

Устройства компании Adeunis

для сетей LoRaWAN

Компания Adeunis, основанная в 1993 г., специализируется на разработке и производстве беспроводных решений, предназначенных для реализации приложений M2M (Machine-to-Machine) и IoT (Internet of Things). Готовые к использованию модемы, изготовленные с применением технологий связи LoRa, SigFox или W-MBUS, обеспечивают выполнение функций измерения, хранения и передачи значений различных физических и электрических параметров на расстояния до 15 км. В данной статье рассматривается линейка устройств, полезных при организации сетей стандарта LoRaWAN, находящихся все большее применение на объектах энергетической, строительной, транспортной и других отраслей промышленности.

Константин Верхулевский
info@icquest.ru

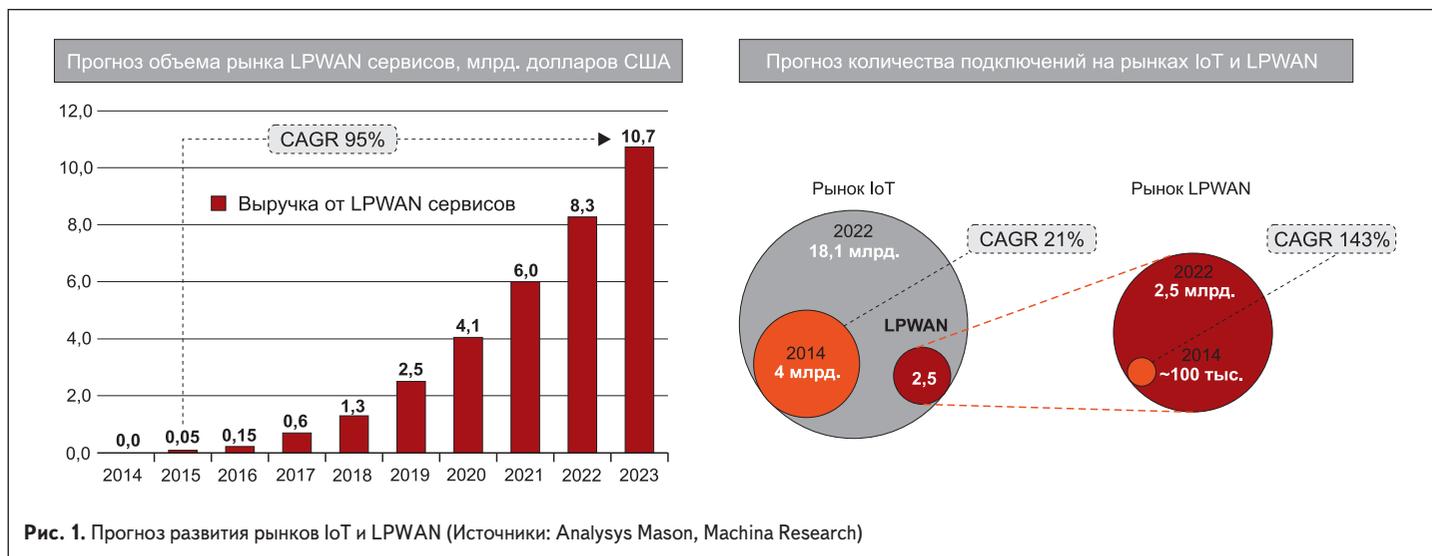
Введение

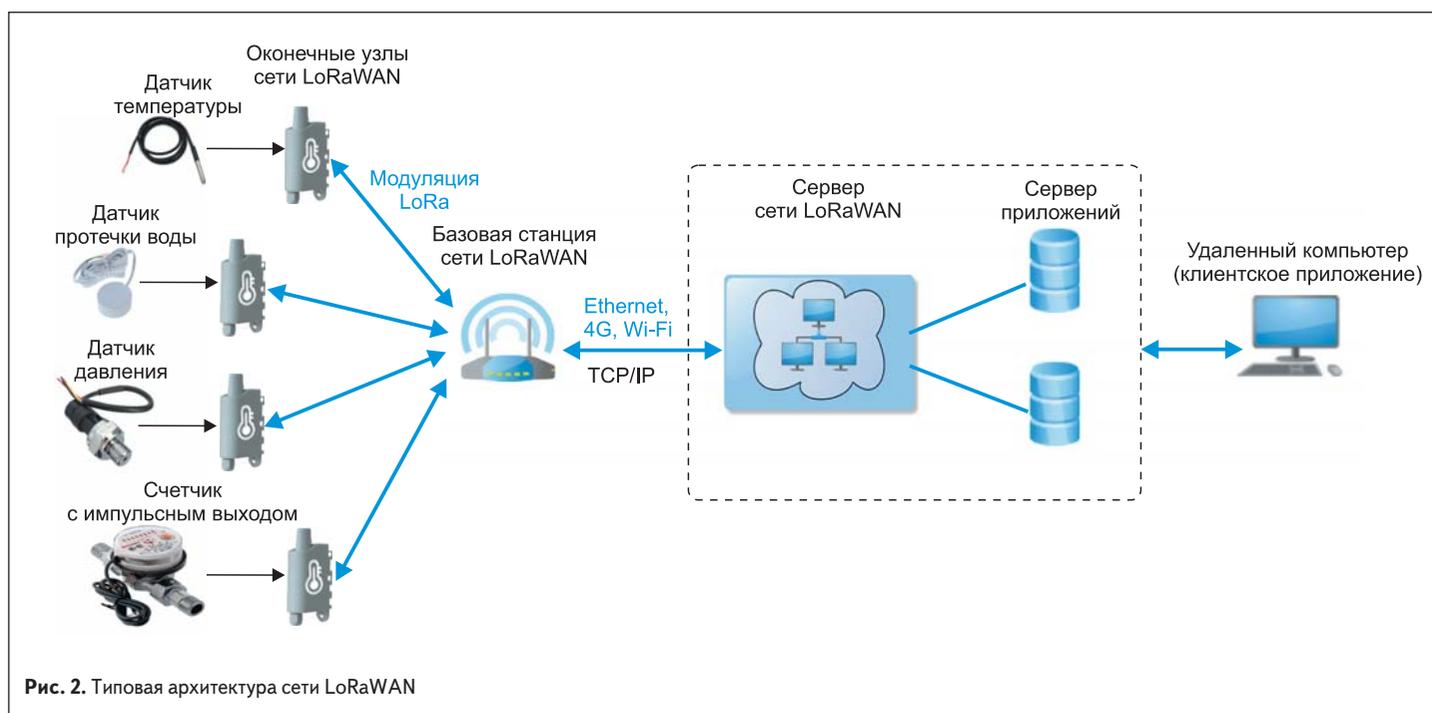
Под «Интернетом вещей» подразумевается совокупность окружающих нас электронных устройств, общающихся между собой без вмешательства человека и имеющих выход в единую глобальную сеть. В настоящее время элементы IoT повсеместно внедряются в системы безопасности, промышленной автоматизации, логистики, транспорта и т. д., но особенно востребованы они при решении задач измерения потребления ресурсов (воды, газа, электричества, тепла) и удаленного управления инженерными системами объектов ЖКХ. При этом для обеспечения эффективного мониторинга, учитывая специфику применения, существует потребность в беспроводных компонентах с автономным питанием, низким собственным энергопотреблением, большим радиусом действия и длительным сроком эксплуатации (не менее межповерочного интервала приборов учета). Таким требованиям соответствуют элементы маломощных сетей LPWAN, представляющих собой новый тип сетей для передачи

