

Модемы для передачи данных по сети электропитания компании Yitran

Иосиф КАРШЕНБОЙМ
iosifk@eltech.spb.ru

Менеджеры любой фирмы, производящей продукцию для рынка, всегда задают себе одни и те же важные вопросы: «Как завоевать рынок? Как повысить лояльность покупателя? Как сделать так, чтобы обычная бытовая или промышленная аппаратура еще лучше служила своим владельцам?»

Ответ прост и общеизвестен — аппаратура должна быть удобной в обращении и приносить как можно больше экономии.

А для этого есть два пути. Первый путь — экстенсивный, то есть улучшение существующей технологии производства данной аппаратуры. Например, применение более дешевых аппаратных средств, более производительных производственных сборочных линий и т. д.

Второй путь — интенсивный. Он предполагает, что разработчик должен предусмотреть новые принципы работы аппаратуры, что позволит получить дополнитель-

ные преимущества на рынке. Но ведь новые принципы работы устройства обычно влекут за собой и удорожание самого устройства. Так в чем же здесь будет выигрыш? Он будет не в затратах на покупку прибора, а это, как мы знаем, однократные затраты, а в том, что эксплуатация прибора обойдется нам дешевле. И экономия на эксплуатационных расходах будет тем больше, чем дольше срок жизни изделия. Вспомните, как вы выбираете компьютер. Безусловно, более производительная модель стоит несколько дороже, но ведь и работает она эффективнее. Или, как мы обычно говорим, «оно того стоит...»

Рассмотрим с этой точки зрения применение новой технологии передачи данных по сети электропитания. (Конечно, относительно новой, поскольку ряд фирм, в том числе и российских, уже используют аналогичную технологию, правда, на менее удачных аппаратных средствах.).

Передача информации и питания по одним и тем же проводам используется достаточно эффективно в различных применениях. Например, в телефонии. Обычный телефонный аппарат получает питание и все сигналы по проводам телефонной абонентской линии. Или вот другой общеизвестный пример: по проводам линии Ethernet можно передавать не только данные, но и питание.

В этой статье мы рассмотрим пример использования сети электропитания 220 В для передачи данных между микроконтроллерными устройствами. Эта технология называется PLC — Power Line Communications (рис. 1).

Что дает использование такой технологии? Давайте посчитаем. Представим, что мы установили сотню обычных счетчиков электроэнергии. Или сотню насосов, котлов... Теперь представим, что нам необходимо произвести ревизию, то есть мы хотим проверить показания счетчиков. А для этого нам нужно отправить ревизора, который и должен обойти сотню квартир со счетчиками или спуститься в сотню подвалов, в которых стоят насосы и котлы отопления. Сколько это будет стоить? Сейчас в России производится порядка 6 млн счетчиков электроэнергии в год (электронных и индукционных). Большая часть выпускаемых электронных счетчиков не имеет интерфейсов для подключения к узлам сбора информации, поскольку на объектах, где устанавливаются эти устройства, отсутствуют информационные сети. Но все же часть счетчиков имеет простейшие встроенные интерфейсы, такие как RS-485. И, как известно, для подключения такого счетчика необходимо проложить интерфейсный кабель, а это значительно удорожает стоимость монтажных работ и работ по обслу-

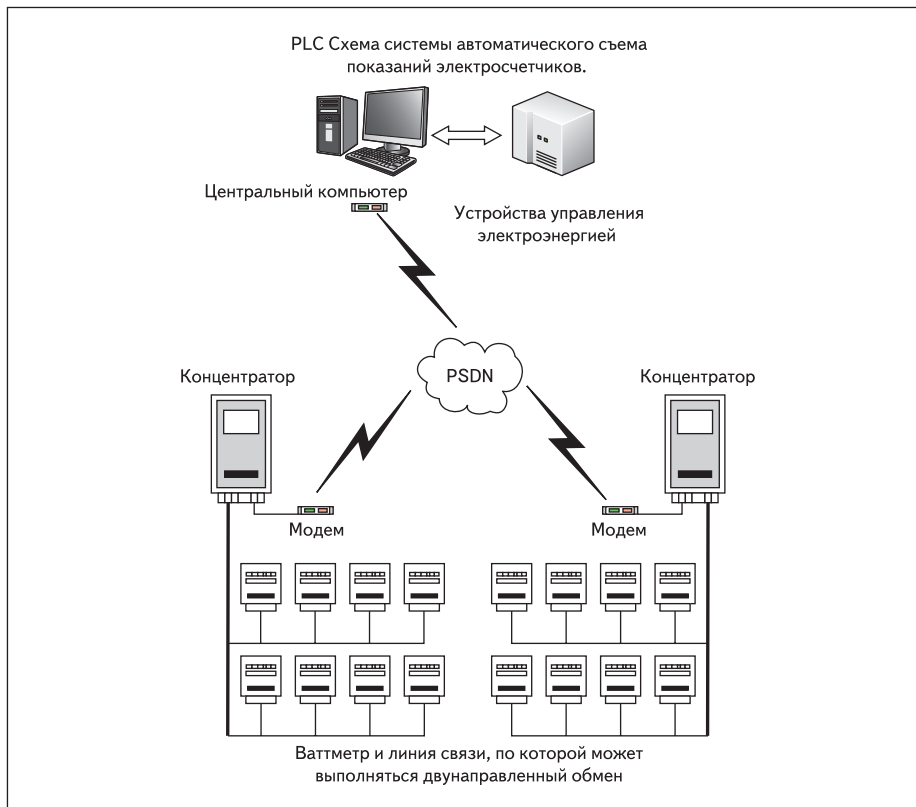


Рис. 1. Блок-схема измерительной системы, дистанционно снимающей показания со счетчиков электроэнергии

живанию счетчиков и сетей, а также снижает надежность функционирования всей системы в целом.

