



**Зеленоградский
нанотехнологический
центр**

Российская технологическая платформа МЕМС, разработка и производство СБИС для интеллектуальных датчиков

Стахин В.Г., к.т.н., Прокофьев Г.В., Обедин А.А.



Проектирование
СБИС, МЭМС
Системы на
кристалле

Изготовление
интегральных
микросхем,
МЭМС

Корпусирование
3D сборка
системы в
корпусе

Испытания,
контроль
и измерения

Интеграционные
проекты
Лицензионное
производство

Дизайн-центр:

- Проектирование полузаказных смешанных БИС
- Разработка магнито-резистивных датчиков
- Разработка систем и блоков управления
- Обратный дизайн

Кристалльное производство:

Топологический размер:
0,25 мкм - 0,18 мкм
Мощность: 600
пл./мес.
КМОП- и МЭМС-
технологии
Системы на кристалле,
сложнофункциональ
ные блоки

Сборка в
металлокера-
мические
корпуса
любой
сложности

Системы в
корпусе,
3d TSV,

Полный
комплекс
испытаний
электрически
х и
функциональ
-ных
параметров

5 патентов на
изобретения

Разработаны
базовые
технологии
производства
датчиков и
сенсоров

Проектирование и изготовление аналоговых и смешанных ИС и сложно-функциональных блоков
Высокотемпературная электроника

3d сборка - > законченные функциональные изделия ЭКБ и блоки, например сборки систем инерциальной навигации

225 °C

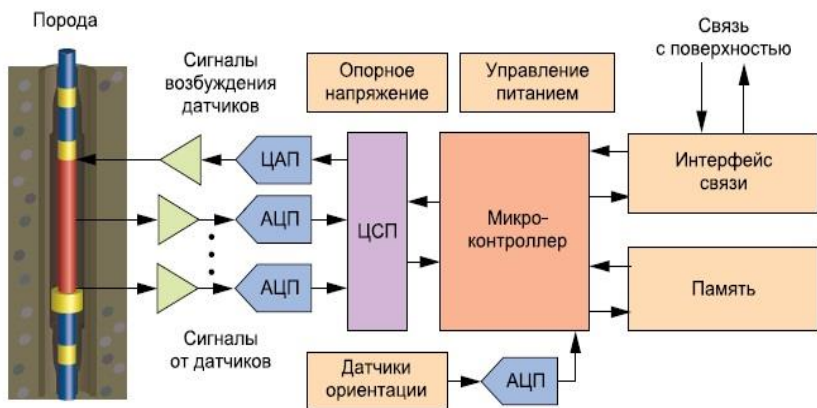
ЭЛЕКТРОНИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ и РАДСТОЙКАЯ

КМОП КНИ
с полной диэлектрической
изоляция

СВЧ ЭЛЕКТРОНИКА

SiGe (кремний-германий),
GaN
Частотный диапазон до 50



РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПЛАТФОРМЫ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ

СБИС обработки информации, датчики физических величин,
специализированные микросхемы и СФ-блоки, в том числе
по технологии системы-на-кристалле (SoC)

МЭМС-СЕНСОРЫ



Автопром



АСУ ТП и промышленная
автоматика

Многофункциональные изделия, 3d сборки

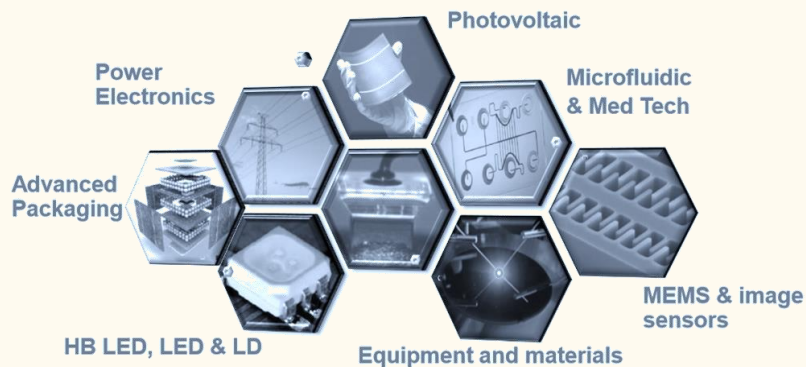
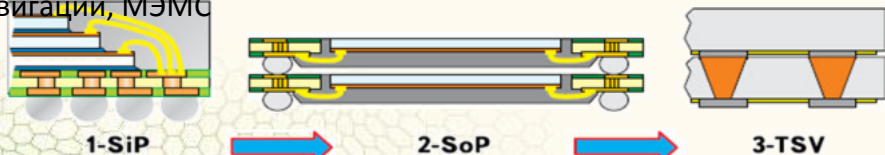
3-D интеграция ИС, МЭМС-сенсоров, памяти:

Flip-chip

3d TSV

3d WLP

Гибридные интегральные схемы, соединяющие радиационно-стойкие
цифровые, аналоговые и аналого-цифровые ИС в составе систем управления,
ОЗУ и энергонезависимая память, блоки независимой инерциальной
навигации, МЭМС



ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Разработка технологии производства

Высокотемпературная микроэлектроника на КНИ структурах с рабочей температурой от -60°C до $+225^{\circ}\text{C}$ и радиационной стойкостью 300 кРад.

Расширение диапазона рабочих температур микросхем требует:

- разработки новых материалов и оборудования для производства;
- разработки новых техпроцессов и принципов проектирования;
- разработки новых корпусов;
- разработка новых методик и оборудования для измерения и испытания;



ВНИИСИ

Этапы развития технологий высокотемпературной ЭКБ:

- кремний - 125°C ;
- кремний на изоляторе (КНИ структуры) - $220-250^{\circ}\text{C}$;
- карбид кремния (SiC) - до 500°C ;
- Структуры на основе алмаз - до 1000°C .

Возможно освоение производства:

- специализированных электронных систем контроля давления, температуры, вибрации,
- многофазных датчиков потока и устройств активной регулировки аппаратуры;



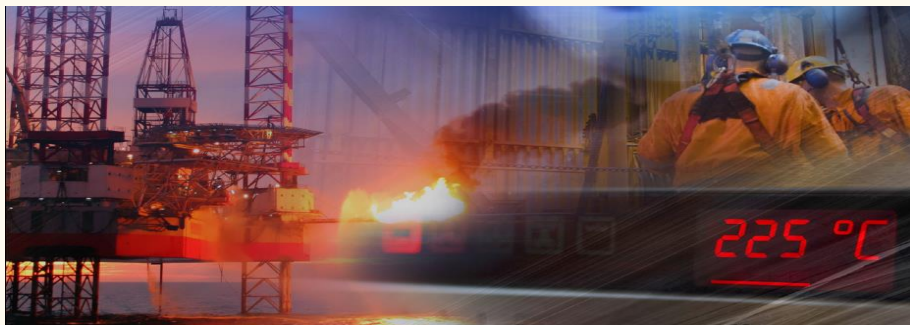
Глубинные скважины



Авиация



225 °C



Разрабатываемые изделия

- ACDC преобразователи, микроконтроллеры, ASIC
- ИС для систем контроля давления, температуры многофазных датчиков потока и устройств активной регулировки аппаратуры.

Решаемые задачи

- Простой из-за ремонта оборудования может стоить более 1 000 000 \$
- Применение ИС возле исполнительных механизмов (t до 200С) повышает уровень управляемости систем и их надежность

НЕФТЕГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



Интеграция в изделия:

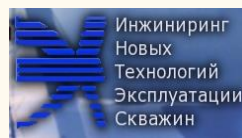
- Установки для **наклонно-направленного бурения** истощенных и трудноизвлекаемых месторождений, например, битумных скважин.
- Каротаж и мониторинг скважин.

