

## СХЕМА ТРАНСПОНДЕРА С ФУНКЦИЯМИ ЧТЕНИЯ/ЗАПИСИ

(функциональный аналог MF0 IC U1X ф.Philips)

Микросхема IZ2822 – схема транспондера с функциями чтения/записи, предназначена для использования в бесконтактных пластиковых картах.

Область применения: системы сопровождения и наблюдения за перемещением объектов, противоугонные системы, системы контроля и ограничения доступа на предприятиях, режимных объектах, охранные сигнализации, системы регистрации и идентификации на транспорте и в технологических процессах.

Для построения бесконтактного идентификатора к микросхеме подключается внешняя катушка индуктивности. Встроенный радиоканал получает наведенный в антенне внешним излучением сигнал, который используется блоком питания для получения напряжения питания микросхемы и блоком управления для выделения сигнала синхронизации.

### Основные характеристики:

- объем ЭСППЗУ 512 бит с организацией в 16 страниц по 4 байта в каждой странице;
- количество циклов стирания/записи ячеек памяти 100000;
- температурный диапазон от минус 40 до плюс 85 °С;
- допустимое значение потенциала статического электричества 2000 В;
- ток защелкивания не менее 100 мА при температуре 25 °С;
- бесконтактная передача данных и питания;
- частота операционного поля 13,56 МГц;
- скорость передачи данных – 106 килобит/с;
- встроенная резонансная емкость  $42,5 \text{ пФ} \leq C_R \leq 57,5 \text{ пФ}$ ;
- поддержка функции антиколлизии, позволяющей находить в зоне приема нескольких карт одновременно;
- обмен информацией в соответствии с международными стандартами ISO 14443-2, ISO 14443-3, тип А;
- ограничение внутреннего постоянного напряжения для предотвращения сбоя в сильном электромагнитном поле;
- синхронизация внутренней схемы путем выделения тактовых синхроимпульсов из внешнего поля;
- хранение информации в памяти при отключенном напряжении питания;
- секторная организация памяти с возможностью защиты от записи каждого сектора.



Таблица 1 - Назначение контактных площадок

Номер контактной площадки	Обозначение	Назначение
01	COIL1	Вход/выход подключения индуктивности
02	COIL2	Вход/выход подключения индуктивности
03	U <sub>CC</sub>	Выход питания от источника напряжения
04	DATA	Выход данных, тестовый
05	GND	Общий вывод

Примечание – Контактные площадки U<sub>CC</sub>, GND, DATA служат для организации режима тестирования в процессе изготовления микросхем и в аппаратуре потребителя не используются

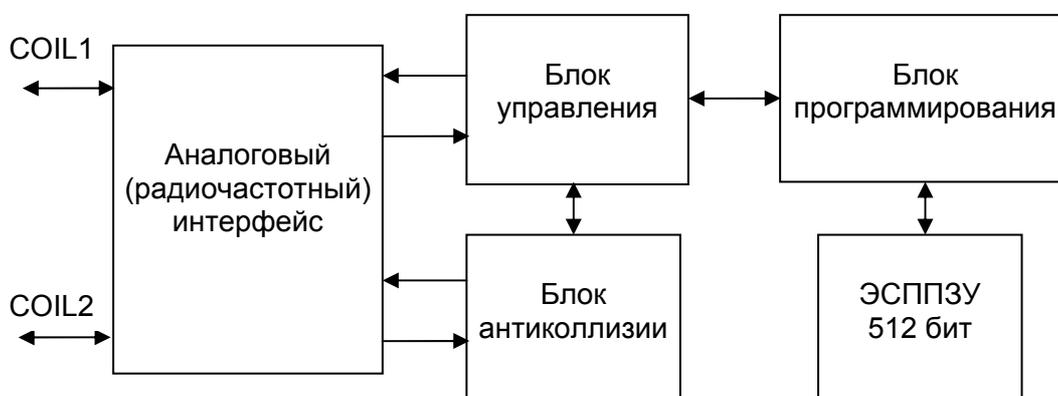


Рисунок 1 - Структурная схема

Таблица 2 - Предельно допустимые электрические режимы эксплуатации

Обозначение параметра	Наименование параметра	Норма		Единица измерения
		не менее	не более	
$U_{CC}$	Напряжение питания	3,0	-	В
$U_{COIL}$	Переменное напряжение на внешней катушке индуктивности – для выводов COIL1, COIL2	3,0	-	В
$I_{COIL}$	Ток на внешней катушке индуктивности – для выводов COIL1, COIL2	-	30	мА
$f_{COIL}$	Рабочая частота	12,93	14,30	МГц
$U_{ST}$	Напряжение на внутреннем стабилизаторе - при $I_{COIL}=30$ мА	-	6,0	В

Таблица 3 - Предельные электрические режимы

Обозначение параметра	Наименование параметра	Норма		Единица измерения
		не менее	не более	
$I_{COIL}$	Ток на внешней катушке индуктивности – для выводов COIL1, COIL2	-	100	мА

Таблица 4 - Электрические параметры микросхемы при  $T_a$  от минус 40 до плюс 85 °С

Обозначение параметра	Наименование параметра	Режим измерения	Норма		Температура среды, °С	Единица измерения
			не менее	не более		
$I_{CC}$	Ток потребления	$U_{CC}=3,0$ В $U_{IH}=U_{CC}$	-	$\frac{97}{100}$	$25\pm 10$ 85 -40	мкА

### Функциональное описание

Микросхема состоит из следующих блоков: 512 битного ЭСППЗУ, аналогового (радиочастотного) интерфейса и блока управления. Питание и данные передаются через антенну, которая состоит из нескольких витков, подключенных к кристаллу. В дополнительной внешней емкости нет необходимости, т.к. резонансная емкость реализована на кристалле.

