



AK09916 3-  
осевой электронный компас

1. Общее описание

AK09916 — это 3-осевой электронный компас с высокочувствительной технологией датчика Холла. Компактный корпус AK09916 включает в себя магнитные датчики для обнаружения земного магнетизма по осям X, Y и Z, схему управления датчиком, цепь усилителя сигнала и арифметическую схему для обработки сигнала от каждого датчика. Также включена функция самотестирования. Благодаря компактным размерам и тонкому корпусу он подходит для использования в качестве карты в смартфоне для реализации функции пешеходной навигации.

2. Особенности

- Функции:
- 3-осевой магнитометр, подходящий для использования в качестве компаса
  - Встроенный аналого-цифровой преобразователь для вывода данных магнитометра
  - 16-битный вывод данных для каждого 3-осевого магнитного компонента
  - Чувствительность: 0,15 мкТл/LSB (тип.)
  - Последовательный интерфейс
  - Интерфейс шины I 2C Стандартный и быстрый режимы, соответствующие спецификации Philips I2C
  - версии 2.1
  - Режим работы
  - Выключение, одиночное измерение, непрерывное измерение и самотестирование
  - Функция DRDY для готовности данных измерений
  - Функция контроля переполнения магнитного датчика
  - Встроенный генератор для внутреннего источника синхронизации
  - Схема сброса при включении питания
  - Функция самотестирования с внутренним источником магнитного поля
  - Встроенная схема регулировки магнитной чувствительности
- Рабочие температуры:
- 30° C до +85° C
- Рабочее напряжение питания:
- +1,65 В до +1,95 В
- Потребление тока:
- Выключение
- 1 мкА (тип.)
- питания:
- Измерение: Среднее потребление тока при частоте повторения 100 Гц: 1,1 мА (тип.)
- Корпус:
- AK09916C 5-контактный WL-CSP (BGA): 1,2 мм 0,8 мм 0,5 мм

### 3. Содержание

1. Общее описание .....	1	
2. Особенности.....	1	
3. Содержание .....	2	
4. Блок-схема и функции.....	3	
5. Конфигурации и функции выводов.....	4	
6. Абсолютные максимальные рейтинги.....	4	
7. Рекомендуемые условия эксплуатации .....	4	
8. Электрические характеристики.....	5	
8.1 Характеристики постоянного тока.....	5	
8.2 Характеристики переменного тока.....	6	
8.3 Характеристики аналоговой схемы.....	6	
8.4 Интерфейс шины I 2C.....	7	
9. Описание функций.....	8	
9.1.Состояния власти.....	8	
9.2 Функции сброса.....	8	
9.3 Режимы работы.....	9	
9.4 Описание каждого режима работы.....	10	
9.4.1.Режим пониженного энергопотребления.....	10	
9.4.2 Режим одиночного измерения.....	10	
9.4.3 Режим непрерывного измерения 1, 2, 3 и 4.....	11	
9.4.4 Режим самотестирования.....	14	
10. Последовательный интерфейс.....	15	
10.1 Интерфейс шины I2C.....	15	
10.1.1 Передача данных.....	15	
10.1.2.Инструкция по написанию.....	17	
10.1.3.ЧИТАЙТЕ инструкцию.....	18	
11. Регистры.....	19	
11.1 Описание регистров.....	19	
11.2 Карта регистра.....	20	
11.3 Подробное описание регистра.....	21	
11.3.1. WIA: Кто я 11.3.2. RSV: .....	21	21
Зарезервированный регистр.....	21	
11.3.3.ST1: Статус 1.....	21	
11.3.4. HXL в HZN: данные измерений.....	22	
11.3.5 TMP5: Фиктивный регистр.....	22	
11.3.6.ST2: Статус 2.....	23	
11.3.7.CNTL1 : Фиктивный регистр.....	23	
11.3.8 CNTL2: Контроль 2.....	23	
11.3.9.CNTL3: Контроль 3.....	24	
11.3.10. TS1, TS2: Тестовый регистр.....	24	
12. Пример рекомендуемого внешнего подключения .....	25	
13. Упаковка .....	26	
13.1 Маркировка.....	26	
13.2 Назначение выводов.....	26	
13.3 Габаритные размеры.....	27	
13.4 Рекомендуемый рисунок отпечатка стопы.....	27	
14. Связь между магнитным полем и выходным кодом.....	28	
ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ.....	29	



## 5. Конфигурации и функции выводов

Номер контакта	Имя контакта	I/O	Тип	Функция
A1	BCC	-	-	Заземляющий штифт.
A3	СКЛ	я	Входной контакт	синхронизации данных управления КМОП. Вход: триггер Шмидта
B1	ВДД	-	Власть	Положительный контакт источника питания.
B2	ТСТ	Вход/Выход	Тестовый штифт	CMOS. Подключите к VSS или VDD или оставьте этот контакт неподключенным.
B3	ПДД	Вход/Выход	Контакт ввода/вывода	данных управления КМОП. Вход: триггер Шмидта, выход: открытый сток

## 6. Абсолютные максимальные рейтинги

V<sub>CC</sub> = 0 В

Параметр	Символ	Мин.	Макс.	Единица
Напряжение питания	ВДД	-0.3	+2.5	В
Входное напряжение (за исключением контакта питания)	ВИН-номер	-0.3	+2.5	В
Входной ток (за исключением контакта питания)	ИИН	-	±10	мА
Температура хранения	Тст	-40	+125	° C

Если устройство используется в условиях, превышающих эти значения, устройство может быть уничтожено. Нормальная работа в таких превосходящих условиях не гарантируется.

## 7. Рекомендуемые условия эксплуатации

V<sub>CC</sub> = 0 В

Параметр	Символ	Мин.	Тип.	Макс.	Единица
Рабочая температура	Та	-30		+85	° C
Напряжение питания	ВДД	1.65	1.8	1.95	В

8. Электрические характеристики

Если не указано иное, применяются следующие условия:  
Vdd = от 1,65 В до 1,95 В, диапазон температур = от -30° С до +85° С.

8.1 Характеристики постоянного тока

Параметр	Символ	Примечание	Состояние	Мин.	Тип.	Макс.	Единица
Входное напряжение высокого уровня VIN	ВИН	СКЛ ПДД		70%Vdd			В
Низкий уровень входного напряжения	ВИЛ	СКЛ ПДД		-0.3		30%Vdd В	
Входной ток	ИИН	СКЛ ПДД	VIN = Vss или Vdd	-10		+10	мкА
Гистерезис входного напряжения (Примечание 1)	VHS	СКЛ ПДД		10%Vdd			В
Низкий уровень выходного напряжения (Примечание 2)	ОБЪЕМ	ПДД	ИОЛ +3мА			20%Vdd В	
Потребление тока (Примечание 3)	IDD1 VDD		Режим пониженного энергопотребления Vdd = 1,95 В		1	3	мкА
	IDD2		При срабатывании магнитного датчика		1.5	3	мА
	ИДДЗ		Режим самотестирования		2.5	4	мА

(Примечание 1) Вход триггера Шмитта (опорное значение для проектирования)  
(Примечание 2) Выход с открытым стоком. Подключите внешний подтягивающий резистор. Максимальная емкостная нагрузка: 400 пФ (емкостная нагрузка каждой линии шины для интерфейса шины I2C ).  
(Примечание 3) Без какой-либо резистивной нагрузки. Не включает ток, потребляемый внешними нагрузками (резистор с понижающим током и т.п.). SDA = SCL = Vdd или 0 В.

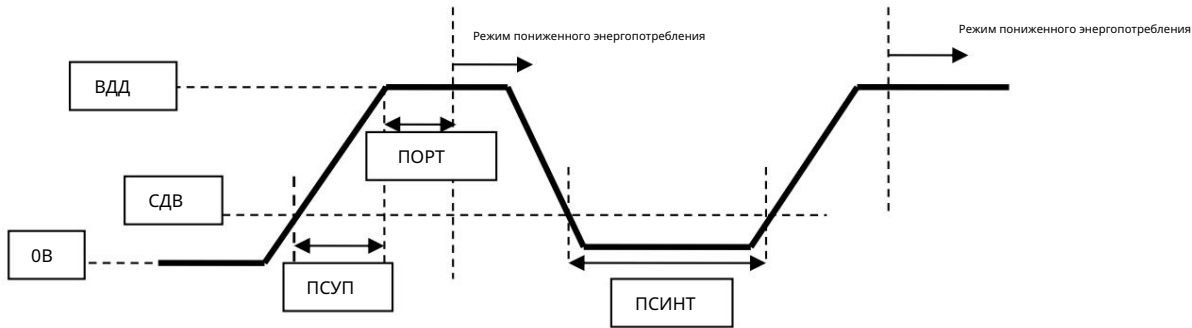
8.2 Характеристики переменного тока

Параметр	Символ	Контакт	Состояние	Мин.	Тип.	Макс.	Единица	
Время нарастания напряжения питания (Примечание 4)	PSUP VDD		Период времени, в течение которого VDD изменяется от 0,2 В до Vdd.				50	PC
Время завершения POR (Примечание 4)	ПОРТ		Период времени после PSUP до Режим пониженного энергопотребления (Примечание 5)				100	мкс
Напряжение выключения блока питания (Примечание 4)	SDV VDD		Отключите напряжение, чтобы разрешить POR перезапуститься (Примечание 5)				0,2 В	
Интервал включения питания (Примечание 4)	PSINT VDD		Период времени, в течение которого напряжение должно быть ниже SDV, чтобы POR мог перезапуститься (Примечание 5)	100				мкс
Время ожидания перед настройкой режима	Твайт			100				мкс

(Примечание 4) Ориентировочное значение для проектирования.

