

Датчики магнитного поля: ключевые технологии и новые перспективы. Часть 1. Датчики Холла

В статье представлен обзор состояния, основных сегментов и перспектив рынка датчиков магнитного поля, основным применением для которых в течение многих лет является автомобильная промышленность. В данном сегменте абсолютно лидируют датчики Холла, для которых в автомобиле существует свыше 30 применений. Ведущие производители заполняют продуктовые зазоры в данной рыночной нише новыми предложениями простых, недорогих и высокоинтегрированных датчиков Холла в параллели с более передовыми версиями 3D-энкодеров.

Светлана СЫСЬОЕВА
Dr.Gold@sysoeva.com

Введение

Датчики и преобразователи магнитного поля представляют собой устройства, которые измеряют магнитное поле (напряженность/магнитную индукцию) в скалярном и/или векторном формате и нашли широкое применение в современной электронике и различных технических областях для контроля движения, положения, скорости, направления, тока, уровня и других параметров. Основное назначение датчиков магнитного поля — определение скоростей вращения и углового абсолютного или иного (линейного, триггерного, относительного) положения в различных механизмах, машинах, устройствах. Датчики магнитного поля также используются для выполнения простых ON/OFF функций переключателей, измерения тока и как компасы. Технические области применения датчиков магнитного поля объединяют автомобильные, потребительские, промышленные, медицинские и другие.

По данным IHS iSuppli, данные сферы применения датчиков магнитного поля сформировали рыночный сегмент с доходностью без малого \$2 млрд, в котором доминирует пятерка топ-поставщиков [1, 2]. Согласно исследованию IHS, опубликованному в октябре 2013 г., сегмент датчиков магнитного поля сейчас показывает 7%-ный рост — от отметки в \$1,62 млрд в 2012 г. до примерно \$1,73 млрд в конце 2013 г. и \$1,85 млрд в 2014 г. В следующие годы ожидаемый рост рынка будет варьироваться в пределах 4–8%, и ожидаемая IHS отметка доходности данного сегмента в 2017 г. составляет \$2,2 млрд.

Согласно тому же источнику, 52% доходности рынка датчиков магнитного поля при-

ходит на долю автомобильной промышленности (рис. 1). Автомобильная отрасль для этих устройств также является ведущей и в технологическом плане. В течение долгого периода времени датчики Холла специального назначения — ASIC- и ASSP-модули — разрабатывались специально для датчиков скорости автомобиля, частоты вращения колес, коленчатого и распределительного валов, положения дроссельной заслонки, угла рулевого колеса и др. [3].

В прошлом датчики магнитного поля получили большое развитие благодаря их ключевой роли в автомобильной отрасли, что поддерживалось не только со стороны автомобильного рынка, но и законодательными регуляциями. Например, распространение датчиков угла рулевого колеса обязано системам динамической стабилизации (ESC/ESP), в которых также используются четыре датчика скорости вращения колес. Законодательные требования в отношении ESC усилили распространенность датчиков магнитного поля в автомобильном сегменте рынка в Канаде, Евросоюзе, Австралии, Южной Корее и Японии. Требования меньшей эмиссии (Euro 5, Euro 6) диктуют необходимость «озеленения» транспорта. Ужесточение контроля выхлопов является предпосылкой для более широкого распространения гибридных и электрических автомобилей и формирует рыночную нишу для высоковольтных батарей большой емкости и датчиков контроля тока/расхода мощности батарей.

Впрочем, датчики магнитного поля «у руля» не только в автомобильной промышленности, но и в других отраслях. Весьма существенную долю — порядка 37% — составляют мобильный и потребительский сег-

менты, где магнитные датчики применяются в качестве датчиков камер (автофокусировка и стабилизация изображений — контроль положения актуаторов) и дисплеев (ON/OFF), а также в электронных компасах. Остальной объем продаж приходится на аэрокосмическую и морскую промышленность, энергетику, медицину и другие малые сегменты рынка. Измерения посредством датчиков магнитного поля в этих сферах представляют собой контроль промышленных двигателей и тока.

IHS iSuppli также представила рейтинг промышленной доходности поставщиков датчиков магнитного поля, согласно которому 87% доходности от общего рыночного объема в сумме дает первая десятка. Возглавляет данный список японская компания Asahi Kasei Microsystems (AKM) — лидирующий поставщик компасов на основе эффекта Холла для мобильных телефонов и планшетов, также предлагающий клиентам обширное и инновационное портфолио автомобильных датчиков. Далее следует компания Allegro Microsystems (шт. Массачусетс, США). Третье место в рейтинге у компании Infineon Technologies из Германии, четвертое — у Micronas (Швейцария), пятое — у бельгийской компании Melexis [1, 2, 3–8]. Другие важнейшие поставщики датчиков магнитного поля — NXP (Нидерланды), японские Yamaha и Alps Electric, американско-австрийский производитель датчиков amts и компания Diodes Inc. из Техаса.

Известно много различных типов датчиков для измерения магнитного поля и использования этих данных для непосредственных или косвенных измерений различных параметров. Коммерческие технологии (в историческом порядке и по уровню тех-

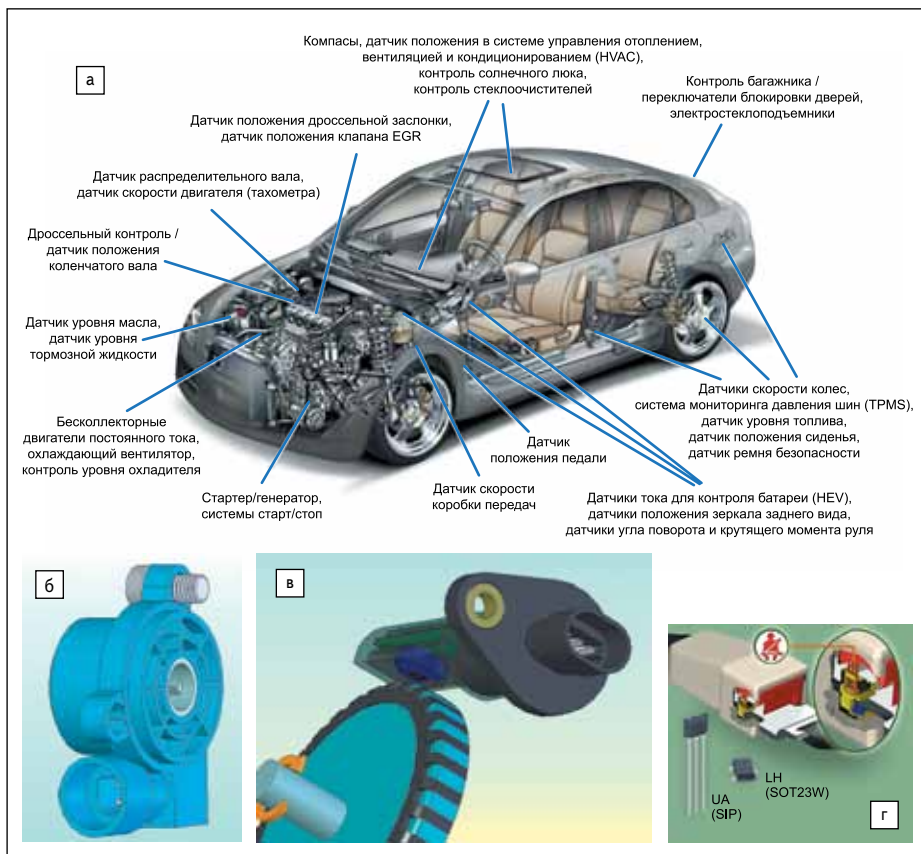


Рис. 1. Спектр автомобильных применений датчиков Холла:

а) автомобильные применения датчиков магнитного поля (источник: IHS iSuppli); б) датчик положения дроссельной заслонки; в) датчик скорости автомобиля; г) ON/OFF контроль ремней безопасности (источник: Allegro)

нического развития) включают: датчики Холла [2, 3], XMR (анизотропные магнеторезистивные, АМР), гигантские магнеторезисторы (ГМР) и новые датчики на основе туннельного магнеторезистивного (ТМР) эффекта [9, 10].

