

## Однокристалльные приемопередатчики ISM диапазона

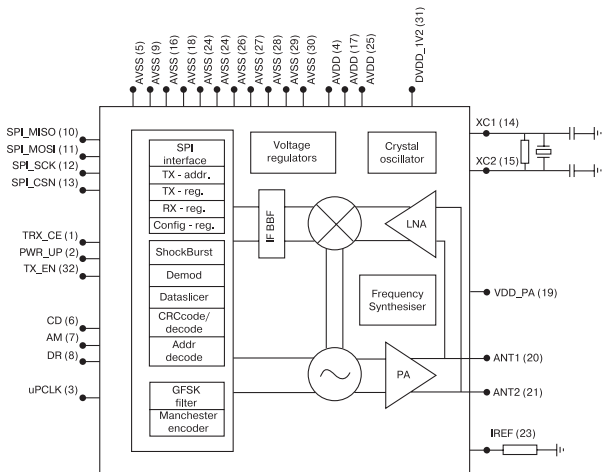
Однокристалльные приемопередатчики ISM (Industrial, Scientific, Medical) диапазона разработанные норвежской компанией Nordic VLSI ASA предназначены для построения радиочастотных систем передачи данных функционирующих в нелицензированных частотных диапазонах.

Продукцию компании Nordic VLSI ASA условно можно разделить на две группы по используемым частотным диапазонам:

- семейство nRF9x5, которое представляет собой универсальные однокристалльные приемопередатчики, работающие на частотах 433, 868, 915 МГц; для данной группы продуктов частота функционирования задается внешними пассивными компонентами;
- семейство однокристалльных приемопередатчиков и передатчиков серии nRF24xx работающих на частоте 2,4 ГГц. Оба семейства продуктов имеют микросхемы, содержащие помимо тракта приема-передачи, также процессорное ядро 8051 с набором цифровых и аналоговых каналов ввода/вывода.

Однокристалльные приемопередатчики серии nRF905 функционируют на частотах 433, 868 и 915 МГц выполняются по технологии 0,18 мкм и поставляются в 32-выводном QFN корпусе размером 5 x 5 мм. Структурная схема данного устройства приведена на рисунке 1.

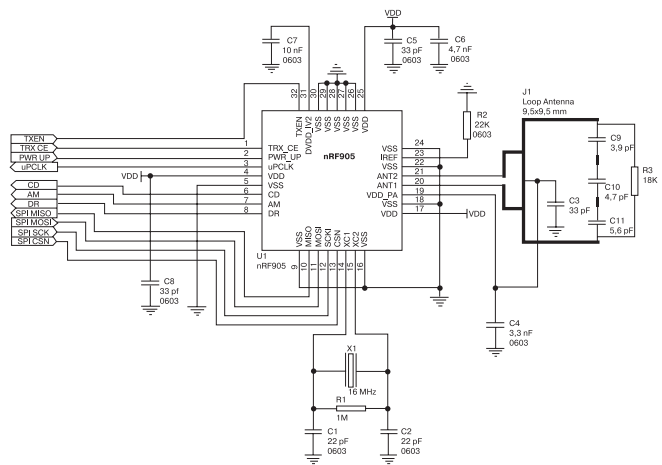
В данном устройстве используется GFSK модуляция и манчестерский код для передачи и кодирования данных.



