

# BMA490L

Высокопроизводительный долговечный датчик ускорения



## BMA490L - Спецификация

Редакция документа	2.1
Дата выпуска документа	Март 2021 г.
Номер документа	BST-BMA490L-DS000-03
Номер для продажи	0273 017 021

### Примечания

Данные и описания в этом документе могут быть изменены без предварительного уведомления. Фотографии и изображения продукта предназначены только для иллюстрации и могут отличаться от реального внешнего вида продукта.

## BMA490L - Базовое описание

BMA490L - это долговечный высокоэффективный датчик ускорения с увеличенным сроком службы до десяти лет.<sup>1</sup> Это 16-битный цифровой трехосный датчик ускорения с интеллектуальной встроенной функцией прерывания, запускаемой движением, оптимизированный для промышленных приложений.

**Ключевая особенность:**

Небольшой размер упаковки	Корпус LGA (12 контактов), площадь основания 2 мм x 2 мм, высота 0,95 мм
Цифровой интерфейс	PI (4-проводный, 3-проводный), I <sup>2</sup> C, 2 контакта прерывания, Встроенный Диапазон напряжения: . От 2 В до 3,6 В
Программируемая функциональность	Диапазоны ускорения ± 2g / ± 4g / ± 8g / ± 16g Полоса пропускания фильтра нижних частот 684 Гц - <8 Гц до макс. считывание выходных данных с частотой 1,6 кГц
Встроенный FIFO	Встроенный FIFO на датчике с 1 кб
Встроенные функции прерывания	Прерывание при любом / отсутствии движения
Сверхнизкое энергопотребление	Низкое потребление тока для сбора данных и все интегрированные функции
(Вторичный) Вспомогательный интерфейс	Хаб для доп. Магнитометр и синхронизация данных
Жалоба ROHS, без галогенов	

**Типичные области применения:**

Промышленный IoT (IIoT), например, профилактическое обслуживание, мониторинг вибрации
Логистика, например, отслеживание активов
Сельскохозяйственные и промышленные роботы, например, определение ориентации, обнаружение наклона
Бытовая техника и бытовая техника, например, мониторинг вибрации, управление питанием
Электроинструменты, например, управление питанием, определение уровня устройства



<sup>1</sup> См. Заявление об отказе от ответственности за долговечность на последней странице этого документа.

## Указатель содержания

<b>BMA490L - Базовое описание</b>	<b>2</b>
<b>1. Технические характеристики</b>	<b>8</b>
1.1 Электрические характеристики	8
<b>2. Абсолютные максимальные рейтинги</b>	<b>10</b>
<b>3. Краткое руководство</b>	<b>11</b>
<b>4. Функциональное описание</b>	<b>14</b>
4.1 Блок-схема	14
4.2 Напряжение питания и управление питанием	14
4.3 Инициализация устройства	15
4.4 Режимы мощности	16
4.5 Данные датчика	17
4.5.1 Данные ускорения	17
4.5.2 Настройки фильтра	17
4.5.3 Обработка данных акселерометра для рабочего режима	18
4.5.4 Обработка данных акселерометра для режима пониженного энергопотребления	19
4.5.5 Прерывание готовности данных	19
4.5.6 Датчик температуры	19
4.5.7 Время датчика	20
4.5.8 Изменения конфигурации	20
4.6 FIFO	22
4.6.1 Рамы	22
4.6.2 Условия и детали	24
4.6.3 Синхронизация данных FIFO	26
4.6.4 Синхронизация FIFO с внешними прерываниями	28
4.6.5 Прерывания FIFO	28
4.6.6 Сброс FIFO	28
4.7 Набор интегрированных функций:	29
4.7.1 Обнаружение любого движения / отсутствия движения	29

4.8 Общая конфигурация контактов прерывания .....	32
4.9 Интерфейс дополнительного датчика .....	33
4.9.1 Структура и концепция .....	33
4.9.2 Конфигурация интерфейса .....	33
4.9.3 Режим настройки (AUX_IF_CONF.aux_manual_en = 0b1) .....	35
4.9.4 Режим данных (AUX_IF_CONF.aux_manual_en = 0) .....	37
4.9.5 Задержка (смещение времени) .....	37
4.10 Самотестирование сенсора .....	38
4.11 Компенсация смещения .....	39
4.11.1 Ручная компенсация смещения .....	39
4.11.2 Встроенная калибровка .....	39
4.12 Энергонезависимая память .....	40
4.13 Мягкий сброс .....	40
<b>5. Описание регистра .....</b>	<b>41</b>
5.1 Общие замечания .....	41
5.2 Карта регистров .....	41
5.2.1 Регистр (0x00) CHIP_ID .....	45
5.2.2 Регистр (0x02) ERR_REG .....	45
5.2.3 СОСТОЯНИЕ РЕГИСТРА (0x03) .....	46
5.2.4 Регистр (0x0A) DATA_0 .....	46
5.2.5 Регистр (0x0B) DATA_1 .....	47
5.2.6 Регистр (0x0C) DATA_2 .....	47
5.2.7 Регистр (0x0D) DATA_3 .....	47
5.2.8 Регистр (0x0E) DATA_4 .....	48
5.2.9 Регистр (0x0F) DATA_5 .....	48
5.2.10 Регистр (0x10) DATA_6 .....	48
5.2.11 Регистр (0x11) DATA_7 .....	49
5.2.12 Регистр (0x12) DATA_8 .....	49
5.2.13 Регистр (0x13) DATA_9 .....	49
5.2.14 Регистр (0x14) DATA_10 .....	50
5.2.15 Регистр (0x15) DATA_11 .....	50

5.2.16 Регистр (0x16) DATA_12 .....	50
5.2.17 Регистр (0x17) DATA_13 .....	51
5.2.18 Регистр (0x18) SENSORTIME_0 .....	51
5.2.19 Регистр (0x19) SENSORTIME_1 .....	51
5.2.20 Регистр (0x1A) SENSORTIME_2 .....	52
5.2.21 Регистр (0x1B) СОБЫТИЕ .....	52
5.2.22 Регистр (0x1C) INT_STATUS_0 .....	52
5.2.23 Регистр (0x1D) INT_STATUS_1 .....	53
5.2.24 Регистр (0x22) ТЕМПЕРАТУРА .....	53
5.2.25 Регистр (0x24) FIFO_LENGTH_0 .....	54
5.2.26 Регистр (0x25) FIFO_LENGTH_1 .....	54
5.2.27 Регистр (0x26) FIFO_DATA .....	54
5.2.28 Регистр (0x2A) INTERNAL_STATUS .....	55
5.2.29 Регистр (0x40) ACC_CONF .....	55
5.2.30 Регистр (0x41) ACC_RANGE .....	57
5.2.31 Регистр (0x44) AUX_CONF .....	57
5.2.32 Регистр (0x45) FIFO_DOWNS .....	58
5.2.33 Регистр (0x46) FIFO_WTM_0 .....	59
5.2.34 Регистр (0x47) FIFO_WTM_1 .....	59
5.2.35 Регистр (0x48) FIFO_CONFIG_0 .....	59
5.2.36 Регистр (0x49) FIFO_CONFIG_1 .....	60
5.2.37 Регистр (0x4B) AUX_DEV_ID .....	61
5.2.38 Регистр (0x4C) AUX_IF_CONF .....	61
5.2.39 Регистр (0x4D) AUX_RD_ADDR .....	62
5.2.40 Регистр (0x4E) AUX_WR_ADDR .....	62
5.2.41 Регистр (0x4F) AUX_WR_DATA .....	63
5.2.42 Регистр (0x53) INT1_IO_CTRL .....	63
5.2.43 Регистр (0x54) INT2_IO_CTRL .....	64
5.2.44 Регистр (0x55) INT_LATCH .....	65
5.2.45 Регистр (0x56) INT1_MAP .....	65
5.2.46 Регистр (0x57) INT2_MAP .....	66
5.2.47 Регистр (0x58) INT_MAP_DATA .....	66

