

Датчики магнитного поля.

Спектр высокообъемной продукции от ведущих поставщиков

Светлана СЫСОВЕВА
Dr.Gold@Sysoeva.com

В статье представлен обзор состояния рынка и продукции датчиков магнитного поля, превысивший на данный момент \$1 млрд. Топ из пяти поставщиков, доминирующих на рынке сбыта датчиков Холла, компасов и других магнитных датчиков, включает АКМ (Япония), Allegro MicroSystems, Inc. (США), Infineon Technologies (Германия), Micronas (Швейцария) и Melexis N. V. (Бельгия). В статье рассказывается о линейках, базовых продуктах и обновлениях продукции этих компаний.

Введение

Глобальные продажи кремниевых датчиков магнитного поля в этом году приблизились к \$1,5 млрд. В 2010-м общемировые продажи магнитных датчиков поля составили \$1,18 млрд. В 2011 году рост прибыли составляет не менее 23,7%. Эти данные предоставила компания IHS iSuppli (www.isuppli.com) по результатам недавно опубликованного анализа рынка магнитных датчиков.

В 2010 году выручка пяти топ-поставщиков в совокупности достигла \$962,0 млн, или 82% рынка общим объемом в \$1,18 млрд (рис. 1). Топ из пяти поставщиков включает Asahi Kasei Microsystems (AKM), Allegro MicroSystems, Inc., Infineon Technologies, Micronas и Melexis N. V. (рис. 16).

AKM и четыре других топ-игрока, также с сильными показателями продаж, доминируют на рынке кремниевых датчиков магнитного поля, широко используемых не только в потребительских, но и в автомобильных и промышленных применениях. Автомобильный сегмент вместе с промышленным потребляет до 50% от общего объема продаж магнитных датчиков. Насчитывается свыше 70 (до 100) автомобильных применений магнитных датчиков, включая контроль дросселя, педали, антиблокировочные системы (датчики скорости колеса), электронное рулевое управление, автоматическую трансмиссию и управление батареей (датчики тока).

В промышленности ключи Холла используются для коммутации бесколлекторных двигателей, измерения тока в инверторах, осуществления переключения в различных системах.

IHS находит, что рынок кремниевых магнитных сенсорных элементов, ИС датчиков, переключателей достиг в 2010 году \$1184 млн в денежном выражении и достигнет \$2468 млн в 2015 году: ожидается рост

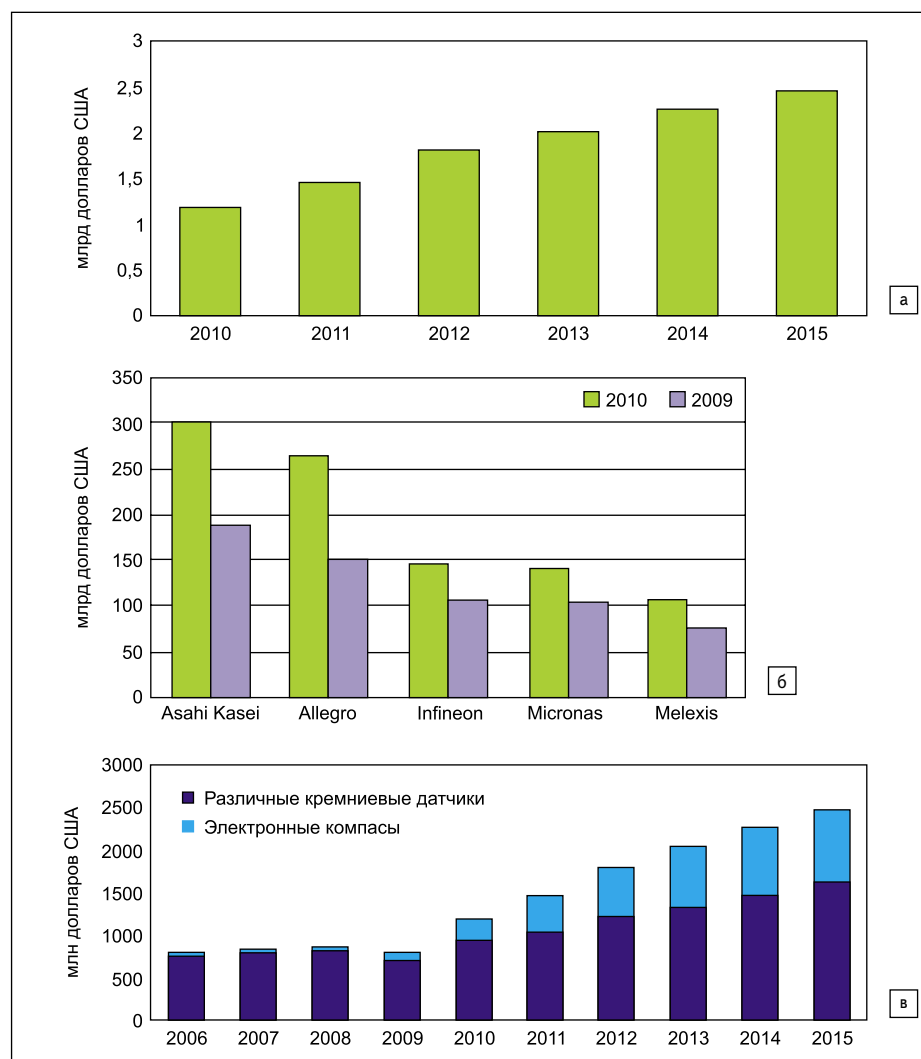


Рис. 1. Состояние и перспективы на ближайшие годы глобального рынка кремниевых датчиков магнитного поля. Оценка IHS iSuppli в цифрах:
а) прогноз общемировых продаж кремниевых магнитных датчиков;
б) результаты продаж топ-пятерки поставщиков кремниевых магнитных датчиков магнитного поля в 2010 году (в сравнении с показателями 2009 года);
в) сопоставление динамики глобальных продаж компасов и других датчиков магнитного поля

этого сегмента со средним CAGR в 15,8%. Причем этот рост обусловлен ростом продаж компасов (рис. 1в). Общее число проданных компасов в 2010 году составило порядка 263 млн единиц, что эквивалентно примерно 354%-ному росту в сравнении с объемами порядка 58–59 млн единиц, которые были проданы за 2009 год. Глобальные продажи компасов в 2010 году составили \$242,3 млн, а в 2011 году глобальная выручка от продаж электронных компасов достигнет \$419,1 млн, что почти вдвое больше в сравнении с показателем прошлого года. Аналитики прогнозируют 73%-ный рост доходности рынка компасов в текущем году.

Основное применение компасов — GPS-навигация, которая стала стандартным признаком смартфонов типа Apple iPhone, планшетов и других устройств.

На фоне показателей 2010 года глобальные продажи компасов в 2015 году будут увеличены втрое и достигнут \$842,2 млн и 1,28 млрд единиц. iSuppli ожидает также, что число магнитных датчиков и ключей достигнет в 2015 году 8291 млн.

АКМ — «восходящее солнце» в сегменте датчиков магнитного поля

АКМ (www.asahi-kasei.co.jp) — лидер в сегменте рынка датчиков магнитного поля, линейку которых составляют компасы и датчики для потребительской электроники.

Согласно анализу IHS iSuppli, японская компания АКМ занимает первую строчку в рейтинге поставщиков кремниевых магнитных датчиков с 2009 года. IHS оценивает, что АКМ в 2010 году выручила за свои магнитные датчики примерно \$300 млн, что на 58% больше в сравнении с объемами продаж 2009 года (\$190 млн). По данным iSuppli, более трети от общей выручки Asahi Kasei объемом в \$300 млн в 2010 году составили 3-осевые компасы, а это порядка половины от глобальных продаж датчиков магнитного поля (свыше \$242,3 млн).

В 2011 году IHS iSuppli опубликовала данные о том, что четыре японские компании — АКМ Semiconductor, Yamaha Corp., Aichi Steel и Alps Electric — охватили вместе 97% глобального сегмента рынка компасов.

Ведущее положение АКМ связано с успехами продаж электронных магнитных компасов на основе эффекта Холла, используемых в сотовых телефонах, планшетах, цифровых камерах, портативных навигационных устройствах и других потребительских продуктах.

Удерживать доминирование в этом сегменте рынка АКМ позволили продукты, подобные iPad и iPhone компании Apple. 3-осевые электронные компасы применяются в iPad, iPad 2, iPhone 3GS и iPhone 4 и других устройствах, и именно 3-осевые компасы дали одну треть продаж магнитных датчиков Asahi

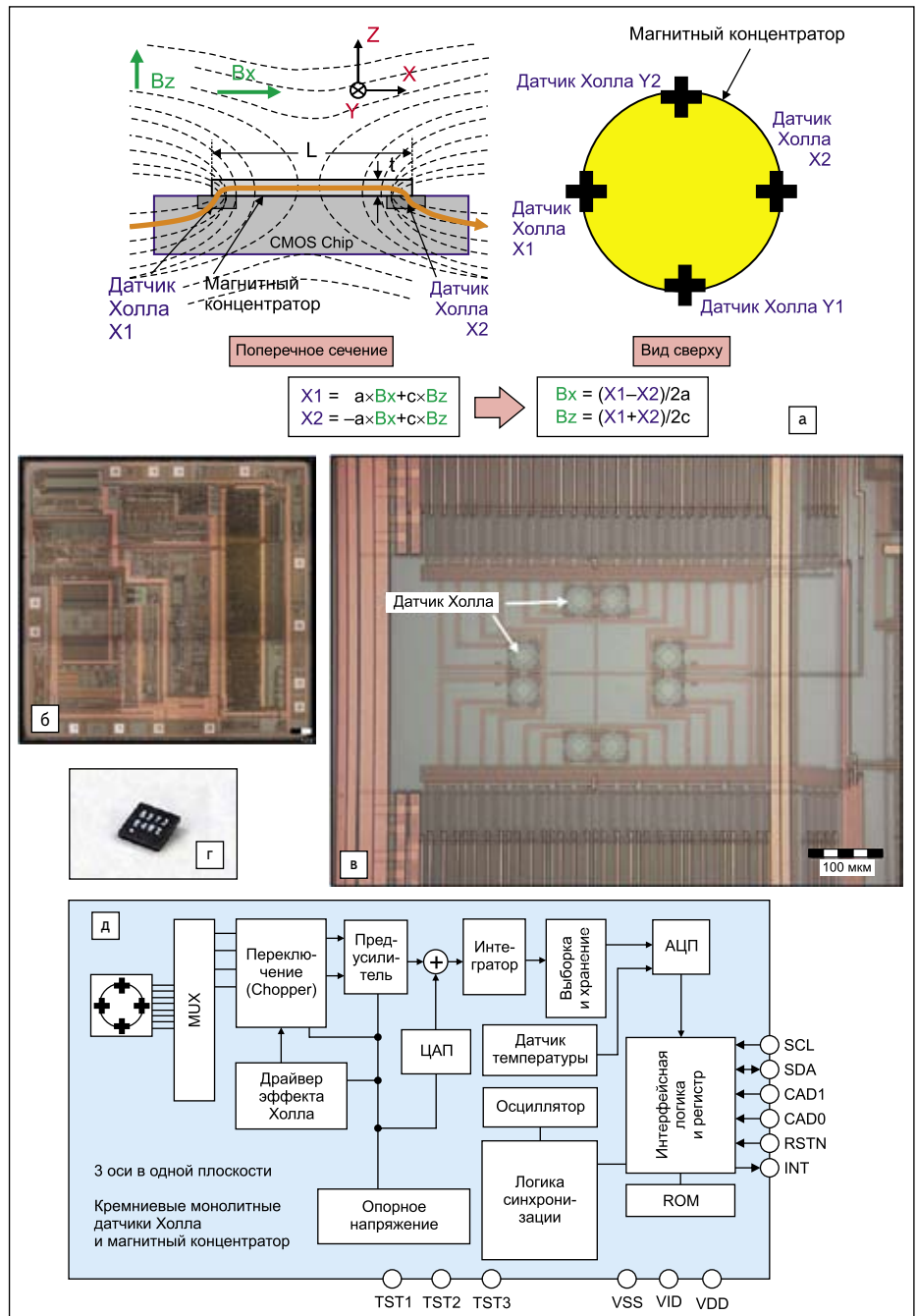


Рис. 2. Магнитный электронный компас AK8973S АКМ. Устройство и функциональная диаграмма: а) принцип работы геомагнитных датчиков (источник: Asahi Kasei Microdevices); слева — профиль линий магнитного поля для детектирования элементами Холла по длине и ширине; справа — вид ИМК и элементов Холла в плане; б, в) вид ASIC с элементами Холла (источник: System Plus Consulting); г) 15-выводный WLCSPP LGA корпус AK8973S (2,5×2,5×0,5 мм); д) блок-диаграмма

