND	-	Общий
11	DIO4	Вход/выход	цифровой порт 4
12	<u>DIO7/CTS</u>	Вход/выход	цифровой порт 7 или сигнал CTS контроля передачи данных последовательного порта
13	<u>nSLEEP_OUT</u>	Выход	Индикатор статуса режима «сна» радиомодема
14	-	-	резервный
15	DIO5	Вход/выход	цифровой порт 5
16	DIO6	Вход/выход	цифровой порт 6
17	AD3/DIO3	Вход/выход	Аналоговый вход 3 или цифровой порт 3
18	AD2/DIO2	Вход/выход	Аналоговый вход 2 или цифровой порт 2
19	AD1/DIO1	Вход/выход	Аналоговый вход 1 или цифровой порт 1
20	AD0/DIO0	Вход/выход	Аналоговый вход 0 или цифровой порт 0

Примечания:

1. Минимальное соединение: VCC, GND, DOUT и DIN.
2. Неиспользованные выводы оставить неподключенными.

## 1.4 Электрические характеристики

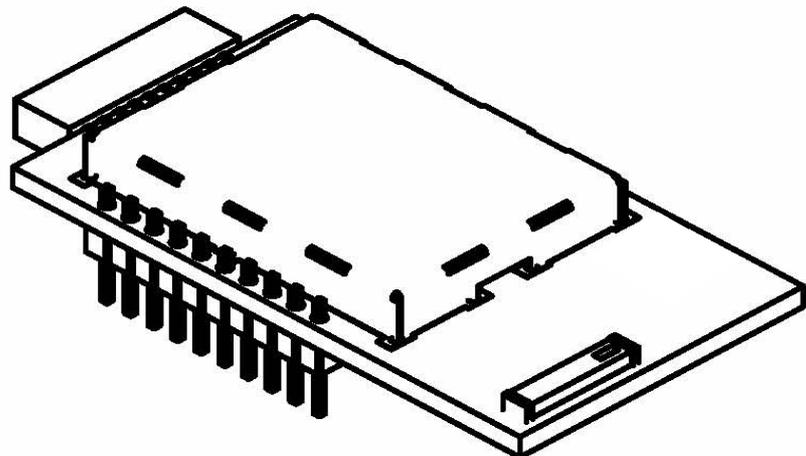
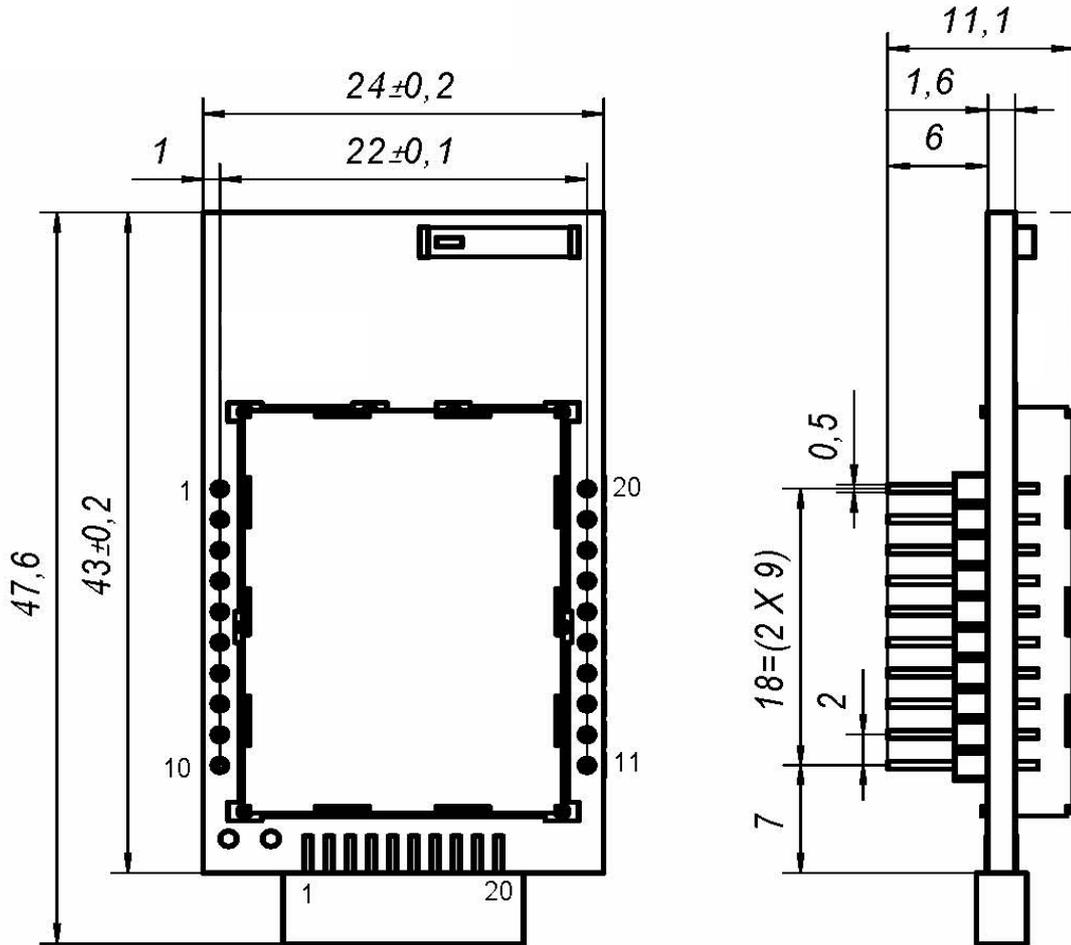
Табл. 1.3. Электрические характеристики по постоянному току

