

Беспроводные решения для PLC компании Yitran

Юрий Петропавловский

Компанию Yitran (г. Беэр-Шева, Израиль) в 1996 году основали выпускники университета имени Бен-Гуриона Авнер Матмор (Avner Matmor, в настоящее время президент и CEO) и Дан Рафаэли (Dan Raphaeli). Эта компания, не имеющая собственного производства, является одним из ведущих разработчиков полупроводниковых изделий и решений для узкополосной передачи данных по силовым электрическим сетям PLC (Power Line Communication), предназначенным для создания приложений в области управления и контроля. К таким приложениям относятся системы автоматического считывания показаний счетчиков энергоресурсов, автоматизации жилых помещений и зданий, управления освещением, кондиционированием воздуха и ряд других.

Проекты Yitran по энергосбережению были реализованы в России, Восточной и Западной Европе, Китае и Южной Африке. Совсем недавно новые PLC-технологии Yitran были выбраны для внедрения в Армении, Белоруссии, Казахстане, Украине и России. Партнерами и крупными клиентами Yitran являются такие компании, как ALPS, ANDES, AST, Endesa, Future

Electronics, Hitachi, Kansai, LG, Master Meter, eHome (Microsoft), NVCC, Panasonic, Planet, Renesas, Simply Automated и др. [1].

Yitran входит в альянс производителей электронной и электротехнической продукции (HomePlug Powerline Alliance). Он был образован в 2000 году компаниями Texas Instruments, Cisco, Compaq, Intel, Motorola и другими фирмами, заинтересованными в развитии интеллектуальных сетей Smart Grid и PLC-технологий. Одна из основных задач альянса — разработка единой системы открытых спецификаций для PLC. Технология и стандарт для низкоскоростной передачи данных HomePlug C&C (HomePlug Command and Control) были предложены в 2007 году и основаны на узкополосной технологии передачи данных компании Yitran.

Компания предлагает недорогие технологические решения, основанные на патентованной технологии дифференциально-кодовой манипуляции (DCSK), обеспечивающей высокую надежность связи (патент США № 6064695), и адаптивном алгоритме задержки на основе стандарта IEEE802.11, оптимизированного для среды линий электропередачи.

В линейку продуктов компании входят интегрированные PLC-модемы, микросхемы и модули, а также беспроводные ВЧ PLC-продукты с малой потребляемой мощностью и ZigBee PLC-модули для поддержки сетевых протоколов IPv6, SE 2.0 и IPv4 верхнего уровня.

Компания реализует комбинированное решение Y-NET+, предназначенное для расширения возможностей PLC-сетей путем включения в них беспроводных каналов связи. Y-NET+ позволяет охватить управлением оконечные устройства сети, работающие от батарей, и/или мобильные устройства. Структура PLC-сети двойного назначения Media Platform приведена на рис. 1.

В состав сети могут входить: основной концентратор PLC-устройств, подключенных к проводам силовой сети; дистанционный узел управления сетью; PLC-модемы узлов сети; точки доступа, обеспечивающие сложение сигналов управления проводных и беспроводных узлов; оконечные беспроводные устройства сети.

Основные особенности и характеристики решения Y-NET+ (Media Platform):

- Сеть управления и контроля двойного назначения, обеспечивающая как PLC, так и беспроводные соединения.
- Совместимость с технологией HomePlug C&C.