Как говорится, комментарии излишни... Какой предлагается выход?

В настоящее время уже появились многочисленные устройства для широкополосного доступа к сети. Обычно такие модемы устанавливаются для передачи информации, как устройства «последней мили». На входе — оптика или ADSL, а дальше — по сети 220 В.

Но наибольший интерес для разработчиков аппаратуры представляют именно узкополосные PLC-модемы. Во-первых, они дешевы, а во-вторых, обладают улучшенными характеристиками, что позволяет им работать не только в обычных сетях, но и в сетях с повышенным уровнем помех. Такие устройства выпускает израильская компания Yitran Communications Ltd. [1].

Сейчас компания Yitran — мировой лидер в производстве компонентов для передачи информации по силовой сети. И ее продукцию поставляет на российский рынок «ЭЛТЕХ», поскольку в мае 2008 г. эта компания подписала соглашение с Yitran и получила статус ее официального дистрибьютора.

Основные направления деятельности компании Yitran

Узкополосные модемы:

- дистанционное чтение параметров в приборах контроля и счетчиках;
- управление и контроль;
- охрана.

Широкополосные модемы:

- средства доступа к сети;
- управление оборудованием в доме;
- сеть в доме;
- SOHO.

Как использовать узкополосный PLC-модем?

Микросхемы и модули для узкополосных PLC-модемов применяются в составе различных изделий бытового и промышленного назначения. Например, при создании систем автоматизированного контроля и учета электрической энергии, счетчиков электрической энергии, в счетчиках расхода воды и тепло-счетчиках. Снятие показаний с таких приборов можно выполнять дистанционно. Еще одно из направлений применения узкополосных модемов — управление освещением и создание приборов для «умного дома».

К этой группе продукции — узкополосным модемам (со скоростью до 7,5 кбит/с) — относятся две микросхемы компании Yitran: IT800D и IT800Y. Кроме того, на базе этих микросхем Yitran выпускает модули, которые представляют собой почти законченное изделие, к которому снаружи необходимо добавить только несколько пассивных компонентов, чтобы получить полностью работающий модем.

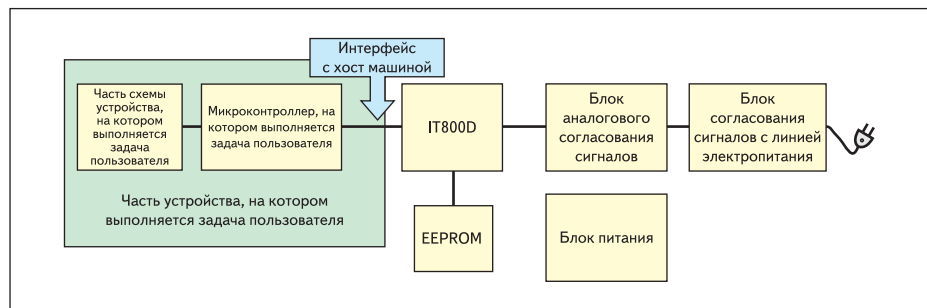


Рис. 2. Блок-схема устройства, в состав которого входит PLC-модем

На рис. 2 показана блок-схема устройства, в состав которого входит PLC-модем. К микроконтроллеру, на котором выполняется программа пользователя, подключена микросхема IT800D, представляющая собой PLC-модем. Он в свою очередь сопрягается с линией через компоненты AFE (analog front end), образующие аналоговый тракт приема передачи данных. Дополнительно через компоненты Line Coupler, необходимые для развязки от сети, к микросхеме модема и к микроконтроллеру подключается микросхема памяти EEPROM, в которой хранятся параметры, необходимые для работы модема, и параметры настройки сети.

Примером такого решения может служить плата от стартового набора STK2. Сам стартовый набор представляет собой несколько блоков — модемов, которые соединены с сетью 220 В с одной стороны, а с другой — через интерфейс USB подключены к хост-компьютеру пользователя (рис. 3). С помощью такого стартового набора пользователь может организовать требуемую ему конфигурацию сети. Причем модемы можно использовать не только для передачи, но и для мониторинга проходящих по сети данных.

Пример использования стартового набора для проверки соединения в сети «точка-точка» показан на рис. 4, а пример более разветвленной сети — на рис. 5.

В каждом блоке модема находится плата, внешний вид которой показан на рис. 6. На этой плате находится микроконтроллер «пользователя». В данном случае этот микро-



Рис. 3. Стартовый набор STK2

контроллер решает задачу передачи данных от хост-PC в модем. Микроконтроллер расположен с нижней стороны платы, поэтому на рисунке он не виден. Но поскольку наибольший интерес представляет именно модем и компоненты AFE, то давайте рассмотрим более подробно правую часть рисунка. Все компоненты, относящиеся к модему и AFE, собраны на небольшом модуле, установленном в разъем, находящийся в правой части платы. Такой модуль компания Yitran называет IT800D-PIM (plug inline module). Компания Yitran рекомендует применять модуль IT800D-PIM на первой фазе разработок: для отладки технологии и программного обеспечения.