Обозначение	Характеристика	Условие	Мин.	Среднее.	Макс.	Единица изм.
$V_{IL}$	Входное напряжение низкого уровня	Все цифровые входы	-	-	$0,2*VCC$	В
$V_{IH}$	Входное напряжение высокого уровня	Все цифровые входы	$0,8*VCC$	-	$VCC$	В
$V_{OL}$	Выходное напряжение низкого уровня		0	-	$0,18*VCC$	В
$V_{OH}$	Выходное напряжение высокого уровня		$0,82*VCC$	-	$VCC$	В
$I_{IN}$	Входной ток утечки	$V_{IN}=VCC$ or GND, все входы	-	-	0,5	мкА
TX	Ток передачи	$VCC=3,3В$	-	35,5	-	мА
RX	Ток приема	$VCC=3,3В$	-	35,5	-	мА
PWR-DWN	Ток «сна»		-	1	-	мкА

Табл. 1.4. Электрические характеристики АЦП (аналого-цифрового преобразователя)

Обозначение	Характеристика	Условие	Мин.	Типичн.	Макс.	Единица изм.
$AV_{REF}$	Опорное напряжение	-	-	-	1,2	В
RES	Количество разрядов	-	-	12	-	бит
$I_{REF}$	Потребляемый ток	Вкл.	-	1	-	мА
		Режим «сна»	-	-	1	мкА

### 1.5 Общий вид



## 2. Работа радиомодема

### 2.1. Последовательный интерфейс

#### 2.1.1. Передача данных UART

Устройства, имеющие интерфейс UART, могут быть напрямую соединены с выводами радиомодема, как показано на рис. 2.1.

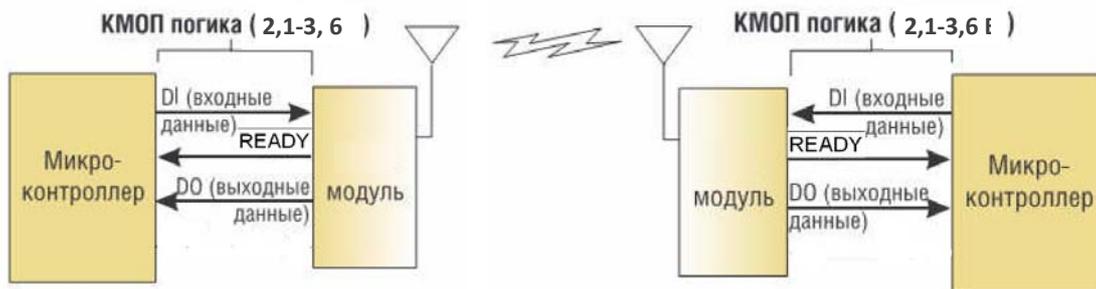


Рис. 2.1. Схема подключения двух модулей для организации канала

Радиомодем управляется CMOS логическими уровнями 2,1 – 3,6 В. Для подключения радиомодема к COM-порту персонального компьютера необходим преобразователь уровня типа MAX3232 или аналогичный.

Данные поступают в модем по линии DI в виде последовательного кода с неактивным уровнем (Idle) лог. «1». Каждый передаваемый байт дополняется стартовым (Start bit) и стоповым (Stop Bit) битами (рис. 2.2). Младший значащий бит (Least Significant bit) передается первым, т.е. следует сразу за стартовым битом.