(Примечание 5) Когда схема POR обнаруживает повышение напряжения VDD, она сбрасывает внутренние схемы и инициализирует регистры.

После сброса AK09916 переходит в режим Power-down.



8.3 Характеристики аналоговой схемы

Параметр	Символ	Состояние	Мин.	Тип.	Макс.	Единица	
Выходной бит данных измерения	DBIT		-	16	-	-	кислород
Время для измерения		Режим одиночного измерения TSM		7.2	8.2		PC
Чувствительность магнитного датчика	БФБ	Ta = 25 ° C	0,1425	0,15	0,1575	мкТл/LSB	
Диапазон измерения магнитного датчика (Примечание 6)	БРГ	Ta = 25 ° C	±4670 ±4912	±5160	мкТл		
Начальное смещение магнитного датчика (Примечание 7)		Ta = 25 ° C	-2000		+2000	младший бит	

(Примечание 6) Справочное значение для проектирования

(Примечание 7) Значение данных измерений регистрируют при испытании на транспортировку без сознательного применения магнитного поля.

8.4 Интерфейс шины I2C

Интерфейс шины I2C совместим со стандартным и быстрым режимами. Стандартный/быстрый режим выбирается автоматически fSCL.

Стандартный режим

fSCL 100 кГц

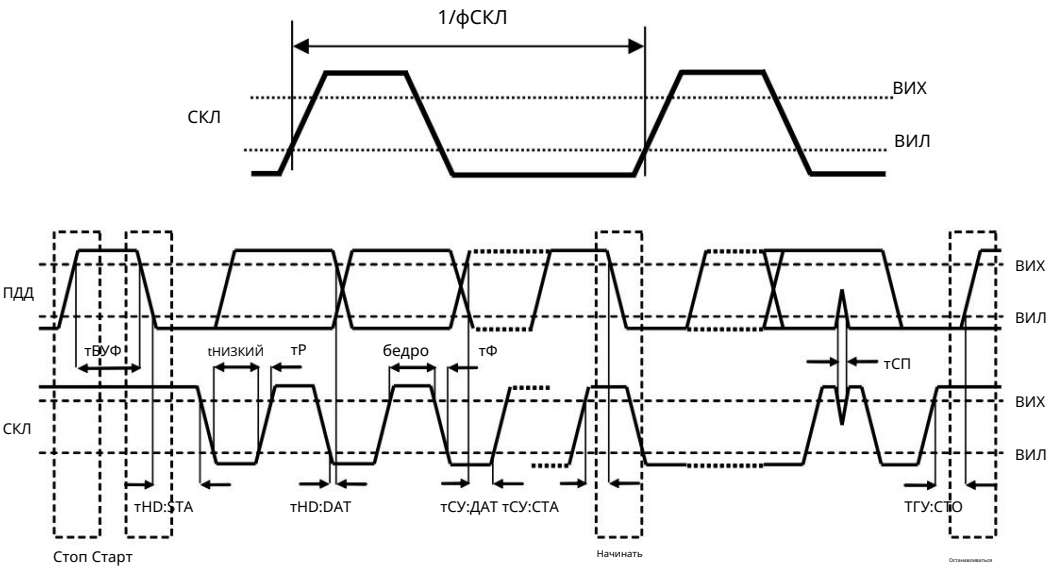
Символ	Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Единица
fSCL	Тактовая частота SCL			100	кГц
бедро	«Высокое» время часов SCL	4.0			с
tнизкий	Время «Низкого» сигнала SCL	4.7			с
тР	Время нарастания SDA и SCL			1.0	с
тФ	Время спада SDA и SCL			0.3	с
tHD:STA	Время удержания начального состояния	4.0			с
TГУ:СТА	Время установки начального условия	4.7			с
tHD:DAT	Время удержания SDA (по сравнению с задним фронтом SCL)	0			с
тСУ:ДАТ	Время установки SDA (по сравнению с нарастающим фронтом SCL)	250			нс
TГУ:СТО	Время установки условий остановки	4.0			с
тБУФ	Автобусное свободное время	4.7			с

Быстрый режим

100 кГц fSCL 400 кГц

Символ	Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Единица
fSCL	Тактовая частота SCL			400	кГц
бедро	«Высокое» время часов SCL	0,6			с
tнизкий	Время «Низкого» сигнала SCL	1.3			с
тР	Время нарастания SDA и SCL			0.3	с
тФ	Время спада SDA и SCL			0.3	с
tHD:STA	Время удержания начального состояния	0,6			с
TГУ:СТА	Время установки начального условия	0,6			с
tHD:DAT	Время удержания SDA (по сравнению с задним фронтом SCL)	0			с
тСУ:ДАТ	Время установки SDA (по сравнению с нарастающим фронтом SCL)	100			нс
TГУ:СТО	Время установки условий остановки	0,6			с
тБУФ	Автобусное свободное время	1.3			с
тСП	Ширина импульса подавления шума			50	нс

[ Время работы интерфейса шины I2C ]



9. Описание функций

9.1.Состояния власти

При включении VDD из состояния Vdd = OFF (0 В) все регистры в AK09916 инициализируются схемой POR, и AK09916 переходит в режим пониженного энергопотребления.

Таблица 9.1. Состояние питания

Состояние	ВДД	Состояние питания
1	ВЫКЛ (0 В)	выключенный Это не влияет на внешний интерфейс.
2	1,65 В - 1,95 В ВКЛ.	

9.2 Функции сброса

Power on Reset (POR) работает до тех пор, пока Vdd не достигнет рабочего эффективного напряжения (около 1,1 В: опорное значение для конструкции) при включении питания. После завершения POR все регистры инициализируются и AK09916 переходит в режим пониженного энергопотребления.

При Vdd = 1,65–1,95 В схема POR активна.

AK09916 имеет два типа сброса;

(1) Сброс при включении питания (POR)

При обнаружении повышения Vdd срабатывает схема POR и AK09916 сбрасывается.

(2) Мягкий сброс

AK09916 сбрасывается установкой бита SRST. При сбросе AK09916 все регистры инициализируются и AK09916 переходит в режим Power-down.



9.3 Режимы работы AK09916  
имеет следующие семь режимов работы:

- (1) Режим пониженного энергопотребления
- (2) Режим одиночного измерения
- (3) Режим непрерывного измерения 1
- (4) Режим непрерывного измерения 2
- (5) Режим непрерывного измерения 3
- (6) Режим непрерывного измерения 4
- (7) Режим самотестирования

Установкой битов MODE[4:0] регистра CNTL2 запускается набор операций для каждого режима.  
Переход из одного режима в другой показан ниже.

