

Мобильные датчики движения 2013 года.

Новые тенденции и промышленные стандарты де-факто

В статье представлен аналитический обзор рынка МЭМС датчиков движения, наиболее массовым сегментом которого стала потребительская электроника и, прежде всего, мобильные устройства. Аналитики выявляют важнейшую рыночную тенденцию: это гонка производителей в борьбе за достижение и опережение новых уровней интеллектуальности, интеграции, характеристик, миниатюризации и снижения энергопотребления, попеременно устанавливаемых промышленными лидерами.

Как показывает представленный материал, мир современных МЭМС датчиков движения становится все более обширным и многообразным, спектр предложений в нем ранжирован от дискретных датчиков до мультисенсорных узлов, интегрированных с МК. Эти компоненты становятся более интеллектуальными, так как архитектурные изменения касаются практически любых мультиосевых серий и моделей. Компании-лидеры стремятся полностью укомплектовать свои продуктовые линейки. Наконец, сама сфера применения МЭМС датчиков движения все менее ограничивается потребительской электроникой и человеко-машинными интерфейсами, а охватывает новые области — в мобильных, медицинских, носимых, а теперь даже и в промышленных системах.

Светлана Сысоева
Dr.Gold@sysoeva.com

Новые уровни виртуальной архитектуры на прежних уровнях физической интеграции

Физически то же самое «железо» может достигать новых уровней интеллектуальности благодаря новому программному обеспечению, как это демонстрирует магнитный гироскоп KMX61G — инновационное высоко-

интегрированное и интеллектуальное решение компании Kionix.

Как отмечалось в предыдущие годы, ПО современных датчиков обособляется в верхний программный слой, управляющий аппаратной частью таким образом, что позволяет достигать новых уровней интеллектуальности, а теперь даже выводить архитектуру фактически на новый уровень интеграции. Примером служит гироскоп KMX61G — это 6-осевой датчик, снабженный интегрированным ПО для слияния сенсорных данных, который способен эмулировать 9-осевое сенсорное решение, при этом он потребляет ток порядка микроампер [1].

Инновационный магнитный эмулированный гироскоп KMX61G с ультранизким потреблением мощности

Магнитный гироскоп для потребительской электроники, потребляющий ток на уровне микроампер и характеризующийся интегрированным ПО для слияния сенсорных данных, — так был представлен в начале 2013 года новый датчик Kionix KMX61G (рис. 1). Он был отмечен как один из лучших и инновационных датчиков на прошедшем

в июне этого года мероприятии Sensors Expo & Conference. Kionix KMX61G был удостоен награды Best of Sensors Innovation Award, вручение которой в 2013 году символизирует признание наиболее впечатляющих инновационных сенсорных технологий, имеющих отличительные признаки на уровне решения и применения.

Kionix KMX61G — это на самом деле не типичный MEMS-гироскоп, непосредственно измеряющий угловую скорость в своей чувствительной к данному виду инерциального воздействия MEMS-структуре, а комбинированный датчик, объединяющий акселерометр и магнитометр с применением технологий слияния этих датчиков.

Программные средства для сенсорного слияния сделали возможной высокоточную эмуляцию гироскопа, вдобавок со значительно сниженным потреблением мощности до уровня 550 мкА. Заявленное снижение мощности по сравнению со стандартными гироскопами — порядка 80–90%. «Сильная» аппаратная часть, обеспечивающая высокие рабочие характеристики, и инновационное ПО KMX61G вместе с потреблением тока на уровне микроампер позволяют компании Kionix позиционировать свой новый про-



Рис. 1. Инновационный магнитный гироскоп KMX61G

дукт как весьма конкурентоспособный для различных сегментов мобильного рынка.

Как известно, гироскопы стоят все еще существенно дороже, чем акселерометры, хотя уровень развития технологии уже позволяет свести цену единиц до нескольких долларов. Но низкая цена акселерометров и магнитометров позволяет OEM снижать стоимость своих мобильных устройств, одновременно добавляя к ним функциональные признаки гироскопов, например для игр, распознавания жестов или стабилизации изображений. Кроме того, теоретически и практически выше, чем у MEMS-акселерометров, и мощность потребления, и размер традиционных MEMS-гироскопов, а также включающих их комбидатчиков. И эти ограничения, типичные для мобильных гироскопов и комбидатчиков, оказывается в состоянии снять новое сенсорное решение Kionix с эмулированным гироскопом на основе акселерометра и магнитометра. Габариты корпуса KMX61G (3×3×0,9 мм) вполне соразмерны лучшим предложениям среди мультиосевых компонентов того же класса от Bosch, ST, InvenSense, а потребление мощности — вообще вне конкуренции.

