

# SSI-NS1

Миниатюрная инерциальная навигационная система



## 1. Обзор

SSI-NS1 - это миниатюрная высокопроизводительная инерциальная навигационная система с поддержкой ГНСС (GNSS/INS), в состав которой входят трехосные гироскопы, акселерометры и магнитометр, высокочувствительный приемник ГНСС и передовые алгоритмы фильтрации Калмана для получения оптимальных оценок положения, скорости и ориентации. SSI-NS1 - это миниатюрный GNSS/INS в одном корпусе для поверхностного монтажа (SMD). Модуль требует только одного источника питания 3,2-5,5 В и может быть непосредственно встроен в электронику пользователя, что обеспечивает беспрецедентные преимущества. Также модуль может быть корпусирован в прецизионный корпус из анодированного алюминия, SSI-NS1K (К-корпусированный) обеспечивает дополнительную защиту внутренних инерциальных датчиков, GNSS-приемника и электроники.

## 2. Ключевые особенности

- Точность динамического наведения (INS) : 0.2°
- Стабильность смещения гироскопа при движении : 5-7°/ч (тип.)
- Динамическая точность угла продольного/поперечного наклона (INS) : 0.03°
- Скорость передачи данных IMU: 800 Гц
- Частота передачи данных о положении, скорости и высоте: 400 Гц
- Точность горизонтального / вертикального положения: 1,0 м / 1,5 м
- Стабильность смещения в процессе работы : < 0,04 мг
- Поверхностный монтаж (SMD): 24 x 22 x 3 мм; 4 грамма; 445 мВт
- Диапазон рабочих температур: -40°C~+85°C

### 3. Основные параметры

Таблица 1. Параметры гироскопа

Параметр	Значение		
	Мин	Тип	Макс
Диапазон измерений	-2000°/с		+2000°/с
Нестабильность смещения (по вариации Аллана)	5°/ч	6°/ч	7°/ч
Плотность шума	0.0035°/с/√Гц		
Чувствительность к перекрестным осям	0.03	0.04	0.05
Полоса пропускания	256 Гц		

Таблица 2. Параметры акселерометра

Параметр	Значение		
	Мин	Тип	Макс
Диапазон измерений	-16 g		+16 g
Нестабильность смещения (по вариации Аллана)	0.02 мг	0.03 мг	0.04 мг
Плотность шума	0.14 мг/√Гц		
Чувствительность к перекрестным осям	-0.05°		+0.05°
Полоса пропускания	260 Гц		

Таблица 3. Параметры магнетометра

Параметр	Значение		
	Мин	Тип	Макс
Диапазон измерений	-2.5 Гс		+2.5 Гс
Плотность шума	140 мкГс/√Гц		
Точность масштабного коэффициента	-0.05°		+0.05°
Чувствительность к перекрестным осям		0.001	
Полоса пропускания	200 Гц		

Таблица 4. Параметры барометра

Параметр	Значение		
	Мин	Тип	Макс
Диапазон измерений	10 мбар		1200 мбар
Полоса пропускания	200 Гц		

Таблица 5. Параметры модуля

Параметр	Значение
Диапазон рабочих температур	-40°C~+85°C
Температура хранения	-40°C~+85°C
Наработка на отказ	240 000 часов

Таблица 6 Параметры питания модуля

Параметр	Значение		
Напряжение питания	3.2 В		5.5 В
Потребляемая мощность	445 мВт		

Таблица 7. Параметры выхода

Параметр	Значение
Выходная частота (БЧЭ)	До 800 Гц
Выходная частота (положение, углы ориентации)	До 400 Гц
Интерфейс	TTL, SPI
GNSS PPS	30 нс СКО, 60 нс 99%

