

Однокристалльный 433/868/915 МГц приемопередатчик nRF905

ОСОБЕННОСТИ

- Однокристалльный, GFSK приемопередатчик в небольшом 32L QFN 5x5mm корпусе
- ShockBurst™ — режим низкого потребления
- Диапазон напряжений питания (1,9—3,6) В
- Совместимость со стандартом ETSI/FCC позволяющим работать в многоканальном режиме
- Время переключения каналов <650 мкс
- Не требуются дорогостоящие компоненты для внешних цепей подключения
- Отсутствие внешних ПАВ фильтров
- Управление мощностью передачи до 10 дБм
- Детектор несущей частоты для формирования протоколов времени передачи/приема
- Детектор данных приема /передачи для контролирования правильного приема или передачи пакета
- Детектор совпадения адреса в приходящем пакете
- Автоматическая повторная передача пакета данных
- Небольшой ток потребления в режиме передачи (TX). Типовое значение 9 мА при мощности передачи -10 дБм
- Небольшой ток потребления в режиме приема (RX). Типовое значение 12,5 мА

ВАРИАНТЫ

ПРИМЕНЕНИЯ

- Беспроводная связь
- Охранные системы
- Дистанционное управление
- Системы контроля
- Автомобильная сигнализация
- Телеметрия
- Промышленные датчики
- Дистанционный ключ

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ

nRF905 однокристалльный приемопередатчик для диапазонов 433/868/915 МГц. Приемопередатчик состоит из полностью законченного интегрированного синтезатора частоты, приемного канала с демодулятором, мощного усилителя, окварцованного генератора и модулятора. Особенностью ShockBurst™ является автономное формирование преамбулы и контрольной суммы пакета приема/передачи при помощи избыточного циклического кода. Конфигурация легко программируема при помощи интерфейса SPI. Низкий ток потребления, в режиме передачи 9 мА при мощности передачи -10 дБм, и 12,5 мА в режиме приема. Автоматический переход в энергосберегающий режим.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Параметр	Значение	Единицы
Минимальное напряжение питания	1,9	В
Максимальная мощность передатчика	10	дБм
Скорость передачи данных	50	kbps
Ток потребления в режиме передачи при выходной мощности -10дБм	9	мА
Ток потребления в режиме приема	12,5	мА
Температурный диапазон	-40 - +85	°C
Номинальная чувствительность приема	-100	дБм
Ток потребления в режиме энергосбережения	2,5	мкА

Таблица 1. Основные характеристики.



ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ЗАКАЗА

Название	Описание	Версия
nRF905 IC	32L QFN 5x5mm	—
nRF905-EVKIT 433	Evaluation kit 433MHz	1.0
nRF905-EVKIT 868/915	Evaluation kit 868/915MHz	1.0

Таблица 2. Информация для заказа **nRF905**.

БЛОК СХЕМА

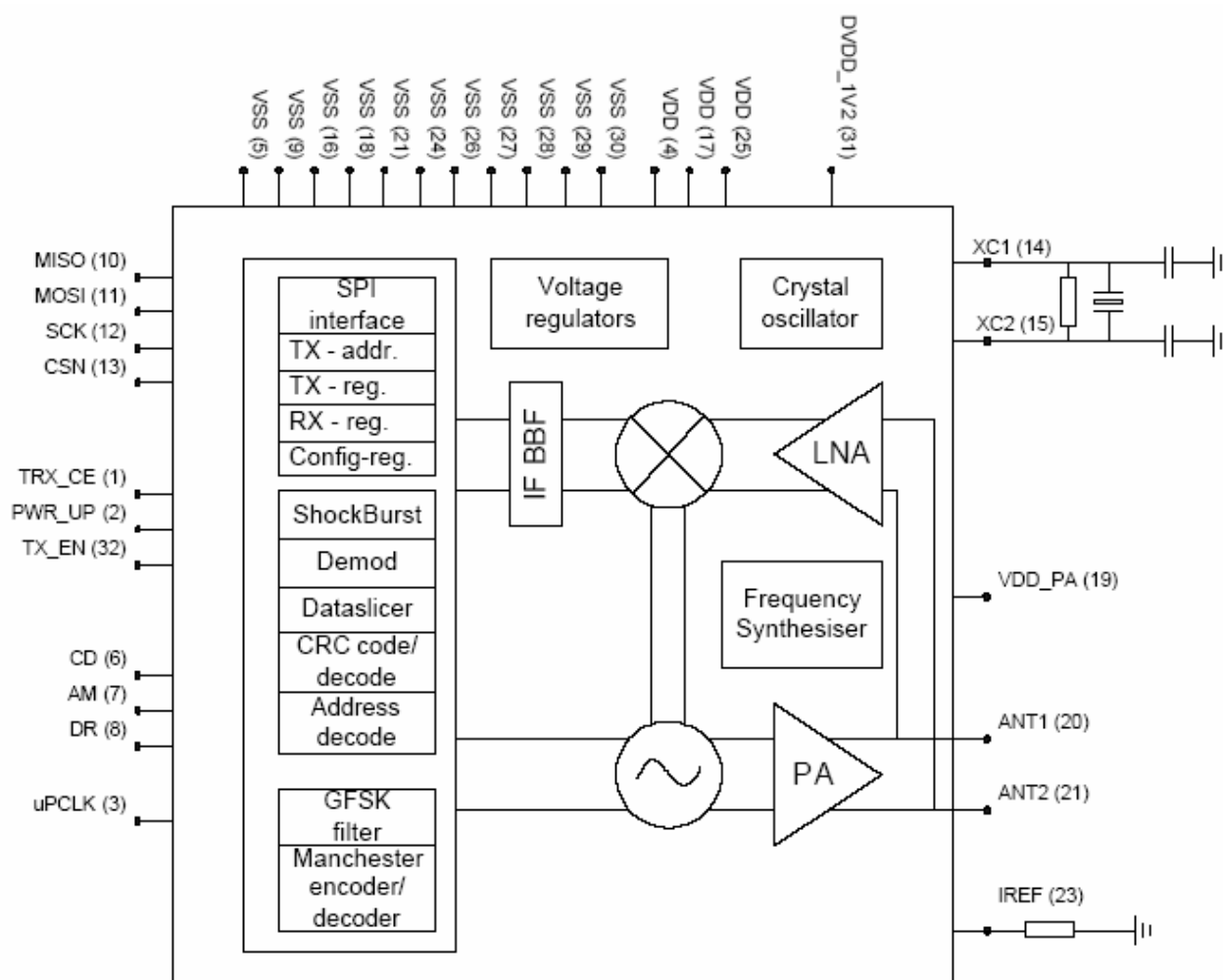


Рисунок 1 nRF905 с внешними компонентами

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ МИКРОСХЕМЫ

№ контакта	Обозначение	Назначение	Описание
1	TRX_CE	Цифровой вход	Разрешение на прием и передачу
2	PWR_UP	Цифровой вход	Управление выходом из режима энергосбережения
3	uPCLK	Цифровой выход	Выход поделенной частоты кварцевого генератора
4	VDD	Питание	Напряжение питания +3 В.
5	VSS	Питание	Общий 0 В
6	CD	Цифровой выход	Детектор несущей частоты
7	AM	Цифровой выход	Детектор совпадения адреса
8	DR	Цифровой выход	Детектор правильного приема/передачи данных
9	VSS	Питание	Общий 0 В
10	MISO	SPI -интерфейс	Выход SPI интерфейса
11	MOSI	SPI -интерфейс	Вход SPI интерфейса
12	SCK	SPI - такт	Тактовая частота (синхронизация) SPI интерфейса
13	CSN	SPI - разрешение	Разрешение на работу SPI интерфейса, 0 – да, 1- нет.
14	XC1	Аналоговый вх.	Вывод подключения кварца или внешнего генератора
15	XC2	Аналоговый вых	Вывод подключения кварца
16	VSS	Питание	Общий 0 В
17	VDD	Питание	Напряжение питания +3 В.
18	VSS	Питание	Общий 0 В
19	VDD_PA	Выход питания	Напряжение питания мощного усилителя +1,8 В
20	ANT1	ВЧ	Вывод подключения антенны
21	ANT2	ВЧ	Вывод подключения антенны
22	VSS	Питание	Общий 0 В
23	IREF	Аналоговый вх.	Опорный ток
24	VSS	Питание	Общий 0 В
25	VDD	Питание	Напряжение питания +3 В.
26	VSS	Питание	Общий 0 В
27	VSS	Питание	Общий 0 В
28	VSS	Питание	Общий 0 В
29	VSS	Питание	Общий 0 В
30	VSS	Питание	Общий 0 В
31	DVDD_1V2	Питание	Выход низковольтного питания цифровой части
32	TX_EN	Цифровой вход	TX_EN="1" режим передачи, TX_EN="0" режим приема

Таблица 3. Функциональное назначение выводов nRF905



РАСПОЛОЖЕНИЕ ВЫВОДОВ

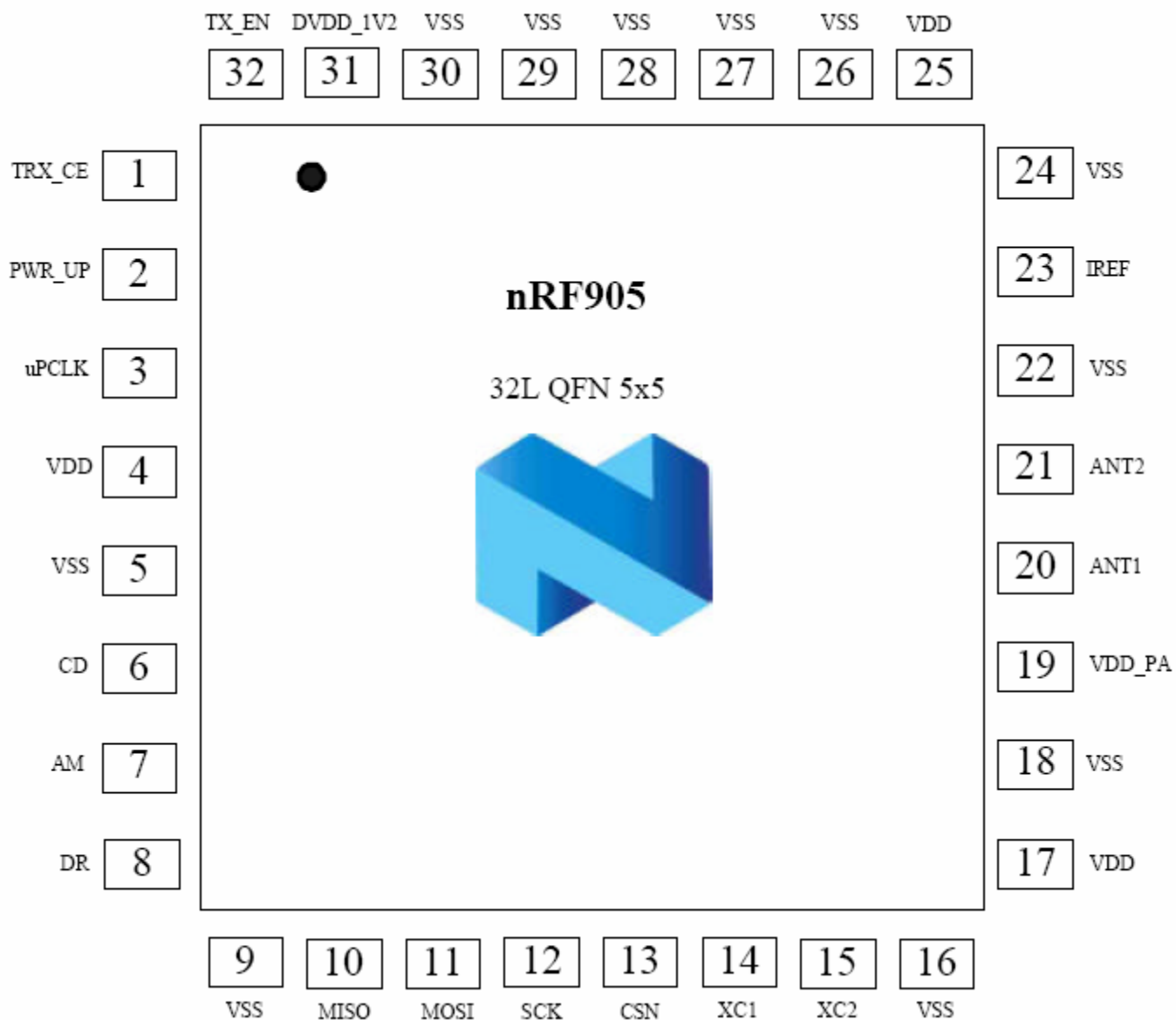


Рисунок 2. расположение выводов nRF905 (вид сверху) для корпуса 32L QFN 5x5.



