

Александр Калачев (г. Барнаул)

ОБОРВИ СЧЕТЧИКУ ПРОВОДА: БЕСПРОВОДНЫЕ РЕШЕНИЯ ДИАПАЗОНА <1 ГГц ОТ TEXAS INSTRUMENTS



Беспроводные решения при организации сети учета и контроля расхода энергии в жилом фонде экономичнее проводных в два раза. А гибкость таких решений разработчику обеспечит семейство энергоэффективных беспроводных устройств диапазона <1 ГГц от компании Texas Instruments. В первой половине 2011 года компания расширила линейку интегральных приемопередатчиков, добавив к популярной модели CC1101 высокопроизводительные изделия серии Performance (CC1120, CC1101...CC1121) и бюджетные изделия серии Value (CC110L, CC113L, CC115L).

Одним из перспективных секторов рынка в России является автоматизация в области жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), особенно в области учета потребления ресурсов. Причем остро данная проблема стоит для всех сторон, преследующих порой совершенно разные цели — это поставщики ресурсов или услуг, посредники-распределители, и, конечно, потребители. Одним требуется как можно более полный учет потребления, другим важна динамика потребления ресурсов и низкая стоимость внедрения и владения системой учета, третьи заинтересованы в прозрачности процесса формирования тарифов и начисления счетов.

Основные ресурсы, подлежащие учету — электроэнергия, вода, газ, тепло. Системы, позволяющие автоматически учитывать все эти ресурсы на определенном объекте или объектах, носят название — автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ). Безусловно, построение АСКУЭ — задача не простая, и требующая индивидуального подхода для каждого случая, к тому же требуется решение как инженерных, так и организационных задач [1].

Обычно в АСКУЭ выделяют несколько уровней:

- уровень сбора информации;
- уровень передачи информации (связующий);
- уровень сбора, анализа и хранения данных.

При этом имеем обратную зависимость между количеством отдельных устройств на каждом из уровней и потоками данных, с которыми им приходится

оперировать (наибольшее количество устройств будет на уровне сбора данных, а наибольший поток данных — на уровне сбора и анализа данных).

Внедрение единой системы учета энергоресурсов — проблемы и вызовы

С точки зрения встраиваемых систем наиболее интересны первые два уровня. В организационном плане имеем взаимодействие между конечными потребителями (квартиросъемщики, юридические или частные лица — объекты учета (точнее ресурсы, ими потребляемые)) и одним или несколькими посредниками (товарищества собственников жилья — ТСЖ, жилищно-эксплуатационные управления — ЖЭУ, управляющие компании — субъекты учета). В инженерном плане — задачи размещения датчиков и счетчиков, организация транспортировки данных, совместной работы всех систем учета. При этом в настоящее время практикуется как поквартирный, так и подомовой учет ресурсов.

Рассмотрим взаимодействие между субъектом учета и конечными потребителями. Можно выделить несколько характерных ситуаций, наблюдаемых в населенных пунктах.

Несколько многоквартирных домов, обслуживаемых одним субъектом учета. Данный случай представляется практически идеальным, так как расположение объектов учета относительно компактное (площадь порядка нескольких гектар ~200x300 метров), количество объектов также относительно невелико — в районе единиц тысяч.

Отдельные микрорайоны или жилищные массивы. Ситуация чаще всего встречается в районах новостроек,



когда один или несколько кварталов застраивает одно предприятие, в населенных пунктах, где это географически целесообразно (например из-за особенностей рельефа), или в случае существующих (существовавших) район- и градообразующих предприятий. Случай характерен достаточно большой площадью территории (речь может идти о десятках квадратных километров) и очень большим количеством объектов учета — для небольшого городского микрорайона эта цифра составляет примерно 30-50 тысяч объектов.

Коттеджные поселки, населенные пункты сельского типа. Характерны большой занимаемой площадью — в несколько десятков квадратных километров (ситуация может быть усложнена особенностями рельефа), относительно небольшим количеством объектов учета.

В случае поквартирного учета в каждой квартире устанавливается набор счетчиков — электричества, расхода газа, расхода воды (отдельно холодная, горячая, возможно — канализация), теплосчетчик — т.е. порядка четырех-пяти устройств. Для их установки необходима некая система питания и среда передачи данных. Конечно, в случае новостроек наличие датчиков можно предусмотреть и заложить соответствующие линии в СКС здания, но остается проблема квартир свободной планировки и популярной перепланировки квартиры жильцами уже после сдачи дома. Для уже эксплуатируемых зданий существует проблема установки счетчиков в условиях жилого интерьера. Естественно, существует определенный выбор между проводными и беспроводными способами передачи данных от отдельных счетчиков на квартирный, подъездный или домовый центральный узел.

