

# ИНЕРЦИАЛЬНЫЕ МЭМС-ДАТЧИКИ И МОДУЛИ ЕВРОПЕЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ОБЗОР НОВИНК

А.Бекмачев, к.т.н., ЗАО "Радиант-Элком", sensor@ranet.ru

Обзор посвящен новым акселерометрам, гироскопам и инерциальным измерительным модулям, которые применяются для стабилизации и управления подвижными объектами, в пилотажном и навигационном оборудовании.

## ПРОДУКЦИЯ SILICON SENSING SYSTEMS, ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Компания Silicon Sensing совсем недавно праздновала 100-летнюю годовщину выпуска своего первого электромеханического гироскопа, сконструированного Элмером Сперри. За прошедший век предприятие сохранило и упрочило свое положение среди ведущих производителей и поставщиков компонентов для систем навигации и управления движением. В новое тысячелетие компания вошла, обладая современными полупроводниковыми технологиями и солидным набором инерциальных датчиков и модулей на базе микроэлектромеханических систем (МЭМС).

Среди продукции Silicon Sensing необходимо особо отметить линейку массовых недорогих миниатюрных гироскопов PinPoint CRM, выполненных на основе пьезокерамического вибрирующего кольца. Сборка из чувствительного элемента и блока обработки сигнала размещена в герметичном металлокерамическом корпусе для обеспечения вибрационной и ударной стойкости. Наличие цифрового (SPI) и аналогового интерфейсов, широкая полоса пропускания, низкие собственные шумы, возможность измерять угловые скорости до 1200–2700 °/с расширяют область применения гироскопов: от управления электросамокатами Segway до простейшего пилотажного оборудования. Существенным преимуществом серии CRM является наличие нескольких типов корпусов с различным расположением чувствительного элемента: в плоскости микросхемы, перпендикулярно и с наклоном 20°, что позволяет потребителю устанавливать эти микросхемы без применения дополнительных адаптеров, но с одним из трех углов чувствительного элемента

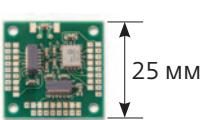
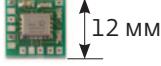
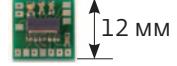


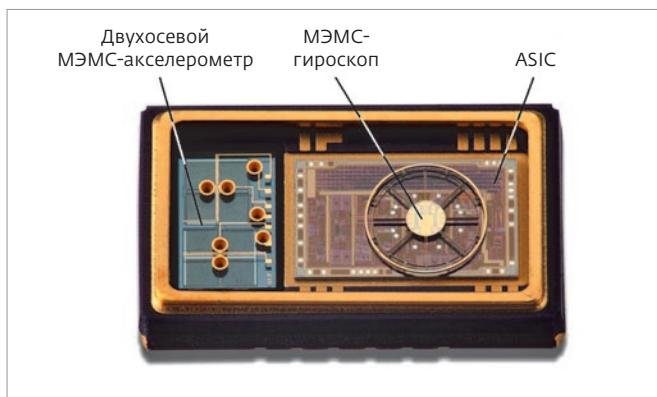
относительно плоскости печатной платы. Семейство гироскопов PinPoint (табл.1) в настоящее время включает модели CRM100, CRM200 и CRM120, а также их вибростойкие версии CRM102 и CRM202.

Для ускорения ОКР и интеграции гироскопов в новые изделия Silicon Sensing выпускает макетные платы 400046-0100, 400046-0200, 400046-0300 с заранее установленными гироскопами, электронными компонентами, перемычками для формирования различных режимов работы и готовыми контактными площадками для подключения к внешним интерфейсам. Очень часто потребители используют такие платы в качестве OEM-компонентов для встраивания в собственные изделия.