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Условия измерений: $V_{DD} = +3V$ $V_{SS} = 0V$, Температура = $-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$ (типичная $+27^{\circ}C$)

Символ	Параметр	Примеч.	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.
Условия эксплуатации						
VDD	Напряжение питания		1,9		3,6	В
TEMP	температура		-40		+85	$^{\circ}C$
Цифровые входы/выходы						
V _{IH}	Высокий уровень входного напряжения		$0.7V_{DD}$		V_{DD}	В
V _{IL}	Низкий уровень входного напряжения		V_{SS}		$0.3V_{DD}$	В
C _i	Емкость вывода микросхемы				5	пФ
I _{IL}	Ток утечки вывода микросхемы	1)			± 10	нА
V _{OH}	Высокий уровень выходного напряжения ($I_{OH} = 0,5$ мА)		$V_{DD}-0.3$		V_{DD}	В
V _{OL}	Низкий уровень выходного напряжения ($I_{OL} = 0,5$ мА)		V_{SS}		0.3	В
Основные электрические характеристики						
I _{stby_eclk}	Ток потребления в «спящем» режиме, при работающем выходе uPCLK	2)		100		мкА
I _{stby_dclk}	Ток потребления в «спящем» режиме, при выключенном выходе uPCLK	3)		12.5		мкА
I _{PD}	Ток потребления в режиме энергосбережения	4)		2.5		мкА
I _{SPI}	Ток потребления в режиме программирования через SPI интерфейс	5)		20		мкА
Основные характеристики ВЧ						
f _{OP}	Рабочая несущей	6)	430		928	МГц
F _{XTAL}	Частота кварцевого генератора	7)	4		20	МГц
Δf	Девияция несущей частоты		± 42	± 50	± 58	КГц
BR	Скорость передачи данных	8)		50		kbps
f _{CH433}	Ширина полосы пропускания при работе на частоте 433 МГц			100		КГц
f _{CH868/915}	Ширина полосы пропускания при работе на частоте 868/915 МГц			200		КГц
Характеристики передатчика						
P _{RF10}	Установленная выходная мощность 10 дБм	9)	7	10	11	дБм
P _{RF6}	Установленная выходная мощность 6 дБм	9)	3	6	9	дБм
P _{RF-2}	Установленная выходная мощность -2 дБм	9)	-6	-2	2	дБм
P _{RF-10}	Установленная выходная мощность -10 дБм	9)	-14	-10	-6	дБм
P _{BW}	Ширина спектра по уровню -20 дБн	8)		190		КГц
P _{RF1}	Мощность ближайшей внеполосной частоты к несущей	10)		-27		дБн
P _{RF2}	Мощность второй ближайшей внеполосной частоты к несущей	10)		-54		дБн
I _{TX10dBm}	Ток потребления при выходной мощности 10дБм			30		мА
I _{TX-10dBm}	Ток потребления при выходной мощности -10дБм			9		мА

Таблица 4. Электрические характеристики



Продолжение таблицы 4.

	Характеристики приемника					
I_{RX}	Ток потребления приемника			12.5		мА
RX_{SENS}	Чувствительность при 0,1%BER			-100		дБм
RX_{MAX}	Максимальный сигнал на входе приемника		0			дБм
C/I_{CO}	Развязка между каналами	11)		13		дБ
C/I_{1ST}	Подавление при отстройке от несущей на 200kHz	11)		-7		дБ
C/I_{2ND}	Подавление при отстройке от несущей на 400kHz	11)		-16		дБ
C/I_{+1M}	Подавление при отстройке от несущей на +1 МГц	11)		-40		дБ
C/I_{-1M}	Подавление при отстройке от несущей на -1 МГц	11)		-50		дБ
C/I_{-2M}	Подавление при отстройке от несущей на -2 МГц	11)		-63		дБ
C/I_{+5M}	Подавление при отстройке от несущей на +5 МГц	11)		-70		дБ
C/I_{-5M}	Подавление при отстройке от несущей на -5 МГц	11)		-65		дБ
C/I_{+10M}	Подавление при отстройке от несущей на +10 МГц	11)		-69		дБ
C/I_{-10M}	Подавление при отстройке от несущей на -10 МГц	11)		-67		дБ
C/I_{IM}	Подавление зеркальной частоты	11)		-36		дБ

- 1) Максимальные значения определены опытным путем.
- 2) При частоте 4 МГц на выходе, нагруженном на емкость 5пФ и при использовании кварцевого резонатора 4 МГц.
- 3) При использовании кварцевого резонатора 4 МГц.
- 4) При значении напряжения на выводе микросхемы V_{SS} или V_{DD} .
- 5) В режиме энергосбережения, тактовая частота (частота синхронизации) SPI интерфейса 1 МГц.
- 6) 433, 868 и 915 МГц.
- 7) Значение тактовой частоты может быть выбрано из 5-ти вариантов (4, 8, 12, 16, и 20 МГц.)
- 8) Данные кодируются кодом Манчестера.
- 9) Для определения согласованной нагрузки смотри дополнительно ВЧ информацию.
- 10) В полосе 200 КГц
- 11) Channel Level +3dB over sensitivity, interfering signal a standard CW, image lies 2МГц above wanted.



ТОКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Режим	Частота кварцевого генератора, МГц.	Частота выхода тактового генератора uPCLK, МГц.	Типовой ток
Энергосберегающий	16	Выкл.	2,5 мкА
Спящий	4	Выкл.	12 мкА
Спящий	8	Выкл.	25 мкА
Спящий	12	Выкл.	27 мкА
Спящий	16	Выкл.	32 мкА
Спящий	20	Выкл.	46 мкА
Спящий	4	0,5	110 мкА
Спящий	8	0,5	125 мкА
Спящий	12	0,5	130 мкА
Спящий	16	0,5	135 мкА
Спящий	20	0,5	150 мкА
Спящий	4	1	130 мкА
Спящий	8	1	145 мкА
Спящий	12	1	150 мкА
Спящий	16	1	155 мкА
Спящий	20	1	170 мкА
Спящий	4	2	170 мкА
Спящий	8	2	185 мкА
Спящий	12	2	190 мкА
Спящий	16	2	195 мкА
Спящий	20	2	210 мкА
Спящий	4	4	260 мкА
Спящий	8	4	275 мкА
Спящий	12	4	280 мкА
Спящий	16	4	285 мкА
Спящий	20	4	300 мкА
Rx @ 868/915	16	Выкл.	12,2 мА
Rx @ 868/915	16	Выкл.	12,8 мА
Reduced Rx	16	Выкл.	10,5 мА
Tx @ 10dBm	16	Выкл.	30 мА
Tx @ 6dBm	16	Выкл.	20 мА
Tx @ -2dBm	16	Выкл.	14 мА
Tx @ -10dBm	16	Выкл.	9 мА
При условиях: $V_{DD} = 3.0 \text{ В}$, $V_{SS} = 0 \text{ В}$, $T_A = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, емкость входа измерительного прибора подключаемого к выходу uPCLK = 13 пФ, емкостная нагрузка кварцевого резонатора = 12 пФ			

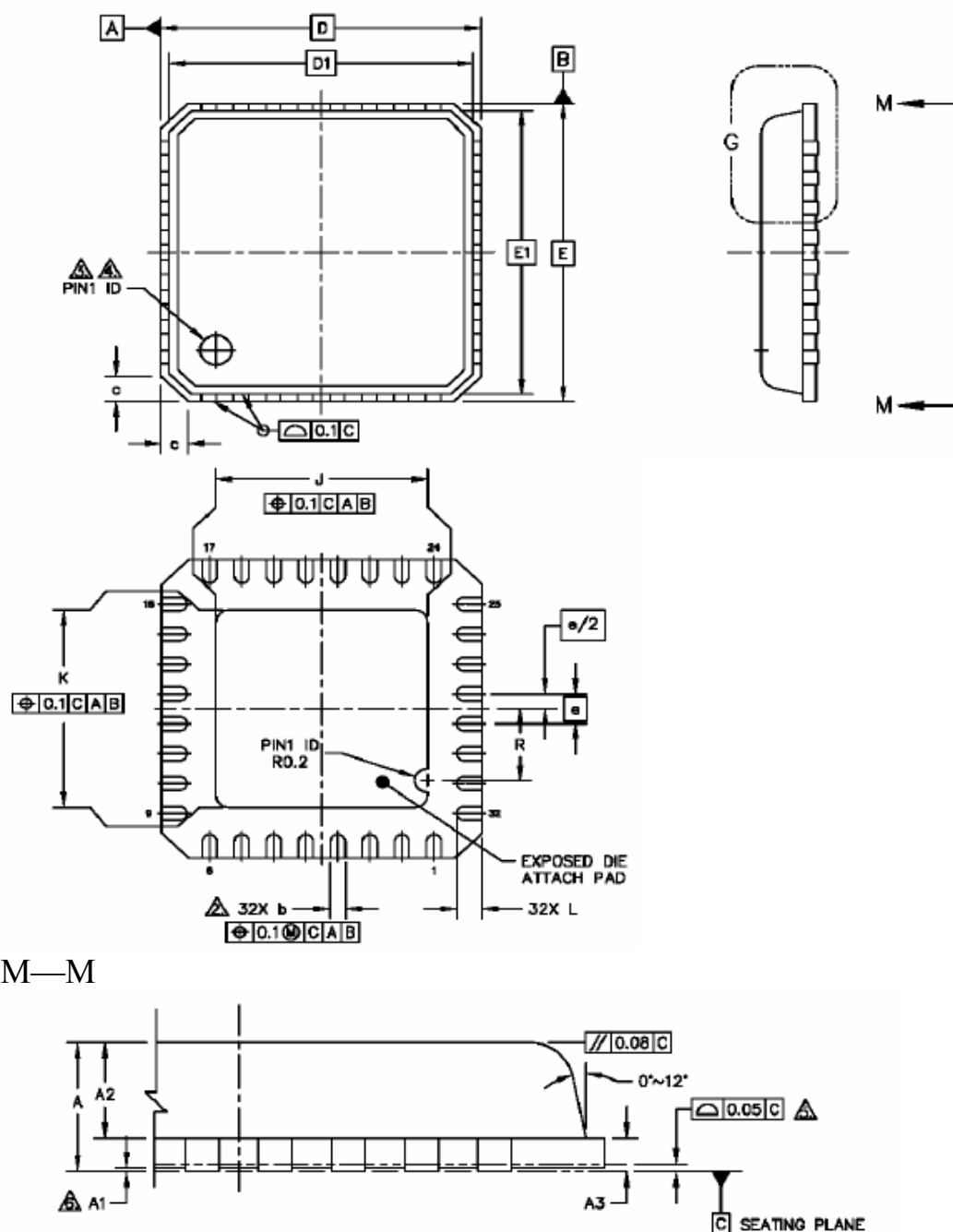
Таблица 5. Токи потребления



ЧЕРТЕЖ КОРПУСА

Контакты корпуса nRF905 покрыты оловосодержащим составом. Все размеры даны в мм.

