

# Радиомодули компании Telit

для задач беспроводной телеметрии  
в частотном диапазоне 868 МГц

**Радиомодули производства итальянской компании Telit предназначены для обмена данными по радиоканалу в частотном диапазоне 868 МГц. В статье описываются тонкости настройки этих радиомодулей при их использовании в задачах беспроводной телеметрии. Под беспроводной телеметрией в рамках данной статьи понимается дистанционное считывание показаний цифровых и аналоговых датчиков и управление различными устройствами на больших расстояниях (от нескольких сот метров до нескольких километров).**

**Алексей Аникин, к. т. н.**  
Anikin.A@mtgroup.ru

**В** ряде работ [1–3] уже описывались характерные особенности радиотехнических устройств, работающих в ISM радиочастотном диапазоне 868 МГц. Напомним, что основными преимуществами данного частотного диапазона перед диапазоном 2,4 ГГц являются повышенная дальность распространения радиоволн и их лучшая способность обходить препятствия на пути своего распространения. А главный недостаток — это низкая скорость передачи данных, реально достигающая нескольких десятков килобит в секунду.

В работах [2, 3] были рассмотрены радиомодули и радиомодемы французской компании One RF Technology. С 2008 года она перешла в собственность итальянской компании Telit, и вся продукция One RF Technology теперь выпускается под брендом Telit. Настоящая статья, по сути, продолжает и дополняет работы [2, 3]. Поэтому читателю рекомендуется предварительно ознакомиться с их содержанием. В этом материале речь пойдет про те же устройства, что и в статьях [2, 3], но с поправкой на новый бренд.

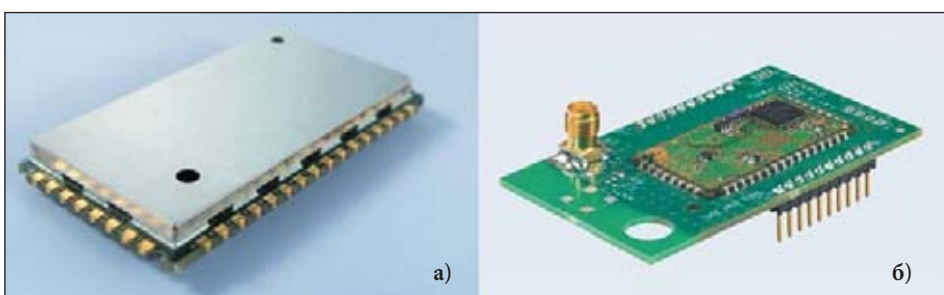
Радиомодули и радиомодемы Telit для частотного диапазона 868 МГц представляют интерес, поскольку отличаются поддержкой сетевой топологии Mesh Lite, это оригинальная и не имеющая аналогов разработка. В работах [2, 3]

описана терминология, основные принципы функционирования и примеры использования продукции компании Telit для радиочастотных диапазонов 434 и 868 МГц. Еще одна интересная особенность радиомодулей и радиомодемов Telit — это возможность их работы в режиме телеметрии. И мы расскажем именно об этом режиме.

Напомним, что все радиомодули и радиомодемы компании Telit для радиочастотных диапазонов 434 и 868 МГц в зависимости от своих технических и экономических характеристик делятся на несколько семейств:

- Integra One (434 МГц);
- Power One (868 МГц);
- Tiny One Plus (868 МГц);
- Tiny One Pro (868 МГц);
- Tiny One Lite (434 и 868 МГц).

Режим телеметрии поддерживается только устройствами, которые входят в семейства Tiny One Pro и Tiny One Plus и работают в районе частоты 868 МГц. Все модули Telit семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus снабжены дополнительным набором цифровых и аналоговых входов/выходов (или I/O, от слов Input/Output), которые и используются для съема/выдачи данных в режиме телеметрии. Для этого необходимо как минимум два приемопередающих устройства на основе радиомодулей семейств Tiny One Pro или Tiny One Plus, одно из которых должно быть сконфигурировано как сервер



**Рис. 1.** Внешний вид радиомодулей семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus

телеметрии. Он управляет процессом считывания данных с удаленных устройств (клиентов), посылая на них специальные запросы. Сервер может как считать данные с входов удаленного клиента, так и передать на его выходы необходимые сигналы.

