

Автомобильные датчики положения.

Актуализация надежных и недорогих интегральных компонентов

Светлана СЫСОВЕВА
S.Sysoeva@mail.ru

В статье представлен обзор ключевых обновлений рынка интегральных компонентов датчиков автомобильного назначения, иллюстрирующий важнейшие тенденции данного сегмента — заполнение маркетинговых пустот в предложениях и выраженное стремление производителей к продвижению надежных и недорогих интегральных компонентов.

Введение

Автомобильные датчики положения, представленные на современном рынке, — это в основном магнитоуправляемые и индуктивные устройства, причем наиболее востребованные из них — это активные магнитоуправляемые датчики второго или даже третьего поколения. С данным определением ассоциируются высокоточные измерители переменного магнитного поля не только со схемами компенсации, но и с ЦОС и готовым интерфейсом, прежде всего включающие ИС и энкодеры Холла, АМР- и ГМР-компоненты [1–8].

Топ-предложения высокоинтегрированных энкодеров 2005 и 2006 годов, к которым относятся ML90316 Melexis, KMA200 Philips (NXP) [2–3] с их синусно-косинусным методом оценивания магнитного поля посредством вычисления функции арктангенса, высокой толерантностью к магнитным смещениям, большим удобством для пользователя в связи с наличием EEPROM, возможностью получения и многопараметрического программирования цифровой выходной характеристики, невысокой системной ценой, явно надолго приостановили дальнейшие технологические инновации в сфере датчиков положения. Но обновление и пополнение элементной базы датчиков Холла классического типа, ГМР-компонентов происходит и в последнее время — даже более высокими темпами, чем можно было бы это спрогнозировать, основываясь на выводах из анализа только технической стороны вопроса [1–8]. Действительно, обновления стремятся максимально заполнить

существующие маркетинговые пустоты. Об этом свидетельствуют значительно пополненные линейки ведущих производителей, прежде всего Micronas, Infineon, а также ряда других.

Об обновлениях 2008–2009 годов и будет рассказано в данной статье, завершающейся некоторыми общими выводами.

ГМР-компоненты Infineon

TLE 5010/5011/5012 (рис. 1) — это первые угловые ГМР-энкодеры в диапазоне 360° с цифровым интерфейсом, детектирующие ориентацию магнитного поля за счет синусно-косинусного оценивания монолитными интегрированными угловыми элементами — так называемыми integrated Giant Magneto Resistance elements (iGMR). Коммуникация данных выполняется посредством двунаправленного интерфейса Synchronous Serial Communication (SSC) — SPI-совместимого.

Основными признаками ИС TLE 5010/5011 являются:

- использование для измерений высокочувствительного ГМР-эффекта (физика эффекта рассматривается в [4]);
- угловой диапазон 0–360°;
- высокоточный АЦП SD-ADC;
- 16-битный синусно-косинусный интерфейс;
- двунаправленный интерфейс SSC со скоростью передачи данных до 2 Мбод (Мбит/с);
- трехвыводный SSC-интерфейс, SPI-совместимый (выход с открытым стоком);
- КМОП-процесс толщиной 0,25 мкм;
- датчик, квалифицированный для автомобильных применений: –40...+150 °С;
- электростатическая защита ESD > 2 кВ (в модели человеческого тела HBM);
- бессвинцовая технология производства.

Компания акцентирует внимание на следующих основных признаках ИС TLE 5012:

- 15-битное представление абсолютного углового значения на выходе (разрешение в 0,01°);

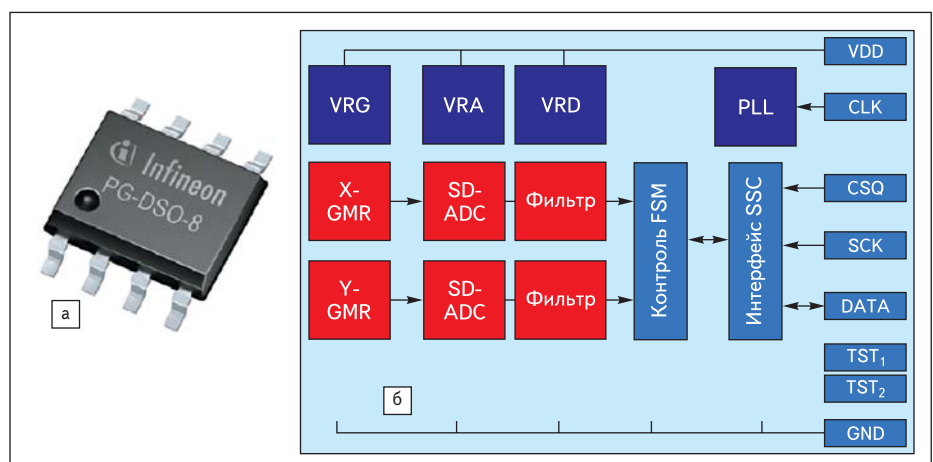


Рис. 1. Интегральные ГМР-энкодеры Infineon TLE5010, TLE5011, TLE5012: а) внешний вид ИС в корпусе PG-DSO-8; б) упрощенная функциональная диаграмма TLE5011

¹ TLE 5010 представляет собой базовый компонент серии, для которого в 2008 году были выпущены предварительные листы данных. В 2009 году компания анонсировала выпуск TLE 5011/5012.

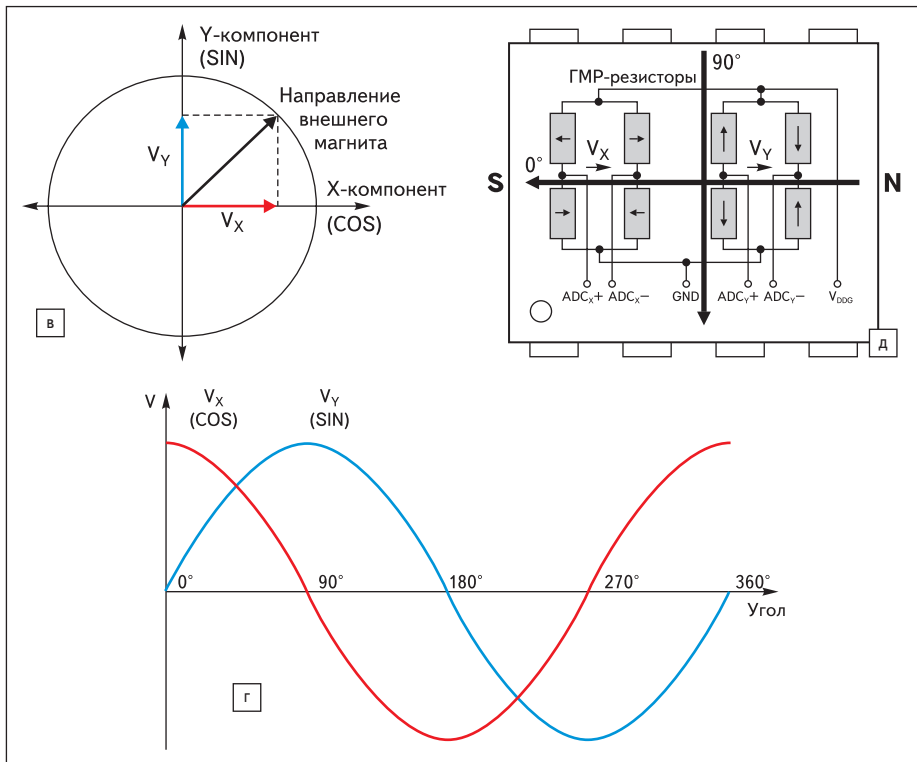


Рис. 1. Интегральные ГМР-энкодеры Infineon TLE5010, TLE5011, TLE5012:
 в, г, д) иллюстрация функциональности сенсорной части в диапазоне 360°;
 в) физико-математический принцип разложения вектора магнитной индукции на составляющие;
 г) синусо-косинусные сигналы напряжения с выходов сенсорных элементов;
 д) физическая реализация угловой функциональности в диапазоне 360° с двумя сенсорными ГМР-резисторными мостами Уитстона

