

# Компоненты для систем EnOcean

При использовании любой технологии беспроводной передачи данных необходимо решить задачу подачи питания. Для этого нужно либо подключить устройство к электросети, либо установить батарейки, которые в процессе эксплуатации необходимо регулярно менять. Уникальность технологии EnOcean заключается в том, что она позволяет создавать устройства, которые не требуют источников питания, — необходимый для функционирования модулей электрический ток вырабатывается миниатюрными преобразователями механической и тепловой энергии, а также солнечными элементами. Таким образом, разработанная на базе модулей система будет полностью необслуживаемой.

Андрей Бренев  
bav@efo.ru

## Идея технологии EnOcean

Компания EnOcean является автором запатентованной технологии беспроводной передачи данных, в которой для питания радиомодулей используется энергия окружающей среды. Штаб-квартира EnOcean находится в Оберхахинге (Германия). Компания, основанная в 2001 году после отделения от концерна Siemens AG, производит не требующие обслуживания беспроводные системы датчиков и приемопередатчиков. Решения EnOcean основаны на миниатюрных преобразователях энергии и электрических схемах с ультранизким энергопотреблением. Сочетание этих элементов позволяет компании и ее партнерам предлагать системы датчиков, которые являются основой для инновационных отраслей промышленности и строительства.

Главная идея, на которой базируется технология EnOcean, заключается в простом

наблюдении: в любом месте, где необходимо при помощи датчиков измерять какие-либо параметры, непрерывно происходит преобразование энергии из одной формы в другую. Это может быть нажатие на переключатель, колебание температуры или изменение уровня освещенности. При любом из подобных событий вырабатывается достаточно энергии для передачи беспроводного сообщения. Основанный на этой идее метод, получивший название energy harvesting, используется в технологии EnOcean для питания приемопередатчиков. При таком подходе в качестве источников питания применяются не батарейки или аккумуляторы, а миниатюрные солнечные элементы, преобразователи механической и тепловой энергии [1].

В декабре 2013 года корпорация LIXIL стала 350-м участником альянса EnOcean [2]. Японский



Рис. 1. Пример использования технологии EnOcean в системах «умный дом»

гигант в сфере домашней автоматизации принадлежит к лидерам отрасли наряду с такими компаниями, как NEC, VITEC и Toshiba, в течение последних месяцев присоединившихся к альянсу. Растущий интерес со стороны ведущих мировых компаний демонстрирует устойчивую тенденцию в распространении беспроводного стандарта EnOcean в области строительной автоматизации и в системах «умный дом».

В настоящее время альянс EnOcean представлен в 37 странах на пяти континентах. В основе более 1200 изделий и системных решений — идея сбора энергии из окружающей среды, освобождающая беспроводные устройства от батареек и необходимости в регулярном обслуживании. Уже сейчас выполненные на базе данной технологии устройства находят применение в сотнях тысяч проектов по всему миру.

Рассмотрим пример использования компонентов EnOcean при разработке системы «умный дом». Система может состоять из следующих элементов (рис. 1):

1. Использующие энергию нажатия кнопки беспроводные выключатели для управления освещением и жалюзи.
2. Внешние беспроводные датчики света, выполненные на основе солнечных элементов, для автоматического переключения между дневным и ночным режимами освещения.
3. Беспроводной датчик присутствия для автоматического регулирования температуры и выключения света в случае, если комната пуста.
4. Беспроводной датчик внутренней температуры позволяет обеспечить наиболее комфортную температуру и снизить затраты энергии на отопление.
5. Беспроводные датчики влажности и уровня углекислого газа для отслеживания качества воздуха в помещении.
- 6, 7. Беспроводные датчики открытия окна обеспечивают автоматическое выключение кондиционера и экономию энергии.

8. Центральный пульт управления (сенсорная панель или компьютер).

9. Удаленное управление системой и контроль состояния посредством смартфона или через Интернет.

