



# БЕСПРОВОДНАЯ NFC-ПАМЯТЬ ОТ STMICROELECTRONICS

Вячеслав Гавриков (г. Смоленск)

Технология NFC создавалась для ограниченного круга приложений, таких как бесконтактная оплата, электронные ключи, электронные билеты и т. д. Однако идея обмена данными на сверхмалых расстояниях оказалась настолько удачной, что сейчас область применения NFC значительно расширилась. Активные и пассивные интеллектуальные NFC-устройства используются в промышленности, портативной электронике, медицине, автомобильном транспорте и других отраслях. В публикации предложен краткий обзор NFC-EEPROM с двойным интерфейсом от компании STMicroelectronics.

Near Field Communication (NFC) представляет собой беспроводную технологию обмена данными, работающую с радиодиапазоном 13,56 МГц, и является развитием более ранних стандартов бесконтактных карт ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693.

NFC-устройства объединяют функции обычной бесконтактной карты и ретранслятора и способны выполнять двунаправленный обмен данными, находясь в непосредственной близости друг от друга. Разделяют пассивные и активные NFC-устройства. Активные могут самостоятельно создавать электромагнитное поле для поддержания радиоканала. Пассивные не способны создавать радиоканал и работают только в паре с активным устройством. Таким образом, обмен данными имеет различный характер:

- эмуляция работы обычной бесконтактной карты (CARD EMULATION MODE);
- обмен между пассивными и активными NFC-устройствами (READER/WRITER MODE);
- обмен между двумя активными NFC-устройствами (PEER-TO-PEER MODE).

Изначально технология NFC была задумана как развитие бесконтактных карт для систем оплаты, однако в дальнейшем превратилась в полноценную беспроводную технологию обмена данными и нашла применение в самых разных областях и устройствах. Например, NFC-модули появились во многих современных смартфонах, а поддержка данного стандарта

NFC-решения от STMicroelectronics				
Пассивные метки NFC/RFID	Пассивные метки NFC/RFID	Ридеры HF/UHF	NFC-контроллер	Безопасность NFC
ST25TA	ST25DV-I2C	CR95HF ST95HF	ST21NFC	ST31/ST33
ST25TB	ST25DV-PWM	ST25R3910		ST53/54
ST25TV	M24LR	ST25R3911B		
	M24SR	ST25R3912/3		
		ST25R3914/5		
		ST25RU3993 (UHF)		
		ST25RU3980 (UHF)		



**Рис. 1.**  
Номенклатура  
NFC-решений от  
STMicroelectronics

присутствует в ОС Android (начиная с версии 4.0), iOS (начиная с версии iOS11), Windows (начиная с Windows 7). В промышленности NFC-устройства применяются для логистики, постпроизводственного программирования и бесконтактного управления. В автомобилях NFC-метки заменяют привычные ключи зажигания.

Широкую номенклатуру NFC-решений предлагает компания STMicroelectronics: от пассивных NFC-устройств до NFC-контроллеров (рис. 1). Данная статья посвящена наиболее интересному сегменту NFC-устройств от STMicroelectronics, а именно памяти EEPROM с двойным интерфейсом. Эти микросхемы отвечают требованиям стандартов ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693 и являются практически готовым решением с точки зрения организации беспроводного радиоканала ближнего радиуса действия.

## NFC: ОСОБЕННОСТИ И СТАНДАРТЫ

Говоря о NFC, следует кратко коснуться основных отраслевых стандартов, определяющих данную технологию (табл. 1).

Основные положения, относящиеся к NFC, представлены в стандарте ISO/IEC 18092. В России существует переведенный и адаптированный аналог — ГОСТ Р ИСО/МЭК 18092-2015 «Телекоммуникации и обмен информацией между системами. Коммуникация в ближнем поле. Интерфейс и протокол (NFCIP-1)».

ГОСТ Р ИСО/МЭК 18092-2015 определяет режимы индуктивной связи устройств, работающих на центральной частоте 13,56 МГц, интерфейс и протокол коммуникации при активном и пассивном режиме связи, схемы модуляции, кодирования, скорости передачи и радиочастотную структуру интерфейса устройств NFC, схемы инициализации и условия, необходимые для контроля за конфликтными ситуациями во время инициализации.