Стремясь к лидерству на рынке инерциальных датчиков и систем, компания Silicon Sensing не могла оставить без внимания компоненты для измерения параметров линейного движения. Итогом целенаправленной научной разработки и совершенствования собственной технологии МЭМС-компонентов стал выпуск семейства 2-компонентных сборок прецизионных акселерометров емкостного типа Gemini CAS200 (табл.2) в компактных металлокерамических корпусах. Чувствительный элемент изготовлен по технологии кремний-настекле, структура из кристаллического кремния расположена в полости между двух стеклянных пластин. Блок из двух ортогональных акселерометров вместе со специализированным управляющим контроллером помещен в наполненный азотом частично вакуумированный металлокерамический корпус размером 10,4×6,0×2,2 мм, поскольку такая конструкция лучше противостоит конденсации влаги в корпусе в сравнении с пластиковыми корпусами, применяемыми другими производителями

**Таблица 1.** Основные характеристики гироскопов PinPoint и макетных плат

	PinPoint CRM100, CRM102	PinPoint CRM200, CRM202
Наименование		
Тип корпуса	LCC17 5,7×4,8×1,2 мм	LCC18 6,3×5,5×2,7 мм
Способ подключения		Пайка
Дрейф нуля (систематическая ошибка), °/ч		24–40; 80
Диапазон измерений	SPI, °/с	±75; ±150; ±300; ±900; ±1200; ±2700
	аналоговый, °/с	±75; ±150; ±300; ±900; ±1200; ±2700
Дрейф нуля в температурном диапазоне	SPI, °/с	±3
	аналоговый, °/с	±3
Случайный угловой уход, °/√ч		0,28
Чувствительность (масштабный коэффициент)	SPI, LSB/°/с	96; 48; 24; 8
	аналоговый, мВ/°/с	[0,012; 0,006; 0,003; 0,001]×Vdd/3 В/°/с
Температурное смещение чувствительности	SPI, %	±1–3; 36
	аналоговый, %	±1–3; 36
Нелинейность чувствительности	SPI, %	0,16–0,2
	аналоговый, %	0,06–0,2
Собственный шум (СКЗ), SPI, °/с		0,018–0,025
Полоса пропускания, Гц		5–160
Диапазон рабочих температур, °С		−40–105; −20–85
Стойкость к ударам, г		500 (1 мс) / 10 000 (0,1 мс)
Стойкость к вибрации (СКЗ), г		12 (в полосе 10–5000 Гц)
Время включения, с		0,25–1
Напряжение питания, В		2,7–3,6
Потребляемый ток, мА		5
Масса, г		0,1
Макетные платы		
400046-0300 (CRM100 и 2xCRM200)	400046-0100 (CRM100)	400046-0200 (CRM200)
		
25 мм	12 мм	12 мм



**Рис.1.** Расположение датчиков в гибридной сборке CMS300

Линейка акселерометров в настоящее время состоит из 5 моделей (от CAS211 до CAS215), перекрывающих диапазон измерений от 0,85 до 96 г. По аналогии с апробированным на миниатюрных гироскопах семейства CRM техническим решением, для каждой из базовых моделей предусмотрена комплементарная пара с ортогональным расположением блока чувствительных элементов (от CAS291 до CAS295). Этот набор компонентов позволяет не только создавать компактные измерительно-управляющие системы на плате, но и обеспечивать горячее резервирование или взаимную коррекцию показаний. Едва появившись на рынке, акселерометры CAS200 уже успешно конкурируют с продукцией других производителей благодаря высоким линейности и стабильности, незначительным собственным шумам, широкой полосе пропускания, наличию аналогового и цифрового выхода, встроенному термодатчику, расширенному диапазону рабочих температур, малой потребляемой мощности и низкой удельной стоимости.

Следуя концепции поддержки пользовательских разработок, производитель для каждой из моделей семейства предлагает макетную плату CAS2xx-02-0300 размером 24×36 мм с краевым многоkontakteным разъемом для подключения к аппаратуре управления и сбора данных. Цена платы с компонентами весьма незначительно превышает цену самого датчика, что оказывается приятным сюрпризом для разработчика.

Логичным развитием освоенных технологий явились создание фирмой семейства комбинированных датчиков (инерциальных измерительных модулей) Orion CMS300/CMS390 (табл.3). Удачно сочетая собственные проверенные ранее технические решения, производитель разместил в металлокерамическом корпусе размером 10,4×6,0×2,2 мм гироскоп с осью

чувствительности Z и два акселерометра с осями чувствительности X и Y. В итоге получился функционально законченный гибридный блок, способный выполнять функции системы курсовой устойчивости для наземного транспорта. Логичным продолжением этой концепции стал парный модуль с ортогональным расположением аналогичного блока датчиков. Применение такой пары позволяет создавать весьма недорогие многоосевые системы управления движением с горячим резервированием внутри блока. Компоновка чувствительных элементов в корпусе CMS300 показана на рис.1.