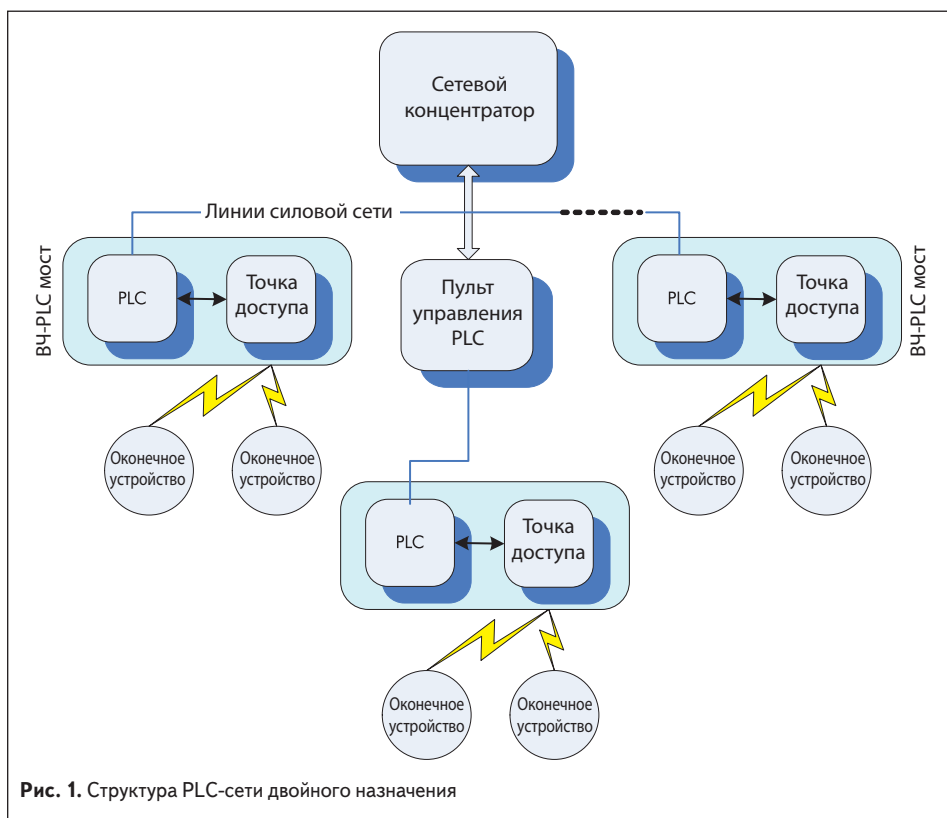


Рис. 1. Структура PLC-сети двойного назначения

- Возможность создания интегрированных (Seamless), автоматизированных и оптимизированных сетей управления с инсталляцией и обслуживанием.
- Возможность создания сетевой архитектуры с беспроводными расширениями посредством PLC ВЧ-мостов.
- Полное выполнение задач для приложений: AMR (Automated Meter Reading) — автоматическое считывание показаний счетчиков; AMM (Automated Meter Management) — системы управления потреблением электроэнергии; AMI (Automated/Advanced Metering Infrastructure) — передовые системы учета потребления энергоресурсов; автоматизация зданий; управление освещением, солнечными батареями и ряд других приложений.
- Время автономной работы — 10 лет.
В решении Y-NET+ возможна организация сетей трех типов:
 - PLC-концентратор и дистанционный блок управления (проводная сеть).
 - ВЧ- и PLC-модемы с мостовой схемой управления (проводная и беспроводная сеть).
 - Оконечные ВЧ-узлы (беспроводная сеть).

В качестве PLC-узлов используются модемы IT700 PLC MODEM (DCSK), удовлетворяющие требования стандартов ФКС США (FCC), ARIB (Япония), Cenelec A&B (Европейский Союз). Архитектура сети позволяет реализовать до 1023 локальных сетей (до 1000 узлов в каждой). Обеспечивается поддержка трех топологий с восьмью (или 16) транзитными участками, 100 различными перекрывающимися сетями, автоматическая маршрутизация и конфигурирование. Клиенты компании, уже инсталлировавшие оборудование Y-NET, могут легко дооборудовать необходимые узлы сети беспроводными точками доступа в соответствии с архитектурой Y-NET+.

В блок RF&PLC Bridge (ВЧ и PLC), кроме DCSK-модема IT700 PLC Modem, входит двунаправленный трансивер с частотной манипуляцией и использованием фильтра Гаусса (GFSK) в диапазоне ISM (ниже 1 ГГц). Приемник трансивера обладает высокой чувствительностью (−100 дБм). Каждый блок в состоянии поддерживать до 30 ВЧ оконечных устройств в ВЧ-кластере и может быть использован как удаленный пункт управления PLC-сетью. Обеспечивается автоматическая регистрация всех подключенных к блоку ВЧ оконечных устройств и простой интерфейс управления от беспроводных участков к основной PLC-сети.

ВЧ оконечное устройство RF End Node (рис. 2) представляет собой двунаправленный трансивер GFSK диапазона ISM с печатной антенной и программируемой выходной мощностью передатчика. Устройство отличается высокой чувствительностью (−100 дБм), малым токопотреблением (20 мА в активном режиме и 0,5 мкА — в дежурном). Обеспечивается режим экономии энергии батареи, срок службы которой не менее 10 лет. Устройства можно использовать для снятия показаний счетчиков воды и газа, получения данных с различных удаленных датчиков, охранных систем, солнечных панелей.

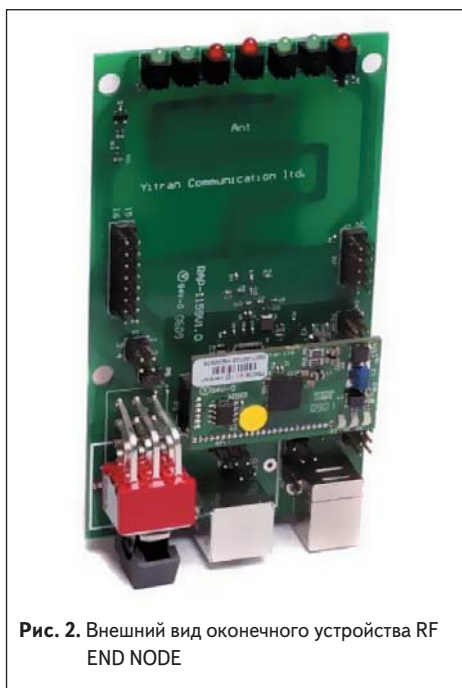


Рис. 2. Внешний вид оконечного устройства RF END NODE

Для разработчиков систем PLC с беспроводными точками доступа компания предлагает отладочный набор Y-NET+ Evaluation KIT (рис. 3), в состав которого входят три оконечных устройства, блок RF&PLC Bridge, концентратор PLC, источник питания и соединительные кабели [2].

Компания также предлагает беспроводные решения для выполнения обратной задачи — внедрение PLC-соединений в существующие или разрабатываемые сети ZigBee для перекрытия больших расстояний между узлами сети, недоступными для ВЧ-коммуникаций.

Организация сетей на основе технологии ZigBee позволяет поддерживать самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся ячеистую топологию сетей, обеспечивая при



Рис. 3. Отладочный набор Y-NET+ Evaluation KIT

этом минимальное энергопотребление, простоту развертывания, обслуживания и модернизации. Применение сетей ZigBee в России в диапазоне 2,405–2,485 ГГц не требует получения частотных разрешений и дополнительных согласований (решение ГКРЧ при Мининформсвязи России от 07.05.2007 № 07-20-03-001).