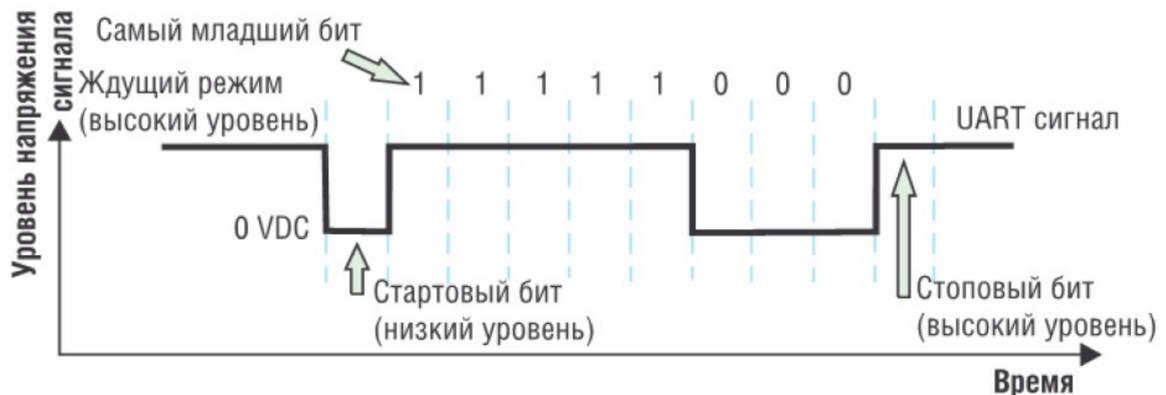


Рис. 2.2. Диаграмма передачи байта 0x1F в радиомодеме EMBeE

Для успешной передачи данных с помощью последовательного интерфейса оба модуля UART приемника и передатчика должны быть сконфигурированы с одинаковыми параметрами.

## 2.1.2. Управление передачей

### Входной буфер (DI Buffer)

Когда последовательные данные поступают в радиомодем по линии DI, они сохраняются во внутреннем буфере (DI Buffer) до момента передачи в эфир. Передача в эфир откладывается, если, например, в данный момент идет прием радиоданных или предыдущая передача не закончена. Максимальный размер приемного буфера составляет 246 байт.

### Аппаратный контроль передачи (nREADY – готовность приема)

Для аппаратного контроля передачи необходимо включить сигнал nREADY на выводе DIO8 или DIO7 при помощи команд C8=1 или C7=1 (см. ниже табл.3.7). DIO7, как правило, используется для контроля nREADY через COM порт на отладочном комплекте. Алгоритм привязки к nREADY следующий. Наличие nREADY=0 свидетельствует о готовности принятия модулем данных. После выдачи данных в приемный буфер необходимо дождаться снятия сигнала nREADY=1, свидетельствуем о начале передачи данных в эфир. Появления сигнала nREADY=0 свидетельствует об окончании передачи данных и возможности отправки следующего пакета.

Можно полностью отказаться от контроля передачи данных, если понизить скорость до значения, когда данные по радиоканалу будут передаваться быстрее, чем будет заполняться приемный буфер.

Переполнение буфера может возникнуть, если радиомодем принимает по радиоканалу длительный по времени непрерывный поток данных. В этом случае, после заполнения буфера, остальные данные, передаваемые по линии DI, будут потеряны.

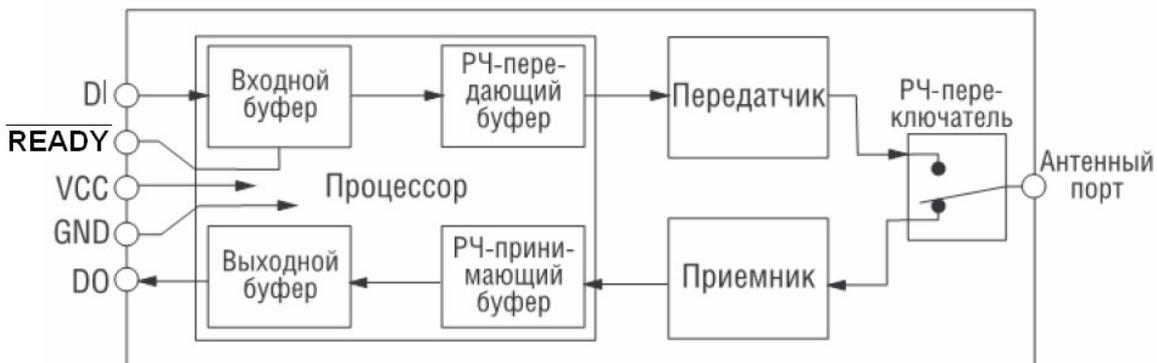


Рис. 2.3. Внутренняя структура модуля EMBeе

### Выходной буфер (DO Buffer)

Когда принимаются радиоданные, они поступают в выходной буфер и посылаются дальше на хост.

---

### 2.1.3. Прозрачный режим (Transparent Operation)

---

Применяется по умолчанию (AP=0) (см. ниже табл. 3.5.). В этом режиме все данные, пришедшие на вывод DI, стоят в очереди на радиопередачу. Все принятые радиоданные отправляются на вывод DO.