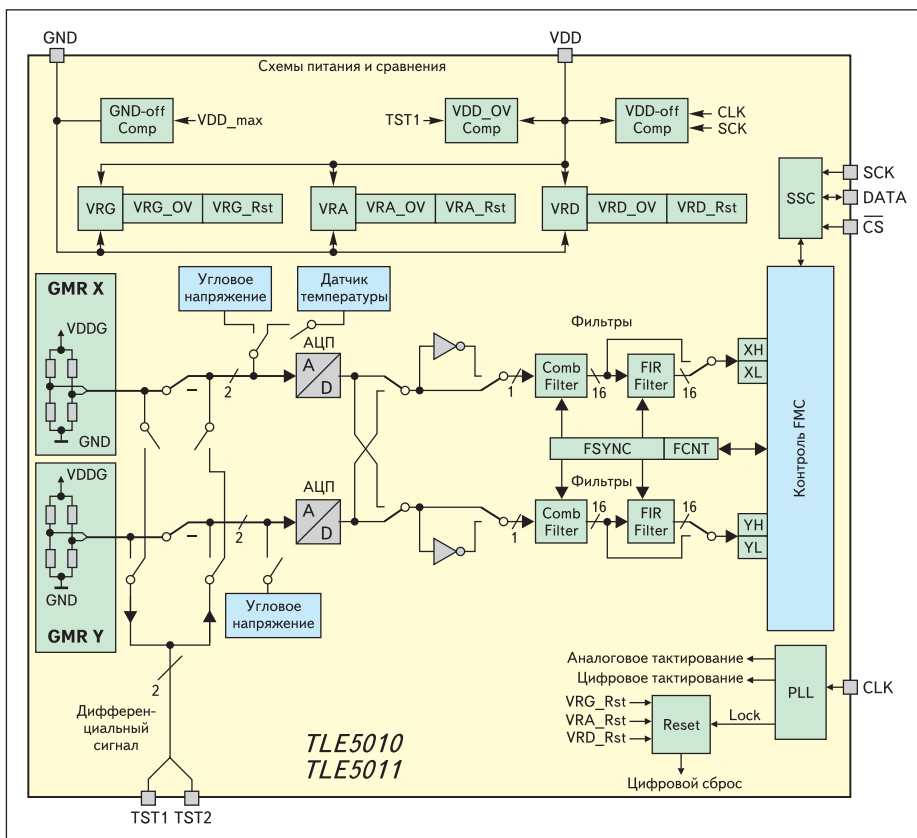


Рис. 1. Интегральные ГМР-энкодеры Infineon TLE5010, TLE5011, TLE5012:
 е) уточненная функциональная диаграмма TLE5010/TLE5011

- максимальная угловая ошибка 1° в рабочем температурном диапазоне в течение заявленного срока службы;
- двунаправленный интерфейс SSC со скоростью передачи данных до 8 Мбод;
- поддержка SIL 3² с диагностическими функциями и информацией о статусе;
- интерфейсы: SSC, PWM, инкрементальный Incremental Interface (IIF), режим эмуляции датчика Холла, Hall Switch Mode (HSM). Основные области применения всех ИС данной серии:
- рулевое управление;
- бесколлекторные двигатели Brushless DC Motor (включая Electric Power Steering (EPS));
- угловые переключатели;
- любые обычные угловые измерения.

Устройства заключены в корпус поверхностного монтажа PG-DSO-8.

TLE 5010/5011/5012 имеют два сенсорных пути для прочтения X- и Y-компонентов поля и обеспечивают цифровой выходной сигнал синусных и косинусных компонентов сигнала. Выходной сигнал ГМР-моста позволяет оценивать только 180° . Поэтому используются два моста, ориентированные ортогонально (рис. 1д).

Угловое значение в диапазоне 360° вычисляется с помощью функции арктангенса, которая дает возможность использовать для вычислений угла соотношение X и Y сигналов, а не их абсолютные значения, тем самым повышая системную устойчивость к погрешностям монтажа, магнитным и электрическим шумам и другим факторам, наводящим амплитудные ошибки. Вычисления арктангенса производятся с использованием CORDIC алгоритма. Каждый сигнальный путь обрабатывается посредством собственного SD-ADC и индивидуально фильтруется. АЦП и фильтры синхронизируются внешними командами SSC.

Для обеспечения избыточности могут использоваться две ИС; при использовании более чем одной ИС чип выбирается посредством пина Chip Select.

Рабочее напряжение устройств 4,5–5,5 В, ток потребления — 15 мА. Рабочая магнитная индукция TLE5010 30 (25–45) мТл, TLE5011/5012 50 (30–70) мТл.

Надежная работа датчика гарантируется выполнением следующих тестов:

- угловой тест (генерируется посредством тестовых напряжений с АЦП);
- пересеченные сигнальные пути (переключаемые для сравнения);
- инвертированные знаки битовых потоков;
- обнаружение перенапряжения и недостаточного напряжения.

Особенностью устройств является чувствительность к магнитной индукции (не более 80 мТл в течение 5 ч и не более 125 мТл

² SIL — safety integrity levels, или уровни безопасной интеграции, описанные в стандарте ANSI/ISA-84.00.01-1996. В настоящее время уже существует уровень SIL 4 — согласно ANSI/ISA 84.00.01-2004 (IEC 61511-1 mod).