Компании AKM, Allegro, Infineon, Micronas, Melexis и ams — рыночные и технологические лидеры, специализирующиеся на датчиках Холла. Интегрированные схемы датчиков Холла и переключатели, по данным iSuppli, в 2012 г. заняли 89% от объема рынка.

Впрочем, другие типы датчиков, включая АМР, ГМР и ТМР, также показывают рост и входят на автомобильный рынок, поскольку показывают лучшие характеристики, чем АМР и датчики Холла. NXP известна своими передовыми разработками АМР-датчиков, а Infineon воплотила в жизнь передовую технологию ГМР-датчиков [9]. ТМР-эффект в настоящее время стремительно продвигает китайская компания MDT [10]. Впрочем, аналитики считают, что массовое замещение коммерческих технологий современности следует ожидать не ранее 2017 г.

В настоящее время технологические изменения, в частности смешение технологий в компасах или новые технологии датчиков магнитного поля, диктуются новыми потребностями и развиваются благодаря потребительской электронике. Как подтверждает

дальнейший обзор обновлений рыночного сегмента, автомобильный рынок остается весьма консервативным и не спешит встречать инновационные разработки.

Автомобильные датчики Холла

Ключевыми применениями технологий эффекта Холла остаются автомобильные датчики положения и скорости, для которых за последние 20 лет было предложено большое число ASIC-продуктов из категории инновационных [3, 11–14]. Примером может послужить датчик положения дроссельной заслонки, а классическим примером датчика скорости является датчик спидометра (выходного вала коробки передач). Для датчика положения дроссельной заслонки компания Micronas в конце XX в. разработала первую программируемую CMOS-микросхему датчика Холла, а компании Infineon и Allegro в тех же временных рамках ранее других представили передовые CMOS-микросхемы и модули Холла специально для датчиков скорости автомобиля, частоты вращения колес, коленчатого и распределительного валов.

Последнее десятилетие ознаменовалось выдающимися инновациями, воплотившимися в новый метод измерения угла в диапазоне 360° поворота малого дипольного магнита посредством магнитного углового

энкодера Холла, но не в стандартной для датчиков Холла, а в конфигурации магнитной системы, типичной для АМР и ГМР-датчиков [12]. Особые заслуги в предложении разработчикам специализированных компонентов принадлежали компаниям ams и Melexis. Дальнейшие разработки ИС энкодеров Холла для данной конфигурации продемонстрировали новые возможности использования интегральных магнитных датчиков для переключения бесколлекторных двигателей постоянного тока, измерения тока. Следом за магнитными угловыми энкодерами ответвилось новое поколение линейных магнитных энкодеров — датчиков линейных перемещений, подходящих как для малых дипольных, так и для больших многополюсных магнитов. Линейные энкодеры нового поколения одинаково хорошо подходят для детектирования как линейных, так и угловых перемещений многополюсных магнитов, что позволило использовать магнитные угловые энкодеры как датчики угла поворота руля с отверстием под рулевую колонку. Ранее более простые микросхемы энкодеров применялись в автомобиле в качестве датчиков скорости (частоты вращения) или импульсных переключателей многополюсных магнитных роторов [11].

Новое поколение энкодеров фактически формализовало границы между датчиками положения и скорости, как, впрочем, и различия между эффектами Холла, АМР и ГМР в плане их практического применения [12, 15–16]. Независимо от типа используемого эффекта, применение микросхем энкодеров становится унифицированным и сводится к набору одних и тех же стандартных конфигураций, изначально разработанных для эффектов АМР и ГМР, а теперь подходящих и для энкодеров Холла. Все новые методы энкодеров для эффекта Холла основаны на измерении магнитного поля, параллельного поверхности корпуса микросхем, вместе с сохранением чувствительности элементов Холла к перпендикулярному полю. Чтобы отличать от обычных новое поколение подобных энкодеров Холла, будем называть их 3D-датчиками Холла.

Теперь 3D-энкодеры Холла обладают максимальным набором инновационных признаков и составляют на данный момент технологическую верхушку датчиков магнитного поля. Микросхемы Холла создали стандарт де-факто благодаря уровню исполнения, интеграции с ASIC, доступным опциям интерфейса, избыточности и избытию предложений, которому стремятся соответствовать АМР и ГМР, а также ТМР-датчики. XMR-эффекты более чувствительны к магнитным полям, чем эффект Холла, но для успешной конкуренции датчиков необходимо обеспечить тот же или более высокий уровень характеристик и интеграции и меньшие размер, потребление мощности, цену.

Энкодеры Холла позволяют работать с малыми магнитами, и для замещения их XMR-

датчиками магниты должны быть либо слабее по величине остаточной намагниченности, либо большими по размеру — чтобы обеспечивать больший рабочий воздушный зазор. В обоих случаях особое внимание требуется уделять согласованию точности. АМР/ГМР/ТМР-датчики догоняют ASIC Холла в плане обеспечения ими уровня интеграции, размера и цены, но конкурировать с развитой технологией эффекта Холла им сложно, особенно в тех применениях, где использование датчиков возможно только при условии их низкой цены.

На фоне выдающихся технологических достижений начала XXI в. весьма показательным является тот факт, что ведущие производители датчиков магнитного поля не забывают и о переключателях. Даже самые простые (по назначению) переключатели в новом формате представляют собой высокоинтегрированные сенсорные магнитоуправляемые микросистемы, заслуживающие не меньшего внимания к деталям своего исполнения, чем передовые специализированные энкодеры. Infineon, например, для контроля переключения бесколлекторных двигателей постоянного тока (BLDC) предлагает клиентам на выбор и те, и другие. Те же самые переключатели Холла Infineon рекомендует для других автомобильных применений, особенно в области автомобильной безопасности.

Allegro Microsystems в текущем году представила пять совершенно обычных линейных датчиков (не энкодеров) для контроля углового положения. А в начале текущего года данная компания выпустила еще три простых датчика, включая стандартный двухканальный энкодер (не 3D), программируемый ключ и миниатюризированный датчик тока. Технологией 3D Allegro пока что вообще не располагает, хотя готовится войти в данный сегмент [18].

Новые предложения Melexis для автомобильного рынка демонстрируют внимание компании к таким тенденциям в автомобильном сегменте, как снижение потребления энергии и цены компонентов, удобство и гибкость клиентского использования, повышение уровня характеристик, избыточность. В 2013 г. компания обновила свое портфолио стандартных датчиков предложением нового семейства из двух простых цифровых ключей — биполярной защелки для контроля многополюсных магнитных роторов и униполярного ключа для датчиков близости, а также ввела программируемый переключатель, гибко адаптируемый для различных применений и рабочих условий. Новые предложения от Melexis «продвинутых» 3D-датчиков углового положения на основе технологии Triaxis отражают следование одной из актуальных тенденций автомобильного рынка по отношению к так называемой функциональной безопасности (в самом простом понимании надежности или избыточности) [19].

Micropas в течение 2013 г. пополнила свою обширную линейку датчиков Холла рядом предложенных компонентов, которые все без исключения предназначены для измерения положения, причем каждое из них представляет собой дальнейшее расширение семейств, успешно зарекомендовавших себя на рынке. Фирма amts в течение 2013 г. официально объявляла только о выпуске новых микросхем для переключения двигателей [20]. Самые заметные инновации компаний amts (технологического лидера по датчикам Холла) и NXP (лидера в производстве АМР-компонентов) пришлось на 2012 г. и относятся к обеспечению автомобильной функциональной безопасности. Компания AKM, прежде известная как абсолютный лидер в сегменте компасов на основе эффекта Холла для мобильных телефонов, теперь является также и технологическим лидером и представляет полную линейку предложенных датчиков Холла для автомобильного сегмента, включая ключи, чувствительные в двух направлениях, программируемые датчики тока и высокоинтегрированные 3D-энкодеры Холла [2, 4].

В фокусе — обычные ключи: от стандартных до программируемых, от одноэлементных до 3D

Новые автомобильные ключи Холла для переключения BLDC и общего назначения от Infineon

Компания Infineon весной 2013 г. выпустила серию датчиков магнитного поля TLE496x в корпусах SOT23 (рис. 2) — обычных переключателей, характеризующихся высокой точностью и эффективностью [21].