Объем потребности: 2017...2020 гг. - 200шт./год

Заказчики (обсуждается ТЗ на изделия):



Перспективы:



(Инжиниринговые подразделения)

Создание spin-in с производителями аппаратуры по разработке спец. изделий.



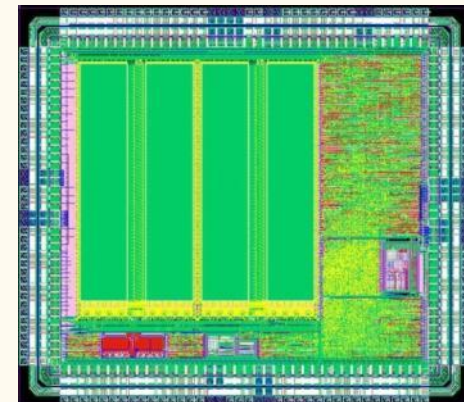
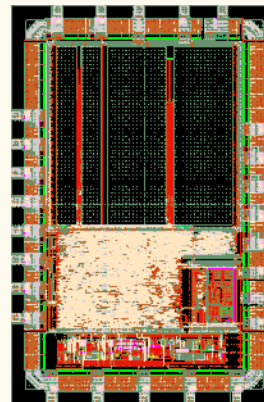
Дизайн-центр микросистемной техники и проектирования SoC



Дизайн-центр оснащен новейшим оборудованием для разработки и верификации интегральных схем

Выполняются заказы на проектирование:

- Встраиваемые микроконтроллеры управления (16-32 бит).
- Интегральные микросхемы обработки сигналов с датчиков.
- Специализированные ИС (Система-на-кристалле).



Все виды сервиса по проектированию:

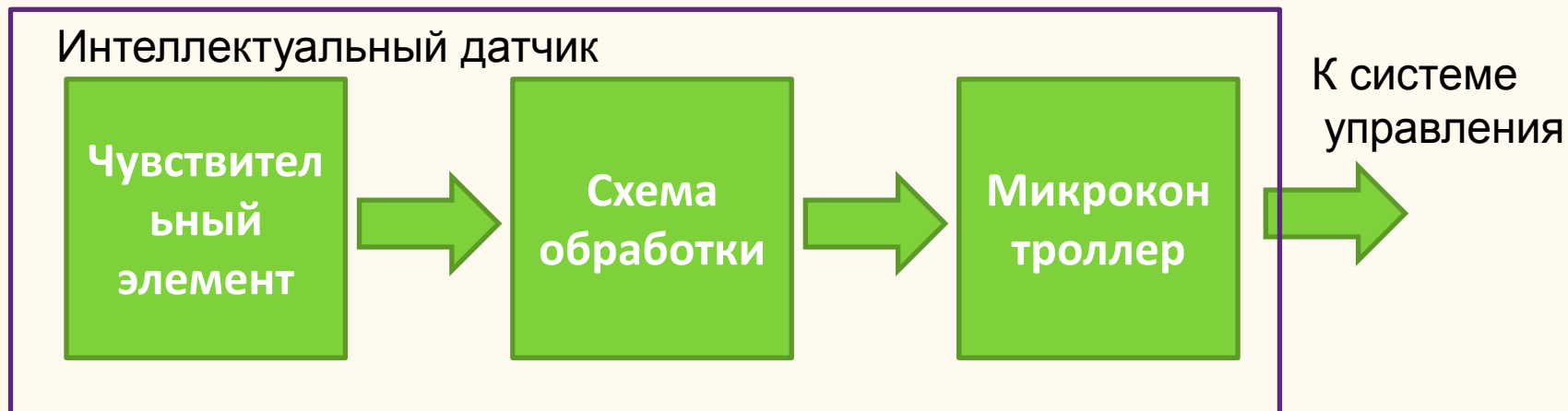
- Проектирование схемы
- Проектирование топологии
- Обратное Проектирование
- Макетирование / «Проект-под-Ключ»
- Предоставление и интеграция в проект IP блоков

Интеллектуальный датчик

Качества интеллектуальных датчиков:

- Интеграция чувствительного элемента и схемы обработки в один корпус (или кристалл);
- Встроенная система калибровки;
- Цифровой интерфейс, желательно стандартный;
- Поддержка шинных интерфейсов;
- Простота подключения, настройки и использования;
- Индикация аварийных ситуаций

Интеллектуальный датчик



Основные составляющие интеллектуальных датчиков:

- Чувствительный элемент;
- Схема обработки;
- Микроконтроллер



Датчики

ТИП ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

R

резистивные

C

емкостные

Hz

частотные

B

магнитные

ИЗМЕРЯЕМАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Давление
Температура
Расход

