

Микросхема преобразователя угол–код для индуктивных датчиков

Владимир Ануфриев, Александр Лужбинин,
Сергей Шумилин (г. Зеленоград)

Статья посвящена описанию микросхемы преобразователя угол–код, разрабатываемой российской компанией ЗАО «ПКК Миландр» и предназначенной для обработки сигналов индуктивных датчиков типа синусно-косинусных вращающихся трансформаторов (СКВТ) и аналогичных индуктивных датчиков угловых и линейных перемещений. Микросхема также способна обрабатывать сигналы ёмкостных датчиков, конструктивно выполненных по идеологии СКВТ. В статье приведены основные характеристики микросхемы и результаты сравнения её с зарубежными аналогами. Рабочее название проекта – микросхемы RDS-M.

ВВЕДЕНИЕ

Микросхема содержит два функционально независимых канала обработки входных сигналов, два выходных канала сигналов для организации питания датчиков и устройство управления, позволяющее задать конфигурацию работы ИС и режимы пост-обработки результатов измерения (см. табл. 1). Имеется встроенный генератор так-

товой частоты и источник опорных напряжений (см. рис. 1).

Интерфейс пользователя реализован с помощью контроллера последовательного интерфейса SPI. На входе микросхемы установлены масштабирующие усилители и АЦП. Алгоритм работы преобразования угол–код реализован полностью в цифровой форме на автомате следящего типа. Функцио-

нальная реализация алгоритма преобразования угол–код описана в одной из статей журнала «Современная электроника» [1]. Микросхема может быть сконфигурирована для обработки сигналов:

- двух независимых датчиков типа СКВТ или датчиков линейных перемещений;
- одного 2-отсчётного датчика СКВТ;
- одного сельсина.

Сигналы с СКВТ поступают на масштабные усилители. Микросхема может быть запрограммирована и для работы в обход этих усилителей, а пользователь может использовать собственную схему для подключения датчиков других типов.

Микросхема содержит два генератора сигналов синусоидальной формы для питания СКВТ. Частоты генераторов можно устанавливать независимо. Для усиления мощности сигнала генераторов в большинстве случаев требуются внешние усилители. Питание СКВТ / сельсинов может осуществляться как от встроенного в ИС, так и от внешнего генератора, при этом производится восстановление фазы питающего сигнала в приёмном тракте ИС.

В контуре вычисления угла микросхемы предусмотрена возможность компенсации дисбаланса входного квадратурного сигнала по амплитуде и по неортогональности в пределах $\pm 10\%$ и $\pm 5^\circ$, соответственно. Ввиду специфики алгоритма обработки сигнала – астатизм второго порядка, ошибка слежения по скорости равна нулю [1]. Таким образом, пользователь может произвести настройку ИС для компенсации основных погрешностей подключённого датчика СКВТ и внешней схемы, что позволяет значительно повысить точность преобразования.

Выход микросхемы – текущие значения угла и угловой скорости по каждому из каналов. Разрядность выходных данных настраивается пользователем, а их вывод может осуществляться по SPI или через эмуляцию сигналов оптического энкодера. Предусмотрено внешнее тактирование ИС и широкие воз-