Сколько осей детектирования или степеней свободы можно насчитать у этого устройства? Физически комбидатчик является 6-осевым. А фактически устройство, благодаря встроенному ПО, способно обеспечить 9-осевой выход: по три оси детектирования приходится на акселерометр, магнитометр и гироскоп, где 3-осевой выход гироскопа является эмулированным. Поэтому датчик можно использовать в таких системах, где востребованы не только 6-, но и 9-осевые сенсорные решения. Он может составить конкуренцию существующим устройствам в плане потребления мощности. Список применений включает носимые мобильные устройства для здравоохранения, фитнеса и мониторинга, а также смартфоны и планшеты.

Версия KMX61G включает ПО для слияния сенсорных данных и автокалибровки. А для тех клиентов, которым требуется только функциональность электронного компаса без гироскопа, Kionix выпускает версию KMX61 — 6-осевой электронный компас с ПО с функциями автокалибровки. Компас KMX61 характеризуется магнитной чувствительностью 0,05 мкТл/счет со стабильностью в температурном диапазоне $\pm 0,05\%/^{\circ}\text{C}$, что согласуется с требованиями, которые предъявляются при разработке смартфонов, планшетов и медицинских приборов.

Ключевые признаки KMX61G и KMX61:

- 5 мкА в режиме Standby, 550 мкА — в рабочем режиме.
- Размеры корпуса — 3×3×0,9 мм.
- 14-битное разрешение выходов.
- Выходной протокол I²C.
- Программируемые диапазоны акселерометра — $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$.



Рис. 2. BMX055 — первый 9-осевой полностью интегрированный абсолютный датчик ориентации от Bosch

- Измерительный диапазон магнитометра — ± 1200 мкТл.
- FIFO объемом 512 байт и с «водяными знаками».
- Встроенный датчик температуры.
- Пользовательская частота передачи выходных данных ODR — от 0,781 Гц до 1,6 кГц.
- Алгоритмы магнитометра для автокалибровки и сброса.
- Маломощный режим пробуждения движением.

Цена за единицу составляет \$2,5 при заказе от 1000 штук.

Что касается других новых предложений «истинно 6-осевых» или «истинно 9-осевых» решений, то они также демонстрируют следующие шаги в направлении более высокой интеграции и уровня характеристик хотя бы в рамках одной отдельно взятой компании. Примером может служить модель Bosch BMX055, также недавно выведенная на рынок [2–4].

9-осевой МЭМС-датчик BMX055 — следующий шаг Bosch в направлении более высокой интеграции

Представленный компанией Bosch Sensortec осенью 2012 года абсолютный датчик ориентации BMX055 читатели немецкого журнала *Elektronik* назвали «Продуктом 2013 года» (Product of the Year 2013) в категории датчиков. Выбор читателей показателен, так как они оценивали 111 продуктов в 10 различных категориях [2–4].

9-осевой датчик ориентации от Bosch (рис. 2) представляет собой комбинированное MEMS-устройство, интегрирующее все компоненты — акселерометр, гироскоп и геомагнитный датчик — в одном корпусе с фут-принтом 3×4,5 мм. Особенностью

датчика является использование технологий от одного поставщика, причем все три компонента объединены в одном корпусе при разработке и производстве.

Входящие в состав компонента BMX055 3-осевые 12-битный датчик ускорения, 16-битный гироскоп диапазона ± 2000 $^{\circ}/\text{с}$ и геомагнитный датчик рассчитаны для того, чтобы обеспечить точные измерения по всем трем осям всех параметров ориентации — угловой скорости, ускорения, геомагнитных полей — в мобильных приложениях (например, навигация, дополненная реальность или человеко-машинный интерфейс).

Не только аппаратная, но и программная часть для обеспечения полной функциональности нового датчика также поставляется компанией Bosch Sensortec. BMX055 полностью поддерживается ПО для сенсорного слияния FusionLib, которое объединяет выходы сенсорных данных и генерирует вычисляемые виртуальные сенсорные выходы, кватернионы, линейное ускорение, вращение, гравитацию. Используя новый датчик, разработчики могут быстро и с небольшими усилиями создавать передовые решения со всесторонним использованием 9-осевой функциональности.

Кроме того, все три датчика, интегрированные в BMX055, имеют востребованные на мобильном рынке заявленные данные характеристик. Выбор g-диапазона у акселерометра BMX055 широк: от $\pm 2g$ до $\pm 16g$ с чувствительностью от 1024 до 128 LSB/g. Характеристики шумовой плотности акселерометра превосходят 150 мкг/Гц. Гироскоп имеет широкий измерительный диапазон с угловой скоростью от ± 125 до ± 2000 $^{\circ}/\text{с}$. Одновременно устройство отличается стабильностью нулевого смещения (выхода при



Рис. 3. BNO055 — первый сенсорный узел, специфицированный согласно применению



Рис. 4. Новое поколение ПО для интеллектуального слияния строчных сенсорных данных Bosch Sensortec FusionLib BSX3.0

нулевой угловой скорости). Геомагнитный датчик также характеризуется широким измерительным диапазоном в ± 1300 мкТл по осям X и Y и ± 2500 мкТл по оси Z. Курсовая точность составляет $2,5^\circ$.