5.2.48 Регистр (0x59) INIT_CTRL .....	67
5.2.49 Регистр (0x5E) FEATURES_IN .....	67
5.2.50 Регистр (0x5F) ВНУТРЕННЯЯ_ОШИБКА .....	69
5.2.51 Регистр (0x6A) NVM_CONF .....	69
5.2.52 Регистр (0x6B) IF_CONF .....	70
5.2.53 Регистр (0x6D) ACC_SELF_TEST .....	70
5.2.54 Регистр (0x70) NV_CONF .....	71
5.2.55 Регистр (0x71) OFFSET_0 .....	72
5.2.56 Регистр (0x72) OFFSET_1 .....	72
5.2.57 Регистр (0x73) OFFSET_2 .....	73
5.2.58 Регистр (0x7C) PWR_CONF .....	73
5.2.59 Регистр (0x7D) PWR_CTRL .....	74
5.2.60 Регистр (0x7E) CMD .....	74
<b>6. Цифровые интерфейсы .....</b>	<b>75</b>
6.1 Интерфейсы .....	75
6.2 Основной интерфейс .....	76
6.3 Выбор протокола I2C / SPI для первичного интерфейса .....	77
6.4 Интерфейс и протокол SPI .....	77
6.5 Первичный интерфейс I2C .....	81
6.6 Ограничения доступа SPI и I <sup>2</sup> C .....	85
6.7 Дополнительный интерфейс .....	85
<b>7. Распиновка и схемы подключения .....</b>	<b>86</b>
7.1 Распиновка .....	86
7.2 Схемы подключения без дополнительного интерфейса .....	87
7.3 Схемы подключения с дополнительным интерфейсом .....	88
<b>8. Упаковка .....</b>	<b>90</b>
8.1 Габаритные размеры упаковки .....	90
8.2 Ориентация оси считывания .....	91
8.3 Рекомендации по схеме посадки .....	93

8.4 Маркировка ..... 94

8.5 Рекомендации по пайке ..... 95

8.6 Инструкции по обращению ..... 96

8.7 Характеристики ленты и катушки ..... 97

8.8 Экологическая безопасность ..... 98

**9. Правовая оговорка ..... 99**

9.1 Инженерные образцы ..... 99

9.2 Использование продукта ..... 99

9.3 Примеры применения и советы ..... 99

**10. История и изменения документа ..... 100**

1. Спецификация

Если не указано иное, указанные значения относятся к диапазону срока службы, рабочей температуры и напряжения.  
Минимальные / максимальные значения ± 3 .

1.1 Электрические характеристики

Таблица 1: Технические характеристики электрических параметров

ОПЕРИФИКАЦИЯ Сусловия						
Параметр	Условное обозначение	Состояние	Мин.	Тип	Максимум	Единицы
Диапазон ускорения	граммF52g	По выбору через последовательный цифровой интерфейс		± 2		грамм
	граммF54g			± 4		грамм
	граммF58g			± 8		грамм
	граммF516g			± 16		грамм
Напряжение питания Внутренние домены	V <sub>DD</sub>		1,62	1,8	3,6	V
Напряжение питания Домен ввода-вывода	V <sub>DDIO</sub>		1.2	1,8	3,6	V
Входное напряжение Низкий уровень	V <sub>ILminIO</sub>	SPI и I <sup>2</sup> C			0,3 V <sub>DDIO</sub>	-
Входное напряжение Высокий уровень	V <sub>IH</sub>	SPI и I <sup>2</sup> C	0,7 V <sub>DDIO</sub>			-
Выходное напряжение Низкий уровень	V <sub>PP</sub>	V <sub>DDIO</sub> > 1,62 В, я <sub>PP</sub> ≤ 2 мА, SPI			0,2 V <sub>DDIO</sub>	-
		V <sub>DDIO</sub> < 1,62 В, я <sub>PP</sub> ≤ 1,5 мА, SPI V			0,2 V <sub>DDIO</sub>	-
Выходное напряжение Высокий уровень	V <sub>OY</sub>	V <sub>DDIO</sub> > 1,62 В, я <sub>OY</sub> ≤ 2 мА, SPI	0,8 V <sub>DDIO</sub>			-
		V <sub>DDIO</sub> ≤ 1,62 В, я <sub>OY</sub> ≤ 1,5 мА, SPI	0,8 V <sub>DDIO</sub>			-
Общее предложение Ток в Режим производительности	я <sub>DD</sub>	Номинальный V и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C, г <sub>FS4</sub> грамм		150		мкА
Общее предложение Ток в Режим ожидания	я <sub>DDsum</sub>	Номинальный V и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C		3.5		мкА
Общее предложение Ток в Режим пониженного энергопотребления	я <sub>DDlp1</sub>	Номинальный V <sub>DD</sub> и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C 50 Гц ODR		14		мкА
Время включения	ts <sub>up</sub>				1	PC
Энергонезависимая память (NVM) циклы записи	п <sub>NVM</sub>				15	циклы
Операционная Температура	T <sub>A</sub>		- 40		+ 85	° C