**Рис. 1. Структурная схема однокристалльного приемопередатчика серии nRF905**

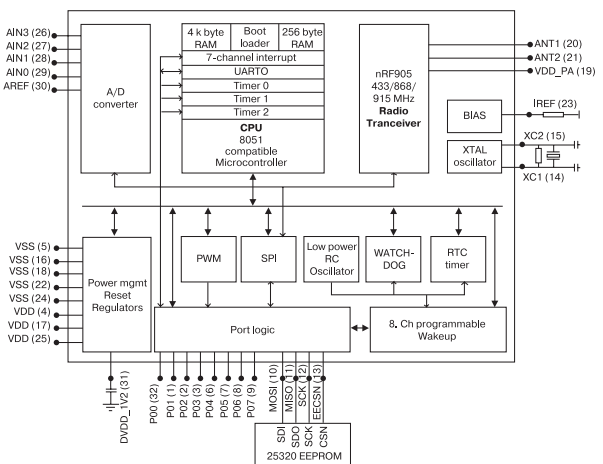
Максимальная скорость передачи данных составляет до 100 Кбит/с. Ширина полосы пропускания радиоканала составляет 100 кГц для частоты 433 МГц и 200 кГц для частот 868 и 915 МГц. Благодаря наличию встроенной схемы управления напряжением питания данная ИМС функционирует в широком диапазоне напряжений: от 1.9 до 3.6 В. Использование запатентованной технологии ShockBurst™ позволяет повысить соотношение сигнал/шум и уменьшить нагрузку на внешний управляющий процессор. Суть данной технологии заключается в том, что вместе с основными данными передается автоматически сформированная приемопередатчиком CRC сумма, позволяющая при помощи циклического избыточного кода контролировать целостность принятой информации и формировать сигнал готовности для внешнего процессора. Также, благодаря технологии ShockBurst™ в приемопередатчиках данной серии используется радиоканал с шириной полосы пропускания, значительно превышающей действительную скорость передачи данных, благодаря чему обеспечивается высокая помехоустойчивость радиоканала. Управление приемопередатчиком осуществляется по SPI интерфейсу. Не требуются внешние

ПАВ фильтры. Приемопередатчики серии nRF905 имеют два активных режима работы: ShockBurst™ RX и TX - прием и передача данных соответственно, и два режима экономии энергии: Power Down и Standby Mode. В режиме Power Down радиочастотная часть и кварцевый генератор выключены и производится только обмен данными по SPI интерфейсу, в результате чего ток потребления снижается до 2 мкА. В режиме Standby Mode радиочастотная часть также выключена, но кварцевый генератор продолжает функционировать. При этом значительно ускоряется переход из экономичного режима в один из активных режимов. Также можно оптимизировать энергопотребление приемопередатчика благодаря возможности управления чувствительностью приемника и мощностью излучения передатчика. Типовая схема включения приемопередатчика серии nRF905 показана на рисунке 2.



**Рис. 2. Типовая схема включения приемопередатчика серии nRF905**

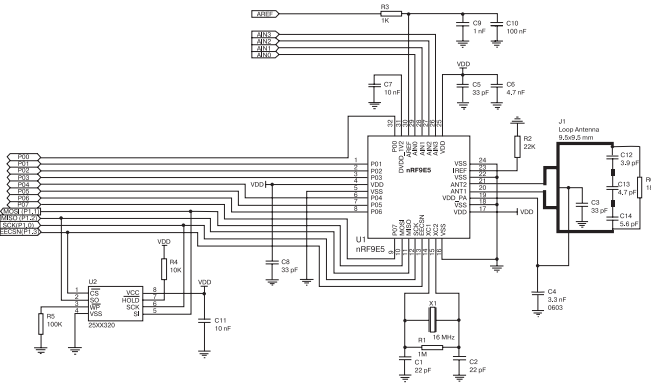
Следующим представителем семейства однокристалльных приемопередатчиков, работающих на частотах 433, 868 и 915 МГц является ИМС серии nRF9E5, содержащая помимо радиочастотной части, также, 8051-совместимое процессорное ядро, стабилизатор напряжения, восемь двунаправленных портов ввода/вывода, 10-битный четырехканальный АЦП с частотой выборки 80 кГц, встроенный источник опорного напряжения и сторожевой таймер. Связь между компонентами приемопередатчика nRF9E5 осуществляется посредством мультиплексируемой шины SPI.



**Рис. 3. Структурная схема однокристалльного приемопередатчика серии nRF9E5**

## Однокристалльные приемопередатчики ISM диапазона

Встроенный микроконтроллер ИМС nRF9E5 содержит масочное ПЗУ объемом 512 байт, 256 байт ОЗУ данных и 4 Кбайт ОЗУ программ. Загрузка пользовательской программы осуществляется через SPI интерфейс. Порты ввода/вывода могут использоваться для обмена данными с внешними устройствами, либо как выходы прерываний для асинхронного контроллера, ШИМ - контроллера или таймера. Структурная схема приемопередатчика серии nRF9E5 приведена на рисунке 3, типовая схема включения на рисунке 4.



**Рис. 4. Типовая схема включения однокристалльного приемопередатчика nRF9E5**

Следующим семейством однокристалльных приемопередатчиков и передатчиков компании Nordic VLSI ASA являются ИМС, функционирующие на частоте 2,4 ГГц.