Компания Bosch представила еще один 9-осевой компонент, в котором три датчика интегрированы с МК и ПО, что демонстрирует следующий, более высокий уровень интеграции — интеллектуального мультисенсорного узла. Помимо Bosch, новые предложения сенсорных узлов на основе 3-осевых акселерометров, интегрированных с МК для слияния сенсорных данных от акселерометра и других датчиков, представили также компании Freescale и ST. А пионер в создании тех же, по сути, мультисенсорных узлов или платформ со слиянием сенсорных данных и подключением внешних датчиков, но с другим маркетинговым названием и возможностями — компания InvenSense — за последние полгода продемонстрировала результаты дальнейшей работы по усовершенствованию своих процессоров слежения за движением, воплощенные сразу в нескольких новых линейках 6- и 9-осевых датчиков.

Новое поколение сенсорных узлов

BNO055 — первый сенсорный узел Bosch, специфицированный согласно применению

Сенсорный узел — название новой концепции интеллектуального 9-осевого мультисенсорного решения абсолютного датчика ориентации, которое объединяет в одном корпусе датчики и средства для слияния сенсорных данных. BNO055 (рис. 3) — первый вариант от Bosch практического воплощения концепции сенсорного узла, специфицированного согласно применению, — Application Specific Sensor Nodes (ASSN) — в корпусе системного уровня (system-in-package, SiP). Он

интегрирует не только 3-осевой 12-битный акселерометр, 3-осевой 16-битный гироскоп — датчик угловой скорости диапазона до ± 2000 $^\circ$ /с и 3-осевой геомагнитный датчик, но и 32-битный микроконтроллер, работающий под управлением библиотечного ПО BSX3.0 FusionLib (рис. 4). BSX3.0 — это уже третье поколение ПО для интеллектуального слияния строчных сенсорных данных Bosch Sensortec FusionLib, разработанное с целью повышения качественного уровня узловых мобильных измерений [3].

BNO055 — это следующий шаг компании Bosch в повышении уровня интеграции датчиков движения, воплотившийся в решение, которое значительно меньше, чем сравнимые дискретные или решения уровня «система на плате». Интеграция датчиков, и средств для слияния сенсорных данных позволяет BNO055 облегчать процесс интеграции для пользователей. Поскольку все технологии разработаны одним продавцом, а датчик заключен в малый корпус ($5 \times 4,5$ мм), это позволяет разработчикам в большей степени сконцентрироваться непосредственно на передовых мобильных применениях технологии MEMS для детектирования движения. К ним относятся носимые мобильные устройства, дополненная реальность, игры, электроника для здравоохранения и фитнеса, навигация в помещениях и контекстная осведомленность.

Интеграция с МК — прерогатива не только комбидатчиков, но и ряда дискретных компонентов

Этот факт демонстрирует новый интеллектуальный и ультракомпактный 3-осевой акселерометр ST LIS331EB (рис. 5), интегрированный с МК [5].

О выпуске нового миниатюрного смарт-датчика под названием iNEMO-A компания ST объявила еще в начале 2013 года. В одном корпусе LGA, который имеет размеры $3 \times 3 \times 1$ мм, объединены 3-осевой акселерометр и интегрированный микроконтроллер,

функционирующий как мультисенсорный узел и выполняющий алгоритмы слияния сенсорных данных от акселерометра и внешних датчиков — гироскопа, магнитометра, датчиков давления и температуры. Новый интеллектуальный компонент предназначен для осуществления продвинутых пользовательских функций по обнаружению движения.

Автономное устройство понижает требования к центральному процессору и/или процессору применения и позволяет уменьшить потребление мощности в портативных устройствах. Оба преимущества дают большую свободу и гибкость дизайнера потребительской электроники, в которой используется интеграция функций, основанных на обнаружении движения. Диапазон применений включает носимые устройства, функции пользовательского интерфейса в смартфонах и планшетах и дополненную реальность. Интеграция 3-осевого высоко-разрешающего датчика линейного движения и сенсорного узла в одном корпусе повышает системную прочность и способствует оптимизации схем на плате.



Рис. 5. Новый 3-осевой акселерометр ST LIS331EB, интегрированный с МК

3-осевой акселерометр LIS331EB iNEMO-A обладает высокими рабочими характеристиками и имеет возможность детектирования избирательных диапазонов ускорения $\pm 2/\pm 4/\pm 8/\pm 16g$. В одном корпусе с датчиком находятся микроконтроллерное ядро ARM Cortex-M0 с флэш-памятью 64 и 128 кбайт RAM, а также множественные таймеры и порты ввода/вывода (GPIO/SPI/I²C/UART).