небольших пакетов телеметрических данных от различных устройств, сенсоров, датчиков на дальние расстояния. LPWAN-технологии являются значимой частью IoT и демонстрируют наиболее бурный рост (рис. 1).

Среди всех распространенных LPWAN-технологий выгодно выделяется открытый стандарт LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks), разработанный совместно компаниями Semtech и IBM [1]. В его основе лежит использование на физическом уровне запатентованного Semtech способа модуляции LoRa, являющегося разновидностью метода расширения спектра и обеспечивающего рекордные показатели бюджета канала связи (до 168 дБ). К другим преимуществам сетей LoRaWAN относятся:

- Дальность передачи данных: до 5 км в условиях плотной городской и промышленной застройки, до 15 км в зоне прямой видимости.
- Использование нелицензируемых частот ISM-диапазонов (433, 868, 915 МГц), не тре-





бующих получения разрешения и платы за радиочастотный спектр. Высокая проникающая способность радиосигнала в зданиях и закрытых помещениях при организации канала связи на данных частотах.

- Низкое собственное энергопотребление оконечных устройств сети: многие из них могут бесперебойно функционировать до 10 лет, питаются от одного аккумулятора AA.
- Базовая топология типа «звезда» без использования повторителей обеспечивает отличную масштабируемость сети.