Протоколы ZigBee предназначены для низкоскоростных приложений, таких как:

- домашние развлечения и контроль — оптимизация освещения и температуры в помещениях, охрана и безопасность, видео и музыка;
- домашнее оповещение и коммерческое строительство — мониторинг датчиков задымления и пожара, счетчиков воды, газа, электроэнергии, тепла, контроль доступа и переговоры;

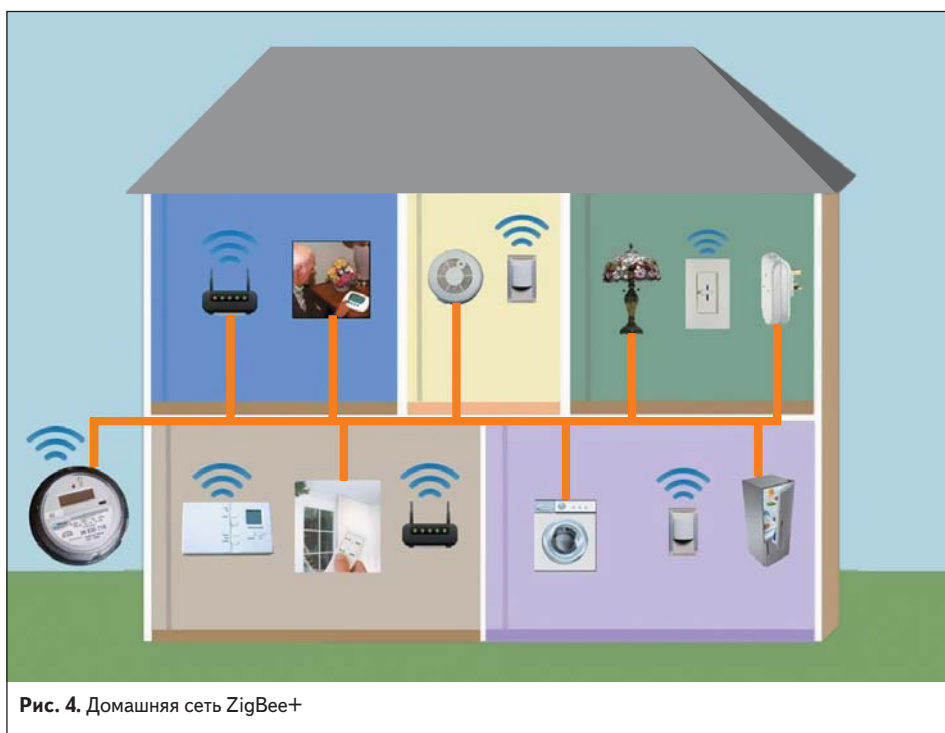


Рис. 4. Домашняя сеть ZigBee+

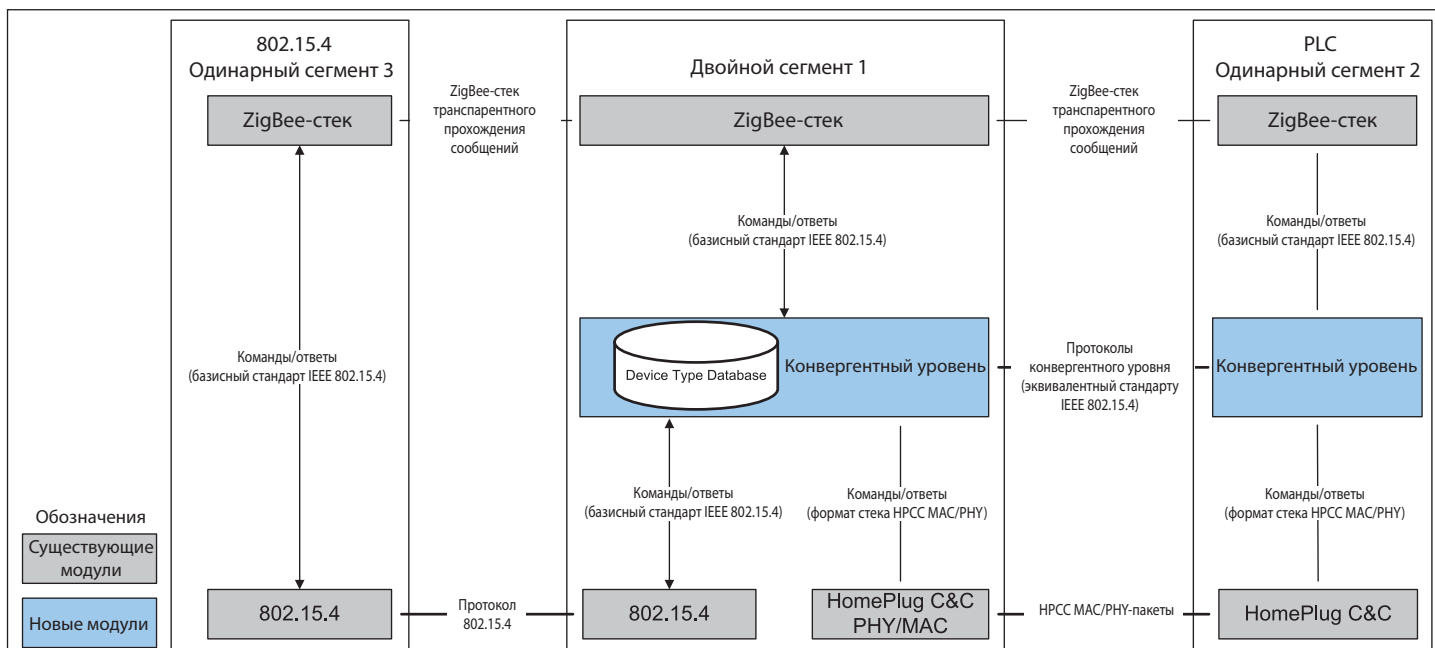


Рис. 5. Структура сети ZigBee+

- промышленное оборудование — мониторинг процессов, контроль оборудования, управление оборудованием и энергопотреблением;
- мобильный сервис — оплата услуг, мониторинг и контроль, охрана и контроль доступа, охрана здоровья и удаленная помощь больным.