OUTPUT SIGNAL						
Параметр	Условное обозначение	Состояние	Мин.	Тип	Максимум	Единицы
Чувствительность	S <sub>2</sub> г	грамм F <sub>S2g</sub> , T <sub>A</sub> = 25		16384		Младший значащий бит / г
	S <sub>4</sub> г	° C F <sub>S4g</sub> , T <sub>A</sub> = 25 °		8192		Младший значащий бит / г
	S <sub>8</sub> г	° C F <sub>S8g</sub> , T <sub>A</sub> = 25 ° C г		4096		Младший значащий бит / г
	S <sub>16</sub> г	F <sub>S16g</sub> , T <sub>A</sub> = 25 ° C		2048		Младший значащий бит / г
Чувствительность Температурный дрейф	TCS			0,005		% / K
Разрешение (в ± 2 г диапазон)				0,06		мг
Смещение нулевого ускорения	Выключенный	Номинальный V <sub>DD</sub> и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C, F <sub>S4g</sub>		± 30		мг
Смещение нулевого ускорения Температурный дрейф	TШО			0,25		мг / K
Выходная скорость передачи данных	ODR <sub>PERF</sub>	Режим производительности	12,5		1600	Гц
Скорость вывода данных и BW в Режим производительности	ODR <sub>12,5</sub>	3 дБ частота среза акселерометр согласно ODR с нормальный режим фильтрации		5,06		Гц
	ODR <sub>25</sub>			10,12		Гц
	ODR <sub>50</sub>			20,25		Гц
	ODR <sub>100</sub>			40,5		Гц
	ODR <sub>200</sub>			80		Гц
	ODR <sub>400</sub>			162 (155 для оси Z)		Гц
	ODR <sub>800</sub>			324 (262 для Z ось)		Гц
	ODR <sub>1600</sub>			684 (353 для Z ось)		Гц
Выходная скорость передачи данных	ODR <sub>LPM</sub>	Режим пониженного энергопотребления	0,78		400	Гц
Нелинейность	NL	Номинальный V <sub>DD</sub> и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C, F <sub>S4g</sub>		0,5		% FS
Выходной шум Плотность	Плоская	Номинальный V <sub>DD</sub> и V <sub>DDIO</sub> , 25 ° C, F <sub>S4g</sub>		120		мкг / Гц
Температура датчик Измерение Диапазон	T <sub>s</sub>		- 40		+ 80	° C
Температура Наклон датчика	dT <sub>s</sub>			1		K / LSB
Температура Смещение датчика	OT <sub>s</sub>	при 23 ° C		1		K
Источник питания Коэффициент отклонения	PSRR			1		мг / 50 м V

МЕХАНИЧЕСКИЙ СХАРАКТЕРИСТИКИ						
Параметр	Условное обозначение	Состояние	Мин.	Тип	Максимум	Единицы
Поперечная ось Чувствительность	S	относительный вклад между любыми двумя из три оси		0,7		%
Ошибка выравнивания	EA	относительно пакета контур		0,5		°

2. Абсолютные максимальные рейтинги

Таблица 2: Абсолютные максимальные рейтинги

Параметр	Состояние	Мин.	Максимум	Единицы
Напряжение на выводе питания	V <sub>DD</sub> Штырь	- 0,3	4	V
	V <sub>DDIO</sub> Штырь	- 0,3	4	V
Напряжение на любом логическом выводе	Пин без поставки	- 0,3	V <sub>DDIO</sub> +0,3, <4	V
Температура пассивного хранения.	≤ 65% отн. ЧАС.	- 50	+ 150	° C
Диапазон Энергонезависимая память (NVM) Хранение данных	T = 85 ° C, после 15 циклов	10		у
Механический шок	Продолжительность ≤ 200 мкс		10 000	грамм
	Продолжительность ≤ 1,0 мс		2 000	грамм
	Свободное падение на твердые поверхности		1,8	м
ESD, на любом контакте	HBM		2	кВ
	CDM		500	V
	MM		200	V

Примечание:  
Напряжение выше этих пределов может вызвать повреждение устройства. Превышение указанных электрических пределов может повлиять на надежность устройства или вызвать неисправность.

### 3. Краткое руководство

Цель этой главы - помочь разработчикам, которые хотят начать работать с BMA490L, предоставив вам несколько очень простых практических примеров для начала работы.

#### Примечание об использовании BMA490L:

Связь между процессором приложений и BMA490L будет осуществляться через I2C или Интерфейс SPI. Дополнительные сведения об интерфейсах см. В соответствующей главе 6 «Цифровые интерфейсы».

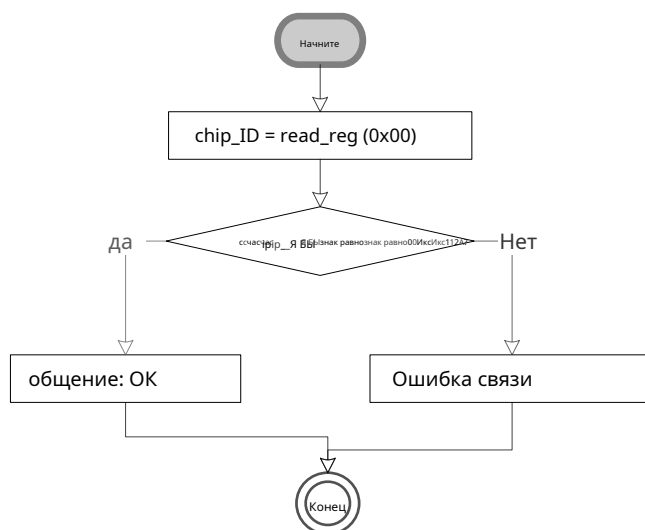
Перед запуском теста устройство должно быть правильно подключено к главному устройству (AP) и включено. Дополнительные сведения об этом см. В соответствующей главе 7 «Распиновка и схемы подключения».

#### Примеры алгоритмов настройки первого приложения:

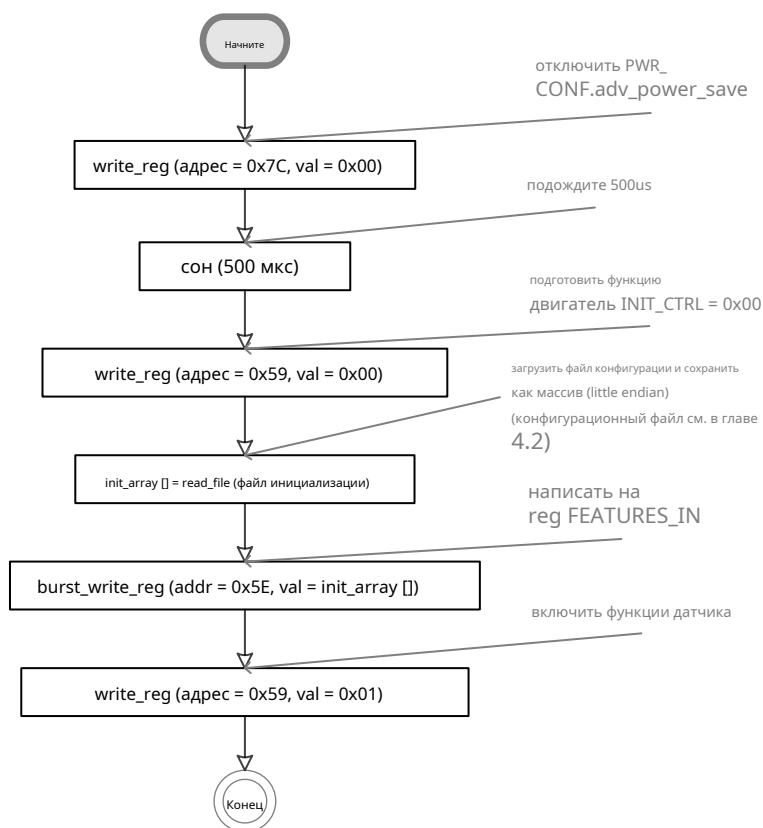
После правильного включения питания путем установки правильного напряжения на соответствующие внешние контакты BMA490L автоматически входит в последовательность сброса при включении питания (POR). Чтобы правильно использовать BMA490L, необходимо выполнить определенные действия со стороны хост-процессора. Наиболее типичные операции будут объяснены в следующих примерах применения в виде блок-схем.