Радиочастотный интерфейс обеспечивает напряжение питания микросхемы, вырабатывает сигнал сброса по включению питания, выдает синхросигналы, производит модуляцию и демодуляцию передаваемых и принимаемых данных соответственно.

Цифровой блок управления обеспечивает связь между различными блоками, выполняющими функции антиколлизии, интерпретатора команд, управления доступом к ЭСППЗУ.

ЭСППЗУ имеет объем 512 бит, организованных как 16 страниц по 4 байта. Для хранения уникального номера (UID) зарезервировано 80 бит. Для механизма блокировки по записи страниц используется 16 бит в памяти. Однократно программируемая область (ОТР) занимает 32 бита. Для пользовательских данных отводится 384 бита, для которых доступны операции чтения и записи.

Команды, подаваемые считывателем (ридером), контролируются интерпретатором команд, при этом осуществляется контроль внутреннего состояния микросхемы и вырабатываются соответствующие ответы.

### Структура памяти

512 бит ЭСППЗУ памяти организовано в 16 страниц по 4 байта в каждой.

В стертом состоянии ячейки ЭСППЗУ читаются как логический «0», в записанном состоянии как логическая «1».

Номер байта	0	1	2	3	Страница
Серийный номер	SN0	SN1	SN2	BCC0	0
Серийный номер	SN3	SN4	SN5	SN6	1
Internal / LOCK	BCC1	Internal	LOCK 0	LOCK 1	2
ОТР	ОТР 0	ОТР 1	ОТР 2	ОТР 3	3
Данные (чтение/запись)	DATA 0	DATA 1	DATA 2	DATA 3	4
Данные (чтение/запись)	DATA 4	DATA 5	DATA 6	DATA 7	5
Данные (чтение/запись)	DATA 8	DATA 9	DATA 10	DATA 11	6
Данные (чтение/запись)	DATA 12	DATA 13	DATA 14	DATA 15	7
Данные (чтение/запись)	DATA 16	DATA 17	DATA 18	DATA 19	8
Данные (чтение/запись)	DATA 20	DATA 21	DATA 22	DATA 23	9
Данные (чтение/запись)	DATA 24	DATA 25	DATA 26	DATA 27	10
Данные (чтение/запись)	DATA 28	DATA 29	DATA 30	DATA 31	11
Данные (чтение/запись)	DATA 32	DATA 33	DATA 34	DATA 35	12
Данные (чтение/запись)	DATA 36	DATA 37	DATA 38	DATA 39	13
Данные (чтение/запись)	DATA 40	DATA 41	DATA 42	DATA 43	14
Данные (чтение/запись)	DATA 44	DATA 45	DATA 46	DATA 47	15