Ультрамаломощный МК ARM Cortex-M0, встроенный в устройство, обладает функциональной способностью, потреблением мощности и размером памяти, которые идеально подходят для сенсорных узлов, и сенсорным слиянием iNEMO для мобильных применений. Сенсорный узел поддерживает вход 3-осевого гироскопа, 3-осевого магнитометра и датчика давления для обеспечения их полного сенсорного слияния. Дополнительные датчики, например температуры и давления, также могут быть подсоединены к сенсорному узлу.

Следуя требованиям батарейных устройств в отношении мощности, LIS331EB iNEMO-A включает два встроенных конечных автомата (finite state machines, FSM) и встроенный буфер FIFO (first-in first-out). FSM и FIFO допускают клиентское детектирование обнаружения движения, включая обнаружение жестов, и педометр, который может запускаться без помощи встроенного МК, что способствует снижению общего потребления мощности. FSM можно также использовать для «пробуждения» МК, что в свою очередь допускает передовые методы управления питанием.

Продажи LIS331EB начались во II квартале 2013 года. Цена устройства составляет \$2,4 при заказе от 1000 единиц.

Интеллектуальный сенсорный узел Xtrinsic Freescale на основе акселерометра и микроконтроллерного аппаратно-программного решения для сенсорного слияния

Компания Freescale представила в мае 2013 года новый сенсорный узел Xtrinsic FXLC95000CL, включающий интегрированный 3-осевой акселерометр и средства для управления множественными датчиками.

Этот узел можно рассматривать как платформу для интеллектуального решения системного уровня, допускающего комплексные вычисления при выполнении алгоритмов слияния сенсорных данных, интерпретирующего сенсорную информацию и выполняющего ее контроль вместо простой обработки строковых данных. С помощью сенсорного узла разработчики могут эффективно масштабировать решение на основе 3-осевого акселерометра до полного 9-осевого блока инерциальных измерений, к которому могут быть также добавлены функции альтиметра (прибора для измерения высоты полета), датчика окружающего освещения, температуры, влажности и др. Высокая масштабируемость и интеграция

допускают локальную обработку сенсорных данных, что дает возможность разгрузить центральный процессор и снизить системное потребление мощности. FXLC95000CL выпускается в 24-выводном корпусе LGA с размерами 3×5×1 мм.

Интеллектуальный сенсорный узел Freescale FXLC95000CL Xtrinsic включает:

- Малошумящий 3-осевой акселерометр разрешением до 16 бит на диапазоны $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$. Возможны конфигурируемые динамические диапазоны.
- 32-битный МК ColdFire V1.
- Флэш-память 128 кбайт, ОЗУ (RAM) 16 кбайт, ПЗУ (ROM) 16 кбайт.
- Последовательные интерфейсы — I²C (master и slave) и SPI.

Xtrinsic FXLC95000CL имеет открытую программируемую архитектуру и поддерживает различные средства разработки кода. Особого внимания заслуживает библиотечное ПО компании, включающее ОС Freescale MQX operating system, уровень аппаратных абстракций, менеджер датчиков и ПО eCompass. (ПО eCompass — это также «Продукт 2012 года», выбранный журналом Electronic Products в 2013 году.)

Это ПО способно выполнять быстрое и точное слияние сенсорных данных ориентации для мобильных устройств. Входными данными для ПО служат выходы акселерометра и магнитометра, а выходными данными после выполнения алгоритмов слияния являются данные компаса с компенсированным наклоном посредством сигналов от акселерометра. ПО также выполняет магнитную калибровку при возникновении помех из-за магнитомягких или магнитотвердых источников.

Журнал Electronic Products отметил наградой “2012 Product of the Year” (POY) еще и 3-осевой электронный АМР-компас от MEMSIC [6]. АМР-технология — это смежная с МЭМС технология современных датчиков движения, находящая свое применение для 9-осевого сенсорного слияния и практически воплощаемая как в комбинативных, так и в дискретных компонентах.

Новые стандарты де-факто в плане миниатюризации и характеристик, а также потребления мощности

3-осевой магнитный датчик MEMSIC MMC3316xMT

Журнал Electronic Products в начале 2013 года отметил 3-осевой магнитный датчик MEMSIC MMC3316xMT как «Продукт 2012 года». Жюри аргументировало свой выбор тем, что компасы не только являются обычными компонентами смартфонов, GPS-навигаторов и других ручных устройств, но они весьма желательны и в промышленности. Проблема их применения состоит в том, что большинство магнитных датчиков

разрабатываются с расчетом на поддержание какой-либо точности и требуют непрерывной инициализации.