#### Пример 1: Проверка связи с BMA490L и инициализация механизма функций

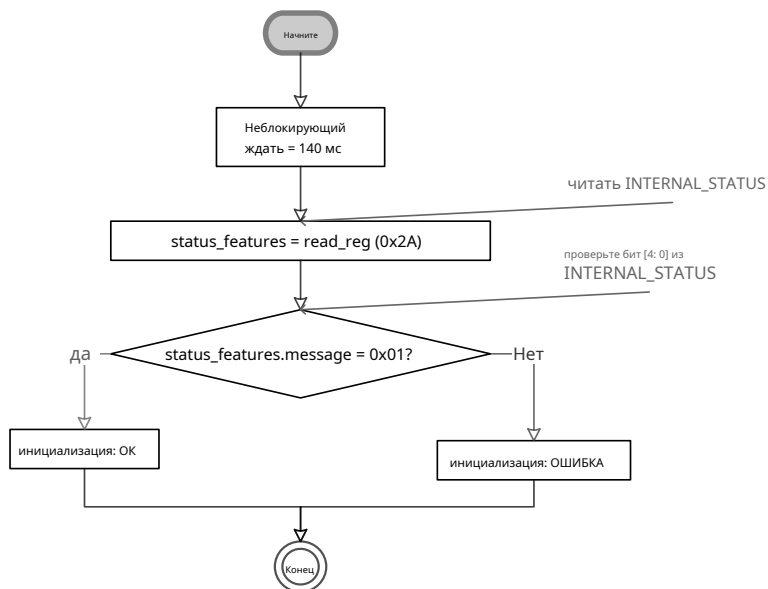
а. - чтение идентификатора чипа (проверка правильности связи)



6. - выполнение последовательности инициализации (механизм прерывания)

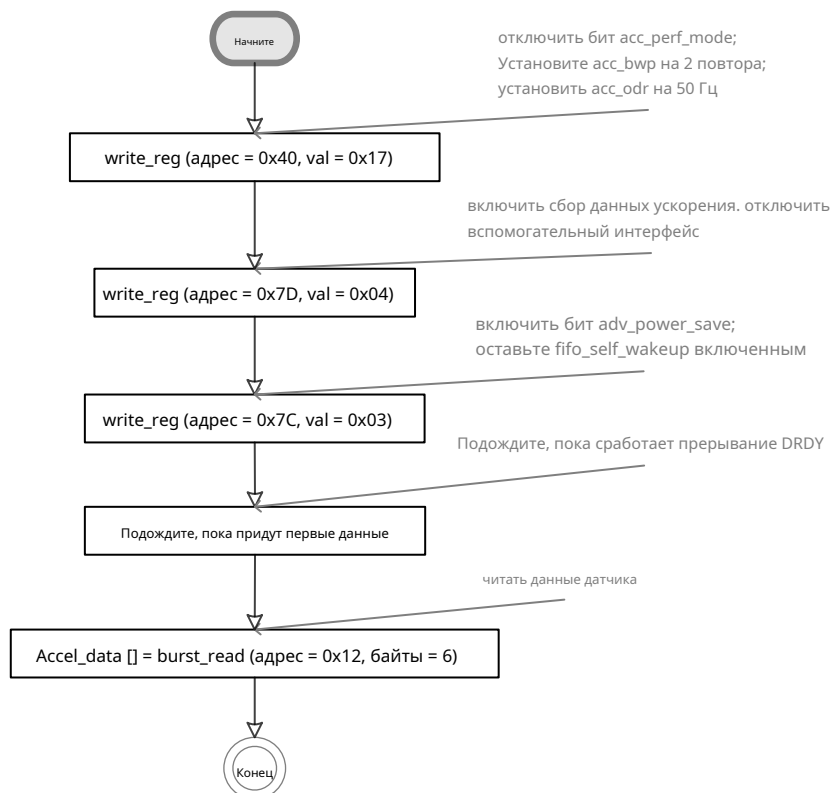


с. - проверка правильного состояния механизма прерывания



**Пример 2: Чтение данных ускорения от BMA490L (пример: режим пониженного энергопотребления)**

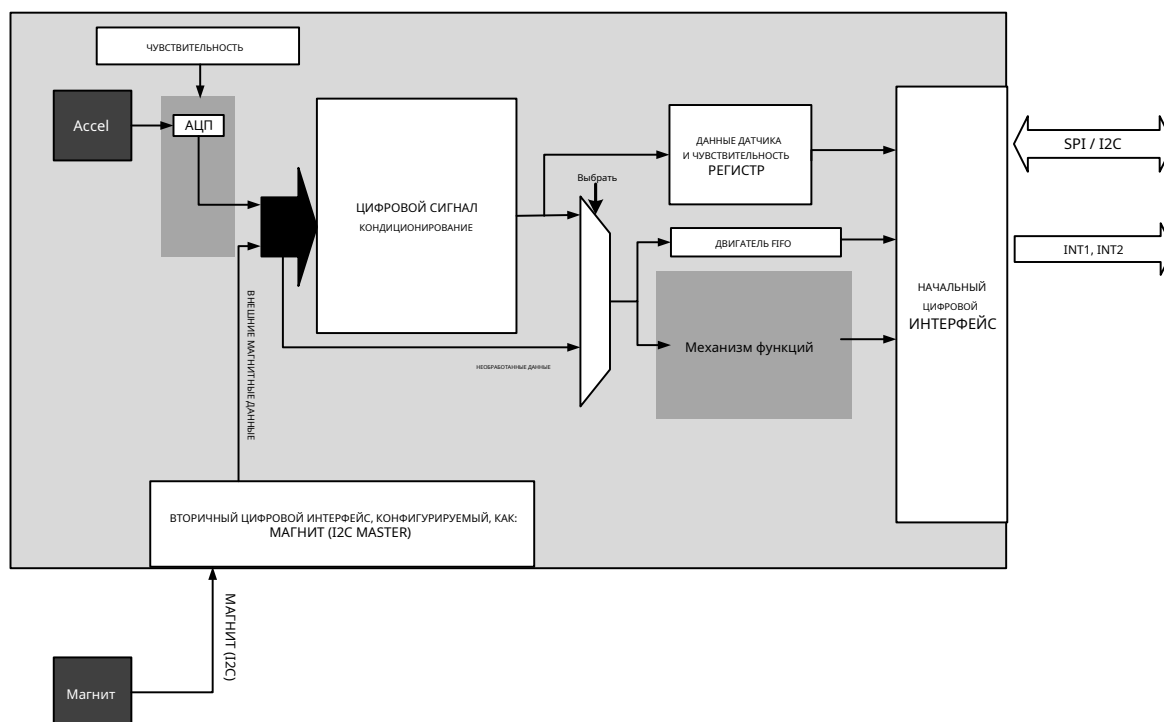
- установка параметров обработки данных (мощность, полоса пропускания, дальность) и считывание данных датчика

**Дальнейшие шаги:**

BMA490L имеет гораздо больше возможностей, которые описаны в этом документе, и включают FIFO, режимы энергосбережения, возможности синхронизации с хост-процессором, синхронизацию данных и интеграцию со сторонними датчиками, создание множества прерываний и такие функции, как любое движение / отсутствие движения.

