

# Универсальный модем для систем «Интернета вещей»

с поддержкой технологий LoRaWAN  
и LTE NB-IoT

**В статье приведена краткая информация об универсальном модеме «Beга SH-2», который разработан компанией «Вега-Абсолют» и предназначен для реализации сенсорных сетей различных систем IoT, обеспечивающих высокую достоверность передачи данных. Поддержка технологий LoRaWAN и LTE NB-IoT, возможность накопления информации и ее передачи через заданные промежутки времени значительно расширяют области его возможных применений.**

Владимир Макаренко, к. т. н.  
v\_mak@ukr.net

По различным прогнозам, уже в 2020 году количество подключенных к Интернету устройств вырастет до 40–200 млрд. При этом только около 10 млрд из них будет приходиться на телефоны и компьютеры, все остальное относится к «умным» вещам, от холодильника до датчиков на сельскохозяйственных и промышленных предприятиях, элементах инфраструктуры, системах охраны и контроля доступа, на транспорте и в других областях человеческой деятельности. Это позволит контролировать не только параметры окружающей среды и различных объектов, но и ход технологических процессов при производстве различной продукции, его подготовке и логистике. Инвестиции в «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT) достигнут \$6 трлн, причем основными заказчиками станут правительства и крупные корпорации.

Использование потенциала IoT для экономического и социального развития в ближайшие годы будет одной из основных задач. Именно поэтому многие производители электронных компонентов разрабатывают устройства, ориентированные на применение в системах IoT и IIoT (Industrial IoT).

Одной из важных характеристик устройств «Интернета вещей» является продолжительная работа без дополнительного обслуживания и смены источников питания. Для эффективного решения задач, связанных с энергопотреблением, и применяются технологии LPWAN (Low Power

Wide Area Networks), к которым относятся LoRa, NB-IoT и другие. Появление таких технологий обусловлено необходимостью подключения множества приборов учета и телеметрии для централизованного сбора данных.

На физическом уровне технология LoRa (Long Range) предусматривает метод модуляции, который обеспечивает связь на большие расстояния при использовании передатчиков малой мощности с помощью CSS (Chirp Spread Spectrum — внутриимпульсная линейная частотная модуляция с расширением спектра), позволяющей повысить помехоустойчивость канала связи при малых значениях отношения сигнал/шум [1].

Передача данных по технологии LoRa осуществляется в нелицензируемом диапазоне частот 868 МГц (в США в диапазонах частот 169, 433 и 915 МГц). Скорость передачи данных при этом находится в диапазоне 0,3–50 кбит/с. Чтобы продлить время автономной работы конечных устройств и общую пропускную способность сети, сетевая инфраструктура LoRa может управлять скоростью передачи данных для каждого устройства.

К особенностям технологии LoRa следует отнести то, что она предусматривает три класса устройств в зависимости от выполняемых задач и области применения.

Класс А определяет функциональный режим по умолчанию в сетях LoRa. В классе А сеанс связи осуществляет конечное устройство. Узел передает данные короткими сообщениями по заданному графику на шлюз. После каждой

передачи данных оконечное устройство открывает одно приемное окно на некоторый промежуток времени, ожидая следующей команды, отправляемой сервером. В случае если ответа не поступает, узел переходит в спящий режим, уменьшая потребление энергии. Второе окно открывается в другом поддиапазоне (предварительно согласовывается с сервером). Сервер накапливает данные и пересылает их сразу, как только узел выходит на связь. Сети класса А предназначены главным образом для мониторинга приложений, они наиболее экономичны по потреблению энергии и имеют максимальное распространение.

В классе В выделено дополнительное окно приема, которое открывается устройством по расписанию. По специальному сигналу «маяк» от шлюза оконечное устройство осуществляет синхронизацию внутреннего времени со временем сети, составляя расписание. Благодаря этому дополнительному окну у сервера появляется возможность начать передачу данных в заранее известное время.

Устройства класса С имеют максимальное, почти непрерывное во времени окно приема, которое закрывается только на время передачи данных. Это позволяет применять их для решения задач, требующих передачи большого объема данных. Такой класс устройств получает данные от сервера сети с наименьшими задержками, однако потребление энергии в них максимальное, и поэтому, как правило, в них отсутствует батарейное питание.