Типовая архитектура сети LoRaWAN включает в себя оконечные узлы, базовую станцию (шлюз), сетевой сервер и сервер приложений (рис. 2). Принцип их взаимодействия прост. Базовая станция является прозрачным мостом для обмена зашифрованными сообщениями между оконечными узлами, выполняющими функции измерения и управления, и центральным сервером. Связь осуществляется с помощью традиционных технологий (Ethernet, Wi-Fi, 4G/LTE) по протоколу TCP/IP. Центральный сервер пересылает данные на сервер приложений и контролирует параметры всей сети: скорость, мощность передатчика, порядок и периодичность связи и т. д. Сервер приложений, приняв данные от сетевого сервера, расшифровывает и сохраняет их, а конечный пользователь после аутентификации получает к ним доступ.

Свою линейку оконечных узлов сети LoRaWAN выпускает компания Adeunis. Разработанные беспроводные модемы представляют собой устройства с интерфейсами и возможностями, специфичными для выполнения конкретной задачи. Рассмотрим их характеристики и отличительные особенности.

Беспроводные LoRaWAN-устройства Adeunis

Предлагаемые компанией Adeunis модемы адаптированы для решения задач измерения различных физических и электрических величин

и передачи полученных значений на сервер [2]. Все они соответствуют европейским стандартам по безопасности и электромагнитной совместимости EN 300 220, EN 301 489 и EN 60950. Готовые к использованию беспроводные устройства не требуют сложной процедуры подключения к сети LoRaWAN. После монтажа на месте и соединения с первичными преобразователями (датчиками) запуск устройства производится при помощи обыкновенного магнита, размещаемого в определенной точке корпуса (указано в документации). После включения каждый оконечный узел автоматически выполняет операцию активации. По умолчанию используется OTAA (Over-The-Air Activation, активация «по воздуху»), во время которой для каждого устройства задаются: локальный адрес в сети (DevAddr), сессионные ключи шифрования (NwkSKey и AppSKey) и идентификатор приложения (AppEUI). По запросу производителем также может быть предусмотрена ABP (Activation By Personalization, активация путем персонализации), при которой ключи шифрования и адрес записываются в устройство заранее, и сразу после включения оно уже готово к передаче данных.

Типовая структура модемов Adeunis соответствует распространенной структуре оконечных узлов для различных систем сбора данных. Все они построены на базе низкопотребляющих по моему слитно пишется микроконтроллеров серии

STM32L с ядром ARM Cortex M3, работающих совместно с LoRa-трансиверами SX1272 производства компании Semtech (рис. 3). Встроенная планарная антенна, расположенная на основной печатной плате, позволяет сократить внешние габариты.

Длительный срок бесперебойной эксплуатации узлов LoRaWAN подразумевает необходимость использования качественного источника автономного питания. Adeunis для своих устройств выбрала французского производителя батарей и аккумуляторов — компанию SAFT. Встроенная литий-тионилхлоридная (Li-SOCl₂) батарея LS14500 с номинальным напряжением 3,6 В и емкостью элемента 2600 мА/ч наилучшим образом подходит для устройств с непрерывным потреблением тока до 50 мА. Цилиндрический гальванический элемент серии LS, выполненный в корпусе форм-фактора AA, имеет ток саморазряда менее 1% в год и может работать при температурах окружающей среды –60...+85 °С.

Конструктивно вся серия, независимо от функционального назначения, изготавливается в аналогичных малогабаритных корпусах со степенью защиты IP67 (IP68 по запросу), внешними размерами 105×50×27 мм и массой не более 80 г. Корпус состоит из верхней и нижней частей, соединяющихся при помощи защелки, печатной платы с электроникой и герметичного

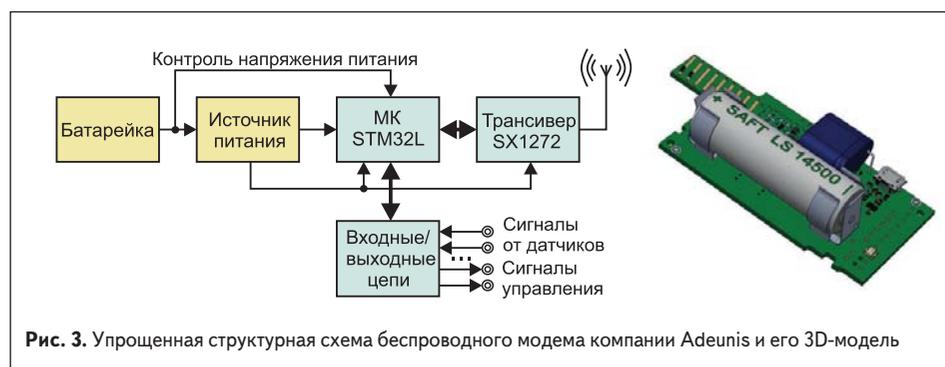




Рис. 4. Корпусное исполнение беспроводных LoRaWAN-устройств компании Adeunis

кабельного ввода (рис. 4). Входящий в комплект поставки набор крепежных изделий позволяет выполнить монтаж устройств на DIN-рейку, стену, трубу и т. д.