Kasei в 2010 году. Другие две трети продаж составили недорогие ключи и датчики для потребительской электроники и техники.

Ориентирование по компасам — альтернатива GPS-навигации, в этих применениях компасы объединяются с акселерометрами и гироскопами для выполнения инерциальных измерений. Компасы также оказывают помощь в играх (обнаружение жестов), а в будущем, возможно, они войдут в другие сенсорные кластеры.

Трехосевые электронные компасы Asahi Kasei были впервые применены в сотовых телефонах. В этом сегменте Asahi Kasei была первой компанией — производителем 3-осевых геомагнитных датчиков, применяемых для эффективной коррекции наклона сотовых телефонов и надежного определения геомагнитного направления без необходимости удерживать телефон в горизонтальном положении.

Малый размер датчика Холла вместе с другими присущими ему преимущественными

характеристиками способствует его встраиванию в корпус сотового телефона.

Датчики Холла обеспечивают линейность, достаточную чувствительность, динамический диапазон для ручных устройств с функциями детектирования геомагнитного поля. В некоторых применениях другие типы магнитных датчиков обеспечивают более высокую чувствительность, что используется для более точных измерений относительно слабого магнитного поля Земли. Но сотовые телефоны часто подвержены воздействию сильных магнитных полей и возмущений, которые могут легко насытить высокочувствительный датчик, который вдобавок может быть весьма чувствителен к шумам. В связи с этим датчики Холла являются оптимальным решением для эффективных измерений геомагнитного поля и компенсации внешних полей и возмущений.

Алгоритм DOE (Dynamic Offset Estimation) обеспечивает автоматическую регулировку от значительных изменений магнитных полей, что устраняет необходимость в повторяющейся ручной регулировке.

S-cube (S³) — бренд электронных компонентов АКМ, объединяющий серии продуктов АК8973, АК8974, АК8975 и АК8976.

АК8973S представляет собой монолитный кремниевый 3-осевой компас на основе сенсорной структуры Холла с круговым ИМК (интегрированным магнитоконцентратором), под которым по периферии размещены восемь спаренных элементов Холла (рис. 2а–в). Сенсорная структура сформирована четырьмя ячейками крестообразного массива с фазовым смещением в 90°.

Элементы Холла могут измерять магнитное поле в направлениях X и Y. Магнитное поле в направлении Z также может быть измерено:

$$\begin{aligned} X_1 &= aB_X + cB_Z \\ X_2 &= -aB_X + cB_Z \\ B_X &= (X_1 - X_2)/2a, \\ B_Z &= (X_1 + X_2)/2c. \end{aligned}$$

Кремниевый кристалл закорпусирован на уровне пластины. WLP LGA корпус АК8973S достигает размеров 2,5×2,5×0,5 мм (рис. 2г), размеры QFN-корпуса АК8973N с 16 выводами — 4×4×0,75 мм, а 15-выводный WLCSP BGA корпус АК8973B имеет размеры 2,5×2,5×0,9 мм.

Измерительный диапазон датчиков составляет ±2000 мкТл.

Блок-диаграмма АК8973S показана на рис. 2д. Секвенсор контролирует измерения, производимые посредством 3-осевого магнитного датчика, и температуры.

Датчик включает 8-битный ЦАП для компенсации магнитного смещения и 8-битный АЦП.

8-битный цифровой выход (с 12-битным эквивалентным разрешением, достигнутым посредством комбинации ЦАП и АЦП) с ин-

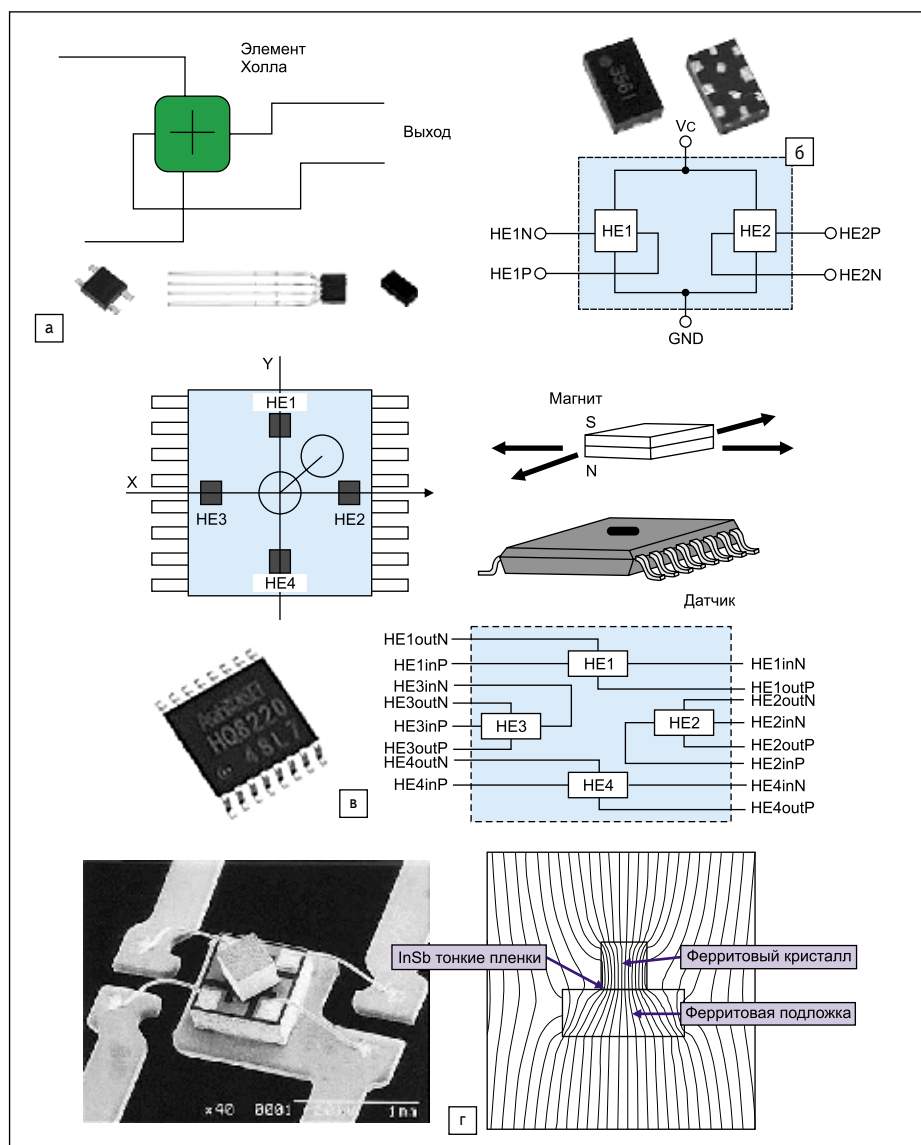


Рис. 3. Спектр магнитных сенсорных продуктов от Asahi для измерения положения/скорости:
 а–г) элементы Холла:
 а) блок-диаграмма элемента Холла и внешний вид элементов HG-106C-2U, HG-0812 и HG-302A;
 б) HQ-0221 — InSb элементы Холла (два элемента в одном корпусе);
 в) HQ-8220 — 4 элемента Холла в одном корпусе для выполнения угловых измерений в диапазоне 360°;
 г) высокочувствительные элементы АКМ HW из материала InSb с ферритовыми концентраторами

дивидуальной регулировкой данных (чувствительности) доступен через последовательный интерфейс I²C.

Измерительный диапазон 3-осевого датчика АК8975B составляет ±1200 мкТл. Выход — 13-битный с разрешением 0,3 Тл. Последовательные интерфейсы включают I²C (который может работать в стандартном или быстром режиме) и 4-проводной SPI.

Размеры АК8975 в 16-выводном корпусе QFN 4×4×0,75 мм, а АК8975B в 14-выводном WL-CSP BGA — 2×2×0,6 мм.

Целевые применения компасов от АКМ — системы навигации потребительских электронных устройств, игровые контроллеры.

За пределами компасов магнитные датчики АКМ допускают бесконтактные измерения линейного и углового положения, тока. Бесконтактные измерения механического по-

ложения с использованием малого магнита обеспечивают высокую надежность и большой срок службы устройства. Датчики магнитного поля не чувствительны к загрязнениям, пыли, маслу и темноте.

Линейка магнитных сенсорных продуктов Asahi включает:

- элементы Холла;
- униполярные, биполярные, омниполярные ключи Холла;
- биполярные защелки Холла;
- линейные ИС Холла;
- токовые сенсорные модули;
- интегральные датчики углового положения.

Датчики Холла АКМ предлагаются в широком диапазоне типов корпусов для соответствия различным требованиям, рабочие характеристики (чувствительность и т.п.) и возможности для дизайна могут варьироваться.