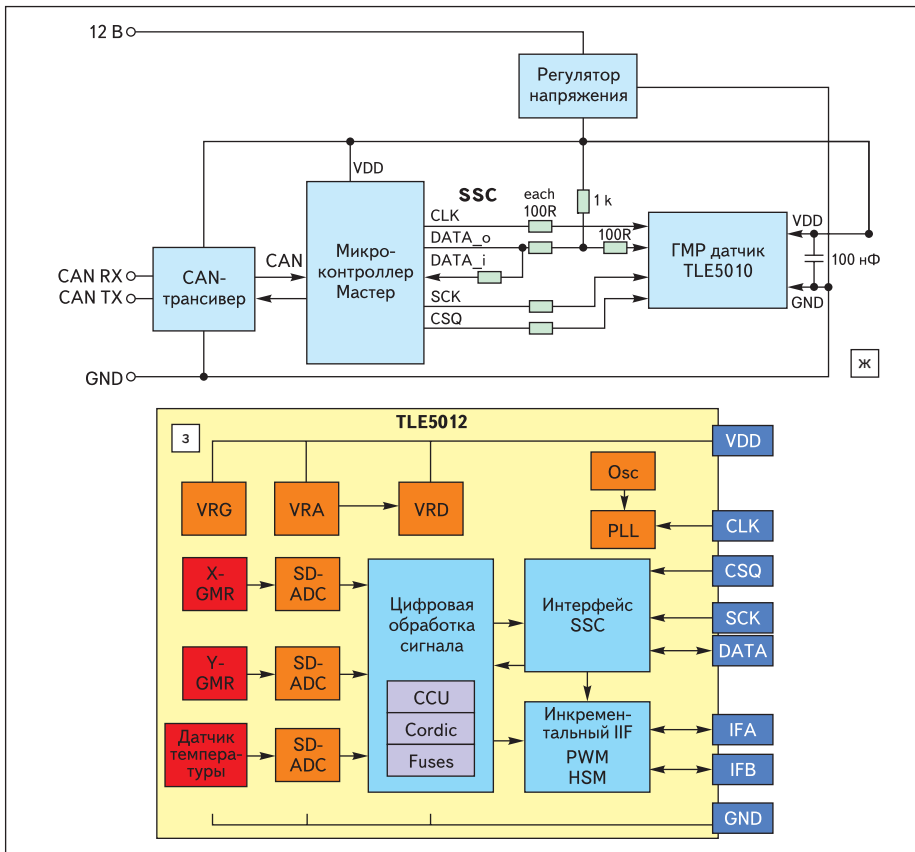


Рис. 1. Интегральные ГМР-энкодеры Infineon TLE5010, TLE5011, TLE5012: ж) рекомендованная схема применения TLE5010/TLE5011; з) функциональная диаграмма TLE5012

в течение 5 мин). Но при соблюдении всех условий работы заявленный производителем срок службы данной ИС составляет 15 лет. Рекомендованная производителем схема применения 5011 показана на рис. 1ж. Для TLE5012 тоже разработаны рекомендованные схемы применения, различающиеся в зависимости от типа используемого интерфейса. Они могут быть найдены в листах данных на сайте производителя. В разработке также находятся оценочные комплекты.

Энкодеры Austriamicrosystems

Линейка программируемых энкодеров Austriamicrosystems значительно пополнилась за последние годы. В настоящее время она включает более дюжины ИС Холла, предназначенных для измерений положения. Программирование всех ИС — однократное ОТР. ИС отличаются друг от друга принципом кодирования (абсолютные и инкрементальные энкодеры), разрешением, варьирующимся от 8-битного до 12-битного, областью применения и температурной группой (большинство ИС предлагаются для диапазона $-40...+150$ °С, то есть подходят для автомобильных применений), типом выхода (аналоговый, ШИМ, цифровые интерфейсы), а также по некоторым другим параметрам.

Базовые представители линейки — введенные Austriamicrosystems в 2004–2005 годах

AS5040, AS5043, AS5030, AS5035 — представляют собой магнитные угловые энкодеры из семейства AS50ху с возможностью работы в температурном диапазоне $-40...+125$ °С. AS5030 и AS5035 — это 8-битные недорогие устройства: AS5030 — абсолютный энкодер, а AS5035 — инкрементальный. AS5040, AS5043 представляют собой 10-битные угловые энкодеры с возможностью абсолютных измерений, отличающиеся типом выходного сигнала: абсолютный выход AS5040 доступен в формате ШИМ и SSI, абсолютный выход AS5043 — аналоговый. Но AS5043 — абсолют-

ный энкодер, в отличие от AS5040, являющейся универсальной микросхемой: кроме абсолютных доступны инкрементальные интерфейсы (квадратурный и индексный сигналы, тахометрический сигнал с опциями индикации направления и индексации, сигналы коммутации бесколлекторных двигателей).

AS5045 и AS5046 — это 12-битные абсолютные устройства с цифровым выходом (AS5045) и двухпроводным последовательным или аналоговым интерфейсом (AS5046).

Семейство AS51ху включает еще четыре коммерчески доступных устройства (AS5130, AS5134, AS5140H, AS5145) с разрешением и назначением (типом измерений и выходным интерфейсом), идентичными аналогам из семейства AS50ху. Эти устройства, а также AS5243, AS5304 и AS5306, дополнившие линейку энкодеров Austriamicrosystems в последнее время, заслуживают отдельного рассмотрения.

AS5134 (рис. 2а) — это энкодер, предназначенный для точных угловых измерений в полном обороте 360° . Цифровые данные с разрешением в 8,5 бит или 360 положений за оборот обеспечиваются на выходе как последовательный или ШИМ-сигнал. Передача данных конфигурируется как однопроводной (PWM), двухпроводной (DCLK, DIO) или трехпроводной (DCLK, DIO, CS) сигнал.

Доступны как абсолютные, так и BLDC-выходы переключения бесколлекторных двигателей (UVW) для двигателей с парами полюсов до шести включительно, а также квадратурно-индексный инкрементальный интерфейс.

В 6-битном формате доступна информация о напряженности/индукции магнитного поля, что упрощает оценивание магнитного поля при вертикальном перемещении магнита. Магнитный рабочий диапазон расширенный — 20–80 мТл. Рабочее напряжение 4,5–5,5 В.

Режим Power Down Mode позволяет снизить потребление мощности. Рабочий температурный диапазон: $-40...+140$ °С. AS5134 смонтирован в корпус SSOP20.

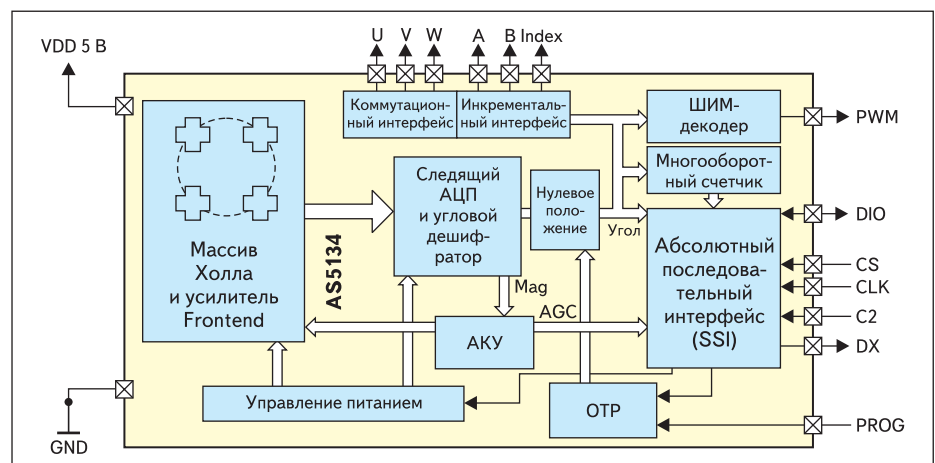


Рис. 2. ASIC энкодеры Холла от Austriamicrosystems верхнего ценового класса: а) функциональная диаграмма AS5134