## 4. Функциональное описание

### 4.1 Блок-схема



### 4.2 Напряжение питания и управление питанием

BMA490L имеет два разных контакта питания:

VDD - основной источник питания.

VDDIO - это отдельный вывод питания, используемый для подачи питания на интерфейс, включая вспомогательный интерфейс.

Нет никаких ограничений в отношении уровня напряжения, подаваемого на выводы VDD и VDDIO, пока он находится в соответствующем рабочем диапазоне. Кроме того, устройство можно полностью выключить ( $VDD = 0\text{ В}$ ), сохраняя питание VDDIO в пределах рабочего диапазона или наоборот. Однако, если питание VDDIO отключено, все контакты интерфейса (CSB, SDX, SCX) должны быть близки к потенциалу GNDIO. Устройство сбрасывается, когда напряжение питания, подаваемое хотя бы на один вывод питания VDD или VDDIO, падает ниже указанных минимальных значений. Никаких ограничений на минимальную скорость нарастания напряжения, подаваемого на выводы VDD и VDDIO, не существует.

### 4.3 Инициализация устройства

После включения питания акселерометр находится в режиме ожидания, устройство должно быть инициализировано с помощью следующей процедуры. Инициализация также должна выполняться после каждого POR или мягкого сброса.

Отключить расширенный режим энергосбережения: `PWR_CONF.adv_power_save = 0b0`

Ждите 450 нс. Регистр `SENSORTIME_0` увеличивается каждые 39,25 мкс и может использоваться для точного отсчета времени.

Напишите `INIT_CTRL.init_ctrl = 0x00`

Загрузить файл конфигурации

Данные инициализации пакетной записи в регистр `FEATURES_IN`. Файл конфигурации включен в драйвере, доступном на сайте Bosch Sensortec ([www.bosch-sensortec.com](http://www.bosch-sensortec.com)) или от вашей региональной службы поддержки. Необязательно, файл конфигурации может быть записан в регистр `FEATURES_IN` в нескольких последовательных пакетных доступах записи. Каждая пакетная запись должна содержать четное количество байтов.

Необязательно:

Последовательно прочтите файл конфигурации из регистра `FEATURES_IN` и проверьте правильность. Подробную информацию о времени и длине см. В API датчика.

Включить функции датчика - записать `0x01` в регистр `INIT_CTRL.init_ctrl`. Эту операцию нельзя выполнять более одного раза после POR или `softreset`.

Подождите, пока сообщение `Register INTERNAL_STATUS.message` не будет содержать значение `0b1`. Это произойдет максимум через 140-150 мсек.

После завершения последовательности инициализации устройство переходит в режим конфигурации (режим питания). Теперь можно переключиться в требуемый режим мощности, и все функции готовы к использованию, как описано в главе 4.

4.4 Режимы мощности

Состояние питания BMA490L контролируется регистрами PWR\_CONF и PWR\_CTRL. Регистр PWR\_CTRL включает и отключает акселерометр и вспомогательный датчик. Регистр PWR\_CONF контролирует, в какое состояние питания входят датчики, если они включены или отключены в регистре PWR\_CTRL. Состояние питания влияет на поведение датчика в отношении времени запуска, доступных функций и т. Д., Но не на качество данных датчика. Качество данных датчика контролируется в регистрах ACC\_CONF.

Во всех глобальных конфигурациях питания сохраняется как содержимое регистров, так и содержимое FIFO.

Режим пониженного энергопотребления: эта конфигурация мощности значительно снижает мощность устройства до минимума. В низкий власть Режим конфигурация является активирован через включение PWR\_CONF.adv\_power\_save = 0b1 а также отключение ACC\_CONF.acc\_perf\_mode = 0b0. В это В конфигурации эти видимые внешнему пользователю функции могут быть недоступны:

Для записи в регистр требуется задержка между записью не менее 450 мкс.  
Датчики регистрируют данные в FIFO в режиме производительности и низкого энергопотребления. Когда активно прерывание водяного знака FIFO, FIFO доступен для чтения в режиме низкого энергопотребления до тех пор, пока операция пакетного чтения регистра FIFO\_DATA не завершится, когда PWR\_CONF.fifo\_self\_wakeup = 0b1. Когда PWR\_CONF.fifo\_self\_wakeup = 0b0, пользователю необходимо отключить расширенный режим энергосбережения (PWR\_CONF.adv\_power\_save = 0b0) и подождать 250 мкс перед чтением FIFO.  
Чтобы считывать данные FIFO без прерывания водяного знака FIFO, необходимо отключить расширенную конфигурацию энергосбережения (PWR\_CONF.adv\_power\_save = 0b0)

Таблица 3: Примеры оптимальных конфигураций мощности:

Вариант использования	ACC_CONF. acc_perf_m ода	PWR_CONF . adv_power _спасти	PWR_CTRL. acc_en	Потребляемая мощность
Конфигурация Режим	Икс	0	Икс	
Приостановить (самый низкий режим мощности)	Икс	1	0	приостановить власть
Представление Режим	1	Икс	1	Accel работает в непрерывный режим
Режим низкого энергопотребления	0	1	1	Зависит от ACC_CONF

Регистр PWR\_CTRL используется для включения и отключения датчиков. По умолчанию все датчики отключены. Датчик ускорения должен быть включен установкой PWR\_CTRL.acc\_en = 0b1.  
Функциональность вспомогательного датчика поддерживается только в том случае, если вспомогательный интерфейс подключен для работы вспомогательного сенсора. Если дополнительный интерфейс не используется для работы дополнительного датчика, то интерфейс дополнительного датчика должен оставаться отключенным, установив PWR\_CTRL.aux\_en = 0b0 (по умолчанию).

Чтобы изменить режим питания дополнительного датчика, необходимо изменить режим питания дополнительного интерфейса и части дополнительного датчика, например, чтобы установить дополнительный датчик в режим ожидания:  
Установите интерфейс вспомогательного датчика на приостановку в регистре PWR\_CTRL.aux\_en = 0b0. Изменение режима питания интерфейса дополнительного датчика на приостановку не влечет за собой изменение режима дополнительного датчика.  
Сама вспомогательная сенсорная часть должна быть переведена в режим ожидания путем записи соответствующих битов конфигурации вспомогательной сенсорной части. Режим питания вспомогательной части датчика



управляется установкой интерфейса дополнительного датчика BMA490L в ручной режим с помощью `AUX_IF_CONF.aux_manual_en = 0b1`, а затем связывается с частью вспомогательного датчика через регистры `AUX_RD_ADDR`, `AUX_WR_ADDR` и `AUX_WR_DATA` BMA490L. Подробности см. в главе 4.9.

