

Интеллектуальные счетчики

как средство повышения эффективности использования электроэнергии

Остин Харни
Перевод: Александр Сотников
Alexander.sotnikov@analog.com

Все мы знакомы со счетчиком электроэнергии, который спрятан в гараже, подвале или другом неприметном месте. Мы могли даже взглянуть на него раз-другой, чтобы снять последние показания и сообщить их в обслуживающую компанию. Благодаря развитию технологий внутри этого безобидно выглядящего приборчика происходит тихая революция.

На рис. 1 приведен пример традиционного электромеханического счетчика, который имеет вращающийся диск и механическое устройство отображения. Первый такой прибор был разработан еще в конце XIX века. Принцип его работы основан на подсчете количества оборотов металлического диска, вращающегося со скоростью, которая пропорциональна мощности, проходящей через счетчик. Расположенные рядом с диском катушки приводят его во вращение, наводя вихревые токи и вызывая действие силы, которая пропорциональна мгновенному току и напряжению. После отключения питания постоянный электромагнит демпфирует диск, останавливая его вращение.



Рис. 1. Электромеханический счетчик электроэнергии

Первым шагом в эволюции стала замена электромеханических счетчиков на полупроводниковые электронные. Эти устройства оцифровывают мгновенное напряжение и ток при помощи сигма-дельта АЦП с высоким разрешением. Произведение напряжения и тока дает значение мгновенной мощности

в ваттах. Интегрирование ее во времени дает значение использованной энергии, которая обычно измеряется в киловатт/часах (кВт/ч). Данные о расходе энергии отображаются на жидкокристаллическом индикаторе (ЖКИ), как показано на рис. 2.



Рис. 2. Полупроводниковый электронный счетчик электроэнергии

Электронные счетчики обладают рядом преимуществ. Помимо измерения мгновенной мощности, они могут фиксировать и другие параметры, например коэффициент мощности и реактивную мощность. Данные можно измерять и сохранять в определенные интервалы времени, что позволяет обслуживающим компаниям предлагать услуги с различной ценовой политикой в зависимости от времени суток. Это, в свою очередь, дает возможность грамотным потребителям экономить деньги, используя устройства с высоким энергопотреблением (стиральные машины, сушилки и т. п.) в периоды низкой нагрузки, когда стоимость ниже, а обслуживающим компаниям — не тратиться на строительство новых электростанций, поскольку энергия, потребляемая в период пиковой нагрузки, уменьшится. На работу электронных счетчиков не могут повлиять внешние магниты и их собственная ориентация, поэтому они более защищены от вмешательства, чем электромеханические. Кроме того, электронные счетчики обладают высокой надежностью.

Компания Analog Devices сыграла важную роль в процессе перехода от электромеханических счетчиков к электронным, поставив на сегодняшний день уже более 225 млн ИС для измерения электроэнергии. Согласно исследованию, проведенному IMS Research, 75% всех счетчиков электроэнергии, проданных в 2007 г., были электронными, а не электромеханическими.

Электронный счетчик открывает новые возможности

Как только данные счетчика становятся доступны в электронной форме, к нему можно добавить функцию передачи данных. Это позволяет использовать технологию удаленного снятия показаний счетчика (Automatic Meter Reading, AMR) для обращения к датчику по каналу связи. Разнообразные архитектуры систем, разработанные для удаленного снятия показаний, можно разделить на три большие категории: со считыванием проходящим мимо сотрудником компании, со считыванием с проезжающего мимо автомобиля и сетевые. Система, работающая по принципу считывания с проезжающего автомобиля, показана на рис. 3.

