

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LORA И ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИИ SEMTECH

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Садыков К.Е.

Исакович Н.Н. – к.т.н., доцент

В работе рассматриваются основные факторы, которые необходимо учитывать при выборе протока беспроводной передачи данных. Рассматриваются характеристики модулей включающих микросхемы трансиверов серии SX127x , предоставляемых компанией.

При разработке сетей беспроводных датчиков определяющее значение имеет максимальная дальность радиосвязи, позволяющая обойтись без использования дополнительных ретрансляторов сигнала, тем самым сокращая затраты и упрощая топологию. Превосходная чувствительность (до -148 дБм) – ключевая характеристика LoRa устройств компании Semtech, достигаемая благодаря использованию одноименного метода модуляции. Данный способ модуляции предполагает использование технологии расширения спектра, при которой данные кодируются широкополосными ЛЧМ-импульсами с частотой, увеличивающейся или уменьшающейся на некотором временном интервале. Такое решение, в отличие от технологии прямого расширения спектра, делает приёмник устойчивым к отклонениям частоты от номинального значения и упрощает требования к тактовому генератору. Следует также отметить, что технология расширения спектра совместно с применяемой упреждающей коррекцией ошибок, восстанавливающей искаженные биты данных, позволяет повысить отношение сигнал/шум и обеспечить работу в условиях импульсных помех.

LoRa устройства стабильно функционируют в условиях воздействия сильных интерференционных помех от субгигагерцовых сигналов оборудования стандартов 4G/LTE. Еще одной отличительной чертой являются превосходные селективные возможности приёмников.

Приёмопередатчики LoRa со сверхдальним радиусом действия гарантируют простоту развертывания сети, так как они ориентированы на использование топологии “звезда”, простейшей архитектуры с наименьшей задержкой, не требующей транзитной передачи данных через ретрансляторы. В звездообразной сети легко рассчитать длительность автономной работы каждого узла от батареи, что делает ее идеальной для применения в различных интеллектуальных приборах учета.

Характерной чертой всех устройств серии SX127x является универсальность их применения: внутренние регистры памяти позволяют динамически изменять рабочую частоту, её девиацию, битрейт, вид модуляции, выходную мощность и многие другие параметры, а также устанавливать режимы работы всех периферийных блоков, что позволяет использовать один и тот же беспроводной модуль для решения разных задач. Для конфигурирования всех основных параметров радиочастотной и цифровой части микросхемы используется интерфейс связи SPI. Все микросхемы соответствуют требованиям WMBus, IEEE 802.15.4g (SUN), FCC 15.247, ARIB T96/108, EN 300-220 и другим регулирующим стандартам.

Помимо LoRa, приёмопередатчики серии SX127x поддерживают следующие виды модуляции: FSK, GFSK, MSK, GMSK и OOK. При выборе необходимого метода нужно найти компромисс между пропускной способностью канала и требуемой дальностью связи. Трансиверы, использующие модуляцию LoRa, относятся к низкоскоростным устройствам, их максимальная скорость обмена данными не превышает 37,5 кбит/с. С другой стороны, для повышения пропускной способности до 300 кбит/с возможно применение традиционных способов, но, соответственно, мы лишаемся всех вышеописанных преимуществ LoRa.

Структурная схема серии SX127x содержит типовые блоки, по функциональному назначению их можно отнести к приёмному или передающему трактам, схеме формирования частот, интерфейсу ввода/вывода с конфигурационными регистрами или подсистеме питания.

Радиоприёмный тракт реализован по схеме с однократным квадратурным преобразованием на низкую промежуточную частоту. Такая схема получила наибольшее распространение в современных однокристальных решениях, поскольку позволяет реализовать лучшие характеристики радиоприёмного устройства в части чувствительности и избирательности по соседнему каналу по сравнению со схемой прямого преобразования. Принимаемый сигнал усиливается при помощи малошумящего усилителя, для упрощения проектирования и минимизации внешних компонентов используется несимметричный входной сигнал. Далее, для устранения гармоник происходит преобразование в дифференциальную форму, затем квадратурные сигналы промежуточной частоты, полученные в смесителе, усиливаются в тракте промежуточной частоты и поступают на два сигма-дельта АЦП. Вся дальнейшая обработка (фильтрация, демодуляция и т.д.) выполняется над сигналом, представленным в цифровом виде. Подавление зеркального канала осуществляется за счет квадратурного преобразования. На рис. 1 представлена упрощенная внутренняя структура трансиверов серии SX127x.