Компания Yitran разработала и выпускает приложение (платформу) ZigBee+, включающее аппаратное и программное обеспечение для реализации взаимодействия беспроводных ВЧ-сетей на основе технологии ZigBee, регламентированной стандартами IEEE 802.15.4/IEEE 802.15.4 ZigBee, и сетей PLC на основе технологии HomePlug C&C. Платформа ZigBee+ позволяет использовать существующие стандартные активы ZigBee, например программный стек, ZCL, типы устройств и профили, что обеспечивает построение единой ZigBee-сети на основе двух дополняющих друг друга технологий. Пример построения домашней сети ZigBee+ показан на рис. 4.

Платформа ZigBee+ расширяет возможности существующих сетей ZigBee для узлов, находящихся вне зоны охвата беспроводного сегмента сети, и оптимизирует коммуникации между всеми узлами объединенной сети независимо от их местоположения. В дополнение к широкой зоне охвата и высокой надежности ZigBee+ продлевает время работы автономных узлов сети за счет сокращения необходимости автономного питания приборов. (Приборы, подключенные к силовой сети переменного тока, не требуют автономного питания.) Yitran представляет лицензии на платформу ZigBee+ для любых OEM- и ODM-производителей.

В интеллектуальных сетях Smart Greed передача информации со счетчиков энергоресурсов осуществляется на внутридомовые дисплеи IHД (In-Home Displays). В многоквартирных жилых структурах MDU (Multiple-Dwelling Units) дисплеи IHД обычно расположены за пределами

MDU, поэтому связь с модемами счетчиков энергопотребления по ВЧ-каналам может быть неустойчивой или отсутствовать. Для решения этой проблемы платформа ZigBee+ может быть реализована двумя методами. Во-первых, методом медиамоста (Media Bridging) — для модернизации уже существующих сетей ZigBee. Для такого варианта в сеть интегрируют ZigBee-координатор двойного назначения со стороны счетчиков и ZigBee-маршрутизатор на стороне IHД, оба прибора соединяются между собой через PLC. Другой метод используется при проектировании новых сетей, в этом случае все счетчики энергоресурсов соединяются с IHД через PLC.

Вариант структурной схемы конвергенции сетей ZigBee и PLC приведен на рис. 5, серым цветом обозначены штатные элементы обеих сетей, голубым — вновь вводимые элементы

конвергенции. В состав сети входят: сегмент 1 двойного назначения (Dual Device 1), сегмент 2 — PLC и сегмент 3 — ZigBee. Коммуникации сегмента 1 с сегментом 2 осуществляются через пакеты PHY/MAC протокола HomePlug C&C, протокол уровня конвергенции, эквивалентный 802.15.4, и через ZigBee-стек (транSPARENTное прохождение сообщений). Сегмент 3 взаимодействует через протокол 802.15.4 и ZigBee-стек [3].

Внешний вид модуля для платформы ZigBee+, выпускаемого компанией, показан на рис. 6, ZigBee-часть модуля базируется на микросхеме JN5148 фирмы Jennic (в 2010 году приобретена компанией NXP Semiconductors), PLC-часть — на микросхеме IT700 (Yitran).

Рассмотрим особенности и функциональные возможности микросхем.