Беспроводные технологии в АСКУЭ

Рассмотрим подробнее некоторые особенности организации АСКУЭ с ис-

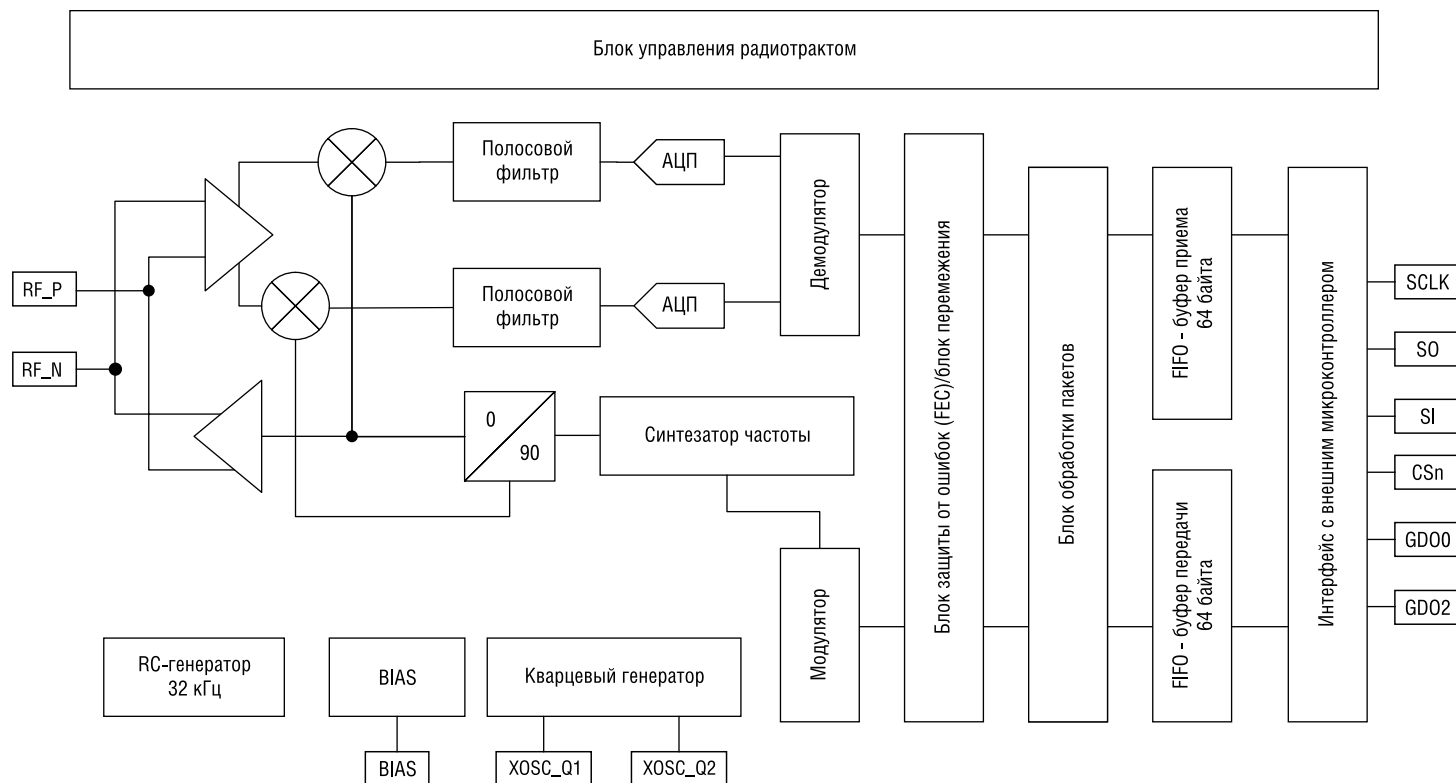


Рис. 1. Упрощенная структура приемопередатчика CC1101

пользованием беспроводной передачи данных. Основные проблемы:

- переход на автономные источники питания — высокие требования по энергоэффективности приемопередатчиков и управляющих устройств — учитывается время работы устройств без замены источника питания;

- взаимное влияние радиоустройств — однотипные устройства, приборы сигнализации, связи, бытовая электроника — возможная интерференция сигналов, возможность работы нескольких устройств в одном частотном диапазоне, взаимное влияние частотных каналов, селективные возможности приемников;

- обеспечение надежной постоянной связи — наличие препятствий, затухание сигнала с расстоянием, многолучевое распространение — чувствительность приемника, мощность передатчика, способы модуляции сигнала;

- обеспечение информационной безопасности системы — подмена трафика, атаки на доступность, подавление сигнала — модуляция сигнала, шифрование трафика, протоколы обмена.

На данный момент наиболее интересной для реализации беспроводного обмена данными в АСКУЭ представляется низкочастотная часть ISM-диапазона, а именно частоты менее 1 ГГц. Причины этому следующие:

- в диапазоне 433 МГц присутствует большое количество охранных устройств — сигнализации, пожарно-охранные системы

- в диапазоне 2,4 ГГц присутствует большое количество устройств — компьютеры и беспроводное сетевое оборудование, беспроводные наушники, гарнитуры, системы типа «умный дом»;

- сигналы с частотами менее 1 ГГц меньше подвержены влиянию препятствий в виде стен, домов, деревьев;

- при равных мощностях могут обеспечить более уверенный прием данных (уменьшение частоты передачи в два раза примерно во столько же увеличивает дальность (формула Фриза)).

Семейство энергоэффективных беспроводных устройств CC1xxx

Для субгигагерцового диапазона компанией Texas Instruments предлагается достаточно широкий спектр продукции [2]:

- антенные усилители — серия **CC1190**;

- приемники — серия **CC113L**;

- передатчики — **CC115L, CC1150, CC1050, CC1070**;

- приемопередатчики — серии **CC110L, CC102x, CC1101, CC1120, CC1121**

- системы на кристалле:

- **CC430** — на основе приемопередатчика CC1101 с аппаратной поддержкой шифрования AES-128 и 16-битным контроллером (ядро MSP430);

- **CC111x** — с 8-битным контроллером (ядро 8051), поддержкой шифрования AES-128.

В качестве программной поддержки предлагается фирмен-

ный стек протоколов SimpliciTI [3], подходящий практически для всех систем на кристалле и связок приемопередатчик+микроконтроллер MSP430x. Данный стек протоколов может быть использован для прототипирования беспроводных систем или как основа для сетевых приложений. Помимо этого планируется выпуск нового беспроводного процессора **CC1180** для реализации сети 6LoWPAN. Новинка основана на системе на кристалле **CC1110F32** с прошитым стекком 6LoWPAN от компании Sensinode [4]

Приемопередатчики CC1101

В основе беспроводных решений TI в рассматриваемом диапазоне лежит хорошо зарекомендовавшая себя архитектура многоканального приемопередатчика CC1101 (рисунок 1) с выходной мощностью до 12 дБм, чувствительностью -112 дБм и поддерживаемыми скоростями передачи данных до 600 кбит/с с управлением по интерфейсу SPI [5].

Данный приемопередатчик требует для своей работы лишь несколько пассивных компонентов благодаря встроенному частотному синтезатору. Способен работать в частотных диапазонах 300...348, 387...464, 779...928 МГц. Поддерживает несколько режимов частотной и амплитудной модуляции — 2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK и OOK, ASK. Обладает малыми временами выхода из режима низкого энергопотребления в режим приема или передачи (всего 240 мкс) и установлен-

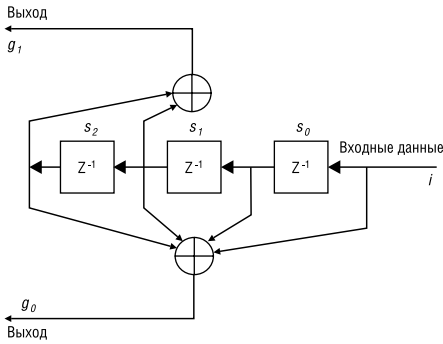


Рис. 2. Упрощенная структура приемопередатчика CC1101

ем частоты синтезатора (75 мкс), что позволяет использовать приемопередатчик в системах, использующих перестройку частоты (FHS). Поддерживается автоматическое прослушивание канала перед началом передачи (*Clear Channel Assessment – CCA*), имеется программируемый индикатор наличия несущей. Качество приема может быть оценено при помощи измерения уровня принятого сигнала (RSSI) (для отдельного пакета) и при помощи индикатора качества связи (LQI) (в целом по статистике успешного/неуспешного приема пакетов).

CC1101 ориентирован на применение в системах с пакетной передачей данных, имеет аппаратную поддержку детектирования синхрослова, проверку адреса, автоматический подсчет длины пакета и вычисление контрольной суммы. Также имеются два отдельных 64-байтных FIFO-буфера на прием и передачу (настраиваемый индикатор заполнения/опустошения буфера).