Для данных устройств, работающих на частоте 2,4 ГГц характерна повышенная скорость передачи данных при пониженной выходной мощности передатчика.

Приемопередатчики серии nRF2401 используют GFSK модуляцию и поставляются в корпусе QFN24 размером 5 x 5 мм. Скорость передачи данных составляет до 1 Мбит/с. Имеется 125 каналов со скоростью переключения между ними менее 200 мкс.

В приемопередатчике используются технологии ShockBurst™ и DuoCeiver™.

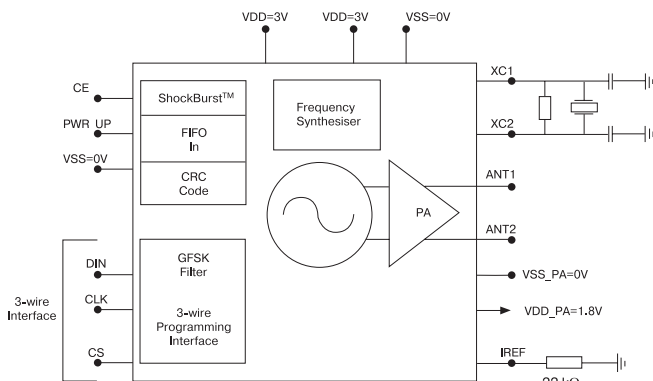
Суть технологии DuoCeiver™ заключается в возможности одновременного приема данных со скоростью 1 Мбит/с по двум каналам, разнесенным на 8 МГц.

О технологии ShockBurst™ говорилось ранее.

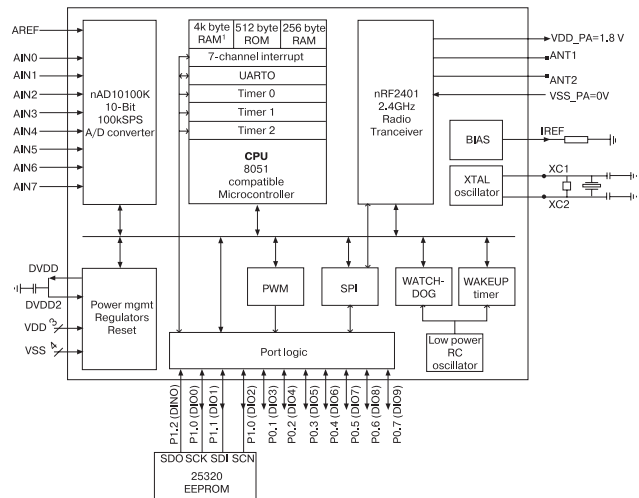
На базе ИМС nRF2401 Nordic Semiconductor разработан однокристалльный приемопередатчик nRF24E1 с встроенным микропроцессорным ядром 8051, 10-разрядным 9-канальным АЦП, цифровыми линиями ввода-вывода.

Помимо приемопередатчиков, Nordic Semiconductor выпускает ИМС, содержащие только передающую часть, т.е. передатчики — это микросхемы серии nRF2402 и nRF24E2.

Структурные схемы ИМС передатчиков nRF2402 и nRF24E2 приведены на рисунках 5 и 6 соответственно.



**Рис. 5. Структурная схема однокристалльного передатчика nRF2402**



**Рис. 6. Структурная схема однокристалльного передатчика nRF24E2**

Nordic Semiconductor выпускает инструментальные отладочные средства — nRF9x5 EVKIT и nRF24xx EVKIT позволяющие быстро интегрировать продукцию компании в законченную разработку. В комплектацию отладочных средств входят две платы приемопередатчиков, две антенны, компакт-диск, содержащий документацию и программное обеспечение. Для приемопередатчиков со встроенными микроконтроллерами дополнительно поставляются две платы с USB-портом для программирования ПЗУ команд. На сайте Nordic Semiconductor находится дополнительная информация, например PCB и GERBER файлы разводки печатных плат.

На рисунке 7 показан внешний вид инструментального отладочного средства nRF9E5 EVKIT.