Внедрение подобной системы дает следующие преимущества:

- снижение затрат на 15% при строительстве нового объекта;
- снижение затрат до 70% при модернизации готового объекта;
- экономия энергии до 40%;
- неограниченная гибкость размещения.

На сайте производителя [3] представлены аналогичные примеры по использованию компонентов EnOcean при строительстве или модернизации других типов зданий: отелей, школ, госпиталей, торговых и промышленных площадей. Компоненты EnOcean успешно применялись при строительстве и модернизации таких масштабных объектов, как Олимпийская деревня (Уистлер, Канада), штаб-квартиры компаний O2 (Слау, Великобритания) и SAP AG (Вальдорф, Германия), отели «Кемпински» (Дубай, ОАЭ) и «Плацл» (Мюнхен, Германия), а также множества других.

### Основные характеристики приемопередатчиков EnOcean

Передача беспроводных сообщений по технологии EnOcean осуществляется на следующих частотах: 315, 868, 902 и 928 МГц. Скорость передачи равна 125 кбит/с; тип модуляции — ASK (амплитудная двоичная модуляция). Длительность каждой посылки составляет всего 1 мс. Во избежание ошибок в ходе передачи каждое сообщение повторяется дважды в пределах интервала 30 мс. Величина задержки между повторными отправками является случайной величиной, что делает вероятность конфликтной ситуации пренебрежимо малой. Радиус действия приемопередатчиков EnOcean составляет до 300 м на открытом пространстве

и до 30 м в помещении. Каждый модуль EnOcean имеет уникальный 32-битный идентификатор для исключения конфликта с другими беспроводными устройствами.

Любая построенная на базе компонентов EnOcean система состоит из двух частей: управляющей и исполнительной (рис. 2). На управляющей стороне могут находиться датчики, выключатели, пульта управления. Именно для их питания предназначены преобразователи различных видов энергии в электрическую. На исполнительной стороне расположено устройство, которым необходимо управлять (как правило, подключенное к электросети). Приемопередатчики EnOcean на исполнительной стороне (шлюзы) принимают беспроводные сообщения и пересылают их исполнительному механизму по последовательному интерфейсу. Обычно эти приемопередатчики также подсоединены к электросети или имеют батарейное питание. Возможен вариант, при котором и на исполнительной стороне установлены безбатарейные компоненты EnOcean, получающие питание от преобразователей энергии.

Простейший пример системы на компонентах EnOcean — беспроводной выключатель света. В этом случае управляющая часть будет состоять из преобразователя механической энергии и питающегося от него безбатарейного радиомодуля. При каждом нажатии на выключатель преобразователь энергии генерирует электрический импульс, достаточный для отправки радиомодулем в эфир сообщения о текущем положении выключателя. Получив такое сообщение, установленный на ответной стороне системы приемопередатчик (шлюз) перешлет команду осветительному прибору.

Рассмотрим более подробно три типа компонентов EnOcean: преобразователи энергии, беспроводные безбатарейные модули и беспроводные модули со стационарным питанием (шлюзы).