Кроме модуля IT800D-PIM, компания Yitran производит модули, которые представляют собой объединение двух технологий: PLC

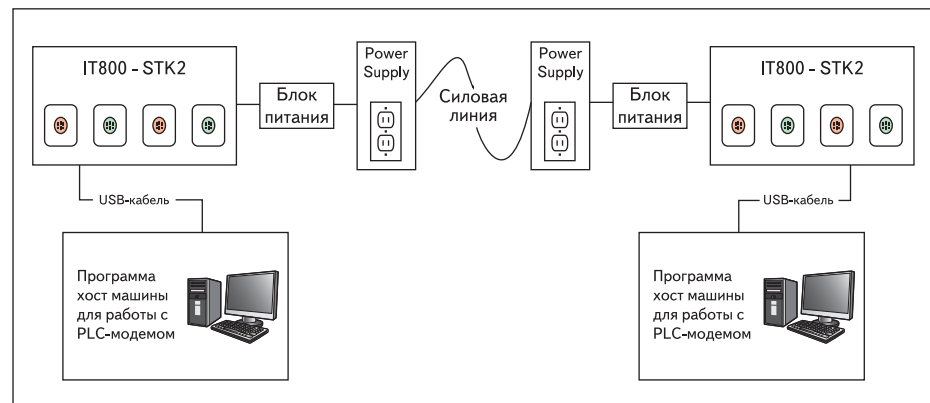


Рис. 4. Использование стартового набора для проверки соединения в сети «точка-точка»

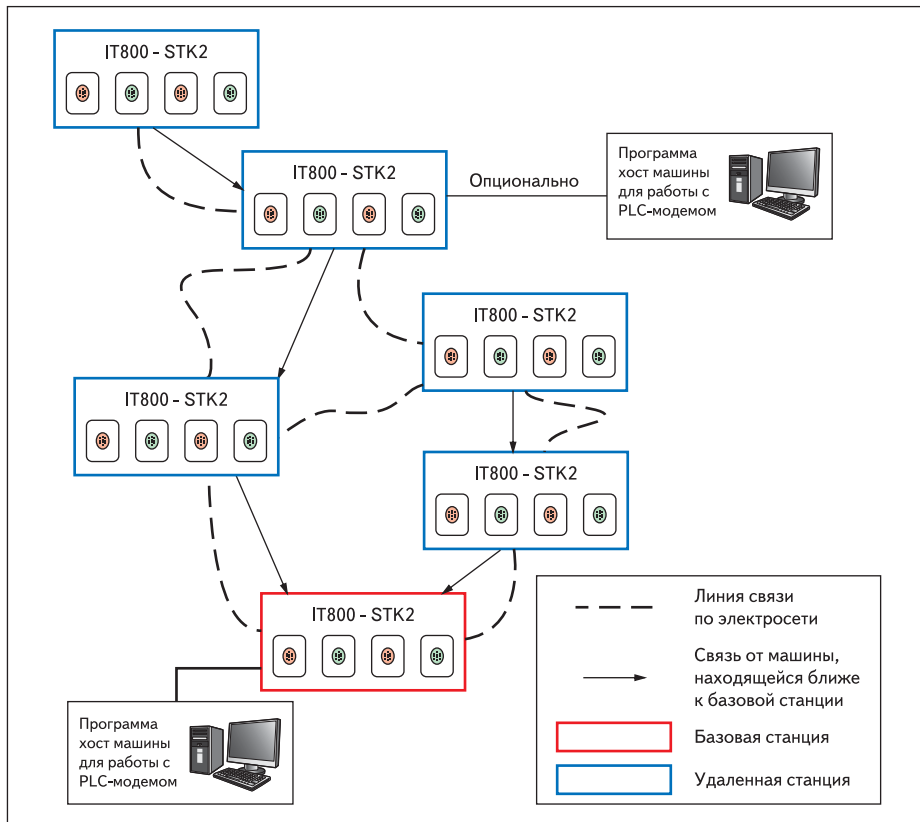


Рис. 5. Использование стартового набора для проверки более разветвленной сети. Здесь красным цветом выделена базовая станция, а синим — удаленные станции, информация с которых передается на базовую станцию

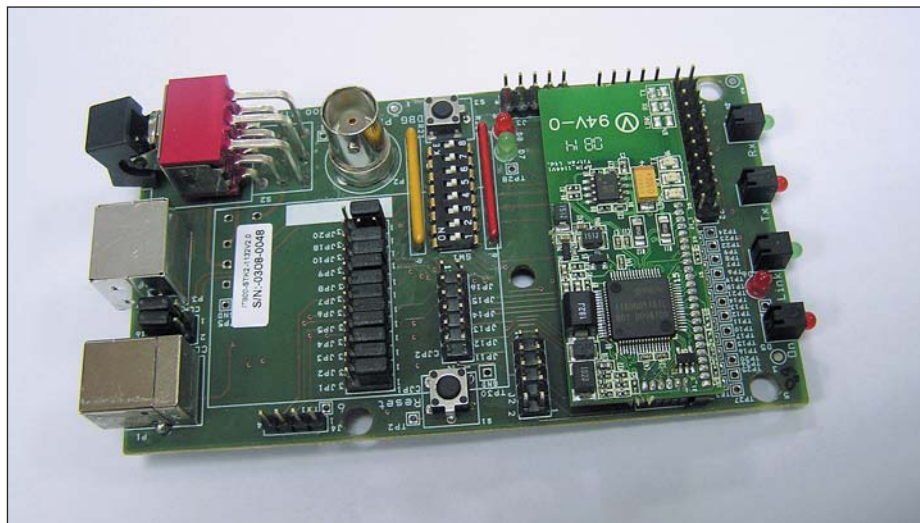


Рис. 6. Внешний вид платы, находящейся в блоке модема. С правой стороны на плату установлен модуль IT800D-PIM