Таблица 8. Параметры модуля

Параметр	Значение
Размер	22*24*3.6 мм
Вес	4 г
Подключение	30 контактов

#### 4. Параметры выхода

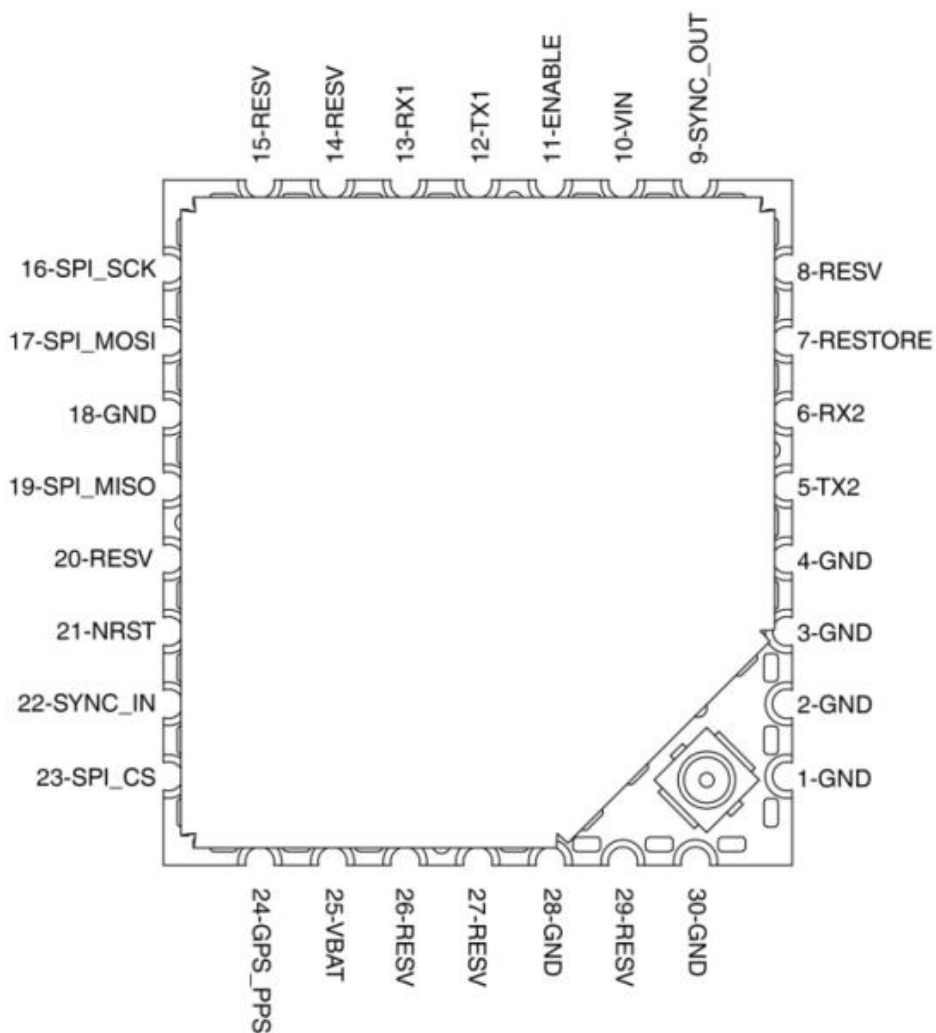


Рисунок 1. Параметры выхода

Таблица 9. Конфигурация контактов

Пин	Название	Тип	Описание
1	GND	Питание	Земля
2	GND	Питание	Земля
3	GND	Питание	Земля
4	GND	Питание	Земля
5	TX2	Выход	Последовательный UART #2 выход данных (датчик)
6	RX2	Вход	Последовательный UART #2 вход данных (датчик)
7	RESTORE	Вход	При включении питания или сбросе устройства, удерживая этот вывод в высоком состоянии приведет к восстановлению заводских настроек модуля по умолчанию. Внутренний низкий уровень удерживается с помощью резистора 10 к.
8	RESV	N/A	Зарезервировано
9	SYNC_OUT	Выход	Выходной канал синхронизации
10	VIN	Питание	Питание 3.2-5.5 В вход
11	ENABLE	Вход	Оставьте высокий уровень для нормальной работы. низкий уровень для перехода в спящий режим. Внутренний высокий уровень с подтягивающим резистором.
12	TX1	Выход	Выход UART #1 выход данных
13	RX1	Вход	Вход UART #1 вход данных
14	RESV	N/A	Зарезервировано
15	RESV	N/A	Зарезервировано
16	SPI_SCK	Вход	Вход SPI clock
17	SPI_MOSI	Вход	Вход SPI
18	GND	Питание	Земля
19	SPI_MISO	Выход	Выход SPI
20	RESV	N/A	Зарезервировано
21	NRST	Вход	Линия сброса микроконтроллера. Подключите низкий уровень в течение > 20 мкс для сброса MCU. Внутренняя подтяжка высокого уровня с помощью 10к резистора.
22	SYNC_IN	Вход	Вход канала синхронизации
23	SPI_CS	Вход	Вход Выбор ведомого устройства SPI.
24	GPS_PPS	Вход	Импульс времени GPS. Один импульс в секунду, синхронизированный по нарастающему фронту. Длительность импульса 100 мс
25	VBAT	Питание	Дополнительный резервный аккумулятор GPS RTC. Входное напряжение 1,4 - 3,6 В
26	RESV	N/A	Зарезервировано
27	RESV	N/A	Зарезервировано
28	GND	Питание	Земля
29	RESV	N/A	Зарезервировано
30	GND	Питание	Земля