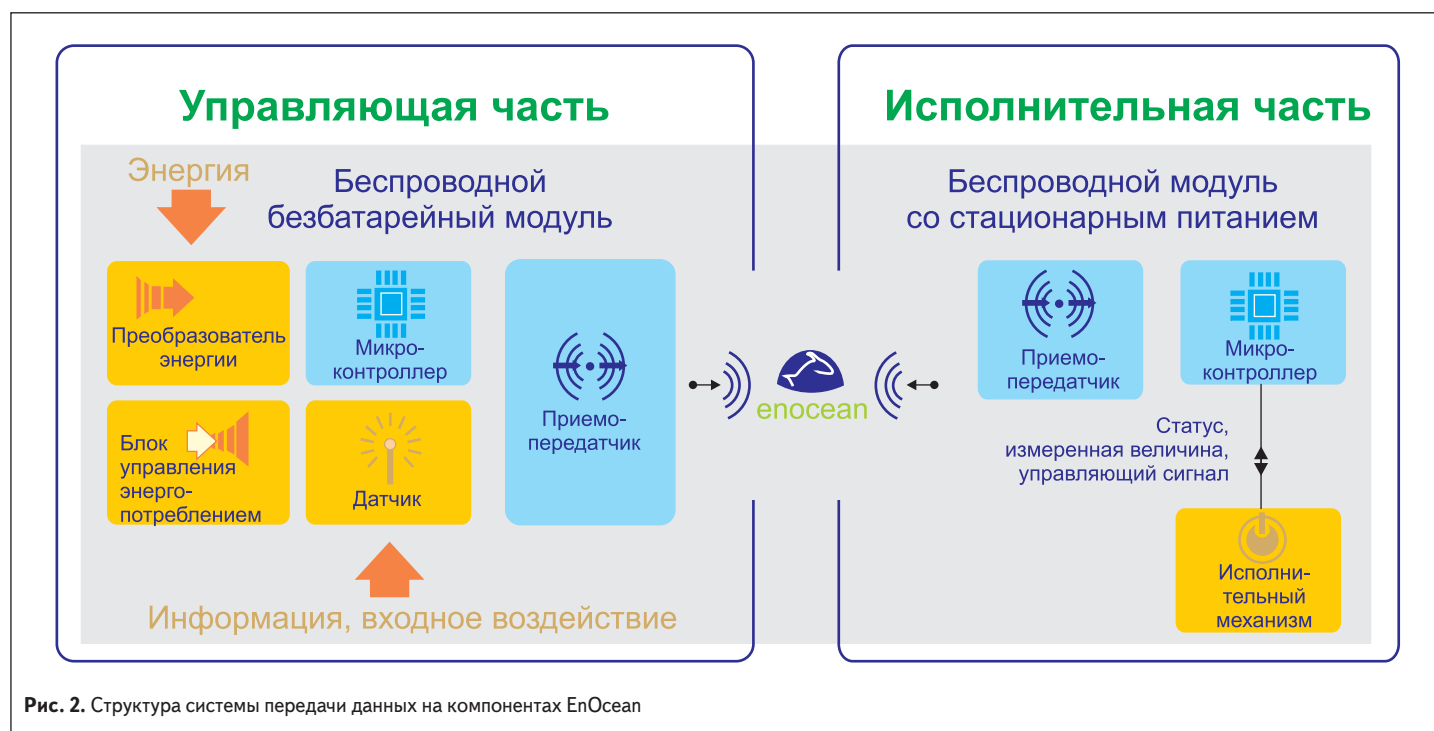


Рис. 2. Структура системы передачи данных на компонентах EnOcean

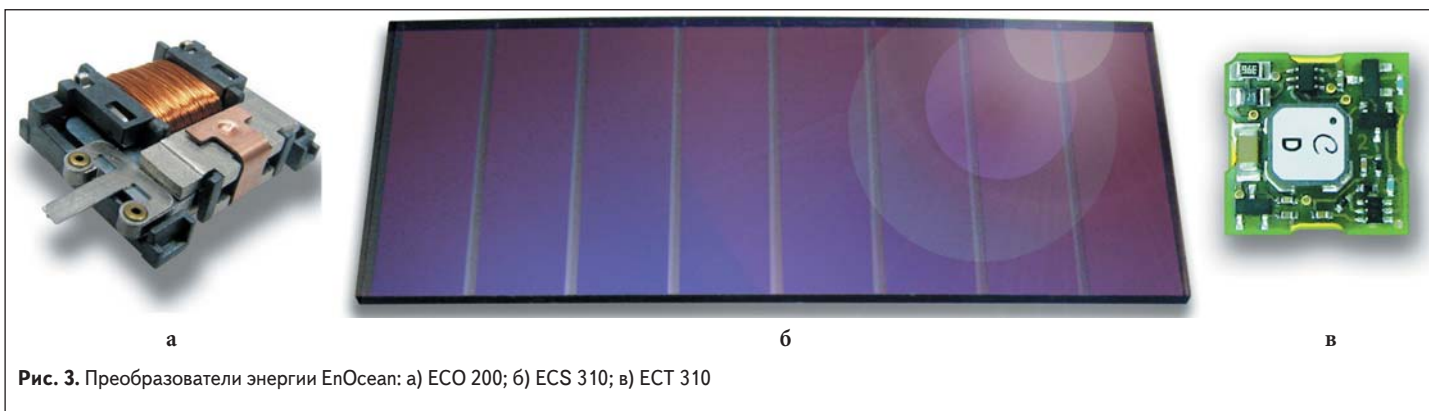


Рис. 3. Преобразователи энергии EnOcean: а) ECO 200; б) ECS 310; в) ECT 310

### Преобразователи энергии

Генератор ECO 200 (рис. 3а) предназначен для преобразования энергии нажатия кнопки в электрический ток. При каждом сжатии пружины на выходных клеммах ECO 200 образуется разность потенциалов 2 В. При этом вырабатывается энергия, достаточная для отправки трех сообщений беспроводным безбатарейным передатчиком. Ресурс ECO 200 составляет более 300 000 нажатий; температурный диапазон:  $-20...+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Солнечный элемент ECS 310 (рис. 3б) вырабатывает достаточное для отправки беспроводного сообщения количество энергии уже при освещенности 200 лк (стандартная освещенность для помещений). Рабочий температурный диапазон ECS 310:  $-20...+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

ECT 310 (рис. 3в) представляет собой низковольтный преобразователь постоянного тока. При использовании совместно с элементом

Пельтье он позволяет осуществлять питание компонентов EnOcean за счет тепловой энергии. Даже при минимальной разнице температур в 7 К преобразователь вырабатывает примерно 100 мкВт электроэнергии. При этом радиомодуль EnOcean, отправляющий беспроводное сообщение каждые 2 минуты, потребляет в среднем 5 мкВт. Таким образом, полученной от ECT 310 энергии достаточно даже для питания некоторых исполнительных механизмов. ECT 310 может работать в диапазоне температур  $-20...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Беспроводные безбатарейные модули