Примечание - жирной линией указана область пользователя

Рисунок 2 – Структура ЭСППЗУ



Система команд

Диаграмма состояний

Среднее время передачи

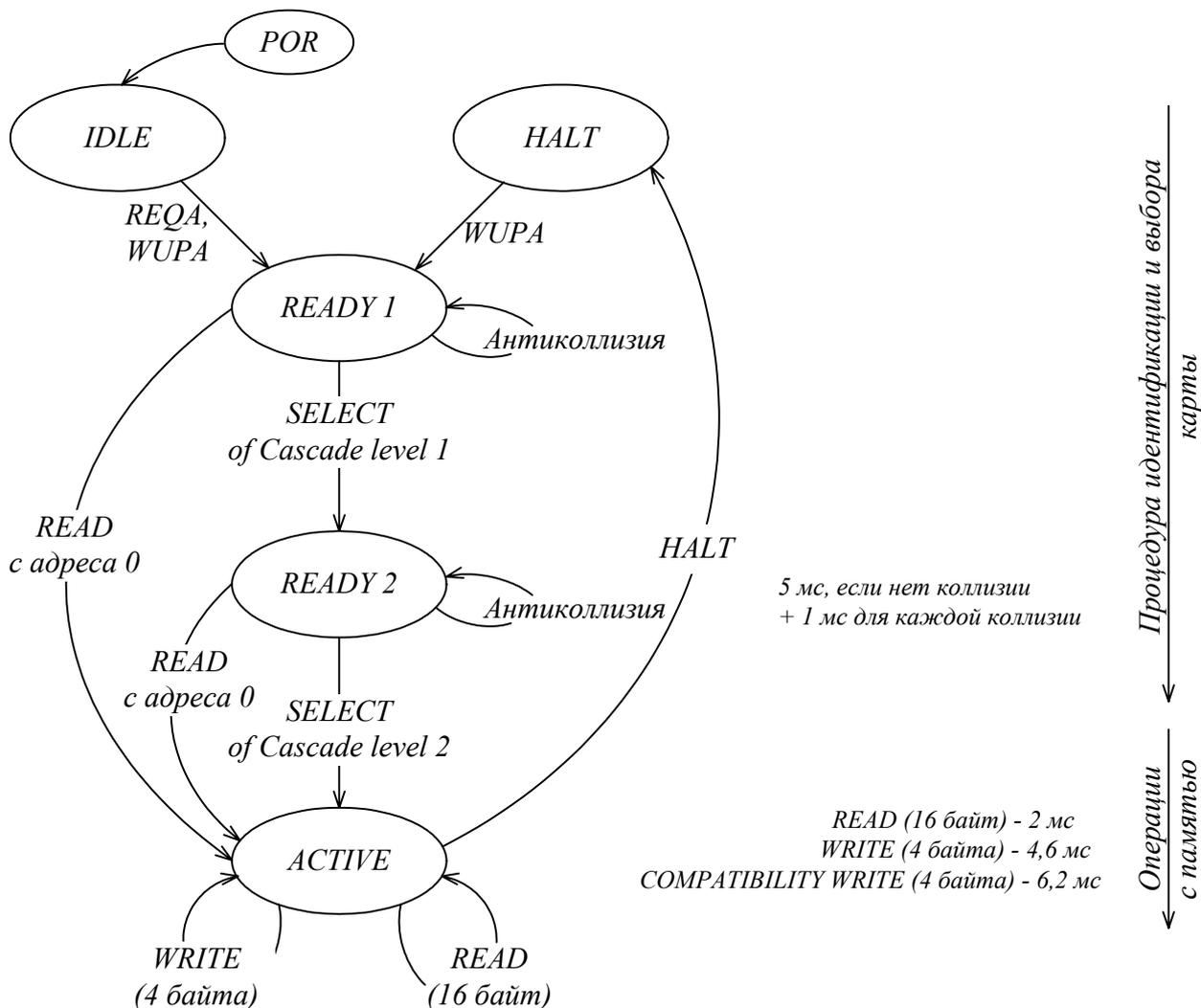


Рисунок 3– Система команд микросхемы

Состояние ожидания (IDLE)

После сброса по включению питания (POR) карта переходит в состояние ожидания.

По команде запроса карты REQA или запроса всех карт WUPA, посланной ридером, карта покидает это состояние. Любые другие данные (команды), полученные в состоянии ожидания, интерпретируются как ошибка, и карта продолжает оставаться в состоянии ожидания.

После правильно выполненной команды останова HALT карта переходит в состояние останова, которое аналогично состоянию ожидания, но выйти из него можно только через команду WUPA.

### **Состояние готовности 1 (READY1)**

В этом состоянии карта разрешает ридеру выбор первой части своего уникального номера UID (3 байта) посредством команд антиколлизии ANTICOLLISION или выбор карты SELECT для каскадного уровня 1. Из этого состояния MF0 IC U1 выходит правильно по одной из двух команд:

Командой SELECT каскадного уровня 1 ридер переводит карту в состояние готовности 2 (READY2), в котором выбор второй части UID может быть разрешен.

Командой чтения READ (по адресу «0») весь механизм антиколлизии будет пропущен и карта перейдет прямо в активное состояние ACTIVE.

Если более одной карты находится в поле ридера, чтение по адресу «0» вызовет коллизия по причине различных серийных номеров, но все карты будут выбраны.

Любые другие данные, полученные в состоянии READY1, интерпретируются как ошибка, и карта переходит обратно в состоянии ожидания (IDLE или HALT, в зависимости от ее предыдущего состояния).

### **Состояние готовности 2 (READY2)**

В этом состоянии, которое схоже с состоянием READY1, карта разрешает ридеру выбор второй части своего UID (4 байта) командой антиколлизии ANTICOLLISION каскадного уровня 2. Это состояние обычно завершается командой SELECT каскадного уровня 2.

Состояние READY2 может быть пропущено командой READ (по адресу «0»).

Если более одной карты находится в поле ридера, чтение по адресу «0» вызовет коллизия по причине различных серийных номеров, но все карты будут выбраны.

Ответом карты на команду SELECT каскадного уровня 2 является байт подтверждения выбора (SAK). В соответствии с ISO/IEC14443 этот байт указывает на завершение процедуры каскадной антиколлизии. Дополнительно он определяет тип платформы MIFARE архитектуры для выбранного устройства. Теперь карта является уникально выбранным и только с этим устройством ридер продолжает обмен данными, если другие бесконтактные устройства находятся в поле ридера.

Любые другие данные, полученные в этом состоянии, интерпретируются как ошибка, и карта переходит обратно в состоянии ожидания (IDLE или HALT, в зависимости от ее предыдущего состояния).

