

**Ж.М.Бекмагамбетова<sup>1</sup>, А. Сейдимбекова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

## **АНАЛИЗ ОДНОКРИСТАЛЬНЫХ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКОВ ДЛЯ СИСТЕМ СБОРА ИНФОРМАЦИИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены высокоэкономичные передатчики, приемники и трансиверы УВЧ-диапазона, построенные на микросхемах серий SX121x и SX124x

**Аңдатпа.** Мақалада SX121x және SX124x топтамасының микросхемамен салынатын ең- үнемді таратқыштар, қабылдағыштар және УВЧ-диапазондық трансиверлер

**Abstract.** The article considers high-efficiency transmitters, receivers and transceivers of UHF-band, built on the chips of the SX121x and SX124x series

**Ключевые слова:** передатчик, приемник, трансивер, модулятор

**Түйінді сөздер:** таратқыш, қабылдағыш, трансивер, модулятор

**Keywords:** transmitter, receiver, transceiver, modulator

Важнейшее требование к беспроводным устройствам, применяемым в промышленности и системах сбора информации, - надежность беспроводного канала в сложных условиях распространения сигнала. При решении этой задачи большое значение имеет максимальная дальность радиосвязи, позволяющая обойтись без использования дополнительных ретрансляторов сигнала и тем самым сократить затраты и упростить топологию сети.

Основным параметром, характеризующим общую производительность системы в целом, является бюджет канала связи, получаемый из суммы чувствительности приемника и выходной мощности передатчика. Мощность лимитирована регламентирующими стандартами, поэтому очевидным путем улучшения дальности связи является повышение чувствительности приемника. Недорогие кварцевые резонаторы с нестабильностью частоты 20ppm ограничивают чувствительность и скорость передачи типовых систем с несущей частотой 868 или 915МГц на уровне -112дБм и 20кбит/с соответственно. Лучшие показатели чувствительности могут быть достигнуты при использовании термостабилизированных кварцевых генераторов, имеющих улучшенные характеристики, но в три раза бóльшую стоимость. Метод расширения спектра прямой последовательностью (DSSS), также способный обеспечить выигрыш в 8-10дБ по сравнению с GFSK-системами, до недавнего времени редко использовался в бюджетных решениях.

С целью увеличения радиуса действия канала связи в 4-8 раз по сравнению с существующими решениями и снижения общей стоимости конечного изделия компания Semtech начала выпуск новой линейки трансиверов под торговой маркой LoRa (LongRange), объединяющей преимущества вышеописанных высокопроизводительных и малопотребляющих серий [1]. Применение в микросхемах этой серии одноименного запатентованного способа модуляции, представляющего собой усовершенствованный метод DSSS, позволило добиться выдающихся показателей чувствительности (до -148дБм) (рисунок 1).