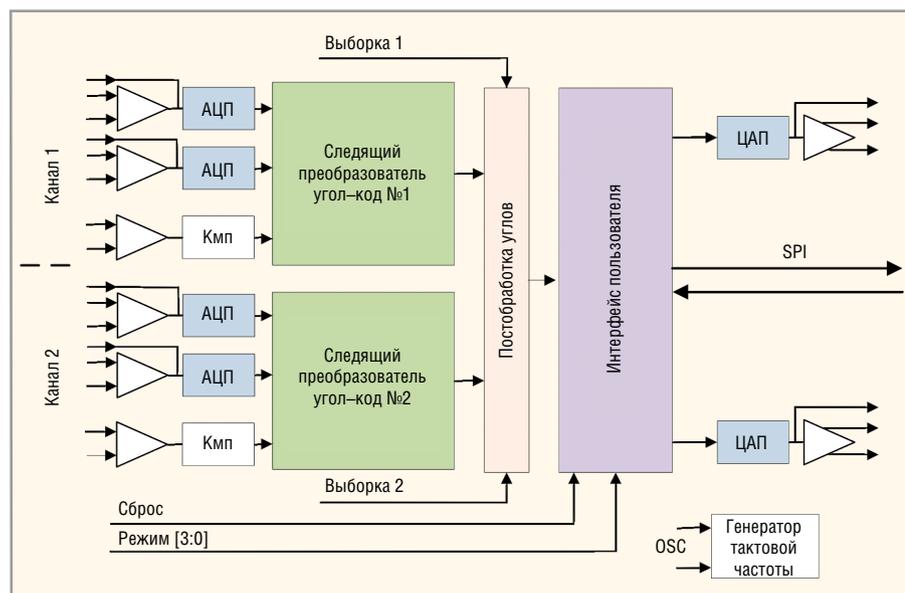


Рис. 1. Структурная схема ИС преобразователя угол-код RDS-M

Таблица 1. Основные характеристики микросхемы RDS-M

Технология изготовления	КНИ 180 нм
Напряжение питания, В	3,0...5,5
Потребляемый ток, мА	Не более 30
Частота напряжения питания датчиков (опорная частота), Гц	0...30000
Максимальная скорость вращения датчиков	Не более 30% опорной частоты
Разрядность определения угла, бит	16
Диапазон входных напряжений, В	0...3,0
Импеданс аналоговых входов, МОм	Не менее 1,0

возможности по диагностике правильного подключения датчика. Также приняты меры защиты от случайных сбоев, повышающие общую надёжность микросхемы. Цоколёвка ИС показана на рисунке 2.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ УГОЛ-КОД

В России выпускаются следующие микросхемы, выполненные на современном уровне:

- К1382НХ045 – полупроводниковая ИС обработки потенциальных квадратурных сигналов, например сигналов мостовых магниточувствительных элементов [2];
- Ф020 – гибридная ИС обработки сигналов СКВТ с частотой 400 Гц и 2 кГц. Микросхема использует алгоритм вычисления текущего значения угла через тангенс угла, определённый как соотношение текущих значений входных сигналов $\sin(\varphi)$ и $\cos(\varphi)$ [3];
- 427ПВ2 – гибридная ИС для 12-, 14-, 16-разрядного аналого-цифрового преобразования напряжений вращающихся трансформаторов.

Основным недостатком существующих микросхем является то, что они построены по принципу прямого преобразования, не реализуют следящего контура и, как следствие, вносят большие погрешности в мгновенные значения угла и скорости при большой частоте вращения.

Также в России серийно выпускаются унифицированные модули преобразователей угол-код. Например, АЦПВТ-16М-О и АЦПВТ-18М2-Д (ОАО «АВАНГАРД») для 1-отсчётных и 2-отсчётных вращающихся трансформаторов с точностью преобразования 16 и 18 разрядов соответственно. Габариты модулей составляют $111 \times 111 \times 20$ мм, а вес – 300 г. Но в данных модулях используются импортные микросхемы.

СРАВНЕНИЕ МИКРОСХЕМЫ RDS-M С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ

Учитывая важность и широкую применяемость преобразователей угол-код в различных системах управления (от морской и наземной техники до космических аппаратов), в мире

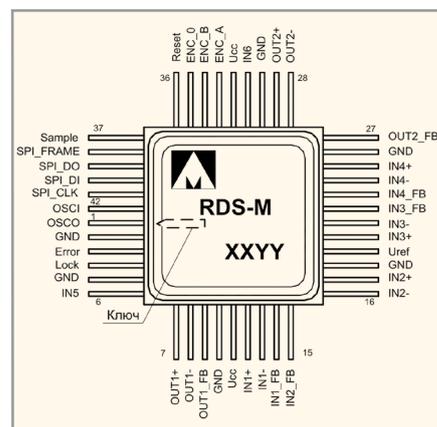


Рис. 2. Цоколёвка RDS-M в корпусе N14.42-1B

выпускается широкая номенклатура микросхем для обработки сигналов угол-код и модулей на их основе. Для сравнения взяты лучшие образцы (см. табл. 2): RD-19220 и RD-19230, производимые Data Device Corporation, AD2S1200 и AD2S1210 от Analog Devices и ACT5028 от Aeroflex [4–6].