Модуль РТМ 330 (рис. 4) позволяет разрабатывать беспроводные датчики, выключатели и пульта управления, не требующие источников питания. При подаче электрического импульса на контакты модуля РТМ 330 отправляет в эфир сообщение, содержащее уникальный 32-битный идентификатор, полярность электрического импульса и текущее состояние четырех цифровых входов модуля [4]. Содержание передаваемого сообщения может быть изменено пользователем. Контакты питания модуля

РТМ 330 и выходные клеммы генератора ECO 200 расположены таким образом, что их легко объединить в один конструктив (рис. 5).

Входящие в альянс EnOcean компании предлагают различные варианты корпусов для совместного использования РТМ 330 и ECO 200. В один из таких корпусов последовательно защелкиваются оба компонента (рис. 6), что позволяет максимально просто и без помощи пайки смонтировать законченный безбатарейный выключатель.

РТМ 210 (рис. 7) реализует описанную выше идею объединения преобразователя механической энергии и радиомодуля в одно устройство. Модуль представляет собой законченное изделие в корпусе; пользователю необходимо добавить только кнопки желаемого дизайна. РТМ 210 предназначен для настенных кулисных переключателей и пультов удаленного управления с обычными кнопками. Один модуль РТМ 210 позволяет установить до четырех кнопок [5]. При нажатии на переключатель преобразователем механической энергии вырабатывается электрический ток, достаточный для передачи в эфир сообщения. Каждое сообщение содержит уникальный 32-битный идентификатор модуля, а также информацию о текущем положении двух кулисных переключателей или четырех кнопок.