Таблица 4: Потребление тока в режиме низкого энергопотребления

Потребляемый ток <sup>2</sup> [мкА] в зависимости от количества усредненных отсчетов при малой мощности								
ODR	Режим							
	Нет Ср.	В среднем 2	В среднем 4	В среднем 8	Ср. 16	Ср. 32	Ср. 64	В среднем 128
ODR 0,78	3	3	3	4	4	5	7	12
ODR_1.56	3	3	3	4	4	6	10	15
ODR_3.125	4	4	4	6	8	12	21 год	39
ODR_6.25	4	5	6	8	13	22	40	77
ODR_12.5	6	7	9	14	23	40	77	152
ODR_25	8	11	14	24	43 год	79	152	152
ODR_50	14	18	27	45	83	152	152	152
ODR_100	22	32	51	87	152	152	152	152
ODR_200	42	60	97	152	152	152	152	152
ODR_400	80	118	152	152	152	152	152	152

## 4.5 Данные датчика

### 4.5.1 Данные ускорения

Ширина данных ускорения составляет 16 бит, представленных в дополнительном до двух регистрах в регистрах `DATA_8` - `DATA_13`. 16 бит для каждой оси разделены на верхнюю часть MSB и нижнюю часть LSB. Чтение регистров данных ускорения всегда должно начинаться с младшего разряда. Чтобы гарантировать целостность данных ускорения, содержимое регистра MSB блокируется путем чтения соответствующего регистра LSB (процедура теневого копирования).

### 4.5.2 Настройки фильтра

Цифровой фильтр акселерометра можно настроить через регистр `ACC_CONF`.

Примечание:

Неверные настройки в регистрах конфигурации приведут к появлению кода ошибки в регистре `ERR_REG`. Содержимое регистра данных не определено, и если используется FIFO, он может не содержать значения.

<sup>2</sup> Потребление тока основано на ограниченных лабораторных измерениях. Только для справки.

4.5.3 Обработка данных акселерометра для режима производительности

Режим производительности включен с ACC\_CONF. acc\_perf\_mode = 0b1. В этом режиме мощности данные акселерометра дискретизируются в эквидистантные моменты времени, определяемые параметром скорости выходных данных акселерометра ACC\_CONF. acc\_odr. Скорость выходных данных можно настроить в одной из восьми различных допустимых конфигураций ODR в диапазоне от 12,5 Гц до 1600 Гц.

Полоса пропускания фильтра показывает частоту среза 3 дБ, показанную в следующей таблице:

Таблица 5: Частота среза акселерометра 3 дБ согласно ODR с нормальным режимом фильтрации

Акселерометр ODR [Гц]	12,5	25	50	100	200	400	800	1600
3 дБ частота среза [Гц]	5.06	10,12	20,25	40,5	80	162 (155 для Ось Z)	324 (262 для Ось Z)	684 (353 для Ось Z)

Шум также зависит от настроек фильтра и ODR, см. Таблицу ниже.

Таблица 6: Шум акселерометра в мг согласно ODR с нормальным режимом фильтрации (диапазон +/- 4g)  
(на основе измерений устройства)

ODR в Гц	25	50	100	200	400
Среднеквадратичный шум (тип.) [Мг]	0,5	0,7	0,9	1.3	1,7

4.5.4 Обработка данных акселерометра для режима пониженного энергопотребления

Низкий власть Режим жестяная банка **быть** включено к PWR\_CONF.adv\_power\_save = 0b1 а также ACC\_CONF.acc\_perf\_mode = 0b0. В этом режиме мощности акселерометр регулярно переключается между фазой режима ожидания, когда измерения не выполняются, и фазой режима высокой мощности, где собираются данные. Период рабочего цикла для переключения между режимом ожидания и режимом производительности будет определяться скоростью выходных данных (ACC\_CONF.acc\_odr). Скорость выходных данных можно настроить в одной из 10 различных допустимых конфигураций ODR в диапазоне от 0,78 Гц до 400 Гц. Выборки, полученные во время фазы нормального режима, будут усреднены, и результатом будут выходные данные. Количество усредненных выборок можно определить параметром ACC\_CONF.acc\_bwp по следующей формуле:

усредненные выборки = 2(Вал (acc\_bwp))  
пропущенные сэмплы = (1600 / ODR) -средненные сэмплы

Большее количество усредненных отсчетов приведет к более низкому уровню шума сигнала, но, поскольку фаза рабочего режима мощности увеличивается, потребление энергии также возрастает.

4.5.5 Прерывание готовности данных

Это прерывание срабатывает всякий раз, когда завершается набор новой выборки данных от акселерометра или вспомогательного датчика. Это позволяет считывать данные с малой задержкой. В 2-тактном режиме прерывание и флаг в регистре INT\_STATUS\_1 сбрасываются автоматически после 1 / (3200 Гц). Если это автоматическое удаление нежелательно, может использоваться фиксированный режим. Чтобы включить / использовать прерывание по готовности данных, отобразите его на желаемый вывод прерывания через INT\_MAP\_DATA.

4.5.6 Датчик температуры

Датчик температуры имеет 8 бит. Значение температуры определяется в регистре ТЕМПЕРАТУРА и обновляется каждые 1,28 с.

Таблица 7: Датчик температуры всегда включен, когда датчик акселерометра активен.

Ценить	Температура
0x7F	150 ° C
...	...
0x00	23 ° C
...	...
0x81	- 104 ° C
0x80	Неверный

Если достоверная информация о температуре недоступна (т. Е. Последнее измерение до указанного выше времени), температура указывает недопустимое значение: 0x80.

### 4.5.7 Время датчика

BMA490L поддерживает концепцию сенсорного времени. Его основной элемент - это автономный счетчик шириной 24 бита. Он увеличивается с разрешением 39,0625 мкс. Пользователь может получить доступ к текущему состоянию счетчика, прочитав регистры от SENSORTIME\_0 до SENSORTIME\_2.

Все события датчиков, например обновления регистров данных, синхронизируются с этим регистром времени датчика, как определено в таблице ниже. При каждом обновлении регистра данных или FIFO бит *m* в регистрах от SENSORTIME\_0 до SENSORTIME\_2 переключается, где *m* зависит от скорости выходных данных для регистра данных, скорости выходных данных и частоты понижающей дискретизации FIFO для FIFO. В таблице ниже показаны какой бит переключает скорость обновления регистра данных и FIFO

Таблица 8: Бит *m* в sensor\_time с Resolutiv [сек]

Бит <i>m</i> в sensor_time	23	22	21 год	20	19	18	17	16
Разрешение [с]	327,68	163,84	81,92	40,96	20,48	10,24	5,12	2,56
Частота обновления [Гц]	0,0031	0,0061	0,012	0,024	0,049	0,10	0,20	0,39

Таблица 9: Бит *m* в sensor\_time с разрешением в [мс]

Немного <i>m</i> в sensor_time	15	14	13	12	11	10	9	8
Разрешение [мс]	1280	640	320	160	80	40	20	10
Частота обновления [Гц]	0,78	1,56	3,125	6,25	12,5	25	50	100