Основные отличительные особенности комбинированных датчиков семейства Orion: только цифровой выход, высокая точность и стабильность, широкая полоса пропускания, высокая стойкость к воздействию ударов и вибраций, расширенный диапазон рабочих температур, возможность индивидуально конфигурировать диапазон измерений и полосу пропускания для каждого канала гироскопа и акселерометра, малая потребляемая мощность, низкая удельная стоимость.

Отладочные платы CMS300-02-0302 и CMS390-02-0302 имеют уже привычный размер 24×36 мм, не требуют аппаратного конфигурирования и позволяют производить программную настройку режимов работы по встроенному интерфейсу SPI.

Отличительной особенностью команды Silicon Sensing является поддержание обратной связи с клиентами, это позволяет оперативно решать возникающие у потребителей технические проблемы, а сама компания приобретает глубокое понимание потребностей рынка, что позволяет концентрировать усилия на прорывных направлениях. В настоящий момент наиболее ожидаемое событие – анонс коммерческих изделий на основе самого современного чувствительного элемента индукционного типа SGH03 с увеличенной добротностью – поколение VSG3<sup>QMAX</sup>. Предполагается, что гироскоп CRS39-03 (рис.2) с SGH03 "на борту" сможет обеспечить дрейф нуля не более 0,08–0,1°/ч, уже позволяющий реализовать функцию указания на северный полюс; показатель случайного ухода не более 0,0083–0,015°/√ч (дисперсия Аллана) и собственный шум в состоянии покоя не более 0,01 /с, что вполне сопоставимо с характеристиками волоконно-оптического гироскопа. Диапазон измеряемых угловых скоростей ±25°/с. Конструкция разработана с учетом возможности установки блока в цилиндрические приборные отсеки внутренним диаметром 25 мм.

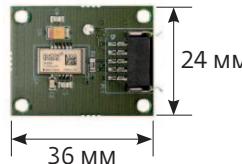
По габаритам, интерфейсу и прочим функциональным характеристикам CRS39-03 полностью

соответствует своему предшественнику – гироскопу CRS39-01, уже применяемому в геофизическом оборудовании и путеизмерительной аппаратуре на железнодорожном транспорте.

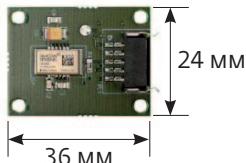
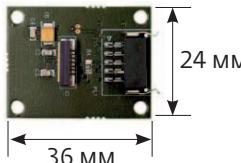
Еще одно событие, запланированное на 2014 год – начало серийного выпуска нового семейства 6-компонентных инерциальных измерительных модулей DMU10 (рис.3), которые призваны заместить

"долгожителя" DMU02. В новом модуле применено 3 комбинированных датчика семейства Orion, 3 оси гироскопа имеют диапазон измерения по  $\pm 300^\circ/\text{с}$ , 3 оси акселерометра обеспечивают измерения в диапазоне  $\pm 10 \text{ g}$ , дополнительно в модуле установлено 2 независимых датчика температуры. Впервые в изделиях Silicon Sensing обмен данными организован по интерфейсу RS422. Благодаря новой