### **Активное состояние (ACTIVE)**

В активном состоянии либо команда чтения READ (16 байт) либо команда записи WRITE (4 байта) могут быть выполнены. Корректным завершением этого состояния является посылка команды останова HALT.

Любые другие данные, полученные в этом состоянии, интерпретируются как ошибка, и карта переходит обратно в состоянии ожидания (IDLE или HALT, в зависимости от ее предыдущего состояния).

### **Состояние останова (HALT)**

Кроме состояния ожидания IDLE, состояние HALT является вторым состоянием ожидания, встроенным в карту. Обработанные карты могут быть переведены в это состояние посредством команды HALT. Это состояние помогает ридеру на фазе антиколлизии различать уже обработанные карты и карты, которые еще не были выбраны. Единственным выходом из этого состояния для карты является команда запроса всех карт WUPA.

Любые другие данные, полученные в этом состоянии, интерпретируются как ошибка, и карта остается в этом состоянии.

В каждом состоянии интерпретатор команд возвращает карту в состояние ожидания IDLE, если неинспектированная команда была получена. Если же в таком случае карта находилась в состоянии HALT, то она продолжает в этом состоянии находиться дальше.



### Протокол передачи

Протокол обмена информацией между картой и считывающим устройством производится в соответствии с международным стандартом на бесконтактные карты ISO 14443-2, тип А.

#### Передача от ридера к карте

Скорость передачи бит данных в течение инициализации и антиколлизии равна  $f = 13,56 \text{ МГц}/128 \approx 106$  килобит в секунду.

Длительность передачи одного бита данных  $t = 128/13,56 \text{ МГц} \approx 9,44$  мкс.

Передача данных от ридера к карте происходит с использованием принципа 100 % амплитудной модуляции несущей.

Амплитуда несущей частоты должна монотонно уменьшаться до величины, меньшей чем 5 % от ее начального значения.

Для кодирования последовательности передаваемых бит определены три последовательности:

- последовательность X - через 64 периода несущей частоты от начала передачи бита следует «пауза»;
- последовательность Y - для всей длительности бита (128 периодов несущей) модуляции нет;
- последовательность Z - в начале бита должна быть «пауза».

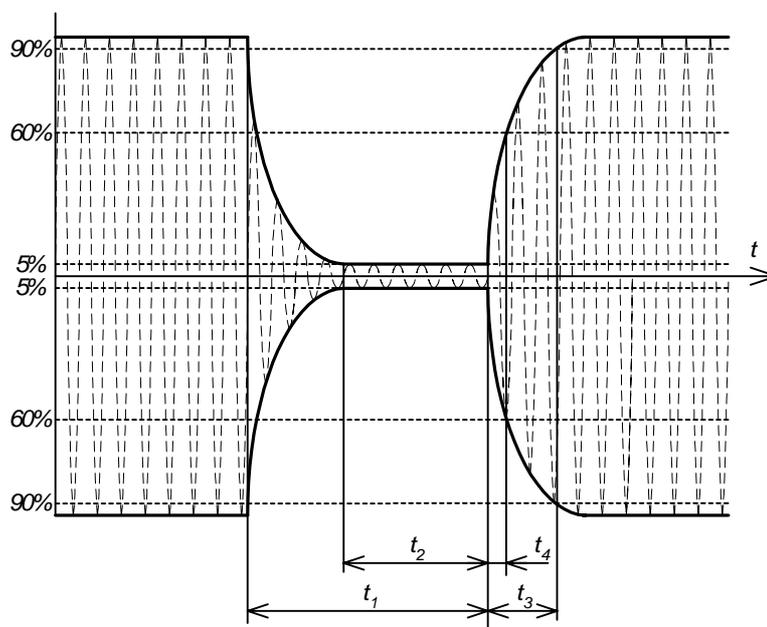


Рисунок 4 -Параметры огибающей несущей частоты

Таблица 5 - Параметры огибающей несущей частоты

Обозначение параметра	Условие	Норма		Единица измерения
		не менее	не более	
$t_1$	-	2,0	3,0	мкс
$t_2$	$t_1 \geq 2,5$	0,5	$t_2$	мкс
	$t_1 \leq 2,5$	0,7		
$t_3$	-	0	1,5	мкс
$t_4$	-	0	0,4	мкс

- Данные последовательности используются для кодирования следующей информации:
- логическая «1» - последовательность X;
  - логический «0» - последовательность Y со следующими двумя исключениями:
    - а) если два и более последовательно идущих бита - «0», то последовательность Z должна быть использована для передачи второго и следующего «0»;
    - б) если первым битом после старта кадра является «0», то последовательность Z должна быть использована для представления этого бита;
  - старт передачи - последовательность Z;
  - конец передачи - логический «0» следует с последовательностью Y;
  - нет информации - по крайней мере, две последовательности Y.

