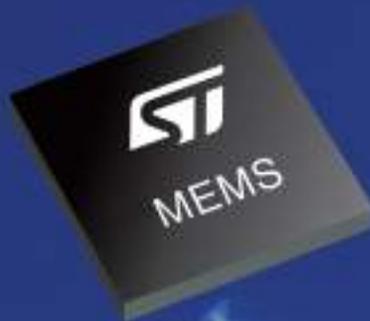


МЭМС-ТЕХНОЛОГИИ STMICROELECTRONICS



МЭМС-технология
(технология микроэлектромеханических систем) в общем виде может быть определена как система, содержащая миниатюрные механические и электромеханические элементы, которые производятся с использованием методов высокоточных микротехнологий.



Физические размеры МЭМС-устройств могут варьироваться от одного микрона до нескольких миллиметров. Также МЭМС-устройства варьируются от относительно простых структур практически без движущихся элементов до очень сложных электромеханических систем с большим числом подвижных элементов и большим количеством интегральной микроэлектроники. Важнейшее отличие МЭМС в том, что по крайней мере один элемент подвижен. STMicroelectronics является компанией номер один в мире по производству датчиков по технологии МЭМС. Такие датчики, изготовленные компанией STMicroelectronics, широко представлены в окружающих нас приборах: смартфонах, бытовой технике, охранных системах, автомобильной электронике и автомобильных системах безопасности. Многие разработчики выбирают МЭМС-продукцию STMicroelectronics за надежность и высокие технические характеристики.

Классификация МЭМС-датчиков

Акселерометры – датчики, позволяющие измерить линейное ускорение. Используются в самых разнообразных приборах и имеют разное назначение. Например, в авиационной промышленности они могут использоваться для стабилизации полета и навигации самолетов и других летательных аппаратов. В системах автоматизации акселерометры находят применение как датчики вибрации и других типов колебаний конструкций или узлов оборудования,

а в автомобильной промышленности – в качестве сенсоров в подушках безопасности.

Следует отметить, что акселерометры STMicroelectronics делятся на две группы: одни предназначены для промышленного применения, другие – для автомобильного (automotive). У акселерометров серии automotive расширенный температурный диапазон: $-40...+105$. Все акселерометры STMicroelectronics обладают функцией самотестирования. Кроме этого, продукция с индексом DH имеет выход готовности данных и выход, содержащий информацию о заполнении буфера. Далее мы рассмотрим наиболее типичных представителей данной группы датчиков STMicroelectronics.

LIS331DHL – 3-осевой акселерометр со шкалами измерений $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$, с напряжением питания 2,16–3,6 В. Обладает низким энергопотреблением, порядка 10 мкА, интерфейсом для связи с хост-процессором может служить SPI или I²C. Имеет режим sleep to wake up, при котором акселерометр, находясь в спящем режиме, способен реагировать на изменения состояния системы, и если произошло какое-либо событие, то прибор автоматически переходит в активный режим и посылает сформированную информацию о событии процессору.

LIS331HH – 3-осевой акселерометр со шкалами измерений $\pm 6g/\pm 12g/\pm 24g$. Диапазон напряжения питания составляет



2,16–3,6 В, ток потребления достигает 10 мкА. Для связи с хост-процессором используется SPI- или I²C-интерфейс. LIS331HH также обладает режимом sleep to wake up. Основное отличие от LIS331DHL заключается в большем диапазоне шкалы измерений. В техническом плане акселерометры полностью совместимы, выполнены в технологичном LGA-корпусе размерами 3x3мм.

Одним из самых популярных акселерометров на сегодняшний день является LIS3DH. По сравнению с первыми двумя акселерометрами данная схема содержит 10-битовый 32-уровневый буфер FIFO, который служит для накопления значений угловых скоростей относительно осей x, y, z. Наличие дополнительных каналов АЦП позволяет осуществить оцифровку температуры в системах, где требуется мониторинг температуры, позволяя тем самым отказаться от дополнительного внешнего датчика температуры.

Технические характеристики LIS3DH:

- Ток потребления: 11 мкА.
- Встроенный датчик температуры.
- Распознавание свободного падения и перемещения.
- Диапазон входного напряжения: 1,71–3,6 В.
- Интерфейс для связи с хост-процессором: SPI/I²C.
- Напряжение цифрового интерфейса: 1,8 В.
- Корпус, размеры: LGA (3x3 мм).