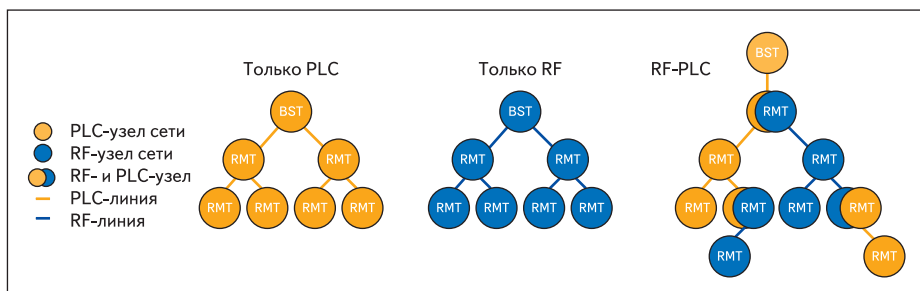


Рис. 8. Топология сетей

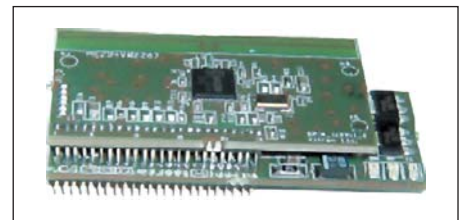


Рис. 7. Модуль RF-PLC

и радиотрактов. Эти модули называются RF-PLC (рис. 7). В радиотракте применяется трансивер, работающий на частотах 2,4 ГГц в соответствии со стандартом 802.15.4. Такие модули рекомендуется использовать там, где есть удаленные устройства, имеющие батарейное питание. И, таким образом, появляется возможность выполнять комбинированные сети, в которых прием и передача данных производится как к абонентам сети, работающим по технологии PLC, так и к абонентам сети, работающим по беспроводному подключению (рис. 8). На рис. 8 сеть, имеющая узлы «только PLC», выделена оранжевым цветом, «только RF» — синим цветом, а в комбинированной сети PLC-RF узлы PLC также оранжевого, а узлы RF — синего цвета.

О топологии сети

Топология сети, в которой работают модемы, ориентирована в основном на передачу данных от удаленных абонентов к базовой станции. Такая топология характерна для объектов, которые должны передавать небольшой объем данных в базовую станцию, и управляются эти удаленные объекты так же только от базовой станции. А в том случае, когда необходимо передать небольшой объем данных от одного удаленного абонента сети к другому, такую передачу всегда можно выполнить через базовую станцию. Несколько забегая вперед, можно сказать, что встроенное в модем программное обеспечение позволяет создавать крупномасштабные сети, в которых на один концентратор (базовую станцию) приходится до 2047 опрашиваемых устройств. При этом расстояние между узлами может достигать до 3000 метров. Кроме того, встроенное программное обеспечение автоматически обрабатывает изменения в канале и производит подстройку модемов под параметры физической линии. Программное обеспечение, разработанное компанией Yitran, позволяет организовывать до 1023 виртуальных локальных сетей. А это позволяет «накладывать» на одну и ту же физическую среду передачи данных несколько логических развязанных виртуальных сетей.

Что «внутри» кристаллов?

Микросхема IT800D

Любой модем, работающий с аналоговой физической линией, должен иметь функциональные узлы, необходимые для обработки