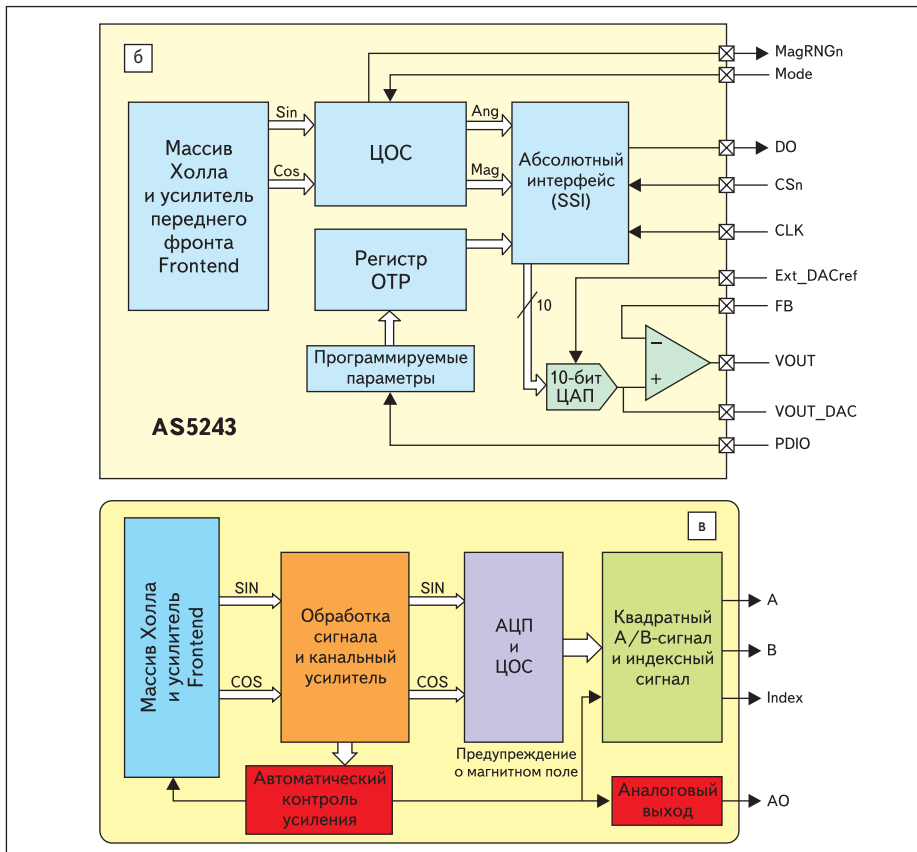


Рис. 2. ASIC энкодеры Холла от Austriamicrosystems верхнего ценового класса: б) функциональная диаграмма AS5243; в) функциональная диаграмма AS5304/06

AS5134 подходит для бесконтактного углового детектирования положения, угловых переключателей, контроля положения двигателей постоянного и переменного токов AC/DC и переключения бесколлекторных двигателей. Данная ИС позиционируется производителем как высокоскоростной (скорость работы до 25 000 об./мин) энкодер для переключения двигателей, прежде всего в автомобильных системах.

AS5140H — это 10-битный программируемый энкодер углового диапазона 360° с той же функциональностью, что и у AS5040, но с расширенным рабочим температурным диапазоном до +150 °С. AS5145 — 12-битный магнитный угловой энкодер.

AS5243 (рис. 2б) — также 12-битный магнитный угловой энкодер с SSI и аналоговым выходом, в отличие от базового прототипа AS5043 обеспечивающий полностью избыточные измерения с малым корпусом QFN32LD размерами 7×7 мм и рассчитанный на широкий рабочий температурный диапазон -40...+150 °С.

Как высоконадежное устройство, AS5243 рекомендуется для замещения потенциометров в системах измерения угла, например, положения дроссельной заслонки, педали (газа/тормоза), положения фар, переключателей приборной панели.

AS5304/AS5306 (рис. 2в) — это ИС, предназначенные для детектирования линейного и так называемого off-axis или смещенного

относительно централизованного в вертикальной оси положения многополюсных магнитных полюсов и колец.

Об одной из первых микросхем данной линейки, AS5305, было упомянуто еще в работе [1], а более детальную информацию о рабочих принципах энкодеров Austriamicrosystems можно получить, используя источники [5–7].

Эти два устройства также обеспечивают квадратный инкрементальный выход с 40 импульсами за полюсную пару со скоростями до 20 м/с (AS5304) или 12 м/с (AS5306). Использование, для примера, 32-полюсного магнитного кольца с AS5304/AS5306 может обеспечить 1280 импульсов/оборот, что эквивалентно 5120 положений/оборот или 12,3 бит. Максимальная скорость в этой конфигурации 9375 об./мин.

Рекомендуемая длина полюсной пары — 4 мм (по 2 мм на северный и южный полюс) для AS5304 и 2,4 мм (по 1,2 мм на каждый полюс) для AS5306. Чип допускает напряженность магнитного поля до 5 мТл (в пике).

Для каждой пары полюсов генерируется один индексный импульс на выходе Index.

Оба чипа доступны в конфигурациях с push-pull выходами (AS530xA) или с выходами с открытым коллектором (AS530xB). AS5304/AS5306 доступны в малых 20-выводных TSSOP корпусах и специфицируются производителем для работы при температуре в диапазоне -40...+125 °С.

Применения этих ИС сосредоточены относительно ниши высокоскоростного детектирования перемещений в системах двигателей, переключателей, промышленных приводов, контроля XY-позиционирования.

Рабочее напряжение 4,5–5,5 В. Характерно, что большинство ИС от Austriamicrosystems обладают способностью работать от 5-вольтового и 3-вольтового (3,3 В) источников питания.

Для всех из них поддерживается режим каскадирования Daisy chain.

Цена энкодеров варьируется от \$3,5 (\$3,53 — цена 8-битного устройства AS5030) до \$12,60 (для AS5243 с избыточным выходом) за 1000 штук.

Другие линейки и обновления ИС Холла

Значительное число программируемых энкодеров предлагает также iC-Haus.

Стоит обратить внимание еще на одно востребованное предложение 2008 года от iC-Haus, введенное производителем уже позже временных рамок, обозначенных в прошлогодней публикации [1], но об этой ИС в [1] уже упоминалось.

iC-MP представляет собой 8-битный энкодер с разрешением в 1,4° для абсолютных и инкрементальных измерений углового положения диаметрально намагниченного магнита. Устройство выпускается в малом (4×4 мм) и тонком корпусе QFN28. Типичные применения относятся к автомобильной и промышленной сферам.

Линейный ратиметричный выход программируется в OTP-ROM для данного направления вращения и угловых диапазонов 90°, 180°, 270° или 360°. Выход может также конфигурироваться для осуществления диагностической функциональности закорачивания выхода как 10–90% от напряжения питания, что типично для многих современных микросхем с аналоговым выходом.

Передача данных также возможна через SSI-интерфейс. ИС могут каскадироваться и прочитываться одним микроконтроллером, что снижает энергопотребление. Питание iC-MP — от 5-вольтового источника (5 В ±10%), работа регламентируется в диапазоне -40...+125 °С.

Линейка энкодеров iC-Haus в настоящее время включает семь устройств, перечисленных в [1] — пять датчиков Холла и два линейных AMP-модуля.

Еще один производитель ИС Холла — компания RLS. Помимо 8- и 9-битных ИС AM256 и AM512, о которых рассказывалось в [7], данная компания производит сегодня 13-битные ИС AM8192 (AM8192B и AM8192B1) в корпусах LQFP44. Выходы, которые они обеспечивают, — SSI, инкрементальный и небуферизованный синусно-косинусный. Эти устройства отличаются высотой позиционирования ИС над магнитом (1,9 мм для AM8192B и 0,5 мм для AM8192B1). Рабочая температура — в диапазоне -40...+125 °С, большинств-

во применений — промышленные, как иллюстрирует линейка готовых устройств промышленного профиля от RLS.