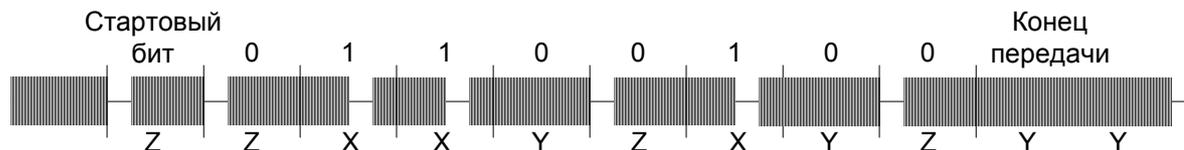


Рисунок 5- Представление кодирования бит при передаче от ридера к карте (модифицированное кодирование Миллера)

### Передача от карты к ридеру

Скорость передачи бита данных в течение инициализации и антиколлизии должна быть  $f = 13,56 \text{ МГц}/128 \approx 106$  килобит в секунду.

Длительность бита данных  $t = 128/13,56 \text{ МГц} \approx 9,44$  мкс.

Передача данных осуществляется путем модуляции несущей частоты, за счет индуктивной связи между антенной ридера и антенной карты. Частота модуляции (поднесущая частота)  $f_s$  должна быть равной  $f_s = 13,56 \text{ МГц}/16 \approx 847$  кГц.

Следовательно, длительность одного бита данных эквивалентна 8 периодам поднесущей.

Для кодирования передаваемых данных поднесущая частота  $f_s$  модулируется с использованием амплитудной модуляции.

Биты кодируются Манчестерским кодом со следующими определениями:

- последовательность D - несущая модулируется поднесущей для первой половины (50%) длительности бита;
- последовательность E - несущая модулируется поднесущей для второй половины (50%) длительности бита;
- последовательность F - несущая не модулируется поднесущей для длительности одного бита.

Передаваемые данные кодируются следующими последовательностями:

- логическая «1» кодируется последовательностью D;
- логический «0» кодируется последовательностью E;
- старт передачи кодируется последовательностью D;
- конец передачи кодируется последовательностью F;
- отсутствие информации кодируется отсутствием поднесущей.

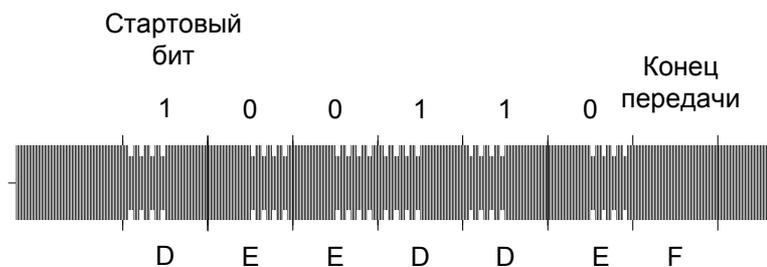


Рисунок 6- Кодирование бит при передаче данных от карты к ридеру

**Требования к длительности появления ответа карты на команду**

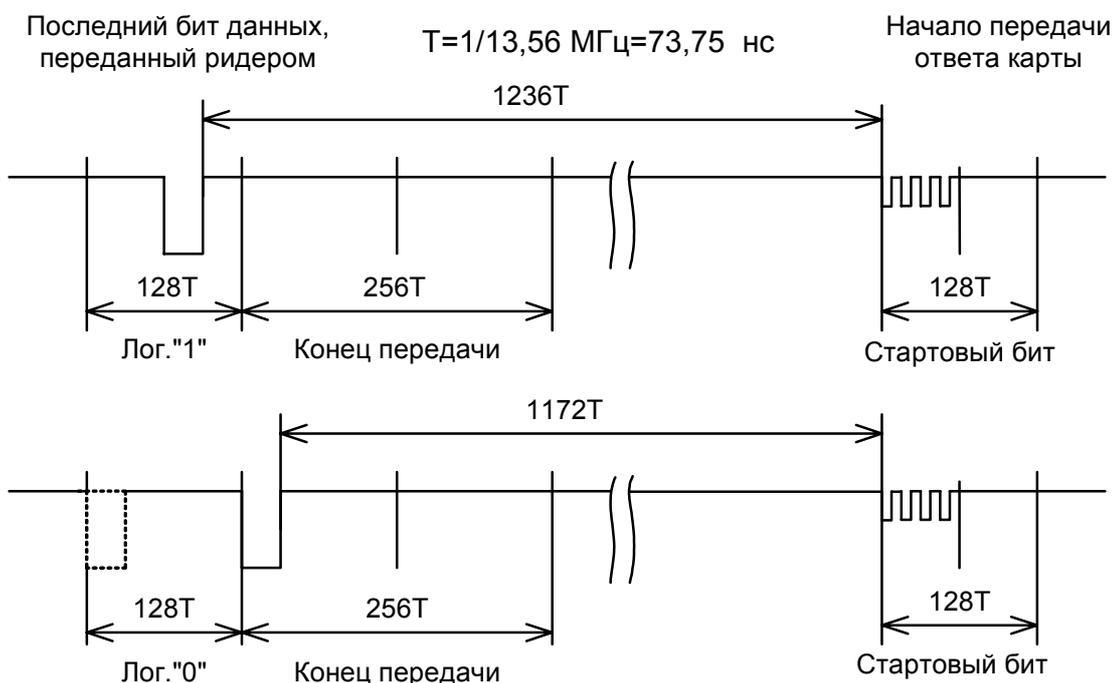


Рисунок 7 - Ответ карты

Данная временная диаграмма применима для следующих команд:

- REQA – запрос карты;
- WUPA – запрос всех карт;
- ANTICOLLISION – антиколлизия;
- SELECT – выбор карты.