Кодовое усиление, как средство повышения надежности связи

Для уменьшения количества ошибок при приеме/передаче данных в CC1101 может быть задействован блок защиты от ошибок (*Forward Error Correction – FEC*) работающий по принципу избыточного кодирования [4, 5].

Кодирование реализовано при помощи сверточного нерекурсивного кодера (рисунок 2) постоянной длины (4) с частотой потока 1/2 (один входной бит порождает один двухбитовый кодовый символ).

Поскольку сверточное кодирование лучше всего работает в условиях случайного появления ошибки в передаваемой/принимаемой битовой последовательности, а природа ошибок в радиоканале чаще всего способствует повреждению нескольких последовательно передаваемых бит дополнительно при передаче/приеме используется блок перемежения/деперемежения. В CC1101 для перемежения используется матрица 4x4 – по одной ячейке на кодированный выходной бит. В ито-

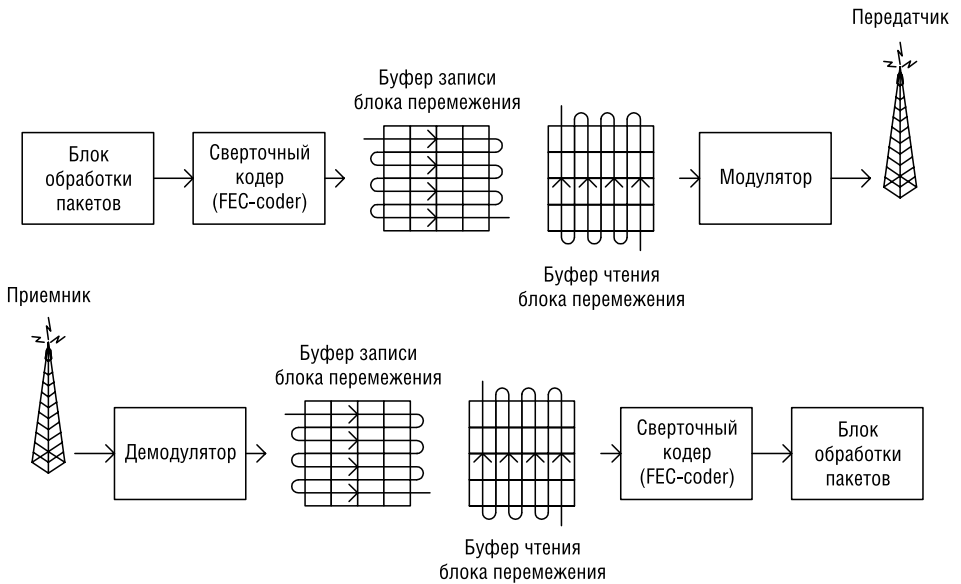


Рис. 3. Схема работы блока защиты от ошибок

ге полная схема работы блока защиты от ошибок выглядит следующим образом – рисунок 3.

Следует учитывать, что применение FEC ведет к падению фактической скорости передачи в два раза. Для сохранения прежней скорости передачи данных необходимо будет удвоить битовую скорость (или перейти от двоичного кодирования к четвертичному), что в ряде случаев может потребовать увеличения ширины частотного канала.

Режим Wake-on-Radio в приемопередатчиках CC1101

Приемопередатчик CC1101 является достаточно энергоэффективным решением – так, токи потребления в режиме приема лежат в пределах 14...17 мА, токи в режиме передачи 15...35 мА в зависимости от заданного уровня выходной мощности и частотного диапазона. CC1101 имеет несколько режимов низкого энергопотребления, начиная от

уровня 0,2 до 200 мкА – в зависимости от задействованных узлов [4, 6].

В дополнении к этому реализован специальный режим работы – пробуждение по наличию радиосигнала – *Wake-on-Radio (WOR)*. В данном режиме радиоприемная часть CC1101 периодически активируется для прослушивания канала в течение заданного времени для приема пакетов без участия внешнего контроллера. Для этого используется специальный таймер, тактируемый от внутреннего RC-генератора, периодически генерирующий два сигнала – включение регулятора напряжения цифровой части и запуск кварцевого генератора (*Event0*) – режим IDLE и, через некоторое время, включение режима приема (*Event1*) – RX. Если в течение установленного времени пакет не пришел, приемопередатчик переходит в режим IDLE, а затем в режим SLEEP. Момент срабатывания *Event0* может быть