Радиомодем некоторого семейства (определение и описание [2]) содержит в своем составе радиомодуль (рис. 1а) этого же семейства, питаемый на плату. В этом случае для обмена данными задействованы выводы UART радиомодуля. Доступ к дополнительным входам/выходам этого модуля затруднен. Поэтому использование режима телеметрии целесообразно при разработке на основе соответствующего радиомодуля семейства Tiny One Pro или Tiny One Plus собственного приемопередающего устройства, где будут предусмотрены специальные интерфейсные разъемы для доступа к дополнительным вхо-

дам/выходам. Для удобства использования своих радиомодулей в задачах телеметрии компания Telit выпускает их в специальном исполнении (рис. 1б): со штырьковым DIP-разъемом, разъемом SMA под внешнюю антенну и посадочным местом для пайки встраиваемой керамической SMD-антенны. Выбор между внешней антенной и встроенной происходит путем перерезания микрополосковой дорожки, ведущей к SMA-разъему, и напаивания конденсатора для развязки по постоянному току на микрополосковую дорожку, ведущую к встроенной антенне.

Всего входов/выходов, которые могут использоваться в режиме телеметрии, восемь (рис. 2). Все 8 входов/выходов могут быть сконфигурированы как цифровые входы/выходы, то есть принимать либо выдавать логические сигналы (логический «0» или логическую «1»). В качестве логического нуля выступает напряжение от 0 В

до уровня 0,2 от напряжения питания Vdd (3–3,7 В). За логическую единицу принимается напряжение от уровня 0,8 до уровня 1 от напряжения питания Vdd.

I/O1, I/O3 и I/O4 могут быть сконфигурированы как аналоговые входы. Напряжение амплитудой от 0 В до значения Vdd, подаваемое на аналоговый вход модуля, переводится в цифровую двоичную последовательность разрешением в 10 бит и передается далее в эфир. Следует обратить особое внимание на то, что аналоговый вход не может выполнять функцию аудиокодека. Данные на аналоговом входе клиента могут быть прочитаны удаленным модулем при поступлении от него соответствующего запроса или отправлены на него автоматически при наступлении прерывания. Существует еще способ, при котором модуль сам автоматически будет отправлять некоторому удаленному устройству состояние своих I/O с определенным периодом. Частота запросов от удаленного устройства, частота наступления прерываний или частота автоматической выдачи данных должны быть заданы при настройке оборудования таким образом (способы настройки и конфигурирования радиомодулей будут рассмотрены ниже), чтобы итоговая скорость передачи данных не превышала пропускной способности радиоканала, равной 38,4 кбит/с.

Прерывания автоматически формируются при изменении уровня входных сигналов на входах I/O2, I/O5 и I/O6, если это разрешено при настройке радиомодуля. На входе I/O2 прерывание наступает по фронту логического сигнала, когда напряжение, подаваемое на этот вход, меняется с логической нуля на логическую единицу. На входах I/O5 и I/O6 прерывание формируется по спаду логического сигнала, когда напряжение на входе совершает скачок от логической единицы к нулю. Чтобы прерывания стали доступны, необходимо сначала соответствующие I/O сконфигурировать как цифровые входы, затем разрешить на них прерывания. Если при поступлении на один из входов сигнала прерывания на остальных входах присутствуют установившиеся уровни сигналов, не приведшие ранее к прерыванию, то наступившее прерывание будет нормально зафиксировано и обработано радиомодулем (рис. 3а). Если же поступление сигнала прерывания на один из входов сопровождается одним или несколькими установившимися сигналами, приведшими ранее к прерываниям на других входах, то наступившее прерывание не будет зафиксировано и обработано радиомодулем (рис. 3б).