**Форматы команд**

**Команды запроса карты REQA и WUPA**

Все команды ридера и ответы карты передаются в кадрах.

Команды запроса карты REQA и WUPA используются для инициализации передачи и состоят из следующей последовательностей:

- стартовый бит передачи (S), всегда логическая «1»;
- 7 бит данных - код команды, младший бит передается первым (шестнадцатеричный код команды REQA - 0x26, команды WUPA - 0x52);

– конец передачи (E).

При передаче команд REQA и WUPA бит четности не передается.

Таблица 6 - Формат команды запроса карты REQA

Стартовый бит	Биты кода команды 0x26 (REQA)							Конец передачи
	0	1	2	3	4	5	6	
S	0	1	1	0	0	1	0	E

На прием команд запроса REQA и WUPA карта должна выдать ответ на запрос ATQA, состоящий из двух байт (стандартный кадр), по которому ридер определяет тип карты. Значение кода ответа 0x0004.

**Стандартный кадр**

Все команды ридера, кроме команд запроса карты REQA и WUPA, и все ответы на эти команды карты передаются в одинаковом формате, называемом стандартным кадром.

Стандартные кадры используются для обмена данными и состоят из следующей последовательности:

- стартовый бит передачи (S), всегда логическая единица;
- $n \times (8 \text{ бит данных} + \text{бит контроля четности } P \text{ (нечетный)})$ , где  $n \geq 1$ . Младший бит каждого байта данных передается первым. Каждый байт данных следует с нечетным битом контроля четности;

– конец передачи (E).

Таблица 7 - Формат стандартного кадра

Стартовый бит	Передача данных: $n \times (8 \text{ бит данных} + \text{нечетный бит контроля четности})$															Четность	Конец передачи											
	Номер бита 1-го байта							Четность	Номер бита 2-го байта									Четность	Номер бита n-го байта									
	0	1	2	3	4	5	6		7	0	1	2	3	4	5				6	7	0	1	2	3	4	5	6	7
S	0	1	2	3	4	5	6	7	P	0	1	2	3	4	5	6	7	P	0	1	2	3	4	5	6	7	P	E



### Команда антиколлизии ANTICOLLISION

Команда используется для определения уникального номера карты, с которой ридер будет продолжать работу при одновременном нахождении в поле ридера нескольких карт. Уникальный номер карты (UID) состоит из 4-х байт и контрольного байта BCC, вычисленного исключаящим «ИЛИ» побитно над этими байтами. 4 байта UID и контрольный байт BCC находятся в нулевом блоке нулевого сектора памяти карты. Для потребителя нулевой блок доступен только по чтению, блок может быть записан на этапе тестирования схемы на пластине.

В основе команды антиколлизии ANTICOLLISION лежит принцип представления бит, получаемых ридером от карты. При наличии в поле ридера одновременно нескольких карт они синхронно отвечают на команду антиколлизии своими UID-кодами. Поскольку каждая карта имеет свой, отличный от других UID, то в некотором бите при передаче UID произойдет наложение «1» на «0», т.е. модуляция будет иметь место для всей длительности бита, что является нестандартной ситуацией. Ридер определит эту ситуацию как коллизию и по определенному алгоритму, допустим в месте наложения бит, установит значение бита равным «1» и повторной командой антиколлизии ANTICOLLISION пошлет часть UID, заканчивающуюся этим битом, и только те карты, у которых совпадает переданная ридером часть UID, должны ответить оставшейся частью своих UID.

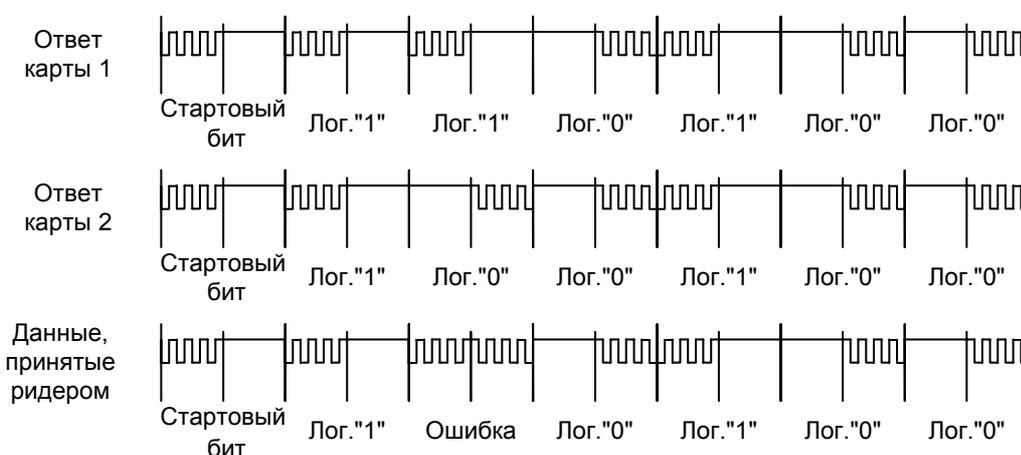


Рисунок 8 – Определение коллизии

За несколько циклов антиколлизии ридер будет знать номер одной единственной карты, с которой будет продолжать дальше работу. Если в поле ридера лишь одна карта, то, получив ее UID, ридер далее посылает команду выбора карты SELECT.