NB-IoT работает в лицензированном диапазоне частот LTE и использует множественный доступ с частотным разделением каналов (FDMA — Frequency Division Multiple Access) в восходящей линии связи, а в нисходящей — ортогональную FDMA (OFDMA) модуляцию и квадратурную фазовую манипуляцию (QPSK — Quadrature Phase-Shift Keying).

Хотя обе технологии могут конкурировать по качеству обслуживания (QoS), для приложений IoT, требующих более высокой скорости передачи информации, предпочтительна NB-IoT, однако при этом стоимость такой системы будет выше, чем при эксплуатации системы LoRaWAN. В таблице 1 приведены некоторые усредненные сравнительные характеристики систем LoRaWAN и NB-IoT.

## Технические характеристики модема

Универсальный модем «Vega SH-2», разработанный компанией «Vega-Абсолют», предназначен для сбора, накопления и передачи данных в сеть LoRaWAN или LTE NB-IoT [2].

Внешний вид модема со снятой крышкой приведен на рис. 1.

Для подключения внешних датчиков в модеме предусмотрено два аналоговых и два цифровых входа. Данные, поступающие от внешних устройств, считываются периодически с настраиваемым интервалом времени 5, 15, 30 мин, а также 1, 6, 12 или 24 ч. Считанные данные сохраняются в памяти модема в виде пакета с указанием времени сохранения данных и передаются при очередном сеансе связи с сетью LoRaWAN.

Интервал времени между сеансами связи для передачи данных также настраивается и может иметь такие же значения, как и период считывания данных. Память модема рассчитана на сохранение 100 пакетов данных. В режиме передачи вначале отправляются пакеты с самыми ранними данными, а затем более поздние.

Питание модема осуществляется от встроенной батареи емкостью 6400 мА·ч. Предусмотрена возможность подключения двух батарей емкостью 6400 мА·ч или внешнего источника питания напряжением 4,5–55 В.

Время внутренних часов устанавливается автоматически при подключении к Vega LoRaWAN Configurator через интерфейс USB, а также может быть скорректировано через сеть LoRaWAN.



Рис. 1. Внешний вид модема «Vega SH-2» со снятой крышкой и подключенными антеннами

Таблица 1. Сравнение характеристик технологий связи LoRaWAN и NB-IoT

Параметр	Технология	
	LoRaWAN	NB-IoT
Ширина полосы канала связи, кГц	125	180
Максимальное снижение уровня сигнала от устройства до базовой станции, дБ	164	165
Продолжительность работы от батареи без ее замены, лет	10 и более	более 5
Пиковый ток потребления, мА	32	120
Ток потребления в спящем режиме, мкА	1	5
Время ожидания, с	определяется классом устройства	менее 10
Шифрование	AES 128 бит	3GPP (128–256 бит)

Таблица 2. Основные технические характеристики модема «Vega SH-2»

Параметр	Значение
<b>Основные</b>	
Входы цифровые	2
Входы аналоговые	2
Разрядность встроенных АЦП	12
Напряжение постоянного тока на аналоговом входе	0–21 В
Интерфейс	1-Wire, RS-485 (Modbus)
USB-порт	micro, type B
Диапазон рабочих температур	–40...+85 °С
Технологии передачи данных	LTE NB-IoT или LoRaWAN
Встроенный датчик температуры	имеется
Интервал времени между сеансами связи	5, 15, 30 мин; 1, 6, 12 или 24 ч
Период накопления данных	5, 15, 30 мин; 1, 6, 12 или 24 ч
Объем памяти для накопления пакетов данных	100 пакетов
Емкость встроенной батареи	6400/12800 мА·ч
Напряжение внешнего источника питания	4,5–55 В
Степень защиты корпуса	IP65
Габаритные размеры корпуса без учета разъемов	95×95×50 мм
<b>Сотовая связь LTE</b>	
Поддерживаемые стандарты сотовой связи	LTE Cat NB1
Протокол передачи данных	MQTT
Время непрерывной работы от батареи	3 года от одной батареи при передаче данных раз в сутки
Тип антенны LTE NB-IoT	внешняя
<b>LoRaWAN</b>	
Класс устройства LoRaWAN	A
Количество каналов LoRa	16
Частотные диапазоны	RU868, EU868, IN865, AS923, AU915, KR920, US915, произвольный (на основе EU868)
Способ активации в сети LoRaWAN	ABP и OTAA
Тип антенны LoRa	внешняя
Чувствительность приемника	–138 дБм
Дальность радиосвязи в плотной городской застройке	до 5 км
Дальность радиосвязи в сельской местности	до 15 км
Мощность передатчика по умолчанию	25 мВт (настраиваемая)
Максимальная мощность передатчика	100 мВт
Время непрерывной работы от батареи	10 лет от одной батареи при передаче данных раз в сутки

Основные технические характеристики модема приведены в таблице 2.