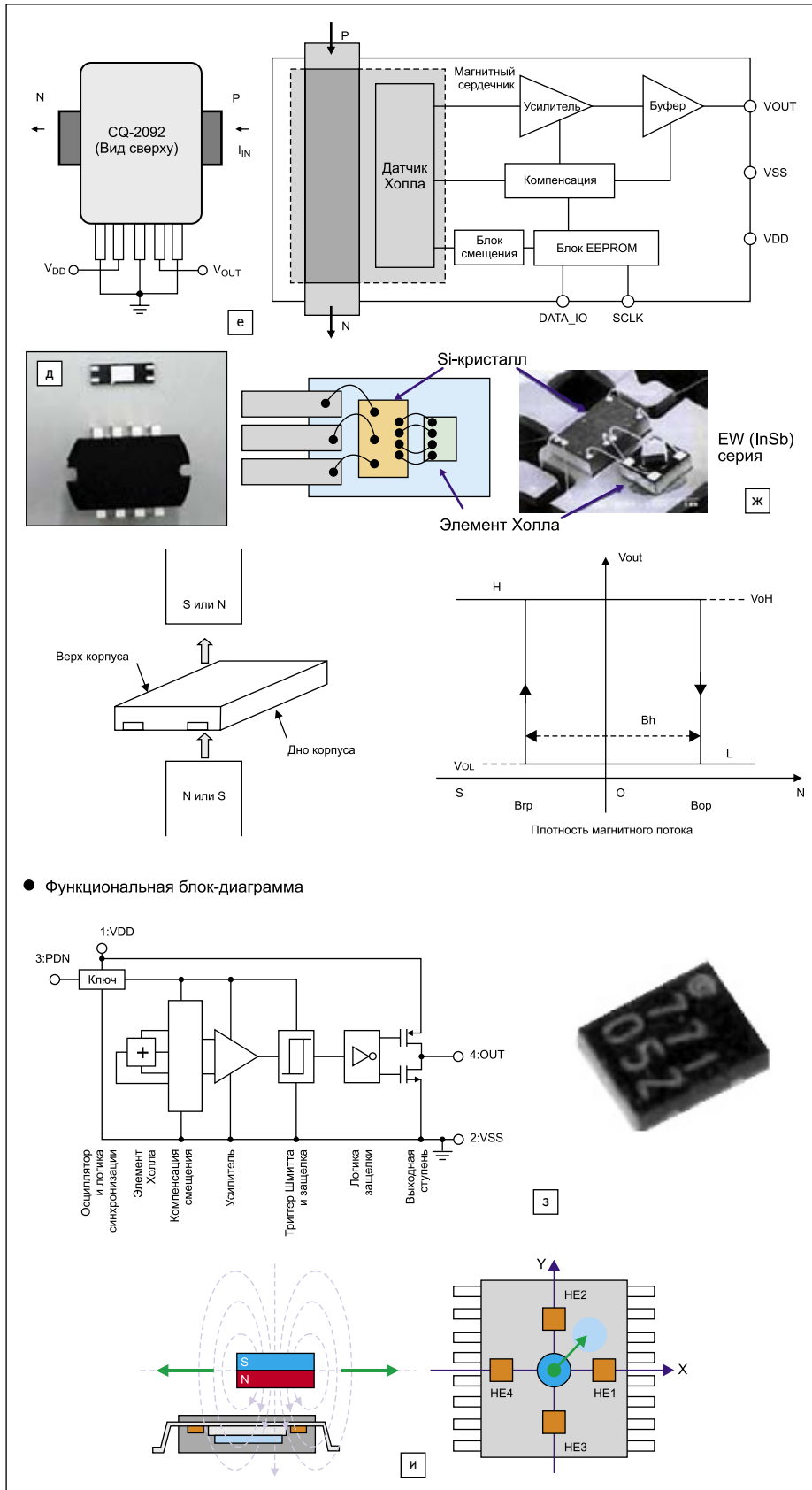


Рис. 3. Спектр магнитных сенсорных продуктов от Asahi для измерения положения/скорости:
 д) полупроводниковые магниторезистивные элементы серии MS в корпусе DIP;
 е) токовые модули CQ-2092 с магнитным сердечником и EEPROM;
 ж) гибридная ИС серии HW с элементом Холла из материала InSb;
 з) АК8771 — пример ультратонкой ИС Холла, интегрирующей на одном кремниевом кристалле элемент Холла и схему обработки сигнала (биполярная защелка);
 и) принцип работы аналогового устройства наведения (APD)

Типичный элемент Холла от Asahi представляет собой магнитоэлектрический преобразователь для определения магнитного поля, перпендикулярного элементу, с четырьмя выводами — двумя входными и двумя выходными (рис. 3а-в). Элемент Холла управляется от источника напряжения или тока. Выход является аналоговым и требует дополнительного усиления.

АКМ использует четыре различных полупроводниковых материала элементов Холла — Si, GaAs, InAs, InSb, соответствующих четырем сериям АКМ. Разные материалы обеспечивают различные характеристики (магнитная чувствительность, определяемая электронной подвижностью и шириной запрещенной зоны, рабочим напряжением и температурной чувствительностью). Это помогает конструктору находить оптимальное решение в различных системах, примерами которых являются датчики тока, положения, веса, инверторы, интеллектуальные измерители, бесколлекторные двигатели и т. д.

Предлагаются не только одно-, но и мультисенсорные исполнения (рис. 3б, в).

Магнитная чувствительность АКМ HW (InSb) серии повышена в 4–5 раз за счет того, что сенсорная плата размещена между подложкой и кристаллом из феррита в виде сэндвича (рис. 3г).

Помимо элементов Холла, в портфолио Asahi представлены полупроводниковые магниторезистивные элементы из материала InSb с Sn-допированием серии MS в корпусах SON и DIP, которые обычно используются как детекторы скорости вращения шестерни (рис. 3д).

Токовые сенсорные модули основаны на гибридной ИС Холла (на основе гибридного материала элемента Холла), в ее состав входят: высокочувствительный элемент Холла, усилитель, буфер, компенсационная схема и управляющая схема датчика Холла. Выход является линейным ратиометрическим (пропорциональным напряжению питания). Серии CQ206x и CQ209x также включают перепрограммируемую память EEPROM с регулировкой при производстве чувствительности и смещения (рис. 3е). Компенсационная схема обеспечивает плоское температурное срабатывание. Токовый проводник электрически изолирован от ИС датчика.

Электрический ток формирует магнитное поле, величина которого пропорциональна току. Применение датчиков АКМ допускает осуществление точных измерений электрического тока с высоким напряжением изоляции, низкими потерями мощности и высоким SNR в сравнении с токочувствительными резисторами.

ИС Холла от АКМ также основаны на элементах Холла, интегрированных с дополнительной схемой для обеспечения конкретной функции ИС и соответствующего выхода.

В отличие от элементов Холла, конструктор получает готовое решение для своей задачи. Обычно схема для интерпретации выхода не требуется.

АКМ использует для ИС Холла различные материалы для элементов Холла (GaAs, InAs, InAs (quantum well), InSb и Si). Кремниевые датчики Холла компании АКМ являются монокристаллическими, с другими материалами для элементов Холла — гибридными (рис. 3ж).

ИС Холла от АКМ (серий EM, AK, EZ, EW) представлены цифровыми ключами, защелками (рис. 3и), программируемыми датчиками с линейным выходом и другими специальными функциями.

Два широко известных применения ключей — это детектирование открытия/закрытия (лаптопов, телефонов типа flip phone («раскладушка») или slide phone (со скользящим механизмом), дверей, переключателей) и присутствия (телефон в держателе, телефон поблизости с наушниками и т. д.).

Цифровые защелки применяются для детектирования положения, в датчиках расхода, датчиках скорости, угла, колеса прокрутки, бесколлекторных двигателях постоянного тока.

Линейные датчики (EQXXX) необходимы для детектирования положения, веса, вращения (угла поворота) и тока. Спектр применений включает робототехнику, потребительскую технику, инверторы, измерители тока (интеллектуальные измерители, измерители мощности), схемную защиту, домашнее и промышленное оборудование.

Специальные ИС Холла (ASIC-типа) от АКМ представлены следующими микросхемами:

- AK8775 — энкодер с квадратурным дуальным выходом типа A/B.
- AK8776 — энкодер с дуальным выходом: F — импульсный выход, D — направление вращения.
- EM3242 — магнитный угловой энкодер абсолютного угла поворота магнита в диапазоне 0–360°.
- EQ0442 — гибридный аналоговый датчик наведения Hybrid APD (Analog Pointing Device).

Ввиду наличия большого количества публикаций по этой теме ожидается, что данная терминология и краткие описания автоматически проинформируют читателя о том, что представляет собой тот или иной датчик и каково его назначение. Исключение составляет EQ0442 — гибридный аналоговый датчик наведения, о котором еще не было написано.

Спрос на устройства наведения (APD) возник в связи с многофункциональностью современных электронных устройств и требованиями способности входа к простой и удобной эмуляции человеческих чувств/действий (operability).

Для осуществления наведения магнитное поле магнита, который интегрирован с подвижным элементом, детектируется четырьмя

элементами Холла (рис. 3и). Положение магнита вычисляется на основе разницы плотности магнитного потока, детектируемой в двух направлениях.

Датчики Холла APD-типа от Asahi допускают свободное движение курсора на экране сотовых телефонов и дают аналоговый выход смещения входных клавиш.

В линейке продукции Asahi представлен полный спектр базовых решений на основе технологий Холла. Все это предложение базового уровня для недорогих систем. В отличие от предложений АКМ компонентные базы других ведущих поставщиков — более сложные и специализированные решения, в основном, для автомобильных систем.

Allegro — поставщик модулей и микросхем

Ведущий поставщик автомобильных магнитных датчиков Allegro MicroSystems занимает второе место в рейтинге IHS iSuppli (доходность компании — \$264 млн). Рост выручки Allegro — самый высокий на фоне всех поставщиков из топ-пятерки: до 75% в сравнении с \$151 млн в 2009 году.

Allegro MicroSystems предлагает высокие объемы поставок инновационных интегральных датчиков Холла для автомобильной электроники, сферы коммуникаций, автоматизации компьютерного и офисного оборудования, а также промышленного и потребительского рынка.

ИС датчиков Allegro основаны на технологии эффекта Холла, допускающей бесконтактную работу с внешним магнитом или ферромагнитной цепью. Автомобильные применения датчиков Allegro объединяют бесконтактные переключатели, датчики положения, скорости, зубчатого ротора, аналоговые линейные датчики, работающие в системах управления двигателя, трансмиссии, контроля эмиссии, подвески, торможения, рулевого управления, охлаждения, дверей/окон/сидений, подушек безопасности и т. д. (рис. 4а).

С технологической точки зрения на фоне других производителей Allegro выделяется своими автомобильными датчиками зубчатого ротора, датчиками тока для контроля автомобильных батарей и рядом других решений. В портфолио Allegro в широком ассортименте представлены модули и под сборки датчиков, представляющие собой полностью интегральные решения для простого встраивания в механический дизайн системы.

Датчики зубчатого ротора представляют собой смарт-модули, включающие в компактном корпусе оптимизированную ИС Холла, самарий-кобальтовый магнит и магнитопровод.

Разработаны модули, подходящие для использования с роторами различных форм и размеров, для различных применений: ATS 616/617/627/635/636/642/657/667/675/682/685.

Датчик распределительного вала ATS675 (рис. 4б–г) представляет собой семейство устройств Allegro True Power-On State (TPOS). Они отличаются возможностью получения истинной информации сразу после включения и повышенной точностью в сравнении с предыдущим поколением подобных устройств. ATS675 обеспечивает характеристики абсолютной нулевой скорости и TPOS.