Датчики серии TLE496x отличаются самыми малыми в мире размерами корпусов (SOT23) 2,9×1,3×1 мм (на 30% меньше, чем у других аналогичных продуктов). Притом

что ток потребления составляет менее 1,6 мА, датчики способны работать на напряжении 3–32 В от неконтролируемого источника питания и противостоят напряжениям до 42 В, не требуя при этом дополнительного внешнего резистора. Диапазон рабочих температур –40...+170 °С. Дополнительные признаки продуктового семейства TLE496x — передовые характеристики включения (turn-on), сброса и выключения (turn-off) в сравнении с предыдущим поколением. Расширенные защитные функции гарантируют улучшенное качество, надежность и контроль.

На момент подготовки статьи семейство TLE496x состоит из трех серий: TLE4961, TLE4964 и TLE4968. TLE4961 — это защелка, TLE4964 — униполярный ключ, а TLE4968 — биполярный высокочувствительный датчик. Пороги переключения биполярных переключателей ±1 мТл; защелок — от ±2 до ±15 мТл; 2,5(3,5)–22,5(28) мТл — для униполярных ключей.

Типичные применения семейства TLE496x представляют собой измерения положения, переключение бесколлекторных двигателей, индексный подсчет. Униполярные и биполярные ключи и защелки семейства TLE496x используются в стеклоподъемниках, солнечных крышах, блокираторах колес, стеклоочистителях, ремнях безопасности, распределах, переключателях передач и широком диапазоне BLDC.

Infineon особо рекомендует биполярные защелки TLE4961 и датчики TLE4968 из нового семейства переключателей для переключения бесколлекторных двигателей. Данные переключатели компания впервые представила еще в 2012 г., вместе с инновационными ГМР-энкодерами для непосредственного переключения BLDC в качестве более современной альтернативы.

Несмотря на наличие более инновационных предложений, многие приводы,

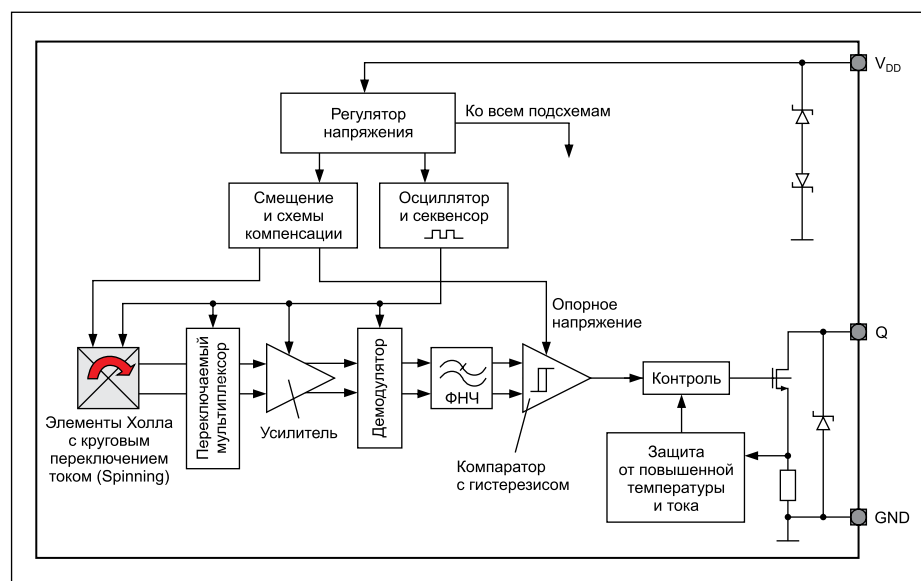


Рис. 2. Функциональная диаграмма прецизионной защелки TLE4961 (идентична для всех датчиков семейства)

которые требуют традиционного пассивного переключения, выигрывают от применения семейства переключателей Холла TLE496x в энергосбережении, точности и компактном дизайне. При потреблении тока в 1,6 мА датчики TLE496x могут сокращать потребление энергии до 50% в сравнении со сходными продуктами, представленными на рынке.

ИС датчиков обеспечивают высокие уровни чувствительности и стабильности в отношении магнитных точек переключения ($V_{op} = \pm 1$ и ± 2 мТл) и экстремально устойчивы к механическим напряжениям благодаря интегрированной компенсации ошибок. Малый магнитный гистерезис семейства TLE496x допускает высокую точность переключения, а интегрированные схемы компенсируют магнитный дрейф и обеспечивают стабильность характеристик при изменении температуры и в течение срока службы. Джиттер на типичных скоростях вращения составляет порядка 0,35 мкс. Методы активного переключения элемента Холла компенсируют смещения сигнала и влияние механических напряжений на нем.

Выходы защищены от превышения токов и температуры и повышено устойчивы в отношении электростатических разрядов (± 7 кВ в модели человеческого тела HBM). Корпус SOT-23 занимает менее чем 22% области на печатной плате в сравнении с обычным корпусом SC-59. Кроме безвыводных корпусов SOT-23, переключатели также доступны в трехвыводных корпусах SSO-3.

Новые автомобильные ключи для работы на малом напряжении от Melexis

Новое семейство цифровых CMOS-датчиков Холла автомобильного уровня исполнения по конкурентоспособной цене, которое Melexis анонсировала в 2013 г., состоит

из двух переключателей MLX92212, которые работают на малом напряжении и потребляют значительно меньший рабочий ток, чем конкурирующие устройства.

Биполярная защелка MLX92212LSE-AAA с низким гистерезисом и униполярный переключатель с высоким гистерезисом MLX92212LSE-ABA оптимизированы для работы во встроенных системах на напряжении 2,5–5,5 В в паре со многими мало-мощными микроконтроллерами. И датчик, и специфицированный микроконтроллер могут использовать ту же самую шину питания. Выходы датчика с открытым коллектором позволяют простую соединяемость с логикой TTL/CMOS. Новые датчики Холла демонстрируют минимальный дрейф точек переключения в рабочем температурном диапазоне (до +150 °C) и могут противостоять электростатическому разряду до 8 кВ.

Биполярный ключ MLX92212LSE-AAA разработан для использования с многополюсными кольцевыми магнитами или переменными магнитными полями и рекомендован для переключения BLDC, измерения скорости, магнитных энкодеров. Типичные автомобильные применения включают контроль подъема окна, автоматические двери/системы люка и автоматическое позиционирование электрически (электронно) управляемого сиденья.

Униполярный ключ MLX92212LSE-ABA позволяет использовать универсальные/слабые магниты или большие воздушные зазоры и рекомендован для простых датчиков близости магнитного источника, блокировки крышек/люков или датчиков, прерываемых ферромагнитным ротором, а также используемых при определении точного положения для переключения и таймирования (синхронизации).

Оба новых ключа MLX92212 используют усилители, стабилизируемые переключени-

ем, вместе с переключаемыми конденсаторами для подавления смещения на элементах Холла и усилителях. Технология CMOS, положенная в основу данных цифровых устройств, характеризуется снижением потребления тока и размера кристалла (важный фактор для сведения к минимуму эффекта механического напряжения). Сочетание всех факторов приводит к более стабильным магнитным характеристикам и допускает большую точность модулей датчиков.

Первый программируемый цифровой ключ Melexis

Позже в 2013 г. Melexis ввела еще один, но программируемый цифровой датчик Холла с улучшенными функциональностью и характеристиками. MLX92232 характеризуется памятью EEPROM, допускающей перепрограммирование магнитных переключающих порогов с гистерезисом. Датчик может легко программироваться для соответствия любой спецификации ключа или защелки, что имеет целью непосредственное замещение датчиков Холла предшествующего поколения или от конкурентов.

MLX92232 является первым датчиком поля в семействе устройств высокой точности, программируемых клиентом. Гибкие возможности программирования с использованием технологии Melexis PTC (программирование через разъем) допускают включение стадии калибровки готовых модулей в конце производственной линии. Метод программирования позволяет компенсировать механические допуски, вариации материала и магнита от компонента к компоненту. Программируемый переключатель гибко адаптируем для различных применений и рабочих условий, что в общем виде проиллюстрировано его использованием без дополнительных компонентов и запитывания на плате (рис. 3а).