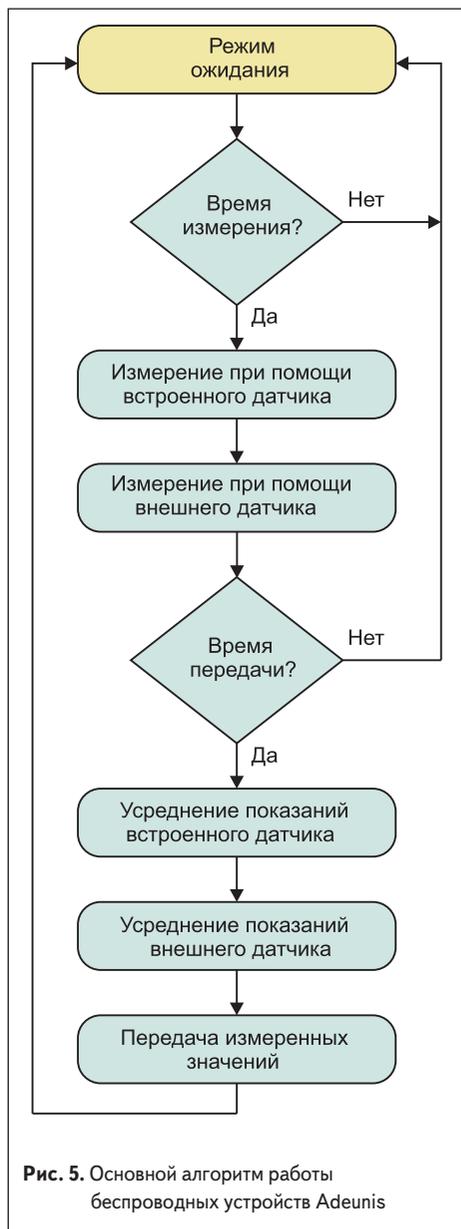


Рис. 5. Основной алгоритм работы беспроводных устройств Adeunis

Основные различия устройств внутри серии — входные/выходные цепи согласования и наборы программируемых регистров, уникальные для каждого конкретного назначения. В остальном они имеют схожие характеристики и рабочие режимы, поэтому для понимания принципов функционирования детально достаточно рассмотреть любое из них.

К примеру, модем ARF8180BA с рабочей частотой 868 МГц предназначен для удаленного измерения температуры и передачи показаний на верхний уровень сети LoRaWAN [3]. Основное назначение — работа в связке с теплосчетчиками и другими приборами учета и контроля тепловой энергии в тепловых сетях предприятий и теплоснабжающих организаций, также возможна эксплуатация в складских помещениях, холодильных камерах и других промышленных объектах. Мониторинг температуры производится при помощи встроенного датчика с рабочим диапазоном $-30...+70$ °С либо путем подключения внешнего NTC-сенсора (Negative Temperature Coefficient — отрицательный температурный коэффициент) при необходимости расширения диапазона (от -55 до $+155$ °С). В любом случае гарантируется точность измерения $\pm 0,1$ °С и разрешение 0,01 °С. Передача накопленных данных и дистанционный контроль состояния батареи осуществляется периодически или по возникновению определенного события, главным из которых является выход показаний за пределы установленных порогов. Настройка режимов работы, периода передачи, программирование коэффициентов и параметров встроенного АЦП и другие изменения конфигурации устройств выполняются при помощи USB-интерфейса.

В работе беспроводного устройства Adeunis можно отметить несколько режимов. Изначально модем находится в режиме ожидания, отличающемся минимальным энергопотреблением. После старта

устройство переходит в рабочий режим. Режим максимального энергосбережения инициируется при детектировании разряженной батареи, выход из него возможен только при ее замене. Командный режим позволяет пользователям изменить содержимое конфигурационных регистров модема, переход в него осуществляется передачей определенной AT-команды.