STM 330 (рис. 8) представляет собой радиомодуль со встроенными датчиком температуры и солнечным элементом. Алгоритм работы модуля следующий: с заданной пользователем периодичностью модуль выходит из режима пониженного энергопотребления и считывает значение с датчика температуры [6]. Если температура изменилась со времени последнего измерения, модуль отправляет в эфир сообщение. Если температура не менялась, то отправка сообщения с текущим значением температуры происходит после заданного пользователем ко-

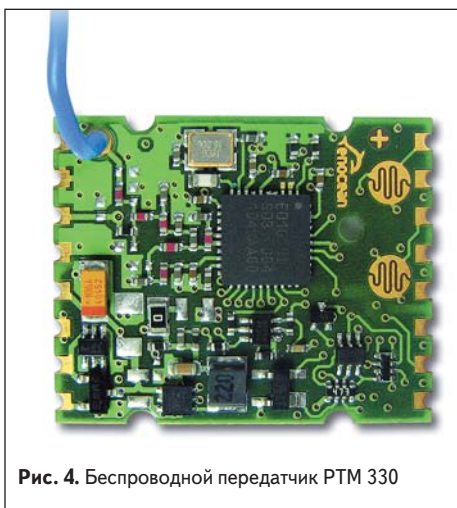


Рис. 4. Беспроводной передатчик РТМ 330

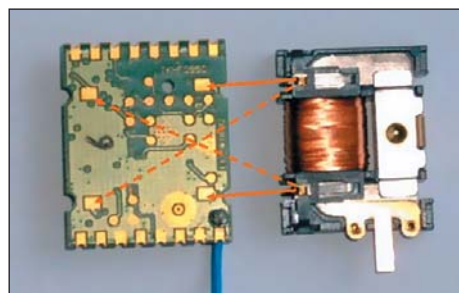


Рис. 5. Взаимное расположение контактных площадок РТМ 330 и ECO 200

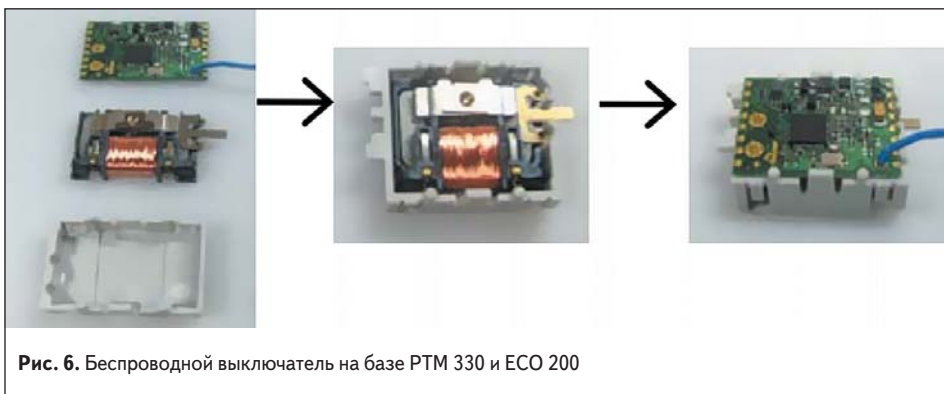


Рис. 6. Беспроводной выключатель на базе РТМ 330 и ECO 200



Рис. 7. Беспроводной выключатель РТМ 210



Рис. 8. Беспроводной датчик температуры STM 330

личества выходов из режима сна. STM 330 может получать питание тремя способами: от солнечного элемента, от внешнего преобразователя энергии или от встроенного аккумулятора. Аккумулятор накапливает получаемую от солнечного элемента энергию, что позволяет модулю работать в полной темноте до четырех суток.

Приемопередатчик STM 300 (рис. 9) предназначен для разработки беспроводных датчиков и исполнительных механизмов, не требующих источников питания. Модуль имеет три аналоговых и четыре цифровых входа. Выйдя из режима пониженного энергопотребления, STM 300 отправляет в эфир сообщение, содержащее информацию о входных сигналах, уникальный 32-битный идентификатор модуля и контрольную сумму [7]. Отправка сообщения происходит в случае, если изменился уровень сигнала на любом из цифровых или аналоговых входов (пользователь может настраивать чувствительность к изменению уровней). Если входные сигналы остались прежними, отправка сообщения с информацией о текущем уровне входных сигналов происходит после заданного количества выходов из режима пониженного энергопотребления. Период выхода из режима сна также выбирает пользователь.