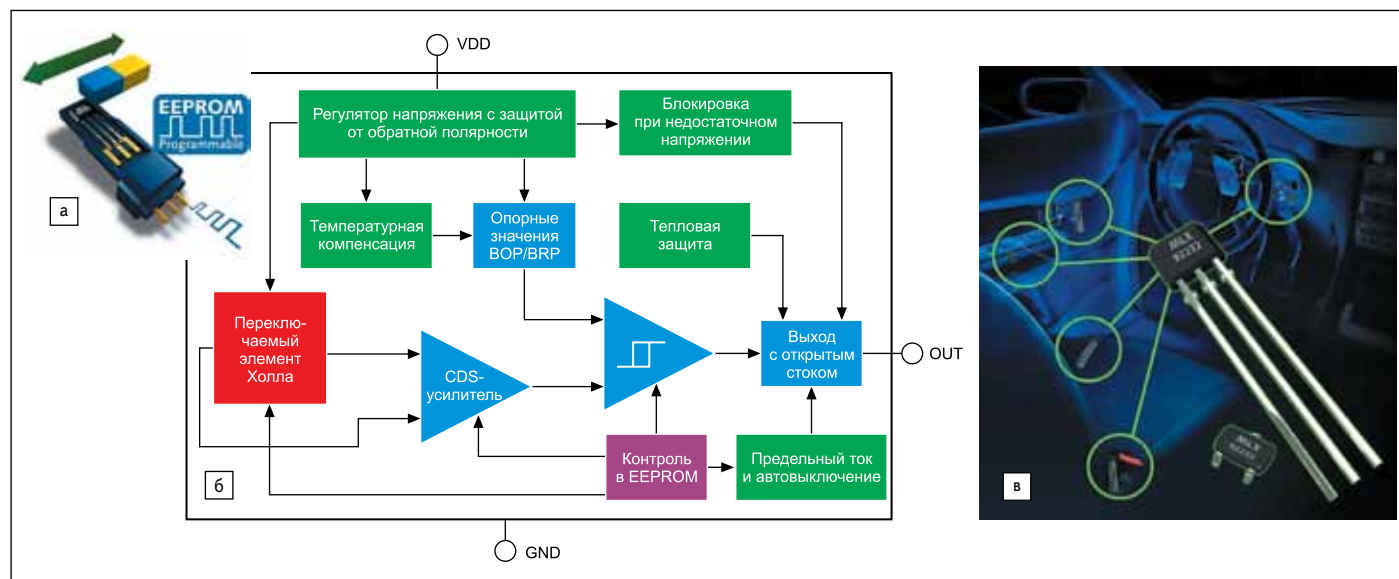


Рис. 3. MLX92232 — первый программируемый в EEPROM ключ Melexis:

а) концепция применения датчика в корпусе верхнего уровня, без платы; б) функциональная диаграмма; в) спектр кабиных применений

Программируемая архитектура допускает высокую точность переключающих порогов, датчик также интегрирует запрограммированные при производстве параметры термокомпенсации. Все это упрощает производство прецизионных, температурно-стабильных сенсорных модулей с использованием магнитных материалов низкой стоимости без сложных, дорогих температурных испытаний.

Датчик допускает рабочее напряжение 2,7–24 В и может работать в диапазоне рабочих температур –40...+150 °С. Контролируемый предел выходного тока, блокировка пониженного напряжения и температурный выключатель обеспечивают надежность, снижая общую стоимость необходимых материалов (рис. 36).

Способность работы MLX92232 на низком напряжении выгодно отличает его от других решений на рынке переключателей на основе эффекта Холла, допуская интерфейс с микроконтроллерами и другими цифровыми ИС на шине питания от напряжения <3 В. Это повышает универсальность датчика и позволяет ему быть включенным в системные конструкции, для которых нет альтернативных решений.

Встроенная функция защиты от обратного напряжения означает отсутствие необходимости для включения последовательного резистора или диода на линии питания, так что даже удаленные датчики могут быть специфицированы для работы на низком напряжении вплоть до 2,7 В, будучи устойчивыми к обратному напряжению.

Среди целевых применений MLX92232 — переключение бесколлекторных двигателей постоянного тока, системы позиционирования сиденья, датчики сцепления и датчики стоп-огней (рис. 3в).

Программируемые переключатели появились намного позже, чем программируемые в EEPROM линейные датчики Холла, пионером по выпуску которых стала компания Micronas. Программируемые линейные датчики Холла после появления целого

поколения 3D-энкодеров уже нельзя отнести к инновациям. Вероятно, тот же вывод можно сделать и в отношении программируемых ключей. Данная разработка является инновационной в рамках круга разработок компании Melexis, а для клиентов, выбор которых благодаря данному предложению еще расширился, могут быть интересны опции — например, работа на низком напряжении.

Недорогие автомобильные компоненты для типичных задач от Allegro Microsystems: программируемый ключ и двухканальный энкодер

В основном предложения датчиков Холла от Allegro представляют собой, по существу, новые версии прежних разработок, адаптированные под динамически изменяющийся спрос на подобные микросхемы в автомобильном сегменте [5]. Обновления последнего времени от Allegro включают простые ключи и защелки, стандартные линейные датчики, обычные (не 3D) энкодеры и датчики тока.

Устройство A1128, выпущенное в 2012 г., представляет собой новый программируемый униполярный переключатель Холла, разработанный для высокотемпературных применений. Датчик использует метод переключаемой стабилизации и передовые алгоритмы программирования точек переключения при фиксированном гистерезисе, что позволяет упростить конечную клиентскую сборку. Характеризуя данное передовое предложение новых программируемых датчиков от Allegro, необходимо отметить наличие набора частных преимущественных признаков, включая расширенные допуски механического размещения в конечном производственном окружении, встроенное ВЧ-тактирование, уменьшение смещения и температурного влияния на точность датчика. Теперь в линейке Allegro уже пять программируемых униполярных ключей, а всего — примерно по 20 униполярных и биполярных одноэлементных ключей.

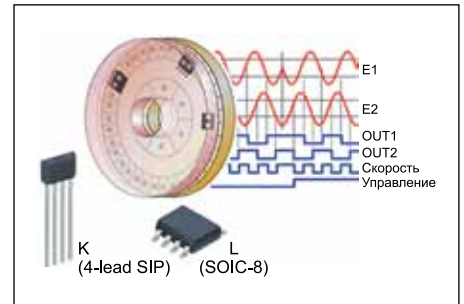


Рис. 4. Двухэлементный переключатель Allegro A1233 — датчик скорости и направления многополюсного магнитного ротора: иллюстрация применения

Двухэлементные переключатели представляют собой микросхемы с двумя независимыми выходами элементов Холла. Они могут использоваться как датчики положения (инкрементальные энкодеры), датчики скорости (частоты вращения) и направления вращения, как правило, магнитного многополюсного ротора.

A1233 Allegro (рис. 4) — это еще одна двухканальная ИС Холла, представляющая собой обычный энкодер для контроля скорости и направления вращения многополюсного магнитного ротора с высокочувствительными и стабильными точками переключения в автомобильном и промышленном температурном диапазоне. На данный момент в семействе двухэлементных переключателей Allegro представлено три микросхемы:

- A1230 — ключ с двухканальным квадратным А/В выходом;
- A1233 — датчик скорости и направления;
- A3423 — датчик скорости и направления, подлежащий замещению A1233.

Таким образом, в линейке ключей Allegro можно наблюдать только незначительные обновления, но это все еще не повлияло на прочное положение данного производителя под номером два в рейтинге ведущих поставщиков.