Давление
Температура
Ускорение
Уровень
Приближение

Давление
Температура

Положение
Угол
Ток
Скорость
Ускорение
Уровень

СБИС

K1894BG2T
1913BA015

K1322ПП1Н4
K1894BG2T
1913BA015

1894BЦ1У

ENC_ASIC2
K1382HX034
K1382HX045
ENC_ASIC3
1382HY015

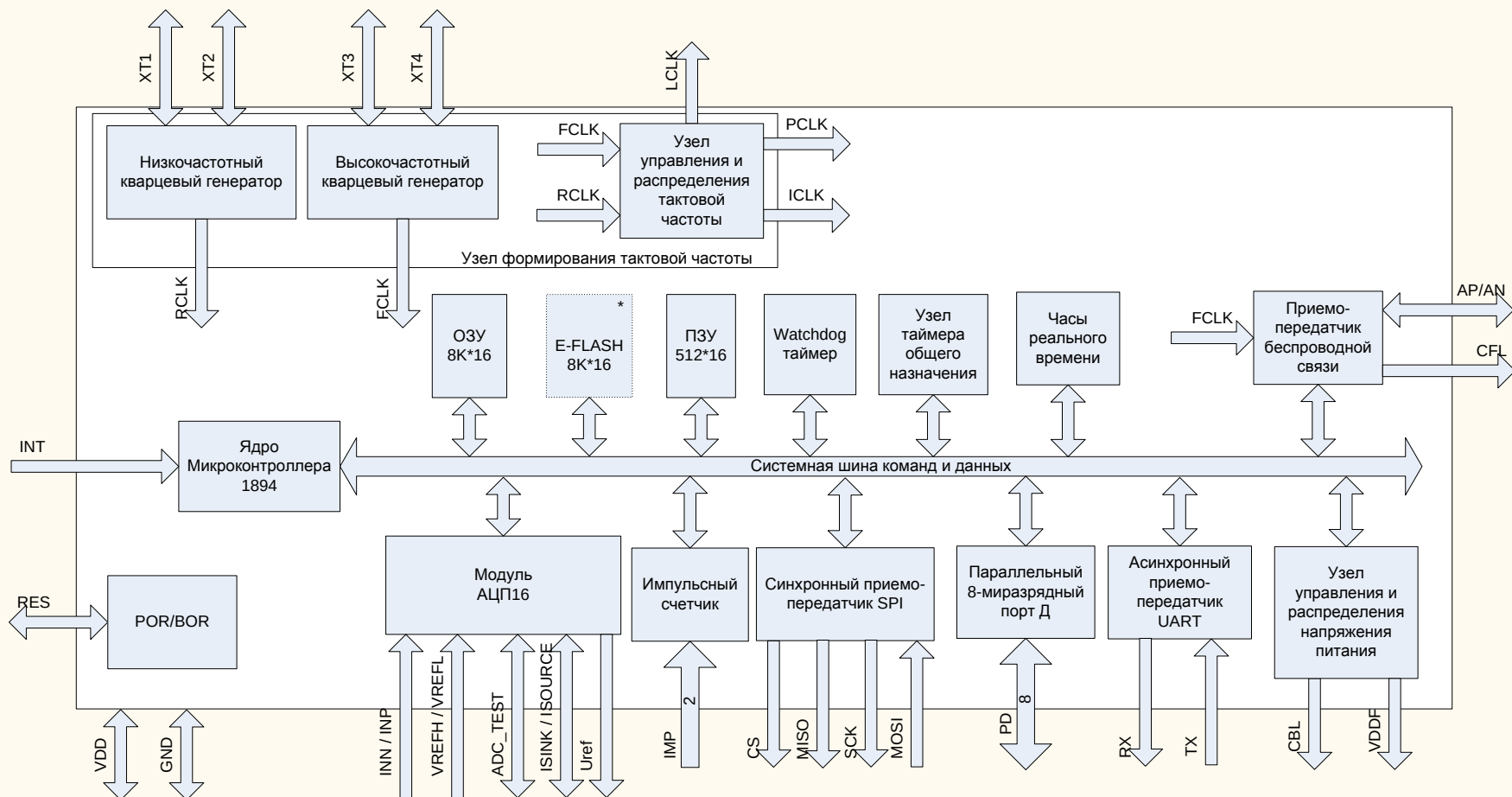


Микроконтроллеры

K1894BG2T - специализированная СБИС для обработки мостовых датчиков.

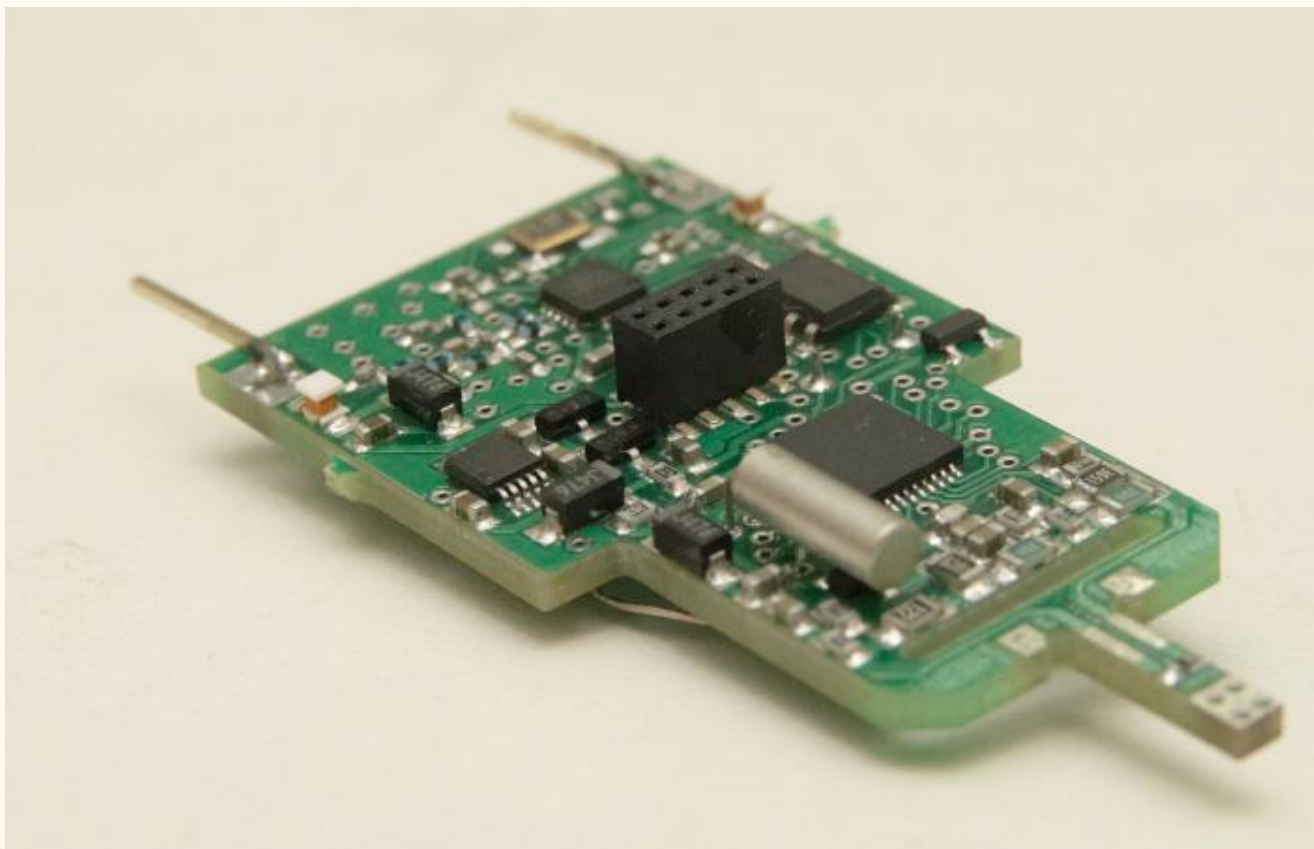
- ✦ Встроенный 16-разрядный АЦП и предварительный усилитель с коэффициентами 1,2,4,8,16,32 позволяют выполнять прецизионные измерения.
- ✦ Встроенный подстраиваемый источник опорного напряжения.
- ✦ 16-разрядный микропроцессор выполняет необходимую цифровую обработку сигналов.
- ✦ Низкая потребляемая мощность (менее 250 мкА/МГц) и настраиваемые режимы работы обеспечивают длительное время автономной работы.
- ✦ Диапазон рабочих температур -60...125°C
- ✦ Интегрированная среда разработки и отладки программного обеспечения предоставляет все средства для быстрой разработки приборов.

K1894BG2T



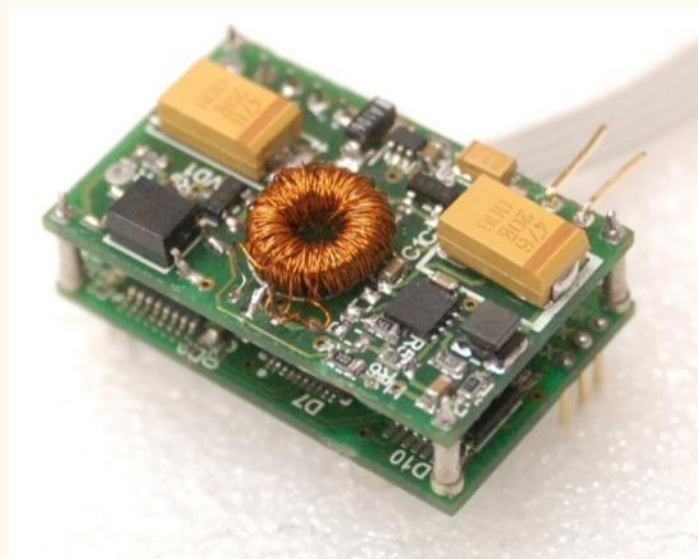
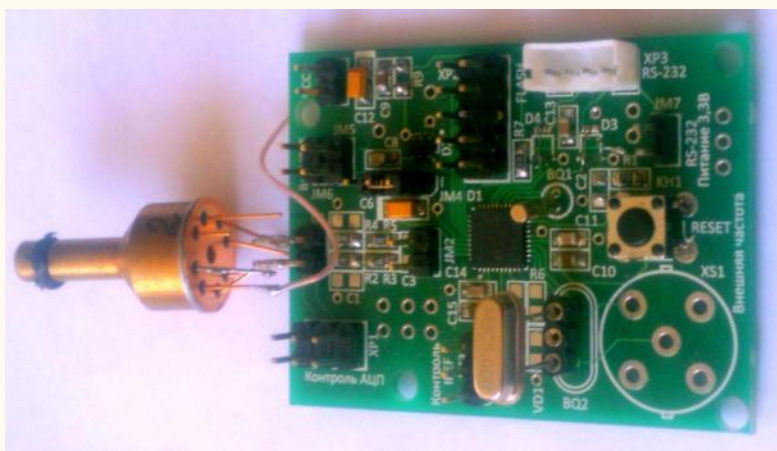
К1894ВГ2Т - Применение

✦ Датчик температуры ($<0,05\%$, 100°C).