5. Схемы внешних соединений

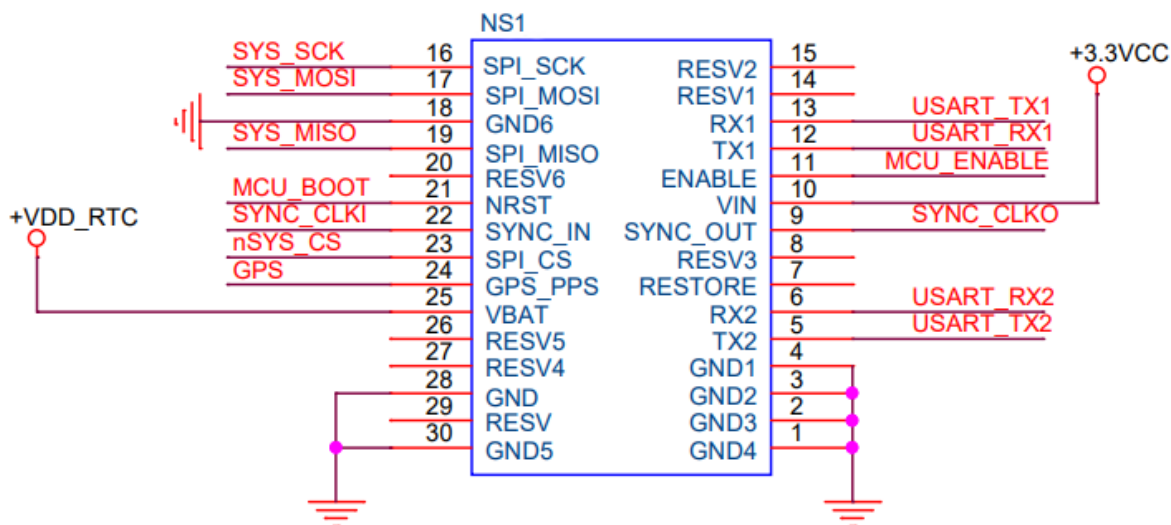
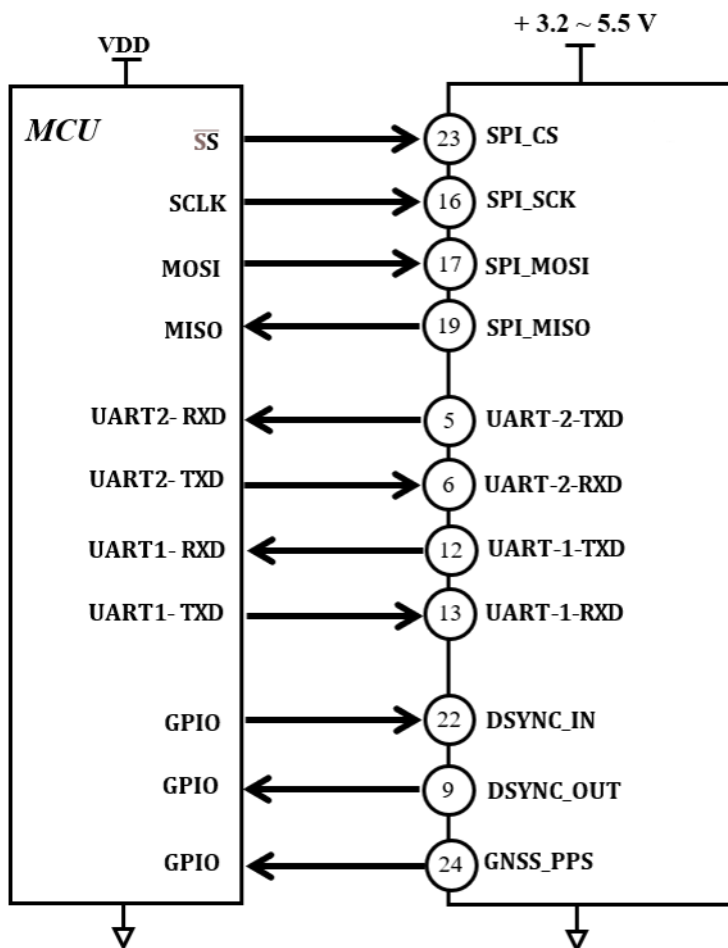


Рисунок 2. Принципиальная схема подключения

## 6. Ориентация осей

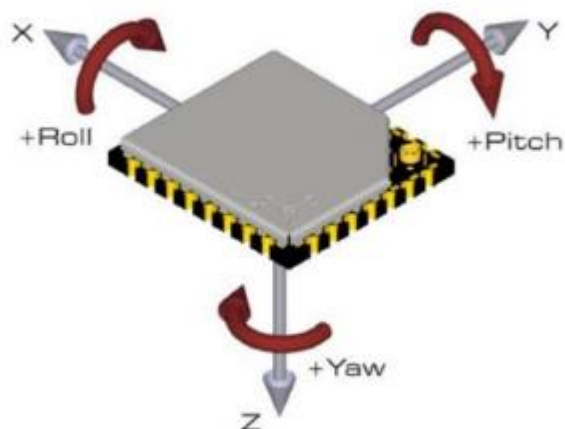


Рисунок 3. Ориентация осей

В SSI-NS1 используется правосторонняя система координат. Положительный угол рысканья определяется как положительный правосторонний поворот вокруг оси Z. Положительный угол тангажа определяется как положительное правостороннее вращение вокруг оси Y. Положительный угол крена определяется как положительное правостороннее вращение вокруг оси X. Направление осей относительно модуля SSI-NS1 показано на рисунке выше.