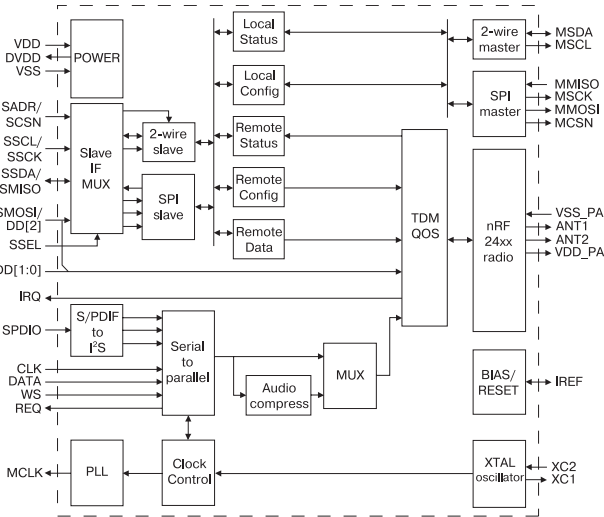
**Рис. 7. Внешний вид инструментального отладочного средства nRF9E5 EVKIT**

Компанией Nordic Semiconductor в недавнем времени анонсированы новые продукты -микросхемы nRF24Z1, nRF24AP1 и nRF24L01.

ИМС nRF24Z1 представляет собой устройство для беспроводной передачи аудиоданных с качеством компакт диска на частоте 2,4 ГГц со скоростью до 4 Мбит/с без использования компрессии. Поддерживается формат 24 бит/96 кГц. Для передачи данных используется интерфейс совместимый с S/PDIF, для подачи управляющих сигналов — интерфейс SPI или двухпроводный интерфейс совместимый с I<sup>2</sup>C. Благодаря архитектуре MegaZtrean™ обеспечивается безошибочная передача данных и дополнительная управляющая информация, например, для изменения громкости или отображения на дисплее. Использование ИМС

## Однокристалльные приемопередатчики ISM диапазона

nRF24Z1 позволяет сократить число проводных соединений в музыкальных центрах, MP3-плеерах и другой бытовой аппаратуре без потери качества звучания и существенного увеличения стоимости. На рисунке 8 приведена структурная схема ИМС nRF24Z1.



**Рис.8. Структурная схема ИМС nRF24Z1** предназначенная для беспроводной передачи аудиоданных с качеством компакт диска

ИМС nRF24AP1 компании Nordic Semiconductor представляет собой однокристалльный приемопередатчик с полной реализацией стека протоколов ANT, разработанного фирмой Dynastream Innovations для использования в пользовательских сетях (PAN).

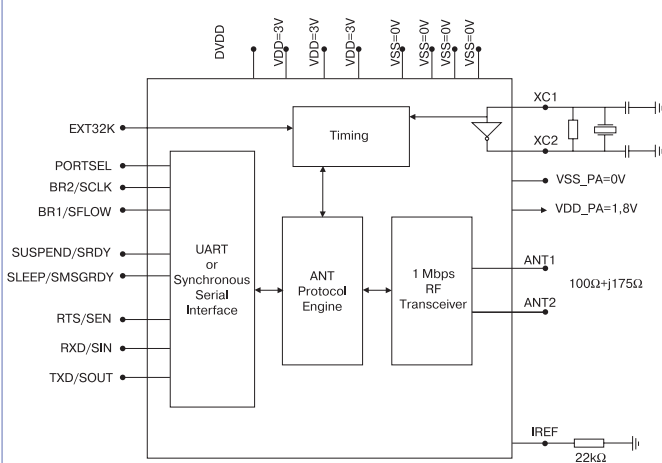
Этот протокол рассчитан на работу в сетях устройств с батарейным питанием, 32-битной адресацией устройств, объединенных в равноправные или иерархические конфигурации типа "звезда". В ANT-сетях используется временное разделение каналов, одно- и двусторонний обмен сообщениями со скоростью более 100 сообщений в секунду и контроль целостности данных с помощью CRC кодов. Поддерживается режим широкопередаточной передачи данных. ИМС nRF24AP1 работает в диапазоне 2,4 ГГц, имеет 80 каналов с GFSK модуляцией и скоростью передачи данных до 1 Мбит/с.

Структурная схема ИМС nRF24AP1 приведена на рисунке 9.