Команда антиколлизии ANTICOLLISION использует стандартные кадры с длиной 7 байт данных, разбитых на две части, первая часть для передачи от ридера на карту и вторая часть для передачи от карты на ридер, при этом имеются два случая:

- случай полного байта;
- случай разбиения байта.

В первой части первый байт это код команды 0x93 (такой же как и для команды выбора карты), второй байт NVB определяют число байт (с учетом команды) и число бит, передаваемых ридером.

В первой части - первый байт это код команды 0x93, второй байт 0x25 определяют число байт (2 байта) и бит (5 бит) передаваемых ридером. Часть 2 содержит остаток UID, которым должна ответить карта, при этом по разбитому байту (3 бита) бит четности не контролируется ридером (не имеет значения).

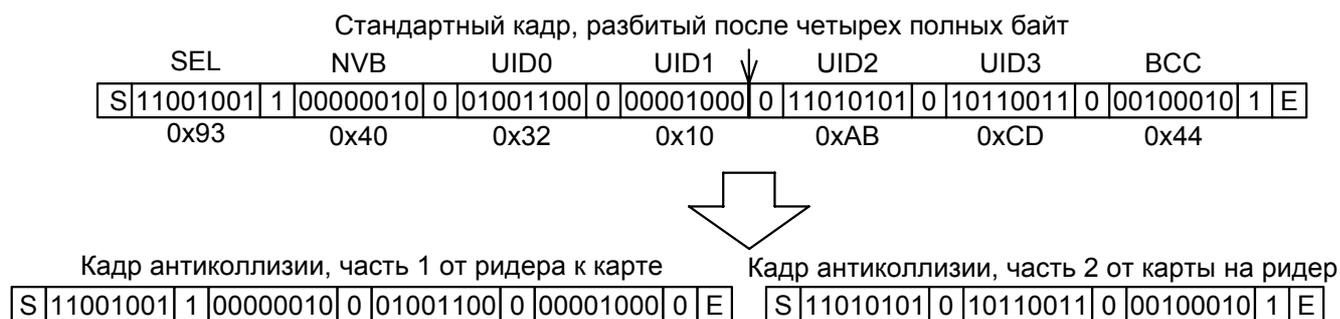


Рисунок 9 - Организация бит и передача кадра антиколлизии (случай полного байта)

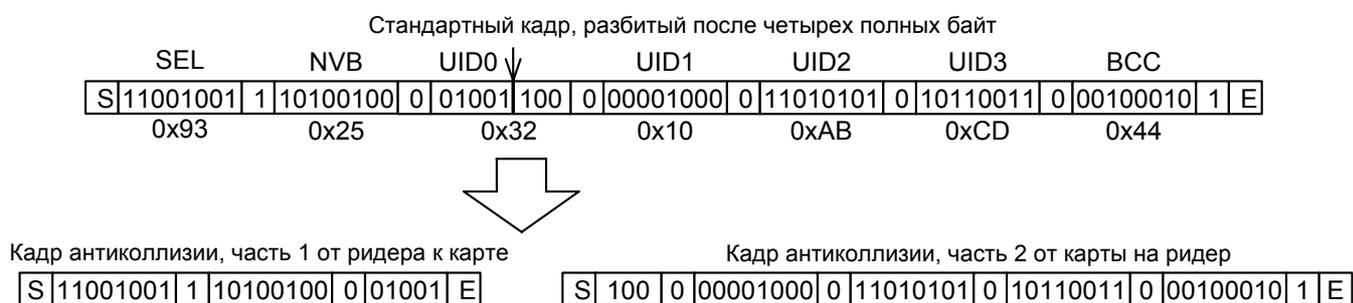


Рисунок 10 - Организация бит и передача кадра антиколлизии (случай разбиения байта)

### Команда выбора карты

После того как командой антиколлизии ANTICOLLISION определен полный UID карты, ридер посылает команду выбора карты.

Команда имеет тот же код, как и ANTICOLLISION (0x93), второй байт равен 0x70, т.е. ридер посылает 7 полных байт (байт кода команды, байт NVB, 4 байта UID и байт BCC).

Завершается команда двумя байтами циклического избыточного кода CRC (образующий полином  $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ), вычисленного по 7-ми предыдущим байтам.

На прием команды выбора карты (при полном сравнении картой UID, BCC, бита четности и CRC кода), карта должна ответить подтверждением выбора SAK (0x08). SAK передается в стандартном кадре, следующим с двумя байтами CRC.