Рекомендации для монтажа корпуса на поверхность печатной платы находятся в документе nAN400-08, www.nordicsemi.no.



М—М

Тип корпуса		A	A ₁	A ₂	b	D	E	e	J	K	L
QFN32 (5x5 mm)	Мин.	0,8	0,0	0,65	0.18	5 BSC	5 BSC	0,5 BSC	3.2	3.2	0.3
	Тип.				0.23						
	Мак.	0,9	0,05	0,69	0.3						

Рисунок 3. Размеры корпуса



МАКСИМАЛЬНЫЕ ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Напряжение питания

V_{DD}от - 0.3 В до + 3.6 В

V_{SS} 0 В

Напряжение на входе

V_Iот - 0.3 В до $V_{DD} + 0.3$ В

Напряжение на выходе

V_Oот - 0.3 В до $V_{DD} + 0.3$ В

Мощность рассеивания

P_D ($T_A=85^\circ\text{C}$)200 мВт

Температура

Рабочая от -40°C до $+85^\circ\text{C}$

Храненияот -40°C од $+125^\circ\text{C}$

Примечание: напряжение превышающее один или больше ограничивающих значений может привести к выходу из строя микросхемы.

Внимание!

Чувствительно к электростатике.

Использовать заземляющие устройства рук.





СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

Термин	Определение
ADC	Аналого-цифровой преобразователь
AM	Детектор совпадения адреса
CD	Детектор наличия несущей частоты
CLK	Тактовая частота (синхронизация)
CRC	Контроль циклическим избыточным кодом
DR	Готовые данные
GFSK	Частотная манипуляция по Гауссовскому закону
ISM	Индустриальный – Научный - Медицинский
kSPS	Килобит в секунду
MCU	Микроконтроллерная часть
PWR_DWN	Выключение
PWR_UP	Включение
RX	Приём
SPI	Последовательный интерфейс программирования
CSN	Запрещение передачи по SPI
MISO	SPI Master In Slave Out
MOSI	SPI Master Out Slave In
SCK	Тактовая частота (синхронизация) SPI
SPS	Бит в секунду
STBY	«Спящий» режим
TRX_EN	Разрешение прием/передача
TX	Передача
TX_EN	Разрешение на передачу

Таблица 6. Словарь терминов



РЕЖИМЫ РАБОТЫ

nRF905 имеет два активных режима (RX/TX) два энергосберегающих режима.

Активные режимы

- ShockBurst™ RX
- ShockBurst™ TX

Энергосберегающие режимы

- Режим энергосбережения с возможностью вести программирование по SPI интерфейсу
- «Спящий» режим с возможностью вести программирование по SPI интерфейсу

Режимы определяются установкой значений для TRX_CE, TX_EN и PWR_UP.

PWR_UP	TRX_CE	TX_EN	Вид режима работы
0	X	X	Режим энергосбережения с возможностью программирования по SPI интерфейсу
1	0	X	«Спящий» режим с возможностью программирования по SPI интерфейсу
1	X	0	Чтение данных из регистра приемника
1	1	0	ShockBurst™ RX
1	1	1	ShockBurst™ TX

Таблица 7. Управление режимами.

Режим ShockBurst™

ShockBurst™ позволяет получать высокую скорость передачи данных, без применения дорогостоящего, быстродействующего микро процессора (MCU) для обработки данных / восстановление синхронизации. Вся обработка протокола ВЧ связи выполняется **ShockBurst™**, и через интерфейс SPI передается в микропроцессор с той скоростью, которую определяет микропроцессор. Принимая от микропроцессора по SPI интерфейсу низкоскоростной поток данных, **ShockBurst™** передает его с максимальной скоростью, позволяя сократить время работы приемопередатчика, а следовательно, уменьшить средний ток потребления от источника питания. **ShockBurst™** - также является кодером и декодером, где формируется, проверяется преамбула и контрольная сумма.



ShockBurst™ TX:

1. Сформированные MCU данные (TX-данные) и адреса (TX-адрес) для передачи поступают в nRF905 через SPI интерфейс. Примененный протокол или MCU устанавливают скорость передачи по данному интерфейсу.
2. MCU устанавливает TRX_CE и TX_EN в «1», что соответствует активному режиму работы nRF905 ShockBurst™ передачи.
3. nRF905 ShockBurst™:
 - автоматически включается мощность передачи.
 - Готовый пакет данных (к данным добавлено: преамбула, контрольная сумма).
 - Передан пакет данных (100kbps, GFSK, Манчестер - кодирование).
 - Когда передача закончена DR устанавливается в «1»
4. Если AUTO_RETRAN имеет значение HI, то nRF905 продолжает передавать пакеты до тех пор, пока TRX_CE не станет равным «0».
5. Когда TRX_CE станет равным «0», nRF905 закончит передачу последнего пакета и сам перейдет в «спящий режим»

Если TX_EN станет равным «0» в то время как TRX_CE еще равно «1», то nRF905 продолжит передачу последнего пакета и перейдет в режим приема (RX - режим) где данные будут уже записаны в регистре RF-CONFIG.

ShockBurst™ режим гарантирует полную передачу последнего пакета данных в независимости от состояния значений TRX_EN и TX_EN во время его передачи. Новый установленным режим будет установлен только после завершения начатой передачи. Детальное описание временных интервалов работы описано ниже следующих главах.

Для измерения выходной мощности передачи и настройки антенны возможен тестовый режим, в котором частота несущей будет генерироваться непрерывно. Для организации тестового режима необходимо установить на TRX_CE постоянно логическую единицу (HI), AUTO_RETRAN (автоповтор) должен быть выключен. После того, как пройдет пакет данных, передатчик будет формировать на выходе антенны немодулированную несущую частоту.

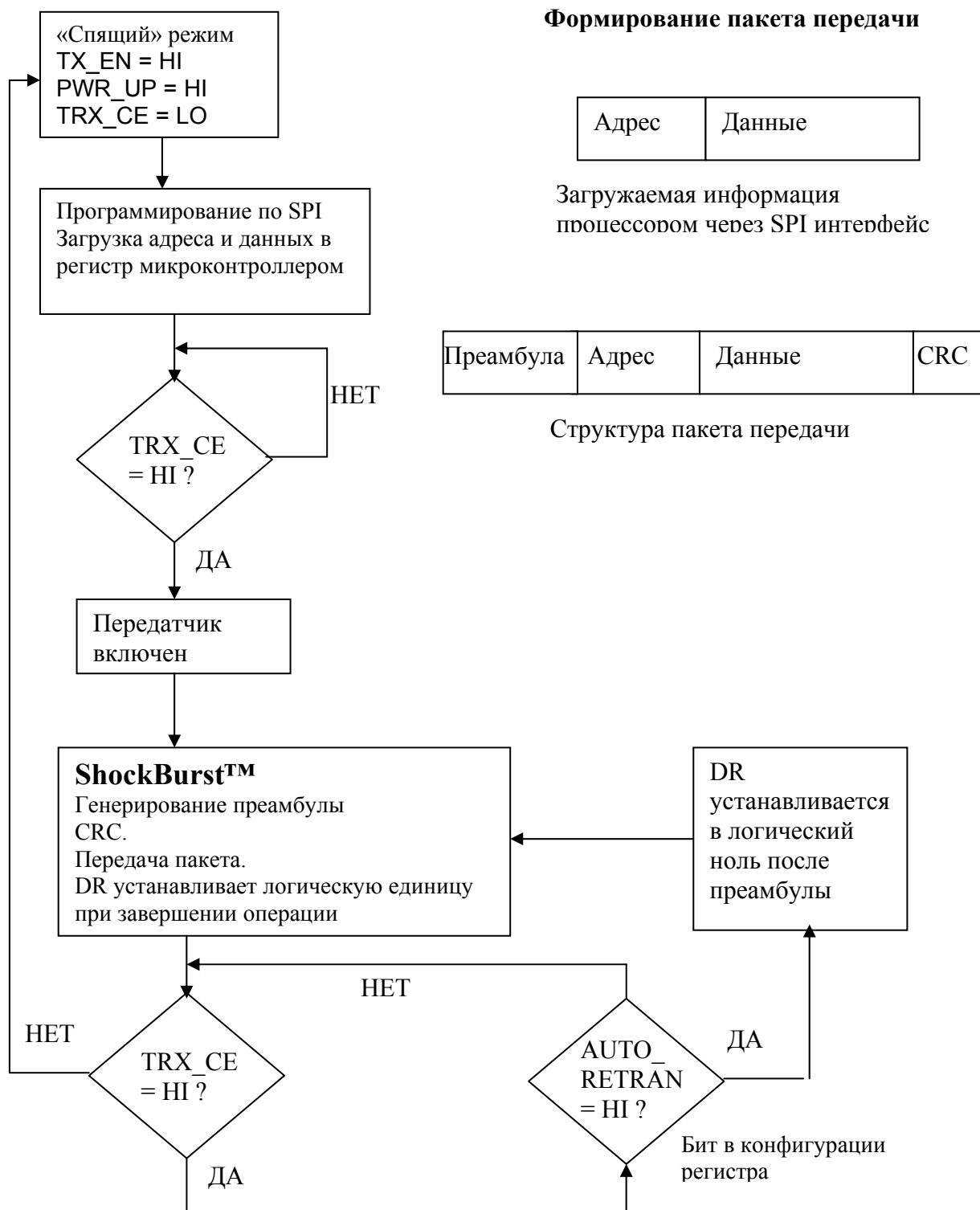


Рисунок 4. Блок-схема передачи

DR установится в логический ноль из логической единицы после того, как будут выполнены следующие условия:

- Если TX_EN установлен в логический ноль
- Если PWR_UP установлен в логический ноль



ShockBurst™ RX:

1. **ShockBurst™ RX** устанавливается TRX_CE логическая единица (HI) и TX_EN логический ноль (LO).
2. По истечению времени 650µs nRF905 способен произвести прием.
3. Когда nRF905 чувствует несущую частоту в приемном канале его детектор несущей на выходе CD устанавливает логическую единицу.
4. Когда адрес совпадает, тогда выход AM устанавливает логическую единицу.
5. Когда пакет принят (совпал CRC), nRF905 удаляет биты преамбулы, адреса и CRC, и на выходе готовых данных (DR) устанавливает логическую единицу.
6. Микропроцессор MCU устанавливает на TRX_CE логический ноль (LO) и переходит в спящий режим (режим малого потребления).
7. Микропроцессор MCU передает данные через SPI интерфейс.
8. Когда все данные переданы через интерфейс, nRF905 снова устанавливает на выходах готовые данные DR и детекторе совпадения адреса AM логический ноль (LO).
9. nRF905 снова готов к режиму **ShockBurst™ RX**, **ShockBurst™ TX** или к энергосберегающему.