Было отмечено, что технология АМР-датчиков MEMSIC обеспечивает высокую точность измерений в ручных компасных устройствах. 3-осевой магнитометр MMC3316xMT отличается следующей комбинацией преимуществ, отличающей его от многих других датчиков. Расширенный диапазон измерения магнитного поля в ± 16 Гс (1,6 мТл) позволяет не привязывать датчик жестко к месту какого-либо оптимального расположения на плате корпуса верхнего уровня, а варьировать его размещение, чему также способствуют размеры корпуса LGA — 2×2×1 мм. Для применения в мобильных устройствах этот датчик обеспечивает и другие необходимые характеристики, включая потребление мощности порядка 0,16 мА на частоте дискретизации 7 сэмплов/с, точность $\pm 2^\circ$ и шумовую плотность 2 мГс на 16 Гс.

Цена устройства при этом является весьма приемлемой: \$0,84 при заказе порядка 100 000 штук.

MEMSIC оптимизировала АМР-технология (рис. 6) для мобильных применений и добилась снижения цены своих магнитометров до уровня датчиков Холла. По сравнению с датчиками Холла АМР-магнитометры MEMSIC дают 5-кратное снижение шума и 3-кратное снижение потребления мощности.

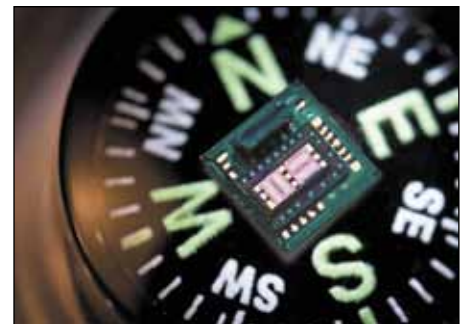


Рис. 6. АМР-технология магнитометров MEMSIC

А в июне 2013 года компания представила свой следующий магнитометр — 2-осевой датчик MMC246xMT (рис. 7) [6].



Рис. 7. Внешний вид магнитометров MEMSIC: 3-осевой датчик MMC3316xMT и 2-осевой датчик MMC246xMT

Только 17 продуктов получили награду POY за 2012 год, а оценивалось свыше 300 различных электронных устройств. MEMSIC попала в список компаний, удостоенных этой награды, поскольку благодаря магнитометру MMC3316xMT были продемонстрированы значительные продвижения в технологии и сферах применения.

MEMSIC присуждается эта награда второй год подряд. Как продукт 2012 года был отмечен 3-осевой магнитометр MMC3316xMT (рис. 6, 7), а годом раньше этой награды был удостоен миниатюрный 2-осевой акселерометр MEMSIC MXC6226xС [7]. Но теперь этот рекорд миниатюризации преодолен: на данный момент самым малым признан 3-осевой МЭМС-акселерометр от Bosch [8].

ВМА355 — новый самый малый 3-осевой MEMS-акселерометр от Bosch

ВМА355 (рис. 8) — это новый MEMS-датчик Bosch в WLCSP-корпусе (wafer-level chip scale package — корпус масштаба кристалла на уровне пластины), характеризующийся размерами всего 1,2×1,5×0,8 мм. Эти размеры даже меньше, чем у 2-осевого цифрового акселерометра MXC6226XC на основе тепловой технологии MEMSIC, имеющего размеры 1,2×1,7×1 мм, которые с 2011-го и практически до конца 2012 года считались непревзойденными [7, 8]. Теперь корпус ВМА355 является самым малым (причем не 2-осевым, как MXC6226XC, а 3-осевым) MEMS-акселерометром на рынке на момент его представления на мероприятии CES 2013 года. Такие размеры позволяют разработчикам без ограничений встраивать функциональность 3-осевого акселерометра в системы с ограниченным пространством.



Рис. 8. ВМА355 — самый малый 3-осевой MEMS-акселерометр от Bosch

Столь малые размеры датчика Bosch, а также 12-битное цифровое разрешение и гибкая интегрированная машина для выполнения прерываний — все это как раз позволяет использовать его в применениях с экстремально малым форм-фактором, например для управления питанием в устройствах помощи слуху и сенсорных узлах в повсеместных сенсорных сетях (ubiquitous sensor networks, USN) и Интернета вещей (Internet of Things). Разработчики потребительских устройств типа смартфонов, планшетов, игровых консолей и цифровых камер — это первичная целевая аудитория, для которой ВМА355 может обеспечить портретно-альбомную ориентацию, поддержку детектирования движения, детектирование плоскостей, одиночных и двойных кликов (tap/double tap), ударов, свободного падения и управление питанием.

Не менее показательными стандартами де-факто, характеризующими уровень развития современной технологии мобильных датчиков движения, являются также новые предложения InvenSense, которые отражают работу этой компании по достижению более высокого уровня характеристик, миниатюризации, снижению энер-

гопотребления для любых серий и моделей мультиосевых компонентов [9, 10].