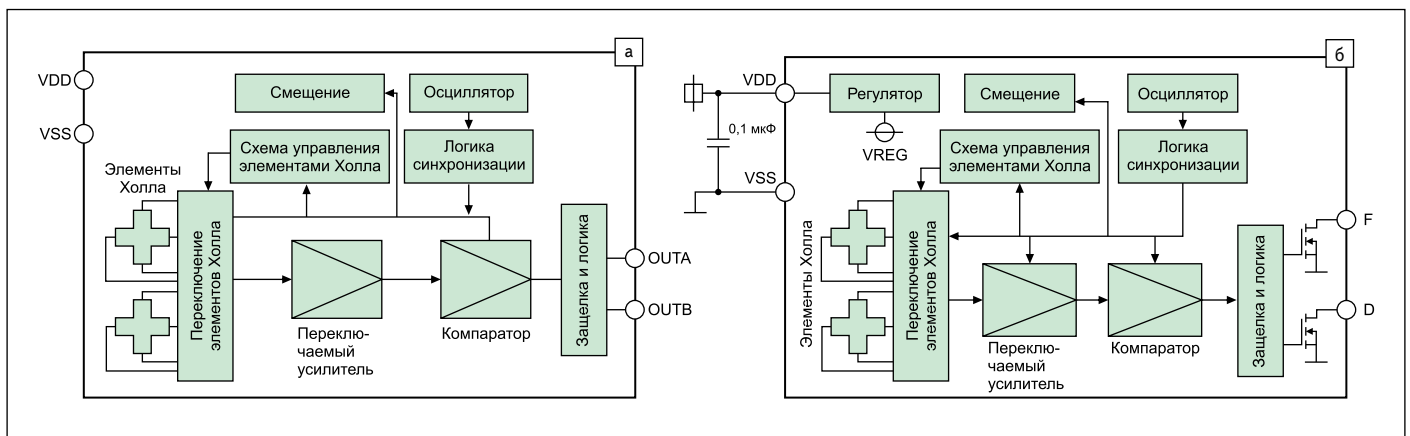


Рис. 5. Двухэлементные ключи серии AK87xx из автомобильной линейки АКМ для автомобильных систем (чувствительность в 3D): а) датчики AK8775 с А/В выходами: А — для вертикального поля, В — для горизонтального; б) AK8778 — датчики скорости/направления

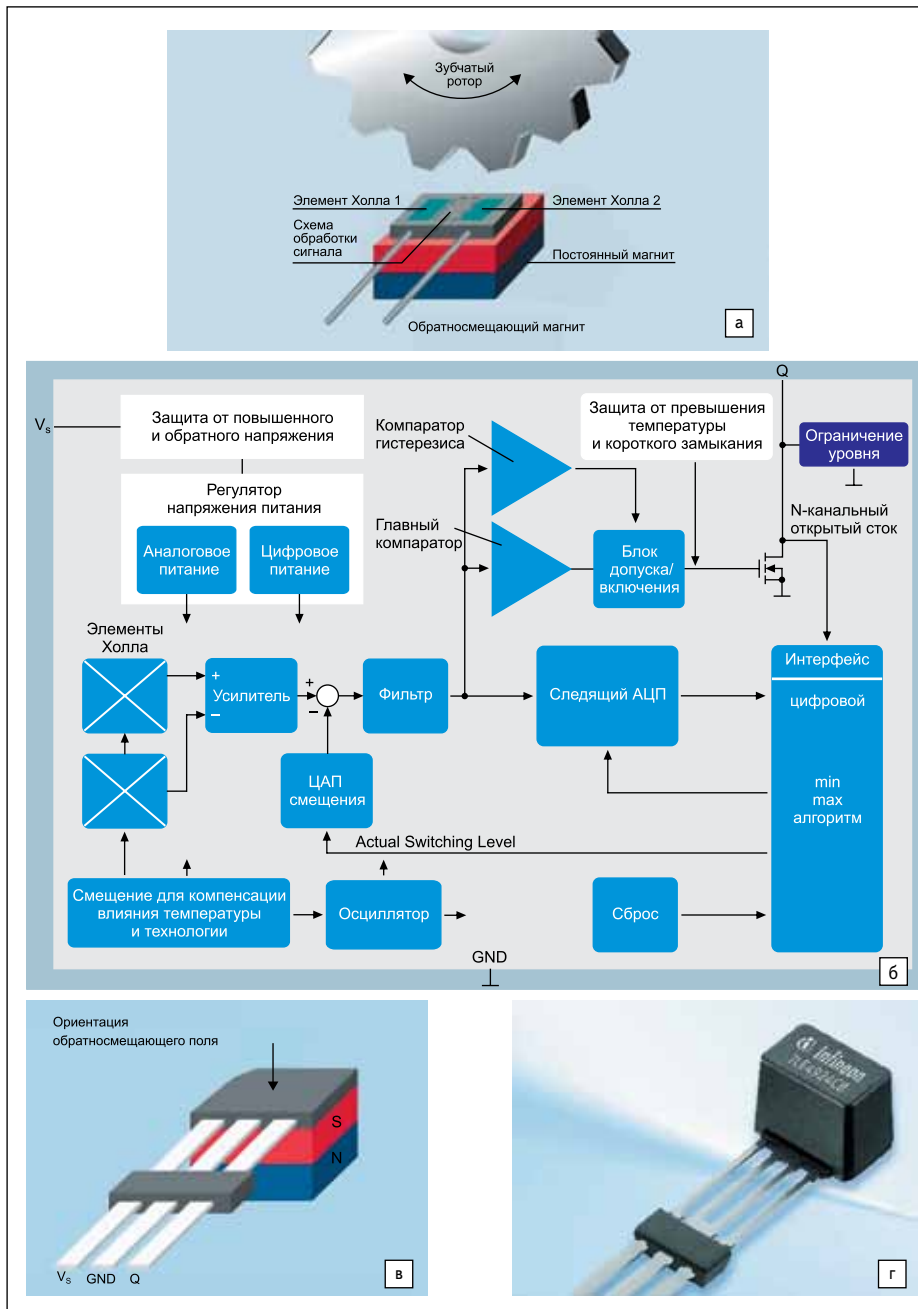


Рис. 6. Датчики Холла с интегрированным обратным смещающим магнитом iBB Infineon: а) конфигурация для применения; б) примеры iBB датчиков с интегрированным обратным смещающим магнитом TLE4924CB/TLE4927CB — высокочастотные дифференциальные датчики Холла (функциональная диаграмма); в) конструкция iBB-корпусов с конденсаторами и указанием расположения полюсов; г) внешний вид

Двухэлементные ключи из линейки АКМ для автомобильных систем: чувствительность в 3D

Asahi Kasei Microdevices с середины 90-х годов поставляет для автомобильных клиентов CMOS-микросхемы и датчики Холла, демонстрируя для них все более высокие уровни интеграции. Решения на основе автомобильных микросхем АКМ распространены в Японии, а теперь, с получением сертификации TS, имеют глобальные перспективы применения в различных сферах.

В рассматриваемую категорию входит широкая линейка бесконтактных автомобильных ключей. АКМ поставляет ИС цифровых датчиков положения, которые требуют меньше внешних компонентов. Серия АК87хх представляет собой однокристалльное решение для детектирования направления и счета импульсов магнитного ротора без внимания к его намагниченности или числа пар полюсов (рис. 5). Эти однокристалльные энкодеры обеспечивают недорогую сборку.

АКМ акцентирует внимание на чувствительности своих двухэлементных ключей одновременно в вертикальном и горизонтальном направлении. Например, ИС АК8775 (рис. 5а) представляет собой двухэлементную защелку, чувствительную к полю, параллельному и перпендикулярному маркированной стороне корпуса, и рекомендована для использования в системах углового детектирования в качестве инкрементальных энкодеров. Другое назначение подобных микросхем — применение в качестве датчиков скорости (АК8777, АК8778 (рис. 5б)).

АК7401 — еще один пример автомобильного датчика АКМ с автомобильной квалификацией, который определяет угловое положение магнитного поля, параллельного поверхности микросхемы.

Автомобильные датчики скорости ферромагнитных зубчатых роторов

Компания Infineon, занимающая третье место в списке ведущих поставщиков, представила модульное решение для контроля скорости датчиков зубчатого ротора, что является одним из самых заметных событий 2012–2013 гг. [6, 22].

Следующим ключевым событием стало то, что компания АКМ, первая в рейтинге ведущих поставщиков (хотя в основном за счет компасов), представила собственное предложение для данного сегмента рынка — АК7430, датчик скорости колеса для систем косвенного мониторинга давления шин (iTPMS), — дифференциальный датчик Холла с высокой чувствительностью и низким джиттером.

В декабре 2013 г. Infineon представила свой первый ГМР-датчик скорости TLE5041plusC, разработанный специально для iTPMS systems [23].

Самое заметное предложение 2013 г. — Infineon iBB

В 2012 г. Infineon впервые представила свои инновационные корпусные решения PG-SSOM-х-х под общим названием iBB (integrated Back Bias), т. е. с интегрированным обратносмещающим магнитом. iBB-корпуса предназначены для сенсорного контроля скорости и положения ферромагнитных структур, таких как зубчатые роторы (рис. 6а), применяющиеся в АБС, для контроля распределительного и коленчатого валов, коробки передач.