Если TX_EN установлен в логическую единицу и TRX_CE тоже, то nRF905 будет находится в режиме **ShockBurst™ TX** и будет происходить передача тех данных и адресов, которые были уже в занесены в регистр через SPI интерфейс.

Если значения TRX_CE или TX_EN изменены в процессе приема пакета, то целостность принимаемого пакета будет нарушена. Тем не менее, микропроцессор MCU может анализировать состояние выхода совпадения адреса AM и принять решение – стоит ли принимать данные или сразу переключить nRF905 в другой режим работы.

Для того чтобы избежать ложных срабатываний на выходе детектора адреса AM рекомендуется делать длину адреса не менее 24 бит. Маленькая длина адреса, такая как 8 или 16 бит, может часто приводить к статистическим отказам из-за адреса, повторяемого как часть пакета данных. Этого можно избежать при использовании более длинного адреса.

Каждый байт адреса должен быть уникальным. Повторение байтов адреса уменьшает эффективность адреса и увеличивает его восприимчивость к шуму, следовательно, увеличивается ошибка в пакете. Адрес должен также иметь несколько изменений уровня (то есть 10101100), чтобы уменьшить статистический эффект шума и следовательно уменьшить ошибку в пакете.



Преамбула	Адрес	Данные	CRC
-----------	-------	--------	-----

Структура пакета передачи

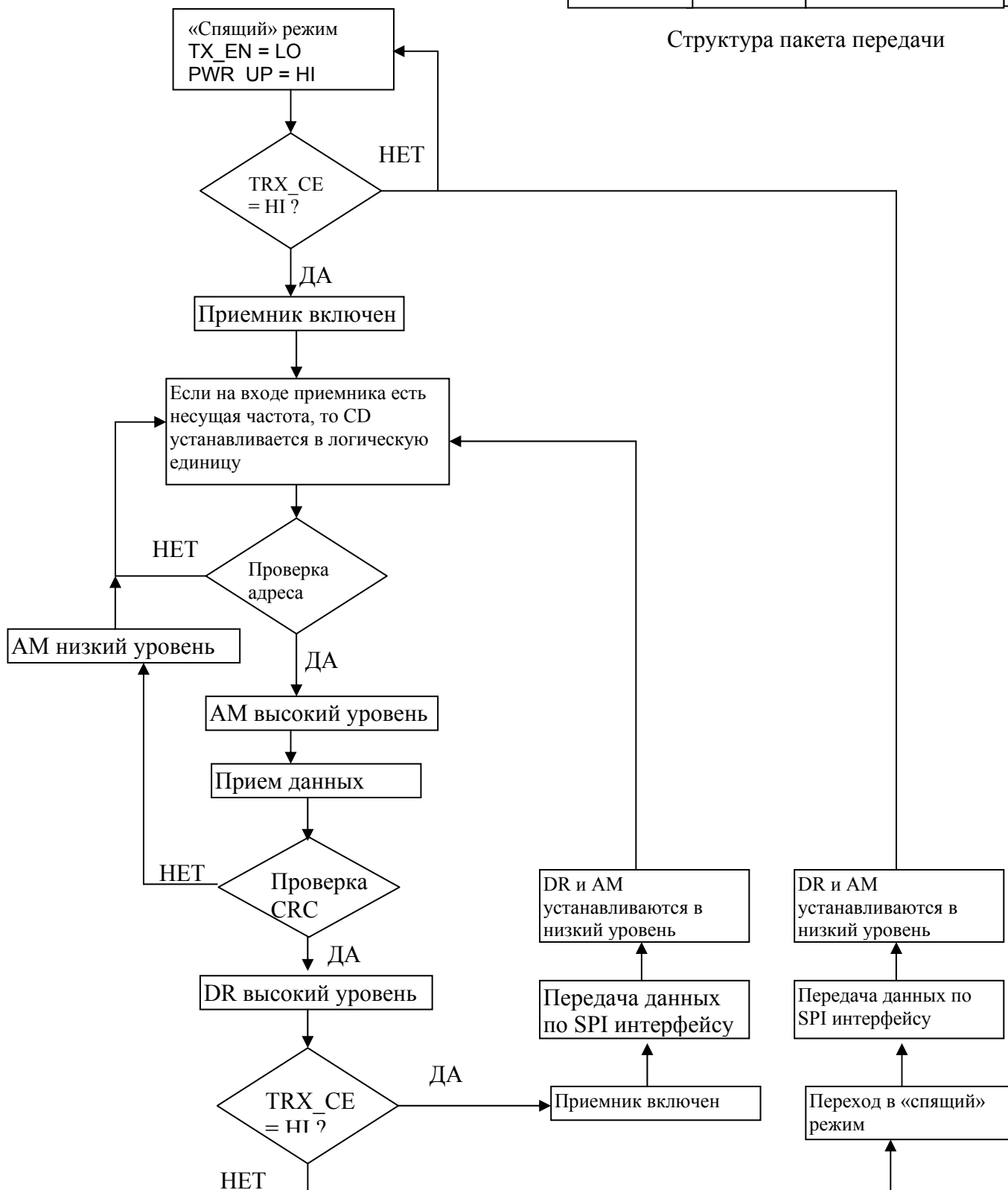


Рисунок 5. Блок-схема приема



РЕЖИМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Режим энергосбережения это режим минимального тока потребления, менее 2,5 мкА. Когда наступает такой режим, nRF905 не активно и данный режим соответствует максимальному времени жизни элементов питания. Данный режим поддерживает возможность конфигурирования данных через SPI интерфейс.

«СПЯЩИЙ РЕЖИМ»

Спящий режим обеспечивает минимальный ток потребления с возможностью запуска на короткое время режимов ShockBurst™ RX и ShockBurst™ TX. В этом режиме работает кварцевый генератор. Ток потребления зависит от частоты кварцевого генератора, например: $I_{DD} = 12$ мкА при 4 МГц и $I_{DD} = 46$ мкА при 20 МГц. Если разрешен выход частоты uPCLK (3-й вывод микросхемы), то потребление тока увеличится и будет определяться емкостной нагрузкой и частотой на этом выходе. Данный режим поддерживает возможность конфигурирования данных через SPI интерфейс.



КОНФИГУРАЦИЯ УСТРОЙСТВА

Конфигурация nRF905 осуществляется через SPI интерфейс. Интерфейс состоит из пяти регистров; используется набор команд SPI, чтобы установить, какая операция должна быть выполнена. Конфигурировать через SPI интерфейс можно в любом из четырех режимов, однако Nordic Semiconductor ASA рекомендует все таки использовать режимы энергосбережения или «спящий».

КОНФИГУРАЦИЯ SPI РЕГИСТРА

SPI интерфейс состоит из пяти внутренних регистров. Регистр ввода/вывода предназначен, чтобы обеспечивать проверку содержимого регистра.

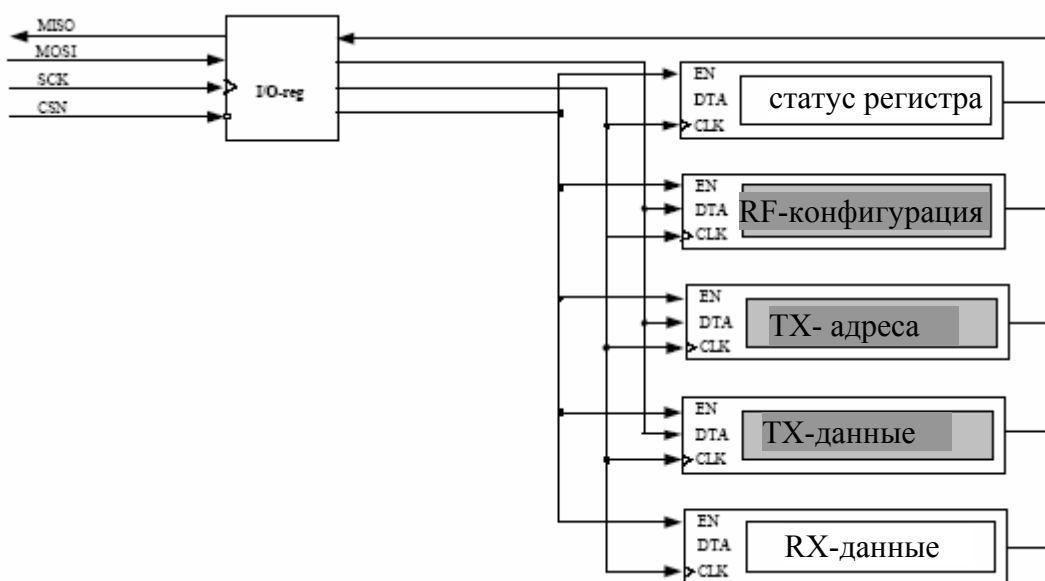


Рисунок 6. SPI – интерфейс и 5 внутренних регистра

Статус регистра

Регистр статуса состояния готовых данных (DR) и детектора совпадения адреса (AM).

RF-конфигурация

Регистр, содержащий данные о частоте и выходной мощности передачи.

TX- адреса

Регистр, содержащий адрес передаваемого пакета. Длина адреса ровно столько, сколько используемых байтов установлено в регистре конфигурации.

TX-данные

Регистр, содержащий полезные данные для передачи в пакете организуемом в ShockBurst™.

Длина данных ровно столько, сколько используемых байтов установлено в регистре конфигурации.

RX-данные

Регистр, содержащий полезные данные сформированные из ShockBurst™ пакета. Длина данных ровно столько, сколько используемых байтов установлено в регистре конфигурации. Наличие данных в регистре **RX-данные** подтверждаются сигналом логической единицей на выходе готовых данных (DR).



ИНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ SPI

Команды, которые использует SPI интерфейс, представлены ниже. Каждый раз, когда CSN установлен в низкий уровень, интерфейс ожидает инструкцию. Каждая новая инструкция должна начинаться в момент времени, когда на CSN происходит переход из высокого уровня в низкий.