В модулях семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus существует возможность автоматически дистанционно считывать состояние входа I/O5 (вход PWM) удаленного модуля с частотой 10 кГц. При этом в качестве информационного параметра будет выступать длительность высокого уровня логического сигнала (первые два байта информационной посылки) и длительность низкого уровня (последние два байта информационной посылки). Аналогично I/O8 (выход PWM) может быть настроен как выход, способный автоматически выдавать во внешнее устройство слово длиной 8 бит с частотой 10 кГц. Данные, необходимые для выдачи выходом I/O8, задаются удаленным

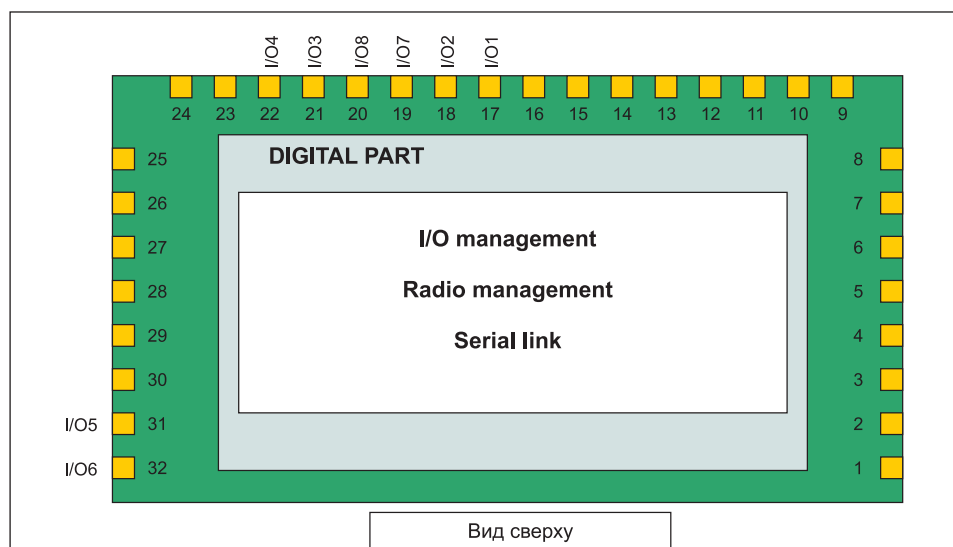


Рис. 2. Расположение цифровых и аналоговых входов/выходов (I/O) на радиомодулях семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus