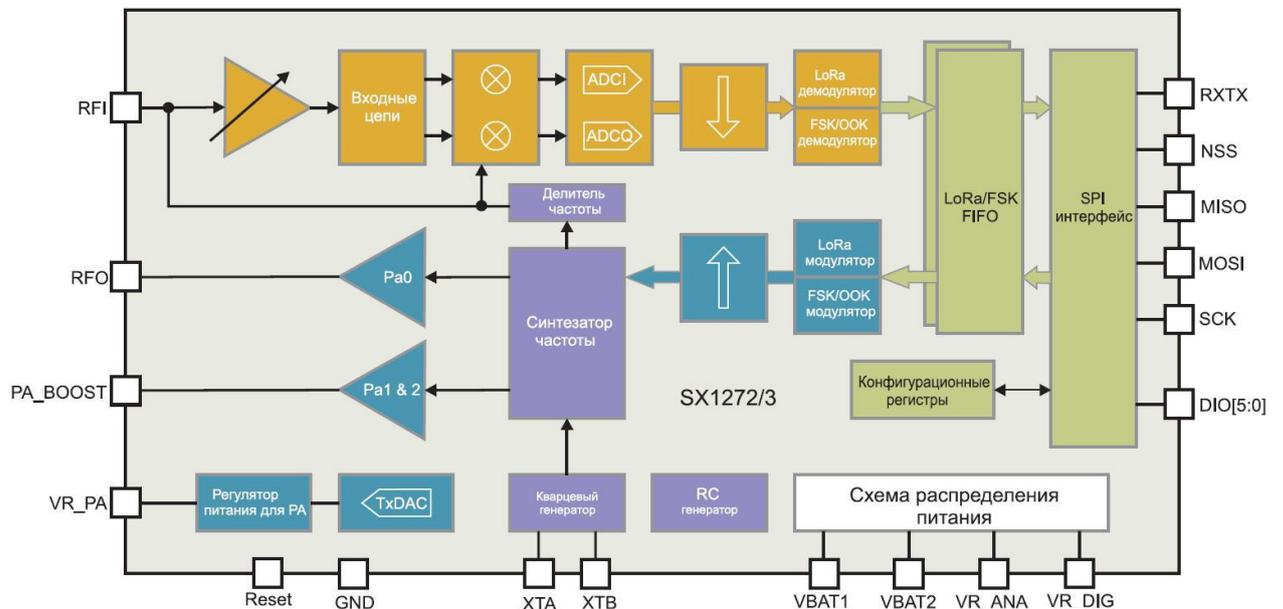


Рис. 1 – Общая структурная схема трансиверов серии SX127x.

Из полезных функций стоит отметить встроенный блок сверхбыстрой автоподстройки частоты (AFC), схемы индикации уровня мощности принимаемого сигнала (RSSI) с широким динамическим диапазоном 127 дБ и автоматической регулировки усиления.

Энергопотребление в режиме приёма не превышает 13 мА при напряжении питания 3,3 В и ширине полосы пропускания 500 кГц, что выгодно отличает трансиверы серии SX127x от аналогичных решений других известных производителей. Радиоприёмный тракт также характеризуется отличными селективными свойствами (численные показатели указаны для модуляции LoRa):

- Избирательность по соседнему каналу: не менее 72 дБ (при SF=12);
- Подавление зеркального канала: не менее 66 дБ;
- Динамический диапазон блокировки: 82,5 дБ (при отстройке на ± 1 МГц); 89 дБ (при ± 10 МГц);
- Интермодуляционные искажения 3-го порядка: -12,5 дБм.

Блок формирования частоты с фазовой автоподстройкой и делителем генерирует рабочую частоту приёмника и передатчика, интегрированный синтезатор частот имеет разрешение 61 Гц. Основным источником тактовых импульсов для синтезатора частоты является кварцевый генератор на 32 МГц, который также обеспечивает синхронизацию цифровой части микросхемы.

Интегрированная схема управления пакетами данных, используемая совместно с 64-байтным буфером FIFO, автоматизирует процесс приёма, передачи и обработки данных (генерацию преамбулы, вставку и обнаружение синхрослова, проверку адреса, гибкий выбор длины пакета и т.д.) и значительно снижает нагрузку на внешний микроконтроллер. Также возможно функционирование в автономном режиме без внешнего управления и контроля. В этом случае применяется встроенный программируемый автомат состояний, задающий последовательность и условия перехода между режимами работы по заранее заданному алгоритму. Временные интервалы автомата состояний задаются при помощи встроенных таймеров. Таким образом новые трансиверы компании Semtech, построенные с применением технологии LoRa, обладают превосходной чувствительностью приёмника, малым собственным энергопотреблением, отличной помехозащищённостью линии связи и широкими функциональными возможностями. Наличие открытого протокола LoRaWAN с примерами кода ускоряет процесс разработки беспроводных устройств.

Список использованных источников:

1. SX1272/73 - 860 to 1020 MHz Low power long range transceiver. // Datasheet, rev.3, March 2015. // www.semtech.com.
2. SX1276/77/78/79 - 137 to 1020 MHz Low power long range transceiver. // Datasheet, March 2015. // www.semtech.com.