Инструкции по программированию nRF905 через SPI интерфейс		
Название инструкции	Формат инструкции	Описание
W_CONFIG (WC)	0000 AAAA	Запись регистра конфигурации. AAAA указывает, с какого байта должна быть начата операция записи. Число байтов зависит от стартового адреса AAAA.
R_CONFIG (RC)	0001 AAAA	Чтение регистра конфигурации. AAAA указывает, с какого байта должна быть начата операция чтения. Число байтов чтения от стартового адреса AAAA.
W_TX_PAYLOAD (WTP)	0010 0000	Запись TX-данных: 1 – 32 байт. Запись всегда будет начинаться с нулевого байта.
R_TX_PAYLOAD (RTP)	0010 0001	Чтение TX-данных: 1 – 32 байт. Чтение всегда будет начинаться с нулевого байта.
W_TX_ADDRESS (WTA)	0010 0010	Запись TX-адреса: 1 – 4 байт. Запись всегда будет начинаться с нулевого байта.
R_TX_ADDRESS (RTA)	0010 0011	Чтение TX-адреса: 1 – 4 байт. Чтение всегда будет начинаться с нулевого байта.
R_RX_PAYLOAD (RRP)	0010 0100	Чтение RX-данных: 1 – 32 байт. Чтение всегда будет начинаться с нулевого байта.
CHANNEL_CONFIG (CC)	1000 pphe cccc cccc	Специальная команда для быстрой установки CH_NO, HFREQ_PLL и PA_PWR в конфигурационном регистре. CH_NO = cccccccc, HFREQ_PLL = h PA_PWR = pp

Таблица 8. Инструкции установки SPI

Процесс чтения или записи может работать в однобайтовом или на установленном ряде байтов от данного стартового адреса определенной инструкцией. Получая доступ к последующим байтам, каждый байт MSB (старший значащий разряд, младший значащий бит) читается или пишется, начиная с первого младшего байта. Содержание статуса регистра будет всегда читаться по MISO при условии, когда на CSN происходит переход из высокого уровня в низкий.



ВРЕМЕННЫЕ ДИАГРАММЫ SPI ИНТЕРФЕЙСА

Интерфейс поддерживает режим SPI 0. Работа SPI и временные характеристики представлены на рис.7 - 9 и в таблице 9. nRF905 должен находиться в одном из режимов энергосбережения для организации чтения/записи по SPI.

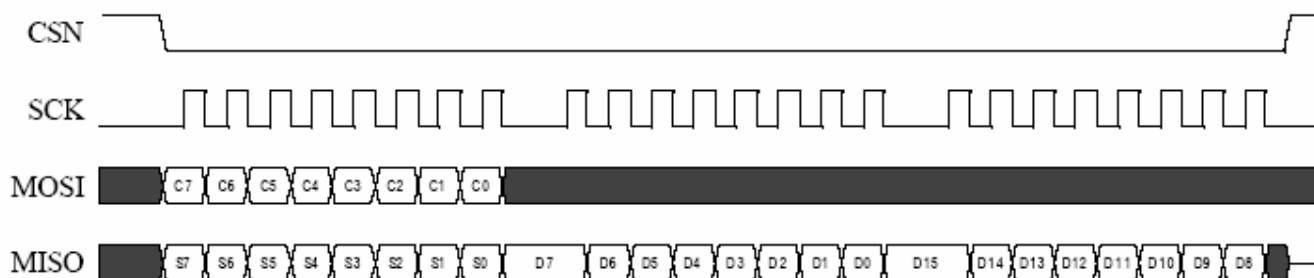


Рисунок 7. Чтение по SPI

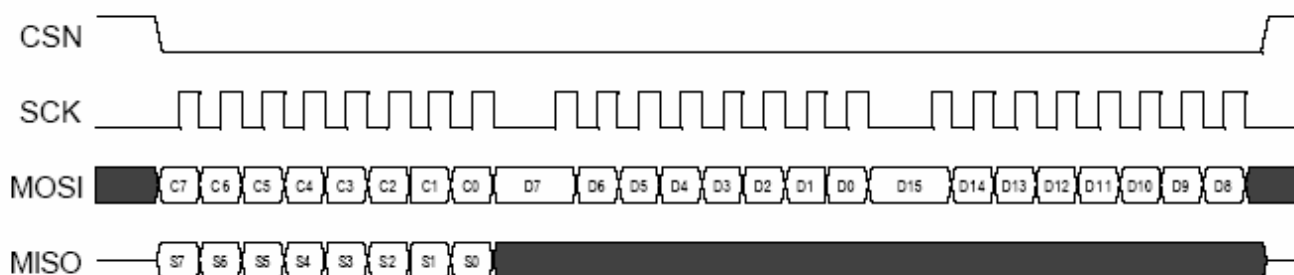


Рисунок 8. Запись по SPI

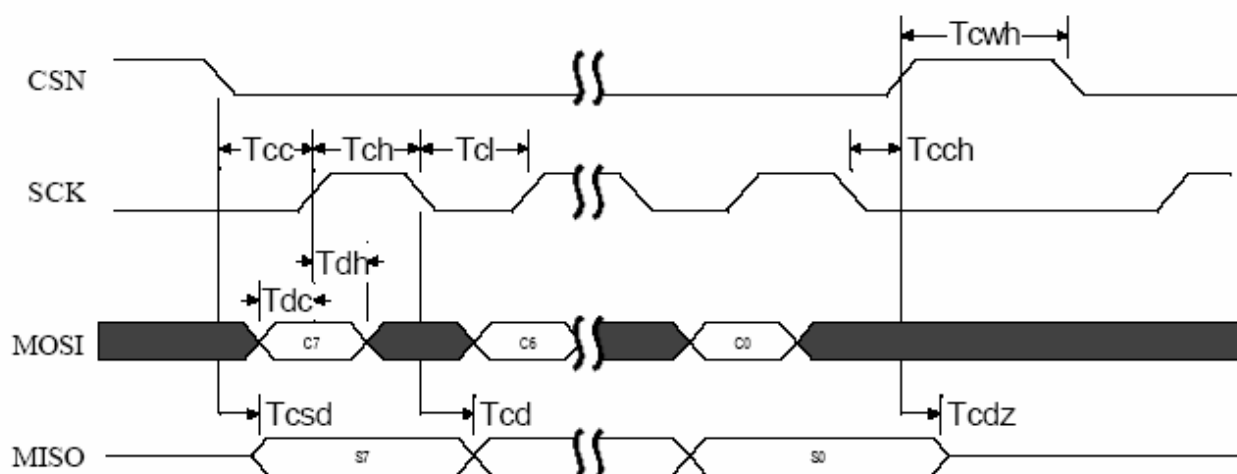


Рисунок 9. Временная диаграмма



Таблица 9. Данные временной диаграммы.

Обозначение	Мин.	Мах.	Единицы
Tdc	5		нс
Tdh	5		нс
Tcsd		45	нс
Tcd		45	нс
Tcl	40		нс
Tch	40		нс
Tsck	Постоянный ток (DC)	10	МГц
Tr,Tf		100	нс
Tcc	5		нс
Tcch	5		нс
Tcwh	500		нс
Tcdz		45	нс

Таблица 9. Данные временной диаграммы.



ОПИСАНИЕ РЕГИСТРА RF-КОНФИГУРАЦИИ

Параметр	Число битов	Описание
CH_NO	9	Установка частоты. HFREQ_PLL (default = 001101100 _b = 108 _d). $f_{RF} = (422.4 + CH_NO_d / 10) * (1 + HFREQ_PLL_d)$ МГц
HFREQ_PLL	1	Установка диапазона работы петли ФАПЧ (default = 0). '0' – Частотный диапазон 433 МГц '1' – Частотный диапазон 868 or 915 МГц
PA_PWR	2	Установка выходной мощности (default = 00). '00' –10 дБм '01' –2 дБм '10' +6 дБм '11' +10 дБм
RX_RED_PWR	1	Reduces current in RX mode by 1.6mA. Sensitivity is reduced (default = 0). '0' – Normal operation '1' – Reduced power
AUTO_RETRAN	1	Повторная передача содержимого в TX регистре при условии, что на TRX_CE и TXEN подана логическая единица (default = 0). '0' – Нет повторной передачи '1' – Повторная передача пакета с данными
RX_AFW	3	Ширина RX-адреса (default = 100). '001' – 1 байт '100' – 4 байт
TX_AFW	3	Ширина TX-адреса (default = 100). '001' – 1 байт '100' – 4 байт
RX_PW	6	Ширина RX-данных (default = 100000). '000001' – 1 байт '000010' – 2 байт '100000' – 32 байт
TX_PW	6	Ширина TX-данных (default = 100000). '000001' – 1 байт '000010' – 2 байт '100000' – 32 байт
RX_ADDRESS	32	Идентичность RX адресов. Байты, зависящие от RX_AFW (default = E7E7E7E7h).
UP_CLK_FREQ	2	Значение выхода тактовой частоты (синхронизации) (default = 11). '00' – 4 МГц '01' – 2 МГц '10' – 1 МГц '11' – 500 МГц
UP_CLK_EN	1	Разрешение формирование на выходе тактовой частоты (синхронизации) (default = 1). '0' – Нет '1' – Да
XOF	3	Кварцевый генератор. Должен быть установлен согласно выбранному кварцевому резонатору (default = 100). '000' – 4 МГц '001' – 8 МГц '010' – 12 МГц '011' – 16 МГц '100' – 20 МГц
CRC_EN	1	CRC – разрешение на проверку (default = 1). '0' – Запрещен '1' – Разрешен
CRC_MODE	1	CRC – режим (default = 1). '0' – 8 CRC битовая проверка '1' – 16 CRC битовая проверка

Таблица 10. Описание регистра RF-конфигурации



РЕГИСТР СОСТОЯНИЙ

Регистр RF-конфигурации (чтение/запись)		
Байт#	По битное содержание	Начальное состояние
0	CH_NO[7:0]	0110_1100
1	Бит [7:6] не используется, AUTO_RETRAN, RX_RED_PWR, PA_PWR[1:0], HFREQ_PLL, CH_NO[8]	0000_0000
2	Бит [7] не используется, TX_AFW[2:0], бит [3] не используется, RX_AFW[2:0]	0100_0100
3	Бит [7:6] не используется, RX_PW[5:0]	0010_0000
4	Бит [7:6] не используется, TX_PW[5:0]	0010_0000
5	RX_адреса (идентичность устройства) байт 0	E7
6	RX_адреса (идентичность устройства) байт 1	E7
7	RX_адреса (идентичность устройства) байт 2	E7
8	RX_адреса (идентичность устройства) байт 3	E7
9	CRC_MODE, CRC_EN, XOF[2:0], UP_CLK_EN, UP_CLK_FREQ[1:0]	1110_0111
TX-данные (чтение/запись)		
Байт#	По битное содержание	Начальное состояние
0	TX_данные[7:0]	X
1	TX_данные [15:8]	X
	--	X
	--	X
30	TX_данные [247:240]	X
31	TX_данные [255:248]	X
TX-адреса (чтение/запись)		
Байт#	По битное содержание	Начальное состояние
1	TX_адреса[7:0]	E7
2	TX_адреса [15:8]	E7
3	TX_адреса [23:16]	E7
4	TX_адреса [31:24]	E7
RX-данные (чтение)		
Байт#	По битное содержание	Начальное состояние
0	RX_данные[7:0]	X
1	RX_данные [15:8]	X
	--	X
	--	X
30	RX_данные [247:240]	X
31	RX_данные [255:248]	X
Регистр статуса (R)		
Байт#	По битное содержание	Начальное состояние
0	AM, бит [6] не используется, DR, бит [0:4] не используется	X

Таблица 11. регистр состояний.