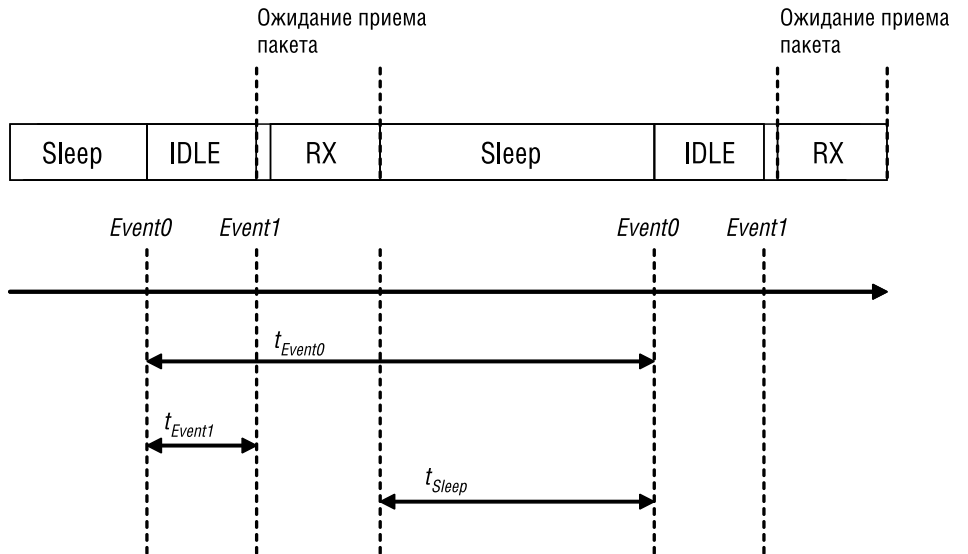


Рис. 4. Принцип работы режима Wake-on-Radio

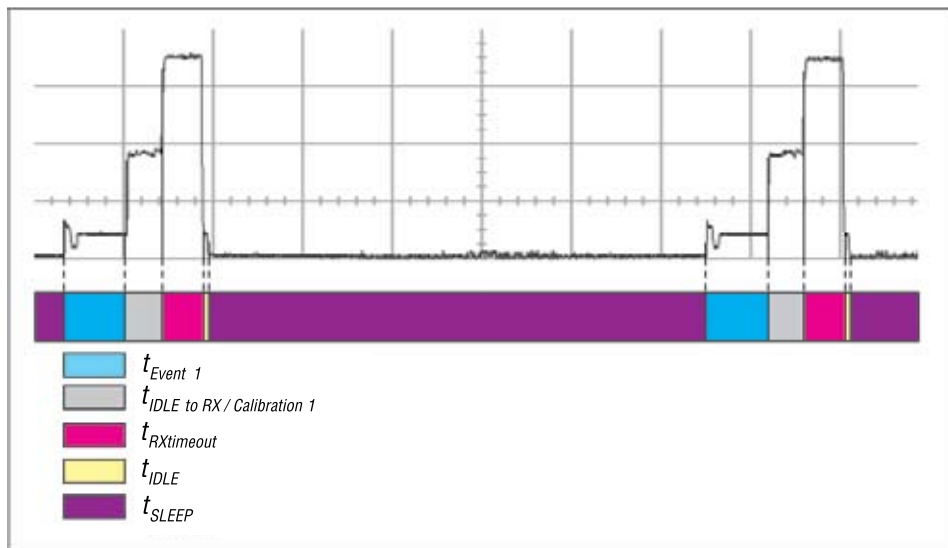


Рис. 5. Качественное распределение потребления тока при работе в режиме Wake-on-Radio

отслежен на одном из GDOx выводов (рисунок 4).

На рисунке 5 качественно показаны уровни потребления тока в режиме WOR.

Если пакет пришел — работа устройства в режиме приема продолжится до окончания приема пакета. После этого внешний контроллер должен обработать пакет и перевести приемопередатчик в режим SLEEP командой SWOR. Следует учитывать два факта:

- данные пакета теряются при переходе в режим SLEEP;
- время на прием, обработку пакета и перевод в спящий режим должно

быть меньше периода генерации таймером WOR сигнала Event0.

Применение режима WOR позволяет в несколько раз снизить ток потребления при работе системы на прием пакетов.

CC1101 выпускается в малогабаритном низкопрофильном корпусе — QLP20 — размеры 4x4 мм.

Дальнейшее развитие серии вылилось в начале 2011 года в две линейки продуктов — **Perfomance Line** и **Value Line**. Первая ориентирована, прежде всего, на приложения с высокой производительностью, требующие широкого спектра аппаратных возможностей

для работы в самых разнообразных условиях. Вторая — линейка недорогих устройств, рассчитанных на массовое применение.

В линейке Perfomance представлены: узкополосный (12,5 кГц/до 8 кГц) многоканальный приемопередатчик CC1120 и модифицированный приемопередатчик CC1101 — CC1121.

В линейку Value вошли приемопередатчик CC110L и отдельные микросхемы приемников CC113L и передатчиков CC115L — бюджетные микросхемы, совместимые с приемопередатчиками CC1101.

Основные особенности семейства CC11xL

CC110L (рисунок 6) — приемопередатчик для частотных диапазонов 300...348 МГц, 387...464 МГц, и 779...928 МГц, основанный на CC1101 с аналогичными характеристиками производительности радиотракта [8, 9]. Имеет аппаратную поддержку обработки пакетов (детектирование синхрослова, автоматический подсчет контрольной суммы), буферизации данных (FIFO-буферы по 64 байта на прием и передачу), непрерывной передачи больших объемов данных. Наилучшие показатели чувствительности -116 дБм при скорости передачи данных 0,6 кбит/с. Скорость передачи данных варьируется в пределах от 0,6 до 600 кбит/с.

Приемопередатчик поддерживает частотную (2-FSK, 4-FSK, GFSK) и амплитудную (OOK) модуляции сигнала