В рабочем режиме возможны следующие варианты общения с сервером: периодическое измерение и передача данных согласно алгоритму, изображенному на рис. 5, передача при выходе контролируемых параметров за пределы порогов, а также регулярная сервисная передача состояний конфигурационных регистров и регистров данных.

Первый вариант является преобладающим, период передачи и количество измерений между двумя сеансами связи в этом случае определяются при помощи специализированных регистров. Так в таблице 1 приведен пример настроек модема, при которых измерения производятся каждые 15 мин., а усредненные результаты отправляются потребителям один раз в час.

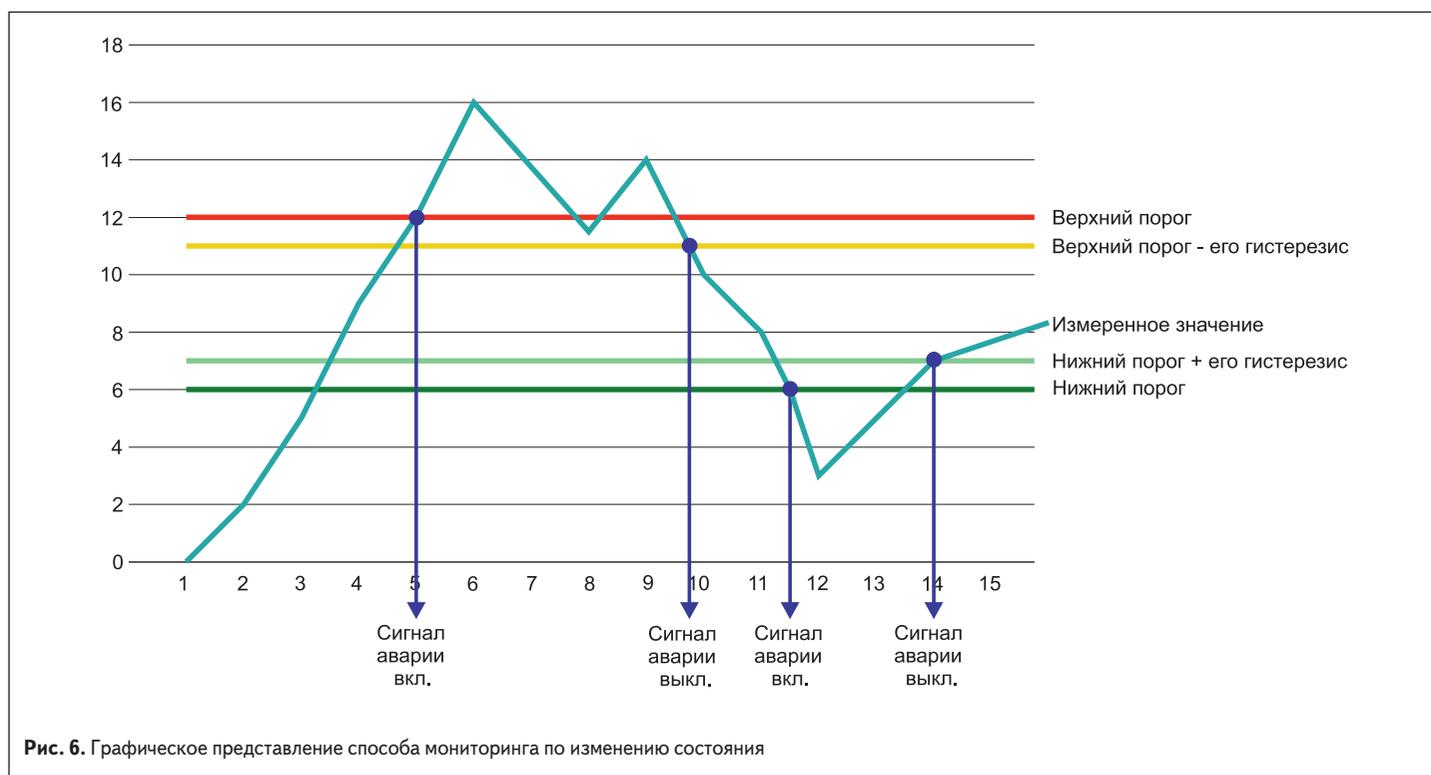
Второй вариант, основанный на периодическом сравнении измеренных показаний с установленными предельными значениями внутреннего и внешнего датчиков, активируется записью нуля в регистр S301 (рис. 6). Максимальные и минимальные температуры, а также их гистерезис задаются путем использования дополнительных регистров S309–S316. Передача пакета данных выполняется только при возникновении заданного события (превышения того или иного порога).