Длина всех регистров фиксированная. Однако, байты в TX_данных, RX_данных, TX_адресах и RX_адресах используемые в **ShockBurst™ TX/RX**, устанавливаются в регистре конфигурации. При переходе в энергосберегающие режимы, содержание регистра сохраняется.



ВАЖНЫЕ ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Тип переключения	Максимальное время
PWR_DWN → ST_BY mode Энергосберегающий – «Спящий»	3 мс
STBY → TX ShockBurst™ «Спящий» - TX ShockBurst™	650 мкА
STBY → RX ShockBurst™ «Спящий» - RX ShockBurst™	650 мкА
RX ShockBurst™ → TX ShockBurst™	550 ¹ мкА
TX ShockBurst™ → RX ShockBurst™	550 ¹ мкА

Таблица 12. Времена переключения режимов

Замечания к таблице:

- 1) Переключение из RX в TX или из TX в RX возможно без повторного программирования регистра конфигурации. При таких переключениях частота несущей сохраняется.

Временные характеристики ShockBurst™ TX

Временные характеристики переключения из «Спящего» режима в режим передачи.

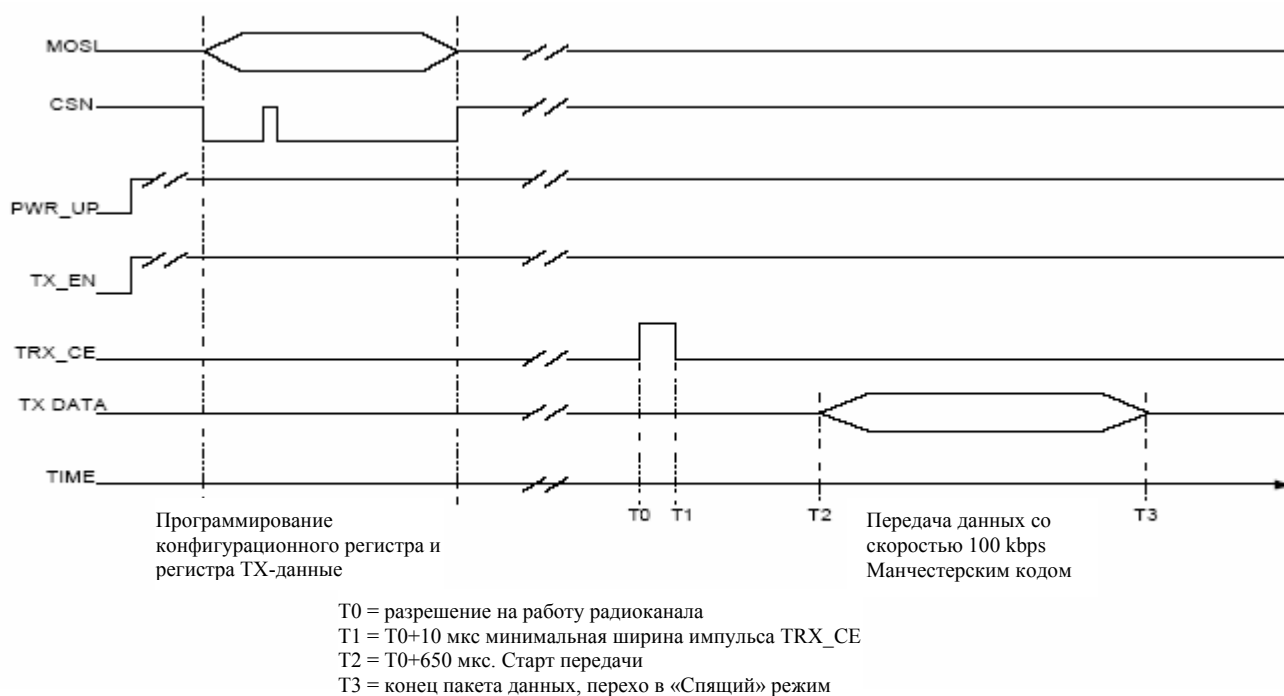


Рисунок 10.

После передачи пакета данных передача заканчивается и nRF905 переходит в «Спящий» режим и ожидает следующего импульса TRX_CE. Если режим автоповтора передачи разрешен, то пакет данных будет пересылаться до тех пор, пока TRX_CE не установиться в низкий уровень (нулевой).



Временные характеристики переключения из «Спящего» режима в режим приема.

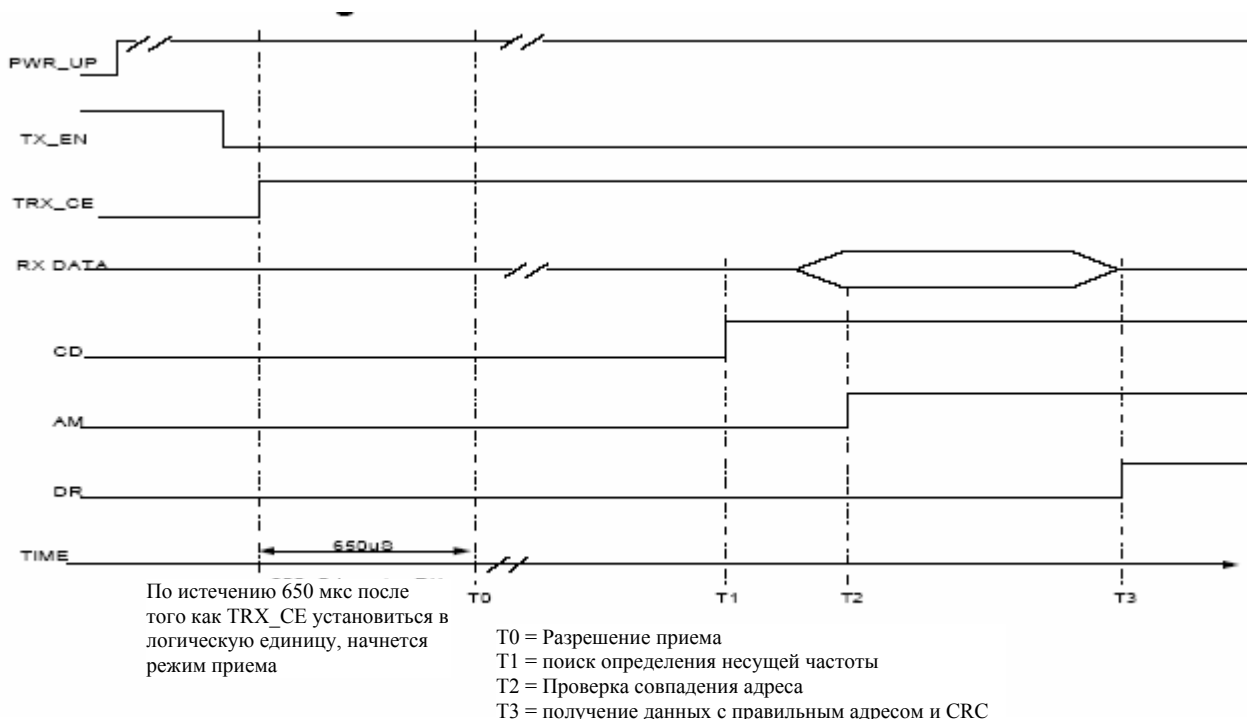


Рисунок 11.

После того, как детектор готовых данных (DR) установился в логическую единицу, данные регистра «RX – данные» можно считывать. Данные можно считывать как в активном режиме работы nRF905 так и в энергосберегающих режимах. После того как данные будут считаны через SPI интерфейс на выводах AM и DR nRF905 установятся логические нули.

Содержимое RX регистра сбрасывается, как только на PWR_UP устанавливается логический ноль или происходит переключения в режим передачи, то есть на TX_EN появляется логическая единица. Результат сброса RX регистра будут логические нули на DR и AM.

Преамбула.

Каждый пакет передачи снабжается автоматически преамбулой. Преамбула – это десяти битовая последовательность необходимая для оптимального приема. Длина преамбулы $t_{\text{preamble}} = 200$ мкс.



Время передачи пакета.

Время передачи пакета складывается из времени запуска передачи и длины самого пакета. Пакет состоит из преамбулы, адреса, данных и CRC, длина которых определяется согласно таблице 11. В то время как длина преамбулы и время запуска установлены, пользователь устанавливает другие параметры в регистре RF конфигурации. Время передачи пакета рассчитывается по формуле:

$$TOA = t_{startup} + t_{preamble} + \frac{N_{address} + N_{payload} + N_{CRC}}{BR}$$

где $t_{startup}$ и $t_{preamble}$ - время запуска передатчика и преамбулы соответственно. $N_{address}$, $N_{payload}$ и N_{CRC} - число битов в адресе, данных и контрольной сумме контроля с помощью циклического избыточного кода, передаваемые со скоростью $BR = 50 \text{ kbps}$.



РАДИОЧАСТОТНЫЕ ДАННЫЕ

Кварцевый резонатор

Допуска на точность от начальной установки частоты, температурного ухода и долговременной работы.

Частота	C _L	ESR	C _{0max}	Допуск для 868/915 МГц	Допуск для 433 МГц
4 МГц	8 пФ - 16 пФ	150 Ом	7 пФ	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$
8 МГц	8 пФ - 16 пФ	100 Ом	7 пФ	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$
12 МГц	8 пФ - 16 пФ	100 Ом	7 пФ	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$
16 МГц	8 пФ - 16 пФ	100 Ом	7 пФ	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$
20 МГц	8 пФ - 16 пФ	100 Ом	7 пФ	$\pm 30 \cdot 10^{-6}$	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$

Таблица 13.

Чтобы достигнуть низкого потребления и быстрого запуска генератора, рекомендуется применять точные кварцевые резонаторы, имеющие маленькую емкость нагрузки. Наилучшее низкое значение эквивалентной параллельной емкости резонатора $C_0=1.5\text{pF}$, но это может увеличить цену резонатора.

Нагрузочная емкость резонатора оценивается по формуле:

$$C_L = \frac{C_1' \cdot C_2'}{C_1' + C_2'}, \quad \text{where } C_1' = C_1 + C_{PCB1} + C_{I1} \text{ and } C_2' = C_2 + C_{PCB2} + C_{I2}$$

где C_1 и C_2 – чип конденсаторы типоразмера 0603 как показано в типовой схеме применения. C_{PCB1} и C_{PCB2} – паразитные емкости печатного монтажа платы. C_{I1} и C_{I2} – паразитные емкости выводов корпуса резонатора, порядка 1 пФ.

Внешний генератор

Требования по стабильности частоты такое же, как и к кварцевому резонатору. Внешний генератор должен подключаться к входу XC1, XC2 должен быть нагружен на высокоомную нагрузку. Если в режиме энергосбережения снять (выключить) генератор, то микропроцессор в nRF905 будет потреблять максимальный ток 1 мА.

Выход синхронизации микропроцессора.

По умолчанию на выходе микропроцессора присутствует частота синхронизации. Ток потребления микропроцессора в nRF905 будет зависеть от режимов описанных в таблице 5.