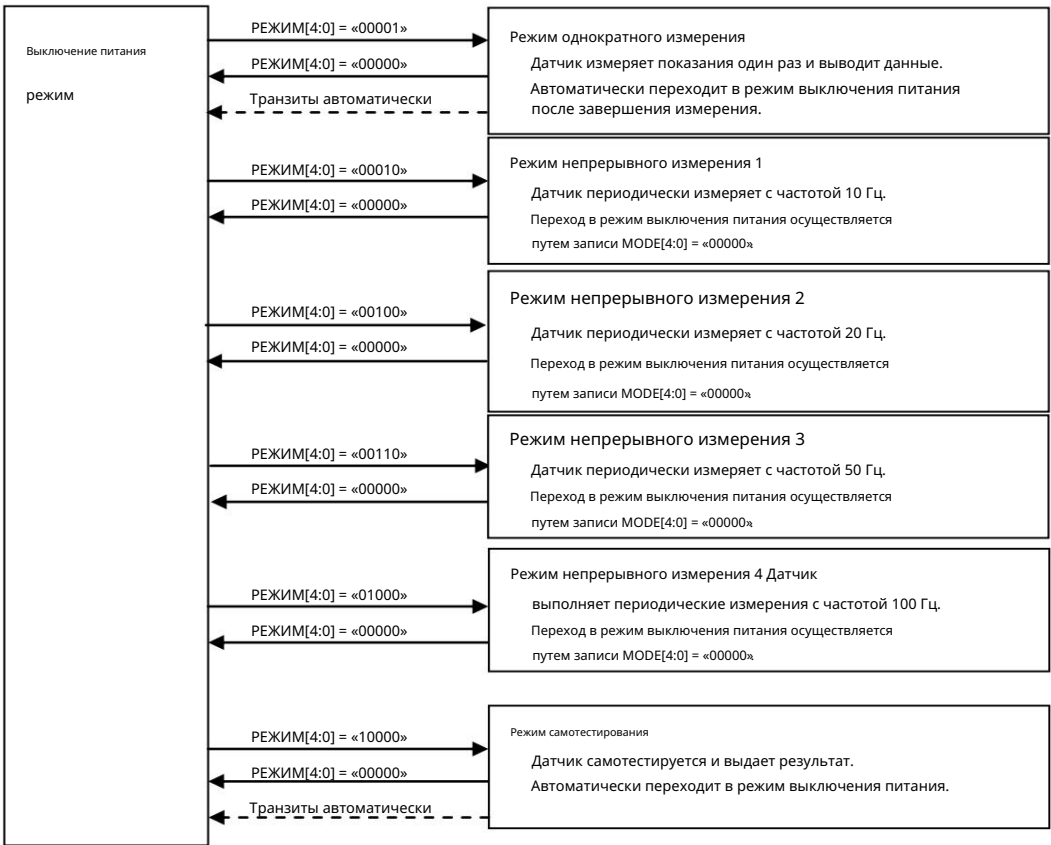


Рисунок 9.1. Режим работы

При включении питания AK09916 находится в режиме выключения питания. Когда указанное значение установлено в битах MODE[4:0], AK09916 переходит в указанный режим и начинает работу. Когда пользователь хочет изменить режим работы, сначала перейдите в режим выключения питания, а затем в другие режимы. После установки режима выключения питания необходимо не менее 100 s (Twait) перед установкой другого режима

## 9.4 Описание каждого режима работы

## 9.4.1 Режим отключения питания

Питание почти всех внутренних цепей отключено. Все регистры доступны в режиме Power-down. Данные, хранящиеся в регистрах чтения/записи, сохраняются. Их можно сбросить с помощью мягкого сброса.

## 9.4.2 Режим одиночного измерения

Когда установлен режим одиночного измерения (MODE[4:0] биты = «00001»), запускается измерение магнитного датчика. После завершения измерения магнитного датчика и обработки сигнала данные магнитного измерения сохраняются в регистрах данных измерения (HXL - HZH), затем AK09916 автоматически переходит в режим выключения питания. При переходе в режим выключения питания биты MODE[4:0] становятся равными «00000». В то же время бит DRDY в регистре ST1 становится равным «1». Это называется «Готовность данных». Когда считывается любой из регистров данных измерения (HXL - TMPS) или регистра ST2, бит DRDY становится равным «0». Он остается равным «1» при переходе из режима выключения питания в другой режим. (Рисунок 9.2.)

Когда датчик измеряет (период измерения), регистры данных измерения (HXL в TMPS) сохраняют предыдущие данные. Таким образом, можно считывать данные даже в период измерения. Данные, считываемые в период измерения, являются предыдущими данными. (Рисунок 9.3.)

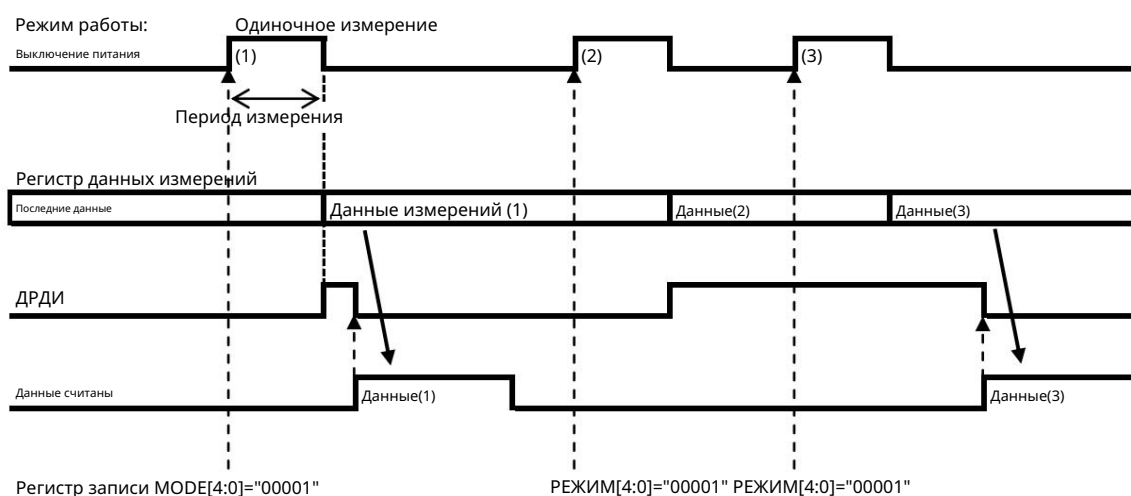


Рисунок 9.2 Режим одиночного измерения, когда данные считываются за период измерения

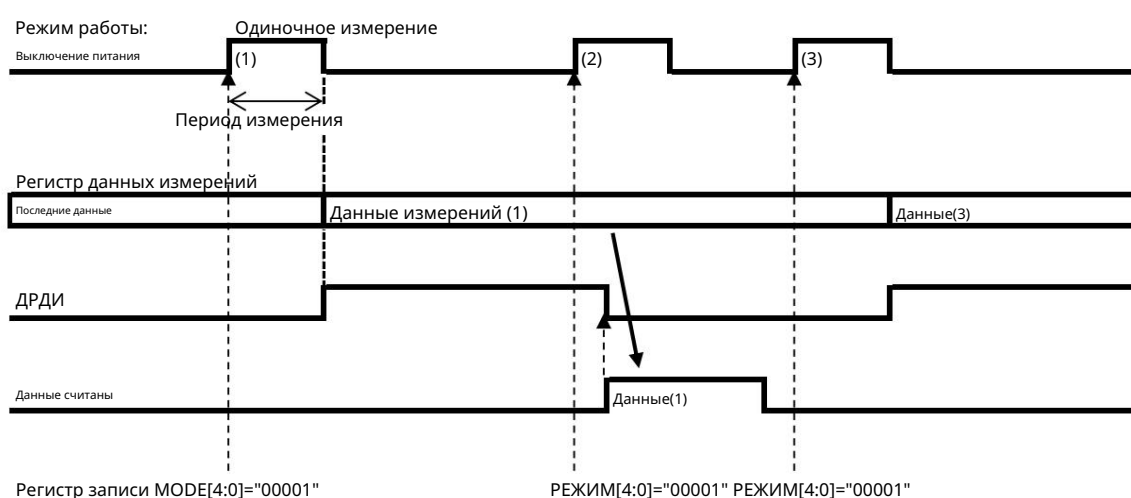


Рисунок 9.3. Режим одиночного измерения, когда считывание данных началось во время периода измерения

## 9.4.3 Режим непрерывного измерения 1, 2, 3 и 4

При непрерывном режиме измерения 1 (MODE[4:0] биты = «00010»), 2 (MODE[4:0] биты = «00100»), 3 (MODE[4:0] биты = «00110») или 4 (MODE[4:0] биты = «01000»), измерение магнитного датчика начинается периодически с частотой 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц или 100 Гц соответственно. После завершения измерения магнитного датчика и обработки сигнала, данные магнитного измерения сохраняются в регистрах данных измерения (HXL в HZN) и все цепи, за исключением минимальной цепи, необходимой для подсчета длины цикла, выключены (PD). Когда наступает время следующего измерения, AK09916 автоматически выходит из режима PD и снова начинает измерение.

Режим непрерывного измерения заканчивается, когда устанавливается режим выключения питания (MODE[4:0] биты = «00000»). Он повторяет измерение, пока не будет установлен режим выключения питания.

Если снова устанавливается режим непрерывного измерения 1 (MODE[4:0] биты = «00010»), 2 (MODE[4:0] биты = «00100»), 3 (MODE[4:0] биты = «00110») или 4 (MODE[4:0] биты = «01000»), когда AK09916 уже находится в режиме непрерывного измерения, начинается новое измерение. ST1, ST2 и регистры данных измерений (HXL до TMP5) не будут инициализированы этим.



Рисунок 9.4. Режим непрерывного измерения

## 9.4.3.1 Данные готовы

Когда данные измерений сохранены и готовы к считыванию, бит DRDY в регистре ST1 переходит в состояние «1». Это называется «Готовность данных». Если измерение выполнено правильно, AK09916 переходит в состояние «Готовность данных» при переходе в состояние PD после измерения.

## 9.4.3.2. Нормальная последовательность чтения

- (1) Проверьте готовность данных, опрашивая бит DRDY регистра ST1.

DRDY: Показывает готовность данных или нет. Нет, когда «0» Готовность данных, когда «1»

DOR: Показывает, были ли пропущены какие-либо данные перед текущими данными или нет. Пропущенных данных нет данные при «0» пропущенные данные при «1»

- (2) Считывание данных измерений

Когда считывается любой из регистров данных измерений (от HXL до TMP5) или регистр ST2, AK09916 определяет, что началось считывание данных. Когда начинается считывание данных, бит DRDY и бит DOR становятся равными «0».