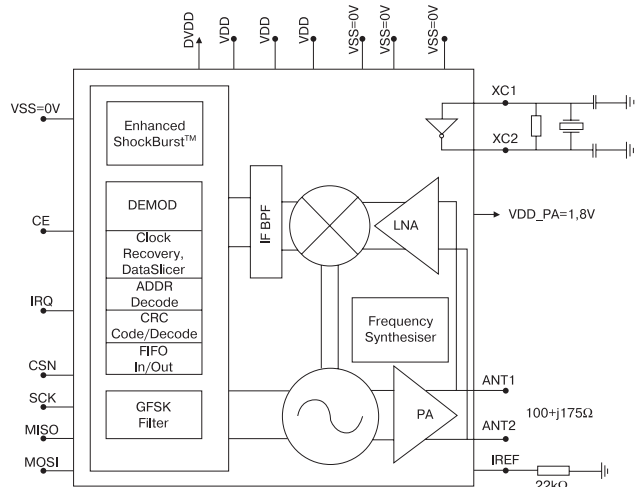
Еще одним новым продуктом компании Nordic Semiconductor является ИМС nRF24L01 - приемопередатчик, работающий на частоте 2,4 ГГц с пониженной выходной мощностью, имеющий 125 радиочастотных каналов с малым временем переключения между ними 130 мкс и скоростью передачи данных до 2 Мбит/с. Данное устройство позволяет поддерживать одновременную, синхронную двунаправленную беспроводную связь с шестью другими беспроводными устройствами, такими как компьютерная клавиатура и мышь, джойстики, системы безопасности и оповещения, системы домашней автоматизации, системы телеметрии, беспроводные промышленные датчики и др.

Устройство выполняется в 20-ти выводном корпусе QFN20 размером 4 x 4 мм.

Структурная схема ИМС nRF24L01 показана на рисунке 10.



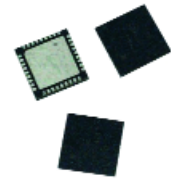
**Рис 9. Структурная схема ИМС nRF24AP1** предназначенная для использования в пользовательских сетях



**Рис.10. Структурная схема ИМС nRF24L01**

## Однокристалльные трансиверы Nordic VLSI ASA

Nordic одни из первых применил технологию 0,18 мкм, для построения однокристалльных трансиверов в диапазоне СВЧ. Они единственные, кто разместил помимо трансивера еще и микроконтроллер 8051 и АЦП на том же кристалле. Простота конфигурации (всего по трем проводам), минимум внешних элементов, широкий диапазон питающих напряжений, промышленный диапазон температур, низкое потребление и низкая цена — делают компоненты Nordic идеальными для решения многих задач, где необходима беспроводная передача данных.