Цена энкодеров, как показано ранее на примере Austriamicrosystems, невелика. Но цена стандартных датчиков Холла в \$1–2, программируемых в EEPROM и также предлагающих готовый интерфейс, объясняет, почему ведущие производители активно продвигают новые ИС Холла стандартного или классического типа (то есть с одним чувствительным элементом) — вопреки технологическим инновациям, реализованным в энкодерах и в бессменном топ-предложении от Melexis MLX90316.

Речь идет о значительно расширенной линейке датчиков Холла HAL8хх и HAL28хх Micronas Intermetall, обновлениях в семействе TLE499х от Infineon и MLX90277 Melexis, а также семействе A1381/2/3/4/6 Allegro Microsystems.

Хотя энкодерный синусно-косинусный принцип вычисления угла по арктангенсу обеспечивает много преимуществ с технической стороны, цена более высокоразрешающего, высокоточного и высоконадежного устройства по мере увеличения сложности конструкций и схем неизменно увеличивается. А это может вовсе не требоваться для решения многих автомобильных задач в машинах ориентированного на массовый рынок цено-

вого класса. Здесь по-прежнему наиболее коммерчески востребованы именно линейные аналоговые датчики, новая элементная база которых подробно рассматривается далее (детальную информацию о датчиках, поступивших на рынок, можно получить, используя источники [5, 8]).

Выделяются два типа схемотехнических решений для аналоговых устройств:

- 1) датчики с аналоговым трактом передачи сигнала;
- 2) датчики с оцифровкой, цифровой обработкой аналогового сигнала с его последующим преобразованием обратно в аналоговый сигнал, то есть с интегрированными АЦП-ЦОС-ЦАП ступенями.

По типу памяти для хранения параметров работы и корректирующих коэффициентов различают:

- 1) однократно программируемые устройства с OTPROM;
- 2) многократно перепрограммируемые в EEPROM ИС.

В обоих случаях второй метод обеспечивает лучшие результаты и большее удобство для пользователя. Хотя многие прецизионные ИС представляют собой именно устройства из числа микросхем с аналоговым трактом передачи сигнала (например, MLX90215, A1373/4). Высокая надежность достигается за счет полностью избыточного выхода, реали-

зованного в новых ИС данного класса (с чисто аналоговым трактом), примером которых является MLX90277.

Обновления линейки программируемых аналоговых датчиков Allegro

В настоящее время линейка программируемых линейных датчиков Allegro, помимо выпущенных еще в 2005 году A1373/4 [8], включает также 5 ИС семейства A138х (A1381/2/3/4/6), которые отличаются друг от друга уровнями программирования чувствительности и рабочей частотной полосой.

A1381/2/3/4 Allegro (рис. 3а) — это устройство, разработанные компанией с целью ответственности новым применениям ИС Холла (измерения положения и тока), требующим высокую точность в сочетании с малыми размерами корпусов. Семейство Allegro A138х включает температурно-стабильные устройства в миниатюрном корпусе поверхностного монтажа (SOT23-W) и в ультрамалом корпусе со штыревыми выводами для сквозного монтажа through hole. Как фактор повышения точности компанией рассматривается возможность программирования конечного устройства после его сборки, что не отражается отрицательно на системной цене.

Датчики ратиометричные, что означает пропорциональность выхода аналогового напряжения напряжению питания. Среднеквадратическое напряжение и чувствительность как важнейшие параметры передаточной характеристики регулируются пользователем. Среднеквадратическое напряжение может быть установлено в 50% напряжения питания, чувствительность регулируется от 20 до 90 мВ/мТл. Программируемыми являются также полярность/наклон и температурная компенсация. Рабочий температурный диапазон: $-40...+150$ °С.

Allegro A1386 — это устройство, добавленное к линейке программируемых датчиков в 2009 году. Как и предшественники, этот датчик нацелен на автомобильный рынок и предназначен для измерения абсолютного положения. Его уникальность состоит в реализации поддержки нормального и малого потребления мощности. В нормальном рабочем режиме Allegro A1386 работает как высокоточный, программируемый пользователем линейный ратиометричный датчик. В режиме малого энергопотребления устройство работает с отключенными функциями внутренних элементов ИС в компромиссе с точностью индикации положения магнита.

Чувствительность устройства регулируется в диапазоне значений от 19 до 35 мВ/мТл для напряжения питания 5 В. Температурный коэффициент чувствительности A1386 программируется при производстве к значению $0,13\%/^{\circ}\text{C}$ с расчетом на компенсацию допусков магнитов из материала NdFeB. Важным признаком устройства является его способ-

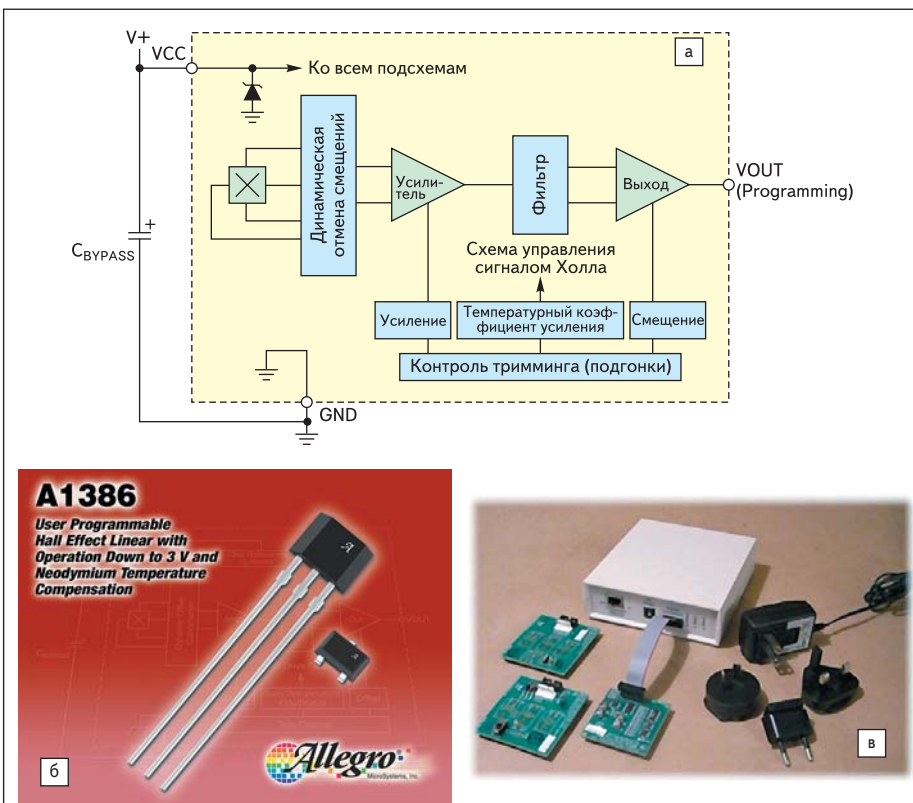


Рис. 3. Обновления в линейке программируемых аналоговых датчиков Холла Allegro (классического типа):

- а) функциональная диаграмма ИС A1381/2/3/4;
- б) внешний вид A1386 — датчика с функциональностью питания от 3-вольтового источника и аналоговым интерфейсом;
- в) оценочный комплект ASEK-02 (Allegro Sensors Evaluation Kit) для программирования датчиков

ность обнаруживать уменьшение напряжения питания ниже определенного порога. Температурный диапазон устройства, как и всех новых ИС Allegro, $-40...+150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Allegro A1386 поставляется в ультраминиатюрном корпусе (UA) SIP и в трехвыводном SOT-23W (LH).