Как уже было сказано, изначально технология NFC создавалась как развитие стандартов бесконтактных карт ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693. По этой причине NFC-устройства совместимы с существующей инфраструктурой бесконтактных карт. Для подтверждения совместимости в документации указывается соответствующий стан-

дарт. ISO/IEC 14443 предполагает обмен на расстоянии до 10 см со скоростями 106–848 кбит/с (до 6,8 Мбит/с с VHBR). ISO/IEC 15693 позволяет осуществлять обмен на дистанциях более 10 см со скоростями до 53 кбит/с.

От ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693 технология NFC унаследовала и физическую реализацию канала передачи данных. Параметры радиоканала определяются в стандарте ISO/IEC 18000 Часть 3 «Параметры для интерфейса воздушных коммуникаций в 13,56 МГц».

**Таблица 1.**  
Базовые стандарты NFC-технологии

СТАНДАРТ	ОПИСАНИЕ
ISO/IEC 18092	Базовый стандарт, описывающий NFC
ГОСТ Р ИСО/МЭК 18092-2015	Переведенный и адаптированный вариант ISO/IEC 18092
ISO/IEC 14443	Стандарт, описывающий поведение и протоколы бесконтактных пассивных карт (RFID) ближнего радиуса действия (до 10 см) и ридеров
ISO/IEC 15693	Стандарт, описывающий поведение и протоколы бесконтактных пассивных карт (RFID) дальнего радиуса действия (более 10 см) и ридеров
ISO/IEC 18000-3M3	Стандарт ISO/IEC 18000 Часть 3. Параметры для интерфейса воздушных коммуникаций в 13,56 МГц

## EEPROM С ДВОЙНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ ОТ STMICROELECTRONICS

Наиболее интересным NFC-решением от STMicroelectronics представляются активные NFC-устройства серий M24LR, M24SR, ST25DV-I2C и ST25DV-PWM. По сути, это микросхемы EEPROM с двойным интерфейсом (рис. 2). Серии M24LR, M24SR, ST25DV-I2C обеспечивают доступ к EEPROM со стороны других NFC-устройств по радиоканалу, а также доступ со стороны управляющего микроконтроллера по I<sup>2</sup>C. Серия ST25DV-PWM вместо I<sup>2</sup>C имеет ШИМ-выходы.



Между собой серии M24LR, M24SR, ST25DV-I2C и ST25DV-PWM различаются параметрами NFC-канала, характеристиками памяти, эксплуатационными характеристиками и наличием дополнительных особенностей. Поскольку статья посвящена NFC, то начать ее следует именно с рассмотрения параметров NFC-канала и дополнительных функций микросхем.

## ХАРАКТЕРИСТИКИ NFC-КАНАЛА И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ EEPROM С ДВОЙНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Серии EEPROM с двойным интерфейсом имеют различную дальность действия и скорость обмена данными по NFC. Серия M24SR совместима со стандартом ISO14443 и может обеспечивать обмен информацией с другими NFC-устройствами на расстояниях до 10 см (табл. 2). Остальные серии — M24LR, ST25DV-I2C и ST25DV-PWM — совместимы со стандартом ISO15693 и имеют увеличенный радиус действия до 1 м.



**Рис. 2.** Блок-схема NFC-устройств с EEPROM с двойным интерфейсом

Дальность действия радиоканала напрямую определяет и скорость передачи данных. Для представителей серии M24SR скорость достигает 106 кбит/с, в то время как для остальных микросхем стандартная скорость составляет 26 кбит/с. Для M24LR, ST25DV возможна частота обмена 53 кбит/с.

Вторым рабочим интерфейсом для серий M24LR, M24SR, ST25DV-I2C является I<sup>2</sup>C, максимальная частота обмена по которому составляет 1 МГц для M24LR и ST25DV-I2C, и 400 кГц для M24SR.

В микросхемах ST25DV-PWM отсутствует I<sup>2</sup>C-интерфейс. Вместо него в распоряжении пользователя оказывается один или два ШИМ-выхода (табл. 3). Суть данного решения достаточно очевидна: благодаря таким микросхемам можно обойтись без дополнительного управляющего микроконтроллера в целом ряде простых приборов, таких как светодиодные светильники, устройства с электродвигателями (например, электронные замки) и т. д.