- (3) Прочитать регистр ST2 (обязательно)

NOFL: Показывает, переполнен ли магнитный датчик. «0» означает, что датчик не переполнен, «1» означает, что датчик переполнен.

При чтении регистра ST2 AK09916 определяет, что чтение данных завершено. Сохраненные данные измерений защищены во время чтения данных, и данные не обновляются. При чтении регистра ST2 эта защита снимается. После чтения данных необходимо прочитать регистр ST2.

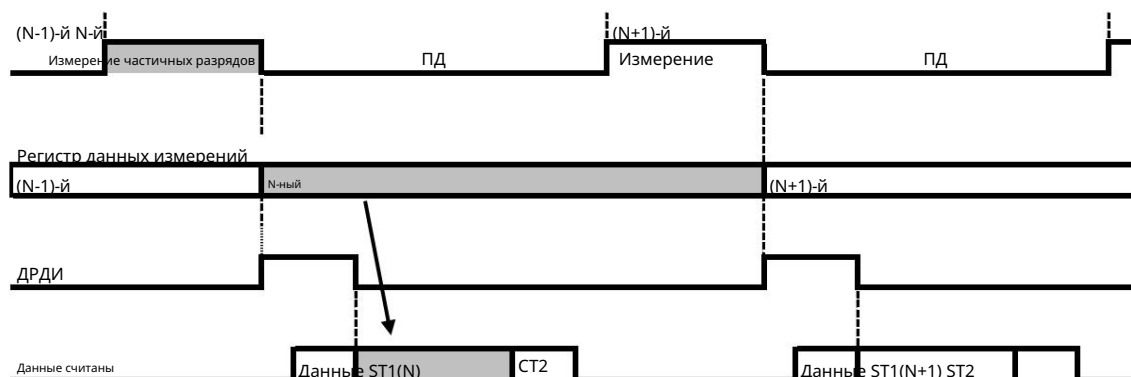


Рисунок 9.5. Нормальная последовательность считывания

## 9.4.3.3 Начало чтения данных во время измерения

Когда датчик измеряет (период измерения), регистры данных измерения (HXL в Tmps) сохраняют предыдущие данные. Таким образом, можно считывать данные даже в период измерения. Если данные начинают считываться в течение периода измерения, считываются предыдущие данные.

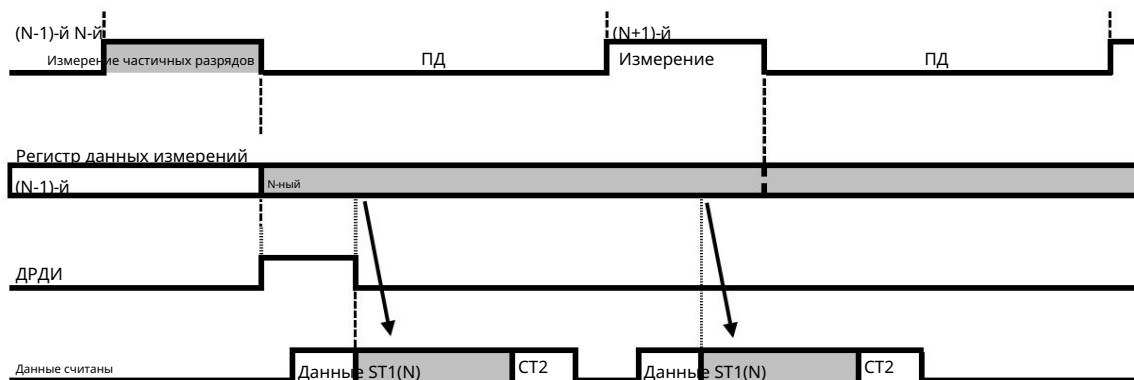


Рисунок 9.6 Начало считывания данных во время измерения

## 9.4.3.4 Пропуск данных

Когда N-е данные не были прочитаны до окончания (N+1)-го измерения, Data Ready остается до тех пор, пока данные не будут прочитаны. В этом случае набор данных измерений пропускается, так что бит DOR становится равным «1»

Когда чтение данных началось после окончания N-го измерения и не закончилось до окончания (N+1)-го измерения, данные N-го измерения защищены для сохранения корректных данных. В этом случае набор данных измерений пропускается и не сохраняется, так что бит DOR становится равным «1»

В обоих случаях бит DOR становится равным «0» при следующем начале чтения данных.

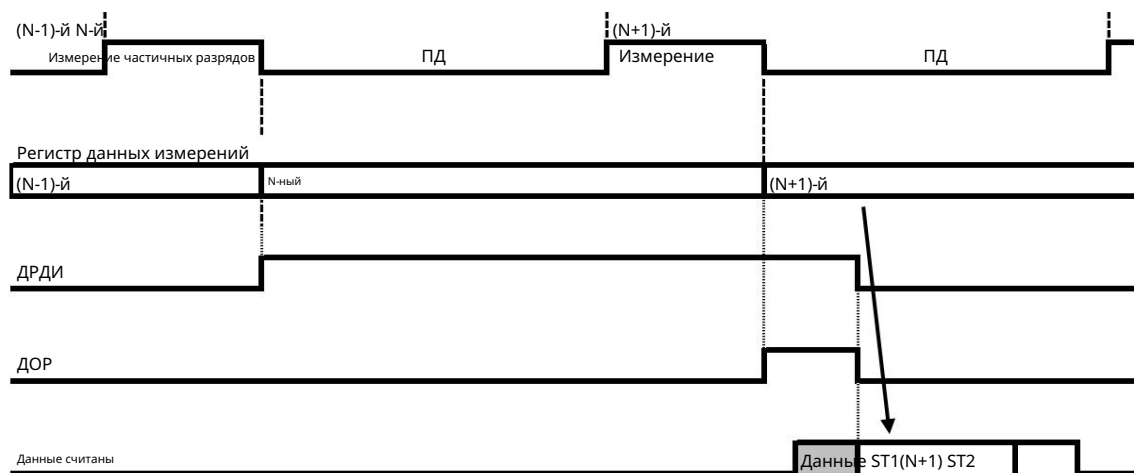


Рисунок 9.7. Пропуск данных: когда данные не считываются

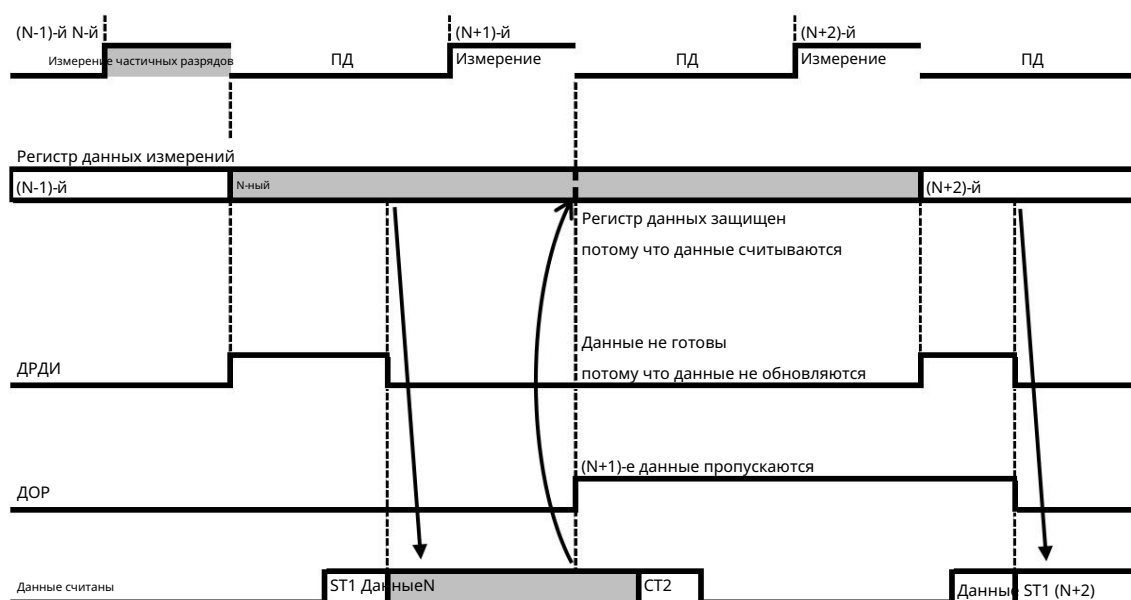


Рисунок 9.8 Пропуск данных: когда считывание данных не было завершено до окончания следующего измерения

#### 9.4.3.5 Завершение операции

Установите режим выключения питания (MODE[4:0] биты = «00000»), чтобы завершить режим непрерывного измерения.

#### 9.4.3.6 Переполнение магнитного датчика

AK09916 имеет ограничение на диапазон измерений: сумма абсолютных значений каждой оси должна быть меньше 4912 мкТл.  
(Примечание 8)

$$|X| + |Y| + |Z| < 4912 \text{ мкТл}$$

Когда магнитное поле превышает это ограничение, данные, хранящиеся в данных измерений, неверны. Это называется переполнением магнитного датчика.

При переполнении магнитного датчика бит HOFL переходит в «1»

При обновлении регистра данных измерений (от HXL до HZH) обновляется бит HOFL.