JN5148 (по спецификациям NXP — JN5148-001, 2012) — это высокопроизводительный

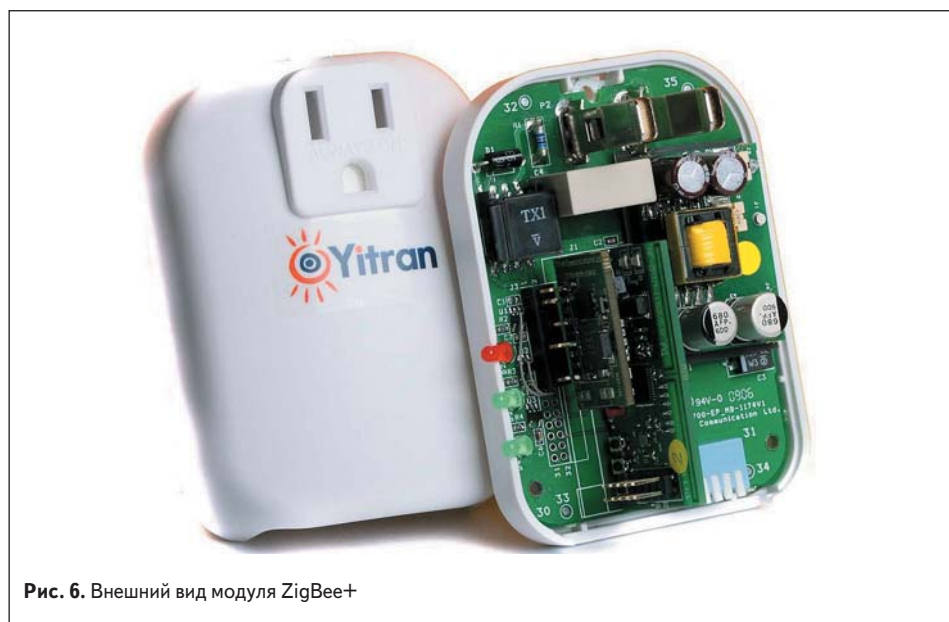
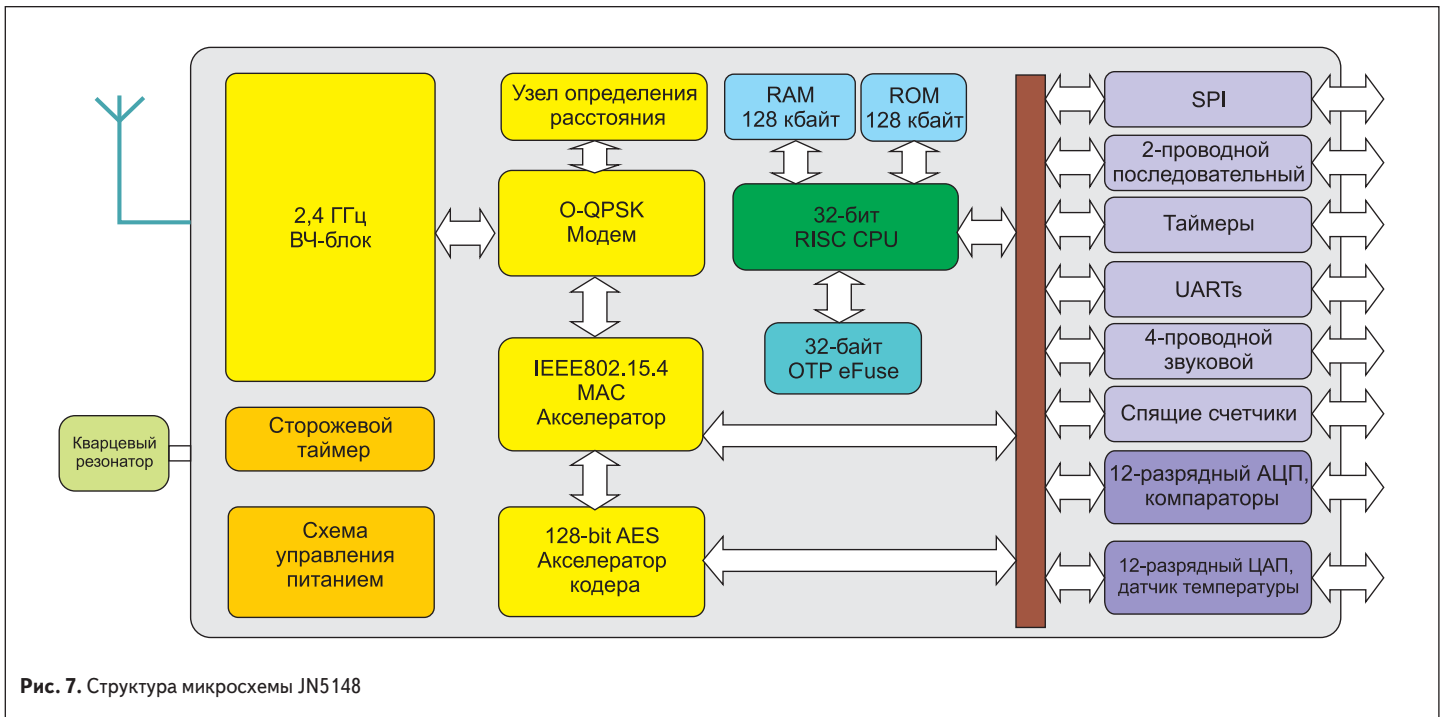