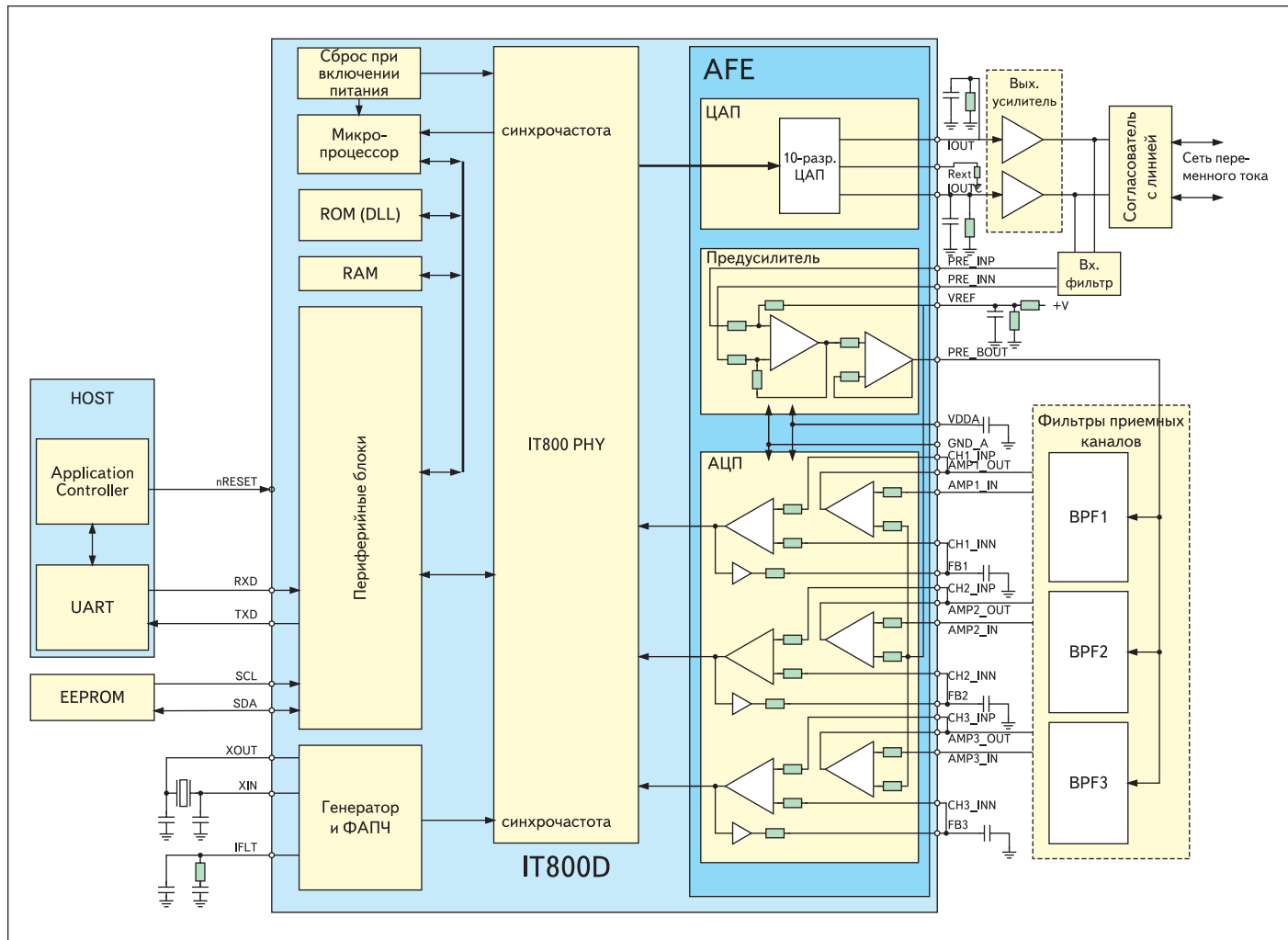


Рис. 9. Блок-схема IT800D

аналоговых данных, преобразования их в цифровую форму и, конечно, для обработки цифровых данных. На стороне передачи модем также должен производить кодирование цифровых данных в соответствии с заданным алгоритмом кодирования, преобразовывать их в аналоговые и посылать в линию. Все эти действия и выполняет микросхема IT800D, блок-схема которой представлена на рис. 9. На данном рисунке также схематично показаны внешние компоненты, которые необходимо подключать к микросхеме модема.

Как видно на рис. 9, микросхема состоит из следующих функциональных блоков:

- POR-блок, обеспечивающий управление встроенным микропроцессором при включении питания микросхемы;
- микропроцессор, производящий обработку данных;
- периферийные блоки, сопрягающие встроенный микропроцессор с внешними микросхемами — памятью EEPROM и хост-процессором;
- блок управления тактированием;
- PHY — это блок, предназначенный для сопряжения цифровой части микросхемы с аналоговой линией;

- блок AFE, он представляет собой набор аналоговых компонентов, предназначенных для фильтрации и усиления входного сигнала и для формирования заданных уровней выходного аналогового сигнала.

Как это работает?

В модеме применено кодирование DCSK (Differential Code Shift Keying) со скоростью передачи данных до 7,5 кбит/с. Модемы предназначены для работы в разных диапазонах частот, поскольку требования к этим устройствам в разных странах отличаются друг от друга. Кроме того, применены дополнительные меры для увеличения надежности работы сети. Есть возможность понижать частоту передачи данных следующими ступенями: 7,5; 5; 1,25 и 0,625 кбит/с. При понижении частоты передачи увеличивается достоверность передачи данных. В режиме передачи на скорости 1,25 кбит/с возможно выполнять повторную передачу кодов для повышения достоверности передачи данных. Поскольку данная статья является обзорной, то здесь не имеет смысла более подробно описывать технические характеристики блока PHY, способов кодирования в линии и т. д. Главное, что необходимо отме-

тить, это то, что микросхемы IT800D (так же, как и остальные микросхемы и широкополосные модемы) сертифицированы по российским ГОСТам. Работа модема зависит не только от аппаратных средств, но и от встроенного программного обеспечения.

Несколько слов о том, как микросхема модема сопрягается с хост-микроконтроллером. Здесь все довольно просто: используется стандартный интерфейс UART, на скорости 38 400 бит/с, данные — 8 бит, без паритета, 1 стоповый бит. На рис. 10 показано подключение микросхемы модема к хосту.

Микросхема внешней памяти подключается к двухпроводному интерфейсу, так, как это показано на рис. 11.

Примеры аппаратной реализации

В качестве первого примера аппаратной реализации устройства пользователя можно показать следующий вариант. Но сначала необходимо добавить только одно замечание. Естественно, мы будем рекомендовать изменять только те компоненты и решения, которые входят в программу поставок компании «ЭЛТЕХ», потому что так проще организовать техническую поддержку.