К1894ВГ2Т - Применение

- ✦ Датчики давления ($<0,05\%$) с коррекцией данных по температуре.



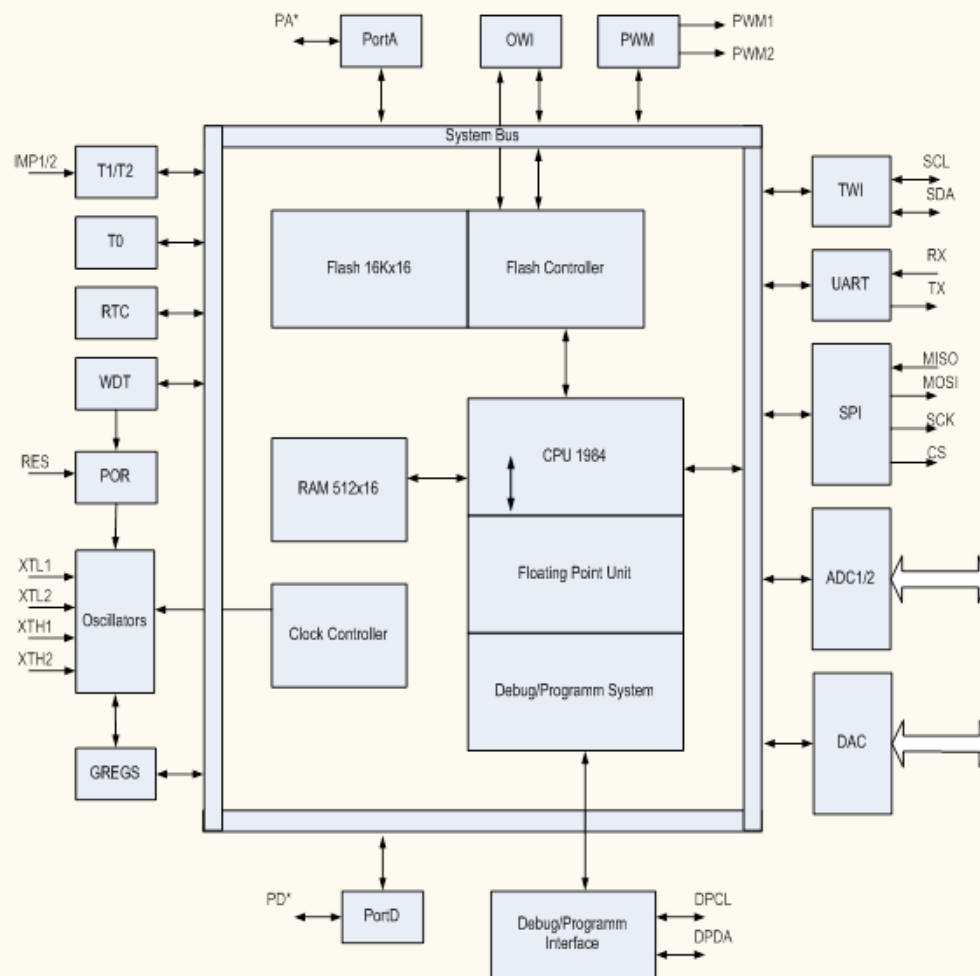
1913BA015

1913BA015 - специализированная СБИС для обработки мостовых датчиков.

- ✦ Встроенный двухканальный 18-разрядный АЦП и предварительный усилитель с коэффициентами 1,2,4,8,16,32 позволяют выполнять прецизионные измерения.
- ✦ Встроенный 12-разрядный ЦАП.
- ✦ Встроенная Flash память 32 кБайт, с программированием по однопроводному интерфейсу OWI (по умолчанию), двухпроводному интерфейсу TWI или UART.
- ✦ 16-разрядный микропроцессор с математическим сопроцессором выполняет сложение, вычитание, умножение, деление дробных нормализованных чисел одинарной точности, преобразование форматов чисел из целого в дробное представление.
- ✦ Расширенная система тактирования – внутренний RC-генератор, два кварцевых генератора, возможность подключения внешней тактовой частоты.
- ✦ Диапазон рабочих температур -60...150°C
- ✦ Интегрированная среда разработки и отладки программного обеспечения предоставляет все средства для быстрой разработки приборов.

Наименование параметра	1913BA015
Разрядность	16
Архитектура	RISC
Объем ППЗУ, кбайт	32к
Объем ОЗУ, байт	1024 байт
Интерфейсы	UART, SPI, OWI, WI, DEBUG
Тактовая частота, МГц	6 (RC), 2-8 (кварц)
АЦП	$\Sigma\Delta$ - 4 канала (2 АЦП по 2 канала)
Разрядность АЦП, бит / Быстродействие кВыб.	18 / 11.7
ЦАП	1 - с потенциальным и токовым выходом
Разрядность ЦАП, бит	12
Опорное напряжение ЦАП	ИОН, Vdda/2
Таймеры, 16 бит	2
ШИМ	2 канала
Датчик температуры	+
Математический сопроцессор	+ (плавающая точка, одноканальный)
Компаратор	-
Сторожевой таймер	+
Напряжение питания, В	2.7 - 3.6 4-40 (при работе от внутреннего LDO через внешний транзистор)
Ток потребления, мА	≤ 11 (2 АЦП + ЦАП + расчет полинома 4 степени)
Рабочие температуры, °C	-60 ... +125(150)
Размер кристалла, мм ²	3 × 3
Корпус	H16.48-1B (14.2x14.2) 5123.28-1 (6.5x6.5)