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В преобразователях угол-код, построенных по схеме следящего преоб-

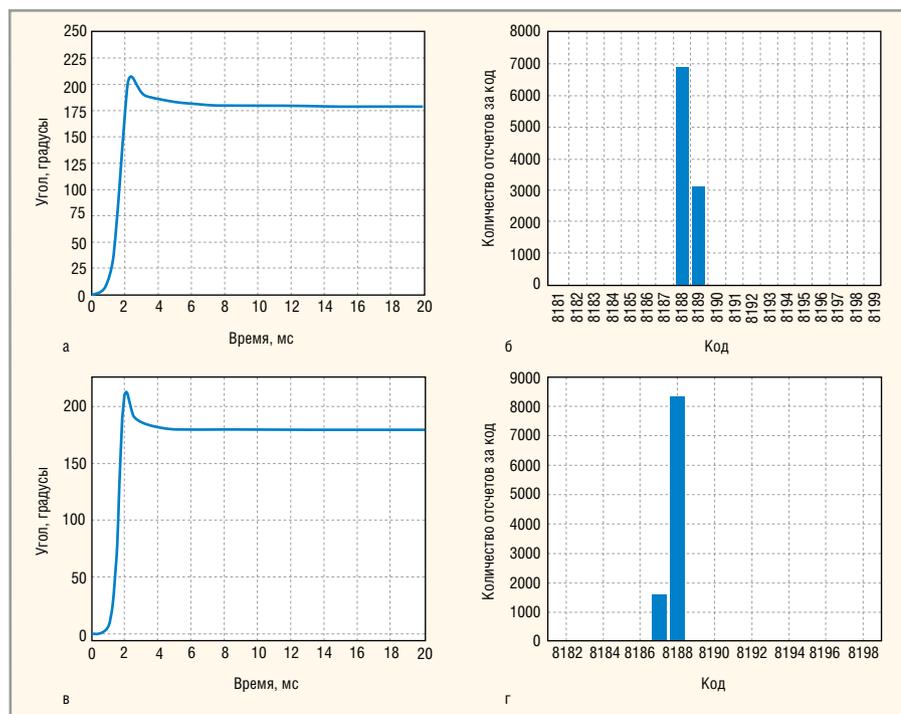


Рис. 3. Сравнение характеристик AD2S1210 и RDS-M: а – переходный процесс в AD2S1210; б – гистограмма кодов AD2S1210; в – переходный процесс в RDS-M; г – гистограмма кодов RDS-M

разователя, важную роль играет динамика преобразователя, то есть длительность и форма переходных процессов, возникающих в преобразователе при возникновении возмущения на входе. Для корректности сравнение динамических характеристик преобразователей должно производиться в режимах, обеспечивающих одинаковую разрядность преобразования. Экспериментальные данные, характеризующие сравнительную динамику преобразователя RDS-M и AD2S1210 (из справочного листка), приведены далее.

Для сравнения приборов выбран режим 14 бит. На рисунках 3а и 3в приведён вид переходного процесса при гипотетическом изменении угла на входе преобразователя скачком из 0° в 179° (переходная функция преобразователя) для AD2S1210 и RDS-M соответственно. На рисунках 3б и 3г приведены гистограммы кодов после их установления (10 000

отсчётов, пост-обработка отключена), подтверждающие, что достигнута точность 14 бит.

Как видно из рисунка 3, динамические характеристики преобразователя RDS-M в режиме 14 бит при гистограмме и переходном процессе одинакового качества (отсутствие вторичных колебаний и тому подобного), как минимум, не уступают характеристикам AD2S1210. Это справедливо и для других режимов работы преобразователя (10, 12, 16 бит).

Типовые структурные схемы включения микросхемы RDS-M приведены на рисунках 4 и 5. Микросхема не требует установки большого количества дополнительных компонентов на плате. Пользователь должен обеспечить усиление питающего напряжения СКВТ или сельсина до необходимого уровня и масштабировать выходные сигналы СКВТ/сельсина к входным уровням ИС. В схему можно добавить ФНЧ

для повышения устойчивости к помехам, шуму усилителей и для получения необходимой разрядности преобразования. Вместо масштабирующего усилителя может быть использован простой делитель напряжения, так как преобразователь имеет высокое входное сопротивление.

Для преобразователей угол–код необходимо различать понятия разрядности преобразования и точности преобразования. Точность преобразования обусловлена конструктивными погрешностями изготовления датчика, такими как различие усиления по каналам X и Y, смещение центра вращения и эксцентриситет датчика и так далее. Несмотря на то, что сама микросхема практически не вносит погрешности в измерение за счёт использования при вычислениях мантиссы длиной не менее 20 разрядов, точность системы в целом может оказаться недостаточной. Для устранения систематических погрешностей датчика и погрешностей, обусловленных внешней электрической схемой, микросхема RDS-M позволяет выполнять компенсацию погрешностей внешней схемы и механических погрешностей датчиков путём записи корректирующих коэффициентов в регистры преобразователя.