**Таблица 2.** Основные характеристики 2-осевых акселерометров семейства Gemini CAS200 и отладочных средств для них

		Gemini CAS200 (CAS211/291, 212/292, 213/293, 214/294, 215/295)
Наименование		
Тип корпуса		LCC14 10,4×6,0×2,2 мм
Способ подключения		Пайка
Интерфейс		Аналоговый; SPI
Диапазон измерений, г		$\pm 0,85$ ; $\pm 2,5$ ; $\pm 10$ ; $\pm 30$ ; $\pm 96$
Дрейф нуля в температурном диапазоне, мг		$\pm 50$ ; $\pm 50$ ; $\pm 50$ ; $\pm 150$ ; $\pm 500$
Чувствительность (масштабный коэффициент)	LSB/g	33 500; 11 000; 2 800; 1 050; 300
	mV/g	1 150; 375; 96; 36; 10
Температурное смещение чувствительности, %		1,2
Нелинейность чувствительности (от полной шкалы), %		0,5; 0,5; 2,0; 2,0; 2,0
Собственный шум (СКЗ), мкг $\sqrt{\text{Гц}}$		50; 150; 150; 350; 1200
Полоса пропускания, Гц		170/250
Диапазон рабочих температур, °C		-40–125
Стойкость к ударам, г		1000 (полусинусоид. 1 мс)
Коэффициент сглаживания вибраций, mg/g <sup>2</sup>		0,15; 0,15; 0,15; 0,1; 0,1 (случайн. в полосе 20–20 000 Гц)
Время включения, с		0,01–0,02
Напряжение питания, В		2,7–3,6
Потребляемый ток, мА		3–5
Масса, г		0,4
Макетная плата CAS2xx-02-0302		

**Таблица 3.** Основные характеристики комбинированных инерциальных датчиков Orion CMS300/CMS390 и отладочных средств для них

	Orion CMS300	Orion CMS390
Наименование		
Состав	Гироскоп + 2-осевой акселерометр	
Тип корпуса и габариты в мм	LCC12 10,4×6,0×2,2	LCC12 10,4×6,7×2,7
Способ подключения		пайка
Интерфейс		SPI
Диапазон измерений	акселерометр, g	±2,5; ±10
	гироскоп, °/с	±150; ±300
Дрейф нуля в температурном диапазоне	акселерометр, мг	±30; ±75
	гироскоп, °/с	±1,75; ±1
Чувствительность (масштабный коэффициент)	акселерометр, LSB/g	12 800; 3200
	гироскоп, LSB/°/с	204,8; 102,4
Температурное смещение чувствительности	акселерометр, %	<±2,5; ±1
	гироскоп, %	<±2; ±1
Нелинейность чувствительности	акселерометр, %	<±0,5; <±0,12
	гироскоп, %	<±0,17; <±0,10
Собственный шум (СКЗ)	акселерометр	2 мг; 1 мг
	гироскоп, °/с	0,1; 0,06
Полоса пропускания	акселерометр, Гц	45; 62; 95; 190
	гироскоп, Гц	45; 55; 90; 117
Диапазон рабочих температур, °C		-40–125
Стойкость к ударам, г		95 (полусинусоид., 6 мс)
Стойкость к вибрации (СКЗ), г		8,85 (в полосе 10–5000 Гц)
Время включения, с		0,15–0,30
Напряжение питания, В		3,15–3,45
Потребляемый ток, мА		8
Масса, г		0,4; 0,6
Средства поддержки разработчиков	макетная плата	
	CMS300-02-0302	CMS390-02-0302
		



**Рис.2.** Прототип гироскопа CRS39-03

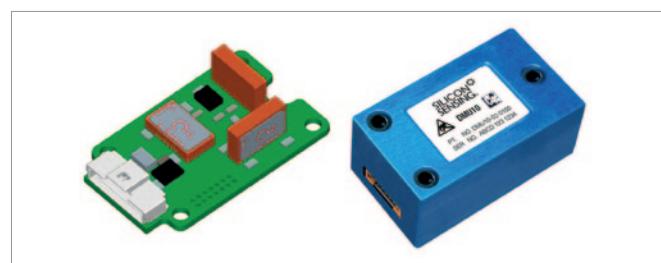
компонентной базе, DMU10 будет отличаться низким уровнем энергопотребления. Модуль доступен в двух вариантах: бескорпусной DMU10-01 – OEM-плата габаритными размерами 22×37×11 мм и DMU10-02 в прочном анодированном алюминиевом корпусе с габаритами 25×45×16 мм.