1913BA015



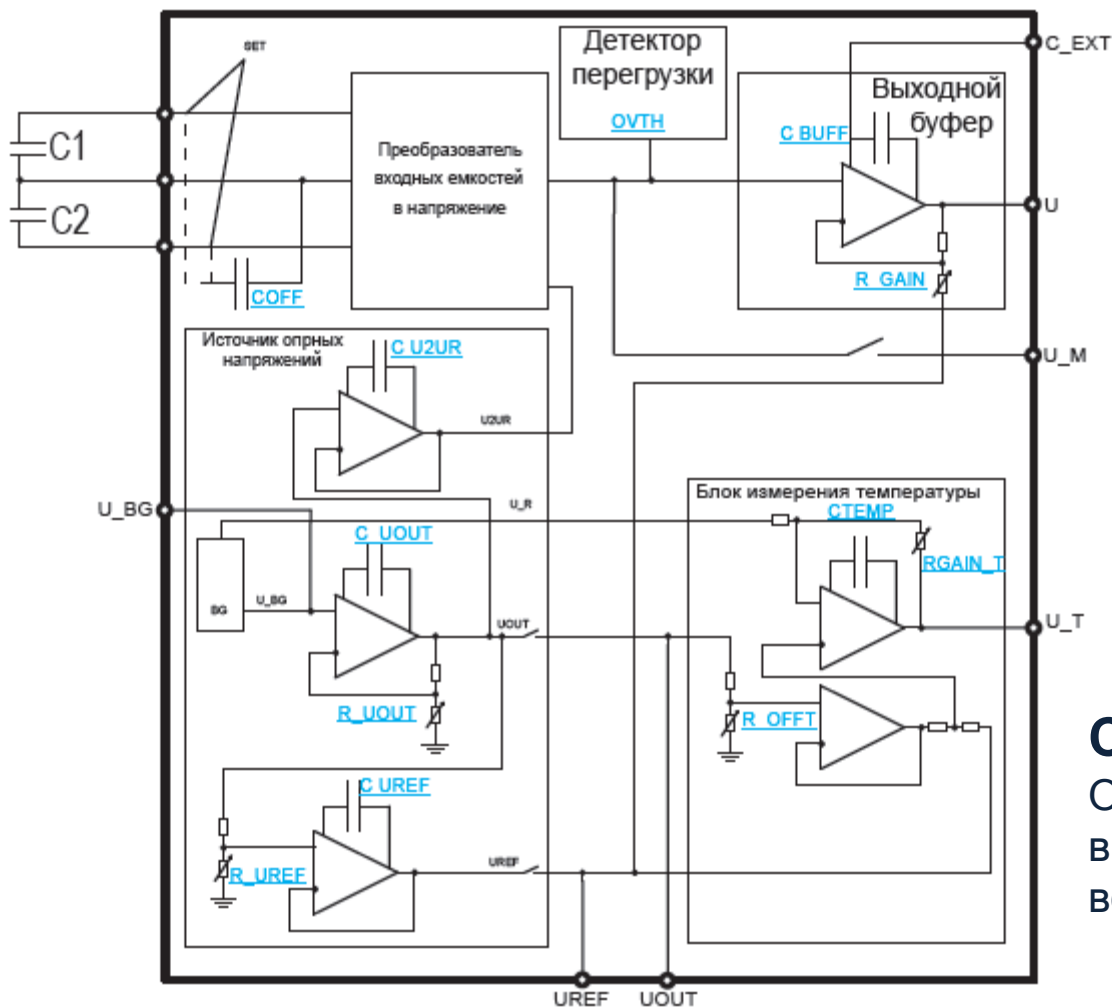


Преобразователи емкостных датчиков

5201TK015 (1382HX025) - преобразователь емкость-напряжение с аналоговым выходом и программируемым трактом преобразования.

- ✦ Максимальная входная суммарная емкость 220 пФ.
- ✦ Максимальная разность входных емкостей 100 пФ.
- ✦ Минимальная разность входных емкостей 0.1 пФ.
- ✦ Диапазон выходного сигнала $0.5 \div 4.5$ В.
- ✦ Программируемые основные параметры преобразователя - усиление, опорное напряжение, коррекция нелинейности (цифровой интерфейс SPI).
- ✦ Детектор перегрузки.
- ✦ Встроенный датчик температуры.
- ✦ Диапазон рабочих температур $-60...125^{\circ}\text{C}$

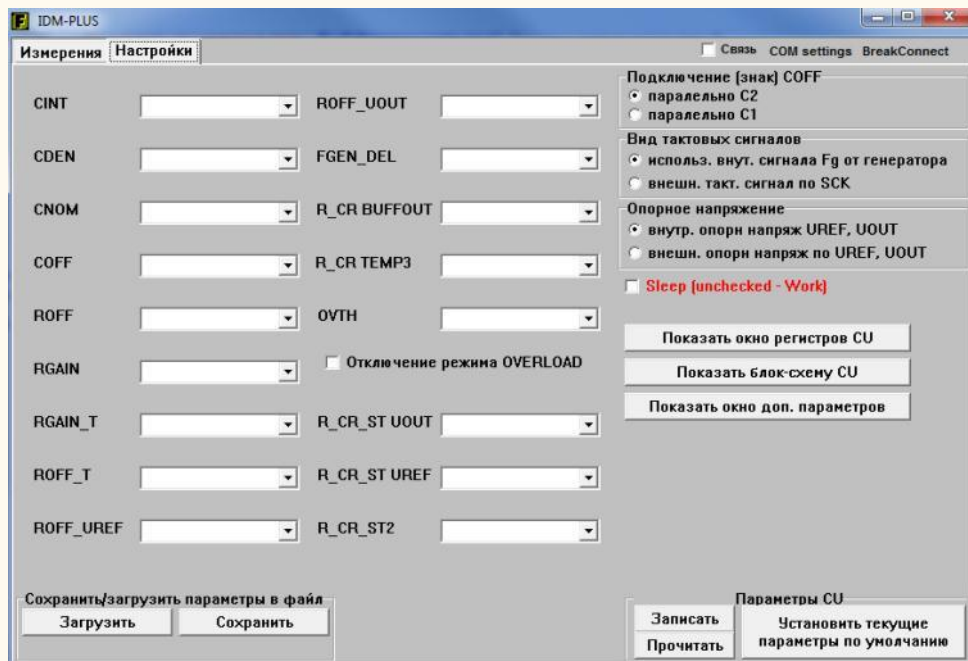
5201TK015 (1382HX025)



Статус проекта:

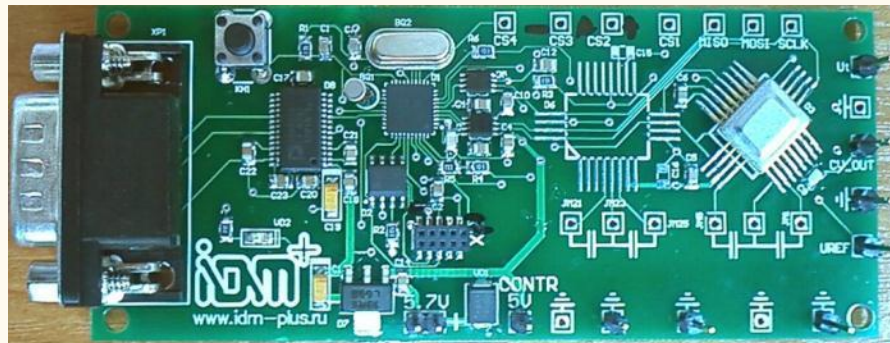
ОКР завершается, будет включена в перечень в 2016 году, возможны поставки с «ВП»

Комплект отладочных средств 5201TK015



Графическая среда с доступом
ко всем параметрам
преобразователя.
Предоставляется руководство
пользователя.

Отладочная плата
подключается к COM-порту
персонального компьютера.
Предоставляется руководство
пользователя.