9-осевой интегрированный процессор слежения за движением второго поколения от InvenSense

Новый 9-осевой компонент MPU-9250 (рис. 9) представляет собой новый высокоинтегрированный датчик семейства MPU-9x50 устройств слежения за движением MotionTracking. Он объединяет акселерометр/гироскоп/компас с бортовым процессором Digital Motion Processor (DMP), осуществляющим алгоритмы слияния сенсорных данных MotionFusion, и буфером FIFO (рис. 9б). InvenSense выпускает MPU-9250 в корпусе с размерами 3×3×1 мм.

Новый 9-осевой датчик движения представляет собой решение уровня SiP (система в корпусе) и основан на 6-осевом процессоре слежения за движением MPU-6500, объединенном с компасом AK8963.

По данным, предоставляемым InvenSense, MPU-9250 в корпусе QFN на 33% меньше своего ближайшего конкурента. Целевым назначением датчика являются мобильные устройства, носимые датчики для спортивных занятий и медицинских приборов, а также вновь возникающие применения.

Весь спектр преимуществ MPU-9250 складывается из характеристик, а именно из шумовых характеристик гироскопа и полного рабочего диапазона магнитометра, размера корпуса и потребления мощности.

Диапазон детектирования гироскопа варьируется от $\pm 250^\circ/\text{с}$ до $\pm 200^\circ/\text{с}$, а шумовые характеристики при этом оцениваются значением $0,01^\circ/\sqrt{\text{Гц}}$, что в три раза лучше, чем у датчиков, которые выпускают компании-конкуренты. 16-битный компас детектирует полный измерительный диапазон в ± 4800 мкТл, что примерно в четыре раза выше, чем у конкурирующих устройств. Размер устройств второго поколения на 44% меньше в сравнении с первым поколением 9-осевых датчиков этого семейства. Потребление мощности также было снижено — до 9,2 мВт. Акселерометр в режиме низкого энергопотребления расходует всего 6,4 мкА.

MPU-9250 поддерживается программным продуктом InvenSense MotionApps. ПО MPU-9250 (драйверы) совместимо с ОС Google Android 4.1 Jelly Bean, Microsoft Windows 8 и Windows RT и поддерживает DMP-функциональность с низким потреблением мощности. По планам, массовое производство компонента должно было начаться во II квартале 2013 года.

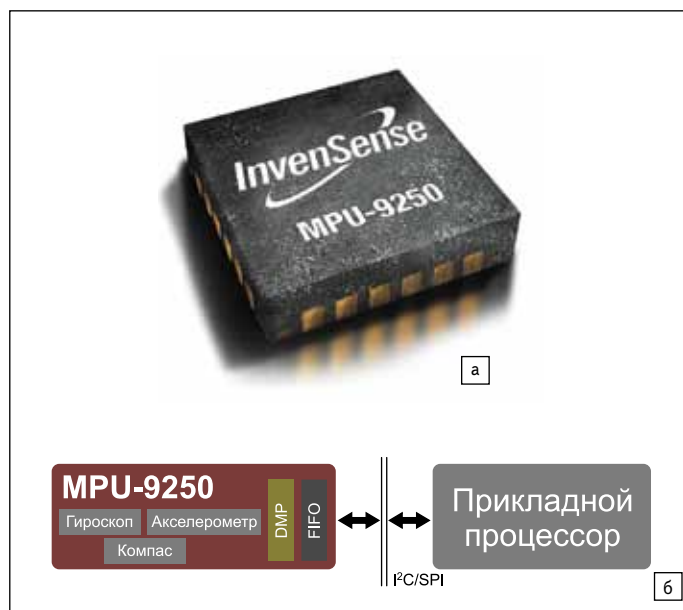


Рис. 9. MPU-9250 — 9-осевой интегрированный процессор слежения за движением второго поколения:
а) внешний вид; б) системная диаграмма

9-осевой интегрированный процессор слежения за движением третьего поколения.

Наименьшее потребление мощности

Следом за MPU-9250 в феврале 2013 года InvenSense представила первый в мире 9-осевой процессор слежения за движением — MotionTracking MPU-9350, который потребляет только 6,7 мВт мощности. Он представляет собой уже третье поколение устройств MotionTracking и включает, как и предшественник, 3-осевой акселерометр, 3-осевой гироскоп (объединенные в 6-осевой блок MPU-6500) и 3-осевой магнитометр вместе с интегрированным цифровым процессором обработки движения (DMP) и FIFO. Но, в отличие от своего предшественника, MPU-9350 потребляет на 28% меньше мощности. По данным компании, потребление мощности теперь на 50% ниже, чем у ближайшего конкурента.

Два новых малых гироскопа для оптической стабилизации изображений

В мае 2013 года InvenSense начала производство гироскопов IDG-2030 и IXZ-2030 для OIS (оптической стабилизации изображений). Эти датчики выпускаются в корпусе размерами 2,3×2,3×0,65 мм.