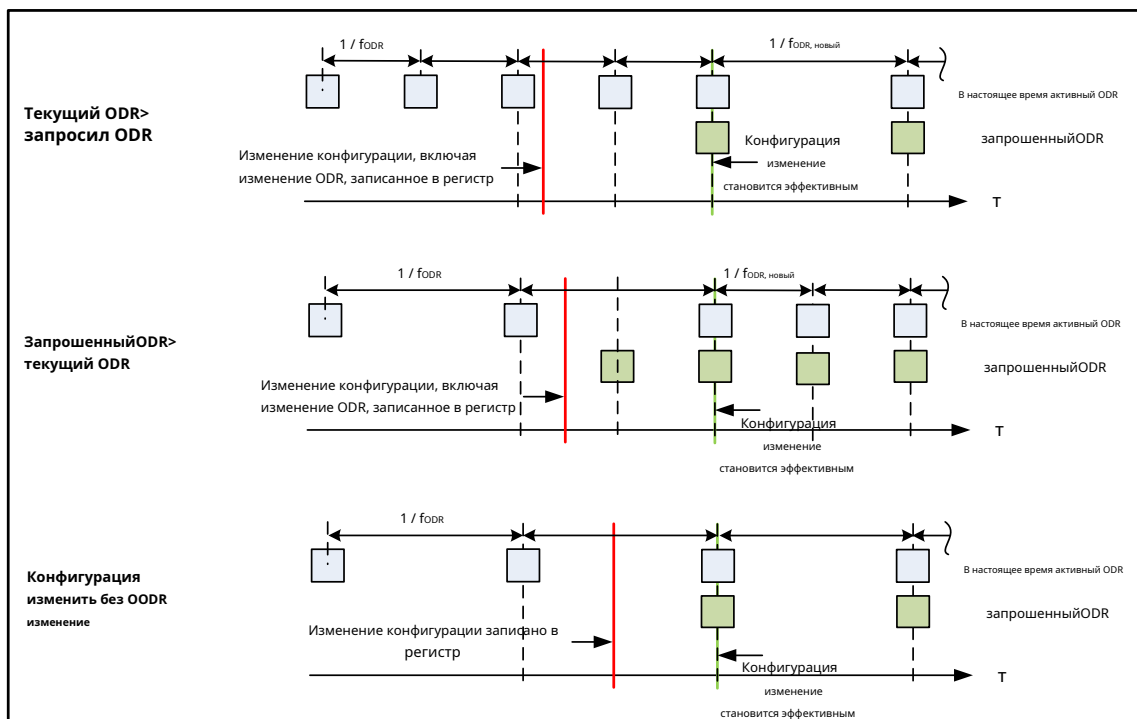
Немного <i>m</i> в sensor_time	7	6	5	4	3	2	1	0
Разрешение [мс]	5	2,5	1,250	0,625	0,3125	0,156	0,078	0,039
Частота обновления [Гц]	200	400	800	1600	3200			

Sensortime синхронизируется со сбором данных в регистре данных и FIFO. Между выборкой данных и захватом данных существует задержка, которая зависит от настроек в регистре ACC\_CONF. Sensortime поддерживает подсчет образцов в несколько секунд и разрешение менее микросекунды, подробности см. В Регистре SENSORTIME\_0.

Пакетное чтение регистров от SENSORTIME\_0 до SENSORTIME\_2 обеспечивает всегда согласованные значения, т. Е. Значение регистра не изменяется во время пакетного чтения.

### 4.5.8 Изменения конфигурации

Если настройки конфигурации акселерометра в регистрах ACC\_CONF, ACC\_RANGE или AUX\_CONF изменяются при включении акселерометра (PWR\_CTRL.acc\_en = 0b1) или вспомогательного датчика (PWR\_CTRL.aux\_en = 0b1), изменения конфигурации не применяются немедленно. Изменения конфигурации вступают в силу, если событие выборки для текущего активного ODR совпадает с событием выборки для вновь запрошенного ODR в сетке выборки времени датчика. В случае, когда текущий активный ODR равен вновь запрошенному ODR, изменения конфигурации вступают в силу при следующем событии выборки. См. Также следующий рисунок.



Из-за установки фильтра некоторые недопустимые выборки могут быть дополнительно подавлены после изменения конфигурации.

## 4.6 ФИФО

Устройство поддерживает следующие режимы работы FIFO:

Потоковый режим: перезапись самых старых данных при заполнении FIFO

Режим FIFO: отбрасывает новейшие данные о полном состоянии FIFO

Глубина FIFO составляет 1024 байта и поддерживает следующие прерывания:

Полное прерывание FIFO

Прерывание водяного знака FIFO

FIFO включен с помощью FIFO\_CONFIG\_1.fifo\_acc\_en = 0b1 (чтобы включить FIFO для данных акселерометра, 0b0 = отключено) или установить FIFO\_CONFIG\_1.fifo\_aux\_en = 0b1 (чтобы включить FIFO для вспомогательного интерфейса (магнитометр), 0b0 = отключено).

### 4.6.1 Рамки

FIFO захватывает данные в кадрах, которые состоят из заголовка и полезной нагрузки. FIFO можно настроить так, чтобы пропускать заголовок (режим без заголовка), и в этом случае сохраняется только полезная нагрузка.

В режиме заголовка (стандартная конфигурация) каждый обычный кадр состоит из однобайтового заголовка, описывающего свойства кадра (какие датчики включены в этот кадр) и самих данных.

Кроме штатных рамок есть контрольные.

В режиме без заголовка FIFO содержит только выборочные данные.

Режим заголовка

Заголовок имеет длину 8 бит и следующий формат:

Немного	7	6	5	4	3	2	1	0
Содержание	fh_mode <1: 0>		fh_parm <3: 0>				fh_ext <1: 0>	

Эти fh\_mode а также fh\_parm а также fh\_ext поля определены ниже

fh_mode <1: 0>	Определение	fh_parm <3: 0>	fh_ext <1: 0>
0b10	Обычный	Включенные датчики	Ter INT2 и INT1
0b01	Контроль	Код операции управления	
0b00 и 0b11	Зарезервированный	Na	

fh\_parm = 0b0000 недопустимо для обычного режима, заголовок 0x80 указывает на неинициализированный кадр.

В обычном фрейме fh\_parm frame определяет, какие датчики включены в часть фрейма данных.

Формат

Имя	fh_parm <3: 0>			
Немного	3	2	1	0
Содержание	Зарезервированный	FIFO_aux_data	Зарезервированный	FIFO_acc_data

Когда FIFO\_<sensor x>\_data равно 0b1 (0b0), данные для датчика x включаются (не включаются) в часть данных кадра.

Поле fh\_ext <1: 0> используется для внешней маркировки.

Формат данных для кадров данных идентичен формату, определенному для регистра (0x0A) DATA\_0 в регистр (0x17) DATA\_13. В FIFO будут записаны только кадры, содержащие данные хотя бы одного датчика. Например, fh\_parm = 0b0101 данные в кадре показаны ниже. Если длина пакета чтения меньше 8 байт, количество данных вспомогательного датчика в кадре сокращается до пакета длина.

данные [X]	Акроним	
X = 0	AUX_0	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 1	AUX_1	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +1 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 2	AUX_2	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +2 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 3	AUX_3	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +3 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 4	AUX_4	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +4 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 5	AUX_5	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +5 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 6	AUX_6	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +6 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 7	AUX_7	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR) +7 во вспомогательном датчике зарегистрировать карту
X = 8	ACC_X <7: 0> (младший бит)	
X = 9	ACC_X <15: 8> (старший бит)	
X = 10	ACC_Y <7: 0> (младший бит)	
X = 11	ACC_Y <15: 8> (MSB)	
X = 12	ACC_Z <7: 0> (младший бит)	
X = 13	ACC_Z <15: 8> (MSB)	

#### Режим без заголовка

Когда скорости передачи данных всех задействованных сенсорных элементов идентичны, заголовок FIFO может быть отключен в FIFO\_CONFIG\_1.fifo\_header\_en.