#### ПРОДУКЦИЯ SENONOR AS, НОРВЕГИЯ



Норвежский производитель полного цикла впервые представил линейку "тактических" гироскопов STIM в 2010 году\*. К настоящему времени на основе базового 3-осевого блока гироскопов STIM210 (табл.4) компания создала полноценный инерциальный измерительный модуль STIM300 (табл.4) с 9 чувствительными элементами для измерения параметров вращательного и линейного движения и продолжает наращивать свое присутствие в отраслях, требующих исключительной надежности конструкции, точности и стабильности показаний.

Такие компании как NovAtel Inc. и LiDAR USA (Fagerman Technologies, Inc.) уже сообщили об интегрировании STIM300 в свои системы позиционирования и картографирования. Важным новшеством, реализованным начиная с модели STIM300 Rev. D, является программно управляемая компенсация линейной составляющей для гироскопов CYRO G-COMP. В результате удалось добиться снижения смещения уровня нулевого сигнала гироскопа под влиянием линейного ускорения с 15 до 1°/ч/g и улучшить значение масштабного коэффициента (линейности) с  $400 \cdot 10^{-6}/g$  до  $30 \cdot 10^{-6}/g$ . Меню настройки параметров компенсации включает 4 раздела: стандартные и пользовательские фильтры и их комбинации раздельно для каждой из осей. Еще одним изменением, расширившим функциональные возможности модуля, стала возможность назначения пользователем произвольной скорости обмена данными по интерфейсу RS-422, что открыло путь для интеграции STIM300



**Рис.3.** Внешний вид прототипов инерциальных измерительных модулей DMU10-01 и DMU10-02

в системы с ограниченным по скорости потоком телеметрических данных.

Существенному обновлению подвергся и модельный ряд. Вместо единственной ранее модели, потребитель теперь имеет возможность заказать наиболее подходящую для своих задач конфигурацию:

- STIM300  $\pm 400^{\circ}/\text{с}$ ;  $\pm 2$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 30$ ,  $\pm 80$  g или
- STIM300  $\pm 800^{\circ}/\text{с}$ ;  $\pm 5$ ,  $\pm 10$ ,  $\pm 30$ ,  $\pm 80$  g.

Необходимо отметить, что для линейки STIM300  $\pm 800^{\circ}/\text{с}$  в отдельных случаях может потребоваться экспортное лицензирование.

В качестве дополнения, повышающего удобство работы с модулями, Senonor в 2014 году начинает поставки компактного универсального кабеля со встроенным преобразователем интерфейса для подключения STIM210 и STIM300 к порту USB переносного компьютера на скорости не менее 921,6 Кбит/с. Обновленный отладочный набор STIM210/STIM300 Evaluation Kit USB (рис.4) на базе кабеля мод. 84593 не требует предварительной установки драйверов при работе в среде ОС Windows – необходимое программное обеспечение на компьютере, подключенном к глобальной сети, будет установлено автоматически.

#### ПРОДУКЦИЯ XSENS TECHNOLOGIES B.V., НИДЕРЛАНДЫ



Инновационная компания Xsens традиционно сильна в разработке и внедрении программного обеспечения (ПО) для систем регистрации движения. Архитектура выпускаемых фирмой инерциальных модулей 4-го поколения – линейки MTi-10 и MTi-100 (табл.5) – позволяет пользователю самостоятельно обновлять прошивки для расширения функциональных возможностей либо создавать свои программные блоки для взаимодействия с модулями на основе бесплатного предоставляемых производителем фрагментов исходного кода. Сами модули MTi, помимо 3 гироскопов и 3 акселерометров, могут содержать электронный магнитный компас и датчик давления воздуха. Модель

\* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2010, №1 и 2011, №1

**Таблица 4.** Гироскопы и инерциальные модули SensoNor

Наименование	STIM210	Инерциальные модули STIM300				
	1-, 2-, 3-осевой гироскоп	3-осевой гироскоп	3-осевой акселерометр	3-осевой измеритель наклона (инклинометр)		
						