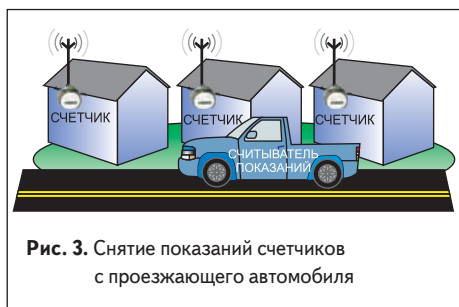


Рис. 3. Снятие показаний счетчиков с проезжающего автомобиля

В данном случае обслуживающая компания посылает фургон, на котором установлено устройство беспроводного сбора данных. Автомобиль объезжает район, считывая информацию. В подобной системе количество счетчиков, показания которых можно снять при помощи одного фургона за день, увеличивается в пять раз по сравнению с системой, основанной на удаленном считывании проходящим мимо сотрудником компании, и более чем в десять раз по сравнению с ручным сбором показаний. В сетевой системе данные со счетчиков направляются в фиксированное устройство сбора данных, которое обычно располагается на столбе в конце улицы или квартала. Оно, в свою очередь, посылает собранные показания в обслуживающую компанию по широкополосному каналу или по сотовой связи.

От AMR к AMI

Первоначально процесс перехода от ручного считывания к системам AMR рассматривался просто как способ сокращения расходов на оплату труда. Однако по мере того как обслуживающие компании стали осознавать потенциальные преимущества технологии AMR, среди которых — возможность организации гибкой ценовой политики для повышения КПД, мгновенное оповещение об обнаружении сбоев и повышенная точность снимаемых показаний, позволяющая собирать статистику энергопотребления в сети, ситуация начала меняться.

Вместо AMR иногда используют понятие усовершенствованной измерительной инфраструктуры (Advanced Metering Infrastructure, AMI), подчеркивая тем самым процесс эволюции простого удаленного считывания показаний датчиков. Сетевые измерительные системы типа AMI могут быть реализованы на основе

различных технологий — от спутниковой до недорогой радиосвязи. Среди развивающихся на сегодняшний день направлений доминируют радиосвязь в нелицензируемом диапазоне ISM (Industrial, Scientific, Medical) и связь по линиям электропитания (Power Line Carrier, PLC).

При организации сбора данных посредством радиосвязи для передачи показаний счетчика используются недорогие маломощные радиопередатчики, а в случае PLC данные транслируются непосредственно по сети электропитания. Компанией Analog Devices разработаны решения для обеих технологий: семейство трансиверов ближнего радиуса действия ADF7xxx для сегмента радиосвязи в диапазоне ISM и семейство SALEM на базе процессоров Blackfin для сегмента PLC.

Каждая из этих технологий имеет свои достоинства и недостатки. Так, для счетчиков воды и газа по соображениям безопасности предпочтительнее использовать радиосвязь, так как наличие силовой сети вблизи воды или газа могут возникать дополнительные сложности, поскольку они часто находятся под землей. Для счетчиков электроэнергии одинаково годятся обе технологии, причем в Северной Америке предпочтение отдается радиосвязи, а в Европе — технологии PLC.

В США к одному трансформатору обычно подключается небольшое количество домов, поэтому решение на основе PLC менее оправдано с экономической точки зрения. В некоторых реализациях обслуживающие компании разворачивают AMI на основе комбинации двух технологий: сеть электропитания используется для связи между устройством сбора данных и счетчиком электроэнергии, а радиосвязь используется для связи между счетчиком электроэнергии и другими счетчиками и устройствами, находящимися в доме. На Google Maps есть интересная страница, которая показывает самые последние данные о глобальном покрытии развернутых и тестируемых систем AMR/AMI.

Разработка ВЧ-тракта счетчика для систем AMR/AMI

Счетчики коммунальных расходов часто располагаются внутри домов, где имеется большое количество беспроводных устройств, или в непосредственной близости от них, что затрудняет обеспечение надежной передачи данных по радиоканалу. Схема ВЧ-тракта должна обладать хорошими показателями для подавления больших помех, например от устройств беспроводных сетей передачи данных, и декодирования полезного сигнала, уровень которого может составлять доли милливольт.