## 7. Габаритные размеры

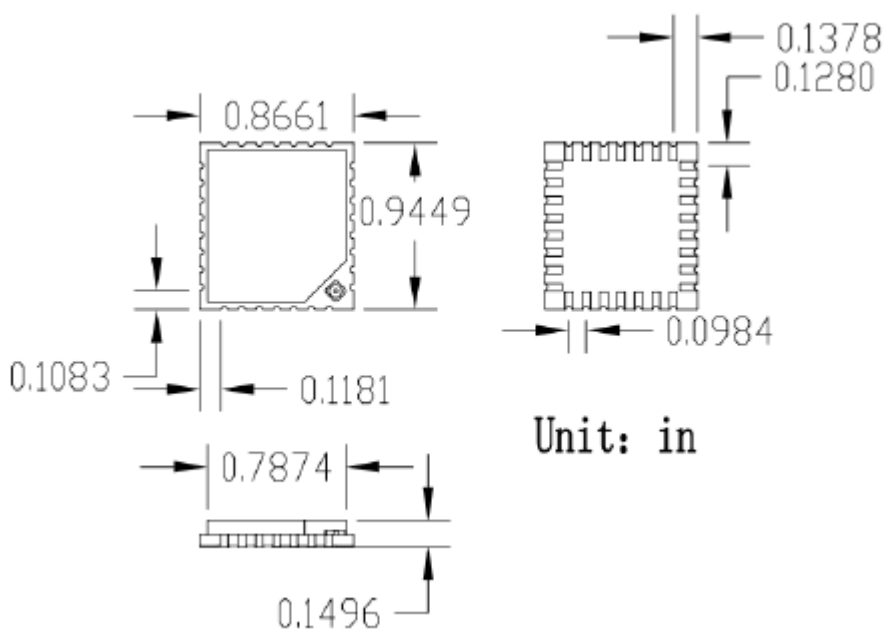


Рисунок 4. Габаритные размеры



## 8. Протокол связи

### 8.1 UART

Параметры протокола связи UART RS232 следующие:

- Начальный бит: 1
  - Бит данных: 8
  - Стоп-бит: 1
  - Проверочный бит: нет
- каждая строка данных включает 23 байта

Таблица 10. Формат пакета данных

Номер байта	Имя	Описание
1	Байт синхронизации 1	7FH (фикс)
2	Байт синхронизации 2	80H (фикс)
3	Ускорение X, младшие 8 бит	(20/65536)*N N=(int16) ускорение старшие 8 бит* 256+ускорение младшие 8 бит
4	Ускорение X, старшие 8 бит	
5	Ускорение Y, младшие 8 бит	(20/65536)*N N=(int16) ускорение старшие 8 бит* 256+ускорение младшие 8 бит
6	Ускорение Y, старшие 8 бит	
7	Ускорение Z, младшие 8 бит	(20/65536)*N N=(int16) ускорение старшие 8 бит* 256+ускорение младшие 8 бит
8	Ускорение Z, старшие 8 бит	
9	Угловая скорость X, младшие 8 бит	(1260/65536)*N N=(int16) угловая скорость старшие 8 бит* 256+угловая скорость младшие 8 бит
10	Угловая скорость X, старшие 8 бит	
11	Угловая скорость Y, младшие 8 бит	(1260/65536)*N N=(int16) угловая скорость старшие 8 бит* 256+угловая скорость младшие 8 бит
12	Угловая скорость Y, старшие 8 бит	
13	Угловая скорость Z, младшие 8 бит	(1260/65536)*N N=(int16) угловая скорость старшие 8 бит* 256+угловая скорость младшие 8 бит
14	Угловая скорость Z, старшие 8 бит	
15	Угол крена, младшие 8 бит	(360/65536)*N N=(int16) угол старшие 8 бит* 256+угол младшие 8 бит
16	Угол крена, старшие 8 бит	
17	Угол тангажа, младшие 8 бит	(360/65536)*N N=(int16) угол старшие 8 бит* 256+угол младшие 8 бит
18	Угол тангажа, старшие 8 бит	
19	Угол рыскания, младшие 8 бит	(360/65536)*N N=(int16) угол старшие 8 бит* 256+угол младшие 8 бит
20	Угол рыскания, старшие 8 бит	
21	Датчик температуры, младшие 8 бит	(200/65536)*N N=(int16) температура старшие 8 бит* 256+температура младшие 8 бит
22	Датчик температуры, старшие 8 бит	
23	Контрольная сумма	сумма всех байтов, кроме синхронных (3~22 байта), затем инверсия битов инверсия