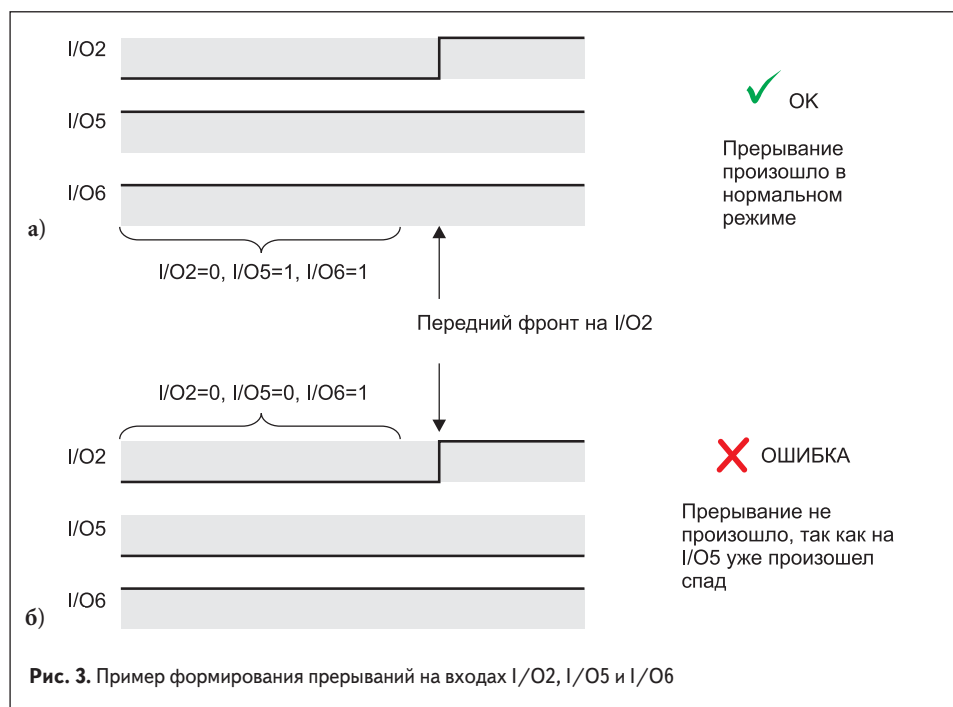


Рис. 3. Пример формирования прерываний на входах I/O2, I/O5 и I/O6

Таблица 1. Параметры радиомодуля

Адрес регистра	Метод доступа	Имя	Значения	Комментарий																								
216	Чтение/запись	Контроль потока	0: аппаратный CTS/RTS 1: программный: Хоп/Хoff 2: нет	Контроль потока данных через COM-порт																								
220	Чтение/запись	Статус устройства	6: сервер телеметрии 7: клиент телеметрии	Задается статус устройства: сервер (ведущий) или клиент (ведомый)																								
240	Чтение/запись	Тип режима пониженного энергопотребления (или спящего режима)	0: выключен 1: жесткий режим: активируется только через вывод Std-By 2: мягкий режим: модуль периодически просыпается по своему внутреннему таймеру 3: смешанный режим: модуль периодически просыпается по внутреннему таймеру, но может быть разбужен также подачей низкого уровня на вывод Std-By	После выхода из спящего режима устройство выполняет заданные настройками действия и снова засыпает. Примечание: только для клиента телеметрии																								
241	Чтение/запись	Период пробуждения	0: отсутствует 1–250: период пробуждения в секундах	Период в секундах между выходами устройства из спящего режима. Если регистр S240 = 0 (спящий режим запрещен), то в данном регистре задается периодичность сканирования радиозфира Примечание: только для клиента телеметрии																								
243	Чтение/запись	Время бодрствования	0–255: время бодрствования устройства в секундах. По умолчанию 125	Время между выходом из спящего режима и возвращением в него. Примечание: только для клиента телеметрии																								
256	Чтение/запись	Получатель данных по умолчанию в случае обмена данными по последовательному интерфейсу	Адрес получателя по умолчанию	Если этот регистр не равен нулю, то все данные, поступающие в модуль через последовательный интерфейс, будут отсылаться устройству, адрес которого тут указан. При этом инкапсуляция не используется. Устанавливается прозрачный канал обмена данными. Следует помнить, что в таком режиме невозможно передавать команды телеметрии устройству, адрес которого указан в данном регистре																								
258	Чтение/запись	Получатель данных по умолчанию в случае телеметрического обмена данными	Адрес получателя по умолчанию	Состояние всех I/O радиомодуля будет автоматически отсылаться получателю по умолчанию в случаях: 1. После выхода из спящего режима 2. После наступления прерывания 3. Если разрешена автоматическая выдача данных с выхода PWM или считывание данных с входа PWM.																								
260	Чтение/запись	Статус входов/выходов (I/O)	0: вход 1: выход <table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td><td>Бит 1</td><td>Бит 2</td><td>Бит 3</td><td>Бит 4</td><td>Бит 5</td><td>Бит 6</td><td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O1</td><td>I/O2</td><td>I/O7</td><td>I/O8</td><td>I/O3</td><td>I/O4</td><td>I/O5</td><td>I/O6</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6	0	0	0	0	0	0	0	0	Установка бита в 0 делает соответствующий I/O входом, установка в 1 — выходом
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7																					