Приемный ВЧ-тракт также должен обладать хорошей чувствительностью, поскольку она напрямую влияет на потенциальную дальность передачи сигнала. Вспомним, что счетчик может находиться в подвале или, что еще хуже, под землей, и при этом он должен обеспечивать связь с радиоустройством, находящимся на столбе в нескольких кварталах от него, или с фургоном обслуживающей организации, проезжающим

по улице. Чем меньше чувствительность, тем ближе должен располагаться радиоприемник для правильного декодирования сообщений. В мобильной системе, работающей по принципу drive-by, это просто означает, что фургон должен подъезжать ближе к вашему дому. В свою очередь, для фиксированных сетевых инфраструктур это означает необходимость использования сот меньшего размера и, следовательно, увеличения числа устройств сбора данных. Таким образом, высокая чувствительность позволит минимизировать затраты на инфраструктуру системы.

Для счетчиков газа и воды с аккумуляторным питанием критическим требованием является низкая потребляемая мощность. Производители счетчиков электроэнергии часто стараются уменьшить потребляемую ими мощность, поскольку это позволит использовать то же самое техническое решение для счетчиков воды или газа. Кроме того, для работы в нелицензируемом участке спектра протокол связи, который используется счетчиком и устройством считывания показаний, должен подчиняться регламенту радиоизлучений, действующему в конкретной стране. В мире существует несколько нелицензируемых диапазонов, среди которых наиболее используемыми являются 900 МГц, 2,4 ГГц и 5,8 ГГц.

Для связи между счетчиками и между счетчиком и устройством сбора данных большинство производителей выбрали диапазон 900 МГц. При ограниченной бюджетом мощности передатчика дальность связи, обеспечиваемая радиосистемами на этих частотах, больше в сравнении с конкурирующими технологиями, рассчитанными на диапазон 2,4 ГГц, что позволяет достичь большего покрытия соты для выбранной базовой станции или устройства сбора данных. В то же время недостатком с точки зрения практического использования является слабая стандартизация радиосвязи в этом частотном диапазоне. Субгигагерцевые диапазоны, несомненно, являются наилучшим выбором для счетчиков газа и воды с аккумуляторным питанием. В связи с этим существенно возрастает потребность в принятии стандартов, которые позволили бы системам разных производителей взаимодействовать друг с другом.

Одним из примеров стандарта для связи между датчиками и датчика устройства сбора данных служит протокол Wireless M-Bus (беспроводная M-шина), который является развитием протокола M-Bus, ориентированного на проводную передачу данных. Протокол M-Bus11 на сегодняшний день включен в европейский нормативный стандарт EN 13757. Протокол Wireless M-Bus описан в варианте этого стандарта EN 13757-4. На подходе также и другие попытки стандартизации связи в диапазоне 900 МГц. Примером радиотрансивера 900-МГц диапазона, при проектировании которого учитывалась, в том числе, и возможность беспроводной передачи показаний счетчиков, является микросхема ADF7020, блок-схема которой приведена на рис. 4. Он также подходит для использования в системах, где требуется полная совместимость со стандартом Wireless M-Bus.

