

# Ускорение в инновациях: новые акселерометры компании Freescale

**АЛЕКСАНДР ГУБА**, к.т.н., руководитель направления «Датчики», группа компаний «Симметрон»

*Акселерометры, устройства для измерения ускорений, прошли долгий путь развития и достигли совершенно неожиданных высот благодаря современным МЭМС-технологиям. Но как правильно использовать новые технологические преимущества для того, чтобы создавать конкурентоспособную продукцию на их основе? Об этом, а также о новой линейке акселерометров MMA845xQ компании Freescale и пойдет речь в данной публикации.*

Области применения акселерометров чрезвычайно широки. Они используются в системах оповещения о землетрясениях или предупреждают население прибрежных городов о цунами. Акселерометры широко применяются в современных мобильных устройствах — телефонах, смартфонах, КПК, портативных проигрывателях и игровых приставках. В современном автомобиле акселерометры являются частью систем стабилизации курса или в доли секунды инициируют срабатывание подушек безопасности в случае аварийной ситуации. Существует множество иных областей применения, которых становится больше из года в год.

Повсеместное распространение акселерометров стало возможным благодаря технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС), которая позволила объединить в единой микросхеме микроэлектронные и микромеханические элементы с сохранением высокой точности, присущей традиционным прецизионным электромеханическим системам. МЭМС-технологии известны относительно давно, однако далеко не каждой компании под силу создавать на ее базе конкурентоспособную продукцию.

Среди признанных лидеров в данной области выделяется компания Freescale Semiconductor, имеющая 30-летний опыт успешных разработок самых различных приложений. В настоящее время компания выпускает более 50 разновидностей акселерометров, которые сгруппированы в три серии по диапазонам измеряемых ускорений: малые (менее 20g), средние (20—100 g) и высокие (100—500g).

Одной из последних разработок компании является семейство Xtrinsic MMA845xQ, включающее 10-, 12- и 14-разрядные конструктивно совместимые акселерометры с малым энергопотреблением. Устройства содержат встроенные функции для проведения конфигурируемого пользователем прецизионного анализа ускорений. Для обеспечения сверхнизкого энергопотребления акселерометры MMA845xQ имеют шесть программируемых режимов с частотами измерений в диапазоне 1,5—800 Гц и схему управления питанием из четырех режимов: от максимального разрешения до сверхнизкого энергопотребления. Данная особенность обеспечивает высокие показатели энергосбережения и точности для измерения сверхмалых ускорений.

Конструктивная совместимость и наличие унифицированной регистровой карты максимизируют аппаратную взаимозаменяемость между 10-, 12- и 14-разрядными разработками, обеспечивая возможность перехода от 10- до 14-разрядной точности измерений без дополнительных затрат. Акселерометры MMA845xQ имеют большие технические возможности для детектирования в режиме реального времени таких параметров движения как: определение ориентации в пространстве, направленных вибраций и касаний, тряски, свободного падения и в задачах измерения перемещений. Акселерометр MMA8451Q содержит 14/8-разрядный буфер FIFO, способный хранить до 32-х выборок данных, отфильтрованных с помощью алгоритмов цифровой обработки сигналов. Более подробная информация об акселерометрах серии MMA845xQ указана в таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица параметров акселерометров MMA845xQ

Параметр	MMA8450Q	MMA8451Q	MMA8452Q	MMA8453Q	Преимущество
Напряжение питания, В	1,71...1,89	1,95...3,6	1,95...3,6	1,95...3,6	Широкий диапазон питающих напряжений расширяет области применения
Разрешение, бит	12	14	12	10	Высокое разрешение для высокоточных применений
Ток потребления, мкА	27		6		Пониженное энергопотребление позволяет продлить срок службы автономных источников питания
Низкий уровень шумов, $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Гц}}$ ( $f_{\text{выб}} = 400$ Гц)	375		99		Пониженный уровень шумов для высокоточных применений
Частота обновления вых. данных $f_{\text{выб}}$ , Гц	1,563—400		1,563—800		Расширенный диапазон увеличивает число областей применения
<b>Основные встроенные возможности</b>					
Обнаружение свободного падения	Да				Увеличение быстродействия системы
Определение ориентации					
Встроенный FIFO буфер	Да		Нет		Снижение трафика по шине I <sup>2</sup> C, пониженное энергопотребление
Обнаружение касаний	Одинарное, двойное	Одинарное, двойное, направленное			Увеличение быстродействия системы, пониженное энергопотребление
Обнаружение тряски	Ненаправленная	Направленная и ненаправленная			
Высокочастотная фильтрация данных	Да			Нет	Уменьшение времени обработки данных системой
Автоматическое пробуждение/переход в спящий режим	Да			Да	Пониженное энергопотребление

