

Однокристалльные СВЧ трансиверы фирмы Nordic

Норвежская фирма Nordic производит удобные для применения однокристалльные СВЧ трансиверы серии nRFxxx, в которую входит около десяти изделий (nRF0433, nRF401, nRF402, nRF403 и др.). Все эти микросхемы работают по схожему принципу, и в данной статье предлагается описание микросхемы nRF0433. Полную англоязычную информацию по этим микросхемам можно найти на сайте <http://www.nvlsi.no>

Артем Скворцов

mega103@online.ru

Микросхема nRF0433 представляет собой однокристалльный СВЧ-трансивер, работающий на частоте 433 МГц (так называемый ISM — Industrial, Scientific and Medical Frequency Band — промышленный, научный и медицинский диапазон). Используемый тип модуляции СВЧ-сигнала — FSK (Frequency Shift Keying — частотная манипуляция). Трансивер nRF0433 способен передавать и принимать цифровую последовательную информацию со скоростью до 9600 бит/с. Мощность передающего тракта может быть установлена вплоть до 10 дБм (т. е. 10 мВт). Микросхема питается от источника напряжения +5 В.

Возможные области применения микросхемы:

- системы оповещения и сигнализации;
- домашняя автоматика;

- дистанционное управление;
- охранные системы;
- телеметрия;
- игрушки;
- беспроводная связь.

Блок-схема микросхемы представлена на рис. 1. В ней использованы следующие сокращения:

LNA — малошумящий усилитель;

OSC — тактовый генератор;

PLL — система фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ);

PA — усилитель мощности.

Микросхема выполнена в 20-контактном корпусе SOIC с цоколевкой выводов, приведенной в табл. 1.

Технические характеристики (при VDD = +5 В, VSS = 0 В, f₀ = 433,936 МГц, T_a =

Таблица 1

№ контакта	Имя	Функция контакта	Описание
1	XC1	вход	вход кварцевого генератора
2	VDD	питание	источник питания +5 В
3	FILT2	вход	земля фильтра ФАПЧ (общий)
4	FILT1	вход	фильтр ФАПЧ
5	VCO1	вход	внешняя индуктивность для ГУН
6	VCO2	вход	внешняя индуктивность для ГУН
7	VSS	общий	общий
8	VDD	питание	источник питания +5 В
9	DIN	вход	вход цифровых последовательных данных
10	DOUT	выход	выход цифровых последовательных данных
11	RF_PWR	вход	установка мощности передатчика
12	VSS	общий	общий
13	VDD	питание	источник питания +5 В
14	VSS	общий	общий
15	ANT2	вход/выход	подключение антенны
16	ANT1	вход/выход	подключение антенны
17	VSS	общий	общий
18	VDD	питание	источник питания +5 В
19	TXEN	вход	выбор режима работы прием/передача TXEN = лог. 1 — режим передачи TXEN = лог. 0 — режим приема
20	XC2	выход	выход кварцевого генератора

5°C) приведены в табл. 2, а максимальные значения эксплуатационных характеристик — в табл. 3.

Временные характеристики

Включение
 Временной интервал после подачи напряжения на микросхему до стабилизации частоты называется временем включения и составляет 75 мс. Время может быть значительно уменьшено (до 7,5 мс) при использовании вместо этого резонатора внешней опорной частоты, например сигнала с кварцевого резонатора, используемого в системе и работающей в момент включения трансивера микроконтроллера (рис. 2).

Включение питания в режиме передачи
 Во избежание побочных излучений вне рабочего диапазона в момент включения необходимо поддерживать уровень сигнала на входе TXEN до тех пор, пока синтезированная частота не станет стабильной (т.е. в течение времени включения).

В момент включения микросхемы в режим приема данные не должны поступать на печатную плату как минимум первых 3 мс.

Включение питания в режиме приема
 Приемный тракт может не принимать данные до тех пор, пока питание на контактах микросхемы не установится (5 В ±5%) и время установления не пройдет 75 мс. Если использован внешний сигнал опорной частоты, приемник сможет принимать данные спустя 7,5 мс после установления питания.

Включение прием/передача

Приемник может не принимать данные в течение 3 мс после перехода сигнала TXEN в лог. 0. В течение 3 мс после перехода TXEN в единичный уровень данные могут передаваться.

Рекомендации к применению

Интерфейс с антенной

Порты ANT1 и ANT2 обеспечивают соединение внешней антенны с малоомным импедансом в режиме приема и с усилителем мощности в режиме передачи. Интерфейс с антенной дифференциальный, с рекомендуемым импедансом антенны 400 Ом.

На рис. 3 изображена типичная схема включения трансивера nRF0433 с дифференциальной антенной, выполненной в виде петли на печатной плате.