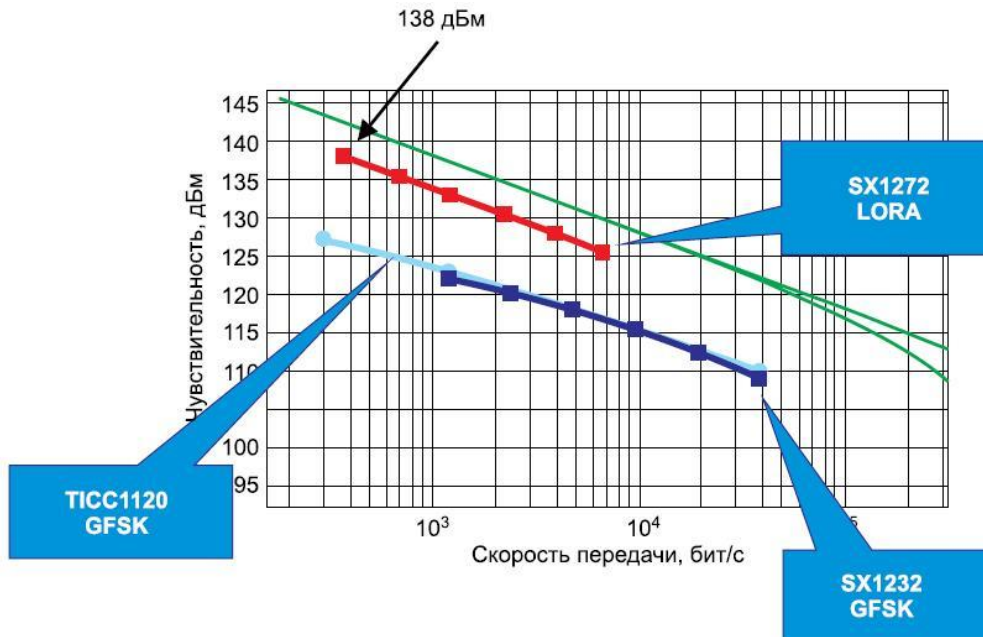


Рисунок 1 - Чувствительность трансиверов SX12xx

Помимо улучшенной чувствительности, полученные радиочастотные решения отличаются низким потреблением в режиме приема (10.5мА для модуляции LoRa и 9.5мА при использовании G/M/FSK), повышенной помехозащищенностью и селективностью (подавление помех по соседнему каналу более 65дБ). Они обеспечивают стабильную работу независимо от погрешности кварцевого генератора. Использование модуляции LoRa позволяет успешно обнаруживать и принимать полезные сигналы с уровнем -25дБ от шумового порога.

Наиболее часто приемопередатчики применяются в качестве автономных узлов сбора данных. В этом случае для обеспечения долговременной работы без замены питающего элемента основным требованием становится низкое собственное энергопотребление трансивера. Компания Semtech рекомендует микросхемы серий SX121x и SX124x, оптимальные для применения в портативных устройствах.

Интегральные схемы (ИС) SX121x представляют собой высокоэкономичные передатчики, приемники и трансиверы УВЧ-диапазона, обладающие более чем в три раза лучшим энергосбережением по сравнению с конкурентными решениями, представленными на рынке [1] (рисунок 2). В режиме приема ток потребления составляет всего 2,5мА, а в режиме сна - 100нА, что позволяет этим ИС работать от одной батареи в течение нескольких лет. Скорость передачи данных достигает 200 кбит/с (при FSK-модуляции).

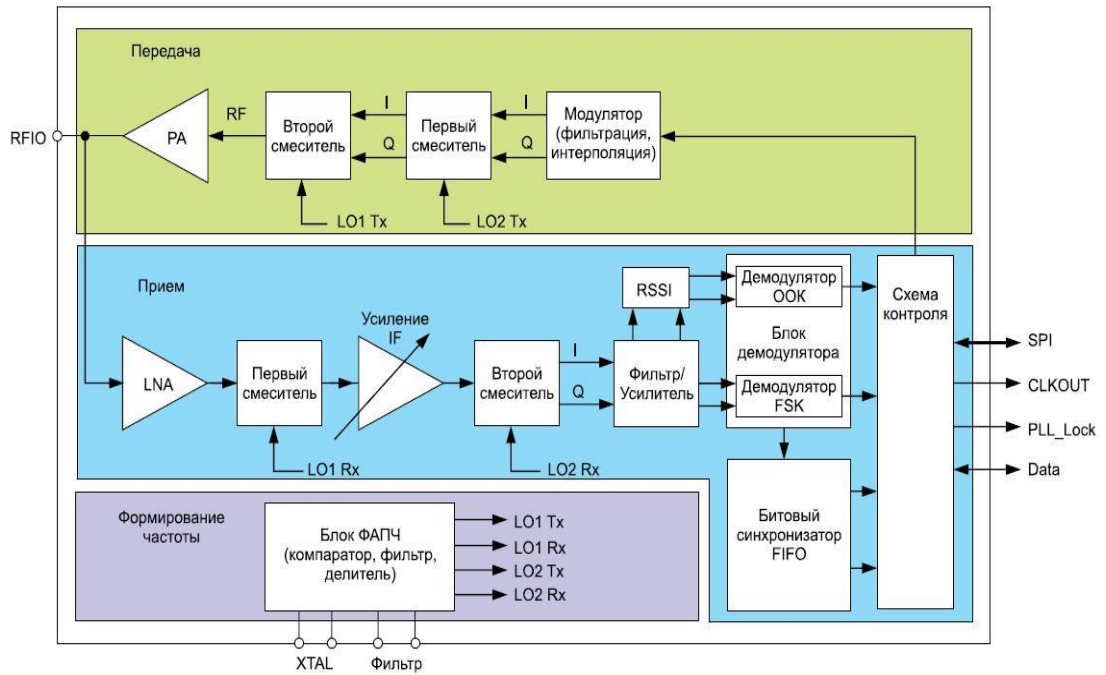


Рисунок 2 - Структурная схема трансивера SX1211

Высокоинтегрированная архитектура позволяет минимизировать число внешних компонентов, при этом сохраняется гибкость применения для разработчиков. ИС SX1210 и SX1211 обладают низкой ценой и предназначены для работы в диапазонах частот 863-870, 902-928 и 950-960 МГц. Их можно использовать в системах безопасности, сетях беспроводных датчиков, системах промышленного управления и контроля.