Примеры iBB датчиков Холла включают TLE4924 CB (рис. 6), TLE4927 CB, TLE4141 CB и TLE4951 CB (CB — указание на наличие обратносмещающего магнита).

Infineon — не первая фирма, реализовавшая в коммерческих продуктах автомобильного назначения идею модульной интеграции обратносмещающего магнита с основным сенсорным компонентом датчика ферромагнитного зубчатого ротора — магниточувствительной микросхемой. Allegro

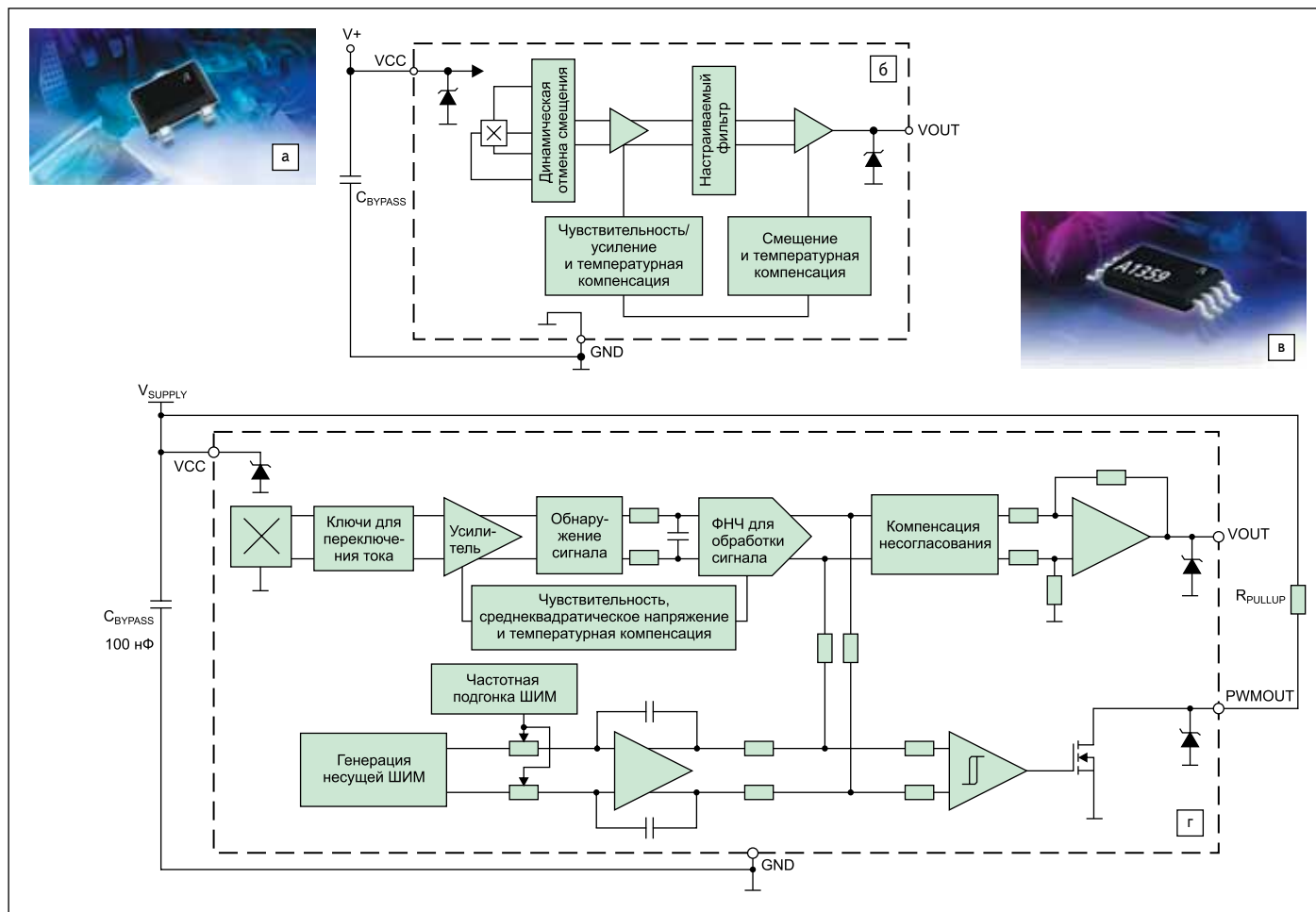


Рис. 7. Линейные (аналоговые) датчики Холла от Allegro: недорогие решения для стандартных задач (а, в — изображения датчиков; б, г — функциональные диаграммы): а, б) A1318 и A1319 — линейные датчики Холла с аналоговым выходом в миниатюрных корпусах; в, г) A1359 — новый программируемый линейный датчик с двойным аналоговым/ШИМ выходом

Microsystems — мировой лидер со стажем более 10 лет в производстве подобных модульных решений датчиков зубчатого ротора, которые Infineon впервые представила только в 2013 г. Но Infineon — единственная фирма, предлагающая для автомобильного сегмента коммерческие версии ГМР-датчиков, в том числе датчиков скорости колеса.

Модульное решение Infineon является уникальным в плане оптимизации дизайна и технологии изготовления корпусов с интегрированным обратным магнитным смещением и предлагается для использования с микросхемами Infineon датчиков в стандартных корпусах, включая корпуса, интегрированные с конденсаторами фильтров. iVB обеспечивает расширенный набор преимуществ, а общим результатом их применения становится сокращение временных и стоимостных затрат на осуществление разработки датчиков. Для разработчиков может иметь особое значение возможность выбора альтернативных решений уже от двух производителей, ведущим из которых по-прежнему остается компания Allegro Microsystems. Модули Allegro объединяют интегральные микросхемы Холла со специализированными алгоритмами для

определения скорости и уникальных отметок положения, конструктивно объединенные с обратносмещающим магнитом и ферромагнитным концентратором поля.

Датчики положения

Датчики положения объединяют два типа устройств:

1. Одноэлементные датчики, которые имеют аналоговый (или альтернативный, например ШИМ) выход в диапазоне магнитного угла до 90°. В данном сегменте актуальны общие рыночные тенденции снижения цены, доминируют датчики Холла, а уже среди них технологической верхушкой считаются программируемые (предпочтительно в EEPROM) датчики Холла.
2. Четырехэлементные энкодеры — это ключевая сфера для инноваций, включая новые опции 3D-датчиков Холла, внедрение новых технологий AMP/ГМР, достижение новых уровней автомобильной функциональной безопасности с двойными сенсорными системами и осуществление более гибкого клиентского использования посредством широкого набора опций и программирования.

Стандартные (одноэлементные) программируемые датчики Холла

Новые стандартные одноэлементные датчики, выпущенные ведущими производителями в 2013 г., представляют собой программируемые устройства различной ценовой категории и уровня исполнения.

Allegro: новые недорогие решения для простых и сложных задач

Allegro Microsystems добавила в 2013 г. к существующему портфолио датчиков магнитного поля пять новых линейных датчиков Холла. Представленные в середине текущего года A1388 и A1389, а месяцем ранее — A1318 и A1319 являются однократно программируемыми при производстве миниатюрными устройствами в корпусах SOT23W и нацелены на ряд автомобильных, промышленных и потребительских применений (рис. 7а, б) [5].

Представленная в начале 2013 г. A1359 (рис. 7в, г) представляет собой также однократно программируемую микросхему в восьмивыводном корпусе TSSOP, но с двойным аналоговым/ШИМ выходом для повы-

шения точности и обеспечения избыточности в автомобильных системах.

Каждая ViCMOS-схема (рис. 7г) интегрирует датчик Холла, схему термокомпенсации, усилитель и выходную ступень вместе с запатентованным методом динамической отмены смещения.