Для упрощения процесса настройки микросхемы совместно с датчиком разработано сопутствующее программное обеспечение (ПО-RDS) для вычисления поправочных значений каждого корректируемого параметра. Также ПО-RDS содержит настраиваемую пользователем модель СКВТ, используемую при вычислении угла (см. рис. 6). Модель позволяет компенсировать следующие погрешности датчика:

- смещение обмоток относительно центра вращения $K_{cm, sin}, K_{cm, cos}$;
- смещение обмоток относительно друг друга на постоянный угол φ_{cm} ;
- неодинаковость поля в обмотках СКВТ;

Таблица 2. Сравнение характеристик микросхемы RDS-M с зарубежными аналогами

Параметр	RDS-M ЗАО «ПКК Миландр», Россия	RD-19230 DDC, США	AD2S1210 Analog Devices, США	ACT5028 AeroFlex, США
Питание, В	Однополярное, 3,0...5,5	Двухполярное, ±5	Однополярное, 4,75...5,25	Однополярное, 4,5...5,5
Ток потребления, мА	40	25	35	20
Опорная частота, Гц	0...30000	0...10000	3000...20000	45...30000
Максимальная скорость вращения, об/с	5000	1152	3125	1024
Максимальная точность, бит	16	16	16	16
Полоса пропускания сигнала, Гц	25...6400	300...1200	125...6500	2...7500
Способ реализации алгоритма	Цифровой	Аналоговый	Цифровой	Аналоговый

- различное усиление по каналам $K_{yc.sin}$, $K_{yc.cos}$.

Компенсация указанных погрешностей повышает точность вычисления угла в несколько раз, позволяет применять стандартные компоненты в цепях обвязки и приближает датчики типа СКВТ по точности к оптическим, причём без потери других преимуществ.

Микросхема RDS-M также позволяет получать код непосредственно с АЦП, что, помимо целей юстировки подключённого датчика, позволяет использовать альтернативные алгоритмы вычисления скорости и угла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По основным параметрам микросхема RDS-M, разрабатываемая ЗАО «ПКК Миландр», не уступает лучшим зарубежным аналогам и позволяет реализовать на её основе преобразователи угол-код, соответствующие современным требованиям. Образцы микросхемы будут представлены потребителям в IV квартале 2015 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев В., Лужбинин А., Шумилин С. Методы обработки сигналов индуктивных датчиков линейных и угловых перемещений. Современная электроника. № 4. 2014.
2. Прокофьев Г., Стахин В., Обедин А. К1382НХ045 – микросхема преобразователя фазы квадратурного сигнала в код положения. Современная электроника. № 6. 2014.
3. Микросборки преобразователя угол-код Ф020, Ф020.1. Краткое описание. www.npofizika.ru/pdf/F020.pdf.
4. www.ams.aeroflex.com/pagesproduct/datasheets/ACT5028.pdf.
5. www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD2S1210.pdf.
6. www.ddc-web.com/Products/99/Default.aspx.