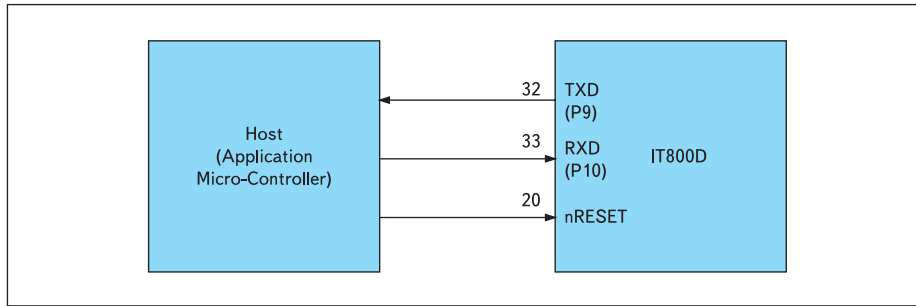


Рис. 10. Подключение микросхемы модема к хост-компьютеру

Поэтому берем стартовый набор 78K0/Lx3See It [3], содержащий микроконтроллер UPD78F0495 компании NEC, и ЖКИ-индикатор и подключаем к этому стартовому набору модуль PIM. Кратко о стартовом наборе 78K0/Lx3See It. Он построен на базе микроконтроллера UPD78F0495 (семейство 78K0/Lx3). Особенности этого семейства — малое энергопотребление, встроенный ЖКИ-драйвер, наличие таймера реального времени (с календарем) и некоторые другие периферийные устройства. Входящее в состав оценочного комплекта программное обеспечение содержит большое количество демонстрационных программ, которые можно использовать в качестве основы для собственных разработок. Функциональные характеристики оценочного комплекта позволяют программировать и производить отладку программы микроконтроллера.

Основные преимущества микроконтроллеров семейства 78K0/Lx3:

- FLASH: 8-60 кбайт;
- ОЗУ: 512-2048 байт;
- ЖКИ-контроллер: 88-288 сегментов;
- До 3 каналов 16-битного ДУ АЦП;
- До 8 каналов 10-битного АЦП последовательного приближения;
- RTC с календарем;
- генератор кода Манчестер;

- функция приемника дистанционного управления;
 - рабочий температурный диапазон: -40...+85 °C;
 - напряжение питания: 1,8-5,5 В.
- Особенности стартового набора 78K0/Lx3See It:
- CD-дисплей на 224 сегмента;
 - 8×10-бит АЦП;
 - 3×16-бит ДУ АЦП;
 - R-приемник RPM7138;
 - температурный сенсор S-8120C;
 - демонстрационные программы и ПО IAR Embedded Workbench.

Этого набора вполне хватает для реализации многих задач пользователя. Подключаем

к UART микроконтроллера модуль IT800D-PIM. Получаем сетевое устройство, которое можно «научить» выполнять программу пользователя и передавать данные на центральный узел сбора информации по сети электропитания 220 В. На рис. 12 показано, как может выглядеть такое устройство в виде блок-схемы. А на рис. 13 эти компоненты можно видеть «вживую», в виде плат и модулей. Устройство представлено в следующем виде: развязка от сети 220 В — слева, микроконтроллер — справа и PLC-модем — в центре. На рис. 13 не показаны компоненты, выполняющие развязку от сети 220 В, и вместо них слева нарисован пустой прямоугольник.

Приведем второй пример аппаратной реализации устройства пользователя. Взгляните еще раз на рис. 1. Там показано, что концентраторы передают данные на базовую станцию по отдельному каналу связи. В качестве примера реализации такого канала связи могут выступать законченные терминальные решения Fastrack Supreme от компании Wavcom [4], построенные на базе модулей WAVECOM серии Q26xx с архитектурой ARM9. Эти устройства представляют собой готовые GSM-модемы в металлическом корпусе с выведенными на боковые поверхности интерфейсными разъемами: UART, USB и с порта-

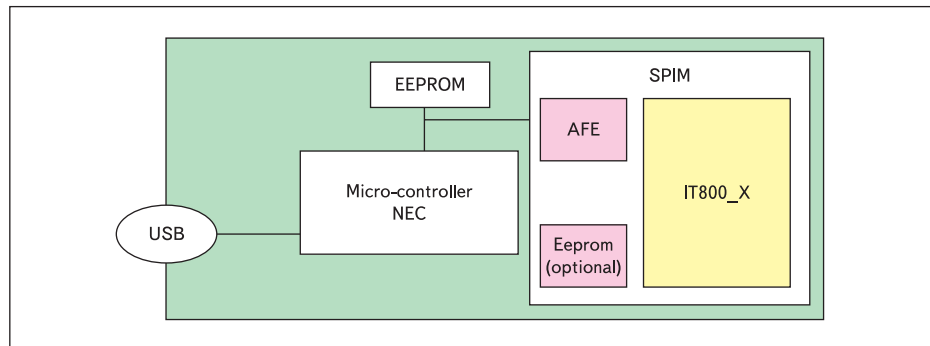


Рис. 12. Блок-схема устройства пользователя, состоящего из микроконтроллера и PLC-модема