(Примечание 8) BRG: 0,15 мкТл/LSB

9.4.4 Режим самотестирования

Режим самотестирования используется для проверки правильности работы магнитного датчика. Когда установлен режим самотестирования (MODE[4:0] биты = «10000»), магнитное поле генерируется внутренним магнитным источником, а магнитный датчик измеряется. Данные измерений сохраняются в регистрах данных измерений (HXL - HZH), затем AK09916 автоматически переходит в режим выключения питания. Последовательность чтения данных и функции регистров, доступных только для чтения, в режиме самотестирования такие же, как в режиме одиночного измерения.

9.4.4.1 Последовательность самотестирования

- (1) Установите режим пониженного энергопотребления. (MODE[4:0] биты = «00000»)
- (2) Установите режим самотестирования. (MODE[4:0] биты = «10000»)
- (3) Проверьте готовность данных, опрашивая бит DRDY регистра ST1.  
Когда данные будут готовы, перейдите к следующему шагу.
- (4) Считывание данных измерений. (HXL-HZH)

9.4.4.2 Самопроверка суждений

Если данные измерений, считанные с помощью указанной выше последовательности, находятся в диапазоне, указанном в следующей таблице, AK09916 работает нормально.

	HX[15:0] бит			Биты HY[15:0]			HZ[15:0] биты		
Критерии	-200	HX	200	-200	HY	200	-1000	Гц	-200

## 10. Последовательный интерфейс

## 10.1 Интерфейс шины I2C

Интерфейс шины I2C AK09916 поддерживает стандартный режим (макс. 100 кГц) и быстрый режим (макс. 400 кГц).

## 10.1.1 Передача данных

Чтобы получить доступ к AK09916 на шине, сначала сгенерируйте начальное условие.

Далее передайте однобайтовый адрес подчиненного устройства, включая адрес устройства. В это время AK09916 сравнивает адрес подчиненного устройства со своим собственным адресом. Если эти адреса совпадают, AK09916 генерирует подтверждение, а затем выполняет инструкцию READ или WRITE. В конце выполнения инструкции генерирует условие остановки.

## 10.1.1.1 Изменение данных

Изменение данных на линии SDA должно быть выполнено в течение периода «Низкого» тактового сигнала на линии SCL. Когда тактовый сигнал на линии SCL «Высокий» состояние линии SDA должно быть стабильным. (Данные на линии SDA могут быть изменены только тогда, когда тактовый сигнал на линии SCL «Низкий»)

Пока линия SCL находится в состоянии «Высокий» состояние данных на линии SDA изменяется только при генерации условия запуска или условия остановки.

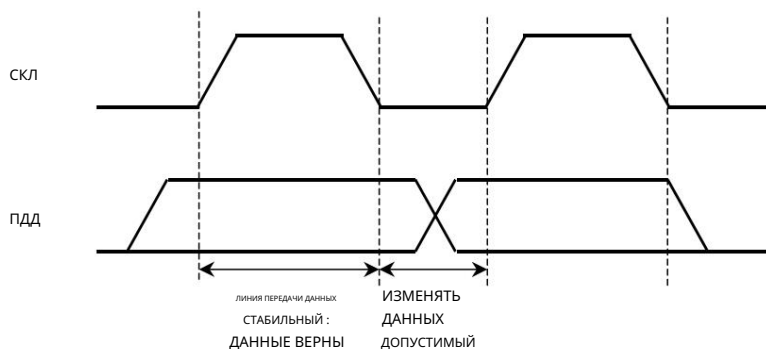


Рисунок 10.1.Изменение данных

## 10.1.1.2. Условие запуска/остановки

Если линия SDA переключается с «Высокого» на «Низкий» уровень, когда линия SCL находится на «Высоком» уровне, генерируется условие запуска. Каждая инструкция начинается со стартового условия.

Если линия SDA переходит из состояния «Низкий» в состояние «Высокий», когда линия SCL находится в состоянии «Высокий», генерируется условие остановки. Каждая инструкция останавливается условием остановки.

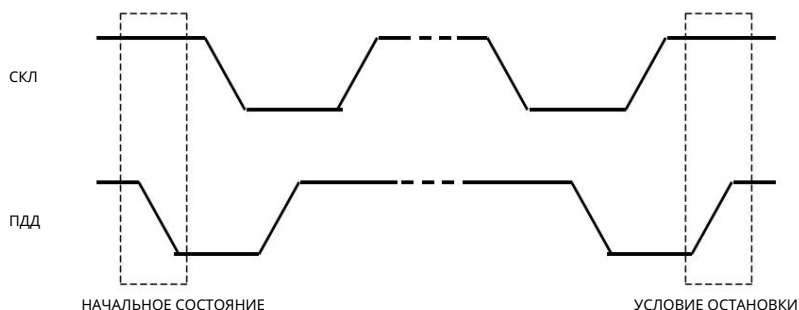


Рисунок 10.2. Условие запуска и остановки

10.1.1.3 Подтвердить

Микросхема, передающая данные, освобождает линию SDA (в состоянии «Высокий») после отправки 1 байта данных. Микросхема, которая получает данные, переводит линию SDA в состояние «Низкий» на следующем тактовом импульсе. Эта операция называется подтверждением. С помощью этой операции можно проверить, были ли данные переданы успешно. AK09916 генерирует подтверждение после получения условия запуска и адреса подчиненного устройства. При выполнении инструкции WRITE AK09916 генерирует подтверждение после получения каждого байта. При выполнении инструкции READ AK09916 генерирует подтверждение, а затем передает данные, хранящиеся по указанному адресу. Затем AK09916 освобождает линию SDA, а затем контролирует линию SDA. Если главная микросхема генерирует подтверждение вместо условия остановки, AK09916 передает 8-битные данные, хранящиеся по следующему адресу. Если подтверждение не генерируется, AK09916 останавливает передачу данных.

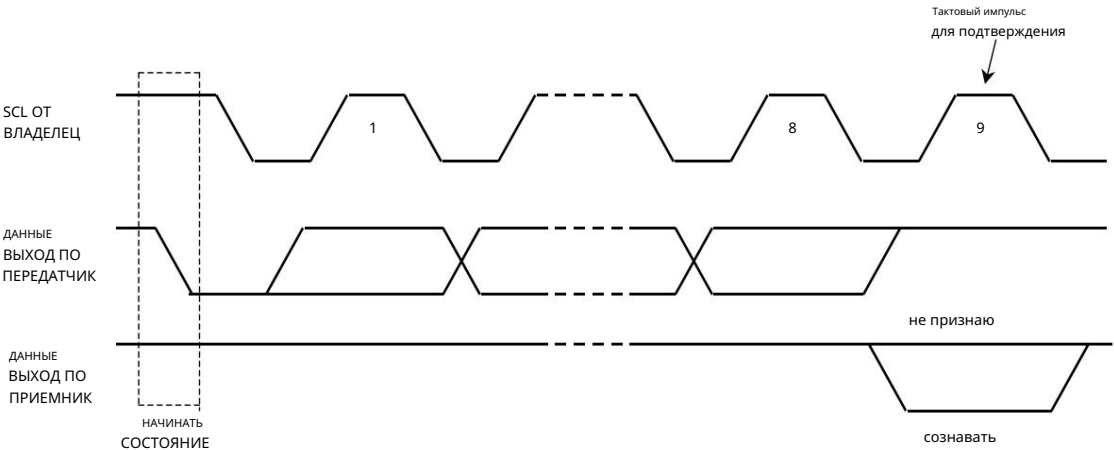


Рисунок 10.3 Генерация подтверждения

10.1.1.4. Адрес подчиненного устройства  
Адрес ведомого устройства AK09916 — 0Ch.

МСБ				МЗП			
0	0	0	1	1	0	0	Ч/З

Рисунок 10.4. Адрес подчиненного устройства

Первый байт, включающий адрес подчиненного устройства, передается после условия запуска, и микросхема, к которой необходимо получить доступ, выбирается из микросхем на шине в соответствии с адресом подчиненного устройства. При передаче адреса подчиненного устройства IC, адрес устройства которого совпадает с переданным адресом подчиненного устройства, генерирует подтверждение, а затем выполняет инструкцию. 8-й бит (младший бит) первого байта — это бит R/W. Когда бит R/W установлен в «1» выполняется инструкция READ. Когда бит R/W установлен в «0» выполняется инструкция WRITE.



10.1.2. Инструкция по написанию

Когда бит R/W установлен в «0» AK09916 выполняет операцию записи.  
В операции записи AK09916 генерирует подтверждение после получения условия запуска, а первый байт (адрес подчиненного устройства) затем получает второй байт. Второй байт используется для указания адреса внутреннего регистра управления и основан на конфигурации MSB-first.

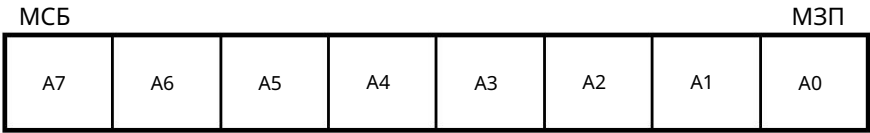


Рисунок 10.5. Адрес регистрации

После получения второго байта (адреса регистра) AK09916 генерирует подтверждение, а затем получает третий байт.