Описанный выше алгоритм работы STM 300 относится к заводской прошивке. Также в модуль можно записывать пользовательское ПО. В этом случае STM 300 может функционировать не только как передатчик, но и как приемник для обработки сообщений от других компонентов EnOcean. Кроме того, посредством API-функций есть доступ к управлению следующими узлами:

- процессорное ядро 8051 (16 МГц, 32 кбайт Flash, 2 кбайт SRAM);
- 10-битный АЦП;
- 8-битный ЦАП;
- 16 конфигурируемых GPIO.

**Шлюзы**

Модули TCM 300 (рис. 10а) и TCM 320 (рис. 10б) представляют собой два варианта конструктивного исполнения беспроводного модуля со стационарным питанием. Их роль в системе EnOcean заключается в приеме беспроводных сообщений от безбатарейных передатчиков и пересылке команд исполнительным механизмам. TCM 300 предназначен для поверхностного монтажа, TCM 320 имеет 16-контактный разъем для интеграции в систему.



Рис. 9. Беспроводной приемопередатчик STM 300

Оба модуля поддерживают режим работы повторителя, при котором ретранслируют в эфир все полученные сообщения [8]. Такой режим значительно расширяет область покрытия беспроводной сети.

Для целей тестирования и отладки удобен шлюз USB 300 (рис. 10в). Он позволяет обмениваться сообщениями с любыми компонентами EnOcean и просматривать содержимое всех принятых телеграмм на ПК при помощи программы DolphinView.

**Средства разработки EnOcean**

С программным обеспечением компонентов EnOcean можно работать двумя способами: конфигурировать заранее запрограммированные модули или разрабатывать для них собственную прошивку. В первом случае для конфигурирования и отладки понадобятся два программных пакета: DolphinStudio и DolphinView.

Программа DolphinStudio предоставляет удобный графический интерфейс, позволяющий считывать текущие настройки компонентов

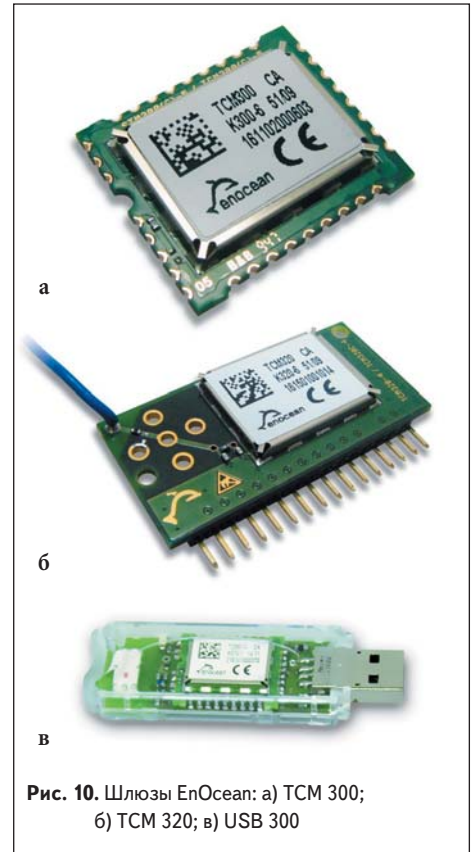


Рис. 10. Шлюзы EnOcean: а) TCM 300; б) TCM 320; в) USB 300

EnOcean, вносить в них изменения и записывать конфигурацию в память модуля. Например, для беспроводного датчика STM 330 можно задавать пороговое значение изменения температуры, при котором модуль будет отправлять сообщение, период выхода из режима пониженного энергопотребления, вариант отправки сообщения по входному сигналу WAKE и другие параметры (рис. 11). При таком варианте конфигурирования