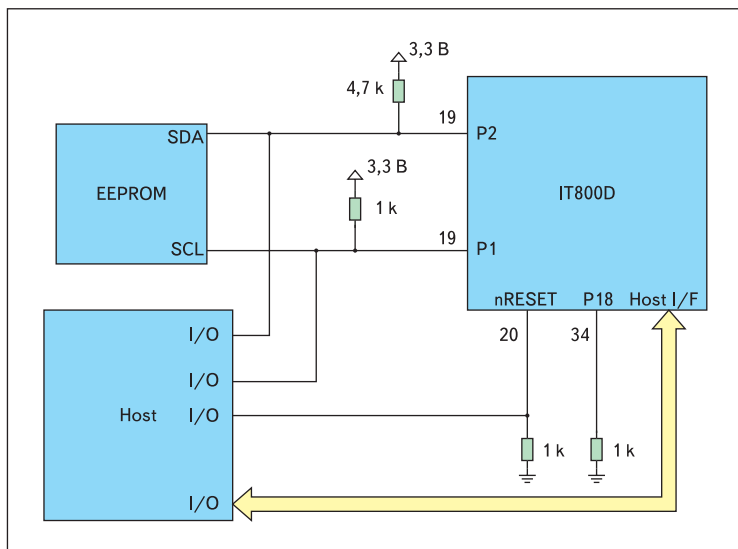


Рис. 11. Подключение к хосту микросхемы модема IT800D и микросхемы памяти EEPROM

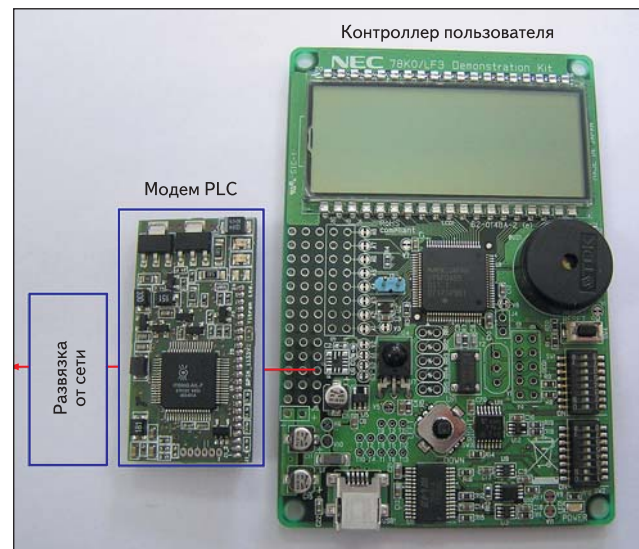


Рис. 13. Компоненты, представленные на рис. 12 в виде плат и модулей

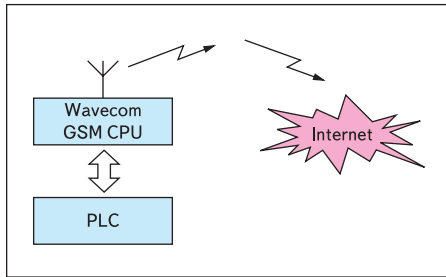


Рис. 14. Блок-схема устройства пользователя, состоящего из GSM-модуля компании Wavocom и PLC-модема

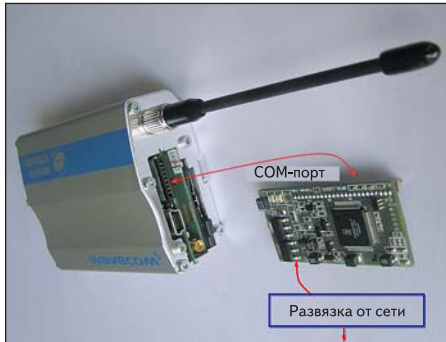


Рис. 15. Устройство пользователя, состоящего из GSM-модема и PLC-модема

ми I/O. Модули Fastrack Supreme 10 с поддержкой GPRS и Fastrack Supreme 20 с поддержкой EDGE имеют встроенный процессор ARM926, 32 бит, работающий на частоте 221 МГц. Встроенный процессор модуля Fastrack Supreme кроме задач, связанных с обслуживанием тракта GSM, способен также выполнять и дополнительную задачу. В данном случае это будет обслуживание PLC-модема.

На рис. 14 показана блок-схема такого устройства пользователя, а на рис. 15 представлено то, как это выглядит «вживую», в виде плат и модулей.

Более подробно об этих GSM-модулях можно прочитать на сайте компании Wavocom [4].

Кроме рассмотренных здесь примеров реализации различных устройств, можно представить достаточно много других вариантов. Читатели, которые захотят поделиться своими примерами реализации устройств с PLC-модемами, всегда могут это сделать. Для этого напишите нам и пришлите описание и фотографию вашего устройства.

Встроенный софт и программные инструменты поддержки разработки

Теперь, после рассмотрения всех аппаратных вопросов, давайте вновь вернемся к программной «начинке» микросхемы. Как уже говорилось, микросхема содержит встроенный микроконтроллер, на котором реализуются нижние уровни протокола передачи. Такая микросхема, с минимально-необходимым встроенным софтом, называется IT800D. На рис. 16 показано, что в микросхеме IT800D

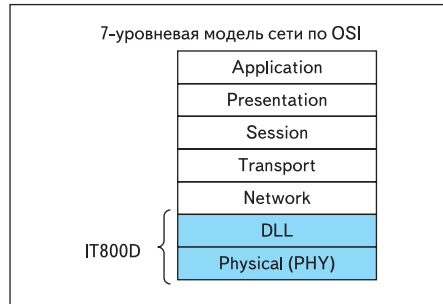


Рис. 16. В микросхеме IT800D реализованы два уровня: уровень физической передачи — PHY и более высокий уровень, уровень передачи данных — DLL

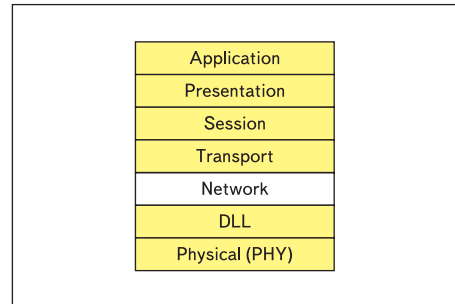


Рис. 17. Y-NET соответствует 3-му уровню в модели OSI и находится над уровнем DLL

реализованы два уровня по модели OSI: это нижний уровень — уровень физической передачи, PHY, и более высокий уровень — уровень передачи данных, DLL (Data Link Layer). Реализация этих уровней позволяет надежно передавать данные по физической сети. В DLL определены различные характеристики сети и характеристики протокола передачи, включая физическую адресацию устройств, топологию сети, обработку ошибок, последовательность передачи кадров и управление приемом/передачей данных.