Тип корпуса, масса	Прочный алюминиевый 44,8×38,6×21,5 мм; 55 г; IP67					
Способ подключения	15-выв. micro-Dsub					
Интерфейс	RS422; 1,843 Мбит/с					
Компонент	Гироскоп	Акселерометр	Измеритель наклона			
Частота опроса, макс., Гц	2000					
Дрейф нуля (систематическая ошибка), °/ч	0,5 (дисперсия Аллана)	0,05 мг	0,06 мг			
Диапазон измерений, °/с	±400 (динам. перегрузка до 5000)	±10 (до 80) г	±1,7 г			
Дрейф нуля на температурном диапазоне	9–10°/ч (СКЗ)	±2 мг (СКЗ)	±2 мг (СКЗ)			
Случайный угловой уход	0,15 (дисперсия Аллана) °/√ч	0,06 м/с/√ч	0,08 м/с/√ч			
Чувствительность (масштабный коэффициент)	24 бита, 0,22°/ч	24 бита, 1,9 мкг	24 бита; 0,2 мкг			
Температурное смещение чувствительности, %	±0,05	±0,03	±0,05			
Нелинейность чувствительности	±25...±50 ppm	±100 ppm	±500 ppm			
Полоса пропускания, Гц	16; 33; 66; 131; 262					
Диапазон рабочих температур, °С	−40–85					
Стойкость к ударам, г	1500 (полусинусоид., 0,5 мс)					
Стойкость к вибрации (СКЗ), г	MIL-STD-810 E 514.4 (в полосе 20–2 000 Гц)					
Время включения, с	1/<5					
Напряжение питания, В	4,5–5,5					
Потребляемый ток, мА	300	400 макс.				
Отладочный набор	STIM210/STIM300 Eval. Kit USB		STIM210/300 Eval. Kit PCI			
	 					



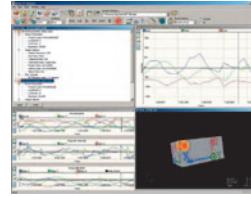
**Рис.4.** Новый универсальный кабель для STIM210/  
STIM300 Evaluation Kit USB

MTi-G-700 имеет интегрированный приемник сигналов спутниковой системы навигации GPS, что повышает точность определения положения и направления за счет взаимной коррекции данных, получаемых от инерциального блока датчиков и спутникового канала.

В 2014 году для поддержки пользователей и разработчиков систем управления движением компания Xsens выпустила для среды ОС Windows обновленную и расширенную версию программного пакета MT Software Suite версии 4.2.1, которая включает следующие программные блоки:

- MT Manager – программа для конфигурирования и управления модулями MTi, а также для записи данных.
- MT SDK – комплект средств для разработки собственного ПО, содержащий следующие компоненты.
  - XsensDeviceApi.dll (XDA) – библиотека динамической компоновки DLL языка С.
  - Исходные файлы XDA – преобразователь для языков С и С++.
  - Пример исходного кода для MATLAB, DLL C, DLL C++ и данных типа shared object.
- Magnetic Field Mapper executable (GUI) and MFM SDK – исполняемый модуль (графический пользовательский интерфейс) и программный отладочный набор для калибровки встроенного электронного компаса.
- Firmware Updater – универсальная программа обновления прошивки для всех моделей инерциальных модулей Xsens (требует сеансного подключения к глобальной сети).
- Комплект документации в электронном виде. Основные функциональные блоки MT Software Suite доступны также и для Linux. Начиная с версии 4.2.1, в модулях MTi можно реализовать интерфейс RS485 и сохранить точность определения

Таблица 5. Инерциальные модули Xsens

	MTi-10 IMU, MTi-20 VRU, MTi-30 AHRS			MTi-100 IMU, MTi-200 VRU...	
	Гироскопы	Акселерометры	Магнитометр (AHRS, GPS/INS)	Гироскопы	Акселерометры
Диапазон изме- рений	450°/с	50 м/с <sup>2</sup>	±80 мкТл	450°/с	50 м/с <sup>2</sup>
Смещение нуля	18°/ч	40 мкг	–	10°/ч	40 мкг
Повторяемость смещения нуля (1 год)	0,2–0,5°/с	0,03–0,05 м/с <sup>2</sup>	–	0,2–0,5°/с	0,03–0,05 м/с <sup>2</sup>
Полоса пропуска- ния (–3дБ)	415 Гц	375 Гц	–	450 Гц	375 Гц
Плотность шума	0,03–0,05°/с/√Гц	80–150 мкг/√Гц	200 мкГн/√Гц	0,01–0,015°/с/√Гц	80–150 мкг/√Гц
Линейность (пол- ной шкалы)	0,0001	0,0003	0,001	0,0001	0,0003
Точность по крену и тангажу, ста- тистика/динамика	0,4/1,5°	–	–	0,2–0,25°/ 0,3–1,0°	–
Точность по рысканию (AHRS, GPS/INS)	1,0°	–	–	1,0°	–
Диапазон рабо- чих температур	–40–85°C				
Напряжение питания	4,5–34 В или 3,3 В				
Интерфейс	RS-232/RS-422/UART/USB				
Корпус	MTi-OEM: плата 37×33×12 мм, 11 г, 24-контактный соединитель		MTi: анодированный алюминий 57×42×23 мм, 52 г, IP67, соединитель с цанговым фиксатором (push-pull) 9-конт.		
					