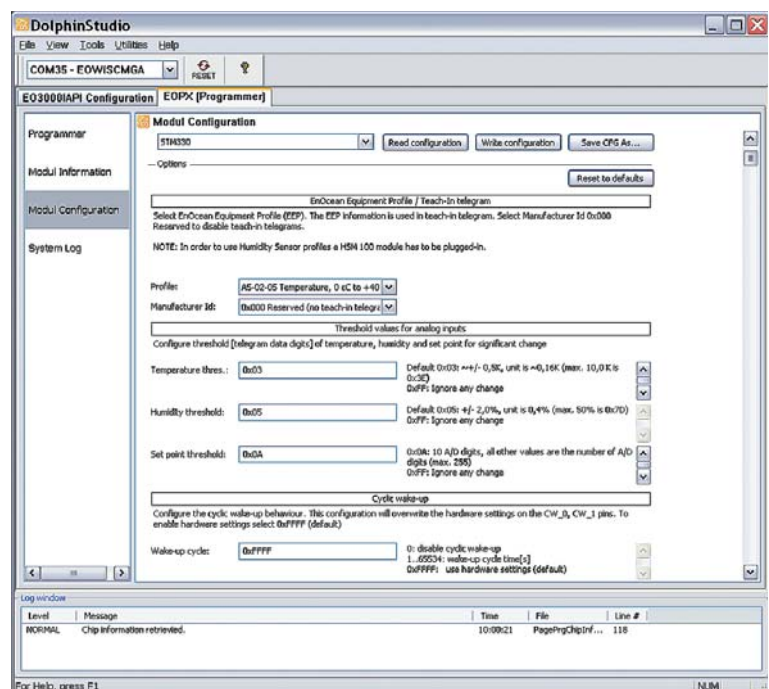


Рис. 11. Изменение настроек модуля при помощи DolphinStudio

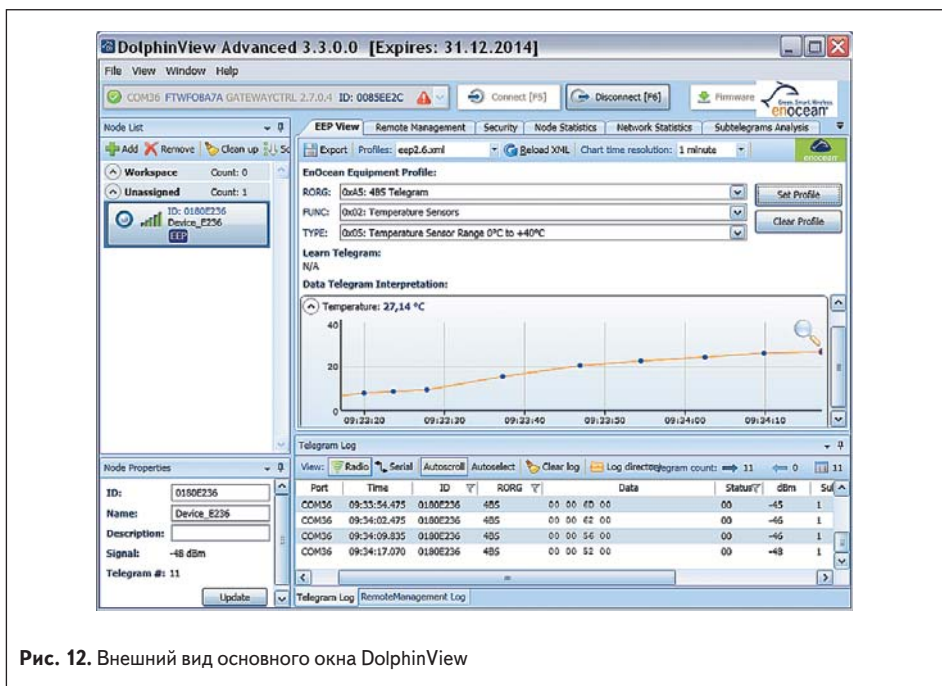


Рис. 12. Внешний вид основного окна DolphinView

модулей пользователю не требуется вносить какие-либо изменения в программный код. Вся работа с настройками происходит во вкладке Modul Configuration путем изменения значений нескольких параметров, после чего настройки сохраняются в памяти модуля.