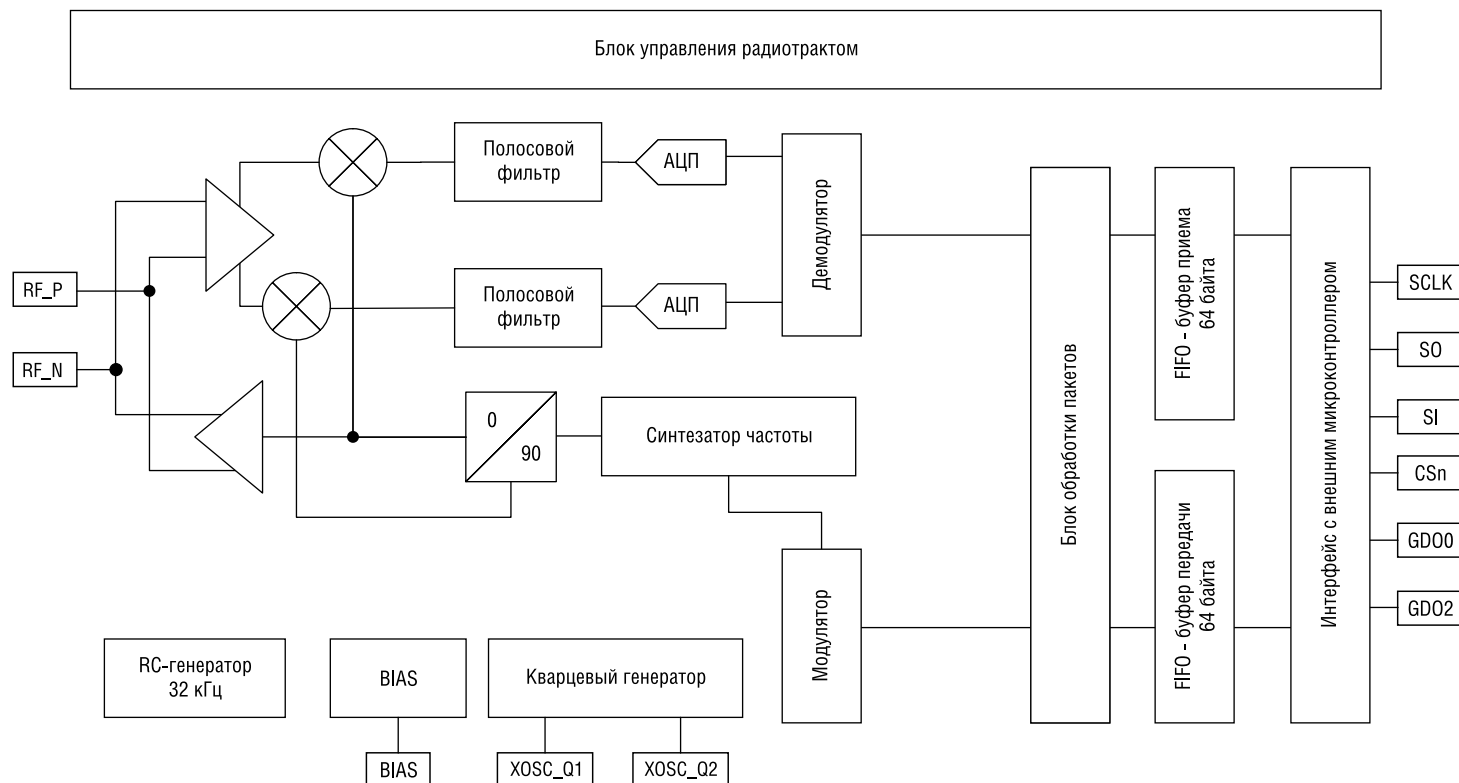


Рис. 6. Структура приемопередатчиков серии CC110L

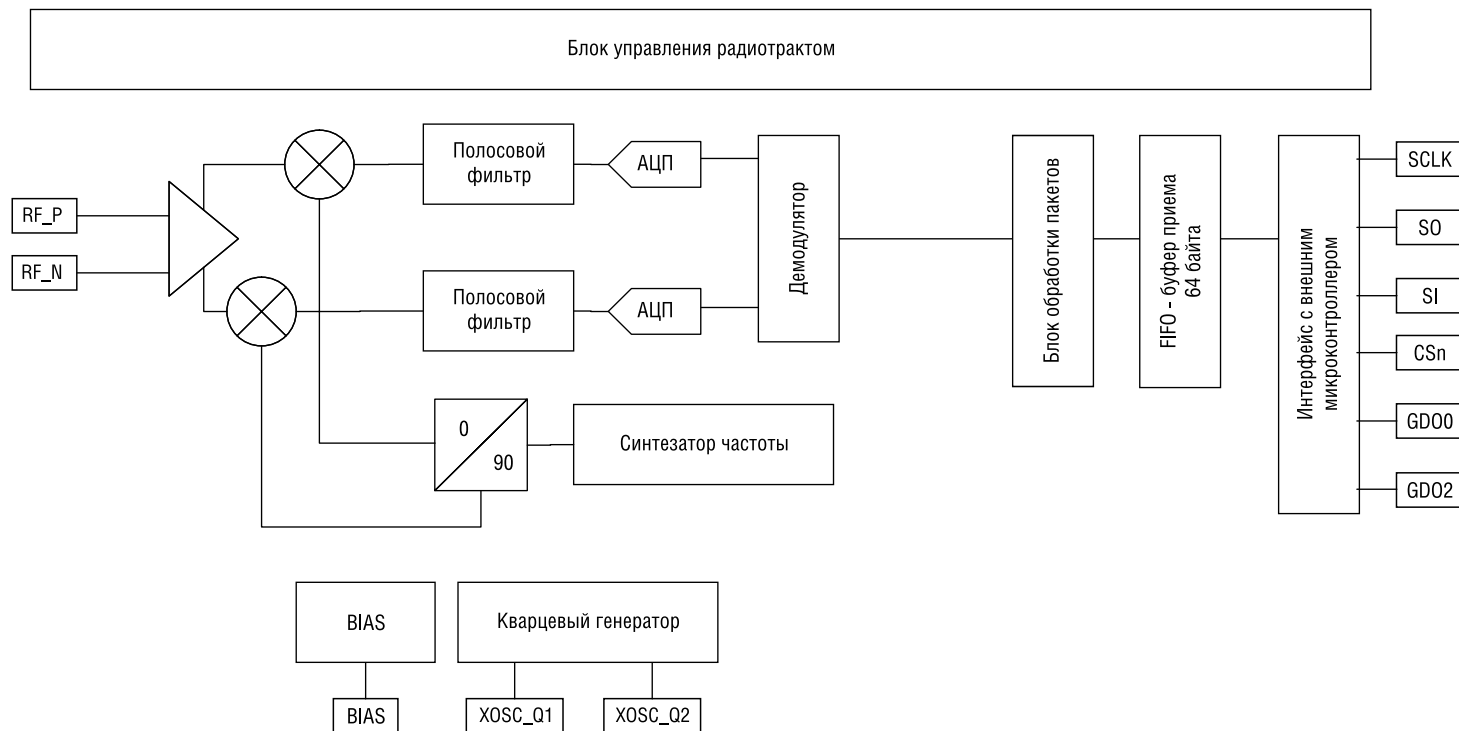


Рис. 7. Структурная схема приемника CC113L

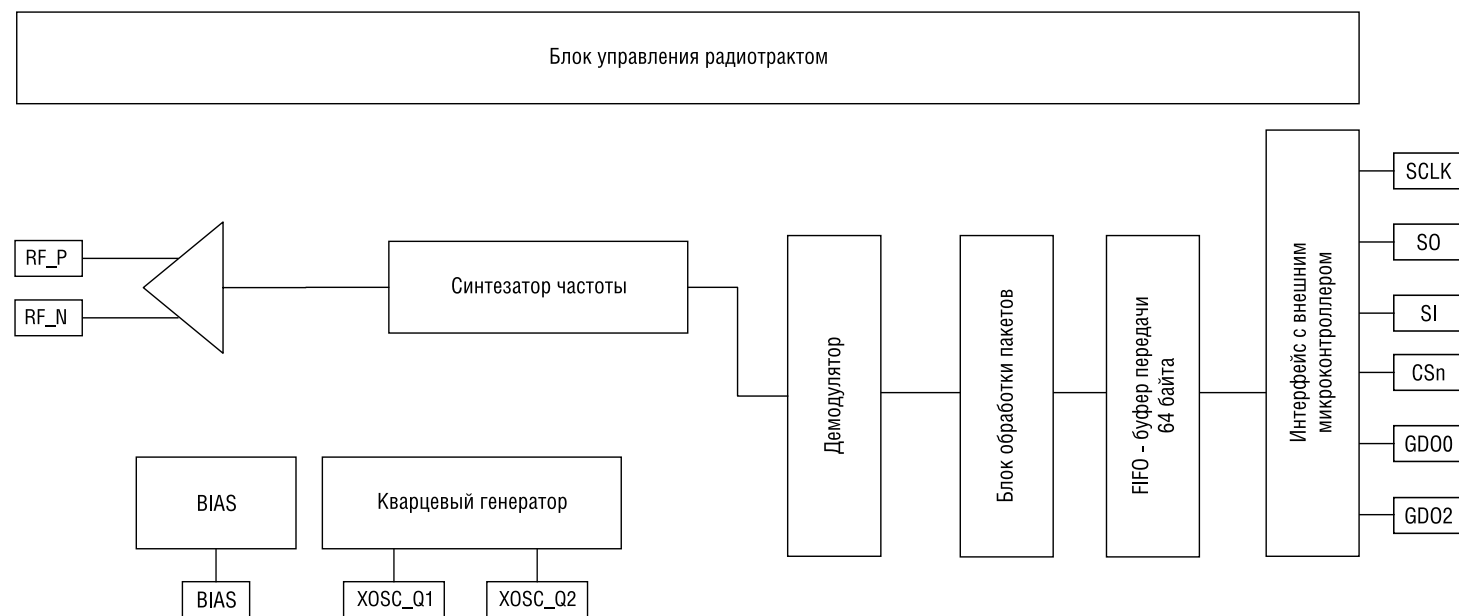


Рис. 8. Структурная схема передатчика CC115L

ла. Время выхода из режима низкого энергопотребления (ток потребления ~200 нА) в режим приема или передачи – порядка 240 мкс. Отсутствие режима пробуждения по наличию радиосигнала (*Wake-on-Radio – WOR*) и блока коррекции ошибок (*Forwarding Error Correction – FEC*) несколько снижает функциональность устройства, но зато положительно сказывается на его цене. Отсутствует также аналоговый датчик температуры.

CC110L по выводу и схемотехнически совместим с CC1101 и выпускается в таком же корпусе – QLP20 (4x4 мм).

Для случаев, когда поток данных – только однонаправленный, идеально подойдут отдельные микросхемы приемников CC113L и передатчиков CC115L (рисунки 7 и 8), полностью совместимые с CC110L и имеющие еще меньшую стоимость [10-13].

Основные особенности семейства CC112x

Изделия серии CC112x [14-17] являются усовершенствованными версиями приемопередатчика CC1101. Усовершенствования коснулись и радиотракта, и цифровой части, и режимов работы.