Отладочный набор, ПО раз- работчика	Набор MTi-x0-DK, включая MT SDK			Набор MTi-x00-DK, включая MT SDK	
					

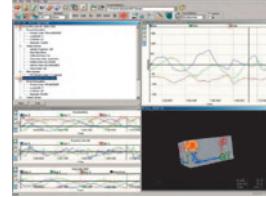
...MTi-300 AHRS, MTi-G-700 GPS/INS		MTw			
Магнитометр (AHRS, GPS/INS)	Датчик давле- ния (GPS/INS)	Гироскопы	Акселерометры	Магнитометр	Датчик давле- ния
±80 мкТл	300–1100 мбар	1200°/с	160 м/с <sup>2</sup>	±150 мкТл	300–1100 мбар
–	–	20°/ч	–	–	100 Па/год
–	–	–	–	–	–
–	–	150 Гц	150 Гц	60 Гц	–
200 мкГн/√Гц	0,01 мбар/√Гц	0,05°/с/√Гц	0,003 г/√Гц	150 мкГн/√Гц	0,85 Па/√Гц
0,001	0,001	0,001	0,003	0,002	0,0005
–	–	0,5/2°	–	–	–
–	–	1,0°	–	–	–
–40–85°C		–10–60°C			
4,5–34 В или 3,3 В		встроенная батарея Li-ion, заряд 1 ч / разряд 3,5 ч / режим ожидания 200 ч			
RS-232/RS-422/UART/USB		ISM 2,4 ГГц, IEEE 802.15.4 PHY, 20–50 м			
MTi-G-700: анодированный алюминий 57×42×23 мм, 55 г, IP67, соединитель с цанговым фиксатором (push-pull) 9-конт. + коаксиальный		MTw: пластик 58,7×34,5×14,5 мм, 27 г (батарея 9 г)			
					
Набор MTi-G-700-DK, включая MT SDK		Набор MTw-DK-Lite, включая MT SDK			
					

Таблица 6. Акселерометры Colibrys

Функциональное назначение	Модель	Тип корпуса	Диапазон измерений, г	Дрейф нуля, мг	Стабильность нуля в течение года (при 1000 g), типовое, мг	Чувствительность (масштабный коэффициент), мВ/г	Нелинейность, %
Датчик вибрации	MS7002.3	 TO8 Ø15,55×3,9	±2	<10	2 (6000 g)	500±4	<0,8
	MS7010.3		±10	<50	10 (6000 g)	100±1	<0,9
Акселерометр	MS8002.D	 LCC48 14,2×14,2×2,4 мм	±2	<10	1,5	1000±8	<0,8
	MS8010.D		±10	<50	7,5	200±2	<0,9
	MS8030.D		±30	<150	22	66,6±1	<0,9
	MS8100.D		±100	<500	75	20±1	<1
Датчик наклона (инклинометр)	MS9001.D	 LCC20 8,9×8,9×3,2 мм	±1	<5	0,15	2000±8	<0,7
Акселерометр	MS9002.D		±2	<10	0,3	1000±8	<0,8
	MS9005.D		±5	<25	0,75	400±4	<0,8
	MS9010.D		±10	<50	1,5	200±2	<0,9
	MS9030.D		±30	<150	4,5	66,6±1	<0,9
	MS9050.D		±50	<250	7,5	40±1	<0,9
	MS9100.D		±100	<500	15	20±1	<1
	MS9200.D		±200	<1000	30	10±1	<1
Датчик вибрации	VS9002.D	 LCC20 8,9×8,9×3,2 мм	±2	<10	1,5 (6000 g)	1000±8	<0,8
	VS9005.D		±5	<25	3,75 (6000 g)	400±4	
	VS9010.D		±10	<50	7,5 (6000 g)	200±2	
	VS9030.D		±30	<150	22 (6000 g)	66,6±1	
	VS9050.D		±50	<250	37,5 (6000 g)	40±1	
	VS9100.D		±100	<500	75 (6000 g)	20±1	
	VS9200.D		±200	<1000	150 (6000 g)	10±1	
Датчик наклона (инклинометр)	RS9002.B	 LCC20 8,9×8,9×3,2 мм	±2	<10 (<0,1 за 48 ч)	<0,5	1000±8	<0,8
Акселерометр	RS9010.B		±10	<50 (<0,5 за 48 ч)	<2	200±2	<0,9