Рисунок 11 - Формат ответа карты на команду выбора карты

### Команда останова

Команда останова HALT состоит из четырех байт (два байта кода команды и два байта CRC-кода) и передается в стандартном кадре.

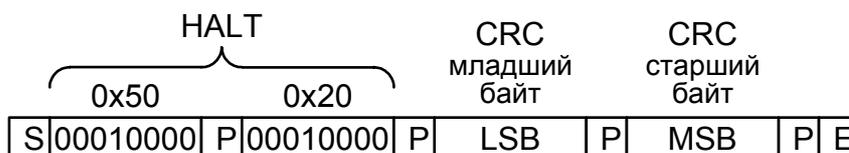


Рисунок 12 - Формат команды останова HALT

По команде останова HALT карта переходит в режим ожидания и не реагирует на все остальные команды, за исключением команды запроса всех карт WUPA.

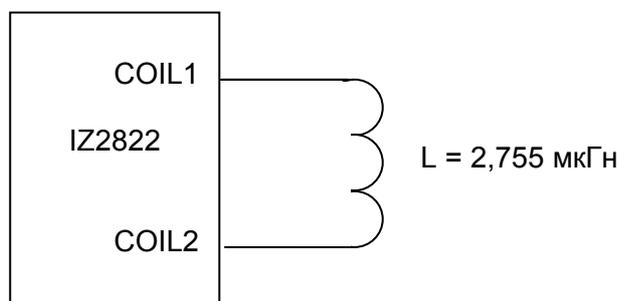
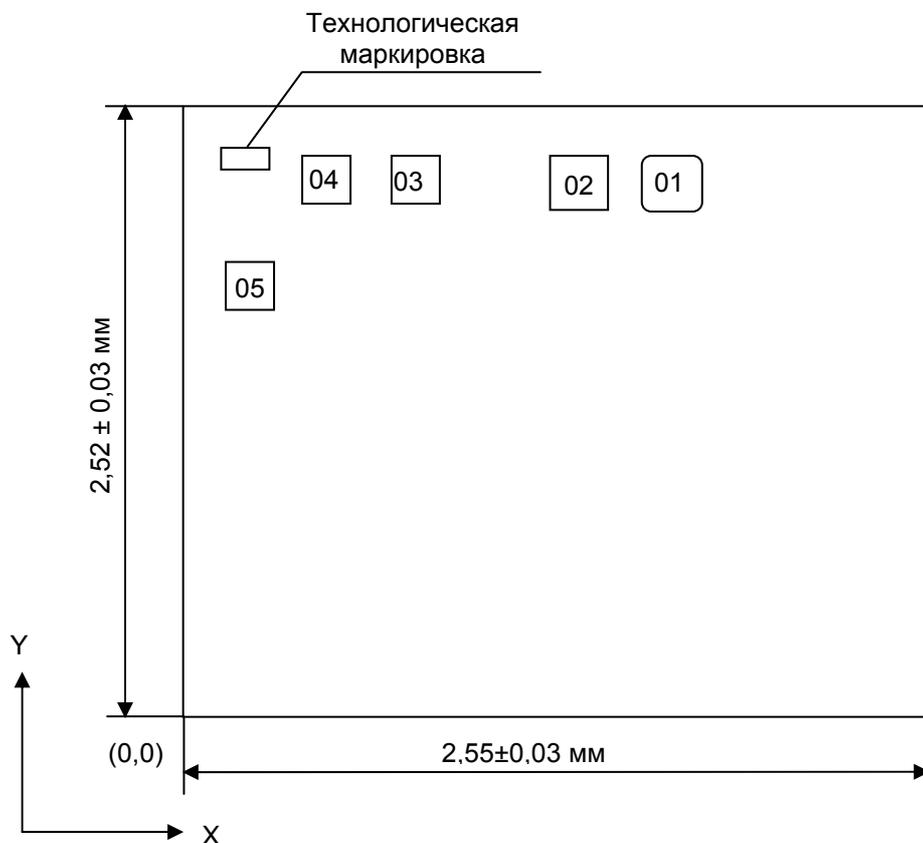


Рисунок 13 – Рекомендуемая схема применения

**Схема расположения контактных площадок**

Поставка микросхем проводится в кристаллах без потери ориентировки (наклеенные на пленку).

Масса микросхем не более 0,027 г.



Толщина кристалла 0,18±0,01 мм.

Технологическая маркировка на кристалле 2822 с координатами, мм: x=0,221, y=2,329.

Рисунок 14 - Схема расположения контактных площадок

Таблица 8 - Координаты и размеры контактных площадок

Номер контактной площадки	Обозначение	Координаты (левый нижний угол), мм	
		X	Y
01	COIL1	1,4254	2,2660
02	COIL2	1,1524	2,2660
03	U <sub>CC</sub>	0,6712	2,2860
04	DATA	0,4541	2,2860
05	GND	0,1560	2,1167

Примечание – Координаты и размеры контактных площадок 01,02 0,112x0,112 мм, контактных площадок 03, 04, 05 0,092x0,092 мм даны по слою «Пассивация»