Для программирования датчиков предлагается оценочный комплект ASEK-02 (Allegro Sensors Evaluation Kit) (рис. 3в), включающий аппаратные и программные средства для программирования:

- двух-, трех-, четырехпроводных переключателей и защелок, которые программируются через вывод питания;
- трехпроводных линейных датчиков, программируемых через выходной вывод.

MLX90277 Melexis

Базовые представители линейки программируемых датчиков Melexis — это MLX90215 и MLX90251 [8].

MLX90277, представленный на рынок автомобильной электроники в 2008 году, — это программируемый дуальный ратиометричный датчик положения с избыточным выходом. В один корпус TSSOP включены две ИС (А и В) с индивидуальными элементами Холла, независимо программируемые и электрически изолированные (рис. 4). Линейные выходные напряжения ИС пропорциональны плотности магнитного потока, а ратиометричные выходы — напряжению питания. MLX90277 включает схему активной коррекции ошибок, устраняющую смещения, типичные для аналоговых датчиков Холла.

Все параметры передаточной характеристики MLX90277 являются полностью программируемыми: среднеквадратическое напряжение V_{0Q} (выходное напряжение на нулевом магнитном поле), чувствительность, направление наклона, выходные ограничивающие уровни, дрейф смещения, внутренняя смещающая точка, ФНЧ программируются в EEPROM. Устройства ратиометрические, но многие из них предлагают пользователю возможность

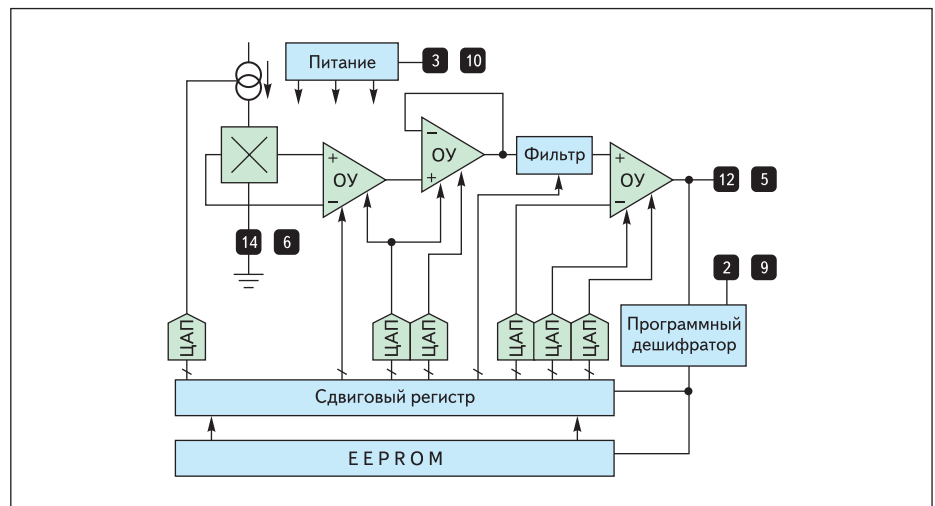


Рис. 4. Программируемые в EEPROM дуальные (с избыточным выходом) линейные ИС Холла (классического типа) MLX90277 Melexis

Многие другие функциональные характеристики и особенности MLX90277 схожи с MLX90251.

Рабочая температура устройства: $-40...150\text{ }^{\circ}\text{C}$. MLX90277 обладает очень стабильной температурной компенсацией V_{0Q} и чувствительности в широких температурных пределах. Также MLX90277 допускает программирование номера ID Melexis, в памяти EEPROM 24 бита отводятся для программирования пользовательского серийного номера.

Функциональная диаграмма обеих ИС MLX90277 показана на рис. 4.

Все рассматриваемые далее новые датчики Холла относятся уже к классу ИС с двойным АЦП-ЦАП преобразованием сигнала, обрабатываемого в ЦОС. Важнейшие параметры характеристики таких устройств, включая магнитный диапазон, среднеквадратическое напряжение, чувствительность, ограничивающие уровни, температурная компенсация и другие параметры, программируются в EEPROM. Устройства ратиометрические, но многие из них предлагают пользователю возможность

осуществления диагностической функциональности (10–90% напряжения питания при нормальной работе, выход за эти пределы индицирует сбойные условия).

Обновления в семействе HAL8xx Micronas Intermetall

Семейство HAL8xx от Micronas известно специалистам уже давно и достаточно подробно описывалось в публикациях прежних лет [1, 2, 4, 8].

HAL805 — это базовый коммерчески доступный представитель семейства линейных программируемых датчиков HAL8xx Micronas.

Следующим линейным датчиком является HAL810, который в отличие от своего аналогового прототипа HAL805 характеризуется 8-битным ШИМ-выходом, что устраняет необходимость интерфейсного АЦП и позволяет снизить цену.

HAL815 представляет собой расширение HAL805 и характеризуется диагностической функциональностью для гарантированного

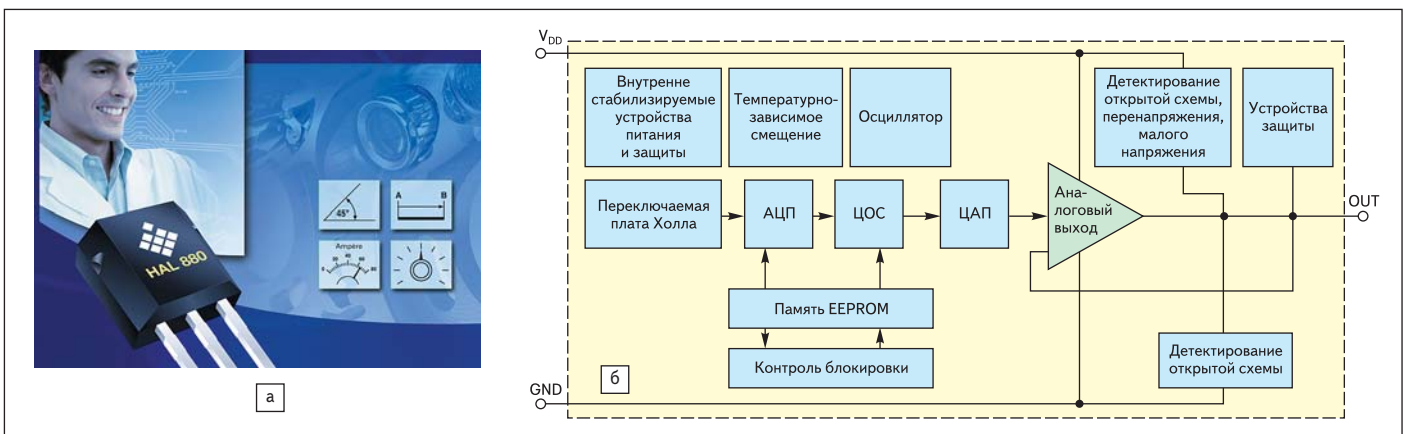


Рис. 5. Обновления в линейке Micronas программируемых линейных датчиков Холла (классического типа) — расширение семейства HAL8xx и новое семейство HAL28xx: а, б — программируемый датчик Холла ИС HAL880 Micronas, являющийся примером обновления элементной базы датчиков положения классического типа с расчетом на недорогие применения: а) внешний вид; б) функциональная диаграмма