Полоса пропускания ( $-3 \text{ дБ}$ ), Гц	Спектральная плотность шумов, мкВ/ $\sqrt{\text{Гц}}$	Резонансная частота, кГц	Диапазон рабочих температур, °C	Отладочная плата
$\geq 800$	7	1,4		
$\geq 650$	7	3,7	$-40\text{--}125$	—
$0\text{...}\geq 200$	18	1,4	$-55\text{--}125$	EVBA-MS8xxx.D 
$0\text{...}\geq 100$		3,7		
$0\text{...}\geq 200$		6,3		
$0\text{...}\geq 100$		15		
$0\text{...}\geq 100$	18	-	$-55\text{--}125$	EVBA-MS9xxx.D 
$\geq 800$		1,4		
$\geq 1700$		2,9		
$\geq 2400$		3,7		
$\geq 3000$		6,3		
		11		
		15		
		26		
$>200$	30 мкг/ $\sqrt{\text{Гц}}$	1,3	$-55\text{--}125$	EVBA-VS9xxx.D 
$>200$		1,1		
$\geq 2400$	25	2		
$\geq 3000$		4		
		5,1		
		7,2		
		11		
		-		
$>200$	150 мкг/ $\sqrt{\text{Гц}}$	-		
$>200$		-		

положения на прежнем уровне после потери сигнала глобальной спутниковой навигационной системы GPS (для MTi-G-700).

### ПРОДУКЦИЯ



**COLIBRYS  
(SWITZERLAND)  
LTD., ШВЕЙЦАРИЯ**

Этот знаменитый швейцарский разработчик и производитель полного цикла в области МЭМС-датчиков с 2013 года входит в состав группы Sagem (Safran). В январе 2014 года компания сообщила о переезде в Ивердон-Ле-Бен, где построен новый комплекс зданий, включающий штаб-квартиру и производственные помещения общей площадью 3750 м<sup>2</sup>. Российские потребители знакомы, прежде всего, с высокостабильными, малошумящими акселерометрами Colibrys (табл.6), способными работать в при температуре от  $-55$  до  $125^{\circ}\text{C}$  с сигналами от 1 до 200 г и выдерживать ударные воздействия, достигающие 6000 г и даже 20 000 г (модель HS8030.D).

В 2014 году фирма намерена объявить технические характеристики акселерометров сейсмического класса, которые заменят снятые с производства модели SiFlex SF1600, SF2006 и SF3600. Ожидается, что это будет датчик с цифровым интерфейсом и следующими характеристиками (СКЗ означает среднеквадратичное значение):

- диапазон измерений .....  $\pm 5 \text{ g}$ ;
- динамический
- диапазон .....  $>120 \text{ дБ}$ ;
- полоса
- пропускания ..... 0,1–300 Гц;
- значение
- шума ..... 0,3 мкг(СКЗ)/ $\sqrt{\text{Гц}}$ ;
- нелинейность ..... < 0,005% от полной шкалы.

В будущем мы планируем публиковать отчеты о результатах опытной эксплуатации новых изделий, рассмотренных в данной статье.