I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6																					
0	0	0	0	0	0	0	0																					
261	Чтение/запись	Альтернативный режим входов/выходов (I/O)	0: альтернативный режим запрещен (I/O используется для телеметрии) 1: альтернативный режим разрешен (I/O не используется для телеметрии) <table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td><td>Бит 1</td><td>Бит 2</td><td>Бит 3</td><td>Бит 4</td><td>Бит 5</td><td>Бит 6</td><td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O1</td><td>I/O2</td><td>I/O7</td><td>I/O8</td><td>I/O3</td><td>I/O4</td><td>I/O5</td><td>I/O6</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6	0	0	1	0	1	1	1	1	Три из восьми I/O, помимо своей основной телеметрической функции, могут использоваться в альтернативном режиме: для индикации приема по радиоканалу фреймов (I/O1, I/O2) или для индикации процесса приема/передачи (I/O8). Установка соответствующего бита в 1 разрешает использование альтернативного режима на соответствующем I/O
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7																					
I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6																					
0	0	1	0	1	1	1	1																					
262	Чтение/запись	Разрешение прерываний (IRQ)	0: IRQ запрещено 1: IRQ разрешено <table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td><td>Бит 1</td><td>Бит 2</td><td>Бит 3</td><td>Бит 4</td><td>Бит 5</td><td>Бит 6</td><td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O1</td><td>I/O2</td><td>I/O7</td><td>I/O8</td><td>I/O3</td><td>I/O4</td><td>I/O5</td><td>I/O6</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6	1	0	1	1	1	1	0	0	Некоторые I/O (только I/O2, I/O5 и I/O6) могут быть сконфигурированы таким образом, что при поступлении на них логических сигналов будет автоматически формироваться прерывание, которое будет приводить к немедленному выходу устройства из спящего режима и пересылке текущего состояния всех входов получателю данных по умолчанию. На I/O2 прерывание формируется только по фронту сигнала, на I/O5 и I/O6 — только по спаду
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7																					
I/O1	I/O2	I/O7	I/O8	I/O3	I/O4	I/O5	I/O6																					
1	0	1	1	1	1	0	0																					
263	Чтение/запись	Периодическая выдача данных на I/O8 (выход PWM)	0: запрещено 8: разрешено	На I/O8 возможно разрешить периодическую выдачу 8-битового слова с частотой 10 кГц. Слово задается с помощью специальной команды, исходящей от удаленного устройства																								
264	Чтение/запись	Дистанционное копирование входов/выходов	0: запрещено 1: разрешено	В этом режиме состояния входов текущего устройства будут автоматически копироваться на соответствующие выходы удаленного устройства и наоборот																								
265	Чтение/запись	Стартовые значения для цифровых выходов	0 1	Задается значение, которое будет выдаваться на цифровой выход сразу после включения питания. В регистре 265 каждый бит соотносится с соответствующим I/O аналогично регистру 260																								
266	Чтение/запись	Стартовое значение для выхода PWM	0–255	Задается 8-битовое слово, которое будет автоматически выдаваться на выход PWM (I/O8) сразу после включения питания																								