Устройство включает одноэлементную ИС Холла с оптимизированной магнитной системой, допускающей срабатывание в присутствии ферромагнитных цепей распределительного вала, сразу после включения и на нулевой скорости. Выход представляет собой цифровое отображение профиля ротора. ИС содержит цифровую схему для удаления эффектов магнитных и системных смещений. Высокоразрешающие пикоопределяющие ЦАПы нужны для того, чтобы установить адаптивные переключающие пороги устройства, что гарантирует высокую точность даже в условиях эксцентриситета. Встроенный гистерезис снижает отрицательные эффекты искажения магнитного сигнала, ассоциируемого с целями, используемыми в автомобильных применениях. Характеристики устройства обеспечиваются на нулевой скорости, независимо от воздушного зазора, и динамически адаптируются к типичным автомобильным рабочим условиям в системе распределительного вала. ATS675 также включает ФНЧ для повышения шумовой устойчивости и SNR.

Устройство поставляется в бессвинцовом 4-выводном корпусе SIP (SE) со 100%-ным оловянным проводным фреймом.

В числе новых продуктов — модуль ATS627 датчика истинно нулевой скорости, также состоящий из оптимизированной ИС Холла и редкоземельного магнита в одном корпусе (рис. 4д, е). Модуль представляет собой готовое решение для цифровых датчиков зубчатого ротора. Малый корпус может легко встраиваться и использоваться для работы с шестернями различных форм и размеров. Двухэлементная дифференциальная ИС Холла срабатывает в ответ на магнитные сигналы, создаваемые ферромагнитной цепью. Цифровая обработка аналогового сигнала обеспечивает возможность измерения истинно нулевой скорости независимо от воздушного зазора, а также динамическую адаптацию характеристик устройства к типичным автомобильным рабочим условиям.

Высокоразрешающие ЦАПы, детектирующие пики, служат для того, чтобы установить адаптивные переключающие пороги устройства. Гистерезис, ограниченный трекингом и точками переключения, снижает отрицательные эффекты искажения магнитного сигнала, ассоциируемого с целями, используемыми в автомобильных применениях. Сенсорная система ИС датчика оптимизирована для работы с целевыми шестернями коленчатого вала с сигнатурными областями.

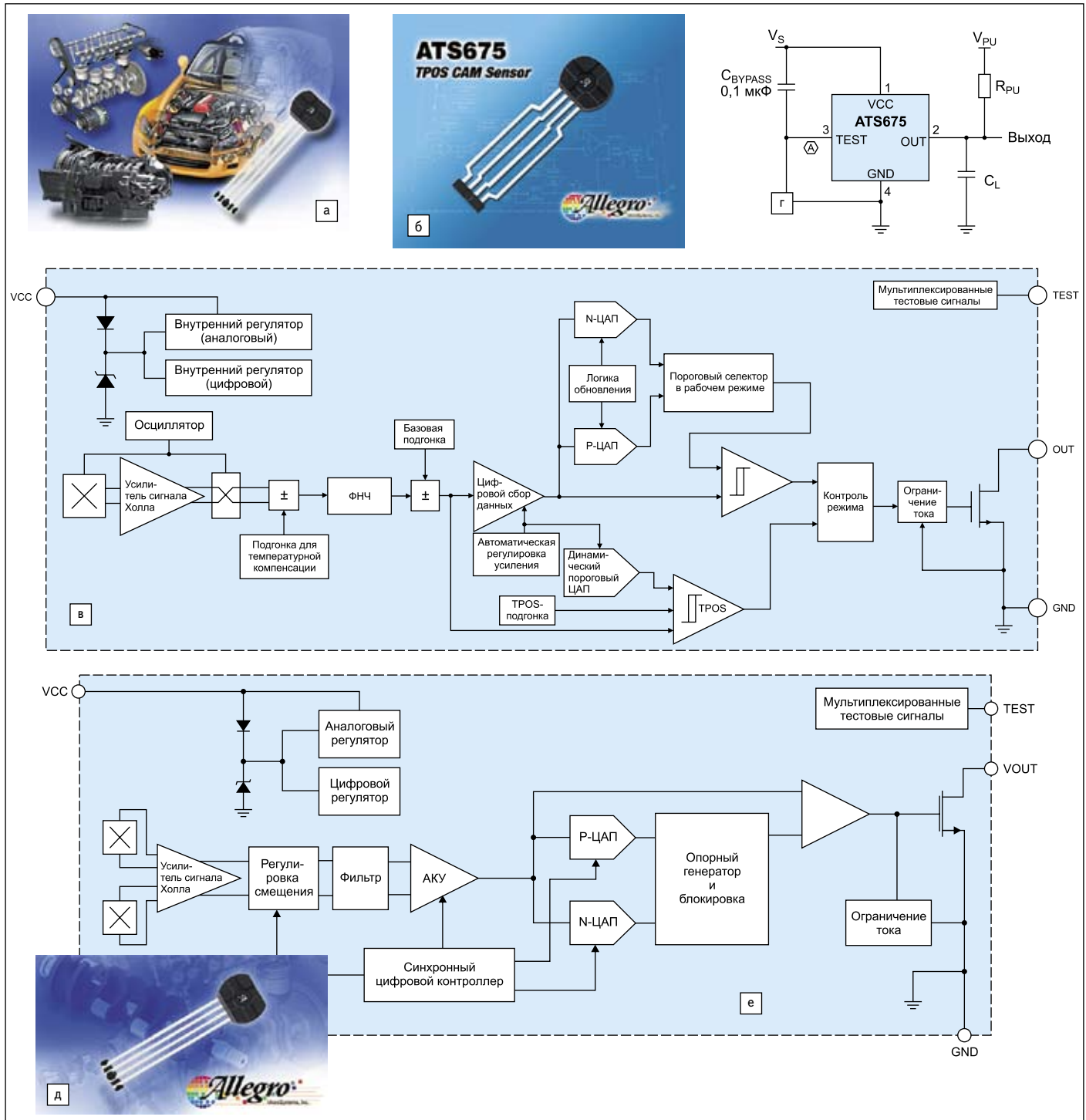


Рис. 4. Автомобильные датчики зубчатого ротора от Allegro MicroSystems:

а) иллюстрация автомобильных применений;

б–г) ATS675 — датчик распределительного вала:

б) внешний вид; в) функциональная блок-диаграмма; г) схема применения;

д, е) ATS627 — дифференциальный датчик истинно нулевой скорости, с низким джиттером и высокой точностью определения положения;

д) внешний вид; е) функциональная диаграмма

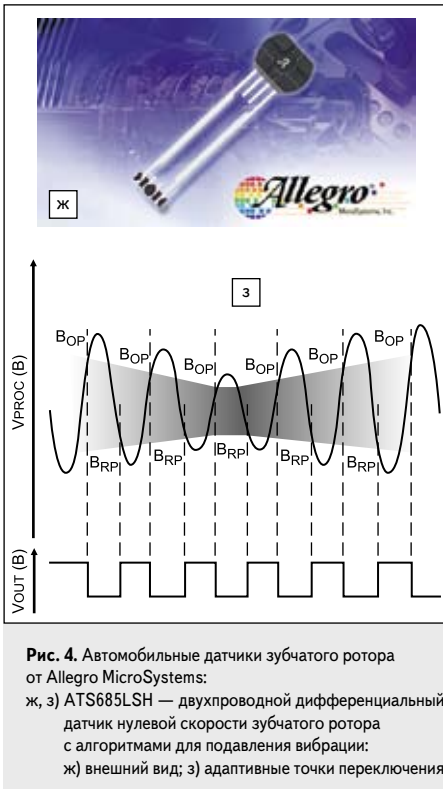
Датчик отличается высокой точностью в присутствии аномальной геометрии цепи, сигнатур, сбоя ротора (runout), способностью обнаружения истинно нулевой скорости, защитой от пониженного напряжения, независимостью точек переключения от воздушного зазора и другими признаками и дает высоко повторяемые выходные края (низкий джиттер).

Еще один продукт от Allegro Microsystems — ATS685LSH (рис. 4ж–з) — представляет собой двухпроводной дифференциаль-

ный датчик нулевой скорости зубчатого ротора с уникальными алгоритмами для подавления вибрации.

В состав модуля входит ИС Холла в комбинации с самарий-кобальтовым магнитом и магнитопроводом, которые заключены в уплотненный пластиковый корпус.

ATS685LSH включает двухэлементную ИС Холла со схемой обработки сигнала и схемой компенсации для исключения магнитных и системных смещений. Датчик допускает большой воздушный



зазор и точки переключения, независимые от воздушного зазора, быстрое время старта (power-on) и другие признаки. Схема устройства во многом сходна с той, что показана на рис. 4е для ATS627.

Датчик состоит из схемы АКУ и опорной регулировочной схемы, обеспечивает цифровой выход, соответствующий профилю цели, с точным рабочим циклом в пределах рабочего температурного диапазона.

Регулируемый выход, сконфигурированный для двухпроводной работы, рекомендуется для получения информации о крае и рабочем цикле в системах детектирования зубчатого ротора (например, скорость трансмиссии).

Цифровой трекинг аналогового сигнала используется для достижения работы при истинно нулевой скорости. Алгоритмы калибровки предназначены для регулировки смещения и усиления устройства при включении, что дает независимость точек переключения от воздушного зазора и улучшает выходную точность. Кроме того, специальные алгоритмы смягчают эффекты вибрации цепи и внезапные изменения воздушного зазора (рис. 4з).

Оба устройства (ATS627 и ATS685LSH) поставляются в бессвинцовых 4-выводных модульных корпусах SIP (SG, SH) с оловянным проводным фреймом.

Семейство токовых ИС датчиков представляет собой инновационные, монолитные, изолированные датчики Холла, которые обеспечивают полностью интегрированное решение в зависимости от применения (рис. 5). Ключевые признаки включают:

- низкие вносимые потери;
- малое рассеяние мощности;

- способность к мониторингу постоянных и переменных токов;
- малый форм-фактор;
- работу от 5 В;
- напряжение изоляции (сертифицировано TUV America);
- RoHS-совместимость.

Семейство интегрированных токовых датчиков для детектирования токов в диапазоне 0–50 А включает следующие устройства: ACS709/710/711/712/713/715 (рис. 5а–г). Для детектирования токов в диапазоне выше 50 А (до 200 А) предназначены модули ACS756/758 (рис. 5д–е). Устройства семейства ACS имеют интегрированный токовый проводник. Для детектирования токов в диапазоне от 0 до >1000 А в конфигурации с применением ферромагнитного концентратора компания Allegro предлагает линейные токовые устройства в SIP-корпусах — А1351 и А1360/1/2 (рис. 5ж). Кроме того, в портфолио токовых датчиков Allegro представлены hot-swap контроллеры для «горячего» контроля сбойных условий подачи тока в 12-вольтных системах (ACS761, ACS760) (рис. 5з–и).

ACS711 (рис. 5а–г) — токовые датчики на основе эффекта Холла из числа сравнительно новых продуктов Allegro MicroSystems. Линейный токовый датчик Холла ACS711 характеризуется выходом сбоя при превышении тока в системах с низким напряжением изоляции (менее 100 В). Он квалифицирован для автомобильных применений. Типичные применения включают защиту схем, мониторинг, измерение постоянного и переменного тока, контроль двигателей и инверторов. За пределами автомобильной электроники диапазон применений ACS711 еще более широк: датчики рекомендованы производителем для аудио, коммуникационных систем и потребительских товаров.