В режиме без заголовка поддерживаются только обычные кадры. Чтобы можно было отличать кадры друг от друга, все кадры должны иметь одинаковый размер. По этой причине любое изменение в конфигурации, которое влияет на размер кадра или порядок данных в кадре, вызовет мгновенный сброс FIFO, перезапустив захват данных с новыми настройками.

Если интерфейс дополнительного датчика включен, количество байтов дополнительного датчика в кадре FIFO всегда равно AUX\_IF\_CONF.aux\_rd\_burst bytes (см. Главу 4.8). Если длина пакета меньше 8, BMA490L дополнит значения, считанные со вспомогательного датчика. Например, если AUX\_IF\_CONF.aux\_rd\_burst = 0b01 (2 байта), кадр с данными вспомогательного датчика и акселерометра будет выглядеть как

ДАННЫЕ [X]	Акроним	
X = 0	AUX_0	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR.read_addr) во вспомогательном карта регистров датчика
X = 1	AUX_1	копия регистра Val (AUX_RD_ADDR.read_addr) во вспомогательном карта регистров датчика
X = 2	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 3	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 4	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 5	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 6	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 7	Байт заполнения	Неопределенное значение
X = 8	ACC_X <7: 0> (младший бит)	
X = 9	ACC_X <15: 8> (старший бит)	
X = 10	ACC_Y <7: 0> (младший бит)	
X = 11	ACC_Y <15: 8> (MSB)	
X = 12	ACC_Z <7: 0> (младший бит)	
X = 13	ACC_Z <15: 8> (MSB)	

## 4.6.2 Условия и детали

### Частота кадров

Частота выборки кадров FIFO определяется максимальной скоростью вывода данных датчиков, включенных для выборки FIFO. Конфигурация выборки FIFO устанавливается в регистре FIFO\_CONFIG\_0 на FIFO\_CONFIG\_1. Можно выбрать отфильтрованные или предварительно отфильтрованные данные в качестве входных данных в FIFO. Если нефильтрованные данные выбраны в регистре FIFO\_DOWNS.acc\_fifo\_filt\_data для акселерометра, частота дискретизации составляет 1600 Гц. Скорость входных данных в FIFO можно уменьшить, выбрав коэффициент понижающей дискретизации 2.k в регистре FIFO\_DOWNS.acc\_fifo\_downs, где k = [0,1..7].

### FIFO переполнение

В случае переполнения FIFO может либо остановить запись данных, либо перезаписать самые старые данные. Поведение контролируется регистром FIFO\_CONFIG\_0.fifo\_stop\_on\_full. Когда FIFO\_CONFIG\_0.fifo\_stop\_on\_full = 0b0, логика FIFO может удалять самые старые кадры. Если включен режим заголовка, пропущенный кадр добавляется перед следующим считыванием FIFO, когда свободное пространство FIFO становится меньше кадра максимального размера. Если FIFO\_CONFIG\_0.fifo\_stop\_on\_full = 0b1, самый новый кадр может быть отброшен, если свободное пространство FIFO падает ниже максимального размера кадра. Если включен режим заголовка, при следующем считывании FIFO (т.е. **нет** положение, в котором кадр (ы) был отброшен). Во время операции чтения FIFO хоста никакие данные в хвосте FIFO не могут быть отброшены. Если хост читает FIFO медленнее, чем он заполняется, может случиться так, что датчику потребуется сбросить новые данные, даже если FIFO\_CONFIG\_0.fifo\_stop\_on\_full = 0b0. Эти события заносятся в Реестр. ERR\_REG.fifo\_err.



### Контрольные кадры

Контрольные кадры поддерживаются только в режиме заголовка. Есть несколько контрольных фреймов, определенных через *fh\_parm* поле. Они показаны ниже.

Пропущенный кадр указывает количество пропущенных кадров после того, как произошло переполнение FIFO, кадр sensortime содержит время датчика, когда считывается последний выбранный кадр, сохраненный в FIFO, кадры конфигурации ввода FIFO указывают на изменение конфигурации датчика, которое влияет на данные датчика.

Уровень заполнения FIFO содержится в регистрах FIFO\_LENGTH\_1.fifo\_byte\_counter\_13\_8 и FIFO\_LENGTH\_0.fifo\_byte\_counter\_7\_0 и включает в себя кадры управления, за исключением датчик времени.

fh_mode <3: 0>	Определение
0x0	Пропустить кадр
0x1	Sensortime Frame
0x2	Кадр Fifo_Input_Config
0x3	Зарезервированный
0x4	Образец выпадающего кадра
0x5 - 0x7	Зарезервированный

#### Пропустить кадр (fh\_parm = 0x0):

В случае переполнения FIFO, skip\_frame добавляется к содержимому FIFO при чтении в следующий раз. Данные для кадра состоят из одного байта и содержат количество пропущенных кадров. Когда было пропущено более 0xFF кадров, возвращается 0xFF. Пропуск кадра всегда ожидается как первый кадр в пакете чтения FIFO.

#### Sensortime Frame (fh\_parm = 0x1):

Данные для временного кадра датчика состоят из содержимого регистров от SENSORTIME\_0 до SENSORTIME\_2, когда был прочитан последний байт последнего кадра выборки. Сенсорный временной кадр всегда считается последним кадром в FIFO. Временной кадр датчика отправляется только в том случае, если FIFO становится пустым во время пакетного чтения. Временной кадр сенсора не потребляет память в FIFO. Фреймы Sensortime включаются (выключаются) установкой FIFO\_CONFIG\_0.fifo\_time\_en в 0b1 (0b0).

#### Кадр Fifo\_Input\_Config (fh\_parm = 0x2):

Каждый раз, когда конфигурация фильтра источников входных данных FIFO изменяется, фрейм входной конфигурации FIFO вставляется в FIFO до того, как изменение конфигурации станет активным. Например, когда полоса пропускания фильтра акселерометра изменяется в регистре ACC\_CONF, входной кадр конфигурации FIFO вставляется перед первым кадром с данными акселерометра с новой конфигурацией полосы пропускания. Конфигурация входа FIFO кадр содержит один байт данных в формате

Немного	7	6	5	4	3	2	1	0
Содержание	зарезервированный		aux_ if_ch	aux_ conf_ch	зарезервировано	зарезервировано	acc_ range_c час	acc_ conf_ch

aux\_if\_ch: Запись в регистр AUX\_IF\_CONF, AUX\_RD\_ADDR или AUX\_WR\_ADDR становится активной.

aux\_conf\_ch: запись в регистр AUX\_CONF становится активной.

acc\_range\_ch: запись в регистр ACC\_RANGE становится активной.

acc\_conf\_ch: запись в регистр ACC\_CONF или acc\_FIFO\_filt\_data или acc\_FIFO\_downsampling в Регистр FIFO\_DOWNS становится активным.