Выходная частота ШИМ-сигнала в ST25DV-PWM может быть запрограммирована в диа-

**Таблица 2.** Особенности серий EEPROM с двойным интерфейсом

ПАРАМЕТР	M24SR	M24LR	ST25DV-I2C	ST25DV-PWM
ВЧ-диапазон	Ближний диапазон (до 10 см)	Дальний диапазон (до 1 м)	Дальний диапазон (до 1 м)	Дальний диапазон (до 1 м)
Стандарт	ISO14443	ISO15693	ISO15693	ISO15693
Скорость обмена	106 кбит/с	До 53 кбит/с (стандарт 26 кбит/с)	До 53 кбит/с (стандарт 26 кбит/с)	26 кбит/с
Последовательный интерфейс	I <sup>2</sup> C, скорость 1 МГц	I <sup>2</sup> C, скорость 400 кГц	I <sup>2</sup> C, скорость 1 МГц	-
Функция быстрого обмена (Fast Transfer mode)	-	-	Есть (буфер 256 байт)	-
Функция сбора энергии (Energy Harvesting)	-	Есть	Есть	-
Цифровые выходы (Digital output)	С открытым стоком (open drain)	С открытым стоком (open drain)	С открытым стоком или КМОП	ШИМ
Дополнительные функции	Отключение ВЧ-интерфейса	-	Режим пониженного потребления	Режим пониженного потребления

пазоне 488–31250 Гц. Разрядность зависит от частоты и достигает 15 бит при 488 Гц ШИМ. Микросхема способна обеспечивать выходной ток до 4 мА. Конечно же, этого недостаточно для прямого управления электродвигателем или мощным светодиодом, соответственно, в зависимости от приложения в схеме может понадобиться усилитель или драйвер.

**Таблица 3.**  
**Параметры ШИМ в микросхемах ST25DV-PWM**

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Частота ШИМ	488–31250 Гц
Точность	±10% (во всем диапазоне температур)
Количество ШИМ-выходов	1 или 2
Разрешение	9 бит при частоте 31,25 кГц 12 бит при частоте 3,9 кГц 15 бит при частоте 488 Гц
Напряжение питания	1,8–5,5 В
Выходной ток ШИМ-каналов	до 4 мА
Время запуска	менее 3 мс

В остальных сериях — M24LR, M24SR, ST25DV-I2C — также существует возможность реализации простейших функций управления без участия дополнительного микроконтроллера. Для

**Таблица 4.**  
**Эксплуатационные характеристики и параметры EEPROM**

ПАРАМЕТР	M24SR	M24LR	ST25DV-I2C	ST25DV-PWM
Тип памяти	EEPROM (формат NDEF)	EEPROM	EEPROM	EEPROM
Объем памяти	2/4/16/64 кбит	4/16/64 кбит	4/16/64 кбит	2 кбит
Защита данных	Пароль 128-бит	Пароль 32-бит	Пароль 64-бит	Пароль 64-бит, цифровая подпись
Срок хранения данных	200 лет при +55 °С	40 лет при +55 °С	40 лет при +55 °С	40 лет при +55 °С
Циклов записи/чтения	1М циклов при +25 °С 600к циклов при +85 °С 500к циклов при +105 °С	1М циклов при +25 °С 100к циклов при +85 °С	1М циклов при +25 °С 600к циклов при +85 °С 500к циклов при +105 °С 400к циклов при +125 °С	100к циклов при +85 °С
Диапазон рабочих температур	–40...+85 °С –40...+105 °С (85 °С RF)	–40...+85 °С	–40...+85 °С –40...+105 °С (85 °С RF)	–40...+85 °С –40...+105 °С (85 °С RF)
Корпус	SO8/TSSOP8/UFDFPN8/SBN*	SO8/ TSSOP8/ UFDFPN8/ SBN*	SO8/TSSOP8/ UFDFPN8/UFDFPN12/ WLCSP10/SBN*	SO8/TSSOP8

Примечание. \* Ряд моделей может поставляться в бескорпусном исполнении SBN.

этого могут быть использованы цифровые выходы с открытым истоком. В серии ST25DV-I2C есть модели с КМОП-выходами.

Важным достоинством микросхем ST25DV-I2C является наличие встроенного буфера объемом 256 байт. С его помощью удастся реализовать функцию быстрого обмена данными (Fast Transfer mode) между контроллером и внешним NFC-устройством.