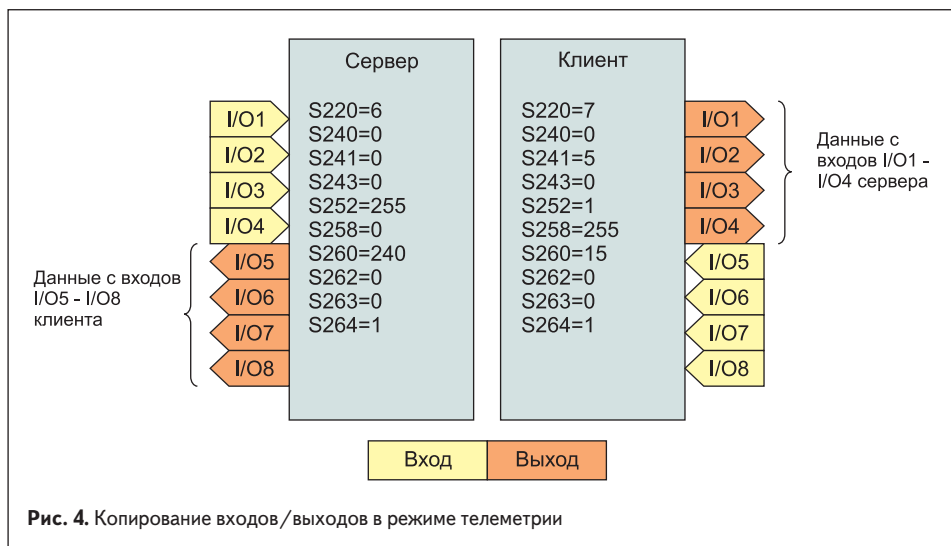


Рис. 4. Копирование входов/выходов в режиме телеметрии

радиомодулем с помощью специальной команды, передаваемой по радиоканалу.

Интересной возможностью радиомодулей семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus является дистанционное копирование входов/выходов. В этом режиме уровни сигналов, поступающие на входы одного радиомодуля (например, сервера) будут автоматически передаваться в эфир и отображаться на соответствующих выходах другого радиомодуля (рис. 4).

На рис. 4 изображен наиболее тривиальный способ копирования входов/выходов. Такое копирование можно проводить не только в режиме «точка-точка» (клиент-сервер), но и в режиме «звезда» (один сервер – несколько клиентов). В этом случае возможно, например, отображение состояния входов сервера на одноименных выходах сразу нескольких клиентов. Или же можно отдельные входы

сервера отображать на различных выходах нескольких клиентов. В случае, когда на один сервер приходится несколько клиентов, при настройке радиомодулей необходимо задать периодичность пересылки данных таким образом, чтобы клиенты не мешали друг другу обмениваться данными с сервером.

Каждый клиент может передавать серверу значение своего периода выдачи телеметрических данных. Сервер способен запоминать только 8 таких значений. Это ограничивает максимальный размер синхронной части телеметрической сети. Если требуется организовать обмен данными одного сервера более чем с 8 клиентами, то лучше это осуществить, используя механизм прерываний и режим LBT (Listen Before Talk). Подробнее о режиме LBT можно узнать в [2, 4, 5]. Радиомодуль будет передавать данные в асинхронном режиме,

то есть в те случайные промежутки времени, когда радиоэфир не будет занят другими устройствами.

Чтобы получить возможность использовать радиомодуль в режиме телеметрии, необходимо загрузить в его внутренний микроконтроллер специальную прошивку. Файл прошивки для режима телеметрии предоставляется компанией Telit либо ее официальными дистрибьюторами бесплатно, по запросу. Существует две разновидности прошивок с поддержкой режима телеметрии: для семейств Tiny One Pro и Tiny One Plus. Загрузка файла прошивки происходит через COM-порт персонального компьютера и последовательный интерфейс UART радиомодуля. Для этого Telit также бесплатно предоставляет специальную программную утилиту TinyTools. Утилита может быть получена по запросу у официальных дистрибьюторов Telit. Тонкости работы с данной утилитой и процесс перепрошивки радиомодуля были подробно рассмотрены в работе [2]. Не следует пытаться подключить выводы UART радиомодуля напрямую к COM-порту компьютера, поскольку уровни логических сигналов COM-порта превышают уровни сигналов UART. Поэтому такое подключение может привести к негативным последствиям для радиомодуля.

После перепрошивки необходимо выполнить настройку радиомодуля для правильной работы в режиме телеметрии. Настройка выполняется также с помощью компьютера через последовательный интерфейс модуля. Весь процесс настройки сводится к передаче в модуль специальных AT-команд с помощью которых изменяются значения конфигурационных S-регистров модуля. В работах [2, 3] уже использовалось понятие S-регистров. Также там описаны наборы AT-команд, с помощью которых можно менять значения этих регистров. От содержимого S-регистров зависят те или иные параметры радиомодуля. Для режима телеметрии предусмотрен специальный набор S-регистров, возможные значения которых, а также соответствующие им параметры радиомодуля описаны в таблице 1.