В результате получился экономичный, высокоизбирательный, высокочувствительный приемопередатчик, что позволяет использовать его в условиях высокого уровня шума, плотного использования радиоканала, высоком уровне интерференционных помех или больших расстояниях между узлами.

Высокопроизводительные многоканальные приемопередатчики CC112x (рисунок 9) обладают максимальной выходной мощностью до 16 дБм, чувствительностью -123 дБм и поддерживаемыми скоростями передачи данных от 1,2 до 200 кбит/с с управлением по ин-

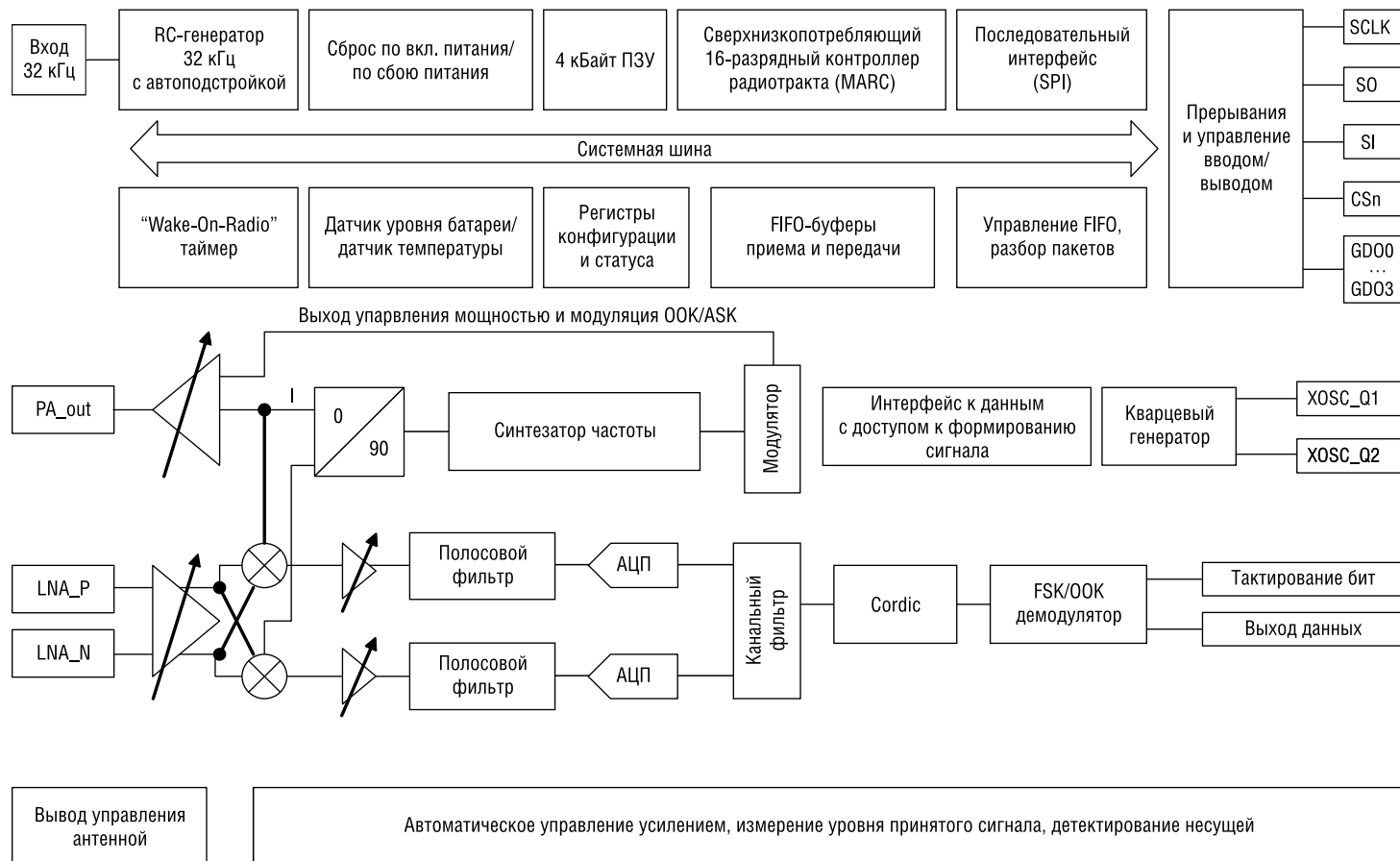


Рис. 9. Упрощенная структурная схема приемопередатчиков CC112x

терфейсу SPI. Выходная мощность регулируется с шагом 0,5 дБм, а чувствительность может быть еще улучшена за счет применения схемы кодового усиления до -125 дБм (один информационный бит кодируется четырьмя чипами). Все это позволяет увеличить максимальную дальность передачи на расстояния до 10 километров.

Сердцем приемопередатчика является встроенный частотный синтезатор с низким уровнем фазовых шумов, что способствует высокой избирательности системы.