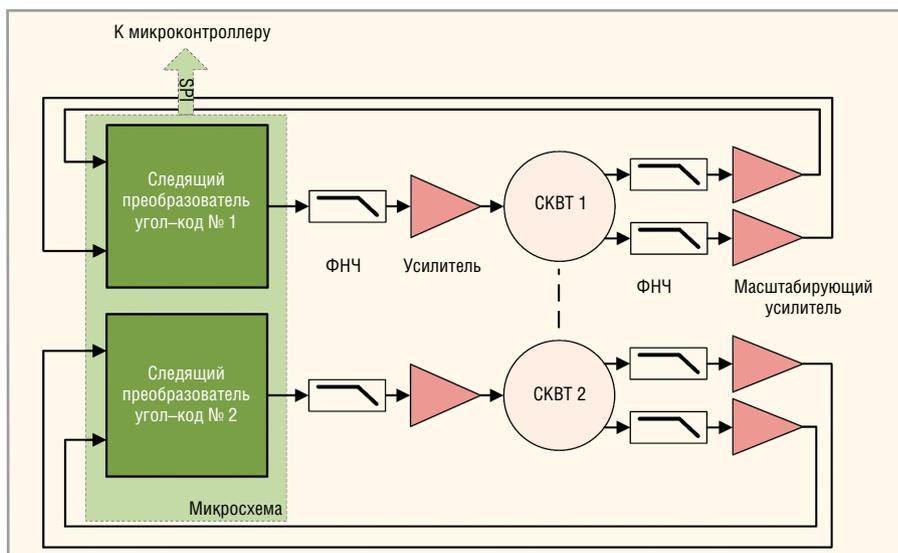


Рис. 4. Типовая схема включения RDS-M в режиме 2-отсчётного СКВТ

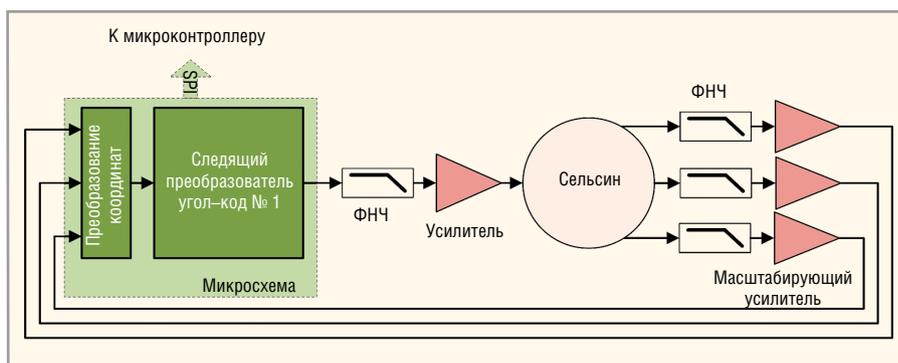


Рис. 5. Типовая схема включения RDS-M в режиме сельсина

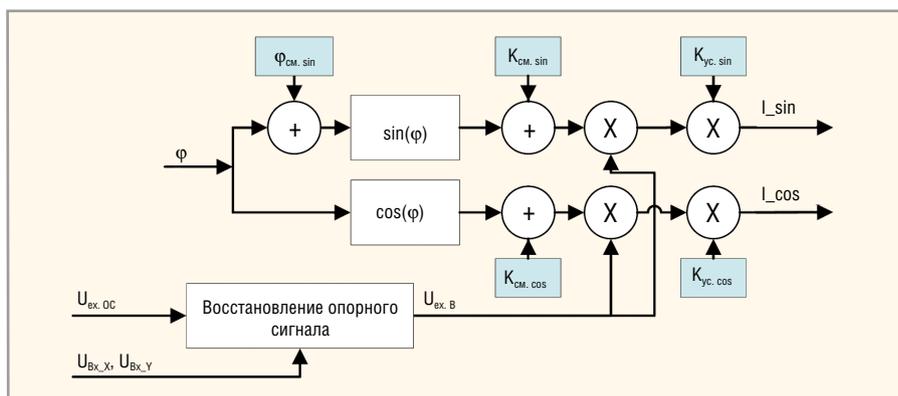


Рис. 6. Модель СКВТ в микросхеме RDS-M

Новости мира News of the World Новости мира

Рынок интегральных схем в 2015 году

По прогнозам Digitimes Research объём выпуска интегральных микросхем в 2015 году достигнет \$54,8 млрд, что на 12% больше прошлогоднего показателя, равного \$49 млрд.

Планируемый рост будет обусловлен спросом на смартфоны с поддержкой 4G, который позволит скомпенсировать такие неблагоприятные факторы, как уменьшение спроса на планшеты, ПК и смартфоны.

Компания TSMC выделила на 2015 год рекордно большие капиталовложения в размере \$12 млрд. Ведущий контрактный производитель полупроводниковой продукции в течение года рассчитывает расширить производственные мощности, на которых продукция будет выпускаться по 16-нм технологии FinFET, одновременно возводя линии для более передовой 10-нм технологии.

В TSMC ожидают, что продажи 20-нм продукции, в 2014 году составившие \$2,15 млрд, в 2015 году достигнут \$6,34 млрд.

Между тем компания Samsung Electronics сосредотачивается на 14-нм технологии FinFET. По мнению аналитиков, благодаря партнёрству с Globalfoundries, Samsung сможет предложить заказчикам более выгодные условия, чем конкуренты. Считается, что Samsung сможет получить больший процент выхода годной продукции в сегменте рынка, соответствующем нормам 1X нм. Всё это поможет Samsung занять 10% мирового рынка интегральных микросхем.

www.digitimes.com