Связь с хост-процессором осуществляется через SPI- или I²C-интерфейсы. Ниже приведена таблица назначения выводов акселерометра.

Таблица 1. Назначение выводов акселерометра LIS3DH

Выход	Назначение
CS	SPI Enable – переключение режима I ² C/SPI (0 – выбран SPI, 1 – выбран I ² C)
SCL	Линия синхронизации I ² C
SPC	Линия синхронизации SPI
SDA	Шина данных I ² C
SDI	Вход последовательного приема данных SPI
SDO	Выход последовательной передачи данных
SAO	Младший бит адреса устройства шины I ² C
SDO	Выход последовательной передачи данных SPI

Схема включения акселерометра представлена на рис. 1. Все рассматриваемые далее устройства имеют похожий интерфейс и схему включения.

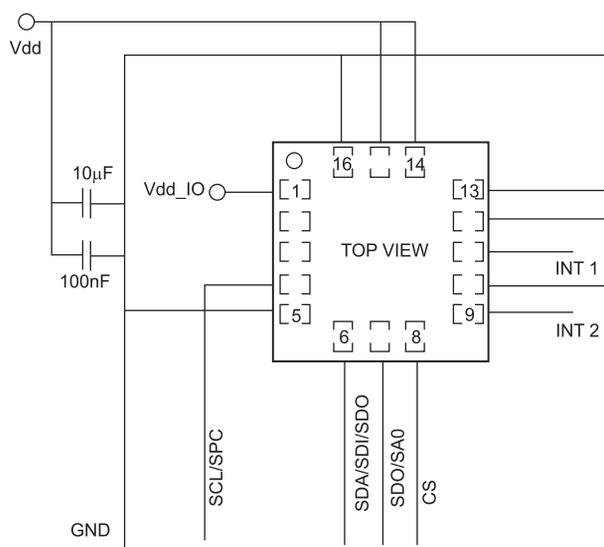


Рис. 1. Схема включения акселерометра LIS3DH

Гироскопы

Представляют собой датчики угловых скоростей, принцип действия которых обычно основан на измерении формы кольца, совершающего колебательные движения. STMicroelectronics применяет собственную технологию изготовления данного типа датчиков.

Аналоговые и цифровые гироскопы STMicroelectronics обеспечивают превосходную стабильность точности данных во времени и по изменению температуры с разрешением не ниже чем 0,03 dps, что гарантирует уровень точности, требующийся для самых передовых приложений.

Эти 3-осевые гироскопы имеют единую структуру для измерения движения по всем трем ортогональным осям, в то время как другие решения на рынке полагаются на две или три независимые структуры. Решение компании ST устраняет любые помехи между осями, которые ухудшают качество выходного сигнала, и обеспечивает повышение точности и надежности измерения движения.

Гироскопы компании STMicroelectronics могут измерять угловое ускорение в широком диапазоне (от 30 до 6000 dps) в соответствии с требованиями различных приложений, начиная от стабилизации и распознавания жестов и заканчивая счислением пути и персональной навигацией. Датчики угловых скоростей STMicroelectronics уже используются в мобильных телефонах, планшетах, игровых консолях, цифровых камерах и многих других устройствах.

Характерным представителем данной линейки устройств можно назвать L3GD20H, представляющий собой 3-осевой датчик угловой скорости.

L3GD20H имеет чувствительный элемент для измерения угловой скорости и интерфейсы I²C/SPI для связи с хост-процессором. L3GD20H обеспечивает измерения в диапазоне 245/±500/±2000 dps (град/с) по выбору пользователя. Напряжение питания составляет 2,4–3,6 В,

предусмотрены фильтры ВЧ-НЧ и встроенный датчик температуры. L3GD20H выполнен в корпусе LGA-16 (4x4x1 мм) и может работать в диапазоне температур от -40 до +85 °С.

Компасы и магнитометры

Цифровые компасы STMicroelectronics – это интеграция 3-осевого цифрового акселерометра и 3-осевого цифрового магнитного датчика в одном корпусе LGA.

Предназначенные для точного определения направления и величины внешнего магнитного поля, компасы компании ST используют акселерометр для компенсации наклона, что обеспечивает очень точное направление по компасу даже при наклоне портативных устройств.