Формат телеметрической команды, отправляемой удаленному модулю, имеет следующий вид:

Адрес получателя	T	Команда телеметрии	<CR>
------------------	---	--------------------	------

Более подробно формат передаваемой телеметрической команды раскрыт в таблице 2.

Команда запроса на чтение состояния входов удаленного устройства выглядит следующим образом:

Адрес получателя (от 1 до 5 байт)	T	0x02	<CR>
-----------------------------------	---	------	------

Формат команды записи состояния выходов удаленного устройства имеет более сложный вид и описан в таблице 3.

Отдельного внимания заслуживает команда для задания слова на выходе PWM (I/O8). Формат команды выглядит так:

Адрес получателя (от 1 до 5 байт)	T	0x04	8-битовое слово	<CR>
-----------------------------------	---	------	-----------------	------

Таблица 2. Формат передаваемой телеметрической команды

Название поля	Размер в байтах	Комментарий
Адрес	от 1 до 5	Адрес получателя в формате ASCII или в шестнадцатеричном формате
T	1	Разделитель, обозначающий конец адресного поля и начало команды телеметрии
Команда телеметрии	1	Команда телеметрии, записанная в формате ASCII или в шестнадцатеричном формате
Дополнительное поле (для некоторых команд)	от 0 до 14	Некоторые команды телеметрии требуют указания дополнительной информации
<CR>	1	Все команды телеметрии заканчиваются символом возврата каретки

Таблица 3. Формат команды записи

Название поля	Размер в байтах	Комментарий														
Адрес	от 1 до 5	Адрес получателя в формате ASCII или в шестнадцатеричном формате														
T	1	Разделитель, обозначающий конец адресного поля и начало команды телеметрии														
0x03	1	Команда телеметрии, предписывающая удаленному модулю выдать на свои выходы соответствующие значения сигналов														
Маска	1	Задаются номера тех выходов, состояние которых необходимо изменить. 0: не изменять состояние выхода 1: состояние выхода подлежит изменению														
		<table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td><td>Бит 1</td><td>Бит 2</td><td>Бит 3</td><td>Бит 4</td><td>Бит 5</td><td>Бит 6</td><td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O6</td><td>I/O5</td><td>I/O4</td><td>I/O3</td><td>I/O8</td><td>I/O7</td><td>I/O2</td><td>I/O1</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7									
I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7	I/O2	I/O1									
Значения	1	Значения выходов. По одному биту на соответствующий выход														
		<table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td><td>Бит 1</td><td>Бит 2</td><td>Бит 3</td><td>Бит 4</td><td>Бит 5</td><td>Бит 6</td><td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O6</td><td>I/O5</td><td>I/O4</td><td>I/O3</td><td>I/O8</td><td>I/O7</td><td>I/O2</td><td>I/O1</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7									
I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7	I/O2	I/O1									
<CR>	1	Символ возврата каретки														