Цифровые входы COUNT1 и COUNT2 [3] могут работать как в импульсном, так и в охранном режиме (рис. 2). Когда вход не подключен, на нем присутствует логическая «1». При работе в импульсном режиме модем подсчитывает количество импульсов на входе. Фиксация происходит по спаду импульса. В охранном режиме устройство отслеживает изменение состояния входа и отправляет сообщение в сеть при возникновении одного из событий: охранная цепь замкнута, разомкнута или в обоих случаях. Выбрать событие, по которому будет происходить срабатывание охранного входа, можно с помощью приложения Vega LoRaWAN Configurator.

Аналоговые входы ADC1 и ADC2 подключены ко входам 12-разрядных АЦП и позволяют измерять напряжение постоянного тока, поданное на них в диапазоне значений 0–21 В с точностью до 100 мВ.

Интерфейсы RS-485 (Modbus) и 1-Wire не могут использоваться одновременно. Выбор интерфейса осуществляется с помощью перемычек, которые устанавливаются на разъемах XP4 и XP5 на плате (рис. 2). Интерфейс 1-Wire позволяет подключить до 10 внешних датчиков (например, термодатчиков).

На плате имеется два светодиодных индикатора (рис. 2). Красный предна-

значен для контроля в режиме активации устройства в сети LoRaWAN, при передаче данных по технологии NB-IoT и при смене режимов работы. Зеленый индикатор — для отладки в процессе производства. Подробно о режимах работы и сигналах, формируемых индикатором красного цвета, можно узнать в [3].

Питание модема осуществляется от внешнего источника питания или от встроенных батарей. Если необходима одна батарея, она подключается к разъему XP6 или XP7. При использовании двух батарей задействованы оба разъема.

### Особенности работы модема по технологии LoRaWAN

Модем поддерживает два способа активации в сети LoRaWAN — ABP и OTAA. Выбор способа активации выполняется программой Vega LoRaWAN Configurator.

При активации по способу ABP после подключения питания устройство сразу начинает работать в режиме «Активный».

При активации по способу OTAA после подключения питания модем осуществляет три попытки подключения к сети в заданном при настройке частотном диапазоне. При получении подтверждения активации в сети LoRaWAN устройство подает сигнал индикатором красного цвета (свечение в течение 3 с) и переходит в режим «Активный». Если

все попытки подключиться к сети окажутся неудачными, модем переходит в режим пониженного энергопотребления на сутки, затем повторяет попытку регистрации в сети. Попытки будут повторяться раз в сутки до тех пор, пока модем не зарегистрируется в сети.

### Особенности работы модема по технологии LTE NB-IoT

Перед началом работы необходимо настроить передачу данных с помощью программы Vega LoRaWAN Configurator и установить SIM-карту в слот на плате модема (рис. 2).

При передаче данных модем вначале регистрируется в сети, а затем приступает к отправке данных. После передачи данных (даже в случае неуспешной попытки) модем переходит в режим пониженного энергопотребления до следующего сеанса связи по расписанию.

Модем «Vega SH-2» настраивается с помощью программы-конфигуратора Vega LoRaWAN Configurator, установленной на ПК. Подключение к компьютеру происходит через порт micro-USB (рис. 2).

При подключении к ПК конфигуратор считывает информацию о модели устройства, его прошивке и автоматически корректирует время устройства, выполняет присоединение к сети LoRaWAN выбранным способом (ABP или OTAA). Если модем уже подключен к сети, произойдет повторное подключение к ней. Программа отображает статус подключения устройства к сети LoRaWAN и его адрес. Кроме того, она позволяет изменить прошивку модема. Подробно о порядке работы с программой Vega LoRaWAN Configurator и структуре пакетов данных, передаваемых в сеть, можно ознакомиться в [3].

Если в качестве технологии передачи используется LTE, то передача осуществляется по протоколу MQTT. С помощью программы-конфигуратора необходимо прописать в настройках модема адрес и порт сервера, на который будут отправляться данные. В качестве сервера (приемной стороны) используется MQTT-брокер. Контроль отправленных данных можно выполнять через ПК, на котором установлена программа MQTT-брокер.