Рис. 6. Внешний вид модуля ZigBee+

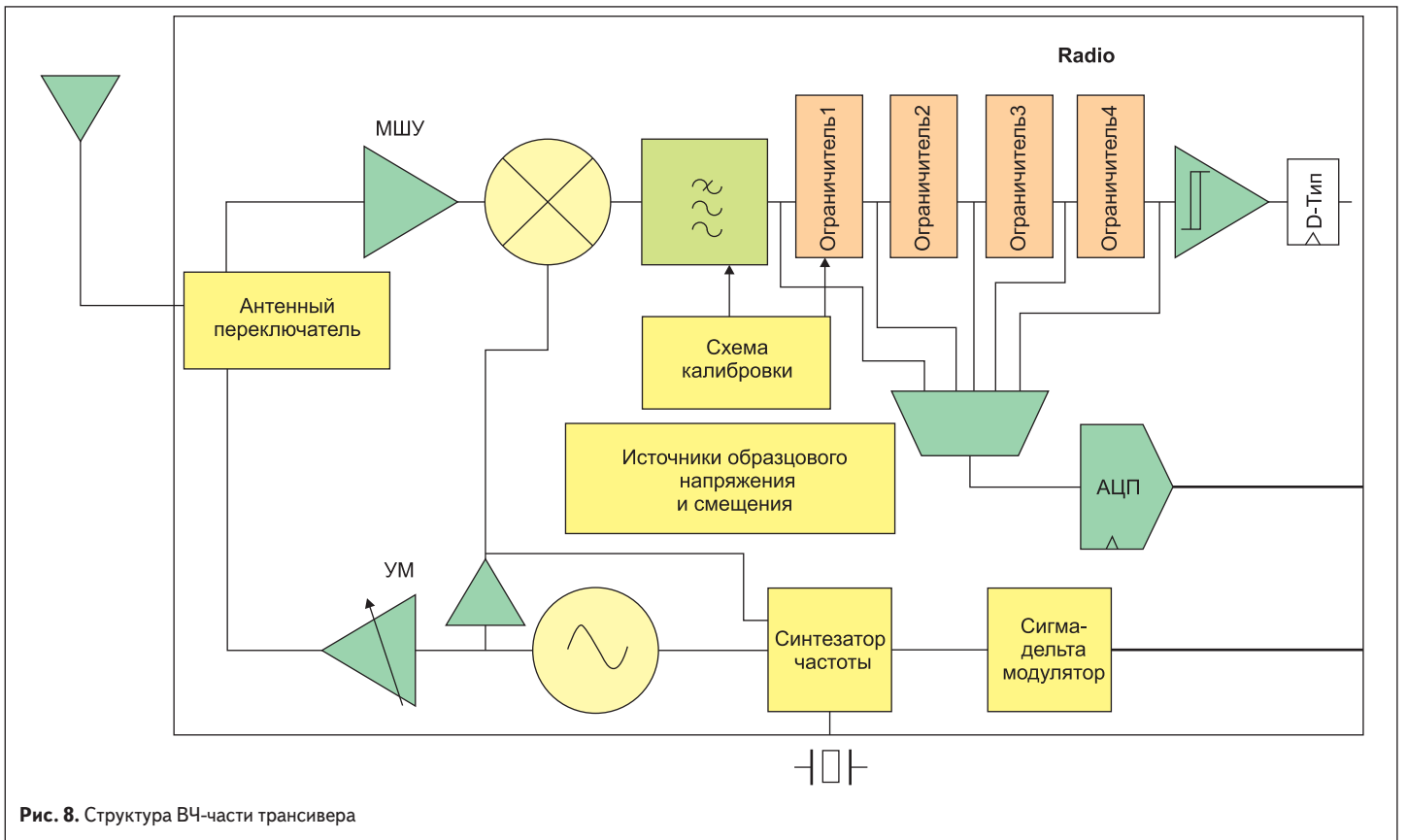


беспроводной микропроцессор со сверхнизким энергопотреблением, предназначенный для сетевых приложений ZigBee PRO и JenNet (аналог ZigBee компании NXP). Микроконтроллер оборудован 32-разрядным RISC-ядром с многоступенчатым конвейером, различными режимами энергосбережения и программируемой тактовой частотой. В микросхему интегрированы ОЗУ и ПЗУ объемом 128 кбайт и большой набор аналоговой и цифровой периферии, что позволяет обслуживать сетевой стек ZigBee

и JenNet и встроенные приложения. Структура микросхемы приведена на рис. 7, а структура ВЧ-части трансивера — на рис. 8.

Для формирования пакетов, расчета контрольной суммы, 128-разрядного AES-шифрования и генерирования случайных чисел используются аппаратные средства, обеспечивающие значительную экономию энергии аккумуляторов питания. Для хранения 64-разрядного MAC-адреса и ключа AES-шифрования предназначена область однократно програм-

мируемой памяти размером 32 байта. Данные в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4 передаются на одной из 16 несущих в диапазоне 2,4–2,5 МГц. В микросхеме предусмотрен импульсный режим считывания показаний счетчиков в спящем режиме, разработанный специально для приложений AMR, а также уникальная схема определения времени распространения сигналов для установки оптимального уровня мощности передатчиков узловых сенсоров в сети.



Основные особенности микросхемы.

Трансивер:

- MAC-акселератор с формированием пакетов, контроль с помощью циклического избыточного кода (CRC), контроль адресов, таймеры.
 - Скорость потока данных: 500 и 667 кбит/с.
 - Интегрированный «спящий» генератор с малым токопотреблением.
 - Внутренний стабилизатор для работы от батарей с напряжением 2–3,6 В.
 - Ток потребления в режиме «глубокого сна»: 100 нА, в спящем режиме: 1,25 мкА.
 - Ток потребления в режимах приема/передачи: 17,5/15 мА.
 - Чувствительность приемника: –95 дБм.
 - Мощность передатчика: 2,5 дБм.
- Микропроцессор:
- Тактовые частоты: 4–32 МГц.
 - Изменяемая ширина инструкций для повышения эффективности кодирования.
 - Многоступенчатый конвейер инструкций.
 - Интерфейсы: JTAG, SPI (с пятью селектуемыми выходами), двухпроводной последовательный (совместимый с SMBus, I²C), четырехпроводной звуковой (совместимый с I²S), UART (два порта), до 21 порта DIO.
 - 4-входовый 12-разрядный АЦП, 12-разрядный ЦАП, два программируемых аналоговых компаратора.
 - Три программируемых таймера/счетчика (с поддержкой ШИМ), сторожевой таймер, два программируемых таймера сна.

- Счетчик импульсов с малым энергопотреблением.

- Встроенный датчик температуры и монитор батареи.

Для работы микросхемы необходима внешняя флэш-память для хранения кода программ и несколько пассивных компонентов, включая два кварцевых резонатора. Вариант схемы включения микросхемы приведен на рис. 9. Теоретическая дальность связи с использованием встроенной антенны — до 1 км на открытой местности.

IT700 — микросхема типа «система на кристалле» (SoC), которую производят по fabless-схеме. Параметры и функциональные возможности SoC IT700 полностью соответствуют требованиям стандарта HomePlug C&S. Микросхема выпускается в 56-выводном корпусе QFN56 размерами 7×7×0,9 мм. Структура и типовое включение микросхемы приведены на рис. 10.