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. 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 прозрачном режиме от координатора пакет всегда отправляется адресату, установленному в параметре DN (Destination Node). DN="" (по умолчанию) определяет широковещательную 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. На вывод DO при этом ничего не выдается (только пакет от адресата). Таким образом, в прозрачном режиме определить доставку пакета можно только лишь по сигналу nREADY (при норме и при ошибке он всегда устанавливается), который должен установиться ранее времени, установленного в параметре NT. В противном случае это будет свидетельствовать о недоставке пакета.

---

### 2.1.4. 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 (широкоимпульсного 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).

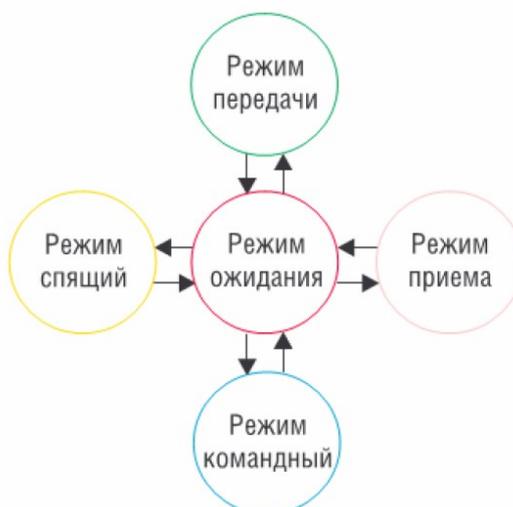


Рис. 2.4. Режимы функционирования радиомодема EMBeE

### 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);
- режим сна (выполнено условие перехода в режим сна);
- 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 (D0-D9,P0,P1) и передаваемые данные в соответствии с форматом API. Адресатам D0-D9 соответствуют порты DIO0-DIO9, адресатам D0-D7 так же могут соответствовать каналы АЦП AD0-AD7. Адресатам P0,P1 соответствуют порты или ШИМ0, ШИМ1 выводов PWM0, PWM1. При этом применяемые выводы необходимо предварительно сконфигурировать (C0-

С9=n,CP0-CP1=n), где n устанавливает режим работы данного вывода. После сохранения конфигурации выводы внешних устройств переключаются в установленный режим.

### Режим автовывода внешних устройств на удаленное устройство

Для автовывода все радиомодемы должны быть включены в режиме API (AP=1). В этом режиме предварительно сконфигурированные на прием выводы DIO0-DIO9,PWM0,PWM1 могут передаваться на UART удаленного устройства, адресуемого в параметре DN с периодом, установленным в параметре IR. Параметр IU при этом должен быть установлен в 1. IR=0 отключает режим автовывода.

В спящих устройствах в этом режиме необходимо учитывать то, что устройство находится определенное время в отключенном состоянии и выводит данные только во время пробуждения. Поскольку активность устройства может колебаться, количество пробуждений перед автовыводом определяется экспериментально.

### Режим виртуального отображения портов

Для виртуального отображения портов передающие радиомодемы необходимо переключить в режим автовывода. Выводы на приемных радиомодемах необходимо сконфигурировать как выходы, а выводы на передающих радиомодемах как входы. Режим виртуального отображения портов определяет параметр (IU=0). Параметр IR определяет период виртуального отображения. Параметры IU,IR устанавливаются на передающем модуле. Параметр команды DN определяет адрес приемника. Можно использовать дуплексный режим отображения, когда входы, как выходы отображаются на обоих радиомодемах. В режиме виртуального отображения все выводы DIO0-DIO9 отображаются соответственно. Каналы АЦП AD0,AD1 отображаются как PWM0,PWM1 соответственно.

### 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, подтверждая этот режим напряжением низкого уровня на выводе nSLEEP\_OUT. 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. Для пробуждения модуля также можно использовать вывод nDIN. После выдачи подтверждения «WAKE UP» на вывод nDOUT модуль на некоторое время переходит в режим ожидания, после чего снова переключается в спящий режим.

### 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. В прозрачном режиме доставка пакета устанавливает готовность на DIO8(C8=1) или DIO7(C7=1) нулевым уровнем ранее времени, установленного в параметре NT. В режиме API доставка пакета возвращает на вывод DO <OK>, недоставка <ERROR>. Параметр NT при этом определяет максимальное время ожидания доставки пакета. К координатору пакет всегда отправляется независимо от адреса назначения.

### 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 командных последовательностей на вывод DI. Каждый радиомодем в сети должен иметь одну и ту же версию встроенного ПО (firmware).