Также следует отметить интересную функцию сбора энергии (Energy Harvesting), которая присутствует в сериях M24LR и ST25DV-I2C. Эти микросхемы способны собирать энергию внешнего электромагнитного поля, создаваемого ридером, и применять ее не только для собственного питания, но и для питания других компонентов схемы. Разумеется, речь не идет о передаче значительной мощности, но при использовании современных малопотребляющих компонентов этого вполне достаточно для широкого круга приложений.

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ EEPROM

Не надо забывать, что M24LR, M24SR, ST25DV-I2C и ST25DV-PWM — это в первую очередь микросхемы памяти, а потому следует рассмотреть и соответствующие параметры данных компонентов (табл. 4).

Все представленные серии имеют объем памяти EEPROM до 64 кбит, за исключением ST25DV-PWM, для которой существуют только 2-кбит модели.

Для защиты данных от взлома разработчикам предлагается использовать пароли, кроме

того, в ST25DV-PWM присутствует блок цифровой подписи TruST25.

С точки зрения длительности хранения данных серии также различаются. При этом выделяется серия M24SR. По утверждениям STMicroelectronics, представители M24SR способны сохранять информацию в течение 200 лет при температуре +55 °С.

Для всех микросхем рабочий диапазон температур при использовании NFC-канала составляет –40...+85 °С. Если же радиointерфейс не используется, возможна работа в диапазоне –40...+105 °С (кроме M24LR).

Анализируя характеристики отдельных серий, трудно дать какие-либо рекомендации по применению в той или иной области. Скорее выбор будет основываться на особенностях конкретного приложения. Тем не менее микросхемы EEPROM с двойным интерфейсом от STMicroelectronics будут востребованы в бытовых приложениях, медицинской технике, промышленном оборудовании, в портативной электронике и иных областях.

## ОБЗОР МОДЕЛЬНОГО РЯДА EEPROM С ДВОЙНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ ОТ STMICROELECTRONICS

В настоящий момент номенклатура EEPROM с двойным интерфейсом от STMicroelectronics включает более десятка моделей. Кроме того, каждая модель имеет различные корпусные исполнения: SO8, TSSOP8, UDFPN (табл. 5).

## ИНСТРУМЕНТЫ РАЗРАБОТКИ И ОТЛАДКИ

Важное преимущество продукции STMicroelectronics — хорошая техническая поддержка. Специалистам предлагается весь спектр средств разработки и отладки: программные библиотеки, оценочные наборы, огромный перечень руководств и документации, утилита для расчета печатных катушек.

Для каждой серии микросхем (за исключением самой новой серии ST25DV-PWM) выпускаются различные отладочные наборы. При этом существует выбор между законченными наборами

Таблица 5.

Номенклатура EEPROM с двойным интерфейсом от STMicroelectronics

СТАНДАРТ	EEPROM, БИТ	КОРПУС	ИНТЕРФЕЙС	ВЫХОД СТАТУСА RF	ФУНКЦИЯ СБОРА ЭНЕРГИИ	ПАРОЛЬ	УПИТ, В	ДИСТАНЦИЯ, М
ISO15693	2048	SO8, TSSOP8	1xШИМ	–	–	64/32-бит	1,8–5,5	1
ISO15693	4096	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	есть	32-бит	1,8–5,5	1,5
ISO15693	16384	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	есть	32-бит	1,8–5,5	1,5
ISO15693	65536	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	есть	32-бит	1,8–5,5	1,5
ISO14443	2048	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	–	128-бит	2,7–5,5	0,1
ISO14443	4096	UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	–	128-бит	2,4	0,1
ISO14443	4096	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	–	128-бит	2,7–5,5	0,1
ISO14443	16384	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	–	128-бит	2,7–5,5	0,1
ISO14443	65536	SO8, TSSOP8, UDFPN 8	I <sup>2</sup> C	есть	–	128-бит	2,7–5,5	0,1
ISO15693	2048	SO8, TSSOP8	2xШИМ	–	–	64/32-бит	1,8–5,5	1
ISO15693	4096	SO8, TSSOP8, UDFPN 12L, UDFPN 8, WLCSP10	I <sup>2</sup> C	есть	есть	64-бит	1,8–5,5	1
ISO15693	16384	SO8, TSSOP8, UDFPN 12L, UDFPN 8, WLCSP10	I <sup>2</sup> C	есть	есть	64-бит	1,8–5,5	1
ISO15693	65536	SO8, TSSOP8, UDFPN 12L, UDFPN 8, WLCSP10	I <sup>2</sup> C	есть	есть	64-бит	1,8–5,5	1