Третий и последующие байты представляют собой управляющие данные. Управляющие данные состоят из 8 бит и основаны на конфигурации MSB-first. AK09916 генерирует подтверждение после получения каждого байта. Передача данных всегда останавливается с условием остановки, генерируемым мастером.

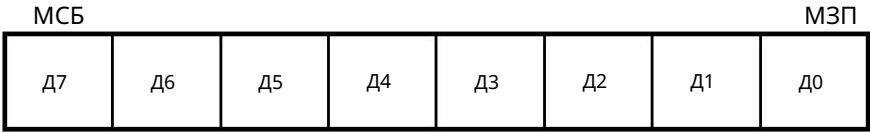


Рисунок 10.6 Контрольные данные

AK09916 может записывать несколько байтов данных одновременно.  
После получения третьего байта (контрольные данные) AK09916 генерирует подтверждение, а затем получает следующие данные. Если вместо условия остановки после получения одного байта данных получены дополнительные данные, счетчик адреса внутри микросхемы LSI автоматически увеличивается, и данные записываются по следующему адресу. Адрес увеличивается с 00h до 18h, с 30h до 32h. Когда адрес от 00h до 18h, адрес увеличивается 00h 01h 02h 03h 10h 11h ... 18h, и адрес возвращается к 00h после 18h. Когда адрес от 30h до 32h, адрес возвращается к 30h после 32h.

Фактические данные записываются только в регистры чтения/записи (таблица 11.2.).



Рисунок 10.7. Инструкция WRITE

## 10.1.3. Инструкция READ Когда бит

R/W установлен в «1» AK09916 выполняет операцию чтения.

Если главная микросхема генерирует подтверждение вместо условия остановки после того, как AK09916 передаст данные по указанному адресу, данные по следующему адресу могут быть прочитаны.

Адрес может быть от 00h до 18h, от 30h до 32h. Когда адрес от 00h до 18h, адрес увеличивается на 00h 01h 02h 03h 10h 11h ... 18h, и адрес возвращается к 00h после 18h. Когда адрес от 30h до 32h, адрес возвращается к 30h после 32h. AK09916 поддерживает чтение текущего адреса и чтение случайного адреса.

## 10.1.3.1. ЧТЕНИЕ текущего адреса AK09916

имеет счетчик адресов внутри микросхемы LSI. В операции чтения текущего адреса считываются данные по адресу, указанному этим счетчиком.

Внутренний счетчик адресов хранит следующий адрес последнего использованного адреса.

Например, если последний доступный адрес (для инструкции READ) — это адрес «n» и предпринимается попытка выполнить операцию чтения текущего адреса, то считываются данные по адресу «n+1»

В текущей операции чтения адреса AK09916 генерирует подтверждение после получения адреса подчиненного устройства для инструкции READ (бит R/W = «1»). Затем AK09916 передает данные, указанные внутренним счетчиком адресов, начиная со следующего тактового импульса, затем увеличивает внутренний счетчик на единицу. Если главная микросхема генерирует условие остановки вместо подтверждения после того, как AK09916 передает один байт данных, операция чтения останавливается.

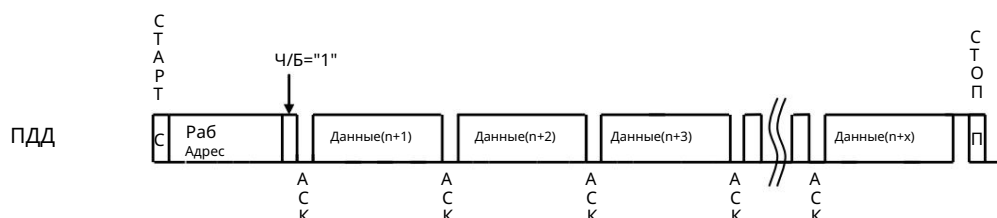


Рисунок 10.8 Текущий адрес ЧТЕНИЕ

## 10.1.3.2 ЧТЕНИЕ СЛУЧАЙНОГО АДРЕСА АДРЕС С

помощью операции чтения случайного адреса можно прочитать данные по произвольному адресу.

Операция чтения случайного адреса требует выполнения инструкции WRITE как фиктивной перед передачей адреса подчиненного устройства для инструкции READ (бит R/W = «1»). При операции чтения случайного устройства сначала генерируется начальное условие, затем последовательно передаются адрес подчиненного устройства для инструкции WRITE (бит R/W = «0») и адрес чтения.

После того, как AK09916 сгенерирует подтверждение в ответ на эту передачу адреса, снова генерируются условие запуска и адрес подчиненного устройства для инструкции READ (бит R/W = «1»). AK09916 генерирует подтверждение в ответ на эту передачу адреса подчиненного устройства. Затем AK09916 передает данные по указанному адресу, а затем увеличивает внутренний счетчик адресов на единицу. Если главная микросхема генерирует условие остановки вместо подтверждения после передачи данных, операция чтения останавливается.

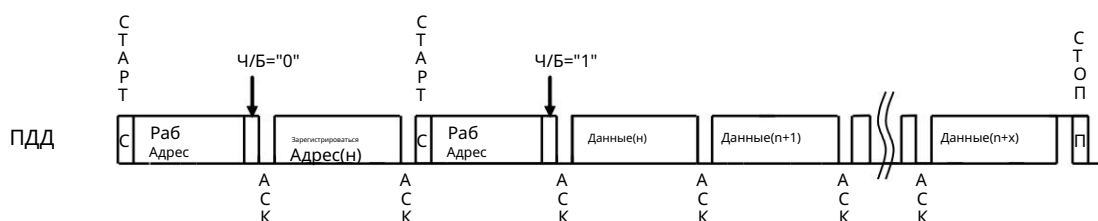


Рисунок 10.9 Случайное ЧТЕНИЕ Адреса

## 11. Регистры

### 11.1 Описание регистров

AK09916 имеет регистры из 18 адресов, как указано в таблице 11.1. Каждый адрес состоит из 8 бит данных.

Данные передаются на внешний ЦП или принимаются от него через последовательный интерфейс, описанный ранее.

Таблица 11.1. Таблица регистров

Имя Адрес	ЧИТАТЬ/ ПИСАТЬ	Описание	Ширина бита	Замечания
WIA1	00ч ЧИТАТЬ	Идентификатор компании	8	
WIA2 01h	ЧИТАТЬ	Идентификатор устройства	8	
RSV1	02ч ЧИТАТЬ	Зарезервировано 1	8	
RSV2 03h	ЧИТАТЬ	Зарезервировано 2	8	
СТ1	10ч ЧТЕНИЕ	Статус 1	8	Статус данных
HXL	11ч ЧИТАТЬ	Данные магнитных измерений	8	Данные по оси X
ЧХЧ 12ч	ЧИТАТЬ		8	
ХИЛ	13ч ЧИТАТЬ		8	Данные по оси Y
НУН 14ч	ЧИТАТЬ		8	
ХЗЛ	15ч ЧТЕНИЕ		8	Данные по оси Z
ХЖ	16ч ЧИТАТЬ		8	
TMPS 17ч	ЧИТАТЬ	Дурачок	8	Дурачок
СТ2	18ч ЧИТАТЬ	Статус 2	8	Статус данных
CNTL1 30h	ЧТЕНИЕ/ ПИСАТЬ	Дурачок	8	Дурачок
CNTL2 31h	ЧТЕНИЕ/ ПИСАТЬ	Контроль 2	8	Настройки управления
CNTL3 32h	ЧТЕНИЕ/ ПИСАТЬ	Контроль 3	8	Настройки управления
ТС1	33ч ЧТЕНИЕ/ ПИСАТЬ	Тест	8	НЕ ДОСТУП
ТС2	34ч ЧТЕНИЕ/ ПИСАТЬ	Тест	8	НЕ ДОСТУП

Адреса от 00h до 18h, от 30h до 32h соответствуют функции автоматического приращения последовательного интерфейса соответственно. В других режимах считанные данные неверны. Когда адрес находится в диапазоне от 00h до 18h, адрес увеличивается на 00h 01h 02h 03h 10h 11h ... 18h, и адрес возвращается к 00h после 18h. Когда адрес находится в диапазоне от 30h до 32h, адрес возвращается к 30h после 32h.