### 3.1. Таблица команд

EMBeе 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.-3.9. 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	<b>Записать (Write).</b> 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	<b>Восстановить параметры по умолчанию (Restore Defaults).</b> Восстанавливает параметры радиомодема в значения по умолчанию.	CREM	-	-
FR	<b>Программный сброс (Software Reset).</b> Немедленно отвечает ОК, затем выполняет аппаратный сброс текущего устройства приблизительно через 100мс.	CREM	-	-
NR	<b>Сетевой сброс (Network Reset).</b> В координаторе перезапускает сеть с задержкой, установленной в параметре. Возвращает ОК после задержки. Задержка необходима для спящих устройств, которые после пробуждения перезапускаются при отсутствии сети. 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	<b>16-разрядный адрес радиомодема (16-bit Network Address).</b> Получить 16-разрядный сетевой адрес радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFE	0xFFFFE
MS	<b>16-разрядный адрес источника (16-bit Source Network Address).</b> Получить 16-разрядный сетевой адрес источника.	CREM	0 - 0xFFFFE	-
SH	<b>Старшие байты серийного номера (Serial Number High).</b> Чтение старших 32 бит уникального 64-битового адреса радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	factory-set
SL	<b>Младшие байты серийного номера (Serial Number Low).</b> Чтение младших 32 бит уникального 64-битового адреса радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [read-only]	factory-set
NI	<b>Идентификатор узла (Node Identifier).</b> 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	<b>Узел назначения (Destination Node).</b> 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	<b>Идентификатор источника (Source Node Identifier).</b> 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	<b>Канал (Channel).</b> 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	<b>Сетевой идентификатор (PAN ID).</b> Установка/чтение сетевого идентификатора персональной сети (PAN).	CREM	0 - 0x3FFF	0x1234 (4660d)
KY	<b>Ключ шифрования (AES Encryption Key).</b> 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	<b>Время ожидания доставки данных (Node Discover Timeout).</b> Установка/чтение максимального времени ожидания доставки данных узлу.	CREM	0 - 0xFFFFFFFF [x 1 msec]	0x1770 (6000d)
ND	<b>Обнаружение узла (Node Discover).</b> Обнаруживает и сообщает обо всех найденных радиомодемах. Следующая информация будет сообщена для каждого обнаруженного радиомодема:	C	-	-

	<b>DEVICE_TYPE</b> (1 Byte: "C"=Coord, "R"=Router, "E"=End Device, "M"=Mobile Device) : <b>EUI64, NI&lt;CR&gt;&lt;LF&gt;</b> где <b>EUI64 = SH + SL</b> Команда ожидает ответа от устройств неопределенное время (до ввода любой команды).			
LB	<b>Эхо (Loop Back)</b> . 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	<b>Тип устройства (Association Device)</b> . Установка/чтение типа устройства.	CREM	char DEVICE_TYPE "C"=Coord "R"=Router "E"=End Device "M"=Mobile Device	"R"
RN	<b>Готовность сети (Ready Network)</b> . Чтение готовности сети.	CREM	0 – 1 (read only) 1 - Ready	0
MD	<b>Задержка для широковещательной рассылки (Multicast Delay)</b> . Установка/чтение задержки между фреймами для широковещательной рассылки в сети.	C	0 - 0xFF (x 1sec)	0
PT	<b>Время между опросом родительского устройства (Poll Times)</b> . 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	<b>Уровень мощности (Power Level)</b> . Выбор/чтение уровня мощности, передаваемой радиомодемом.	CREM	3 – (-43)dBm EMBee )	3
PM	<b>Режим мощности (Power Mode)</b> . Установка/чтение режима мощности модуля: Boost mode disabled – 1мВт. Boost mode enabled – 2мВт.	CREM	0-1, 0= Boost mode disabled, 1= Boost mode enabled.	1

Табл. 3.5. Команды последовательного интерфейса

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые значения	Значение по умолч.
BD	<b>Скорость последовательного интерфейса (Interface Data Rate)</b> . 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	<b>Перерыв пакетирования (Packetization Timeout)</b> . 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	<b>Включить режим API (API Enable)</b> . 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	<b>Период пробуждения (Sleep Period)</b> . Время на протяжении, которого радиомодем находится в спящем состоянии. Радиомодем пробуждается на короткое	EM	1 - 0xFFFF	0xC (3s)