Приемопередатчик способен работать в частотных диапазонах 164...192, 410...480, 820...960 МГц. Поддерживаются режимы модуляции 2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK и аналоговая частотная модуляция. По сравнению с CC1101 уменьшено до 150 мкс время выхода из режима низкого энергопотребления в режим приема. Также поддерживается автоматическое прослушивание канала перед началом передачи (*Clear Channel Assessment* – CCA), имеется программируемый индикатор наличия

несущей. Качество приема может быть оценено при помощи измерения уровня принятого сигнала (RSSI) с высокой степенью линейности в широком диапазоне.

CC112x имеют аппаратную поддержку детектирования синхрослова, проверку адреса, автоматический подсчет длины пакета и вычисление контрольной суммы. Добавлена поддержка ретрансляции пакетов, автоматическая отправка подтверждения принятия пакета. Размеры приемного и передающего буфера увеличены до 128 байт каж-

Таблица 1. Сравнительные характеристики приемопередатчиков серий CC1101, CC110L, CC112x

Параметр	CC1101	CC110L	CC1121	CC1120
Чувствительность, дБм	-116	-116	-120	-123
Подавление соседнего канала (± 100 кГц), дБм	37	35	48	52
Максимальная выходная мощность, дБм	12	10...12	14...16	14...16
Частотные диапазоны, МГц	300...348 387...464 779...928	300...348 387...464 779...928	164...192 410...480 820...960	164...192 410...480 820...960
Минимальная ширина канала, кГц	50	50	50	12,5
Максимальная ширина канала, кГц	800	800	250	250
Максимальная скорость передачи, кбит/сек	600	600	200	200
Режимы модуляции	2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK, OOK, ASK	2-FSK, 4-FSK, GFSK, OOK	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM
Режимы работы приемника	Обычный, Wake-on-Radio	Обычный	Обычный, Wake-on-Radio, Sniff Mode	Обычный, Wake-on-Radio, Sniff Mode

дый, что упрощает передачу больших объемов данных (рисунок 9).

Следует отметить, что в сигнальном тракте CC112x используются цифровые фильтры, обеспечивающие высокую стабильность параметров вне зависимости от напряжения питания и температуры. Благодаря фильтрам обеспечивается высокий уровень подавления сигнала вне текущего частотного канала — более 80 дБ (65 дБ при отступлении от центральной частоты канала на 12,5 кГц, 90 дБ при отступлении от центральной частоты канала на 10 МГц). Это позволяет применять приемопередатчики в условиях плотного использования частотного диапазона или при большом количестве устройств на одной территории. А это, в свою очередь, повышает совместимость систем, использующих CC112x, как друг с другом, так и с другими системами, использующими радиоканал, и упрощает процесс установки.

Версия CC1120 позволяет использовать ширину канала менее 12,5 кГц — например, при скорости 4,8 кбит/с ширина канала может достигать всего 6,25 кГц.

Новый режим пониженного энергопотребления — Sniff Mode

В серии CC112x был улучшен режим пробуждения для прослушивания канала (пробуждение по наличию радиосигнала) — уменьшено энергопотребление 32 кГц RC-таймера, есть возможность автоматической калибровки таймера.

Важным дополнением к энергосберегающим режимам приемопередатчика стал новый режим прослушивания радиоканала (т.н. Channel Sniff Mode). Приемнику в CC112x требуется всего лишь время четырех бит преамбулы пакета для установления режима, включая компенсацию смещения частоты и автоматическую регулировку усиления. В режиме прослушивания возможность быстрой установки комбинируется с преамбулой большей длины для автоматической периодической проверки наличия сигнала. В этом режиме приемник автоматически через короткие промежутки времени проверяет наличие передачи в канале, после чего отключается, и в следующем периоде времени ситуация повторяется.

Режим прослушивания канала абсолютно прозрачен для пользователя, никак не влияет на характеристики приемопередатчика (чувствительность, избирательность) и позволяет уменьшить энергопотребление в режиме приема. Конечно, среднее потребление в режиме приема будет зависеть от текущей скорости передачи и длины преамбулы, но выигрыш заметен даже при больших скоростях. Так применение данного режима при длине преамбулы 4 бита на

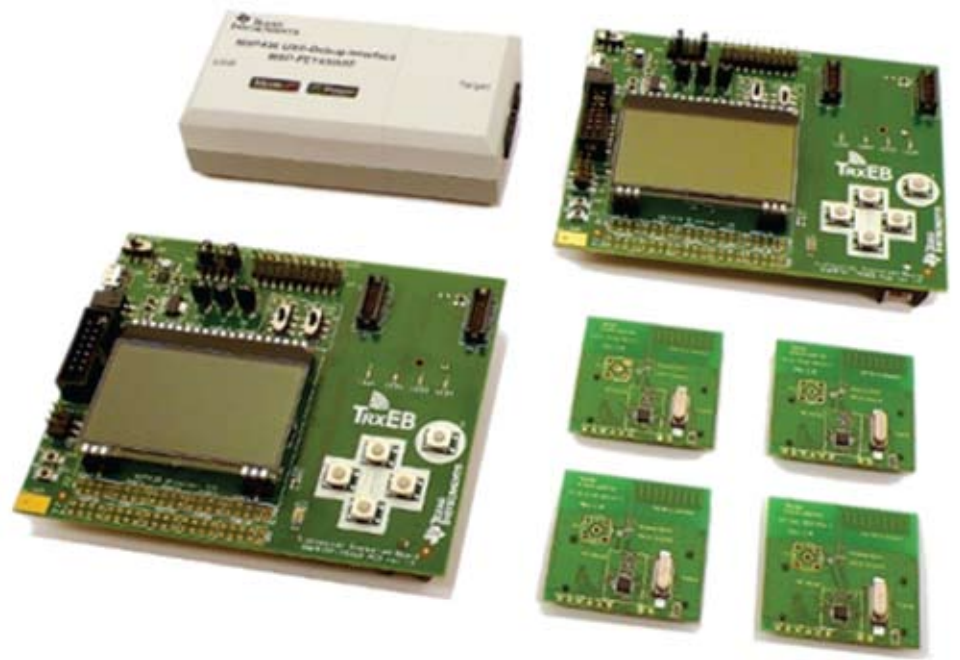


Рис. 10. Отладочный набор CC110LDK-868-915

скорости 1,2 кбит/с снижает потребление на приеме с 21 мА до 3 мА, а на скорости 50 кбит/с — до 16 мА.

Некоторые сравнительные характеристики приемопередатчиков серий CC1101, CC110L, CC112x представлены в таблице 1 [9, 11, 15, 17].

Отладочная платформа TRXEB

Для оценки возможностей приемопередатчиков серий CC110L предлагается отладочный набор CC110LDK-868-915 [18], содержащий:

- две платы TRXEB;
- два модуля с приемопередатчиками CC110L, по одному оценочному модулю с передатчиками CC115L и приемниками CC113L;
- комплект соединительных кабелей и документации (рисунок 10).