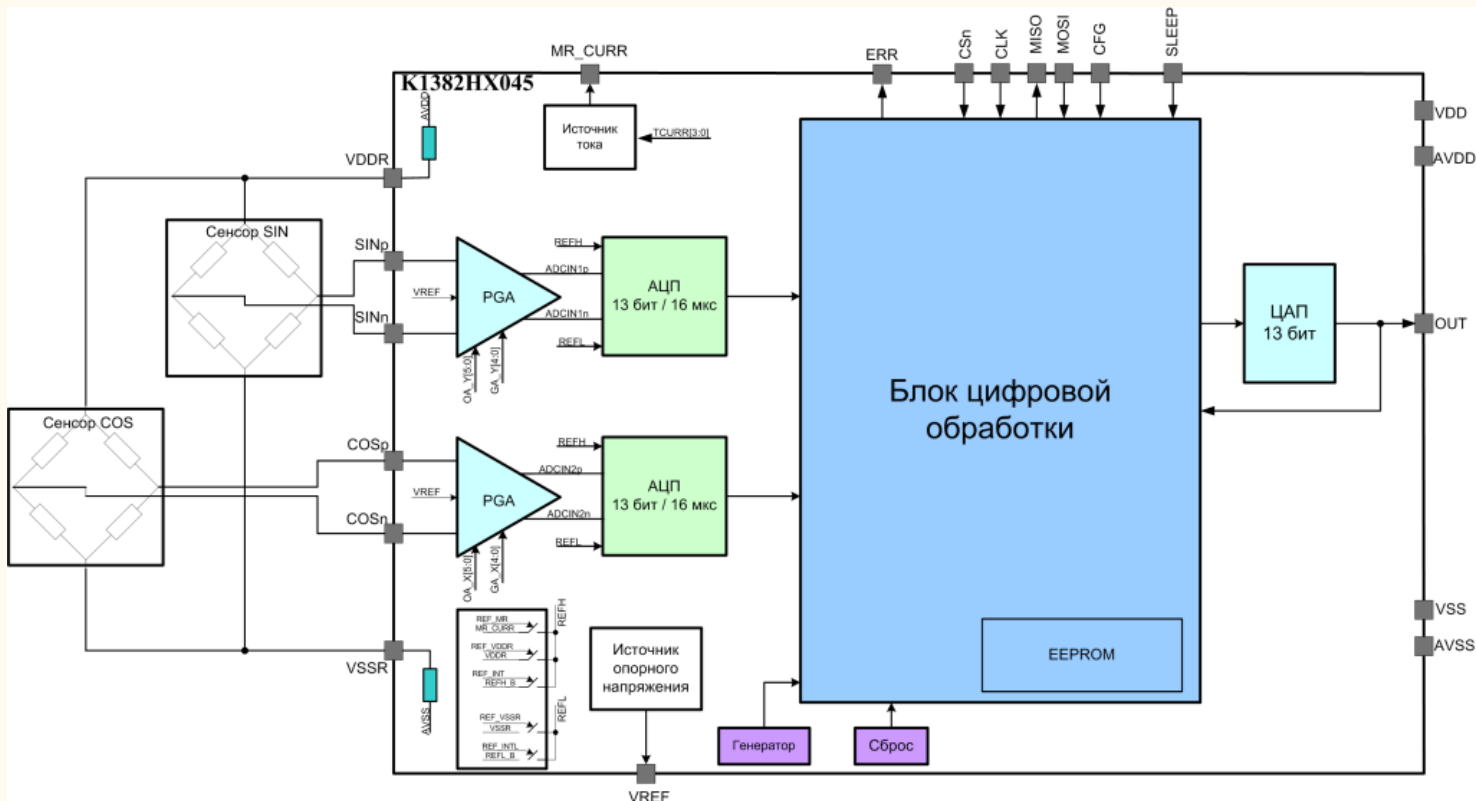




Преобразователи для датчиков положения

К1382НХ045 - БИС преобразователя фазы синусо-косинусного сигнала в код положения

Структурная схема



Исполнение: 5122.24, QFN-40, 5121.20, бескорпусные кристаллы

K1382HX045 – диаграммы работы

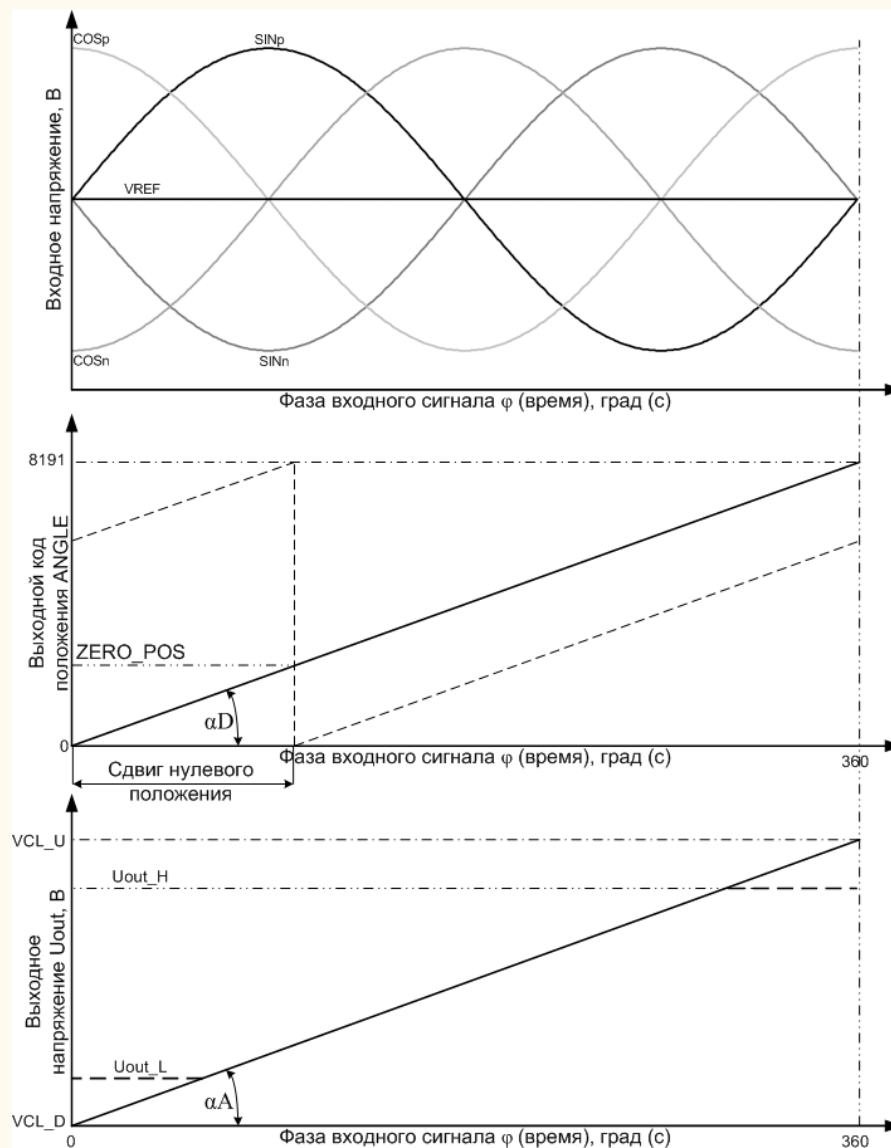
$$ANGLE = \left(ZERO_POS + \frac{8192}{360} \cdot \varphi \right) \cdot K$$

$$U_{out} = \frac{ANGLE}{5119} \cdot U_{CL_U}$$

$$K = \frac{ANG_RNG_LSB}{16384} + ANG_RNG_MSB$$

$$U_{out_H} = \frac{PHIMAX}{5119} \cdot U_{CL_U}$$

$$U_{out_L} = \frac{PHIMIN}{5119} \cdot U_{CL_U}$$



К1382НХ045 – Области применения

Применение:

- Датчик положения дроссельной заслонки;
- Датчик положения педали;
- Датчики положения в медленных приводах;
- Датчики положения клапанов и заслонок различного назначения;
- Замена патенциометров