## Цифровые датчики Freescale для измерения ускорений и систем навигации



### Акселерометры Xtrinsic MMA845xQ

- Диапазоны ускорений:  $\pm 2/\pm 4/\pm 8g$
- Динамический диапазон: до 14 бит
- Высокая частота обновления данных: до 800 Гц
- Малый ток потребления: от 6 мкА
- Диапазон рабочих температур: от  $-40$  до  $+85$  °C

### Магнитометр Xtrinsic MAG3110

- Широкий динамический диапазон:  
 $\pm 1000$  мкТл
- Высокая частота обновления данных:  
до 80 Гц
- Низкое энергопотребление: 24 мкА
- Высокое разрешение:  
шаг измерений до 0,1 мкТл
- Диапазон рабочих температур:  
от  $-45$  до  $+85$  °C



[freescale@symmetron.ru](mailto:freescale@symmetron.ru)

**ТИПОВЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ FREESCALE MMA845XQ**

- **Мобильные телефоны/портативные мультимедийные проигрыватели/карманные персональные компьютеры/цифровые камеры:**
  - определение ориентации (горизонтальная/вертикальная);
  - стабилизация изображений;
  - определение угла наклона с большим разрешением;
  - ускоренный набор номера с помощью жестикულიции;
  - управление касаниями;
  - автоматический переход в спящий/активный режим для снижения энергопотребления.
- **Смартбуки/электронные книги/нетбуки/ноутбуки/планшетные ПК:**
  - защита от краж;
  - выявление состояния свободного падения для защиты жестких дисков;
  - определение ориентации;
  - детектирование касаний.
- **Системы продажи билетов в общественном транспорте**
- **Мониторинг активности в медицинских применениях.**
- **Безопасность:**
  - детектирование слабых движений с высоким разрешением;
  - определение наклонов.

- **Мониторинг и отслеживание движущихся объектов:**
  - навигационное счисление пути;
  - автоматическое пробуждение системы при обнаружении движений;
  - регистрация ударов;
  - защита от краж;
  - платежные системы.
- **Обнаружение разбалансировки в мощных машинах**
- **Силовой инструмент и мелкая бытовая техника:**
  - определение наклонов;
  - системы безопасного отключения.

Одним из представителей семейства MMA845xQ является 3-осевой 14-разрядный акселерометр MMA8451Q, оснащенный встроенными гибкими функциями для программирования и имеющий конфигурируемые выводы прерываний (INT1 и INT2). Наличие встроенного механизма прерываний обеспечивает дополнительное энергосбережение всей системы, предотвращая необходимость в регулярном опросе состояния готовности данных внешним процессором. Встроенные функции цифровой обработки сигналов позволяют минимизировать необходимость в применении дополнительных алгоритмов для выделения прикосновений, ударов и вибраций. На рисунке 1 представлена структурная схема акселерометра MMA8451Q.

Устройство может быть сконфигурировано в режиме генерации прерываний для выхода из спящего режима посредством любой из комбинаций встроенных функций,