Модули Allegro с интегрированным проводником рекомендованы для монтажа на плату, в них нет сердечника, стандартного элемента токовых клещей, которые устанавливаются в поле проводника с током. Ключевая особенность состоит в том, что измерительное устройство включает медный проводящий путь для подачи тока, локализованный близ поверхности кристалла стандартного линейного датчика Холла. Ток в проводнике генерирует магнитное поле, измеряемое датчиком Холла, на выходе которого генерируется пропорциональное напряжение.

Выход устройства имеет положительный наклон, пропорциональный течению тока от IP+ до IP- (выводы 1 и 2, к выводам 3 и 4). Внутреннее сопротивление проводящего пути — типично 1,2 мОм, что обеспечивает неразрушающий измерительный интерфейс. Благодаря оптимизированному конструктивному исполнению точность измерения магнитного сигнала преобразователем Холла устройства достигается на уровне компонента.

ACS711 оптимизирован для систем изменения тока с низкой стороной, хотя терминалы проводящего пути электрически изолированы от датчика (выводы 5–8), что обеспечивает достаточную внутреннюю утечку и размер зазора для рабочих напряжений AC и DC. Толщина медного проводника позволяет устройству выдерживать 5-кратное превышение тока. ACS711 калибруется при производстве и поставляется в бессвинцовом корпусе SOIC8.

Следующие представители семейства — это датчики ACS712/713 для широкого спектра применений за пределами автомобильных. ACS712 — двунаправленный, а ACS713 — однонаправленный датчик. Оба устройства также представлены в корпусе SOIC8, они предназначены для экономичных и прецизионных решений по измерению постоянного и переменного тока в промышленных, коммерческих и коммуникационных системах. ACS712 — линейный токовый датчик с напряжением изоляции 2,1 кВ rms, также с медным проводником, который отличается низким сопротивлением. Типичные применения — контроль двигателей, детектирование нагрузки и управление, переключаемые режимы подачи питания, защита от сбоев в условиях повышенного тока.

Для автомобильных применений предназначены датчики ACS714 и ACS715, также в корпусе SOIC8. Отличие от ACS712/713 состоит в более строгом соответствии автомобильному температурному диапазону –40... +150 °С и большим деталям в спецификации для компонентов ошибок. ACS756/ACS758 предназначены для мониторинга токов 50–100 и 50–200 А соответственно и поставляются в 5-выводном специальном корпусе (рис. 5д–е). Их напряжение изоляции — 3 кВ rms, ACS758 характеризуется дополнительной тепловой изоляцией.

ACS761 (рис. 5з–и) представляет собой пороговый hot-swap контроллер для 12-вольтных применений, управляющий внешним FET.

Интегрированная защита ACS761 объединяет три уровня защиты от сбоев, включая сбой мощности с задержкой, выбираемой пользователем, порог сбоя при превышении тока, схему защиты от короткого замыкания — со скоростью срабатывания затвора FET в пределах 2 мс. Сбои индицируются на выводе Fault.

Особое место в линейке Allegro MicroSystems занимает технология датчиков Холла для контроля бесколлекторных двигателей постоянного тока. Примером является драйвер А1442 для обеспечения функциональности вибрационного двигателя мобильного хэндсета.

Полностью интегрированное устройство Холла А1442 и прецизионный усилитель привязаны к внутреннему полномостовому выходу через схему компаратора для точек переключения.

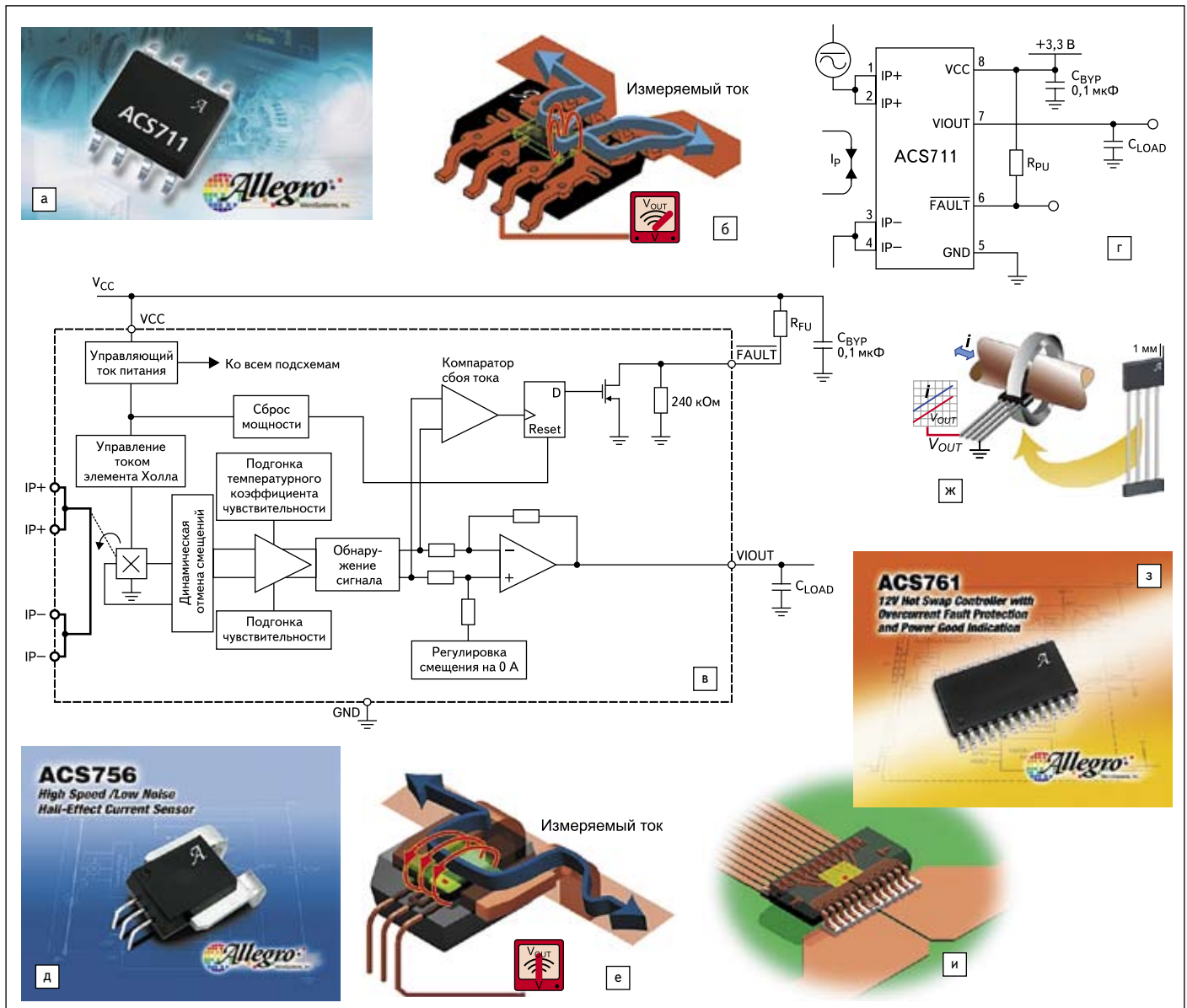


Рис. 5. Токковые датчики Allegro на основе эффекта Холла:

а–г) линейный токовый датчик Холла ACS711 для широкого круга применений в диапазоне тока 0–50 А:

а) внешний вид; б) устройство; в) блок-диаграмма; г) типичное применение;

д, е) линейные токовые датчики ACS756/ACS758 для токовых измерений в диапазоне тока до 200 А:

д) внешний вид; е) устройство;

ж) линейные токовые устройства в SIP-корпусах А1351 и А1360/1/2 в конфигурации с применением ферромагнитного концентратора;

з, и) ACS761 — пороговый hot-swap контроллер для 12-вольтовых систем:

з) внешний вид; и) устройство

A1442 — микросхема для управления двигателем с интегрированным элементом Холла, что исключает необходимость во внешних датчиках, снижает число компонентов и место, занимаемое на плате. Для этого применения потребуется только внешний конденсатор 0,1 мкФ, предназначенный для минимизации пиков напряжения в линии питания. A1442 рекомендован как драйвер вибрационных двигателей портативных хэндсетов и других продуктов типа пейджеров, ручных видеоконтроллеров, электронных зубных щеток, бритв и т. п.

Можно отметить, что рассмотренные в статье микросхемы — это только часть полного

портфолио датчиков Холла от Allegro, ранжированного от стандартных ключей, защелок до программируемых линейных микросхем и ASIC-модулей. За дополнительной информацией по этому и другим устройствам рекомендуется обратиться к сайту производителя www.allegromicro.com.

Датчики скорости зубчатого ротора/многополюсного магнита от Infineon

Компания номер три в рейтинге — Infineon — лидирующий поставщик автомобильных датчиков скорости колеса на осно-

ве эффекта Холла. Доходность Infineon в 2010 году достигла \$148 млн, что соответствует росту CAGR до 40% от объема продаж в \$106 млн в 2009 году. Основные объемы выручки приходятся на ИС Холла, но Infineon также производит высокоинтегрированные датчики на основе гигантского магниторезистивного (ГМР) эффекта и ASIC с более высоким пространственным разрешением, чем у датчиков Холла. Высокоинтегрированные ГМР-датчики рекомендованы для прецизионных угловых применений, например определения угла рулевого колеса. Сейчас Infineon уже производит ГМР-датчики скорости. Своими разработками ГМР-датчиков Infineon выделя-