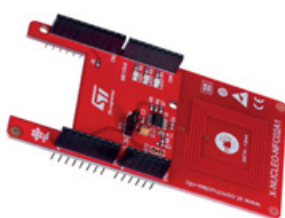
**Рис. 3.**

Отладочные наборы для M24SR



**Рис. 4.**

Отладочные наборы для M24LR



M24LR-DISCOVERY

X-NUCLEO-NFC02A1

**Рис. 5.**

Отладочные наборы для ST25DV



ST25DV-DISCOVERY



X-NUCLEO-NFC04A1

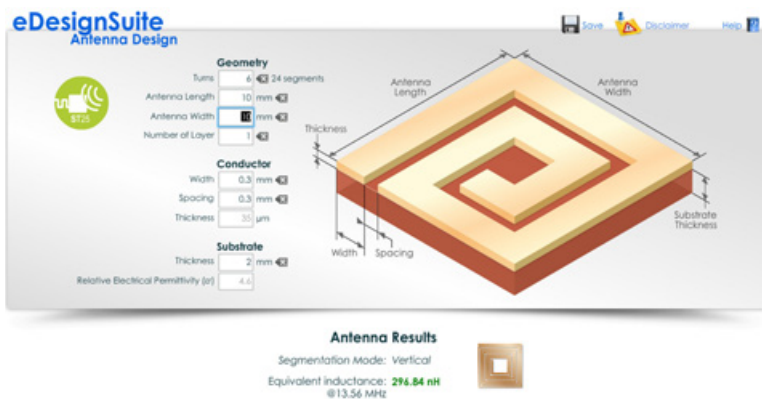
Discovery и платы расширения для фирменных стеков Nucleo от STMicroelectronics (рис. 3–5). Каждый из наборов сопровождается программным пакетом с примерами и библиотеками.

**Рис. 6.**

Утилита для расчета печатной антенны



Большая часть микросхем имеет повыводную совместимость (8-выводные корпуса), кроме того, они способны работать с одними и теми



же антеннами. Для NFC применяются как печатные антенны, так и SMD-индуктивности.

Расчет печатной антенны может оказаться наиболее пугающим этапом разработки, поэтому STMicroelectronics предлагает использовать для таких целей простую утилиту. От разработчика требуется лишь ввести параметры антенны (число витков, длина, ширина), параметры проводников (ширина, зазор, толщина металлизации), параметры основания (толщина, диэлектрическая проницаемость), после чего программа автоматически высчитает величину эквивалентной индуктивности (рис. 6).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология NFC является дальнейшим развитием бесконтактных устройств ближнего радиуса действия и имеет обратную совместимость со всей существующей инфраструктурой бесконтактных карт, поддерживающих стандарты ISO/IEC 14443 и ISO/IEC 15693.

Компания STMicroelectronics предлагает широкий выбор NFC-решений, начиная от пассивных устройств и заканчивая NFC-контроллерами. Данная статья посвящена микросхемам EEPROM с двойным интерфейсом. На сегодня STMicroelectronics выпускает три серии микросхем, обеспечивающих доступ к памяти через NFC-радиоканал и I<sup>2</sup>C-интерфейс:

- M24SR с объемом до 64 кбит и радиусом действия до 10 см;
- M24LR с объемом до 64 кбит, с увеличенным радиусом действия и функцией сбора энергии;
- ST25DV-I2C с объемом до 64 кбит, с увеличенным радиусом действия, с функцией сбора энергии и возможностью ускоренного обмена между микроконтроллером и NFC-ридером.

Эти микросхемы могут использоваться в бытовых приложениях, медицинской технике, промышленном оборудовании, в портативной электронике и т. д.

Особое место в номенклатуре STMicroelectronics занимает серия ST25DV-PWM, у которой вместо I<sup>2</sup>C реализованы ШИМ-выходы. Такая особенность позволяет отказаться от управляющего контроллера в целом ряде приложений, например при создании светодиодных светильников или электронных замков.



## Литература

1. Документация с сайта [www.st.com](http://www.st.com)