Цифровые компасы STMicroelectronics обладают низким уровнем шума и предлагают разрешение до 2 mGauss и широкий спектр диапазонов измерения, выбираемых пользователем: от ±2 до ±16 g полного ускорения и от ±1,3 до ±16 Гс магнитного поля.

Компас данного семейства включает встроенные функции самотестирования и интеллектуальные функции снижения энергопотребления.

Характерным представителем этого семейства является SM303C – ультракомпактный высокопроизводительный электронный компас, 3D-акселерометр и 3D-магнитометр в одном корпусе.

LSM303C имеет полную шкалу линейного ускорения с максимальным значением ±2 g/±4 g/±8 g и полную шкалу измерения магнитного поля ±16 Гс.

Связь с хост-процессором LSM303C обеспечивает через шину I²C, которая поддерживает стандартный и высокоскоростной режим (100 кГц и 400 кГц), а также последовательный интерфейс SPI.

LSM303C может быть настроен на генерацию сигнала прерывания при свободном падении, обнаружение движения и обнаружение изменения магнитного поля.

Блоки магнитометра и акселерометра могут быть выключены или переведены в режим пониженного энергопотребления отдельно друг от друга.

LSM303C выполнен в корпусе LGA-12 (2,0x2,0x1,0 мм) и может работать в расширенном температурном диапазоне: от -40 до +85 °С.

Микрофоны

MEMS-микрофоны предназначены для всех аудиоприложений, где нужны малые размеры, высокое качество звука и надежность. Созданные на основе сенсорной технологии компании Omnipon, микрофоны STMicroelectronics могут заменить традиционный электретный конденсаторный микрофон (ЕСМ), одновременно обеспечивая более высокую надежность.

Микрофоны MEMS компании STMicroelectronics выполнены в уникальном инновационном пластиковом корпусе, который предлагает тонкий форм-фактор и превосходит традиционные устройства по прочности и долговечности. Лучшие в своем классе показатели SNR делают микрофоны MEMS компании STMicroelectronics подходящими не только для типичных потребительских приложений, но и для применений, требующих широкого динамического диапазона, таких, например, как измерители уровня шума.

Все устройства данной группы STMicroelectronics делятся на устройства с цифровым и аналоговым выходом.

Характерным представителем данного семейства является MP34DB01 – ультракомпактный всенаправленный цифровой MEMS-микрофон с емкостным чувствительным элементом и интерфейсом I²C с возможностью передачи стереозвука в формате PDM.

MP34DB01 имеет акустическую точку перегрузки 120 дБ с лучшим на рынке отношением сигнал/шум 62,6 дБ во всем диапазоне акустической мощности и чувствительность до -26 дБ.

MP34DB01 выполнен в SMD-совместимом экранированном корпусе RHLGA размерами 3x4x1 мм и работает в расширенном температурном диапазоне: от -40 до +85 °С.

Датчики давления

Ультракомпактные датчики атмосферного давления STMicroelectronics используют инновационные технологии MEMS для обеспечения чрезвычайно высокого разрешения



Александр Бородулин,
специалист холдинга PT Electronics,
alexander.borodulin@ptelectronics.ru

Формально говоря, термодатчики не имеют движущихся частей и попадают в классификацию, данную в статье, только как сенсоры. Но, имея схожесть по назначению конечных устройств и часто являясь частью многих МЭМС-сенсоров, упомянуты в статье вполне заслуженно, являясь едва ли не самым распространенным сенсором или датчиком. Также следует отметить, что компания STMicroelectronics постоянно наращивает долю сенсоров с цифровым выходом в своем продуктовом портфеле, что не может не радовать, так как это позволяет удешевить конечное устройство и упростить труд разработчика. Кроме того, многие типичные сенсоры включены в новые отладочные платы из серии DISCOVERY.



при измерении атмосферного давления, а следовательно, и высоты. Выполнены в ультракомпактных и ультратонких корпусах. Устройства разработаны с использованием технологии VENSENS компании STMicroelectronics – это позволяет изготавливать датчики давления как монолитный чип, что устраняет разброс параметров от пластины к пластине и повышает надежность. Мембрана очень мала по сравнению с традиционными кремниевыми мембранами и лучше защищена от повреждений.