	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.			
--	--	--	--	--

Табл. 3.7. Команды ввода-вывода

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.
C0-C9	<b>Конфигурирование ввода-вывода (DIO0–DIO9 Configuration).</b> 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	<b>Конфигурирование ШИМ0 (PWM0 Configuration).</b> 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) Интегрирующая цепь для получения ЦАП: R=100k,C=1mkF или R=1M,C=100nF.	CREM	0 = Disabled 1 = RSSI (-25..-89dBm) 2 = PWM Output 3 = DI 4 = DO low 5 = DO high	0
CP1	<b>Конфигурирование ШИМ1 (PWM1 Configuration).</b> 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	<b>Включение автовывода на UART (I/O Output Enable).</b> Выключение/Включение автовывода на последовательный порт приемника. В выключенном состоянии в режиме автовывода включается режим виртуального отображения портов – входные выводы передатчика отображаются на выходных выводах приемника.	CREM	0 - 1 0 = Disabled 1 = Enabled	1
IR	<b>Период автовывода (Sample Rate).</b> 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	<b>Версия прошивки (Firmware Version).</b> Чтение версии встроенного ПО радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
HV	<b>Версия аппаратного обеспечения (Hardware Version).</b> Чтение версии аппаратного обеспечения радиомодема.	CREM	0 - 0xFFFF [read-only]	Factory-set
DB	<b>Сила принимаемого сигнала (Received Signal Strength).</b> 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 <b>RSSI</b> и качество сигнала <b>LQI</b> (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) - (-89) dBm [read-only]	-

Табл. 3.9. Опции командного режима

AT команда	Имя и описание команды	Тип устройства*	Принимаемые Значения	Значение по умолч.
CN	<b>Выход из командного режима (Exit Command Mode).</b> Выход радиомодема из командного режима.	CREM	-	-
AC	<b>Применить изменения (Apply Changes).</b> Применить изменения к очередному значению параметра, сохранить настройки в энергонезависимой памяти и перезапустить радиомодем.	CREM	-	-
GT	<b>Защитное время (Guard Times).</b> 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	<b>Символ командной последовательности (Command Sequence Character).</b> 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; М - мобильное устройство.

## 4. Формирование ZigBee сети

ZigBee сеть состоит из одного координатора и одного или более роутеров и/или окончных спящих устройств. ZigBee сеть формируется, когда координатор выбирает канал и PAN ID (идентификатор сети). Формирование сети происходит автоматически при подключении роутеров и окончных 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 перестроение сети (при этом окончные 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).

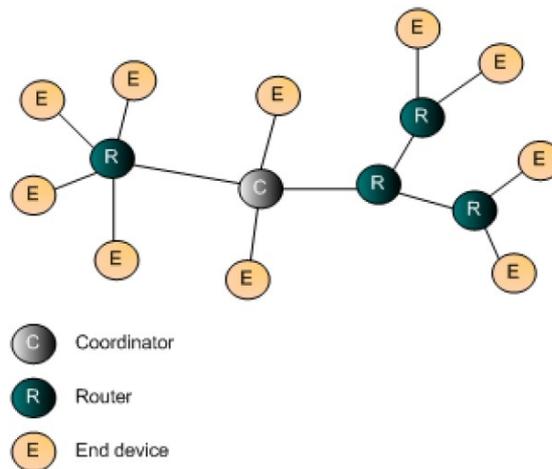


Рис. 4.1. Дерево ZigBee сети

Когда роутер или окончное 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).

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

**Запись/чтение из координатора портов ввода-вывода роутера (API режим AP=1).  
В роутере DIO0 необходимо установить на выход (C0=5), канал 1 АЦП на вход (C1=2)**

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 D0<Enter>0	(Через 4 сек. вывод DIO0 в роутере устанавливается в 0) OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка
router1 D1<Enter>	(Через 4 сек. вывод DIO1 в роутере опрашивается) OK<CR><LF> - норма ERROR<CR><LF> - ошибка если OK, затем router1 D1<CR><LF>(данные АЦП) <CR><LF>