Программируемые датчики положения Micropas

Micropas была первой компанией, осуществившей CMOS-интеграцию сенсорных элементов на основе эффекта Холла. В настоящее время она предлагает своим клиентам эффективные и недорогие компоненты для широкого круга задач автоэлектроники, промышленности и других сфер применения. Полный спектр предложений от Micropas включает стандартные ключи (обычные и программируемые), линейные датчики (непрограммируемые микросхемы с дифференциальным и стандартным аналоговым выходом), программируемые датчики с аналоговым/ШИМ выходом, а также высокоскоростным ШИМ или цифровым (LIN, SENT) интерфейсом в составе популярных семейств HAL8ху (рис. 8а), и новое поколение прецизионных линейных датчиков с возможностью линейризации передаточной функции HAL24ху [7, 24].

В 1998 г. было начато серийное производство первых программируемых датчиков Холла, которые стали широко применяться для автомобильных задач измерения положения. В настоящее время клиентам компании Micropas доступен полный спектр технологических решений для автомобильных датчиков положения, спектр которых ранжирован от обычных одноэлементных датчиков Холла до инноваций на основе технологии 3D HAL, воплощенных в семейство угловых датчиков магнитного поля в диапазоне 360° и линейного положения до 40 мм на основе кластера из «классических» и «вертикальных» элементов Холла. Новые предложения 2013 г. включают новое семейство HAL83х и обновления семейств HAL24ху и 3D HAL. Все они являются программируемыми CMOS-датчиками положения и демонстрируют внимание компании к таким требованиям рынка, как доступность необходимых опций корпусов и интерфейсов, возможность обходиться при корпусировании без платы, повышение надежности, широкий диапазон рабочих температур (до +165 и +170 °С), электростатическая защита, линейность, точность и стабильность. Необходимость соответствия новым требованиям характеристик и надежности непрерывно актуализируется при использовании меньших магнитов, высоких рабочих температур и включении датчика в цепь без дополнительных компонентов для защиты. Предложения новых компонентов, удовлетворяющих подобным требованиям, отчасти продиктованы неос-

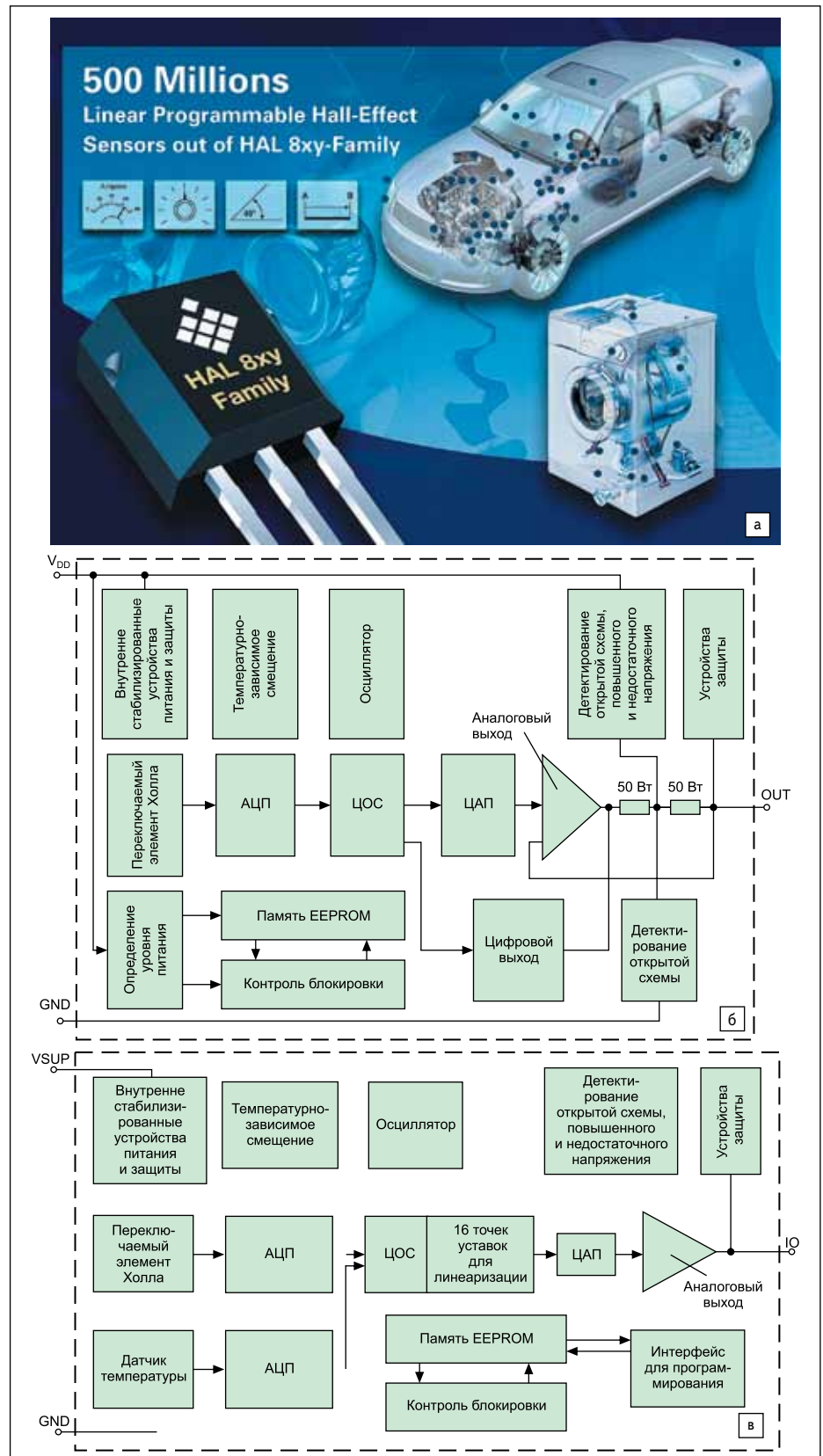


Рис. 8. Micropas: обновления семейств стандартных (одноэлементных) программируемых линейных CMOS-датчиков Холла для детектирования углов до 90° или линейного положения магнита:

- иллюстрация большого числа автомобильных применений для популярного семейства программируемых датчиков Холла HAL8ху, которых было продано свыше 500 млн;
- HAL835 — первый представитель нового семейства HAL83х со стандартными характеристиками и повышенной электростатической защитой;
- полное обновление семейства HAL24ху программируемых датчиков более высокого уровня точности и надежности — датчик с ШИМ-выходом HAL2455 (функциональные диаграммы датчиков семейства идентичны)

лабевающей конкуренцией между производителями датчиков, отчасти — спросом со стороны автомобильного рынка на более точные, надежные и стабильные датчики. Например, требование более высоких температур является следствием применения более компактных ДВС, а новые уровни точности — следствие необходимости соответствия новым стандартам де-факто в плане топливной эффективности и нормам эмиссии CO₂.

Стремясь охватить все области применения для линейных CMOS-датчиков Холла на рынке, в мае 2013 г. Micronas представила ИС HAL835 в качестве первого члена нового семейства HAL83х. HAL835 отличается повышенной для данного класса датчиков электростатической защитой до 8 кВ, возможностью высокоточного измерения слабых полей и высокотемпературной стабильностью. Выходной сигнал датчика пропорционален напряжению питания и величине (напряженности/магнитной индукции) перпендикулярного магнитного поля и имеет возможности для его калибровки и программирования.

HAL83х разрабатывалось как семейство линейных аналоговых датчиков с 12-битным выходом. Регулируемый наименьший диапазон измерения магнитных полей HAL835 может составлять всего ±15 мТл при разрешении все еще 12 бит (7,5 мкТл/бит). По сравнению с предшественником — HAL825, еще более уменьшены дрейфы смещения и чувствительности. Дифференциальная нелинейность датчика менее 0,9 LSB также удовлетворяет высочайшим требованиям к точности измерений. Кроме того, была расширена пропускная способность (частотная полоса пропускания) внутреннего фильтра.

Помимо наиболее часто запрашиваемых клиентами выходных форматов (аналоговый/ШИМ), HAL835 предлагает другой формат: мультиплексированный аналоговый. Благодаря отдельной передаче LSB- и MSB-частей измерения сигнала, достигается повышение соотношения сигнал-шум. Кроме того, реализована цифровая отмена влияния обратного смещения, которая уменьшает влияние интерферирующих статических магнитных полей и также допускает выполнение высокоточных измерений.