Задачи OIS — устранение дрожания руки для достижения несмазанных изображений и четкости HD-видео. Преимущества OIS наиболее очевидны в условиях низкого освещения, когда требуется длительное экспонирование.

IDG-2030 расширяет границы доминирующего положения IDG-2021 на рынке OIS. Теперь IDG-2030 устанавливает новые стандарты размера, профиля и потребления мощности. Этот датчик разработан на основе технологической платформы InvenSense и обеспечивает снижение фут-принта на 41%, а профиля — на 28%. Потребление мощности у него на 50% ниже, чем у ближайшего конкурента. В виде образцов эти датчики доступны со II квартала 2013 года.

Два новых низкопрофильных компонента

В потребительской электронике ярко выражена тенденция к уменьшению толщины мобильных устройств, и та же тенденция распространилась и на компоненты для них, поскольку одно без другого невозможно. В настоящее время для достижения более тонких корпусов сотовых телефонов необходимы датчики высотой всего в 0,8 мм. Низкопрофильные компоненты также имеют преимущества, состоящие в использовании в тонких устройствах батарей большего размера, обеспечивающих длительный срок службы.

В феврале 2013 года InvenSense объявила о введении 3-осевого MEMS-гироскопа ITG-3501, отличающегося низким профи-

лем корпуса (3×3×0,75 мм). ITG-3501 с высотой корпуса всего в 0,75 мм и сниженным до 5,9 мВт потреблением мощности (3,3 мА на 1,8 В), а также шумовыми характеристиками в $0,1^\circ/\text{c}/\sqrt{\text{Гц}}$, представляет собой MEMS-гироскоп InvenSense уже 5-го поколения, разработанный для смартфонов, планшетов и смарт-ТВ.

В мае 2013 года InvenSense анонсировала новое 6-осевое устройство семейства MotionTracking — MPU-6521 MEMS SoC — как одно из самых малых и маломощных 6-осевых решений, отличающееся наличием низкого профиля.

MPU-6521 MEMS SoC включает цифровой процессор движения (DMP) с интегрированными алгоритмами MotionFusion, калибровкой и признаками оптимизации питания на системном уровне. MPU-6521 в тонком профиле предназначен для мобильных, игровых устройств, а также устройств дистанционного контроля следующего поколения и носимых датчиков.

По данным InvenSense, при объявленной мощности потребления в 6,1 мВт MPU-6521 расходует на 60% меньше мощности, чем конкурирующие решения. Для достижения точности, требуемой в навигационных и носимых датчиках, интегрированный гироскоп MPU-6521 достигает низких шумовых характеристик порядка $0,01^\circ/\text{c}/\sqrt{\text{Гц}}$.

В виде образцов эти устройства доступны также со II квартала 2013 года.

В июне этого года InvenSense объявила уже о следующей серии 6-осевых интегрированных комбидатчиков, представляющих собой первое в мире семейство промышленных 6-осевых SoC (систем на кристалле) [10]. Об этих и других предложениях мы поговорим уже в контексте рассмотрения новых или, если абстрагироваться, — инновационных применений. Последнее утверждение подразумевает охват не только рынков за пределами мобильного сегмента — сегментов, новых для МЭМС датчиков движения из мобильной сферы, но и существующих для датчиков другого уровня характеристик. Поиск инновационных применений означает опережающее формирование коммерческих предложений компонентов для массовых рынков, развитие которых обусловлено доступностью передовой технологии.

Совершенствование технологий датчиков давления

В свое время (года два назад) к инновационным применениям относились, например, 3D-навигация и сервисы, основанные на местоположении (Location-Based Services, LBS), в которых были востребованы датчики давления для мобильных измерений высоты. А сегодня датчики давления уже применяются в High-End смартфонах и представляют собой весьма развитую коммерческую технологию [4]. STMicroelectronics, например,



Рис. 10. Новый высокоточный МЭМС-датчик абсолютного давления Omron

массово выпускает с сентября 2012 года мобильный однокристалльный датчик абсолютного давления LPS331AP в корпусе размерами 3×3×1 мм. Цена этого датчика составляет \$2,6 при заказе от 1000 шт.

Датчик ST способен измерять давление в диапазоне от 260 мбар (типичное воздушное давление на высоте 10 км) до 1260 мбар (давление на 1800 м ниже уровня моря) с точностью, которую производитель называет высокой, хотя, впрочем, более конкретно для этого компонента не специфицирует. Уровень точности его предшественников достигал 70 см... 1 м.

Bosch Sensortec в конце 2012 года выпустила новый цифровой датчик барометрического давления BMP280 с улучшенными характеристиками и наименьшим в промышленности фут-принтом 2,5×2 мм, высотой 0,95 мм в 8-выводном LGA-корпусе. BMP280 выводит данные абсолютного давления вместе с температурными измерениями [11].