Модуль SSI-NS1 поддерживает два коммуникационных интерфейса: последовательный и SPI. Последовательный интерфейс состоит из двух физически отдельных двунаправленных UART. Каждый UART поддерживает скорость передачи данных от 9600 бит/с до максимальной 921600 бит/с. В качестве формата команд и данных модуль использует текст ASCII. Опционально последовательный интерфейс также обеспечивает поддержку потоковой передачи измерений датчиков в реальном времени с использованием пакетов двоичного вывода. Интерфейсы поддерживают полный набор команд, реализованных модулем.

В последовательном интерфейсе SSI-NS1 использует формат команд ASCII. Все команды начинаются со знака доллара, за которым следует команда из пяти символов, запятая, параметры команды, звездочка, контрольная сумма и символ новой строки. Пример команды показан ниже.

**`$$KRRG,11*73`**

### 8.1.1 Последовательный ASCII

На последовательном интерфейсе полный протокол ASCII обеспечивает поддержку всех команд и опрос регистров. Протокол ASCII очень похож на широко используемый протокол NMEA 0183, поддерживаемый большинством GPS-приемников, и состоит из параметров, разделенных запятыми, выводимых в виде читаемого человеком текста. Ниже приведен пример командного запроса и ответа на SSI-NS1, используемый для опроса отношения (регистр 8) по протоколу ASCII.

Пример последовательного запроса:

**`$$KRRG,8*4B`**

Пример последовательного ответа:

**`$$KRRG,08,-114.314,+000.058,-001.773*5F`**

### 8.1.2 Последовательный двоичный интерфейс

Последовательный интерфейс поддерживает потоковую передачу измерений с датчика с фиксированной скоростью, используя простые пакеты двоичного вывода. Эти пакеты двоичных выходных данных представляют собой малозатратный способ потоковой передачи высокоскоростных измерений датчика от устройства, минимизирующий как требуемую полосу пропускания, так и накладные расходы, необходимые для разбора входящих измерений для хост-системы.

### 8.1.3 Последовательная командная строка

На последовательном интерфейсе также имеется простая командная строка, которая обеспечивает поддержку расширенной конфигурации и диагностики устройства. Последовательная командная строка - это дополнительная функция, предназначенная для обеспечения более детального диагностического представления общей производительности системы, чем это возможно при использовании обычной структуры команд и регистров. Она предназначена исключительно для использования человеком-оператором, использующим простой последовательный терминал для ввода команд в устройство с помощью последовательного терминала, и не предназначена для использования программно.

## 8.2 SPI

SSI-NS1 может быть сконфигурирован как интерфейс SPI для обмена данными, он используется как ведомое устройство, а ведущее устройство должно быть сконфигурировано как следующие настройки для обмена данными с SSI-NS1:

- длина слова 16 бит и передача старшего бита (MSB)
- $f_{CLK} \leq 16 \text{ МГц}$ - CPOL = 1 (полярность тактового сигнала) и CPHA = 1 (фаза тактового сигнала).
- SSI-NS1 использует цифровую логику 3 В для интерфейса SPI.

### 8.2.1 Требования к программному обеспечению SPI

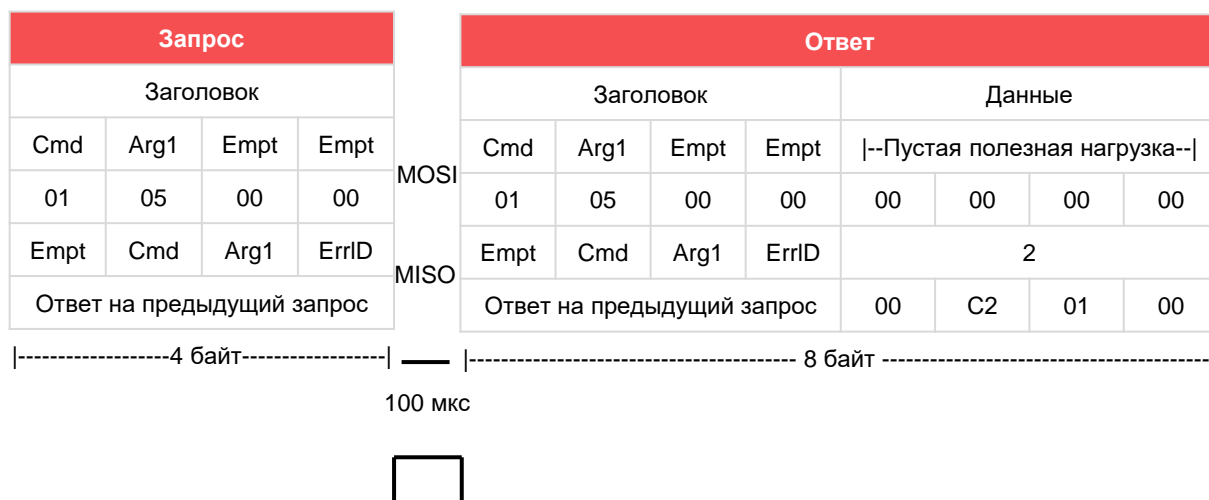
Обмен данными с SSI-NS1 по интерфейсу SPI осуществляется с помощью нескольких транзакций. Для целей данного документа транзакция определяется как одна операция, например, чтение или запись в регистр SSI-NS1 или выдача команды, например, запрос на сброс устройства. Одна транзакция состоит из двух отдельных пакетов данных, отправляемых в SSI-NS1. Каждый пакет состоит из четырехбайтового заголовка, за которым следует полезная нагрузка данных. Заголовок пакета отличается в зависимости от того, является ли он пакетом запроса или пакетом ответа. Для каждого пакета, отправляемого в SSI-NS1, линия выбора ведомого устройства (SPI\_CS) должна быть подтянута к низкому уровню в начале пакета и к высокому уровню в конце.