**Автовывод из роутера (API режим AP=1). В координаторе тоже включен API режим.**

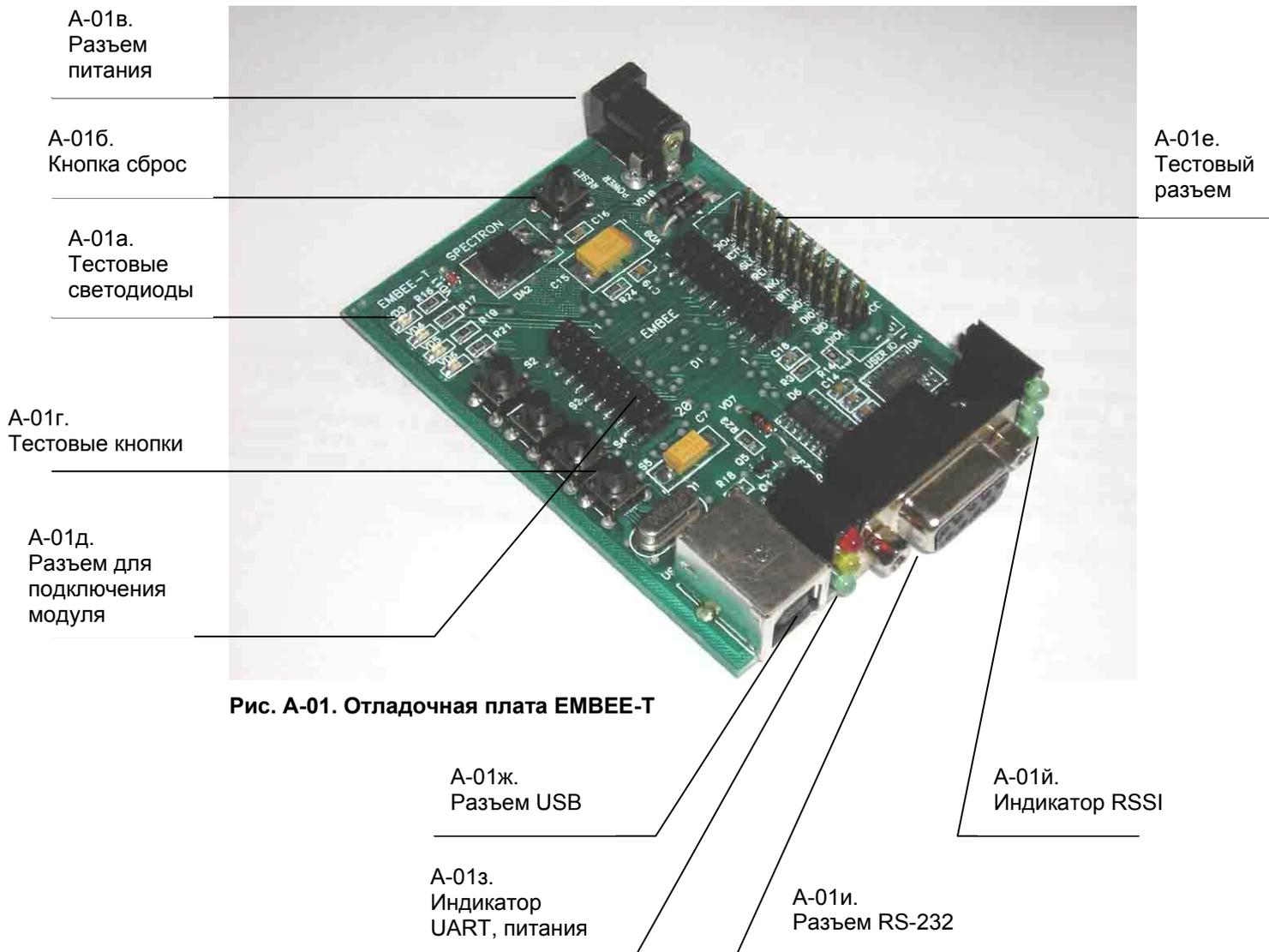
Отсылаемые команда/данные	Ответ радиомодема
	OK <CR><LF> (Готовность сети)
+++	OK <CR><LF> (Вошли в командный режим)
ATAP 1<Enter>	OK <CR><LF> (Включить API режим)
ATC0 3<Enter>	OK <CR><LF> (Установить вывод DIO0 как цифровой вход)
ATC1 2<Enter>	OK <CR><LF> (Установить вывод DIO1 как вход канала 1 АЦП)
ATIR 1000<Enter>	OK <CR><LF> (Установить период опроса 4 сек.)
ATWR<Enter>	OK <CR><LF> (записать в энергонезависимую память)
ATFR<Enter>	OK <CR><LF> (Перезапустить радиомодем)
	(Каждые 4 сек в координатор будет выдаваться) router1 D0<CR><LF>(состояние вывода) <CR><LF> router1 D1<CR><LF> (данные АЦП) <CR><LF>

Примечания.

1. В динамическом режиме для готовности сети и готовности передачи данных используйте DIO8(C8=1) или DIO7(C7=1), параметр RO=14.
2. <Enter> = <CR><LF> - перевод строки, возврат каретки, символы 0x0D,0x0A

## Приложение А. Отладочная плата EMБЕЕ-Т

### Интерфейс внешних устройств



**A-01а. Тестовые светодиоды.**

Тестовые светодиоды VD3-VD6, соответствующие портам DIO8, PWM1, DIO4, DIO5 радиомодема.

Активный уровень низкий.

**A-01б. Кнопка сброс.**

Кнопка сброс перезапускает радиомодем.

**A-01в. Разъем питания.**

Разъем постоянного напряжения питания 5-25 В.

**A-01г. Тестовые кнопки.**

Тестовые кнопки S2-S5, соответствующие портам DIO1, DIO0, DIO3, DIO2 радиомодема. Активный уровень низкий.

**A-01д. Разъем для подключения радиомодема.**

В этот разъем вставляется EMBEE радиомодем.

**A-01е. Тестовый разъем.**

На этот разъем выведены все контакты радиомодема. Наименование контактов описано в разделе "Назначение выводов".