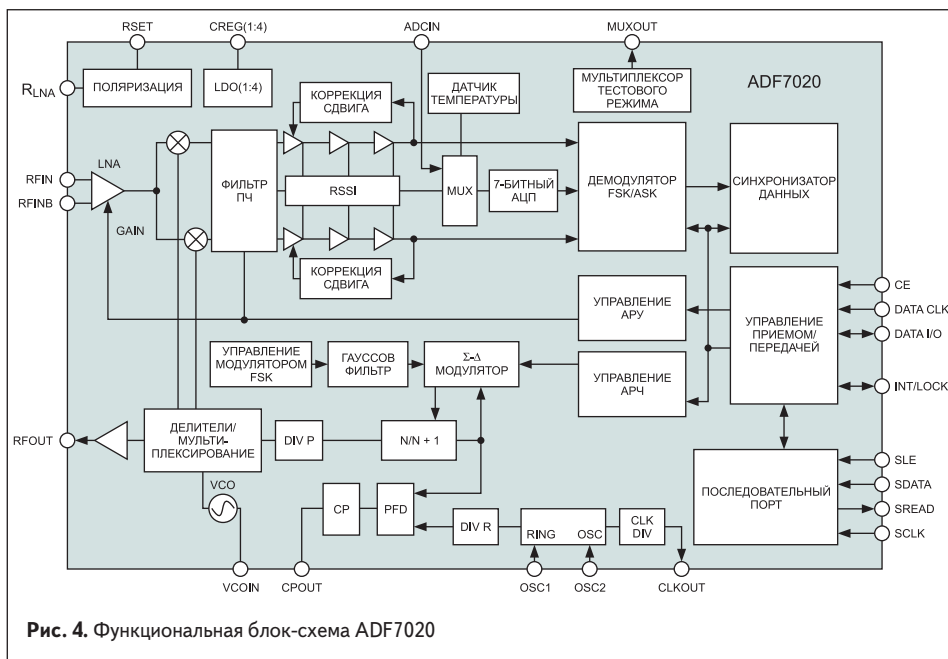


Рис. 4. Функциональная блок-схема ADF7020

Полностью интегрированный малопотребляющий радиотрансивер ADF7020 работает в нелицензируемых диапазонах ISM на частотах 433 МГц в Китае, 868 МГц в Европе и 915 МГц в Северной Америке. В нем интегрированы полнофункциональные приемный и передающий ВЧ-тракты, а также схемы аналоговой и цифровой обработки в основной полосе частот. Для создания платы радиотрансивера для счетчика, поддерживающего технологию AMR, как правило, требуется ADF7020, антенна, небольшое количество внешних пассивных компонентов и простой

микроконтроллер, который будет отвечать за протокол связи (рис. 5). Наличие в трансивере ADF7020 интегрированного 8-битного ядра RISC с ультранизким потреблением мощности сильно облегчает задачу внешнего микроконтроллера, поскольку на это ядро можно возложить некоторые низкоуровневые функции протокола связи. Во многих случаях это позволяет избавиться от необходимости применения специализированного телекоммуникационного микроконтроллера. ADF7020 обеспечивает подавление блокирующих сигналов более чем на 70 дБ.