Компания-производитель установила гарантийный срок на устройство 5 лет со дня продажи, что свидетельствует о его высокой надежности. ■

### Литература

1. [www.lora-alliance.org/sites/default/files/2019-06/cr-lora-102\\_lorawanr\\_and\\_nb-iot.pdf](http://www.lora-alliance.org/sites/default/files/2019-06/cr-lora-102_lorawanr_and_nb-iot.pdf)
2. «Vega SH-2» — универсальный модем LoRaWAN®/Nb-IoT. [www.iotvega.com/product/sh2](http://www.iotvega.com/product/sh2)
3. Универсальный модем «VEGA SH-2». Руководство по эксплуатации. [www.iotvega.com/content/ru/si/sh2/01-%D0%92%D0%95%D0%93%D0%90%D0%92%D0%A0%D0%9F\\_rev%2004.pdf](http://www.iotvega.com/content/ru/si/sh2/01-%D0%92%D0%95%D0%93%D0%90%D0%92%D0%A0%D0%9F_rev%2004.pdf)

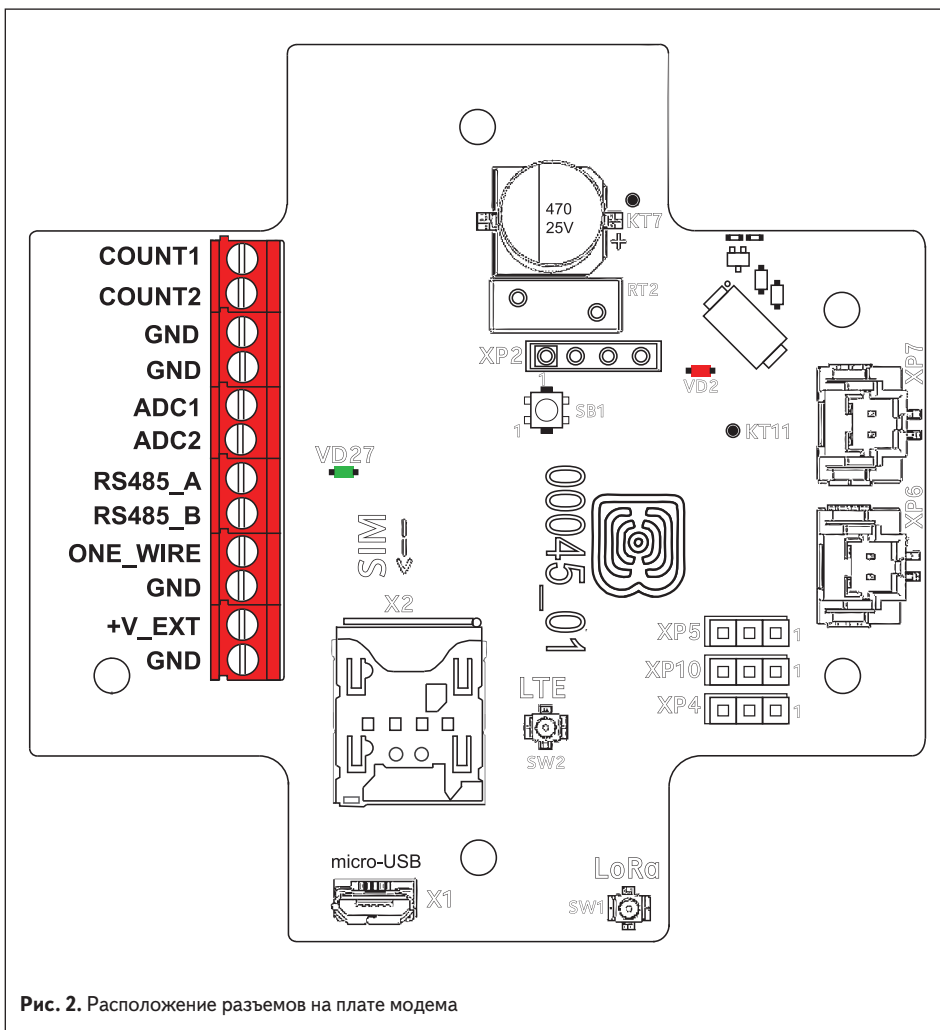


Рис. 2. Расположение разъемов на плате модема