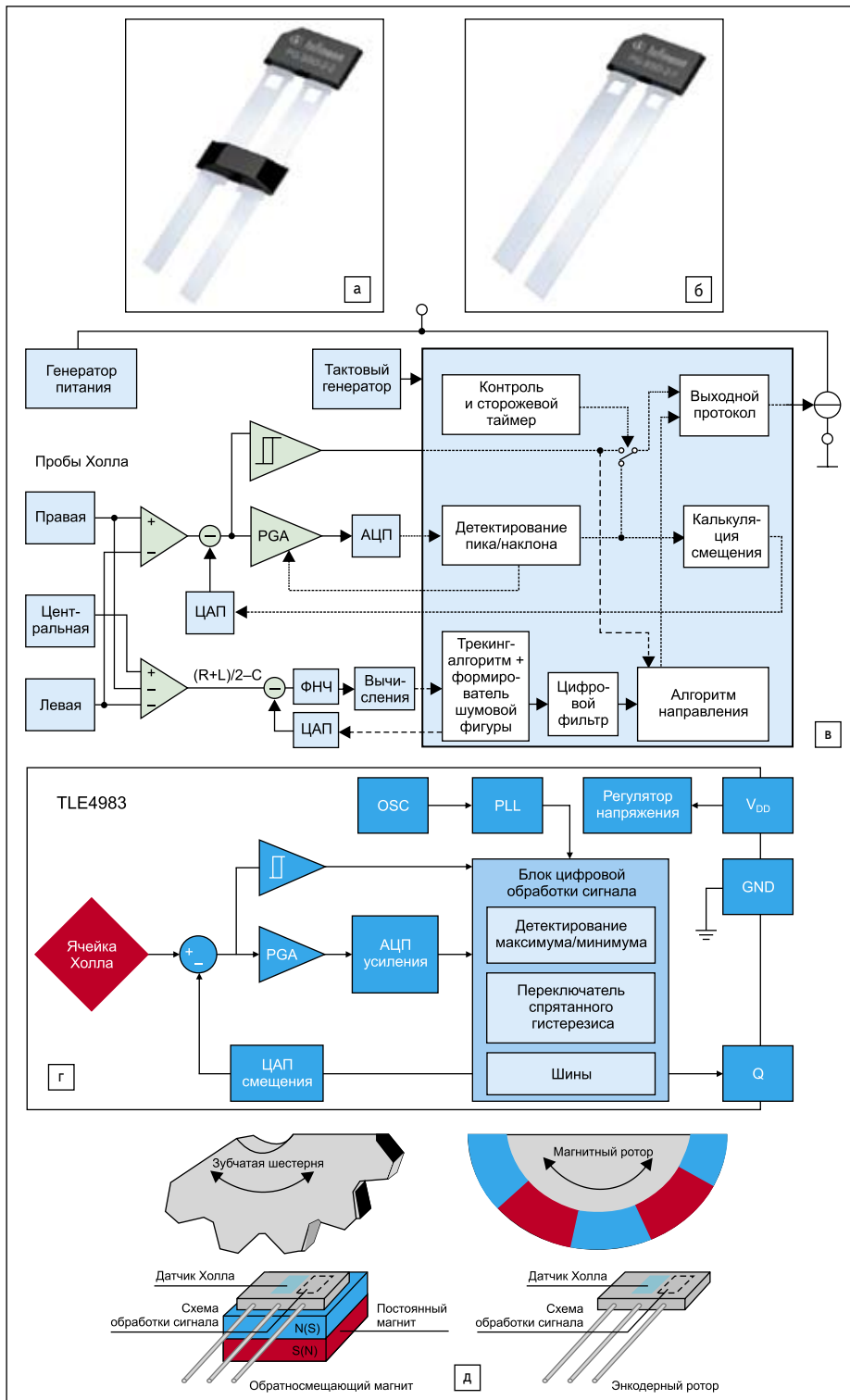


Рис. 6. Датчики Холла от Infineon для детектирования движения зубчатого ротора/многополюсного магнита: а–в) двухпроводной датчик скорости TLE4953 с подавлением вибрации: а) внешний вид TLE4953C в корпусе PG-SSO-2-4; б) внешний вид TLE4953 в корпусе PG-SSO-2-1; в) блок-диаграмма; г, д) TLE4983/84(C) — программируемый датчик положения автомобильного распределительного вала: г) блок-диаграмма; д) иллюстрация применения

и характеризуется быстрым временем срабатывания и широким частотным диапазоном (0–12 кГц). Высокие рабочие характеристики (точность и чувствительность) специфицированы для жестких автомобильных требований в широком температурном диапазоне, с высокой электростатической прочностью и высокой ЭМС. TLE4953C поставляется с конденсатором 1,8 нФ (рис. 6а) — для повышения характеристик электромагнитной совместимости и исключения необходимости в дополнительных дискретных компонентах.

Дифференциальный датчик Холла определяет скорость движения периодических структур ферромагнитного зубчатого ротора или постоянного магнита посредством измерения плотности магнитного поля напротив активной сенсорной области ИС. Активная сенсорная область, состоящая из трех проб Холла с компенсацией пьезоэффектов, и схема обработки сигнала с интегрированной компенсацией динамических смещений монолитно интегрированы.

Для того чтобы детектировать движение ферромагнитного объекта с зубцами, магнитное поле должно обеспечиваться посредством обратносмещающего аксиально намагниченного постоянного магнита, прикрепленного к корпусу ИС любой полюсной стороной — северного или южного полюса. Для детектирования скорости и направления движения магнитного многополюсного ротора, кроме самой микросхемы ничего не требуется.

Магнитные смещения до ±20 мТл и механические смещения отменяются в процессе динамической самокалибровки микросхемы, осуществляемой в два перехода. После успешной коррекции смещения выходное переключение происходит в калиброванном режиме. Переключение происходит на адаптивных порогах, на что влияет только время задержки сигнала в результате шумовой фильтрации. Адаптивный гистерезис при переключении увеличивает шумовую устойчивость микросхемы, которая способна подавлять переключение в условиях вибрации и шумовых сигналов, меньших адаптивного гистерезиса.

В калиброванном режиме датчик способен подавлять вибрацию. Паразитные магнитные сигналы могут быть детектированы по изменению амплитуды магнитного сигнала и информации о направлении. Нежелательные магнитные сигналы могут быть вызваны вибрацией в плане ротора (угловыми, или фазовыми вибрациями, или динамическими вариациями воздушного зазора).

Магнитный сигнал классифицируется микросхемой как паразитный вибрационный сигнал, только если амплитуда сигнала скорости меньше, чем гистерезис. Фазовая вибрация детектируется, если амплитуда сигнала направления меньше некоторого предела или если сигнал направления состоит из чередующейся информации о направлении — левое/правое.

ется в технологическом плане на фоне других компаний. В отличие от многих других производителей, компания сосредоточилась только на автомобильной, а не на потребительской электронике.

Дифференциальные двухпроводные датчики Холла TLE 4953 на основе технологии

BiCMOS предназначены для того, чтобы обеспечивать информацию о скорости и направлении вращения валов современных систем трансмиссии (рис. 6а–в). Выход микросхемы представляет собой двухпроводной токовый интерфейс. Датчик способен работать без дополнительных внешних компонентов

Качество подавления вибрации зависит от предела гистерезиса и величины магнитного сигнала. Чем выше гистерезис, тем лучше подавление вибрации, но очевидно, что в начальной стадии калибровки подавление вибрации не гарантируется.

Характеристики детектирования направления и алгоритм также зависят от используемой магнитной системы и ротора-цели.

TLE4957C — новый датчик Холла для определения скорости вращения валов трансмиссии и коленчатого вала, также отличающийся подавлением вибрации, но с 3-проводным интерфейсом. ON и OFF состояния ИС индицируются посредством высокого и низкого потребления тока. Каждый нарастающий магнитный край переключает выходной импульс.

Семейство ИС Холла TLE4983/84(C) (рис. 6г–д) разработано для осуществления функциональности True Power-On, допускающей детектирование положения автомобильного распределительного вала сразу после включения. Другие отличия микросхемы включают:

- высокую фазовую точность сигнала для достижения оптимального времени впрыска топлива;
- возможность монтажа типа Twisted Independent Mounting (TIM);
- алгоритм динамической самокалибровки с программируемыми точками переключения power-on (при включении питания) и динамическими точками переключения;
- защиту от перегрева и напряжения обратной полярности;
- отсутствие внешних конденсаторов фильтров;
- цифровой выходной сигнал (интерфейс напряжения);
- корпус в модульном стиле с двумя интегрированными конденсаторами, высоко-температурный профиль.

В ноябре 2011 года компания Infineon представила новое семейство переключателей Холла, объединяющее защелки и униполярные ключи: TLE4961-1K, TLE4964-3K, TLE4961-5K, сертифицированные AEC Q100. Новое семейство отличается способностью выдерживать высокие напряжения при малом потреблении тока. Датчики питаются от нерегулированных источников от 3 до 32 В, а типичное потребление тока составляет только 1,6 мА. Это допускает большую свободу дизайна без внешних компонентов защитных схем и низкую системную цену. При этом семейство, представленное в корпусе SC59, отличается 50%-ным снижением фут-принта в сравнении с большим по размеру корпусом SOT89.

На фоне других компаний Infineon выделяется также тем, что имеет в своем портфолио высокоинтегрированные ГМР-датчики для угловых применений, которые подробно рассматривались в других публикациях.

В настоящее время Infineon разрабатывает и производит ГМР-датчики скорости (TLE5025, TLE5027).

TLE5027C представляет собой высокоинтегрированный SoC (система на кристалле) датчик скорости, основанный на технологии ГМР. За счет ГМР-эффекта однокристалльная микросхема обеспечивает более высокий воздушный зазор и значительно сниженный джиттер во всем диапазоне рабочих частот и температур.

В сравнении с другими технологиями датчиков магнитного поля, ГМР-эффект дает больше преимуществ, которые могут быть востребованы в текущих и будущих системах powertrain.

TLE5027 также детектирует направление вращения ротора-цели, эта информация передается посредством 3-проводного ШИМ-интерфейса напряжения.

Ключевые признаки микросхемы TLE5027:

- Принцип ГМР.
- Однокристалльное решение.
- Большие рабочие воздушные зазоры (зависят от магнитной системы).
- Высокая чувствительность (минимальная индукция $B_{\min} < 1$ мТл).
- 3-проводной ШИМ-интерфейс напряжения.
- Обнаружение скорости и направления вращения.
- Динамическая самокалибровка:
 - с первого импульса — корректная информация о направлении;
 - со второго импульса — высокая точность.
- Сниженный джиттер.
- Широкий частотный диапазон.
- Автомобильная квалификация с температурными диапазонами порядка $T_j = -40...+175$ °С.
- Корпус модульного стиля с двумя интегрированными конденсаторами (необходимы для стабильного питания):
 - 4,7 нФ между Q и GND;
 - 4,7 нФ между V_S и GND.
- Экологичный бессвинцовый корпус.

Дополнительную информацию по компонентам Infineon можно получить на сайте www.infineon.com.

Датчики Холла от Micronas

Компания, занимающая четвертую строчку чарта IHS, — Micronas — характеризуется выручкой от продаж магнитных, в основном так называемых линейных, или аналоговых датчиков в \$143 млн. Доходность Micronas в 2010 году повысилась на 36% — со \$105 млн в 2009 году.

Компания Micronas произвела свыше 500 млн единиц датчиков Холла семейства HAL8ху Micronas (рис. 7а). Опция программируемости позволяет клиентам согласовывать применение датчиков с рабочими условиями, корректировать механические, магнитные, температурные факторы, одновременно снижая цену производства. Датчики характеризи-

руются расширенным температурным диапазоном ($T_j = -40...+170$ °С).

Полная линейка семейства HAL8ху включает:

- HAL805, HAL815 — линейные аналоговые датчики;
- HAL810 — линейный ШИМ-датчик;
- HAL825 — High-End линейный датчик с оптимизированной чувствительностью;
- HAL855 — линейный датчик с ШИМ-выходом и регулируемыми характеристиками;
- HAL856 — аналог HAL855, но для двухпроводной работы;
- HAL880 — оптимизированный линейный аналоговый датчик.

Одним из примеров может послужить линейный датчик Холла HAL880, который с ноября 2011 года доступен не только в корпусе TO-92, но и в корпусе SOIC8 (рис. 7б–в). Датчик характеризуется 12-битным аналоговым выходом напряжения, низким дрейфом и шумами и подходит для измерения линейного или углового положения и тока в автомобильных и промышленных системах с рабочим температурным диапазоном $-40...+140$ °С.

За пределами линейных устройств Micronas предлагает широчайшее портфолио стандартных и программируемых ключей — прежде всего для автомобильных систем, но адаптировала их и для промышленных применений (www.micronas.com). Эта компания также разработала 3D HAL технологию для линейных и угловых измерений.

Датчики Холла нового типа от Micronas более не измеряют абсолютное магнитное поле, перпендикулярное поверхности ИС. Все так называемые 3D-датчики Холла детектируют изменение магнитного поля в плоскости подобно магниторезистивным компонентам, но применяют для этого различные методы. Большинство из них включает четыре стандартные платы Холла с фазовым разнесением в 90°, что позволяет получать синусно-косинусные сигналы индукции перпендикулярного магнитного поля при вращении магнита и по ним вычислять арктангенс угла поворота. Разработаны также специальные алгоритмы для детектирования линейного положения посредством 3D-технологий датчиков Холла.