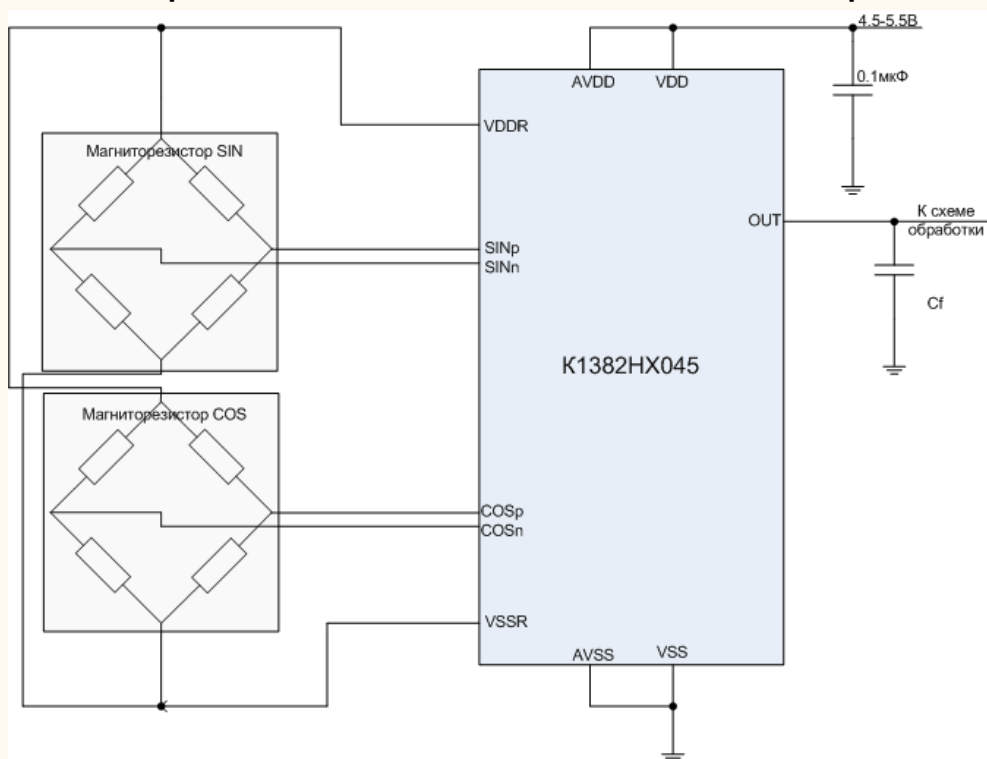
К1382НХ045 – Технические характеристики

Основные технические характеристики:

- напряжение питания $5V \pm 10\%$, ток потребления не более 15мА;
- разрешение **13 бит** (8192 отсчета на оборот или **2.64** угл.мин.);
- время преобразования **16 мкс** (400 об/мин на полном разрешении);
- подстройки коэффициента усиления, напряжения смещения;
- встроенный программируемый источник тока 0.5-4.6мА
- подстройка нулевого положения. ограничивающие уровни. крутизны преобразования;
- выходы линейный ратиометрический, **SPI/SSI**, однопроводный цифровой;
- хранение коэффициентов настройки – встроенный EEPROM;
- режим пониженного энергопотребления;
- выход сигнала ошибки;
- регистр амплитуды;
- диапазон рабочих температур -60...+125 (150)°C

Применение K1382HX045 – датчик угла с линейным выходом

Сенсоры – AMR, GMR, TMR магниторезисторы



Минимальное количество выводов – 3 вывода: земля, питание, аналоговый выход

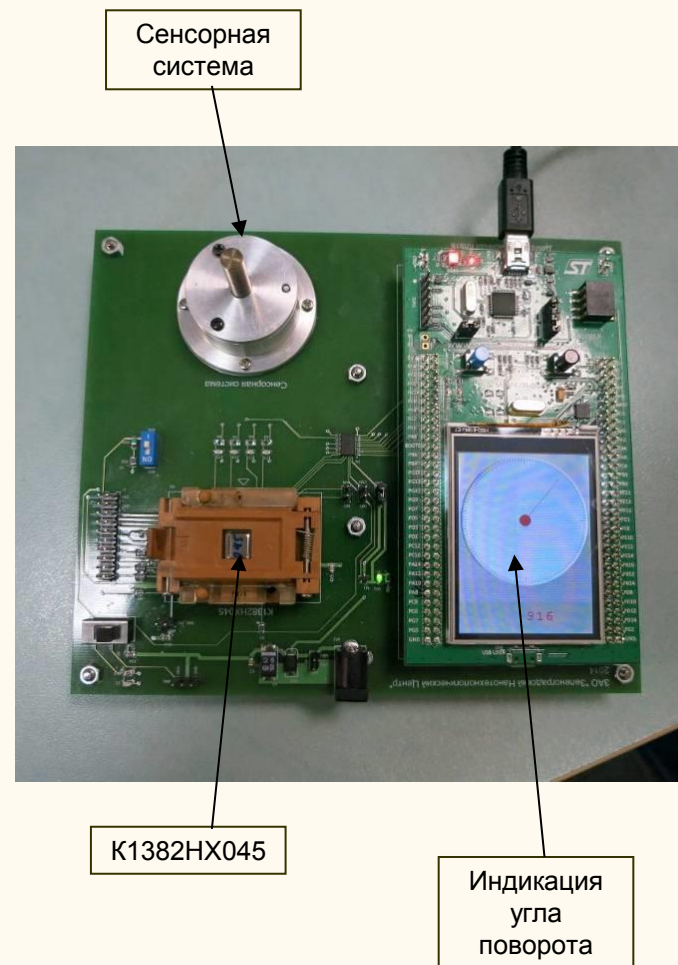
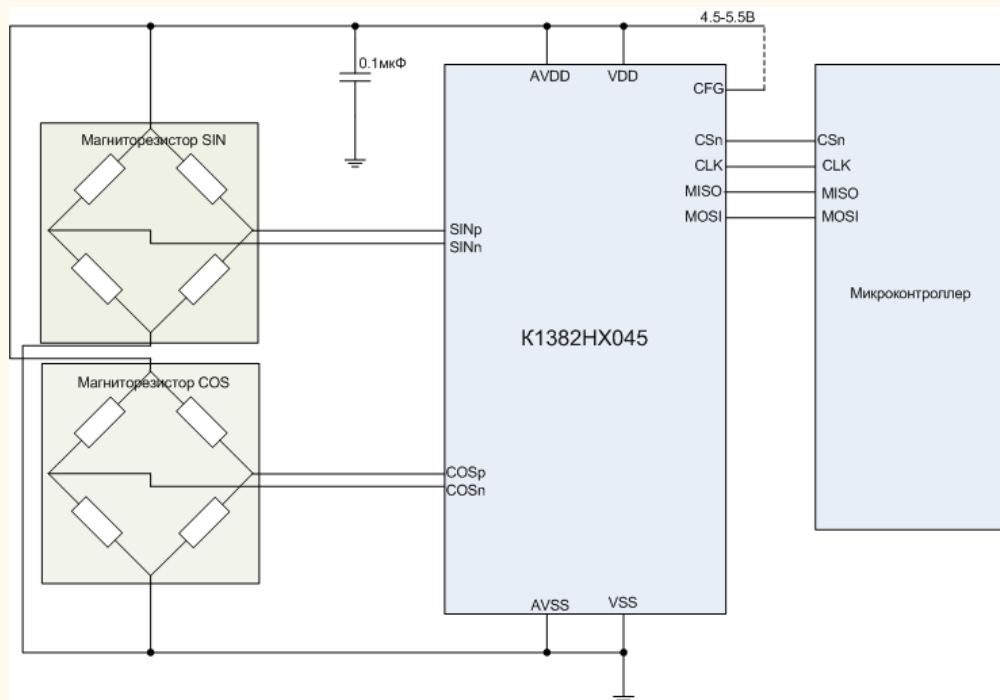
Настройка – через интерфейс OWI, совмещенный с аналоговым выходом