Предпочтительнее использовать дифференциальный интерфейс с импедансом 50 Ом, наиболее оптимальным решением является согласующий трансформатор с коэффициентом трансформации 8:1 (рис. 4).

Второй каскад усилителя мощности состоит из двух транзисторов с открытыми коллекторами, поэтому через нагрузку (антенну) не должно быть подведено питание +5 В. В дифференциальной рамочной антенне +5 В подводится через центр антеннокольца, что показано на соответствующей схеме. При использовании согласующего трансфор-

Таблица 2

Напряжение питания VDD, В	Общий ток покоя VSS, В	Общий потребляемый ток IDD, мА		Макс. выходная мощность СВЧ @ 400 Ом нагрузка PRF, дБм	Входное напряжение лог. 1 VIH, В	Входное напряжение лог. 0 VIL, В	Выходное напряжение лог. 1 (IOH = -1,0 мА) VOH, В	Выходное напряжение лог. 0 (IOH = -1,0 мА) VOL, В
		режим приема	режим передачи @ -2 дБм СВЧ					
Мин.	4,75				0,7 VDD	0	0,7 VDD	0
Типично	5	23	33	10				
Макс.	5,25				VDD	0,3 VDD	VDD	0,3 VDD

Таблица 2. Продолжение

Напряжение питания VDD, В	Выходное напряжение лог. 1 (IOH = -1,0 мА) VOH, В	Выходное напряжение лог. 0 (IOH = -1,0 мА) VOL, В	Входной ток лог. 1 (VI = VDD) IH, мкА	Входной ток лог. 0 (VI = VSS) IL, мкА	Рабочая частота СВЧ тракта f0, МГц	Тип модуляции
Мин.	0,7 VDD	0				
Типично					433,936	FSK (частотная манипуляция)
Макс.	VDD	0,3 VDD	±20	±20		

Таблица 2. Продолжение

Напряжение питания VDD, В	Девiation Δf, кГц	Ширина спектра BWIF, кГц	Частота кварцевого резонатора XTAL, МГц	Требование к стабильности и частоте кварцевого резонатора [1], ppm	Чувствительность @ 400 Ом, 9600 бит/с, дБм	Скорость передачи информации, бит/с	Дифференциальный импеданс антенного входа/выхода, Ом
Мин.		65					
Типично	±15		4		-103		400
Макс.		85		±45		9600	

¹ Максимально возможное ухудшение чувствительности 5дБ на краях температурного диапазона

Таблица 3

Напряжение питания	VDD	-0,3 В ... +6 В
Напряжение на входе	VI	-0,3 В ... VDD+0,3 В
Напряжение на выходе	VO	-0,3 В ... VDD+0,3 В
Рассеиваемая мощность	PD (Токр = 25°C)	250 мВт
Рабочий температурный диапазон		-25 ... +85° С
Температурный диапазон при хранении		-40 ... +125° С

Примечание. Условия, приводящие к выходу из указанных диапазонов одной или более характеристик могут вывести микросхему из строя.