11.2.Регистрация карты

Таблица 11.2. Карта регистра

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
00ч	WIA1	0	1	0	0	1	0	0	0
01ч	WIA2	0	0	0	0	1	0	0	1
02ч	RSV1 RSV17 RSV16 RSV15 RSV14 RSV13 RSV12 RSV11 RSV10								
03ч	RSV2 RSV27 RSV26 RSV25 RSV24 RSV23 RSV22 RSV21 RSV20								
10ч	CT1	0	0	0	0	0	0	ДОР ДРДИ	
11ч	HXL HX7		HX6	HX5	HX4	HX3	HX2	HX1	HX0
12ч	HXH HX15 HX14 HX13 HX12 HX11 HX10 HX9								HX8
13ч	XIL ХИЛ7		HY6	HY5	HY4	HY3	HY2	HY1	XI0
14ч	HYH HY15 HY14 HY13 HY12 HY11 HY10 HY9								HY8
15ч	X3Л	X37	X36	X35	HZ4	X33	X32	X31	X30
16ч	XЖ X315 X314 X313 X312 X311 X310							HZ9	HZ8
17ч	TMPC	0	0	0	0	0	0	0	0
18ч	CT2	0	RSV30 RSV29 RSV28 HOFL				0	0	0
Регистр чтения/записи									
30ч	CNTL1	0	0	0	0	0	0	0	0
31ч	CNTL2	0	0	0 РЕЖИМ4 РЕЖИМ3 РЕЖИМ2 РЕЖИМ1 РЕЖИМ0					
32ч	CNTL3	0	0	0	0	0	0	0	CPCT
33ч	TC1	-	-	-	-	-	-	-	-
34ч	TC2	-	-	-	-	-	-	-	-

При включении VDD работает функция POR и инициализируются все регистры AK09916.  
TS1 и TS2 — это тестовые регистры для проверки отгрузки. Не обращайтесь к этим регистрам.

11.3 Подробное описание регистра

11.3.1. WIA: Кто я

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
00ч	WIA1	0	1	0	0	1	0	0	0
01ч	WIA2	0	0	0	0	1	0	0	1

WIA1[7:0] бит: Идентификатор компании AKM. Описывается одним байтом и фиксированным значением.  
48ч: фиксировано

WIA2[7:0] биты: Идентификатор устройства AK09916. Описывается одним байтом и фиксированным значением.  
09ч: исправлено

11.3.2 RSV: Зарезервировано

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
02ч	RSV1	RSV17 RSV16 RSV15 RSV14 RSV13 RSV12 RSV11 RSV10							
03ч	RSV2	RSV27 RSV26 RSV25 RSV24 RSV23 RSV22 RSV21 RSV20							

Биты RSV1[7:0]/биты RSV2[7:0]: зарезервированный регистр для AKM.

11.3.3.ST1 : Статус 1

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
10ч	СТ1	0	0	0	0	0	0	ДОР ДРДИ	
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

DRDY: данные готовы  
«0» Нормально  
«1» Данные готовы

Бит DRDY становится равным «1» когда данные готовы в режиме одиночного измерения, режиме непрерывного измерения 1, 2, 3, 4 или режим самотестирования. Возвращается в «0»при считывании любого из регистров ST2 или регистра данных измерений (от HXL до TMP5).

DOR: Переполнение данных  
«0» Нормально  
«1» Переполнение данных

Бит DOR становится равным «1» если данные пропущены в режиме непрерывного измерения 1, 2, 3, 4. Он возвращается к «0» при считывании любого из регистров ST2 или регистров данных измерений (от HXL до TMP5).

11.3.4. HXL-HZN: Измерения Магнитные данные

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
11ч	HXL	HX7 HX6	HX5 HX4 HX3	HX2 HX1 HX0					
12ч	XXX	HX15 HX14	HX13 HX12	HX11 HX10 HX9 HX8					
13ч	ХИЛ	HY7 HY6	HY5 HY4 HY3	HY2 HY1 HY0					
14ч	ХЙХ	HY15 HY14	HY13 HY12	HY11 HY10 HY9 HY8					
15ч	ХЗЛ	X37	X36	X35	HZ4	X33	X32	X31	X30
16ч	ХЖ	X315 X314	X313 X312 X311	X310 X309					HZ8
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

Данные измерений магнитного датчика по осям X/Y/Z

HXL[7:0] бит: данные измерения по оси X, младшие 8 бит

HXH[15:8] бит: данные измерения по оси X, старшие 8 бит

HYL[7:0] бит: данные измерения по оси Y, младшие 8 бит

HYH[15:8] бит: данные измерения по оси Y, старшие 8 бит

HZL[7:0] бит: данные измерения по оси Z, младшие 8 бит

HZH[15:8] бит: данные измерения по оси Z, более высокие 8 бит

Данные измерений хранятся в формате дополнения до двух и Little Endian. Диапазон измерений каждой оси составляет от -32752 до 32752 в 16-битном выводе.

Данные измерений (каждая ось) [15:0] бит			Плотность магнитного потока [μ T]
Дополнение до двух	Шестнадцатеричное	Десятичные	
0111 1111 1111 0000	7FF0	32752	4912(макс.)
0000 0000 0000 0001	0001	1	0,15
0000 0000 0000 0000	0000	0	0
1111 1111 1111 1111	ФФФФ	-1	-0,15
1000 0000 0001 0000	8010	-32752	-4912(мин.)

11.3.5. TMPS: пустышка

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
17ч	TMPS	0	0	0	0	0	0	0	0
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

Биты TMPS[7:0]: Фиктивный регистр.

11.3.6.ST2: Статус 2

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр только для чтения									
18ч	СТ2	0	RSV30 RSV29 RSV28 HOFL				0	0	0
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

Биты ST2[6:4]: зарезервированный регистр для АКМ.

HOFL: Переполнение магнитного датчика

«0» Нормально

«1» произошло пополнение магнитного датчика

В режиме одиночного измерения, режиме непрерывного измерения 1, 2, 3, 4 и режиме самотестирования магнитный датчик может переполниться, даже если регистр данных измерений не заполнен. В этом случае данные измерений неверны, и бит HOFL становится равным «1» При обновлении регистра данных измерений обновляется бит HOFL. Подробную информацию см. в разделе 9.4.3.6.

Регистр ST2 также играет роль регистра окончания чтения данных. Когда любой из регистров данных измерений (от HXL до TMPS) считывается в режиме непрерывного измерения 1, 2, 3, 4, это означает начало чтения данных и воспринимается как чтение данных до тех пор, пока не будет прочитан регистр ST2. Поэтому, когда считываются любые данные измерений, обязательно считывайте регистр ST2 в конце.

11.3.7 CNTL1: пустышка

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр чтения/записи									
30ч	CNTL1	0	0	0	0	0	0	0	0
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

Биты CNTL1[7:0]: Фиктивный регистр.

11.3.8 CNTL2: Контроль 2

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр чтения/записи									
31ч	CNTL2	0	0	0 РЕЖИМ4 РЕЖИМ3 РЕЖИМ2 РЕЖИМ1 РЕЖИМ0					
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

MODE[4:0] биты: настройка режима работы

«00000» Режим отключения питания

«00001» режим одиночного измерения

«00010» Режим непрерывного измерения 1

«00100» Режим непрерывного измерения 2

«00110» Режим непрерывного измерения 3

«01000» Режим непрерывного измерения 4

«10000» режим самотестирования

Другие настройки кода запрещены.

.

При установке каждого режима AK09916 переходит в установленный режим. Подробную информацию см. в разделе 9.3.

11.3.9.CNTL3: Контроль 3

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр чтения/записи									
32ч CNTL3		0	0	0	0	0	0	0	CPCT
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

SRST: Мягкий сброс  
«0» Нормально  
«1» Сброс

При установке «1» все регистры инициализируются. После сброса бит SRST автоматически становится «0»

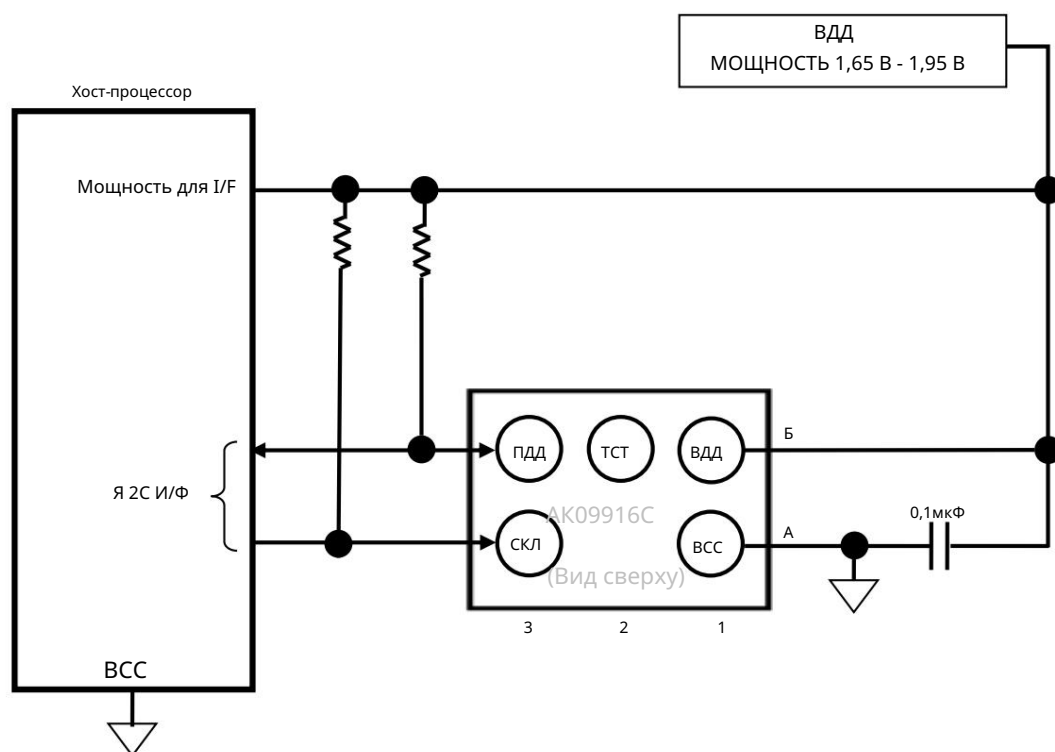
11.3.10.TS1, TS2: Тест

Адр.	Зарегистрироваться ИМЯ	Д7	Д6	Д5	Д4	Д3	Д2	Д1	Д0
Регистр чтения/записи									
33ч	ТС1	-	-	-	-	-	-	-	-
34ч	ТС2	-	-	-	-	-	-	-	-
Перезагрузить		0	0	0	0	0	0	0	0

Регистры TS1 и TS2 являются внутренними тестовыми регистрами АКМ. Не обращайтесь к этим регистрам.