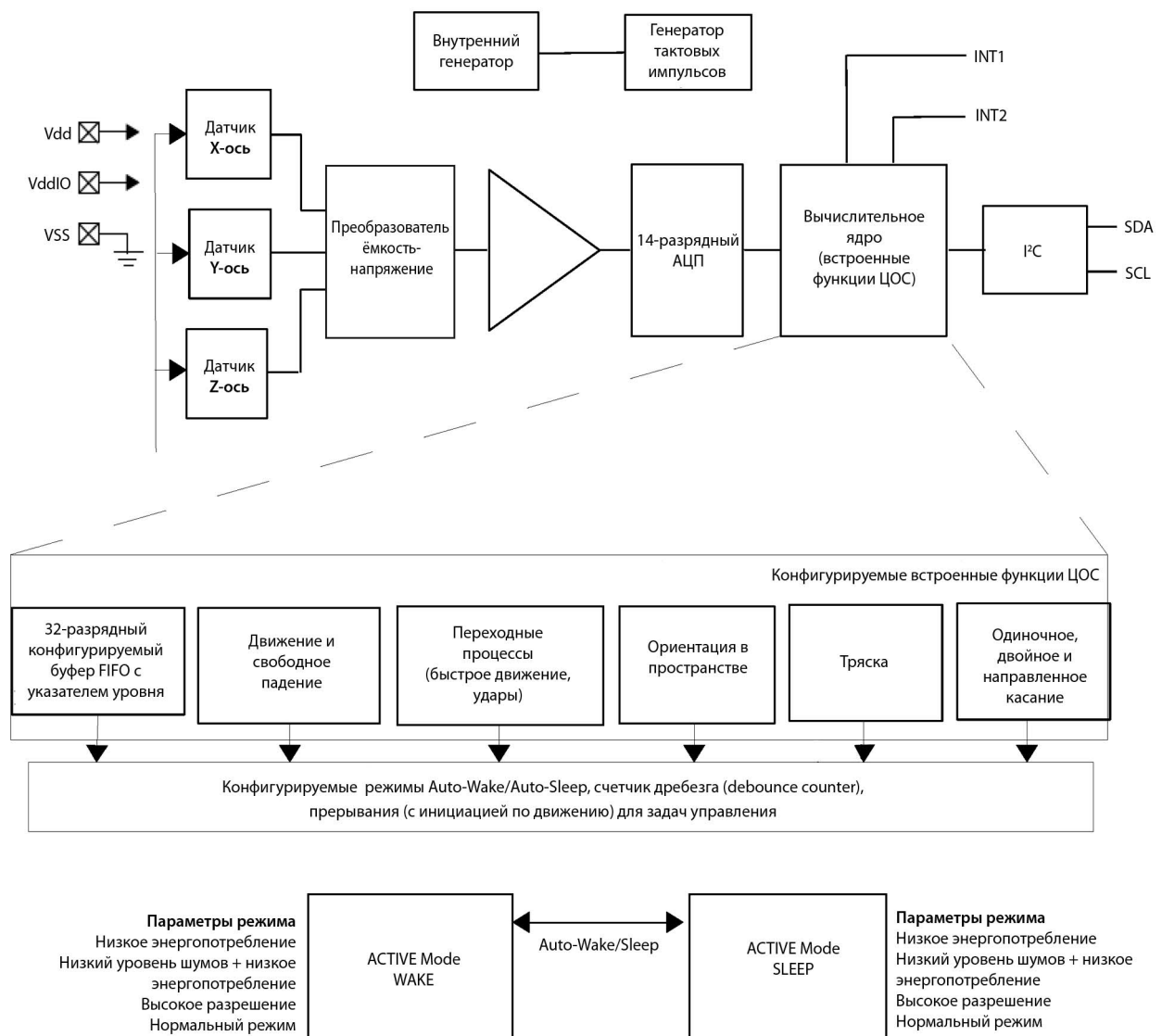


Рис. 1. Структурная схема акселерометра MMA8451Q

что позволяет одновременно вести мониторинг внешних событий и находиться в режиме пониженного энергопотребления в паузах между событиями.

Все функциональные возможности доступны в динамических диапазонах 2g, 4g и 8g. Существует множество конфигурируемых настроек, подключающих различные функции. Акселерометр MMA8451Q доступен в QFN корпусе размерами 3×3×1 мм.

#### Основные характеристики MMA8451Q:

- напряжение питания: 1,95...3,6 В;
- напряжение питания цифрового интерфейса: 1,6...3,6 В;
- динамически устанавливаемые диапазоны полной шкалы:  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$ ;
- частота обновления выходных данных: 1,56—800 Гц;
- уровень шумов:  $99 \mu g/\sqrt{Гц}$ ;
- выходные данные: 8 или 14 бит;
- выходной цифровой интерфейс I<sup>2</sup>C (тактовая частота до 2,25 МГц);
- 2 программируемых вывода прерываний для 7 источников прерываний;
- 3 встроенных канала определения движения;
- возможность определения ориентации в пространстве (горизонтальная, вертикальная) с программируемой зоной нечувствительности;
- буфер FIFO на 32 выборки;
- фильтр низких частот;
- функция самотестирования;
- удовлетворяет требованиям директивы ROHS;
- ток потребления: 6...165 мкА.

На рисунке 2 представлена электрическая принципиальная схема подключения акселерометра MMA8451Q. Питание устройства осуществляется посредством линии VDD. Конденсаторы (используется керамический конденсатор емкостью 100 нФ совместно с электролитическим конденсатором 4,7 мкФ либо один керамический конденсатор номиналом 4,7 мкФ) обвязки источника питания должны располагаться максимально близко к выводам 1 и 14 устройства. Управляющие линии SCL, SDA и SA0 не допускают превышения напряжения выше уровня VDDIO + 0,3 В. В случае, если питающее напряжение VDDIO отсутствует, на управляющих линиях SCL, SDA и SA0 с помощью встроенных антистатических защитных диодов ограничиваются любые логические уровни.