Запрос (4 байта) (MOSI)			
ID команды	Аргумент	0x00	0x00

Запрос (4 байта) (MOSI)			
0x00	ID команды	Аргумент	0x00

### 8.2.2 Пример SPI

В следующих разделах приведены примеры операций SPI для различных типов команд, доступных на SSI-NS1. Пример чтения регистра SPI

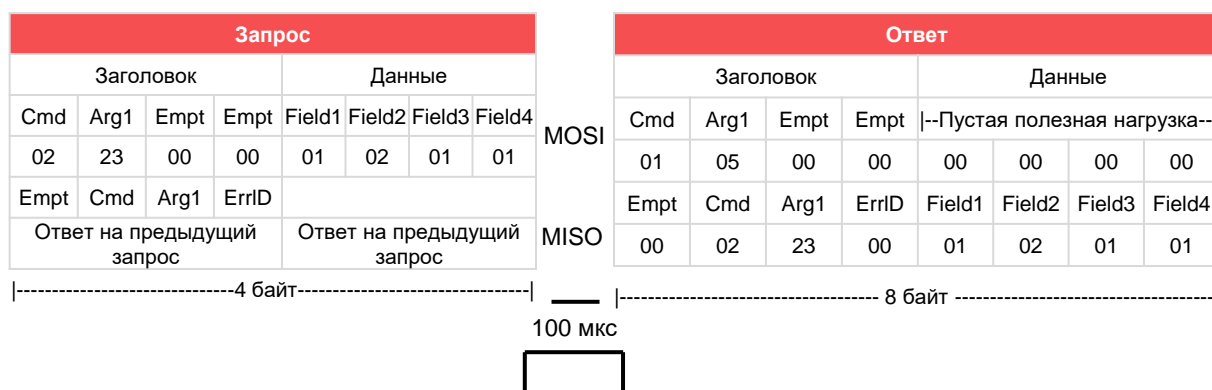


Первый пакет является пакетом запроса и состоит в том, что ведущее устройство посылает по линии MOSI четырехбайтовый заголовок без полезной нагрузки. Первый байт заголовка имеет идентификатор команды 1, что соответствует запросу на чтение регистра. Второй байт является аргументом. В случае команды чтения регистра он соответствует ID регистра, который в данном случае является регистром 5.

Следующие два байта в заголовке всегда нулевые. После отправки этого пакета ведущий должен поднять линию выбора ведомого (SPI\_CS) и подождать не менее 50 микросекунд перед отправкой ответного пакета. За это время SSI-NS1 обработает запрос на чтение регистра и поместит запрошенные данные в свой выходной буфер SPI. В ответном пакете ведущее устройство должно подать N байт нулей на линию MOSI, где N равно 4 плюс размер считываемого регистра, который в данном примере является регистром 5 (4 байта). Заголовок пакетов, принимаемых от SSI-NS1, имеет другую структуру: первый байт всегда нулевой. Второй и третий байт в заголовке - это идентификатор команды и аргумент (идентификатор регистра) ответа. Четвертый байт в заголовке - код ошибки. Если при попытке обслуживания запроса произошла ошибка, SSI-NS1 выдаст ненулевой код ошибки в этом байте без полезной нагрузки. В полезной нагрузке ответного пакета четыре полученных байта соответствуют значению регистра 5, которое в данном случае равно 115200. Как видно из примера, многобайтовые значения передаются в формате little endian, причем младший байт передается первым (0x01C200 = 115200).