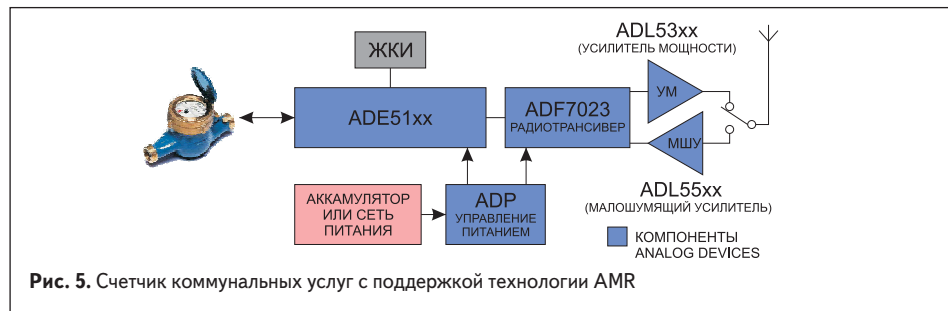


Рис. 5. Счетчик коммунальных услуг с поддержкой технологии AMR

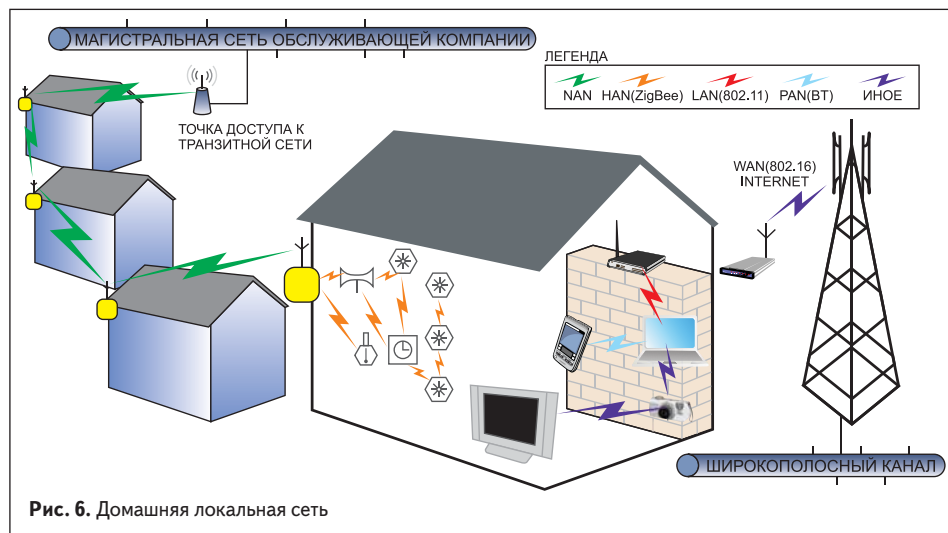


Рис. 6. Домашняя локальная сеть

Это означает, что полезный сигнал может быть обнаружен и правильно декодирован даже при наличии внеполосного сигнала помехи, уровень которого на 70 дБ выше уровня полезного сигнала. Ослабление сигнала соседнего канала, обеспечиваемое ADF7020, равно примерно 40 дБ, а чувствительность, в зависимости от скорости передачи данных, может достигать -120 дБм. Это ниже более чем на 20 дБ по сравнению с наилучшими решениями на основе технологии ZigBee.

Домашняя локальная сеть (HAN)

Ввиду скорого появления во многих домах счетчиков с возможностью передачи данных, обслуживающие компании и органы регулирования энергопотребления начинают заглядывать в будущее, чтобы понять, чем им может быть выгодна эта технология. В рамках данной концепции, которую иногда называют «интеллектуальной сетью» (smart grid), обслуживающие компании смогут использовать сети передачи данных, которые будут проникать в дома потребителей, для активного управления нагрузкой.

Одна из услуг, которые можно организовать в подобной сети, — это предоставление информации о тарифах в реальном времени, которое позволит потребителям контролировать использование электроэнергии. В периоды пиковой нагрузки (например, в сильную жару) обслуживающая компания может послать в дом сообщение, оповещающее владельца о повышении тарифа в следующий час и предлагающее отключить электроприборы. Для реализации подобной услуги в помещениях потребуется установить дисплей, который бы отображал подобные сообщения. Еще более продвинутой возможностью — это организация связи между управляющей компанией и бытовыми устройствами в доме через счетчик, посредством которой можно будет, например, подрегулировать термостат или отключить насос бассейна. Для этого потребуются объединение счетчика и домашней бытовой техники в единую сеть, которую иногда называют домашней локальной сетью (Home Area Network, HAN). В таких сетях могут найти применение радиотрансиверы как ADF702x, так и ZigBee.

Большинство участников энергетической индустрии понимают, что появления полностью работоспособной домашней локальной сети, интегрированной с усовершенствованной измерительной инфраструктурой, стоит ждать только через несколько лет. В то же время преимущества подобных систем стимулируют многие компании к активному участию в разработке решений для домашних локальных сетей уже сегодня. Пример локальной домашней сети изображен на рис. 6.

Интеллектуальные сети и AMI — это ключевые технологии на пути к повышению эффективности использования электроэнергии и, в конечном счете, снижению выбросов углекислого газа в атмосферу. Компания Analog Devices активно участвует в создании инновационных и экономических устройств для рынка интеллектуальных счетчиков и вносит свой вклад в прогресс в области сбережения электроэнергии.