На DLL есть возможность производить передачу данных с подтверждением доставки и без него. Также на этом уровне производится обработка ошибок при столкновении данных в сети. Алгоритм возврата к передаче базируется на стандарте 802.11 и адаптирован к линии передачи. Если длина пакета данных превышает допустимую длину для передачи одного пакета, то такой пакет данных разбивается на несколько частей и каждая часть передается в линию отдельным пакетом. На приемном конце производится сборка данных в исходный пакет большой длины.

Но на этом компания Yitran не остановилась и применила довольно оригинальный прием. На следующем этапе развития значительная часть программ по передаче данных и работе в сети была перенесена с хост-микроконтроллера в память микросхемы модема, так что эти функции по обработке протокола стал выполнять не хост-микроконтроллер, а встроенный в модем микроконтроллер. Такую микросхему компания Yitran маркирует как IT800Y. Модули, в которые установлена такая микросхема, называются IT800Y-PIM. Они по всем аппаратным характеристикам идентичны модулям IT800D-PIM, но при этом, как уже говорилось, выполняют дополнительные функции.

Программное обеспечение, работающее в модемах, компания Yitran называет Y-NET. На рис. 17 показано, что Y-NET соответствует 3-му уровню в модели OSI и находится над уровнем DLL. Сетевой уровень выполняет две основных задачи — адресацию и маршрутизацию. Адресация производится таким образом, что концентратору сети приписывается

определенный адрес, и абонентам сети также присваиваются логические адреса в сети. Типовая сеть обычно представляет собой древовидную структуру, и при этом данные от абонента поступают в концентратор, проходя через множество промежуточных узлов сети. Программный модуль, отвечающий за маршрутизацию, должен определить наличие абонентов в сети, установить порядок прохождения данных по сети (от кого к кому), при этом он должен учитывать, что данные могут проходить последовательно через несколько узлов. Поскольку маршрут прохождения данных определяется автоматически, то программное обеспечение способно проводить данную процедуру периодически. Это позволяет динамически в процессе работы оптимизировать прохождение данных по сети и проверять работоспособность всех устройств, подключенных к ней. В том случае, если нарушилась какая-либо связь, которая ранее представлялась оптимальной, программное обеспечение проводит поиск альтернативной ветви для передачи информации. Таким образом работоспособность сети восстанавливается. Для верхнего уровня в модели OSI предоставляются все возможности по управлению ресурсами сети и по ее мониторингу.

А это значит, что Y-NET можно использовать не только для построения сети, но и как инструмент, с помощью которого можно контролировать сеть и управлять ею. У пользователя, применяющего Y-NET как инструмент для работы в сети, появляются следующие возможности:

- управление адресацией сети;
- управление потоком данных;
- маршрутизация данных непосредственно по конечным устройствам;
- шифрование данных при передаче;
- автоматическая коррекция ошибок.

Для пользователей Y-NET поставляется как библиотечная функция. Дается полное описание ее функций и примеры работы с ней.

Yitran прикладывает значительные усилия для того, чтобы помочь работе своих клиентов. Компания осуществляет полноценную техническую поддержку, предоставляет клиентам тестовые проекты по всем выпускаемым изделиям. Для того чтобы помочь кли-

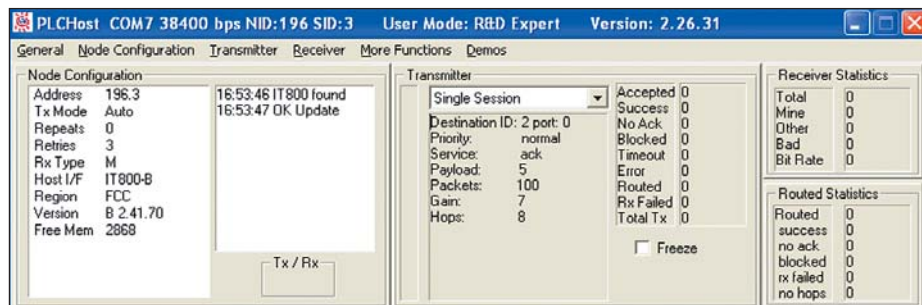


Рис. 18. Основное окно программы PLCHost, в котором отображены параметры работы модема

ентам быстрее освоить продукцию, фирма предлагает стартовые наборы, куда входят описания, программы и схемы.

Стартовый набор STK2 подключается к хост-компьютерам через интерфейс USB. Для поддержки интерфейса используются драйверы виртуального COM-порта. Поэтому пользователь может применить не только софт, поставляемый компанией Yitran,

но и свой собственный. Теперь вернемся к программным инструментам для стартового набора. На рис. 18 показано основное окно программы PLCHost, в котором отображены параметры работы модема.

Программа PLCHost позволяет производить как настройку модемов и мониторинг сети, так и передачу данных блоками по заранее заданному числу циклов передач.

Заключение

Применение технологии PLC позволяет разработчикам получить дополнительные преимущества для разрабатываемой ими аппаратуры. А это значит, что их позиции на рынке еще более укрепятся. Переход на технологию PLC может произойти довольно быстро и не потребует больших затрат сил. Для этого можно применить технические решения, предоставляемые компанией Yitran. Эти решения уже проверены временем, поскольку компания Yitran — лидер рынка по PLC.

Литература

1. Официальный сайт компании Yitran Communications Ltd. (www.yitran.com)
2. Документация по микросхемам и модулям компании Yitran <http://yitran.com/download1.htm>
3. <http://www.eltech.spb.ru/news.html?nid=484>
4. <http://www.wavecom.com>