Шум оказывает значительное влияние на точность системы при определении высоты. ST снизил шумы датчика до минимума, таким образом, высоту можно измерять с точностью до сантиметров.

Датчики давления компании ST предназначены для повышения точности GPS при определении положения внутри зданий и навигации на местности, а также при измерении точной высоты, например, в барометрах, в смартфонах, планшетах, спортивных часах, метеостанциях, а также в автомобильных и промышленных приложениях.

Характерным представителем данного семейства является **LPS331AP** – MEMS-датчик давления с цифровым выходом и диапазоном измерения давления 260–1260 мбар.

LPS331AP – это ультракомпактный пьезорезистивный датчик абсолютного давления. Имеет монолитный чувствительный элемент, цифровую схему с возможностью принимать информацию от чувствительного элемента и обеспечивать цифровой канал связи с внешним хост-процессором.

Чувствительный элемент состоит из мембранного датчика внутри одной монолитной кремниевой подложки и производится с помощью специального технологического процесса VENSENS, разработанного STMicroelectronics.

Весь чип выпускается с использованием стандартного процесса CMOS, что позволяет обеспечить высокий уровень интеграции.

Термодатчики

Датчики температуры STMicroelectronics включают аналоговые и цифровые микросхемы датчика температуры. Оба типа предназначены для использования в широком диапазоне применений, таких как промышленные, потребительские, медицинских и компьютерные сегменты рынка.

Аналоговые датчики температуры имеют низкое энергопотребление и хорошую линейность и могут работать в диапазоне температур от –55 до +130 °C. Цифровые датчики температуры отличаются низким энергопотреблением, 12-битным разрешением и могут работать в диапазоне температур от –55 до +125 °C.

Характерный представитель данного семейства – цифровой датчик температуры **STCN75**.

STCN75 является высокоточным цифровым датчиком температуры с сигма-дельта-АЦП и I²C-совместимым последовательным цифровым интерфейсом. Предназначен для общего применения, а также для персональных компьютеров, систем управления температурным режимом, электронного оборудования и промышленных контроллеров. Корпус стандартный 8-выводной TSSOP.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ LIS3DH:

- Ток потребления: 11 мкА.
- Встроенный датчик температуры.
- Распознавание свободного падения и перемещения.
- Диапазон входного напряжения: 1,71–3,6 В.
- Интерфейс для связи с хост-процессором: SPI/I2C.
- Напряжение цифрового интерфейса: 1,8 В.
- Корпус, размеры: LGA (3×3 мм).

Устройство содержит датчик температуры, 9-битный АЦП и может измерять температуру с разрешением до 0,5 °C. Погрешность измерений – не более ±3 °C в диапазоне температур от –55 до 125 °C и не более ±2 °C в диапазоне от –25 до +100 °C.

Напряжение питания – от 2,7 В до 5,5 В. При работе от напряжения 3,3 В потребляемый ток, как правило, не превышает 125 мкА.

Встроенный сигма-дельта-АЦП преобразует измеренную температуру в цифровое значение, откалиброванное в градусах Цельсия или Фаренгейта, и никакого преобразования не требуется.

STCN75 не требует никаких внешних компонентов для измерения температуры.

Комбинированный модуль iNemo

Инерциальные модули **iNemo** интегрируют различные типы датчиков и предлагают более компактные, надежные и простые в сборке решения по сравнению с дискретными продуктами MEMS. Аппаратные и программные решения iNEMO от STMicroelectronics включают в себя:

линейку LSM33-модулей в формате SIP, которые содержат акселерометр, гироскоп и магнитометр в монолитном 6- или 9-осевом решении;

модуль iNEMO-M1, 9-осевое решение с микроконтроллером STM32 на борту и готовыми к использованию программными модулями пользователя.

Программное обеспечение iNEMO имеет функции фильтрации и алгоритмы предсказания, позволяющие конечному приложению достичь наилучшей производительности.

Полный портфель аппаратных и программных решений iNEMO охватывает диапазон от простых решений обнаружения движения до решений, необходимых для самых сложных приложений, таких как расширенное распознавание движений в игровых консолях, дополненная реальность, навигация внутри помещений.

Подробную информацию обо всех МЭМС-решениях вы можете найти на сайте STMicroelectronics в разделе «MEMS and Sensors».