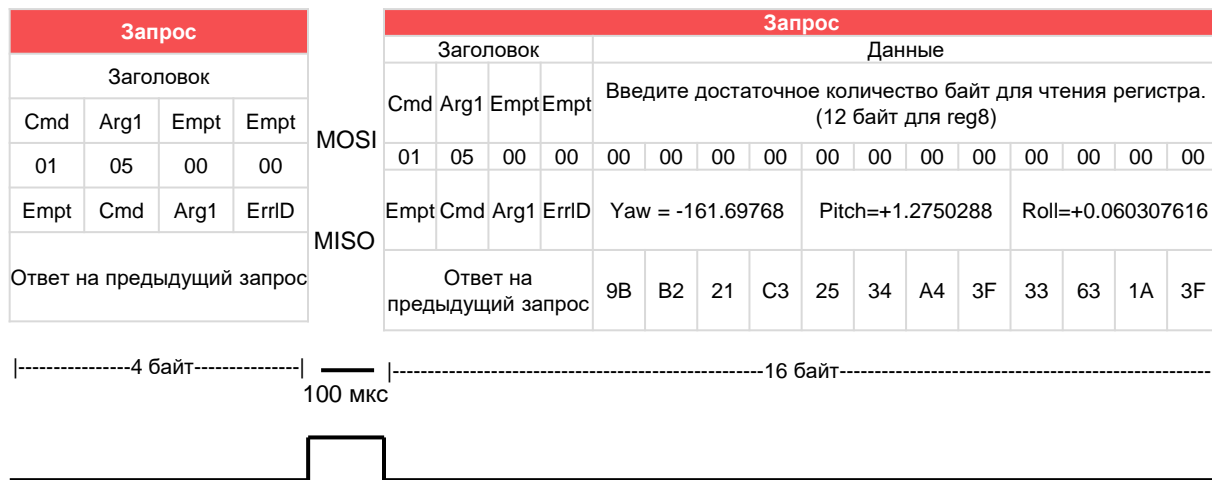
### Пример регистра записи SPI

Ниже приведен пример транзакции записи в регистр. В этом примере в четыре поля регистра управления VPE (регистр 35) записываются значения {1, 2, 1, 1}.



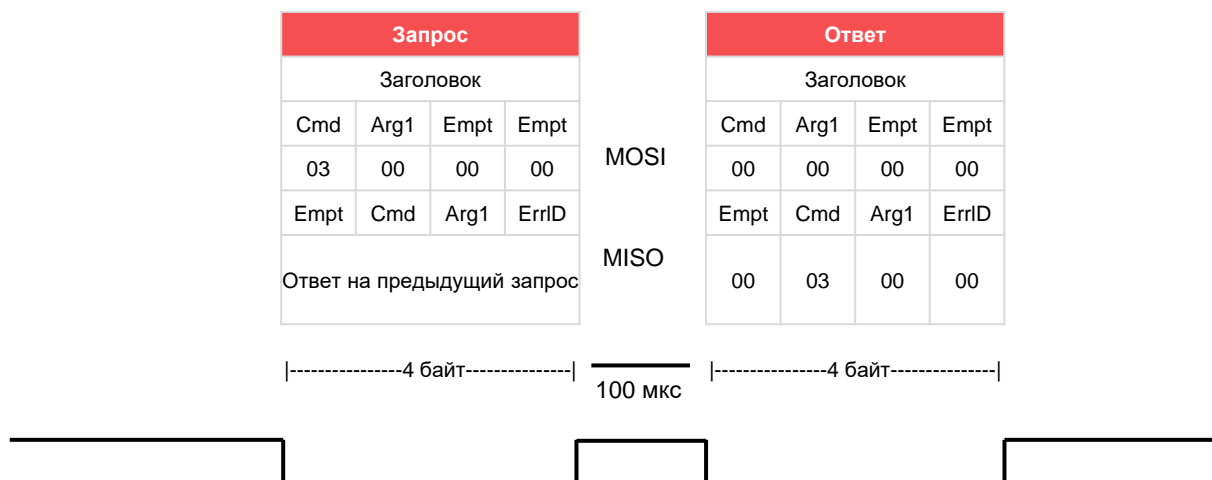
В случае записи в регистр значения, которые должны быть загружены в регистр, находятся в полезной нагрузке пакета запроса. Полезная нагрузка пакета ответа содержит содержимое регистра после обработки команды записи в регистр. В случае отсутствия ошибок полезная нагрузка пакета ответа должна быть такой же, как и у запроса. Поэтому в ответном пакете достаточно передать только четыре байта, чтобы убедиться, что запись регистра произошла, о чем свидетельствует нулевой код ошибки.

### Пример чтения регистров SPI - регистры с плавающей точкой



В приведенных выше примерах показана операция чтения регистра со значениями с плавающей точкой. В данном случае считывается регистр 8, который содержит положение датчика (рысканье, тангаж и крен). Значения с плавающей точкой хранятся в виде 32-битных чисел с плавающей точкой IEEE в порядке байт little endian.