Таблица 4. Форматы ответов

Название поля	Размер в байтах	Комментарий														
Адрес	От 1 до 5	Адрес источника данных в формате ASCII или в шестнадцатеричном формате														
T	1	Разделитель, обозначающий конец адресного поля и начало команды телеметрии														
0x01	1	Команда телеметрии, обозначающая, что данное сообщение содержит ответ на запрос														
Цифровые значения	1	Каждый бит соответствует состоянию определенного входа удаленного устройства														
		<table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td> <td>Бит 1</td> <td>Бит 2</td> <td>Бит 3</td> <td>Бит 4</td> <td>Бит 5</td> <td>Бит 6</td> <td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O6</td> <td>I/O5</td> <td>I/O4</td> <td>I/O3</td> <td>I/O8</td> <td>I/O7</td> <td>I/O2</td> <td>I/O1</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7									
I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7	I/O2	I/O1									
Статус I/O (вход или выход)	1	Каждый бит обозначает статус определенного I/O удаленного устройства. 0: вход 1: выход														
		<table border="1"> <tr> <td>Бит 0</td> <td>Бит 1</td> <td>Бит 2</td> <td>Бит 3</td> <td>Бит 4</td> <td>Бит 5</td> <td>Бит 6</td> <td>Бит 7</td> </tr> <tr> <td>I/O6</td> <td>I/O5</td> <td>I/O4</td> <td>I/O3</td> <td>I/O8</td> <td>I/O7</td> <td>I/O2</td> <td>I/O1</td> </tr> </table>	Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7	I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7
Бит 0	Бит 1	Бит 2	Бит 3	Бит 4	Бит 5	Бит 6	Бит 7									
I/O6	I/O5	I/O4	I/O3	I/O8	I/O7	I/O2	I/O1									
Состояние входа PWM (I/O5)	4	Длительность высокого уровня логического сигнала на входе PWM (первые два байта, младший разряд впереди) и низкого уровня (последние два байта, младший разряд впереди)														
Состояние аналоговых входов	6	10-битные значения, снятые с АЦП аналоговых входов удаленного устройства. Для каждого поля отведено по 2 байта (младший разряд впереди)														
		<table border="1"> <tr> <td>I/O1</td> <td>I/O3</td> <td>I/O4</td> </tr> <tr> <td>2 байта</td> <td>2 байта</td> <td>2 байта</td> </tr> </table>	I/O1	I/O3	I/O4	2 байта	2 байта	2 байта								
I/O1	I/O3	I/O4														
2 байта	2 байта	2 байта														
Таймер	1	Период выхода из спящего режима (если есть) в секундах, разрешенный в регистре 240 и определенный в регистре 241														
Зарезервированное поле	1	Это поле зарезервировано для служебных целей. Его следует игнорировать														
<CR>	1	Символ возврата каретки														

Наконец, рассмотрим пакет данных с ответом на команду телеметрии. Полный формат ответа представлен в таблице 4.

В режиме телеметрии возможен также обмен данными между удаленными друг от друга устройствами через последовательный интерфейс одновременно с обменом телеметрическими данными. Формат сообщения, передаваемого через последовательный порт модуля, выглядит следующим образом:

Адрес получателя = Данные в формате ASCII <CR>

Используя механизмы и настройки, описанные ранее, в режиме телеметрии можно реализовать

одновременный обмен данными, поступающими по последовательному интерфейсу, и телеметрическими данными, получаемыми с I/O модуля (рис. 5).

В таблице 1 указаны два регистра: 256 и 258. С помощью регистра 256 можно организовать прозрачный обмен данными по последовательному интерфейсу между двумя модулями (замена последовательного проводного канала или Cable Replacement). Данные, поступающие через интерфейс UART каждого модуля, будут автоматически отсылаться другому модулю, адрес которого указан в регистре 256. При этом один из модулей, участвующих в последовательном обмене данными, может параллельно

осуществлять обмен телеметрическими данными с третьим модулем, адрес которого указан в регистре 258 (рис. 4). Использование регистра 256 позволяет в любой момент времени произвести срочную передачу данных между любыми двумя устройствами, в состав какой бы большой и сложной сети они ни входили.

В заключение хотелось бы отметить, что возможности радиомодулей компании Telit для работы в частотных диапазонах 434 и 868 МГц далеко не ограничиваются возможностями, описанными в рамках данной статьи, а также статей [2, 3]. Автор надеется, что информация, представленная в этих трех работах, поможет российским специалистам в освоении технологий беспроводного обмена данными компании Telit и разработке на их основе своих устройств, наиболее полно отвечающих требованиям отечественного рынка.

## Литература

- Кривченко Т. Радиомодули и радиомодемы компании One RF для диапазонов 433 и 868 МГц // Беспроводные технологии. 2007. № 2.
- Аникин А. Радиомодемы компании One RF Technology для диапазонов 434/868 МГц: основные режимы работы // Беспроводные технологии. 2008. № 1.
- Аникин А. Особенности построения радиосети Mesh Lite в частотном диапазоне 868 МГц // Беспроводные технологии. 2008. № 3.
- Manual B-868-TinyPro v. 1.3. Data sheet.
- Manual B-868-TinyPlus v1.3. Data sheet.