Выход антенны

Выходы “ANT1 и ANT2” являются дифференциальным выходом подключения антенны. Выходы должны иметь связь по постоянному току с VDD_PA, через дроссельную катушку, через точку центра в дипольной антенне или через четверть волновой резонатор (микрополосок). Импеданс нагрузки, между выводами ANT1/ANT2 должен быть в диапазоне 200-700 Ом.

Оптимальный дифференциальный импеданс антенны:

900МГц $225\Omega + j210$

430МГц $300\Omega + j100$

Согласование на более низкий импеданс нагрузки (например 50 Ом) может быть достигнуто путем применения простой согласующей цепи или радиочастотного трансформатора (симметрирующий трансформатор). Дальнейшая информация относительно структур симметрирующего трансформатора и цепей согласования может быть найдена в Прикладной главе Примеров.

Регулировка выходной мощности

Мощность выхода может принимать четыре различных значения, которые записываются в регистре конфигурации.

Код	Выходная мощность	Ток потребления
00	-10 дБм	9 мА
01	-2 дБм	14 мА
10	6 дБм	20 мА
11	10 дБм	30 мА
Условия: $V_{DD} = 3.0 \text{ В}$, $V_{SS} = 0 \text{ В}$, $T_A = 27^\circ\text{C}$, в нагрузку = 400 Ω .		

Таблица 14. Установка выходной мощности.

Модуляция

Модуляция - Гауссовская частотная манипуляция (GFSK) со скоростью 100 kbps. Девиация ± 50 кГц. GFSK – имеет значительно лучшие характеристики в сравнении с обычной FSK. Данные на прием и передачу декодируются и кодируются соответственно внутри микропроцессора кодом Манчестера. Эффективная скорость передачи в канале 50 kbps. Внутренне кодирование позволяет избежать применения внешних алгоритмов.



ЧАСТОТА НЕСУЩЕЙ

Значение выходной частоты устанавливается в регистре конфигурации CH_NO и HFREQ_PLL. Значение частоты рассчитывается по формуле:

$$f_{OP} = (422.4 + (CH_NO / 10)) \cdot (1 + HFREQ_PLL) \text{ MHz}$$

Когда HFREQ_PLL = «0» разрешающая способность 100 кГц, если = «1», то 200 кГц.

Несущая частота	HFREQ_PLL	CH_NO
430.0 МГц	[0]	[001001100]
433.1 МГц	[0]	[001101011]
433.2 МГц	[0]	[001101100]
434.7 МГц	[0]	[001111011]
862.0 МГц	[1]	[001010110]
868.2 МГц [1]	[1]	[001110101]
868.4 МГц [1]	[1]	[001110110]
869.8 МГц [1]	[1]	[001111101]
902.2 МГц [1]	[1]	[100011111]
902.4 МГц [1]	[1]	[100100000]
927.8 МГц [1]	[1]	[110011111]

Таблица 15. Пример выбора частот.



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ТОПОЛОГИИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ.

nRF905 полностью законченный приемопередатчик в одном кристалле, и не требует сложных электродинамических расчетов топологии печатной платы. Однако, есть некоторые ключевые моменты, которые нужно учитывать.

Печатная плата должна иметь как минимум два слоя, где вторым слоем должна быть сплошная «земля». Такая конструкция печатной платы обеспечит оптимальную работу. Блокировочные конденсаторы должны быть подключены к выводам питания микросхемы настолько близко, насколько позволяет технология их монтажа. Все типы блокировочных конденсаторов должны быть предназначены в работе СВЧ схем. Предпочтительно установить электролитический конденсатор поверхностного монтажа (например, 4.7мкФ тантал) параллельно с керамическим высокочастотным конденсатором. Цепи напряжения питания nRF905 должны быть отфильтрованы и развязаны от цепей любой цифровой схемы.

Длинных цепей питания на топологии печатной платы нужно избежать. Длина цепей подключения микросхемы к цепи «земли», включая блокировочные конденсаторы должна быть как можно короче. Контактные площадки VSS выводов микросхемы (верхний слой топологии печатной платы) должны соединяться с цепью «земля» (нижний слой топологии печатной платы) через металлизированные отверстия. Причем, металлизированные отверстия должны быть расположены к выводам VSS микросхемы на столько близко, насколько позволяет технология монтажа. Как минимум одно металлизированное отверстие должно использоваться для каждого вывода VSS микросхемы.

Цепи цифровой схемы не должны пролегать в топологии печатной платы как вблизи цепей питания микросхемы, так и рядом с корпусом микросхемы. Пример топологии печатной платы, расположения компонентов и топологию антенны, можно получить на сайте **www.nordicsemi.no**.



ОСОБЕННОСТИ nRF905

Детектор несущей.

Когда nRF905 находится в режиме ShockBurstTM (RX), выход детектора несущей имеет высокий уровень, если в канале приема присутствует мощность сигнала рабочей частоты. Эта особенность позволяет очень эффективно избежать столкновения пакетов от различных передатчиков, работающих в той же самой частоте. Перед каждой передачей пакета происходит проверка отсутствия передачи пакетов на рабочей частоте другими устройствами. Таким образом, nRF905 сначала «слушает» эфир, а затем передает пакет. Типовая чувствительность детектора несущей (CD) на 5 дБ ниже чувствительности информационного канала. Если чувствительность информационного канала составляет -100 дБм, то чувствительность CD = -105 дБм. Если мощность частоты в канале приема будет ниже -105 дБм, то выход CD будет равен 0 В, если выше, тона выходе CD будет значение напряжения питания.

Детектор совпадения адреса.

В режиме ShockBurstTM (RX), при условии правильного принятого адреса в пакете, на выходе детектора совпадения адреса (AM) устанавливается высокий уровень. После того, как AM установилось в высокий уровень, происходит чтение данных. Если после чтения данных на выходе DR не установился высокий уровень, то это означает, что не совпала контрольная сумма (CRC) в пакете. Тогда, на выходе детектора совпадения адреса (AM) устанавливается нулевой уровень. Такой алгоритм работы позволяет микропроцессору принять решение принять пакет или игнорировать его.

Детектор данных.

Детектор данных упрощает алгоритм работы микропроцессора.

В режиме ShockBurstTM (TX), после завершения передачи пакета на выходе детектора данных устанавливается высокий уровень, сообщающий микропроцессору о готовности передачи следующего пакета. Значение на выходе DR сбрасывается на нулевое значение при поступлении каждого нового пакета передачи, а также при переключении в любой другой режим (прием, «энергосберегающий»).

В режиме ShockBurstTM (TX) автоматической повторной передачи пакетов, на выходе DR устанавливается высокий уровень в начале преамбулы пакета и нулевой в конце преамбулы. Таким образом, переключение уровней на выходе DR сигнализирует начало и конец пакетов передачи.

В режиме ShockBurstTM (RX), DR сигнализирует правильность принятия адреса и выполнения контрольной суммы (CRC). После чего микропроцессор может передать данные через интерфейс SPI. Значение DR сбросится в нулевой уровень как только данные будут помещены в буфер или наступит другой режим работы, например, режим передачи пакета.



Автоматическая повторная передача пакетов.

Для повышения надежности передачи пакета в шумовой обстановке или в условиях занятости частотного канала передачи предусмотрен режим автоматической повторной передачи пакетов. При установлении бита AUTO_RETRAN равным "1" в регистре конфигурации, микросхема будет посылать тот же самый пакет данных до тех пор, пока значение TRX_CE, и TX_EN имеют высокий уровень. Как только значение TRX_CE будет установлено в низкий уровень, микросхема закончит передачу последнего начатого пакета, и затем автоматически перейдет в «энергосберегающий» режим.

Снижения мощности потребления в режим приема.

Максимизировать время жизни элементов питания можно при условии, если не требуется высокая чувствительность приема. nRF905 имеет встроенный режим снижения мощности потребления. В этом режиме, ток потребления уменьшается с 12,5 мА до 10,5 мА. В таком режиме чувствительность приема уменьшится до значения (-85 ± 10) дБм. Такое снижение чувствительности приема может быть полезно для поиска свободного канала передачи пакета.



ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ С ПОДКЛЮЧЕНИЕМ АНТЕННЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ

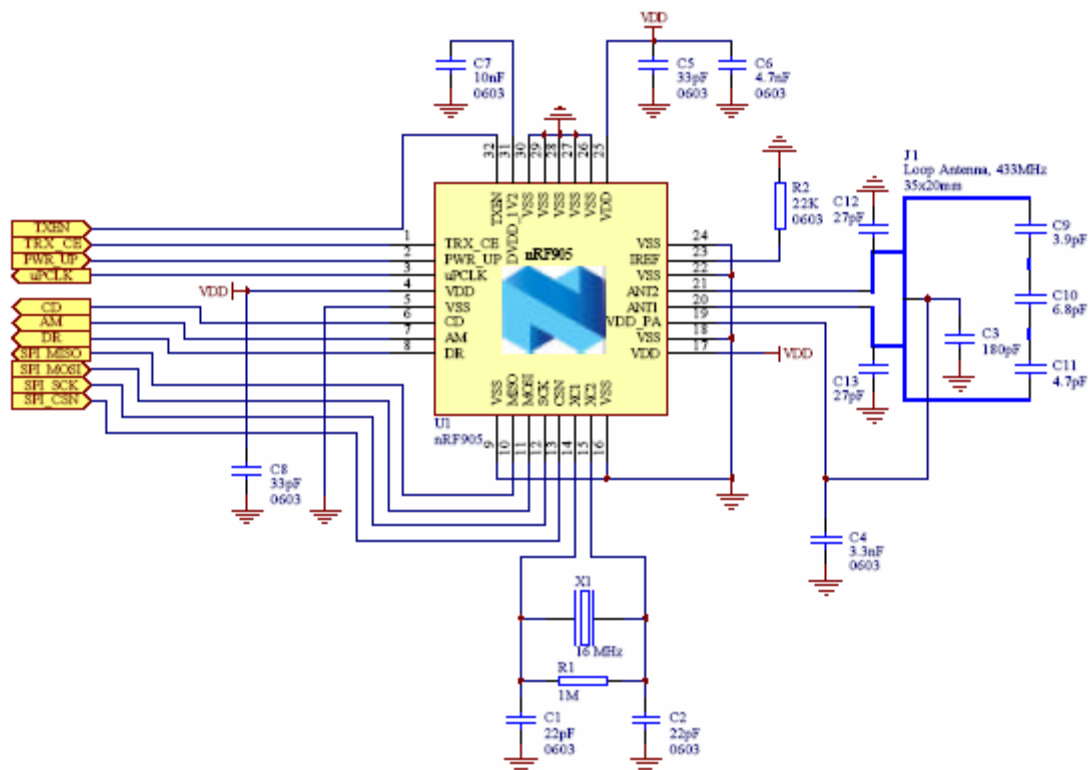


Рисунок 12. пример применения с подключением антенны с дифференциальным ВХОДОМ.