В институте им. Фраунгофера интегральных схем IIS была разработана технология вертикальных плат Холла, лицензированная компаниям Micronas и austriamicrosystems.

Micronas — это лидирующий поставщик датчиков и системных решений ИС для автомобильной и промышленной электроники, который разработал на основе технологии IIS свое решение для детектирования угла поворота. Новое поколение датчиков Холла от Micronas представлено семействами HAL36ху/HAL38ху, которые представляют новый уровень характеристик для датчиков Холла и значительное упрощение дизайна магнитных систем.

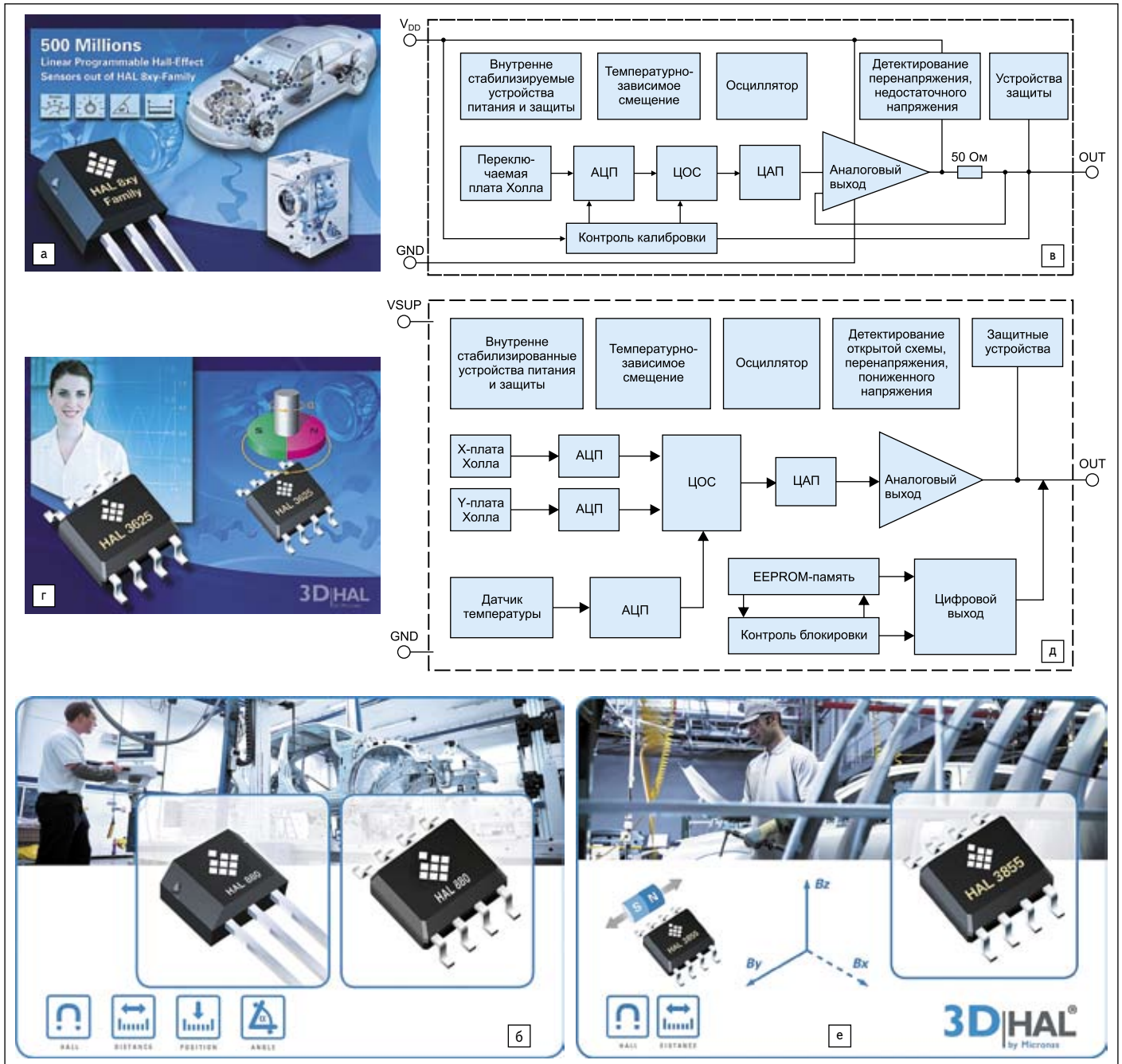


Рис. 7. Датчики Холла от Micronas — классические и 3D HAL:
 а) объемы продаж линейных аналоговых датчиков семейства HAL8ху — свыше 500 млн единиц;
 б, в) классический линейный датчик Холла HAL880:
 б) внешний вид и иллюстрация применения; в) блок-диаграмма;
 г, д) угловой датчик HAL3625 для детектирования угла в диапазоне 360° на основе технологии 3D HAL:
 г) иллюстрация применения; д) блок-диаграмма;
 е) линейный датчик HAL3855 на основе технологии 3D HAL: внешний вид и иллюстрация применения

Датчики, основанные на инновационной технологии Micronas 3D HAL, комбинируют стандартные (горизонтальные) и вертикальные платы Холла, что допускает 3D измерения поля, хотя фактически устройства новых семейств измеряют только 2D-компоненты.

Семейство HAL36ху разрабатывалось для измерения угловых диапазонов до 360°, а HAL38ху — для измерения линейных диапазонов до 40 мм.

Так называемые непосредственные угловые датчики, или Direct Angle Sensors, захватывают вектор поля посредством измерения синусных и косинусных компонентов магнитного поля — но не перпендикулярных, а именно параллельных плоскости ИС. Это стало возможным благодаря новой технологии 3D-HAL от Micronas. В отличие от стандартных плат Холла, этот тип датчиков включает вертикальные платы Холла, которые измеряют компоненты магнитного поля (B_x и B_y) непо-

средственно в плоскости кристалла, а не компоненты, перпендикулярные поверхности микросхемы. Информация об угле и положении обеспечивается непосредственно на выходе в виде сигнала, пропорционального измеренному углу и положению. Отсюда и название — Direct Angle Sensors.

Первым членом семейства стал датчик HAL3625 (рис. 7г–д). HAL3625 использует лицензию института им. Фраунгофера интегральных схем IIS. HAL36ху представляет

собой семейство, которое измеряет компоненты X и Y магнитного поля. Мониторинг относительной величины обоих компонентов дает стабильный выход, даже если расстояние между магнитом и датчиком варьируется. Результатом является измерение углового положения в диапазоне от 0–360° с высокой точностью, достигаемой на физическом уровне ($\pm 1^\circ$ для диапазона 360°) в широком температурном диапазоне.

HAL38ху — новое семейство линейных датчиков, которые измеряют X- или Y-компонент магнитного поля вместе с Z-компонентом. Датчики этого семейства имеют высокие системные характеристики для расширенного детектирования линейного движения малого магнита.

Первым членом семейства является HAL3855 (рис. 7е).

Семейство HAL38ху основано на 3D-технологии Холла и характеризуется наличием двух вертикальных и одной горизонтальной плат Холла. HAL3855 — это тоже 2D-датчик линейного положения, использующий два компонента магнитного поля. Если аксиально намагниченный магнит перемещается параллельно поверхности корпуса микросхемы, то датчик обнаруживает изменения в компонентах магнитного поля B_x и B_z . Внутренняя цифровая обработка сигнала HAL3855 преобразует относительные изменения измеренных значений в информацию о положении на выходе, предоставляемую посредством аналогового сигнала. Датчики вырабатывают аналоговый пропорциональный выход с возможностью 32-точечной линеаризации выходной характеристики с 16-битным разрешением. Датчик включает EEPROM, допускающую работу в диапазоне $-40 \dots +170^\circ\text{C}$, с высокой надежностью, что улучшает линейность вместе с достижением низкой системной цены в сравнении с классическими линейными датчиками Холла. HAL3855 обладает рядом диагностических функций, таких как обнаружение повышенного и недостаточного напряжения, разрыв в цепи питания, потеря магнита. Датчик включает интегрированный признак детектирования оборванного провода при работе с так называемым резистором pull-up или pull-down для обнаружения сбойных условий. Алгоритмы внутренней цифровой обработки сигналов с интегрированной перепрограммируемой памятью допускают клиентскую обработку и калибровку ASIC. Тепловой мониторинг на выходе позволяет защитить датчик от перегрузок.

Корпусирование датчика осуществляется с помощью хорошо известного SMD SOIC8, так же и для HAL3625.

HAL3855 рекомендован производителем для контроля сцепления, положения клапанов EGR (рециркуляции отработавших газов), селектора передачи.

Все же в сфере 2D/3D-детектирования Micropas отстает от компании Melexis, которая еще несколько лет назад впервые представила

для аналогичных применений датчики с высокими рабочими характеристиками и достигла стабильных продаж в этом сегменте рынка.

Новое поколение датчиков магнитного поля на основе технологии Triaxis от Melexis

Melexis (www.melexis.com) — компания № 5 в пятерке рейтинга IHS iSuppli с доходностью в \$107 млн (рис. 1). Ее сфера интересов — автомобильные применения. Но Melexis также поставляет обычные переключатели Холла для управления дисплеями сотовых телефонов. Доход компании в 2010 году возрос на 43% от \$75 млн в 2009 году, показатель роста является третьим из числа наиболее высоких в группе. Согласно анализу IHS, Melexis усилила свое значительное присутствие в китайской автомобильной промышленности. Компания является топ-поставщиком датчиков положения педали акселератора и контроля дросселя.

Triaxis — это торговая марка Melexis, название которой выражает суть инновационной технологии магнитных датчиков, способной выполнять 3-осевые измерения магнитных полей от одиночного датчика. Посредством технологии Triaxis возможны высокоточные измерения положения магнита — углового, линейного и 3D-перемещения, а также бесконтактные измерения магнитного поля тока. Технология основана на эффекте Холла с дополнением интегрированных магнитных концентраторов (ИМК, ИМС), формируемых посредством депонирования магнитной пленки на поверхность ИС (рис. 8а–б). Стандартные платы Холла, размещенные под ИМК, чувствительны только к Z-компонентам поля, но ИМК физически преобразует X- и Y-компоненты в Z. Поэтому с применением определенной математической формулы посредством одного датчика можно измерять три компонента (X, Y и Z) приложенной плотности магнитного потока.

Измерительные схемы, в которых реализуется технология Melexis Triaxis, допускают значительное невыравнивание магнита, упрощая клиентскую сборку. Полная программируемость дает клиентам свободу использовать практически любой недорогой магнит и производить различные датчики на основе одной механической конструкции с тем же дизайном магнитной системы, посредством внесения изменений в ПО. Датчики Triaxis являются интеллектуальными (smart) устройствами и включают самодиагностическую функциональность.