SX1212 - однокристалльный приемопередатчик, работающий в частотном диапазоне 310-510 МГц, SX1213 - однокристалльный приемник того же частотного диапазона. Оба изделия являются дополнением к микросхемам приемопередатчиков, работающих в частотном диапазоне 863-960 МГц.

Все изделия этого семейства совместимы «по-выводно». Используется как частотная (FSK), так и модуляция с ортогональным сдвигом (OOK). Чувствительность приемника - до -108 дБм, мощность передатчика - до +13 дБм. Все основные характеристики радиоканала являются программно настраиваемыми, их можно изменять во время работы путем использования SPI-интерфейса. Стабильные радиочастотные характеристики гарантируются в диапазоне рабочих температур от -40 до +85 °С.

На рисунке 2 представлена структурная схема приемопередатчика SX1211 с изображением основных блоков, а на рисунке 3 - упрощенная схема его подключения.

Для обеспечения неизменной чувствительности и линейности характеристик во всем диапазоне питающих напряжений используются встроенные регуляторы, преобразующие входные 2,1-3,6 В в требуемые для различных узлов значения: 0,85, 1,0 и 1,8 В. Интегрированный синтезатор частоты служит для генерации промежуточных частот, используемых приемником и передатчиком, используя при этом для внутреннего усиления и фильтра только пять внешних пассивных компонентов.

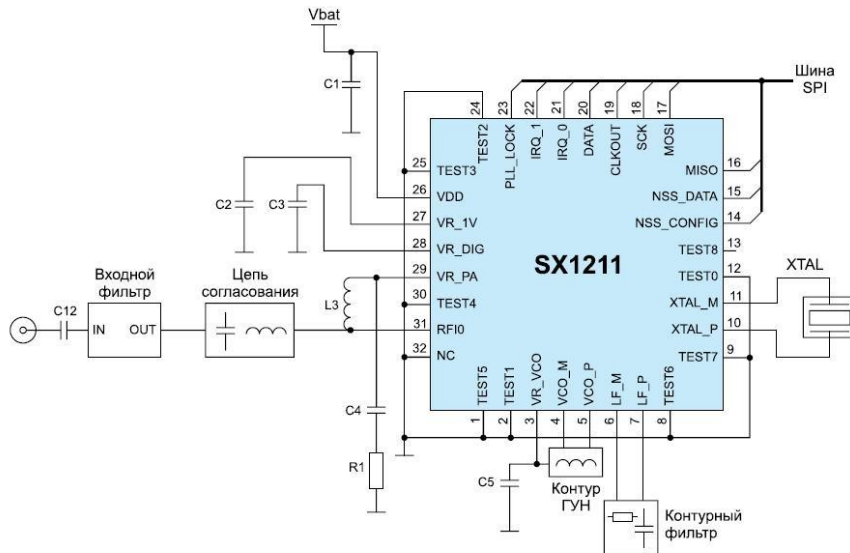


Рисунок 3 - Схема подключения трансивера SX1211

В передатчике полезный сигнал переводится в аналоговую форму путем последовательного преобразования в блоках DDS, ЦАП и сглаживающих фильтров. Далее дважды осуществляется повышение частоты и усиление. Приемник SX1211 реализован по супергетеродинной схеме, принимаемый сигнал последовательно подвергается двойному понижению частоты, после чего сигнал усиливается до уровня, необходимого для демодуляции.

Блок обработки данных, обеспечивающий управление пакетами, автоматическое вычисление CRC, выравнивание спектра входных данных и распознавание поступающего синхрослова, включает в себя 64-байтный буфер FIFO и встроенный битовый синхронизатор. Индикатор мощности принимаемого сигнала имеет широкий динамический диапазон: более 70дБ с разрешением 0,5 дБ.

Все компоненты выпускаются в корпусах TQFN32 размерами 5x5 мм и соответствуют требованиям RoHS.

Семейство SX124x, которое выходит под торговой маркой Power&Go, представляет собой новую радиочастотную платформу, которая позволяет заменить дискретные РЧ-компоненты на высокоинтегрированные, маломощные и экономичные решения для коммерческих однонаправленных систем удаленного управления и сбора данных (рисунок 4).