Необходимость третьего варианта обусловлена тем, что при передаче по событию часто возникают ситуации, когда узел сети длительное время «молчит». Поэтому для получения информации о состоянии удаленного объекта формируется регулярный отчет, период отправки которого составляет от одного часа до одного дня и задается при помощи регистра S300.

Как уже было отмечено выше, для настройки модема используется подключение к компьютеру через USB-разъем (тип B), общение осуществляется при помощи виртуального COM-порта. Необходимые для работы драйверы доступны на официальном сайте производителя. Передачу команд управления можно выполнить, воспользовавшись привычным для пользователей термином, например COM Port Toolkit. В настройках соединения нужно выбрать предложенный операционной системой номер COM-порта и задать следующие параметры: скорость 115200 бит/с, без контроля четности, 8 бит данных, 1 стоп-бит. Переход в командный режим выполняется подачей AT-команды `+++` или `0x2B 0x2B 0x2B` в шестнадцатеричном формате. Если все нормально, то в обратном направлении посылается квитанция `CM`. В таблице 2 приведены примеры типовых команд и откликов на них.

Таблица 1. Пример конфигурирования регистров модема ARF8180BA

Регистр	Тип значения	Значение	Результат
S301	Десятичное	6	Период передачи данных: 6×10 мин. = 60 мин.
S302	Шестнадцатеричное	0xD0	Идентификатор внутреннего датчика 0xD0
S304	Шестнадцатеричное	0x80	Идентификатор внешнего датчика 0x80
S318	Десятичное	4	Количество измерений между двумя передачами: 4



Все регистры подразделяются на две группы: функциональные S3xx позволяют регулировать поведение радиомодема на прикладном уровне, сетевые S2xx (одинаковые для всех устройств серии) отвечают за настройку характеристик встроенных LoRaWAN-трансиверов (коэффициента расширения спектра, ширины полосы пропускания, выходной мощности, идентификаторов устройства и сети, ключей шифрования и т. д.). К изменению последних следует относиться с осторожностью, т. к. они непосредственно влияют на качество связи. По умолчанию регистры S2xx заблокированы, любое обращение к ним вызывает ошибку, разрешить их изменение можно командой **ATT63 PROVIDER**.

Устройство ARF8170BA (внутреннее название LoRaWAN DRY CONTACTS) позволяет, с одной стороны, получать сообщения о состоянии удаленных объектов (вкл. или выкл.), а с другой — дистанционно управлять этими объектами посредством четырех конфигурируемых цифровых входов/выходов (рис. 7). Данный модем позиционируется, в основном, для применения в инженерно-технических системах зданий: для запуска оборудования, контроля доступа, управления освещением и т. д. Двухсторонний канал обмена данными организован на частоте 868 МГц, максимальное входное и выходное

напряжение всех каналов 24 В, эквивалентное входное сопротивление 500 кОм, ток выхода (нагрузки) не превышает 100 мА [4].

Любой канал настраивается отдельно, при помощи регистров S302–S305 выбирается тип отдельного вывода (вход или выход). Для входов задается режим работы — периодический или по возникновению события; событиями являются перепады логических уровней, анализ проводится по фронту, по спаду импульса или по их комбинации. В периодическом режиме проводится подсчет событий, очередные данные отправляются на сервер через интервал времени, определяемый регистром S301. Каждый вход имеет защиту от дребезга контактов, доступно пятнадцать значений временной задержки, программируемой в пределах от 10 мс до 10 мин. При использовании выводов в качестве выходов на них устанавливаются логические уровни (высокие или низкие) в зависимости от задачи. Каждый выход выполнен по схеме с открытым коллектором, поэтому требует внешней подтяжки.

Модем ARF8190BA (LoRaWAN ANALOG), работающий на частоте 868 МГц, подходит для работы с любыми датчиками, имеющими аналоговые выходные сигналы формата 0–10 В или 4–20 мА. К типовым применениям относятся беспроводные измерители температуры, дав-