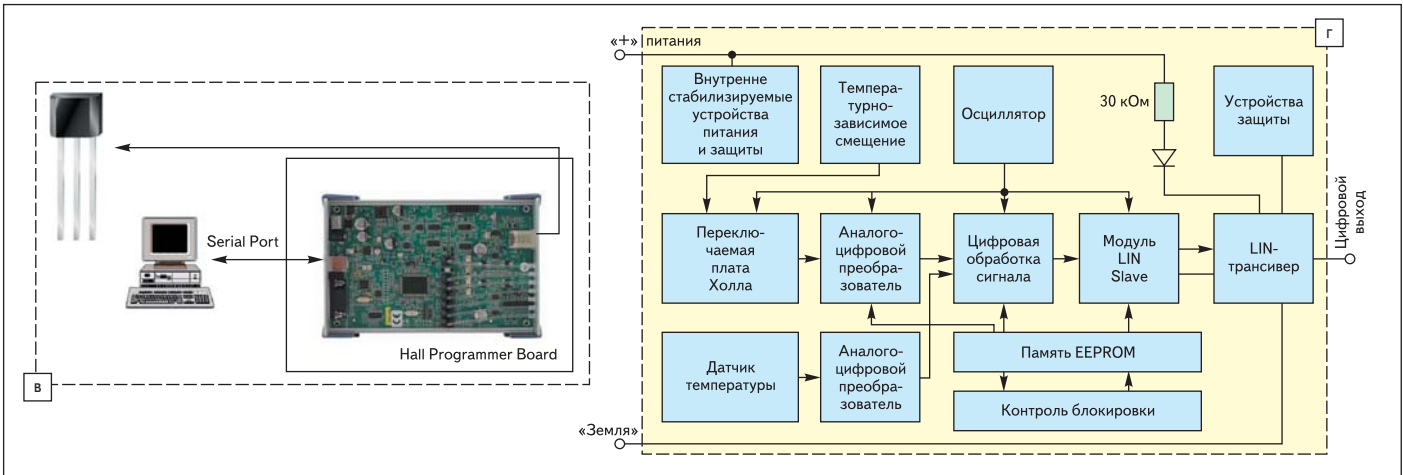


Рис. 5. Обновления в линейке Micronas программируемых линейных датчиков Холла (классического типа) — расширение семейства HAL8хх и новое семейство HAL28хх: в) средства программирования датчиков с платой Hall Programmer Board v.5.x; г) функциональная диаграмма ИС из семейства HAL28хх — HAL2810

получения корректного выхода при вариациях напряжения питания.

HAL85х, введенные в 2004 году, являются дальнейшим расширением семейства HAL8хх и предполагают произвольную выходную характеристику, в том числе двухпроводный выход для HAL856. Выходная характеристика допускает калибровку до 32 точек с разрешением 9 бит. Это микросхемы топ-уровня среди своих аналогов в рамках данного семейства и в сравнении с предложениями конкурентов.

В настоящее время семейство программируемых датчиков Micronas HAL8хх дополнено новыми ИС HAL82х — HAL824 и HAL825, а также HAL880 (рис. 5а, б).

HAL824 и HAL825 — это высокоточные датчики магнитного поля с ратиометричным линейным выходным сигналом. Данное семейство HAL82х специально сконструировано для минимизации дрейфа и обеспечения стабильности чувствительности и смещения.

Альтернативой ратиометричному аналоговому сигналу является мультиплексированный аналоговый выход. В мультиплексированном аналоговом выходном режиме датчик передает LSN и MSN выходного значения отдельно, что позволяет передавать сигнал с заявляемой производителем 14-битной точностью (разрешением).

Главные характеристики, подобно диапазону магнитного поля, выходному формату, чувствительности, среднеквадратическому напряжению V_{0Q} и температурным коэффициентам, легко регулируются к магнитной системе посредством их программирования.

Основное назначение HAL880 — замещение непрограммируемых стандартных датчиков в недорогих системах и применениях, включая задачи определения положения педали, измерения тока, регулировки фар. Выход датчика — линейный ратиометричный с диагностикой оборванного провода.

Основные характеристики всех новых устройств, как и предшественников, подобно диапазону магнитного поля, чувствительности,

среднеквадратическому напряжению V_{0Q} , температурные коэффициенты (линейный и квадратичный), программируются в EEPROM.

Смонтированы большинство ИС Холла Micronas в трехпроводном корпусе TO92UT. Рабочая температура: $-40...+150$ °С. Все ИС рассчитаны на автомобильные применения.

Семейство HAL 28хх Micronas

Семейство датчиков Холла HAL28хх было введено в 2008 году. ИС датчика семейства HAL28хх интегрирует программируемый RISC-микроконтроллер, датчик температуры (как ранее было типично для датчиков Analog Devices), компенсационную схему и цифровые интерфейсные блоки. Данное семейство оптимизировано для таких автомобильных и мехатронных применений, где востребована высокая точность измерений и гибкость настройки и обслуживания датчика с локальной предобработкой сигнала по низкой цене. Прежде всего, семейство HAL28хх рекомендуется как эффективное решение для датчиков положения сиденья и для мониторинга уровня топлива.

Ключ к повышению точности — это три возможных типа коррекции ошибок. Датчик Холла и датчик температуры обеспечивают каждый своим АЦП, и микроконтроллер реализует метод компенсации смещений spinning-current offset compensation, температурную компенсацию смещения сигнала Холла и чувствительности. Интегральная память EEPROM рассчитана на индивидуальную калибровку датчиков.

Интегрированный драйвер выхода и вывод питания защищены от напряжения обратной полярности. Но самое интересное то, что ИС — члены семейства — обеспечивают готовый LIN-интерфейс, распространенный в автомобильных применениях интерьера, SENT — для применений двигателя, и ШИМ — для систем электрического рулевого управления.

Для семейств HAL28хх и HAL8хх Micronas предлагает набор разработчика (рис. 5в), включающий специальную плату и программное обеспечение LabVIEW с необходимым исходным кодом. Ключевые переменные программирования, такие как скорость сэмплов, диапазон магнитного поля, чувствительность, смещение, температурные коэффициенты чувствительности и смещения, могут регулироваться за счет программирования памяти, для которого используются LIN-фреймы или телеграммы ViPhase-M. Все ИС семейства HAL28хх помещены в корпуса TO-92UT и рассчитаны на повышенный рабочий температурный диапазон ($-40...+140$ °С).

Первым членом семейства HAL28хх является 12-битная ИС HAL2810 (рис. 5г) — линейный датчик с интерфейсом LIN 2.0 (со скоростями передачи данных 10,4 и 20 кбод), помимо упомянутых применений мониторинга уровня топлива и положения сиденья рекомендуемый компанией в качестве датчика веса пассажира, согласно стандарту FMVSS 208 требуемого для расширенного контроля систем разворачивания подушек безопасности. Его преимущества — легкость подключения к единой автомобильной LIN сетевой структуре датчиков, управляющих и исполнительных блоков, высокое 12-битное разрешение, повышенные рабочие температуры (до 140 °С). Устройство включает перечисленные выше компенсационные схемы, 8-битный микроконтроллер с ROM, EEPROM, RAM, интерфейс LIN bus slave, схемы защиты от перенапряжений и напряжений обратной полярности на все трех выводов, программируется пользователем, причем для программирования специальный комплект даже не требуется: может быть использовано любое LIN-средство, хотя он и предлагается компанией. Кроме 32-битного LIN-номера, программируется 12-битный ID-регистр. При этом цена датчика в количестве более тысячи составляет всего \$2,00.