Основные особенности и параметры SoC:

- «Расширенный» микроконтроллер 8051 с флэш-памятью объемом 256 кбайт для пакета протоколов и приложений (Extended 8051 Microcontroller).
- Предварительно запрограммированная архитектура контроллера протоколов с коммуникационным стеком (Pre-programmed with communication stack).
- Версия открытой архитектуры, позволяющая пользователям программировать коды приложений вместе с коммуникационным стеком.

- Полный охват домашних потребителей даже при неблагоприятных сетевых условиях.
- Напряжение питания: 3,3 В (максимальный ток потребления: 500 мА).

- Внутренняя рабочая частота: 46,08 МГц.
- Диапазон рабочих температур: –40...+85 °С.

Параметры физического уровня (PHY):

- Модуляция DCSK (Differential Code Shift Keying) — дифференциально-кодовая манипуляция.

- Высокая устойчивость к синфазным и перекрестным сигналам.

- Высокая устойчивость к замираниям сигнала, шумам, колебаниям импеданса линий и искажениям частотных характеристик.

- Соответствие стандартам ФКС (FCC), ARIB, EN50065-1-CENELEC.

- Диапазоны скоростей передачи данных в соответствии с требованиями ФКС и ARIB:

- 7,5 кбит/с (стандартный режим SM);
- 5 кбит/с (устойчивый к ошибкам режим — Robust Mode, RM);

- 1,25 кбит/с (экстремально устойчивый режим — Extremely Robust Mode, ERM).

В соответствии с требованиями CENELEC:

- 2,5 кбит/с (режим RM);
- 0,625 кбит/с (ERM).

- Частотное разнесение — три приемных цифровых канала с высокой устойчивостью к помехам.

- Мощный код коррекции ошибок (ECC) и адаптивное детектирование пакетов.

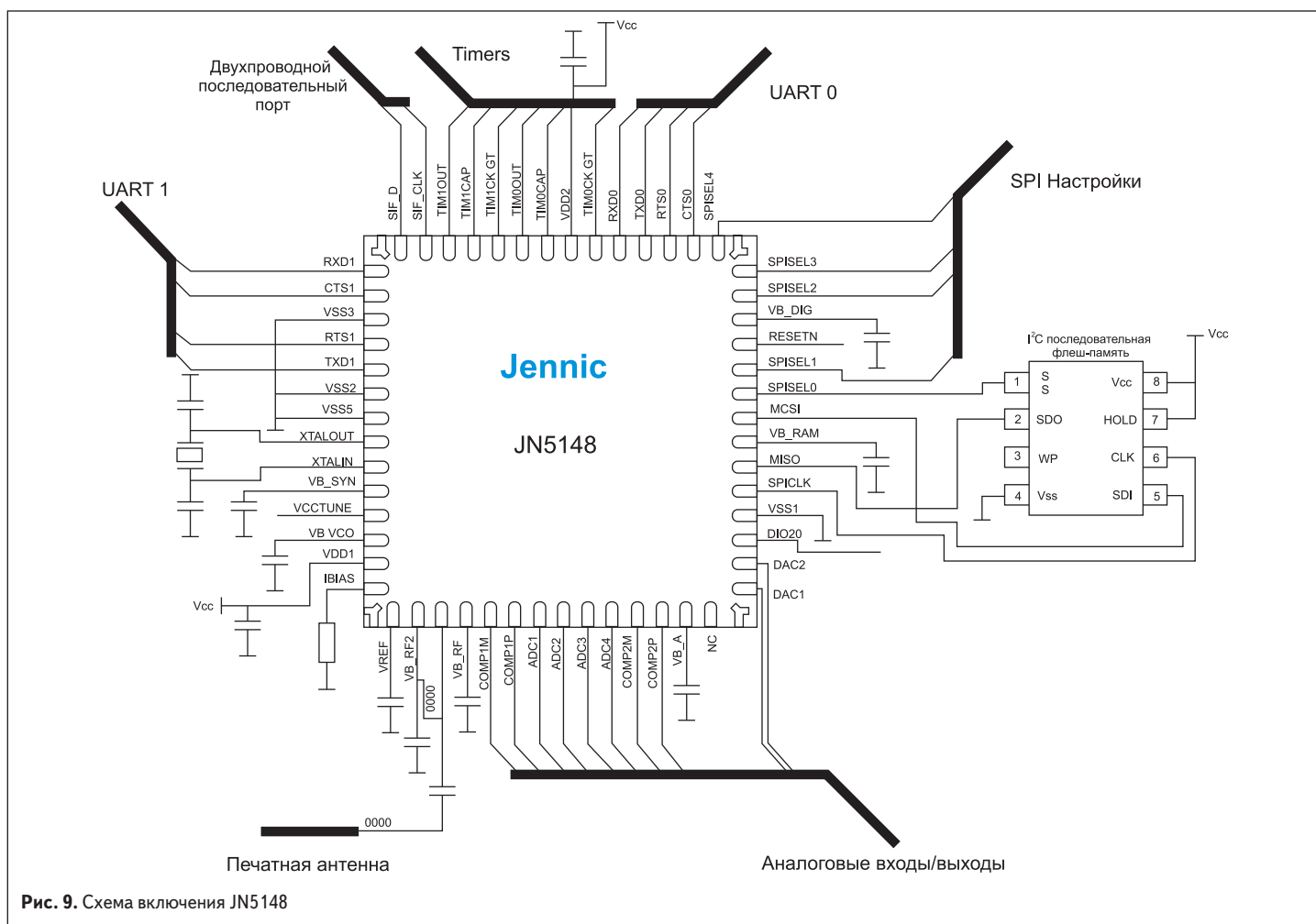
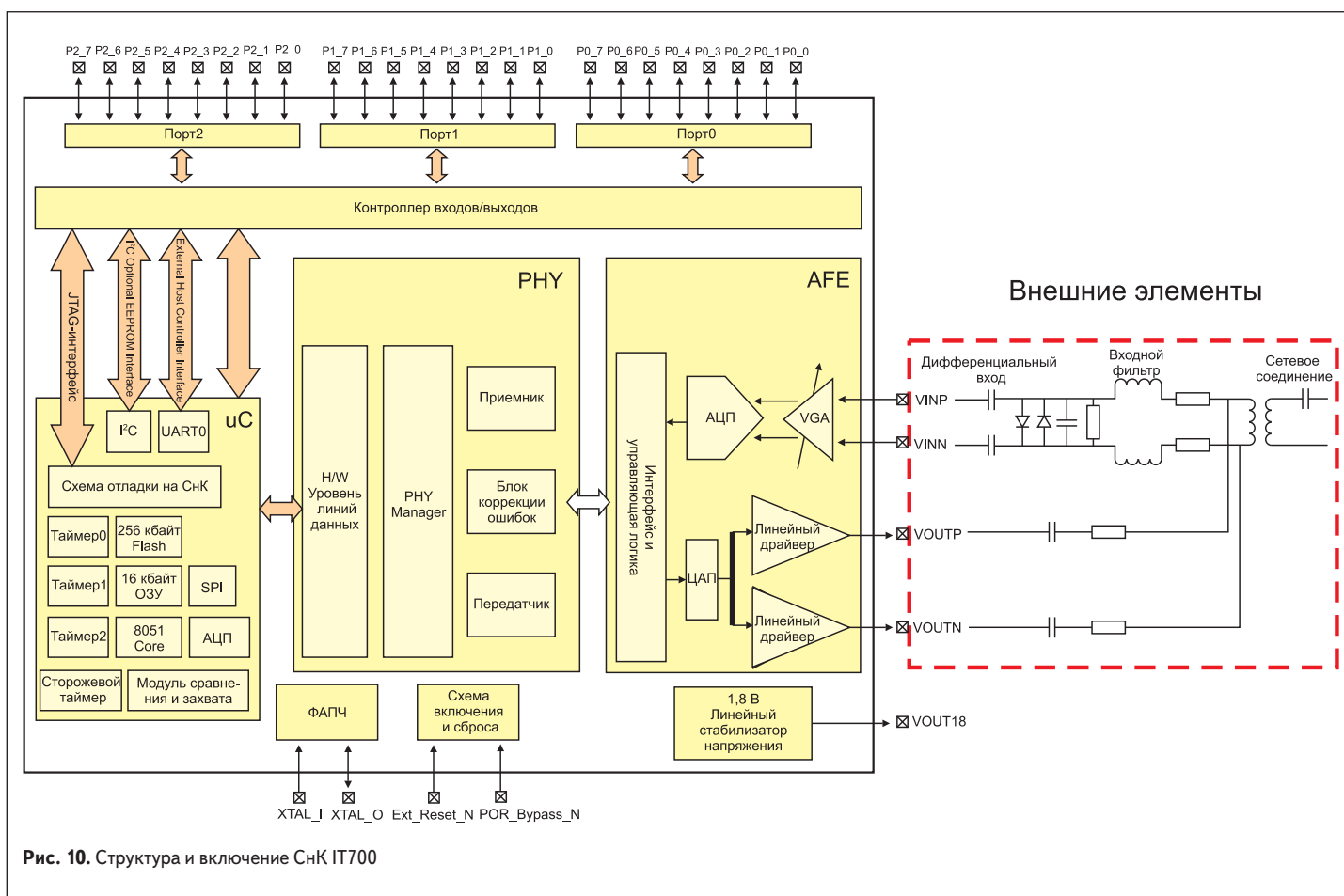