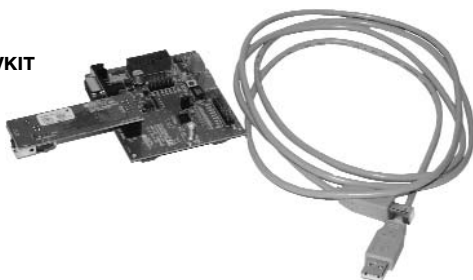
### Однокристалльные приемопередатчики

Наименование	nRF2401	nRF2402	nRF24E1	nRF24E2	nRF905	nRF9E5	nRF24AZ1	nRF24AP1
Тип прибора	Трансивер	Трансмиссер	Трансивер	Трансмиссер	Трансивер	Трансивер	Трансивер	Трансивер
Рабочая частота	2,4–2,5 ГГц	2,4–2,5 ГГц	2,4–2,5 ГГц	2,4–2,5 ГГц	430/826/915 МГц	430/826/915 МГц	2,4–2,5 ГГц	2,4–2,5 ГГц
Тип модуляции	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK	GFSK
Мощность	0 мдБ	0 мдБ	0 мдБ	0 мдБ	10 мдБ	10 мдБ	0 мдБ	0 мдБ
Чувствительность	-90 мдБ	-90 мдБ	-90 мдБ	-90 мдБ	-100 мдБ	-100 мдБ	-90 мдБ	-90 мдБ
К-во каналов/частота следования	125/1 МГц	125/1 МГц	125/1 МГц	125/1 МГц	/100 кГц (433 МГц), 200 кГц (826/915 МГц)	/100 кГц (433 МГц), 200 кГц (826/915 МГц)	30/4 МГц	125/1 МГц
Время перекл. каналов	<200 мкс	<200 мкс	<200 мкс	<200 мкс	<650 мкс	<650 мкс	<200 мкс	<200 мкс
Девияция частоты	156 кГц	156 кГц	156 кГц	156 кГц	50 кГц	50 кГц	640 кГц	156 кГц
Напряжение питания	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	2–3,6 В	1,9–3,6 В
Ток потребления:								
режим передачи	13 мА	13 мА	13 мА	13 мА	30 мА	30 мА	17 мА	16 мА
режим приема	19 мА	19 мА	19 мА	19 мА	13 мА	13 мА	32 мА	19 мА
режим Stand By	8 мкА	8 мкА	8 мкА	8 мкА	8 мкА	8 мкА	8 мкА	2 мкА
Микроконтроллер	-	-	8051	8051	-	8051	-	-
АЦП, бит/каналов/Kspls/c	-	-	10/8/100	10/8/100	-	12.04.1980	-	-
Скорость передачи данных, kbps	250/1000	250/1000	250/1000	250/1000	100	100	4000	1000
Метод кодирования	ADDRESS, CRC	ADDRESS, CRC	ADDRESS, CRC	ADDRESS, CRC	MANCHESTER, CRC	MANCHESTER, CRC	MANCHESTER, CRC	MANCHESTER, CRC
Интерфейс конфигурирования	По трем линиям	По трем линиям	По трем линиям	По трем линиям	SPI интерфейс	SPI интерфейс	I <sup>2</sup> C	SPI интерфейс
Другие интерфейсы							SPDIF, I2S, SPI	
Применение технологий	ShockBurst, DuoCeiver	ShockBurst, DuoCeiver	ShockBurst, DuoCeiver	ShockBurst, DuoCeiver	ShockBurst	ShockBurst		ANT,
Размер	5×5 мм	4×4 мм	6×6 мм	6×6 мм	5×5 мм	5×5 мм	6×6 мм	5×5 мм
Корпус	QFN24	QFN16	QFN36LD	QFN36LD	QFN32	QFN32	QFN36LD	QFN24

### Комплекты для разработчика Nordic (Evaluation Kit)

Наименование	nRF905EVKIT 433	nRF905EVKIT 868	nRF9E5EVKIT 433	nRF9E5EVKIT 868	nRF2401 EVKIT	nRF24E1 EVKIT	nRF24AZEVKIT	nRF24AP1 EVKIT
Частота	433 МГц	868/915 МГц	433 МГц	868/915 МГц	2,4 ГГц	2,4 ГГц		
Аналоговый вход	Нет	Нет	4 канала/12 разрядов	4 канала/12 разрядов	Нет	8 каналов/10 разрядов		
Параллельный интерфейс RS232	Нет	Нет	Да	Да	Нет	Да		
Напряжение питания	1,9–3,6 В	1,9–3,6 В	4,5–12 В	4,5–12 В	1,9–3,6 В или 4,6–16 В	1,9–3,6 В или 4,6–12 В		
Датчик температуры	Нет	Нет	Да	Да	Нет	Нет		
Комплект поставки	2xEVALUATION BOARD 2xConfiguration Boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xEEPROM programmer and emulator boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xConfiguration Boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xEEPROM programmer and emulator boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xConfiguration Boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xEEPROM programmer and emulator boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xEEPROM programmer and emulator boards 2xUSB Cable A/B	2xEVALUATION BOARD 2xEEPROM programmer and emulator boards 2xUSB Cable A/B
	2xAntenna (1/4 Wave)	2xUSB Cable A/B	2xAntenna (1/4 Wave)	2xUSB Cable A/B	2xAntenna (Wave)	2xUSB Cable A/B	2xUSB Cable A/B	2xUSB Cable A/B
CD: Data Sheet		2xAntenna (1/4Wave)	CD: Data Sheet	2xAntenna (1/4Wave)	CD: Data Sheet	2xAntenna (Wave)	2xAntenna (Wave)	2xAntenna (Wave)
	Soft	CD: Data Sheet	Soft	CD: Data Sheet	Soft	CD: Data Sheet	CD: Data Sheet	CD: Data Sheet
		Soft		Soft		Soft	Soft	Soft
		Examples		Examples		Examples	Examples	Examples

nRF24E1 EVKIT



nRF9E5 EVKIT