**A-01ж. Разъем USB.**

Разъем предназначен для подключения к USB порту ПК. Назначение выводов USB указано в табл. А-01. При подключении к USB автоматически подключается UART радиомодема. Радиомодем запитывается напряжением питания USB. На ПК необходимо установить драйвер виртуального COM порта FTDI для FT232BM.

**Табл. А-01. Назначение выводов USB.**

Контакт	Наименование	Описание	Назначение
1	VBUS	Питание	Питание радиомодема +5В
2	D-	Принимаемые и передаваемые данные	Передача данных в радиомодем и прием данных с радиомодема
3	D+	Принимаемые и передаваемые данные	Передача данных в радиомодем и прием данных с радиомодема
4	GND	Общий сигнал	Общий

**A-01з. Индикатор UART, питания.**

Светодиоды индицируют следующие сигналы:

- Красный – выход последовательных данных радиомодема nDOUT
- Желтый – вход последовательных данных радиомодема nDIN
- Зеленый – питание.

### А-01и. Разъем RS-232.

Стандартный DB-9F разъем для подключения к RS-232 ПК (рис. А-02). Назначение применяемых выводов RS-232 указано в табл. А-02. При подключении к RS-232 на разъем питания необходимо подать постоянное напряжение питания 5-25 В. Для контроля готовности DIO7 подключен к сигналу nCTS. Сигнал DTR подключен к выводу nSLEEP\_RQ радиомодема.

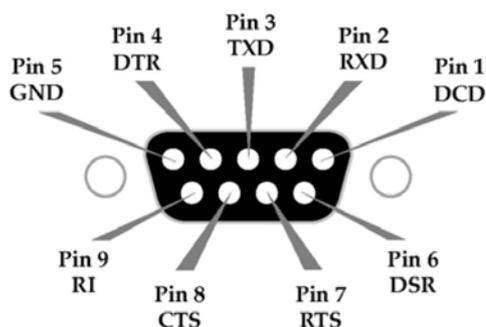


Рис. А-02. Стандартный разъем DB-9F

Табл. А-02. Назначение применяемых выводов RS-232.

DB-9 Pin	RS-232 Name	Description	Implementation
1	—	—	—
2	RXD	Receive Data	Serial data exiting the module assembly (to host)
3	TXD	Transmit Data	Serial data entering into the module assembly (from host)
4	DTR	Data-Terminal-Ready	Can enable Power-down on the module assembly
5	GND	Ground Signal	Ground
6	—	—	—
7	$\overline{\text{RTS}}$ / CMD	Request-to-Send / Command Mode	Enables $\overline{\text{RTS}}$ flow control or Command Mode
8	$\overline{\text{CTS}}$	Clear-to-Send	Provides $\overline{\text{CTS}}$ flow control
9	—	—	—

### А-01й. Индикатор RSSI.

Индикатор RSSI показывает силу принятого сигнала. Диапазон силы принимаемого сигнала -25 - 89dBm. -25dBm – засвечены все светодиоды, -89dBm – не горит ни один светодиод.

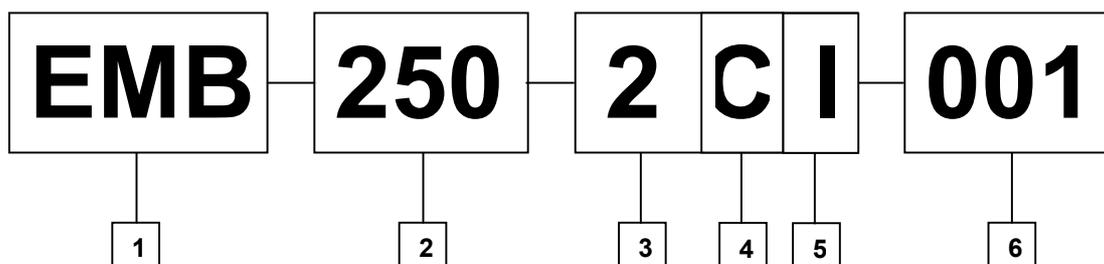
## Приложение Б. Дополнительные сведения

---

### Информация для заказа

---

Рис. Б-01. Формат маркировки радиомодемов EMBEE.



1. Сокращенно торговая марка EMBEE™
2. Модель радиомодуля (EM250)
3. Выходная мощность мВт (2 мВт)
4. Тип исполнения:  
C - с чип антенной
5. Диапазон температур:  
I = промышленный (-40+85°C)  
C = коммерческий (0+70°C)
6. Порядковый номер разработки (001-999).

### Контактная информация

---

Для консультаций и технической поддержки обращайтесь по телефону:

тел: +38-044-592-15-71  
mail: info@embee.com.ua