HAL835 был разработан в ответ на актуальные тенденции рынка, которые включают требования автомобильной промышленности в отношении более высокой электростатической защиты датчиков, использование небольших магнитов и, таким образом, снижение напряженностей рабочих магнитных полей, а также потребность в более точных измерениях параметров работы двигателя и трансмиссии для соответствия более жестким нормам контроля выхлопов, меньшего расхода топлива и снижения выбросов CO₂. Датчик HAL835 отвечает всем требованиям и обеспечивает точность, необходимую, на-

пример, для определения положения дроссельных заслонок следующего поколения.

Датчики рекомендованы для широкого спектра задач измерения линейного движения, обнаружения положения, токовых измерений или для использования в качестве бесконтактных потенциометров и рассчитаны на диапазон соединительных температур до +170 °C или окружающих до +160 °C. HAL835 имеет интегрированную память EEPROM для хранения параметров датчика.

HAL83х доступны в литом корпусе TO92UT и серийно выпускаются с третьего квартала 2013 г. Эти программируемые высокоточные и высоконадежные датчики магнитного поля последнего поколения от Micronas предназначены стать уникальным сенсорным решением в самых жестких условиях окружающей среды.

Самое недавнее обновление 2013 г. от Micronas относится к пополнению семейства HAL24ху программируемых линейных датчиков Холла, также в угловом диапазоне до 90°, но более высокой категории в плане обеспечения уровня характеристик и цены. Первые члены семейства HAL24ху были введены примерно год назад, в конце 2012 г., — это программируемые высокоточные датчики Холла HAL2420 и HAL2425 с выходным аналоговым ратиметрическим (пропорциональным напряжению питания) сигналом. Новый датчик на основе эффекта Холла HAL2455, представленный осенью 2013 г., отличается наличием ШИМ-выхода (рис. 8в).

HAL2455 допускает линеаризацию выходного сигнала посредством 16 точек с 12-битной точностью, поскольку информация о расстоянии в принципе получена при условии определенных отклонений. Для хранения необходимых параметров калибровки датчик оснащен высокотемпературной памятью EEPROM, которая надежно работает в диапазоне соединительных температур -40...+170 °C. Первые представители семейства были доступны в корпусах TO92-UT. Дополнительно предлагается SMD-корпус, который при необходимости позволяет урегулировать все механические требования позиционирования датчика в системе, обеспечивает технологичность и экономический эффект.

Для семейства HAL24ху характерна значительно более высокая линейность выходного сигнала, точность, а также снижение общей стоимости системы. Возможность использования небольших магнитов позволяет еще более снижать стоимость и экономить пространство. Благодаря высокой чувствительности и минимальному дрейфу смещения в полном температурном диапазоне, HAL24ху обеспечивает высокую стабильность всех важнейших параметров в различных клиентских приложениях клиента. В автомобиле это означает безопасную эксплуатацию датчиков на протяжении жизненного цикла всего транспортного средства.

Все представители семейства имеют расширенный набор функций для обнаружения и выявления потенциальных источников ошибок. Широкий спектр диагностических функций включает в себя обнаружение и сигнализацию о проблемах проводного подключения, локализацию короткого замыкания на выходе и, кроме того, обеспечивает различную функциональность самотестирования для полного пути сигнала датчика и памяти. Все ошибки обозначаются поделенной пополам частотой ШИМ и, таким образом, поддаются расшифровке через выделенные рабочие циклы. Все члены семейства HAL24ху отвечают высоким требованиям ЭМС автомобильной промышленности и предлагают очень высокую электростатическую защиту. С 8 кВ (НВМ) ESD датчики значительно превосходят большинство решений, доступных в настоящее время на рынке.

Программирование датчиков осуществляется непосредственно через двунаправленный выходной контакт путем изменения выходного напряжения без необходимости отдельного вывода для программирования.

Типичные применения в автомобиле включают переключение механизмов коробки передач или детектирование положения при контроле высоты для регулировки фар, любой тип измерения углов до 180°, обнаружение положения и неизнашиваемую замену обычных потенциометров.

Новый представитель семейства с ШИМ-выходом HAL2455 будет доступен в виде образцов в первом квартале 2014 г. Производство SOIC8-корпусов запланировано на второй квартал 2014 г. Ранее компания сообщила о том, что ведутся работы также над осуществлением SENT и PSI-5 интерфейсов для семейства HAL24ху, которое со своими расширяемыми функциональными возможностями относится к средней и верхней ценовой категории в палитре продукции фирмы Micronas и по своей архитектуре имеет много общего с семейством инновационных датчиков 3D HAL, о котором поговорим уже в продолжении данной статьи. ■

Продолжение следует

Литература

1. Сысоева С. С. Автомобильный сегмент — ведущая отрасль для датчиков магнитного поля // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
2. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля. Спектр высокообъемной продукции от ведущих поставщиков // Компоненты и технологии. 2012. № 1.
3. Сысоева С. С. Новые интегральные датчики Холла специального назначения // Компоненты и технологии. 2004. № 9.
4. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля Asahi Kasei Microsystems (АКМ). Полная линейка интегральных датчиков Холла для автомобильных применений // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.

5. Сысоева С. С. Датчики Холла Allegro 2013 г. Новые недорогие решения для простых задач // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
6. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля Infineon 2013 г. Новые автомобильные ключи Холла и ГМР-энкодеры для BLDC двигателей // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
7. Сысоева С. С. Автомобильные датчики Холла Micronas 2013 г. Программируемые датчики положения рулят // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
8. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля Melexis. Обзор обновлений за последний год // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
9. Сысоева С. С. ХМР микросистемы — альтернатива датчикам Холла в системах измерения и тока // Компоненты и технологии. 2012. № 4.
10. Сысоева С. С. ТМР датчики МДТ. Технология туннельного магниторезистивного (ТМР) эффекта и продукты на данной основе // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
11. Сысоева С. С. Автомобильные датчики скорости. Анализ конструкций и перспективы развития // Компоненты и технологии. 2004. № 7, 8.
12. Сысоева С. С. Автомобильные датчики положения // Компоненты и технологии. №№ 1'2005–7'2006.
13. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля. Новые применения и технологии измерения движения и тока // Компоненты и технологии. 2011. № 3.
14. Сысоева С. С. Датчики магнитного поля. Новые сенсорные решения. Выход на новый уровень измерений // Компоненты и технологии. 2011. № 8.
15. Сысоева С. С. Датчики близости/положения/расстояния. Важные обновления и дальнейшие перспективы // Компоненты и технологии. 2008. № 3.
16. Сысоева С. С. Новые концепции датчиков скорости/положения // Компоненты и технологии. 2008. № 1.
17. Сысоева С. С. Автомобильные датчики положения. Актуализация надежных и недорогих интегральных компонентов // Компоненты и технологии. 2009. № 3.
18. Сысоева С. С. Обзор патентов Allegro Microsystems. Круговые вертикальные элементы Холла CVH и другие инновации // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
19. Сысоева С. С. Новые перспективы автомобильной функциональной безопасности // Innovations Insight Magazine. 2013. № 1.
20. Надежный, точный датчик положения от ams помогает бесколлекторным двигателям постоянного тока (BLDC) в блоке управления коробкой передач работать плавно и эффективно // <http://www.innovationsinsightmag.com/news/nadyozhnyy-tochnyy-datchik-polozheniya-ot-ams-pomogaet-beskollektornym-dvigatelyam-postoyannogo>
21. Датчики магнитного поля Infineon TLE496x в корпусах SOT23. Новая серия высокоточных и высокоэффективных датчиков Холла // <http://www.innovationsinsightmag.com/news/datchiki-magnitnogo-polya-infineon-tle496x-v-korpusah-sot23-novaya-seriya-vysokotochnyh-i>
22. Новые датчики скорости Infineon с интегрированным обратным магнитным смещением iBB (integrated Back Bias) // <http://www.innovationsinsightmag.com/articles/novye-datchiki-skorosti-infineon-s-integririvannym-obratnym-magnitnym-smeshcheniem-ibb>
23. Первые коммерческие ГМР дифференциальные датчики скорости колес Infineon // <http://www.innovationsinsightmag.com/content/novye-datchiki-skorosti-infineon-s-integririvannym-obratnym-magnitnym-smeshcheniem-ibb>
24. Сысоева С. С. Датчики Холла компании Micronas: новые технологии и компоненты // Компоненты и технологии. 2013. № 5.