Датчик разделяет со своим предшественником BMP180 высокий показатель относительной точности в $\pm 0,12$ гПа, что эквивалентно только ± 1 м разницы в высоте.

И хотя 1 м или прежде объявленных 70 см точности детектирования высоты достаточно для мобильных устройств, например для однозначной идентификации этажа, другие производители стремятся добиться еще большей точности детектирования своих компонентов.

Omron в конце июня этого года представила абсолютный датчик давления, способный детектировать до 50 см высоты. Новый компонент в корпусе размерами 3,8×3,8×0,92 мм анонсирован как самый высокоточный и энергоэффективный датчик абсолютного давления в мире (рис. 10). Его диапазон детектирования — 300–1100 гПа, объявленная точность детектирования в 50 см эквивалентна 6 Па, а разрешение составляет всего 0,06 Па, что эквивалентно 5 мм. Потребление тока — от 0,5 до 9 мкА, что рассчитано на батарейные устройства. Помимо популярных мобильных применений в смартфонах, Omron видит перспективы использования для своего датчика в медицинских и носимых устройствах, чему, безусловно, способствует комбинация его характеристик, размера и энергопотребления.

Заключение

Обзор, представленный в статье, показывает, что технологии мобильных датчиков движения за последние полгода-год прошли очередной этап развития [4, 7]. Интеллектуальность и характеристики компонентов, ранжированных от сенсорных узлов до дискретных датчиков, все более повышаются, а размеры корпусов и энергопотребление сводятся к минимально возможным.

Отметим, что увеличилось число новых предложений интеллектуальных компонентов, среди которых наиболее заметным событием стала эмуляция третьего виртуального датчика на основе физической интеграции двух других.

Лидирующие производители демонстрируют свои новые датчики, включая сенсорные узлы, в корпусах того же или меньшего размера, что и их предшественники, причем без компромисса или даже с преимущественными характеристиками и стоимостью. А это просто невозможно без совершенствования на физическом уровне существующих технологий или внедрения новых, что в конечном итоге приводит к более полному и всеобъемлющему распространению коммерческой технологии МЭМС и датчиков движения не только в мобильной, но и в других сферах — медицинской, промышленной и High-End технике. ■

Литература

1. Сысоева С. С. Новые MEMS датчики движения (инерции) Kionix: ультрамаломощный магнитный гироскоп и два акселерометра, один из которых самый тонкий — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/novye-mems-datchiki-dvizheniya-inercii-kionix-ultramalomoshchnyy-magnitnyy-giroskop-i-dva>
2. <http://www.innovationsinsightmag.com/news/akselerometr-giroskop-i-geomagnitnyy-datchik-v-odnom-korpuse-bosch-sensortec-predlagaet-dlya>
3. Сысоева С. С. MEMS датчики движения Bosch Sensortec нового поколения. Ч. 1 — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/mems-datchiki-dvizheniya-bosch-sensortec-novogo-pokoleniya-chast-1>
4. Сысоева С. С. Мобильные МЭМС-датчики инерции. Стандарты де-факто и новые шаги производителей // Компоненты и технологии. 2013. № 1.
5. Сысоева С. С. Датчики движения ST: новые предложения дискретных компонентов, 3-миллионный рубеж продаж и инновационные применения MEMS (МЭМС) датчиков — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/datchiki-dvizheniya-st-novye-predlozheniya-diskretnyh-komponentov-tryohmillionnyy-rubezh>
6. Сысоева С. С. Новые датчики движения компании MEMSIC. Ч. 1. Высокоточные магнитометры — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/novye-datchiki-dvizheniya-kompanii-memsic-chast-1-vysokotochnyye-magnitometry>
7. Сысоева С. С. Мобильные датчики инерции. Все более высокие уровни миниатюризации, системной интеграции и «мобильности» // Компоненты и технологии. 2012. № 7.
8. Сысоева С. С. MEMS датчики движения Bosch Sensortec нового поколения. Ч. 2 — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/mems-datchiki-dvizheniya-bosch-sensortec-novogo-pokoleniya-chast-2>
9. MEMS датчики движения InvenSense. Ч. 1. Новые промышленные стандарты де-факто в плане характеристик, миниатюризации и энергопотребления для мобильного рынка — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/mems-datchiki-dvizheniya-invensense-chast-1-novye-promyshlennyye-standarty-de-fakto-v-plane>
10. MEMS датчики движения InvenSense. Ч. 2. Новое семейство промышленных однокристалльных MEMS датчиков движения — <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/mems-datchiki-dvizheniya-invensensechast-2-novoe-semeystvo-promyshlennyh-odnokristalnyh>
11. <http://www.innovationsinsightmag.com/news/cifrovoy-datchik-barometricheskogo-davleniya-bmp280-ot-bosch-sensortec-ustanavlivaet-rynochnyy>