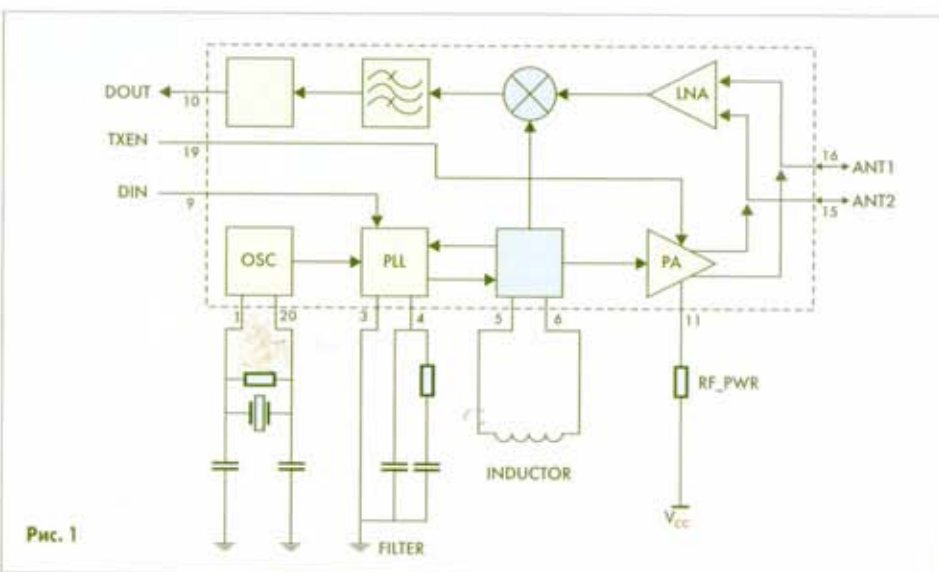


Рис. 1

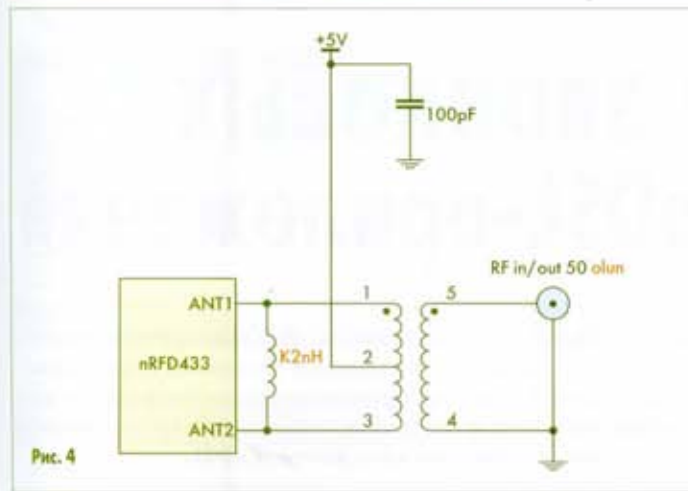


Рис. 4

разность их частот не должна превышать 70 ppm (т. е. 30 кГц). Из этого вытекают требования к стабильности используемого кварцевого резонатора: ± 35 ppm и в приемнике, и в передатчике. Разница в частотах выше указанной приводит к ухудшению чувствительности приемника на 12 дБ/октаву. Типичное значение частотного окна функционирования связи равно 450 ppm (200 кГц).

Пример: Кварцевый резонатор с разбросом частоты ± 20 ppm и температурной стабильностью ± 25 ppm в рабочем диапазоне $-25 \dots +75^\circ\text{C}$ при наихудшем стечении обстоятельств дает уход частоты на 45 ppm. Если приемник и передатчик работают при разных температурах окружающей среды, при наихудшем стечении обстоятельств разница их опорных частот может достигнуть 90 ppm, что (по приведенным выше характеристикам) приведет к спаду чувствительности примерно на 5 дБ из-за лишних 20 ppm.

Проектирование печатной платы трансивера

Для достижения хороших эксплуатационных характеристик трансивера необходимо внимательно подходить к проектированию печатной платы. Необходима как минимум двухсторонняя печатная плата.

Шина питания должна быть шунтирована высококачественным керамическим СВЧ-конденсатором (например, емкостью 100 пф) как

можно ближе к корпусу микросхемы. Предпочтительно также разместить керамический чип-конденсатор большой емкости (2,2 мкф, например) параллельно конденсатору с малой емкостью.

Питание nRF433 должно быть отделено от питания любых цифровых схем.

Необходимо избегать длинных проводников питания на печатной плате. Все соединения с землей и питанием микросхемы необходимо выполнить как можно ближе к ее корпусу. На печатной плате, верхний слой которой используется в качестве земли, контактные площадки VSS микросхемы должны непосредственно подсоединяться к этому слою. Для печатной платы с нижним слоем, используемым в качестве земли, наилучший метод соединения контактных площадок микросхемы с этим слоем состоит в размещении проходных отверстий на контактных площадках или в непосредственной близости от них.

В окрестности цепей ФАПЧ (конденсатор фильтра, индуктивность) не должны проходить цифровые линии данных либо управляющие сигналы.

Расположение индуктивности ГУН очень критично! Оптимальное расположение индуктивности дает напряжение на фильтре ФАПЧ $1,25 \pm 0,5$ В. Для чип-индуктивности типоразмера 0805 расстояние между центром контактной площадки VCO1(2) и центром контактной площадки индуктивности должно быть 2,5 мм.

В оригинальном справочном листке к микросхеме nRF433 приводится рекомендуемая разводка печатной платы и список рекомендуемых к применению пассивных компонентов.

Радиус действия

Был проведен небольшой тест двух оценочных печатных плат (Evaluation board), на которых, помимо микросхемы трансивера nRF433, установлен микроконтроллер AVR AT90S1200, обеспечивающий передачу состояния четырех кнопок и индицирующий разноцветными светодиодами состояния таких же кнопок на второй оценочной плате.

При прямой видимости расстояние надежной связи превышало 300 м. В условиях помещения (многоэтажное здание) наибольшее расстояние уверенной связи сильно зависит от внутреннего устройства здания, количества перекрытий, наличия длинных коридоров и т. д., и лежит в интервале 10–100 м. ■