MLX90360 и MLX90363 (рис. 8в–д) — новые продукты на основе той же технологии Triaxis, но уже следующего поколения. Обе микросхемы доступны в версиях для автомобильного рабочего диапазона температур ($-40 \dots +150^\circ\text{C}$). На основе наработок шести прошлых лет (в 2005 году была выпущена первая микросхема на основе технологии Triaxis MLX90316) компания Melexis разработала микросхемы для

линейного, углового и 3D бесконтактного измерения положения. Устройства реализованы как в одиночном, так и в двухкристальном избыточном исполнении.

Типичным применением датчика MLX90360 является детектирование линейного положения (рис. 8в), а также угловое детектирование положения в соответствующем исполнении. Микросхема обеспечивает аналоговый или ШИМ-выход с возможностями полного программирования, что упрощает разработку приложения. Линейное или угловое детектирование положения осуществляется при непосредственном подключении к контрольной электронике и программировании через соединитель.

Как показано на блок-диаграмме (рис. 8г), три векторных компонента плотности магнитного потока (B_x , B_y и B_z), приложенные к ИС, обнаруживаются платами Холла, генерируют соответствующие сигналы напряжения (V_x , V_y и V_z), которые затем усиливаются. Аналоговая обработка сигнала основана на полностью дифференциальной аналоговой цепочке с классическими методами отмены смещений (2-фазный метод вращающегося тока spinning для плат Холла и chopper-стабилизированный усилитель).

Обработанные аналоговые сигналы преобразуются посредством АЦП (15 бит) и направляются в блок ЦОС для дальнейшей обработки. Степень ЦОС основана на 16-битном RISC-микроконтроллере, первичная функция которого состоит в извлечении положения из двух (двух из трех) строчных сигналов (получаемых после так называемых шагов front-end компенсации), с применением следующей функции:

$$\alpha = \angle(V_1, kV_2),$$

где α — магнитный угол $\angle(B_1, B_2)$; $V_1 = V_x$, V_y или V_z ; $V_2 = V_x$, V_y или V_z ; k — программируемый фактор для согласования амплитуды V_1 с V_2 .

MLX90363 (рис. 8д) — следующая новая микросхема от Melexis, созданная для подключения к микроконтроллеру, которая характеризуется выходом SPI и предоставляет максимальную гибкость при разработке приложений в неограниченном диапазоне применений. 3D, угловое, линейное и даже различные смешанные типы движения могут детектироваться посредством ПО, встроенного в клиентский микроконтроллер. Внутренние строчные и обработанные сигналы датчика, содержащие информацию B_x , B_y и B_z для обработки микроконтроллером, передаются через интерфейс SPI. Данные от однокристалльного датчика температуры и данные диагностики кристалла также могут передаваться цифровым способом. Тот же самый канал используется для программирования.

Три компонента приложенной плотности потока измеряются посредством front-end интерфейса Triaxis: B_x , B_y , B_z . Напряжения

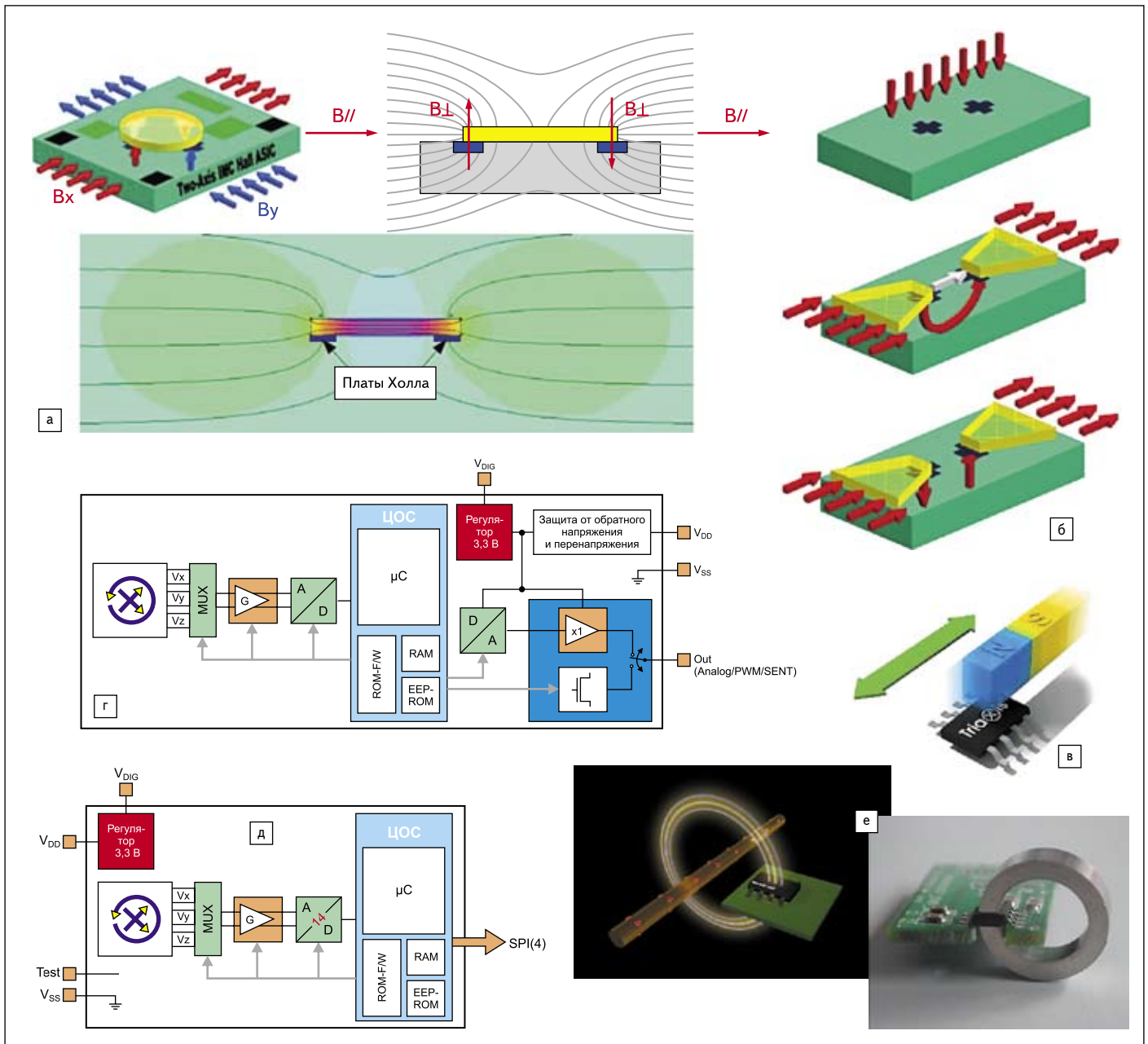


Рис. 8. Датчики Холла на основе Triaxis от Melexis: а) применение Triaxis для двухосевых измерений угла — 4 платы Холла + ИМК; б) одноосевые измерения магнитного поля с применением технологии Triaxis; в, г) датчик положения MLX90360: в) иллюстрация применения; г) блок-диаграмма; д) MLX90363 — магнитометр с высокоскоростным последовательным интерфейсом (блок-диаграмма); е) MLX91207 — датчик Холла для измерения тока

Холла V_x, V_y, V_z соответствуют трем компонентам приложенной плотности потока и поставляются в АЦП. Как и в MLX90360, сигналы Холла обрабатываются в полностью дифференциальной аналоговой цепочке с классическими методами отмены смещений.

Вследствие того факта, что магнитное усиление ИМК оказывает влияние только на компоненты, параллельные поверхности ИС, амплитуда V_z меньше, чем амплитуды компонентов V_x и V_y .

Обрабатываемые аналоговые сигналы преобразуются посредством 14-битного АЦП и обеспечиваются посредством ЦОС-блока для дальнейшей обработки. Ступень ЦОС

основана на 16-битном RISC-микроконтроллере, первичная функция которого состоит в извлечении информации о положении из строковых сигналов (после front-end компенсационных шагов) с использованием одного из следующих выражений:

$$\alpha = \text{ATAN}(kV_1/V_2),$$

$$\alpha = \text{ATAN}\left(\frac{\sqrt{(k_\alpha V_3)^2 + (k_t V_2)^2}}{V_1}\right),$$

$$\beta = \text{ATAN}\left(\frac{\sqrt{(k_\beta V_3)^2 + (k_t V_1)^2}}{V_2}\right).$$

где $V_1 = V_x, V_y$ или $V_z; V_2 = V_x, V_y$ или $V_z; V_3 = V_x, V_y$ или $V_z; k$ — программируемый фактор для согласования амплитуды kV_1 и $kV_2; k_\alpha, k_\beta$ и k_t — программируемые параметры.

Датчики Triaxis малы, способны к высокотемпературной работе и могут включать шины и интерфейсную электронику на кристалле. Магнитная связь сигнала означает отсутствие физического контакта, износа и фактически бесконечный срок службы. Также это означает устойчивость к загрязнениям, пыли, грязи, маслу в жестких условиях, типичных для автомобилей, грузовиков, фермерского оборудования и промышленных применений.

Следующим шагом Melexis стала разработка бесконтактного датчика тока MLX91207 для гибридных автомобилей (HEV), электромобилей (EV) и возобновляемых источников энергии (солнечные и ветровые генераторы). MLX91207 представляет собой полностью программируемую ИС датчика в стандартном корпусе SO-8, отличающуюся высокоскоростным аналоговым выходным сигналом, который пропорционален внешней приложенной плотности потока, с быстрым временем срабатывания, а также дополнительным выходом термометра.

Линейный аналоговый выход допускает использование датчика в высокоскоростных системах, где время срабатывания <10 мкс. Токовый датчик MLX91207 определяет ток посредством детектирования магнитного поля, сгенерированного токами в проводнике (рис. 8e) в типичной конфигурации с ферромагнитным сердечником. MLX91207 подходит для измерений и постоянного, и переменного тока до 70 кГц. Он отличается омической изоляцией, низкими вносимыми потерями, быстрым временем срабатывания, малым размером корпуса и низкими ценовыми требованиями сборки. Корпус SO-8 подходит для автоматического монтажа, что считается более надежным, чем применение SIP-корпуса. Типичные применения включают мониторинг тока батареи в преобразователях солнечной энергии и авто-

мобильных инверторах, управляющих двигателями HEV/EV.

Заключение

В статье было рассказано о том, какие именно продукты составляют и дополняют сейчас базовые линейки пятерки ведущих поставщиков, на долю которых приходится основной объем глобальных продаж датчиков магнитного поля.

На долю компаний топ-пятерки приходится свыше 80% глобального рынка датчиков магнитного поля. Но их вклад в развитие этого рыночного сегмента в данном случае невозможно оценить только по объемам продаж. Как показывает обзор, в линейках продукции ведущих поставщиков в настоящее время доминируют технологии эффекта Холла. Но в сегменте появляются и другие технологии датчиков магнитного поля (так называемые XMR-эффекты — AMR, GMR, TMR и другие, МЭМС), для которых ввиду их преимуществ открываются новые перспективы применений.

Например, в технологическом плане весьма сильными являются инновационные разработки энкодеров Холла компании austria-microsystems, АМР-технологии от NXP, АМР и ГМР-датчики Sensitec, компасы на основе ТМР-эффекта от Freescale или МЭМС от Baolab. Об этих и других инновациях при необходимости можно узнать из других публикаций автора. ■