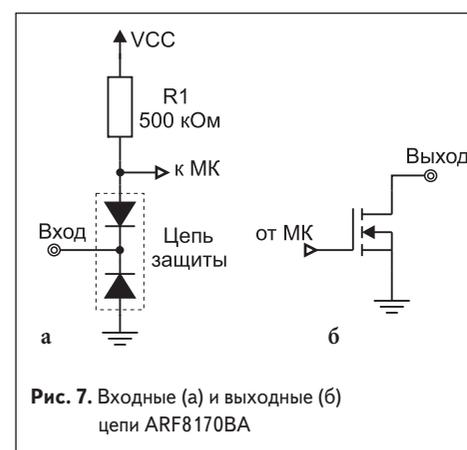
ления, уровня, влажности, CO₂, перемещения, освещенности и т. д., встраиваемые в инженерные системы управления зданиями (отопления, кондиционирования, вентиляции), промышленное оборудование различного назначения, телеметрическую аппаратуру. Каждое устройство способно одновременно обслуживать до двух сенсоров, их подключение осуществляется через резьбовые клеммные колодки [5]. Данные с датчиков оцифровываются при помощи встроенного АЦП с разрядностью 12 бит. Два дополнительных цифровых канала позволяют выполнять функции контроля и управления аналогично ранее рассмотренному модему ARF8170BA. «Прошитый» стек протокола LoRaWAN упрощает процедуру подключения устройства к существующей сети. Такие же задачи решает ARF8200AA (LoRaWAN ANALOG PWR), отличающийся от предыдущего устройства необходимостью применения внешнего питания. Данный модем не имеет батарейки и может быть полезен при наличии в зоне досягаемости источника постоянного тока с напряжением 6–24 В, позволяющего увеличить срок эксплуатации модема.

Таблица 2. Типовые AT-команды модема ARF8180BA

Синтаксис команд	Описание	Отклик модема
+++	Перейти в командный режим	CONNECTING..CM
ATS309=300	Установить верхний порог встроенного датчика на уровне 300/10 = 30 °С	0*
ATS214=0018B200	Изменить старший байт идентификатора приложения (APP_EUI)	E**
ATT63 PROVIDER	Разрешить изменение сетевых регистров	0
ATS214=0018B200	Изменить старший байт идентификатора приложения (APP_EUI)	0
ATS215?	Запросить значение регистра S215	S210=44512451
AT&W	Сохранить изменения регистров	0
ATO	Выйти из командного режима	0

* — Успешное выполнение команды

** — Ошибка выполнения команды (синтаксическая, неизвестная команда, недопустимое значение и т. д.)



Модем ARF8230AA (LoRaWAN PULSE) предназначен для пользователей, которые ищут способ организации удаленного сбора показаний с различных приборов учета энергоресурсов (воды, электричества, газа и тепла), оборудованных импульсным выходом. Он может работать со счетчиками, минимальная длительность импульсов которых составляет 8 мс, а максимальная частота их следования не превышает 33 Гц [6]. Готовое к использованию устройство обеспечивает подключение по радиоканалу оборудования управляющих и снабжающих организаций к промышленным сетям стандарта LoRaWAN, автоматизируя, тем самым, работу служб ЖКХ. Отличительной особенностью ARF8230AA является возможность одновременного подключения сразу двух разных счетчиков к одному радиомодему, что позволяет снизить затраты на внедрение системы. Для быстрой настройки применяется DIP-переключатель с шестью контактными группами, при помощи которого выбирается тип используемого счетчика с соответствующими параметрами импульсов и периодичность отправки накопленных данных. Также устройство может быть сконфигурировано посредством соединения по радиоканалу и передачи значений соответствующих регистров. Гарантированный срок службы от встроенной батареи при передаче двух пакетов данных в сутки — не менее 10 лет.

Полезным дополнением серии является портативный тестер ARF8123AA для частот 863–870 МГц, который позволяет осуществлять проверку параметров сетей стандарта LoRaWAN до момента развертывания готовых решений [7]. Он выполняет функции передачи, приема и быстрого анализа радиопакетов в сетях, объединяющих беспроводные датчики, оборудование интеллектуальных зданий, измерительные устройства, системы безопасности и межмашинного взаимодействия. На ЖК-экране устройства отображается вся операционная информация (GPS-координаты, температура, уровень заряда батареи) и данные о работе сети (состояние канала к хосту, к устройствам, используемый коэффициент расширения спектра, коэффициент ошибок пакетов и т. п.).

Интегрированный высокоточный модуль GPS позволяет осуществлять геолокацию. В качестве источника питания применяется литий-ионный аккумулятор с выходным напряжением 3,7 В и емкостью 2000 мАч, которого хватает на 20 ч автономной работы. Внешнее зарядное устройство подключается через USB-разъем в нижней части устройства (рис. 8). Тестер, предназначенный для эксплуатации в диапазоне рабочих температур $-40...+85$ °С, изготавливается из стандартного черного ABS-пластика толщиной 1,6 мм, имеет внешние габариты 186,2×75,2×22,8 мм и массу 150 г.