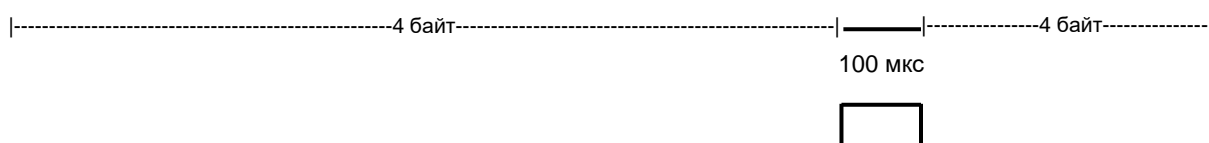
### Пример команды записи настроек SPI



В приведенном выше примере показан пример транзакции, состоящей в подаче команды записи настроек на SSI-NS1.

### Пример записи настроек по SPI

Запрос														Ответ					
Заголовок				Данные										Заголовок					
Cmd	Arg1	Empt	Empt	MagX=+1.0				MagY=+2.0				MagZ=+3.0				Cmd	Arg1	Empt	Empt
02	12	00	00	00	00	80	3F	00	00	00	40	00	00	40	40	02	12	00	00
Empt	Cmd	Arg1	ErrID	Данные предыдущего пакета										Empt	Cmd	Arg1	ErrID		
Ответ на предыдущий запрос														00	02	12	0B		



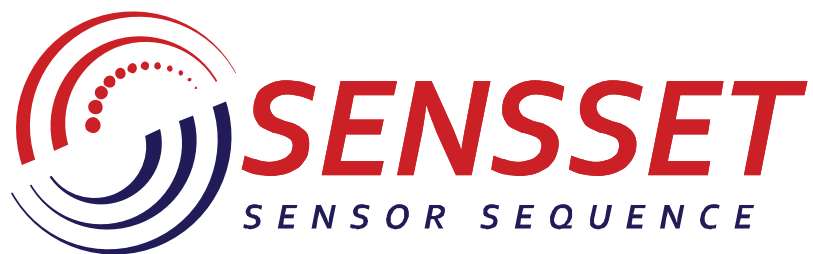
Приведенный выше пример демонстрирует, что произойдет, если во время транзакции возникнет ошибка. В данном случае пользователь попытался выполнить запись в регистр, доступный только для чтения. Четвертый байт заголовка пакета ответа показывает, что был возвращен идентификатор ошибки 8, что соответствует недопустимому регистру. Различные коды ошибок перечислены в таблице 14.

## 9. Ошибки

В случае ошибки SSI-NS1 выдаст сообщение \$SKERR, за которым следует код ошибки. Возможные коды ошибок Коды возможных ошибок перечислены в таблице ниже с описанием ошибки.

Таблица 11. Ошибки

Название ошибки	Код	Описание
Ошибка внутренняя	1	Если возникает эта ошибка, значит, в микропрограммном обеспечении VN-200 произошел жесткий сбой. Для восстановления после этой ошибки процессор принудительно перезапустится, и на последовательном выходе произойдет прерывание. Процессор перезапустится в течение 50 мс после возникновения такой ошибки.
Переполнение последовательного буфера	2	Буфер последовательного ввода процессора переполнился. Процессор имеет буфер ввода на 256 символов
Ошибка контрольной суммы	3	Контрольная сумма полученной команды недействительна.
Ошибка команды	4	Пользователь запросил неверную команду
Недостаточно параметров	5	Пользователь не указал минимальное количество необходимых параметров для запрашиваемой команды
Слишком много параметров	6	Пользователь указал слишком много параметров для запрашиваемой команды, которые оказались недопустимыми
Ошибка параметра	7	Пользователь указал недопустимый параметр для запрашиваемой команды
Ошибка регистра	8	Был указан недопустимый регистр
Неавторизованный доступ	9	У пользователя нет разрешения на запись в этот регистр
Сброс сигнала об ошибки	10	Произошел сброс сигнала таймера. В случае неустранимой ошибки внутренний таймер сбросит процессор в течение 50 мс после ошибки
Переполнение буфера	11	В выходном буфере произошло переполнение. Процессор имеет выходной буфер объемом 2048 символов
Недостаточная скорость передачи данных	12	Скорость передачи данных недостаточно высока для поддержки запрошенного асинхронного вывода данных с запрошенной скоростью передачи данных
Ошибка буфера	255	В буфере системных ошибок произошло событие переполнения



[www.sensset.ru](http://www.sensset.ru)

8 (812) 309-58-32 доб. 150  
info@sensset.ru

198099, г. Санкт-Петербург  
ул. Калинина, дом 2, корпус 4, литера А.



Development, production and supply of high-tech sensors