Утилита DolphinView служит для отображения принятых от модулей EnOcean телеграмм (рис. 12). При помощи любого из шлюзов TCM 3xx или USB 300 утилита позволяет отправлять, принимать и анализировать сообщения, соответствующие стандарту EnOcean. Для каждой принятой телеграммы в DolphinView отображаются идентификаторы отправителя и получателя, блок данных, уровень RSSI и время отправки сообщения. Утилиту удобно использовать для проверки дальности действия передатчиков EnOcean, при тестировании и отладке.

В том случае, когда пользователю необходимо написать для модулей EnOcean собственное программное обеспечение, потребуется еще один инструмент — DolphinAPI. Он представляет собой программный интерфейс приложения для разработки ПО модулей TCM 3xx/ STM 3xx.

DolphinAPI предоставляется в виде скомпилированной библиотеки и набора конфигурационных файлов. Для каждого модуля EnOcean эти файлы содержат все необходимые настройки ВЧ-части под используемый частотный диапазон (315 МГц, 868 МГц и т. д.). Кроме того, установочный файл DolphinAPI включает демонстрационные приложения в исходных кодах, реализующие основные варианты применения модулей EnOcean: управление освещением, снятие показаний с аналоговых датчиков, прием беспроводных телеграмм и передача их содержимого по последовательному интерфейсу, применение различных режимов пониженного энергопотребления с периодическим пробуждением модуля и многие другие.

Исполняемый файл прошивки можно записать в память модуля при помощи DolphinStudio. Для программирования предусмотрено четыре стандартных сигнала интерфейса SPI (MOSI, MISO, CLK, CS), а также сигналы готовности (READY), сброса (RESET) и перехода в режим программирования (PMODE). Полностью алгоритм записи прошивки в память модулей EnOcean описан в [9].

Все вышеперечисленные программные продукты бесплатны и доступны на сайте производителя [3].

Компания EnOcean предлагает разработчикам различные по составу демонстрационные и отладочные комплекты. Стартовый набор ESK 300 позволяет познакомиться с принципом работы сверхнизкопотребляющих модулей EnOcean, получающих питание от преобразователей энергии и солнечных элементов. В набор входят радиопередатчики PTM 210, PTM 330, STM 330, преобразователь механической энергии ECO 200 и шлюз USB 300.

Набор разработчика EDK 350 включает все необходимые средства для создания устройств, не требующих источников питания. Помимо широкого набора приемопередатчиков и шлюзов, в его составе также имеется отладочная плата EOP 350 с интерфейсом USB для подключения к ПК и набором соединителей для работы с безбатарейными модулями и шлюзами EnOcean.

## Заключение

Основными областями применения компонентов EnOcean являются системы «умный дом», строительная и промышленная автоматизация. На сегодня беспроводные модули, изготовленные компанией EnOcean, используются сотнями производителей системных решений. Их беспроводные, не требующие источников питания устройства уже установлены более чем в 250 000 зданиях по всему миру. ■

## Литература

1. [www.wless.ru](http://www.wless.ru).
2. [www.enocean-alliance.org](http://www.enocean-alliance.org).
3. [www.enocean.com](http://www.enocean.com).
4. User Manual PTM 33x / 33xC v1.03, EnOcean GmbH, 2012.
5. User Manual PTM 210 / PTM 215 / PTM 21U v2.1, EnOcean GmbH, 2013.
6. User Manual STM 330 / STM 331 / STM 330C v1.05, EnOcean GmbH, 2013.
7. User Manual STM 300 / STM 300C / STM 300U v1.34, EnOcean GmbH, 2013.
8. User Manual TCM 300 / TCM 320 v1.31, EnOcean GmbH, 2013.
9. Dolphin In-Circuit programming, EnOcean GmbH, 2011.