Параметры связи определяются встроенным трансивером: допустимая скорость обмена данными лежит в пределах от 183 бит/с до 50 кбит/с, выходная мощность — 14 дБм, чувствительность приема — -137 дБм. Производителем гарантируется соответствие требованиям стандартов EN 300-220, EN 301-489 и EN 60950.

Отечественные аналоги

Напоследок скажем об отечественных аналогах. Растущая популярность стандарта LoRaWAN привела к появлению компаний, предлагающих как готовые комплексные решения (совокупность оконечных устройств, базовых станций, серверного и клиентского ПО), так и отдельные программные и аппаратные продукты для реализации соответствующей сетевой технологии. Не остался в стороне и отечественный LoRaWAN-рынок. Так, свои линейки продукции, имеющей схожие с ранее рассмотренными устройствами характеристики, выпускают компании «Вега-Абсолют» (г. Новосибирск) и «Новоучет» (г. Казань).

У первой из них можно отметить автономные счетчики импульсов СИ-11 и СИ-12 с четырьмя независимыми каналами, которые также могут быть настроены на использование в качестве входов для охранных датчиков. Общение с базовой станцией осуществляется на частотах диапазона 860–1000 МГц. Двухканальные счетчики импульсов СИ-13-232 и СИ-13-485 с внешним питанием (8–36 В) могут работать в режиме прозрачных радиомодемов LoRaWAN-RS-232

или LoRaWAN-RS-485 соответственно, либо выполнять подсчет электрических импульсов, поступающих с любых приборов учета коммунальных ресурсов. Конвертер ТП-11 предназначен для считывания данных с устройств с интерфейсом 4–20 мА, он имеет два охранных входа, по срабатыванию которых отправляет сообщение о тревоге в сеть LoRaWAN, и два выхода типа «открытый коллектор» для управления внешними устройствами. Датчик температуры ТД-11 представляет собой передающее LoRaWAN-устройство с внешним измерительным элементом, передающее показания температуры в сеть с заданным периодом. На все устройства дается пятилетняя гарантия.

Серия беспроводных модулей Терминал-M-LRW компании «Новоучет» включает устройства различного назначения с импульсными, цифровыми или аналоговыми интерфейсами. Они служат для подключения приборов учета энергоресурсов, исполнительных устройств и различных датчиков (протечки, температуры, влажности, деформации, давления и пр.), как встроенных, так и располагаемых вне корпуса. Системы на базе устройств компании отличаются масштабируемостью, гибкостью, модульностью и универсальностью применения.

Заключение

Беспроводные модемы с различными измерительными интерфейсами, производимые компанией Adeunis, широко применяются в качестве оконечных узлов сети LoRaWAN. Длительная автономная работа при батарейном питании, большой радиус действия, прочные корпуса со степенями защиты до IP68 — все это в совокупности позволяет успешно решать задачи управления и мониторинга в составе автоматизированных систем коммерческого учета ресурсов, систем «умный дом», дистанционного сбора данных и во многих других приложениях. ■

Литература

- Верхулевский К. Особенности и тенденции развития технологии LoRaWAN // Беспроводные технологии. 2017. № 1.
- www.adeunis.com
- LoRaWAN TEMP. Ready-to-use temperature device. User guide, rev. 1.2.0, 2016. www.adeunis.com/wp-content/uploads/2017/08/TEMP_LoRaWAN_UG_V1.2.0_FR_EN.pdf
- LoRaWAN DRY CONTACTS. Transceiver digital interface. User guide, rev. 1.2.0, 2016. www.adeunis.com/wp-content/uploads/2017/08/DRY_CONTACTS_LoRaWAN_UG_V1.2.0_FR_GB.pdf
- LoRaWAN ANALOG. Transceiver analog/digital interface. User guide, rev. 1.2.0, 2016. www.adeunis.com/wp-content/uploads/2017/08/ANALOG_LoRaWAN_UG_V1.2.0_FR_EN.pdf
- LoRaWAN PULSE. Transceiver. User guide, rev. 1.6.1, 2016. www.adeunis.com/wp-content/uploads/2017/08/ARF8046xx_ADEUNIS_LORAWAN_PULSE_USER_GUIDE_V1.6.1_FR_GB.pdf
- LoRaWAN Field test device. User guide, rev. 1.2.0, 2016. www.adeunis.com/wp-content/uploads/2017/08/ARF8123AA_ADEUNIS_LORAWAN_FTD_UG_V1.2.0_FR_GB.pdf