Встроенные функции, пороги и временные характеристики обоих линий прерывания (INT1 и INT2) могут быть запрограммированы пользователем посредством интерфейса I<sup>2</sup>C. Линии SDA и SCL всегда находятся в состоянии

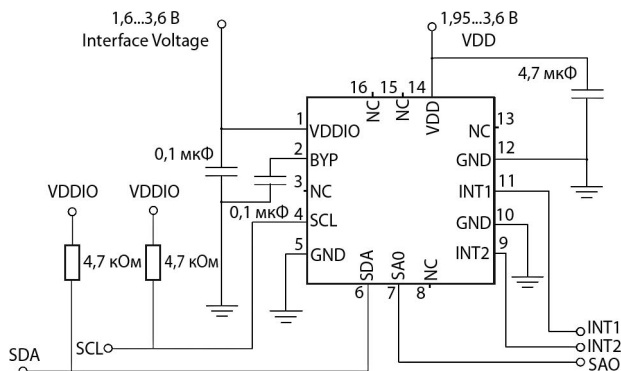


Рис. 2. Схема подключения акселерометра MMA8451Q

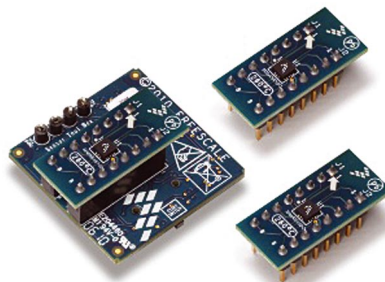


Рис. 3. Отладочные средства акселерометра MMA8451Q

с открытым стоком и требуют использования подтягивающего резистора, как показано на рисунке 2.

Серия акселерометров MMA845xQ поддерживается набором отладочных средств для ускорения процесса разработки (см. рис. 3). Отладочный комплект LFSTBEB845x содержит три отладочных платы, которые подключаются к коммуникационной плате LFSTBUSB (поставляется отдельно). Набор RDMMA845x в дополнение к предыдущему комплекту содержит USB-плату. Плата разработчика LFSTBEB8450 представляет собой оценочную платформу для акселерометра MMA8450Q и содержит микроконтроллер QE8 для организации сбора данных. Набор RD3924MMA8450Q поставляется совместно с отладочной платой для акселерометра MMA8450Q и USB-платой.

Более подробную информацию об акселерометрах и другой продукции компании Freescale см. на сайтах [www.freescale.com](http://www.freescale.com) и [www.symmetron.ru](http://www.symmetron.ru). По всем вопросам Вы также можете обратиться по адресу [alexander.guba@symmetron.ru](mailto:alexander.guba@symmetron.ru).

## НОВОСТИ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**| IEEE ИЗУЧАЕТ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ETHERNET |** IEEE сформировала новую рабочую группу, задачей которой является изучение перспектив развития Ethernet. Участники группы 802.3 Ethernet Bandwidth Assessment Ad Hoc должны опубликовать результат своей работы в июне 2012 г.

Наиболее свежая версия стандарта Ethernet 802.3ba, утвержденная год назад, включает спецификации 40G и 100G. В настоящее время в отрасли нет единства, каким должен стать шаг, который последует за этими версиями Ethernet с пропускной способностью 40 и 100 Гбит/с.

Компании Google и Facebook, владеющие большими вычислительными центрами, выступают за принятие в ближайшие годы спецификации Terabit Ethernet, которая позволит справиться с растущими потоками данных. Производители оборудования склоняются к более реалистичному варианту с пропускной способностью 400 Гбит/с. По их мнению, реализовать Terabit Ethernet пока нереально. В отрасли только начался сложный переход от скорости 10 Гбит/с к скорости 25 Гбит/с в расчете на одну линию. Несложно подсчитать, что даже для 400 Гбит/с необходимо объединение 16 линий. Дальнейшее увеличение их числа специалисты считают непрактичным.

Что касается наращивания скорости выше 25 Гбит/с, то эти работы еще не ведутся даже в лабораториях. Кстати, одной из целей перехода к скорости 25 Гбит/с было получение пропускной способности 100 Гбит/с путем агрегации всего четырех линий, а не десяти, как это было в продуктах 100G первого поколения, основанных на агрегации 10 × 10 Гбит/с. Этот позволило снизить сложность и стоимость оборудования.