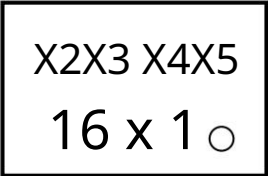


## 12. Пример рекомендуемого внешнего подключения



13. Упаковка

13.1 Маркировка  
Название 16  
продукта: Код даты: X1X2X3X4X5  
X1 = идентификатор  
X2 = Код года  
X3 = Код месяца  
X4X5= Лот



<Вид сверху>

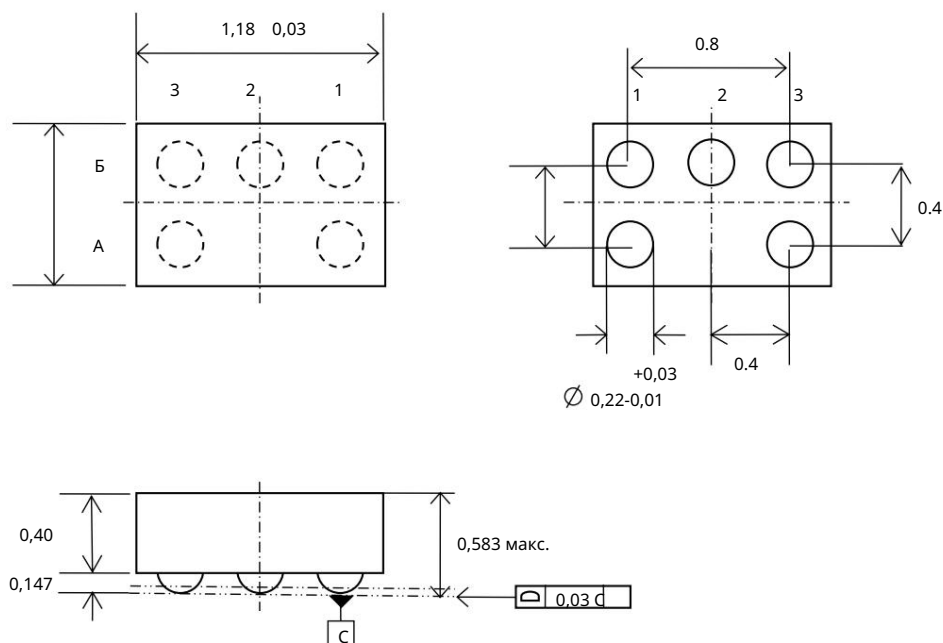
13.2 Назначение контактов

	3	2	1
Б	ПДД	ТСТ	ВДД
А	СКЛ		ВСС

<Вид сверху>

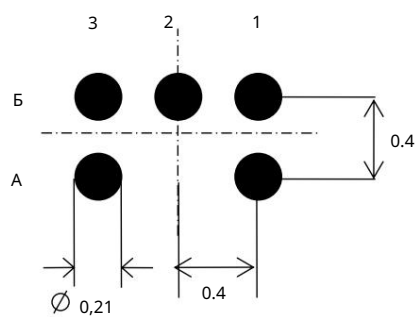
### 13.3 Габаритные размеры

[MM]



### 13.4 Рекомендуемый рисунок отпечатка стопы

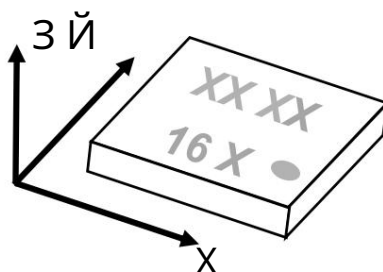
[MM]



<Вид сверху>

**14. Связь между магнитным полем и выходным кодом**

Данные измерений увеличиваются по мере увеличения плотности магнитного потока в направлениях стрелок.



## ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

0. Asahi Kasei Microdevices Corporation («АКМ») оставляет за собой право вносить изменения в информацию, содержащуюся в этом документе, без предварительного уведомления. Когда вы рассматриваете любое использование или применение продукта АКМ, предусмотренное в этом документе («Продукт»), пожалуйста, направьте запросы в офис продаж АКМ или авторизованным дистрибьюторам относительно текущего статуса Продуктов.
1. Вся информация, включенная в этот документ, предоставляется только для иллюстрации работы и примеров применения продуктов АКМ. АКМ не дает гарантий или заявлений относительно точности или полноты информации, содержащейся в этом документе, и не предоставляет никаких лицензий на какие-либо права интеллектуальной собственности или любые другие права АКМ или любой третьей стороны в отношении информации в этом документе. Вы несете полную ответственность за использование такой информации, содержащейся в этом документе, в вашем дизайне продукта или приложениях. АКМ НЕ НЕСЕТ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ЛЮБЫЕ УБЫТКИ, ПОНЕСЕННЫЕ ВАМИ ИЛИ ТРЕТЬИМИ ЛИЦАМИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТАКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВАШЕМ ДИЗАЙНЕ ПРОДУКТА ИЛИ ПРИЛОЖЕНИЯХ.
2. Продукт не предназначен и не гарантируется для использования в оборудовании или системах, которые требуют чрезвычайно высокого уровня качества и/или надежности и/или неисправность или отказ которых может привести к потере человеческой жизни, телесным повреждениям, серьезному ущербу имуществу или серьезным общественным последствиям, включая, помимо прочего, оборудование, используемое на ядерных объектах, оборудование, используемое в аэрокосмической промышленности, медицинское оборудование, оборудование, используемое для автомобилей, поездов, кораблей и других видов транспорта, оборудование для сигнализации дорожного движения, оборудование, используемое для контроля возгораний или взрывов, устройства безопасности, лифты и эскалаторы, устройства, связанные с электроэнергией, и оборудование, используемое в областях, связанных с финансами. Не используйте Продукт для вышеуказанного использования, если это специально не согласовано с АКМ в письменной форме.
3. Хотя АКМ постоянно работает над повышением качества и надежности Продукта, вы несете ответственность за соблюдение стандартов безопасности и за обеспечение адекватных конструкций и мер безопасности для вашего оборудования, программного обеспечения и систем, которые минимизируют риск и позволяют избежать ситуаций, в которых неисправность или отказ Продукта могут привести к гибели людей, телесным повреждениям или повреждению имущества, включая потерю или повреждение данных.
4. Не используйте и не предоставляйте иным образом Продукт или связанную с ним технологию или любую информацию, содержащуюся в этом документе, для любых военных целей, включая, помимо прочего, проектирование, разработку, использование, накопление или производство ядерного, химического или биологического оружия или ракетных технологий (оружие массового поражения). При экспорте Продуктов или связанной с ними технологии или любой информации, содержащейся в этом документе, вы должны соблюдать применимые законы и правила экспортного контроля и следовать процедурам, требуемым такими законами и правилами. Продукты и связанные с ними технологии не могут использоваться или включаться в какие-либо продукты или системы, производство, использование или продажа которых запрещены любыми применимыми внутренними или иностранными законами или правилами.
5. Пожалуйста, свяжитесь с торговым представителем АКМ для получения подробной информации об экологических вопросах, таких как совместимость Продукта с RoHS. Пожалуйста, используйте Продукт в соответствии со всеми применимыми законами и правилами, которые регулируют включение или использование контролируемых веществ, включая, помимо прочего, Директиву EC RoHS. АКМ не несет ответственности за ущерб или убытки, возникшие в результате несоблюдения применимых законов и правил.
6. Перепродажа Продукта с условиями, отличными от заявленных и/или технических характеристик, изложенных в настоящем документе, немедленно аннулирует любую гарантию, предоставленную АКМ на Продукт, и не создает и не расширяет каким-либо образом какую-либо ответственность АКМ.
7. Настоящий документ не может быть воспроизведен или дублирован в какой-либо форме, полностью или частично, без предварительного письменного согласия АКМ.