Оценочные модули представляют собой печатные платы с установленными беспроводными устройствами, спиральными антеннами и разъемами для подключения внешней антенны.

Плата TRXEB (рисунок 11) содержит микроконтроллер MSP430F5438 MCU, светодиодные индикаторы, разъемы для подключения внешних устройств, оценочных модулей, набор кнопок, индикатор освещенности, трехосевой датчик ускорения, точечный жидкокристаллический экран 128x64 точки. В качестве примера в TRXEB предустановлен тест канала передачи данных на ошибки передачи (PER test) и тест на дальность связи, исходные тесты демонстрационной программы также предоставляются. Подключение к персональному компьютеру — через USB-интерфейс.

На этой же плате базируется отладочный комплект (рисунок 12) для

представителя линейки Performance CC1120 — CC1120DK [19].

В его состав входит две платы TRXEB, два модуля с CC1120 в конфигурации на диапазон 868/915 МГц (для других диапазонов модули могут быть заказаны отдельно), две штыревые антенны, набор соединительных кабелей, батареи питания. В качестве примера предварительно прошит тест канала на количество ошибок (PER test).

Немного о затратах на канал передачи данных АСКУЭ

Средняя площадь жилья в России составляет примерно 60-70 кв. метров (учитывались и квартиры, и частные дома) — т.е. если использовать установку счетчиков в пределах квартиры при помощи кабеля — получим около 16-20 метров кабельного канала (в идеальном случае, в реальных ситуациях речь может идти о 30-40 метрах). Средняя стоимость прокладки кабеля колеблется в районе 200 руб./метр в зависимости

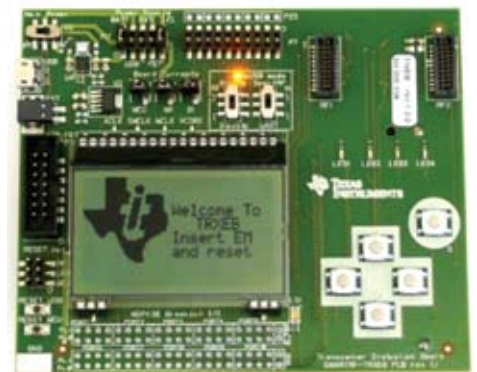


Рис. 11. Отладочная плата TRXEB



Рис. 12. Отладочный набор CC1120DK

от конкретных условий. Т.е. исключительно на организацию канала передачи данных возможны затраты порядка 4 тысяч рублей. В этой связи использование беспроводных каналов передачи данных может оказаться предпочтительнее.

Если касаться затрат на беспроводные узлы АСКУЭ, они будут складываться из следующего:

- антенна;
- приемопередатчик;
- управляющий контроллер;
- интерфейс согласования со счетчиком (как правило, счетчики используют интерфейс 485);
- источник питания (аккумуляторная батарея).

Для уровня оптовых цен стоимость одного узла оценивается примерно в 250-400 рублей. С учетом случая одного узла на отдельный счетчик и одного счетчика на каждый из энергоресурсов для одной квартиры стоимость организации беспроводного канала на базе CC11xx оценивается в 1500-2000 рублей, что примерно в два раза лучше, чем для оптимистичного прогноза проводного решения.

Заключение

Из представленных данных видно, что модули CC110L могут быть использованы для эффективной организации радиоканала узлов сети АСКУЭ при относительно небольшой плотности размещения узлов. Отсутствие режима WOR

во многих случаях будет означать немого возросшую нагрузку на управляющий контроллер, и это также будет необходимо учесть при построении сетевого протокола (например, работа по расписанию). Для части узлов, например, в счетчиках внутри квартиры или частного дома, в целях снижения стоимости можно использовать микросхемы передатчиков CC115L.

Для работы в условиях плотной застройки оптимальны узкополосные приемопередатчики CC1120, кроме того, с данными приемопередатчиками возможно построение систем с переключением частот, что позволит полнее использовать бюджет частотного диапазона.

Приемопередатчики CC112x также хорошо подходят и для случая сильно-го территориального разнесения отдельных объектов учета в АСКУЭ.

Наличие готовых решений для печатных плат радиомодулей также можно считать важным преимуществом, т.к. это ощутимо снижает затраты на разработку отдельного узла системы.

Литература

1. Системы контроля энергетической эффективности и комплексный учет энергоресурсов // Астра Инжиниринг на сайте Автоматизация Производства <http://processautomation.ru/index.php?sel=stat&id=46>
2. Sub-1 GHz Product Search – Product Search – Wireless Connectivity – TI.com // <http://focus.ti.com/>

[paramsearch/docs/parametricsearch.ts?p?family=wireless&familyId=935§ionId=646&tabId=2736&uiTemplateId=WLS_PRDSRCH_T](http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.ts?p?family=wireless&familyId=935§ionId=646&tabId=2736&uiTemplateId=WLS_PRDSRCH_T)

3. SimpliciTI™ – RF software protocol. // http://www.ti.com/corp/docs/landing/simpliciTI/index.htm?DCMP=hpa_rf_general&HQS=NofApplicable+OT+simplici

4. <http://processors.wiki.ti.com/index.php/CC-6LoWPAN>

5. CC1101 Low-Power Sub-1 GHz RF Transceiver // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1101.pdf>

6. FEC Implementation <http://focus.ti.com/lit/an/swra113a/swra113a.pdf>

7. CC1100/CC2500 – Wake-On-Radio // <http://focus.ti.com/lit/an/swra126b/swra126b.pdf>

8. Proprietary RF – Sub-1 GHz – CC110L – TI.com // <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc110l.html>

9. Value Line Transceiver // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc110l.pdf>

10. Proprietary RF – Sub-1 GHz – CC113L – TI.com // <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc113l.html>

11. CC113L Value Line Receiver // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc113l.pdf>

12. Proprietary RF – Sub-1 GHz – CC115L – TI.com // <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc115l.html>

13. Value Line Transmitter // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc115l.pdf>

14. Proprietary RF – Sub-1 GHz – CC1120 – TI.com <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc1120.html>

15. High Performance RF Transceiver for Narrowband Systems // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1120.pdf>

16. Proprietary RF – Sub-1 GHz – CC1121 – TI.com <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc1121.html>

17. High Performance Low Power RF Transceiver // <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cc1121.pdf>

18. Value Line Development Kit 868-915 MHz – CC11XLDK-868-915 – TI Tool Folder // <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/cc11xldk-868-915.html>

19. Performance Line Development Kit – CC1120DK – TI Tool Folder // <http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/cc1120dk.html>

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка –
e-mail: analog.vesti@compel.ru