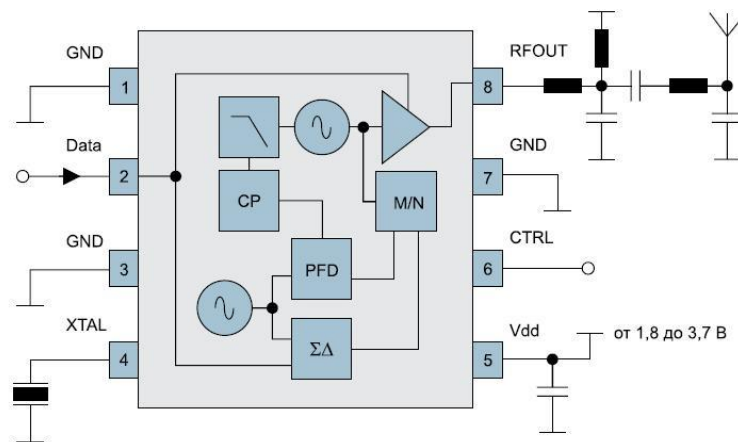


Рисунок 4 - Схема подключения передатчика SX1240

Для использования новых передатчиков требуется только внешний кварцевый резонатор и цепь согласования импеданса антенны. Все три устройства имеют низкое потребление тока в дежурном режиме, что увеличивает срок службы батарей и делает их оптимальным решением для использования с компактными элементами питания [2].

Как следует из названия статьи, особенностью радиопередатчиков этого семейства является использование технологии Power&Go компании Semtech, разработанной для снижения стоимости конечного изделия. Это достигается за счет отказа от использования микроконтроллера для конфигурации устройства.

В режиме Power&Go передатчик автоматически переходит в режим передачи при обнаружении активности на информационном входе и возвращается в режим ожидания при отсутствии данных. Параметры, заданные для режима Power&Go по умолчанию, устанавливаются компанией на стадии производства и могут быть изменены при больших объемах заказа.

Для применений, требующих большей гибкости настроек передатчика, может использоваться второй рабочий режим, получивший название «advanced». В этом случае для получения требуемой конфигурации по выходной мощности, виду модуляции, рабочему каналу и другим коммуникационным параметрам используется встроенный в SX124x двухпроводной интерфейс подключения к внешнему микроконтроллеру. Также в этом режиме можно сконфигурировать передатчики на работу с использованием динамического изменения рабочей частоты (метода частотных скачков).

Передатчик SX1240 работает на частотах 433 и 868МГц в ISM-диапазоне, имеет два уровня усиления (0/10дБ) и использует частотную (FSK) и амплитудную (OOK) манипуляцию на скорости до 150кбит/с. В режиме Power&Go он может быть сконфигурирован либо как OOK-передатчик на частоте 433-МГц, либо как FSK-передатчик на частоте 868МГц путем простой установки потенциала на управляющем выводе. SX1240 потребляет в рабочем режиме 16мА при выходной мощности +10дБм и 9мА при выходной мощности 0дБм, а также всего 500нА в дежурном режиме.

Передатчик SX1242 обеспечивает схожие с SX1240 характеристики, но работает на частоте 395МГц. SX1243 работает в ISM-диапазоне на частотах 310-450, 860-870 и 902-928МГц. Для увеличения срока службы источника питания SX1243 имеет низкий ток потребления в активном режиме (11мА при выходной мощности +10дБм и модуляции OOK или 15мА при модуляции FSK), а ток в режиме ожидания не превышает 100нА. Все компоненты поставляются в компактных 8-выводных корпусах: SOIC (SX1240 и SX1242) и DFN (SX1243).

Маломощный трансивер SX1257 компании Semtech соответствует требованиям стандарта IEEE 802.15.4g и предназначен для применения в измерительном оборудовании, портативных радиостанциях, устройствах автоматического сбора данных с датчиков и радиочастотных меток (RFID), работающих в диапазоне до 1ГГц [3]. ИС SX1257 расширяет линейку приемопередающих устройств компании Semtech и является первым из доступных в настоящее время драйверов физического уровня, поддерживающих все обязательные и дополнительные режимы стандарта IEEE 802.15.4g, включая мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM).

При разработке ИС SX1257 были решены вопросы сочетания высокой производительности и обеспечения поддержки нескольких видов модуляций с постоянной и переменной огибающими, таких как MR-FSK, MROFDM и MR-OQPSK. Драйвер SX1257 способен функционировать в диапазоне частот 862-950МГц, при этом обеспечивается полное соответствие нормативным требованиям ETSI, FCC и ARIB.

**Вывод.** Основными особенностями трансивера SX1257 являются полностью настраиваемые модуляторы и демодуляторы I и Q; полудуплексный и полностью

дуплексный режимы работы; встроенный усилитель с малым уровнем шумов; предварительная аналоговая фильтрация в передающем и принимающем канале.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Светлов А.И. Однокристалльные ISM-трансиверы Semtech: уверенная связь в сложных условиях, Вестник связи №4, с.32-34, 2016г.
- [2] Иванов В.И. Цифровые и аналоговые системы передачи. М.: Горячая линия-Телеком, 2015г.
- [3] Шахнович И.В. Современные технологии беспроводной связи. М.: Техносфера, 2006г.