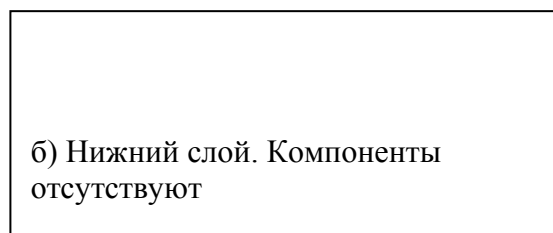
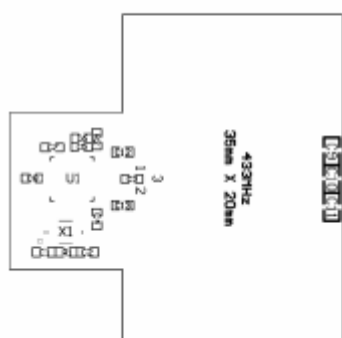
Компонент	Описание	Размер	Значение	Отклонение	Единицы
C1	NPO диэлектрик (кварцевый резонатор)	0603	22	±5%	пФ
C2	NPO диэлектрик (кварцевый резонатор)	0603	22	±5%	пФ
C3	NPO диэлектрик (блокировочный)	0603	180	±5%	пФ
C4	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	3.3	±10%	нФ
C5	NPO диэлектрик (блокировочный)	0603	33	±5%	пФ
C6	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	4.7	±10%	нФ
C7	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	10	±10%	нФ
C8	NPO диэлектрик (блокировочный)	0603	33	±5%	пФ
C9	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	3.9	±0.1	пФ
C10	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	6.8	±0.1	пФ
C11	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	4.7	±0.1	пФ
C12	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	27	±5%	пФ
C13	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	27	±5%	пФ
R1	0,1 Ватта (нагрузка кварцевого резонатора)	0603	1	±5%	МОм
R2	0,1 Ватта (резистор автосмещения)	0603	22	±1%	кОм
U1	Приемопередатчик nRF905	QFN32L/5x5			
X1	Кварцевый резонатор $C_L = 12\text{pF}$	$L \times W \times H = 4.0 \times 2.5 \times 0.8$	16	$\pm 60 \cdot 10^{-6}$	МГц

Таблица 16. Рекомендуемые компоненты на диапазон 433 МГц.

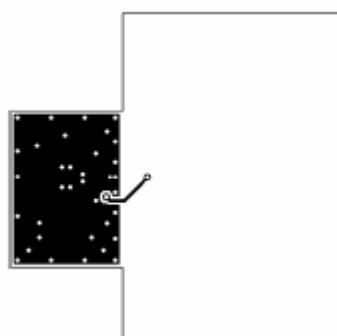
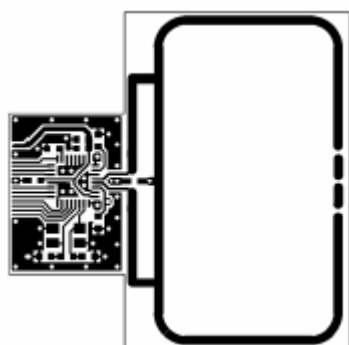


ПРИМЕР ТОПОЛОГИИ С ПОДКЛЮЧЕНИЕ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ.

На рисунке 13 показан пример топологии для схемы представленной на рисунке 12. Топология выполнена на двух стороннем фольгированном материале FR-4 толщиной 1,6 мм. Нижний слой представляет собой сплошной слой металлизации являющийся цепью «земля».



а) Верхний слой. Слой нанесения шелкографии



с) Верхний слой. Слой проводников

д) Нижний слой. Слой проводников

Рисунок 13.

Файлы топологии печатной платы можно получить с сайта **www.nordicsemi.no**.



ПРИМЕР ТОПОЛОГИИ С ПОДКЛЮЧЕНИЕ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ С НЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ И ИМПЕДАНСОМ 50 Ом.

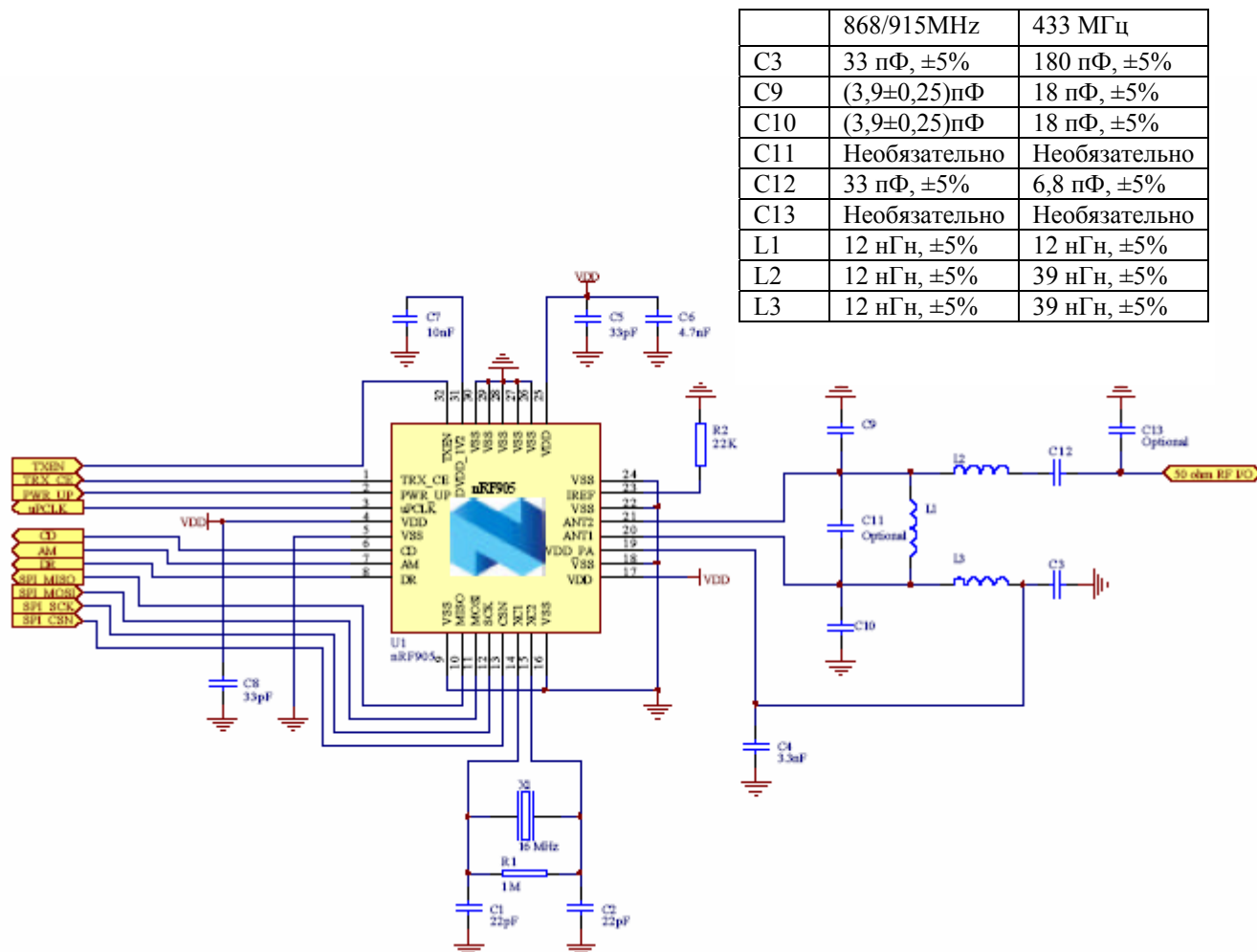


Рисунок 14.

	868/915MHz	433 МГц
C3	33 пФ, ±5%	180 пФ, ±5%
C9	(3,9±0,25)пФ	18 пФ, ±5%
C10	(3,9±0,25)пФ	18 пФ, ±5%
C11	Необязательно	Необязательно
C12	33 пФ, ±5%	6,8 пФ, ±5%
C13	Необязательно	Необязательно
L1	12 нГн, ±5%	12 нГн, ±5%
L2	12 нГн, ±5%	39 нГн, ±5%
L3	12 нГн, ±5%	39 нГн, ±5%



Компонент	Описание	Размер	Значение	Отклонение	Единицы
C1	NPO диэлектрик (кварцевый резонатор)	0603	22	±5%	пФ
C2	NPO диэлектрик (кварцевый резонатор)	0603	22	±5%	пФ
C3	NPO диэлектрик (блокировочный) @ 433 МГц @ 868 МГц @ 915 МГц	0603	180 33 33	±5%	пФ
C4	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	3.3	±10%	нФ
C5	NPO диэлектрик (блокировочный)	0603	33	±5%	пФ
C6	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	4.7	±10%	нФ
C7	X7R диэлектрик (блокировочный)	0603	10	±10%	нФ
C8	NPO диэлектрик (блокировочный)	0603	33	±5%	пФ
C9	NPO диэлектрик (настройка антенны) @ 433 МГц @ 868 МГц @ 915 МГц	0603	18 3,9 3,9	±5% ±0,25 пФ ±0,25 пФ	пФ
C10	NPO диэлектрик (настройка антенны) @ 433 МГц @ 868 МГц @ 915 МГц	0603	18 3,9 3,9	±5% ±0,25 пФ ±0,25 пФ	пФ
C11	NPO диэлектрик (настройка антенны)	0603	---	----	пФ
C12	NPO диэлектрик (настройка антенны) @ 433 МГц @ 868 МГц @ 915 МГц	0603	6,8 33 33	±5% ±5% ±5%	пФ
C13	NPO диэлектрик (настройка антенны) @ 433 МГц @ 868 МГц @ 915 МГц	0603	-- -- --	-- -- --	пФ
L1	Чип индуктивность (цепь согласования) @ 433 МГц: SRF>433 МГц @ 868 МГц: SRF>868 МГц @ 915 МГц: SRF>915 МГц	0603	12 12 12	±5%	нГн
L2	Чип индуктивность (цепь согласования) @ 433 МГц: SRF>433 МГц @ 868 МГц: SRF>868 МГц @ 915 МГц: SRF>915 МГц	0603	39 12 12	±5% ±5% ±5%	нГн
L3	Чип индуктивность (цепь согласования) @ 433 МГц: SRF>433 МГц @ 868 МГц: SRF>868 МГц @ 915 МГц: SRF>915 МГц	0603	39 12 12	±5% ±5% ±5%	нГн
R1	0,1 Ватта (нагрузка кварцевого резонатора)	0603	1	±5%	МОм
R2	0,1 Ватта (резистор автосмещения)	0603	22	±1%	кОм
U1	Приемопередатчик nRF905	QFN32L/5x5			
X1	Кварцевый резонатор C _L = 12pF	LxWxH = 4.0x2.5x0.8	16	±60 * 10 ⁻⁶	МГц

Таблица 17. Рекомендуемые компоненты для подключения антенны с импедансом 50 Ом.

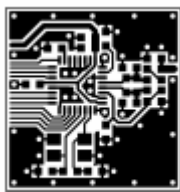


На рисунке 15 показан пример топологии для схемы представленной на рисунке 13. Топология выполнена на двухстороннем фольгированном материале FR-4 толщиной 1,6 мм. Нижний слой представляет собой сплошной слой металлизации являющийся цепью «земля».

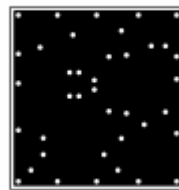


б) Нижний слой. Компоненты отсутствуют

а) Верхний слой. Слой нанесения шелкографии



с) Верхний слой. Слой проводников проводников



д) Нижний слой. Слой

Рисунок 15.

Файлы топологии печатной платы можно получить с сайта **www.nordicsemi.no**.