Рис. 9. Схема включения JN5148



- Циклический избыточный код CRC-8 для основных пакетов и CRC-16 — для дополнительного повышения надежности.
- Алгоритм восстановления тактовой частоты для обеспечения высокой точности при использовании коммерческих кварцевых резонаторов (150 PPM).
Параметры канального уровня (MAC/DLL):
- Поддержка до 1023 логических сетей и 2047 узлов в сети.
- Передача данных с подтверждением (Acknowledged) и без подтверждений (Unacknowledged).
- Режим ретрансляции.
- Автоматическое управление скоростью передачи данных.
- Адаптивный многостанционный доступ с контролем несущей и предотвращением конфликтов (Adaptive Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA).
- Фрагментация и подтверждение пакетов в полном соответствии с протоколом канального уровня Ethernet.
- Параметры сетевого уровня (Network/Y-Net):
- Более 1000 различных перекрывающихся сетей (Overlapping Networks).
- Поддержка более 2000 узлов в каждой сети.
- Поддержка пиринговой конфигурации и конфигурации ведущий-ведомый (Peer-to-Peer и Master-Slave).
- Быстрое инсталлирование сетей (Plug&Play Network Setup).
- Автоматическое формирование логики сетей (Automatic Logical Network Creation).
- Автоматическое распределение адресов узлов (Automatic Node Address Allocation).
- Автоматическая и адаптивная маршрутизация (Automatic and Adaptive Routing Service).
- Восстановление сетевых параметров.
- Обнаружение отказов.
- Полная защита информации, включая AES 128-битное шифрование и 32-разрядную аутентификацию. ■

Литература

1. www.yitran.com/index.aspx?id=3344
2. www.yitran.com/index.aspx?id=3353
3. www.yitran.com/index.aspx?id=3354