В настоящее время в семейство HAL28ху входят также еще две микросхемы HAL2830 и HAL2850 — датчики Холла с интерфейсами PWM и SENT соответственно. Их рабочие температуры: от -40 до $+170$ °С.

Для осуществления калибровки и программирования HAL8ху и HAL28ху в рабочем окружении Micronas выпускает комплекты программирования с универсальной аппаратной частью Hall programmer board (v. 5.x), программным обеспечением для Windows 9x/2000/XP на Visual Basic и исходные коды.

Осуществляется программирование по интерфейсу RS 232 ПК, ПО адаптировано для изменения значений регистров каждого из поддерживаемых типов датчиков.

Элементная база ИС Холла с ЦОС от Infineon. TLE4997 и TLE4998

TLE4997 (рис. 6) — это программируемый 12-битный линейный рагиометричный датчик с очень большим набором расширенных признаков. Его отличают программируемость в EEPROM (от предшественника, TLE4990 [8]), 20-битная обработка сигнала, цифровая температурная компенсация, заявляемая производителем высокая линейность и малые дрейфы выходного сигнала вследствие влияния температуры (в диапазоне $-40...+150$ °С).

В EEPROM программируются магнитный диапазон и магнитная чувствительность (усиление), напряжение при нулевом поле (смещение), частотная полоса, полярность (направление) наклона, опции ограничивающих уровней, температурный коэффициент для всех используемых типов магнитов; память может блокироваться. Смонтирован ИС в тонком одномиллиметровом трехвыводном корпусе PG-SSO-3-10. В ИС встроена защита от перенапряжения, напряжения обратной полярности, закорачивания выхода. ИС производится по технологии BiCMOS. ЦОС использует 16-битную архитектуру, что обеспечивает столь высокое разрешение, понижаемое на выходе до 12 бит. Таким обра-

зом, минимальное разрешение ИС составляет 12 бит (а на стадии ЦОС оно является более высоким, которое специфицируется производителем в 20 бит). Функциональность ИС включает диагностику обрыва провода и интегрированную температурную компенсацию на основе датчика температуры.

TLE4997I — это ИС промышленного класса (температуры $-40...+120$ °С).

TLE4998 — датчики с PWM (ШИМ) интерфейсом, поставляемые в 3-выводном (PG-SSO-3-10, TLE4998P3) и 4-выводном корпусах (PG-SSO-4-1, TLE4998P4). Программируемые параметры те же, что и для TLE4997, также включают частоту ШИМ-выхода. Для них доступен оценочный комплект на основе программатора PGSISI.

Выводы из обзора представленных на рынке новых магнитоуправляемых компонентов

Большинство обновлений магнитоуправляемых датчиков в настоящее время составляют стандартные программируемые датчики Холла, несмотря на коммерческую доступность обширной элементной базы энкодеров Холла, AMP (KMA200 Philips), и теперь уже — в связи с новыми предложениями от Infineon — ГМР-энкодеров. Никаких революционных технологических инноваций в сфере интегральных магнитоуправляемых компонентов не происходит, и ведущие производители ориентированы на максимальное заполнение маркетинговых пустот во всевозможных рыночных сегментах и применениях, ведущими для ИС этого типа остаются автомобильные.

ИС Холла стандартного типа характеризуются ограниченным диапазоном угловых измерений, высокой нелинейностью, чувствительностью к погрешностям монтажа в аксиальном направлении (зазору между магнитом и ИС) и магнитным неоднородностям/шумам, многими другими недостатками.

Энкодеры не имеют перечисленных выше недостатков стандартных датчиков Холла,

но все же происходит обновление именно элементной базы стандартных датчиков Холла, которые идеально подходят для детектирования ограниченного углового диапазона, бесконтактного измерения тока и отличается особенно низкой ценой, а также достаточной простотой реализации вновь создаваемых измерительных устройств. По-прежнему верхушкой данного сегмента остаются программируемые ИС семейства HAL8ху (с топ-ИС HAL85у) и HAL28ху Micronas Intermetall с АЦП-ЦОС и EEPROM, но и элементная база Infineon, Melexis и Allegro включает весьма интересные и уникальные предложения. Не лишним будет отметить, что все перечисленные производители работают с расчетом на автомобильные применения, рабочий температурный диапазон практически всех автомобильных линейных датчиков Холла составляет $-40...+150$ °С.

Экспансия на применения, прецизионность, надежность и низкая цена — основные атрибуты новых интегральных магнитоуправляемых сенсорных устройств, предназначенных сегодня для автомобильного рынка электроники.

Литература

1. Сысоева С. Датчики близости/положения/расстояния. Важные обновления и дальнейшие перспективы // Компоненты и технологии. 2008. № 3.
2. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 14. Итоговый сравнительный анализ. Выводы и обновление // Компоненты и технологии. 2006. № 7.
3. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 7. MLX90316 Melexis — первый магнитный угловой энкодер Холла на базе технологии Tria@is // Компоненты и технологии. 2005. № 8.
4. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 4. Новые перспективы автомобильных датчиков — технологии магниторезисторов ГМР и КМР // Компоненты и технологии. 2005. № 5.
5. Сысоева С. Новые интегральные датчики Холла специального назначения // Компоненты и технологии. 2004. № 9.
6. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 5. Новые перспективы бесконтактных угловых измерений в диапазоне угла 360° : снова датчики Холла — угловые магнитные энкодеры // Компоненты и технологии. 2005. № 6.
7. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 6. Концепции создания магнитных угловых энкодеров на основе эффекта Холла // Компоненты и технологии. 2005. № 7.
8. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 2. Технологии, схемотехника, программирование и монтаж интегральных датчиков Холла // Компоненты и технологии. 2005. № 3.

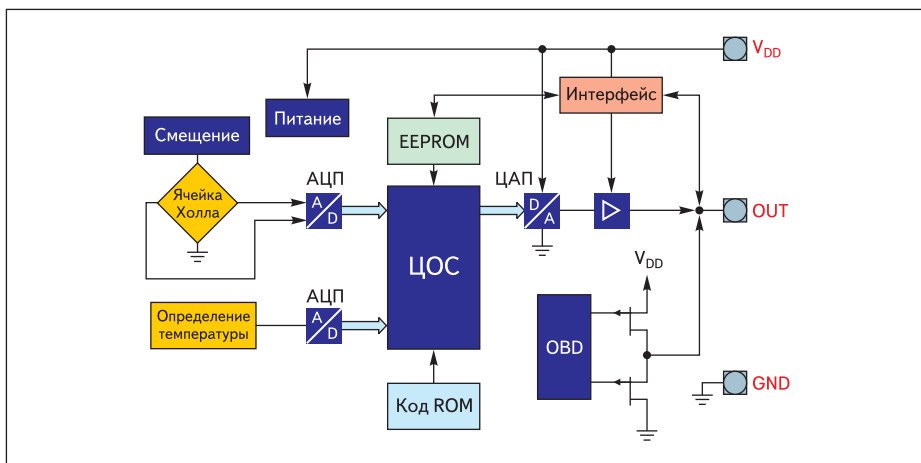


Рис. 6. Элементная база программируемых в EEPROM ИС с двойным АЦП-ЦАП преобразованием и ЦОС TLE4997/8 (функциональная диаграмма TLE4997)