Пример - Датчик дроссельной заслонки



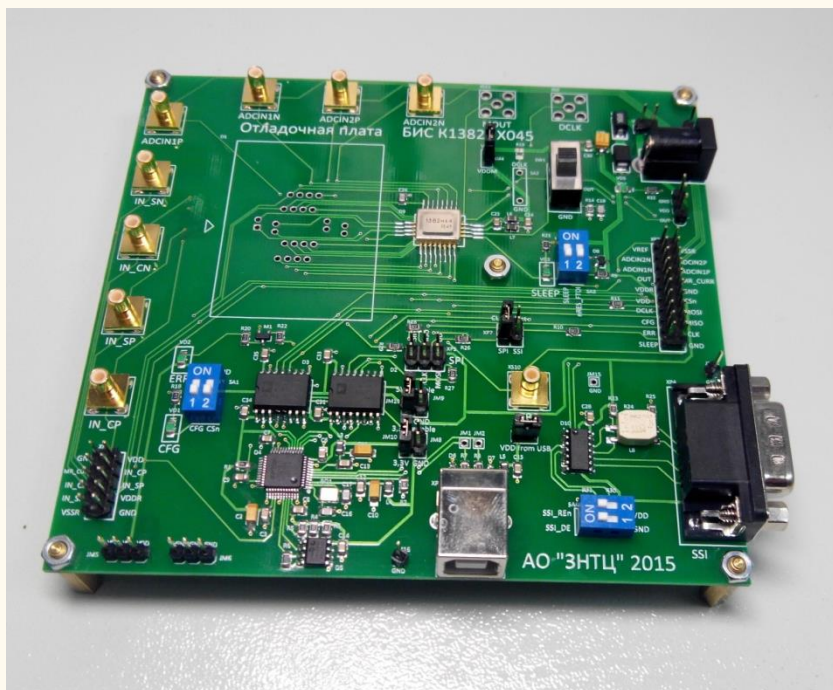
Применение K1382HX045 – датчик угла с выходом SPI

Сенсоры – AMR, GMR, TMR магниторезисторы

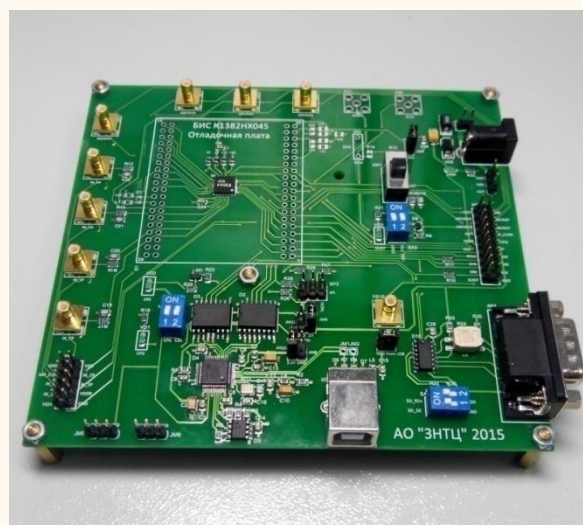


K1382HX045 – Отладочные средства

Универсальный SPI, OWI
программатор, SSI-ридер

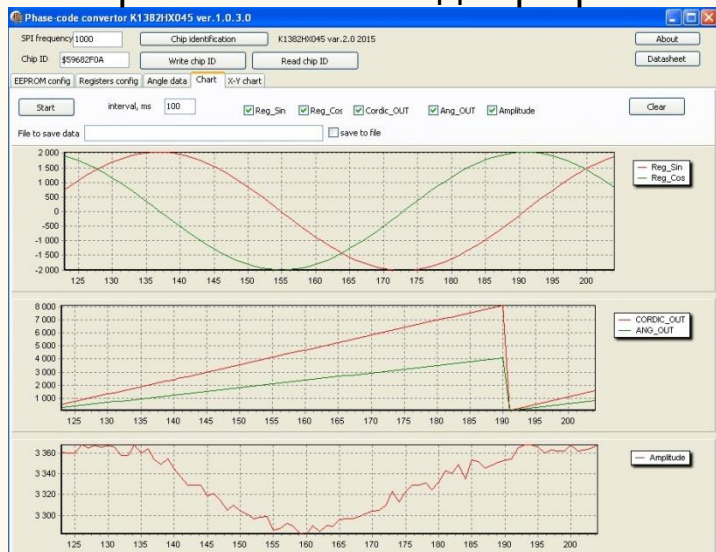


Отладочные платы со встроенным
SPI программатором

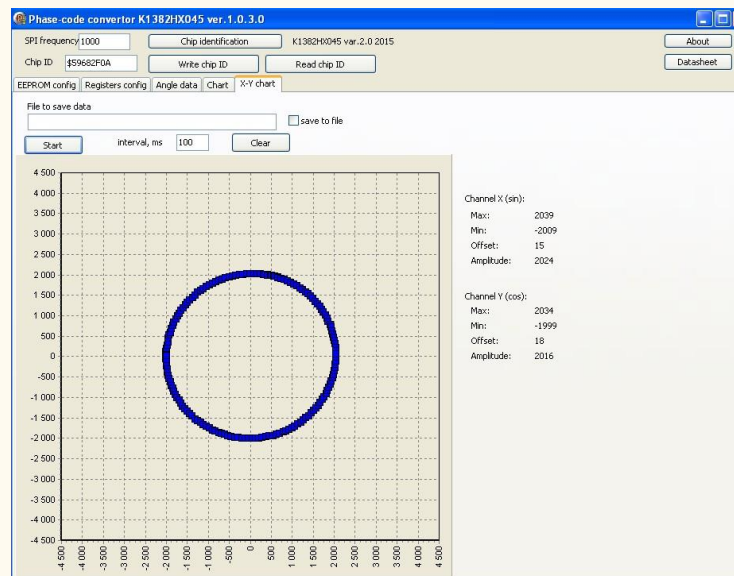


К1382НХ045 – ПО для настройки

Доступ к внутренним регистрам и отображения их в виде графика



X-Y график для облегчения настройки



User-friendly вкладки настроек регистров микросхемы

Настройка аналогового тракта | Настройка преобразования угла | Системные параметры | Конфигурация регистров | Условные данные | График | X-Y график

Коэффициент усиления канала X(0..31) Коэффициент усиления канала Y(0..31)

Напряжение смещения канала X(0..63) Напряжение смещения канала Y(0..63)

Ток питания датчика(0..15) ☐ Выключение питания датчика

Кратное усиление(0..3) ☐ Выключение входных усилителей

Опорное напряжение АЦП(0..3) ☐ Включение АРС

Цифровое смещение косинуса(0..8191)

Цифровое смещение синуса(0..8191)

Частота тактирования АЦП(0..3)

Настройка аналогового тракта | Настройка преобразования угла | Системные параметры | Конфигурация регистров | Условные данные | График | X-Y график

Нулевое положение(0..8191) Множитель 1(0..16383) Множитель 2(0..63)

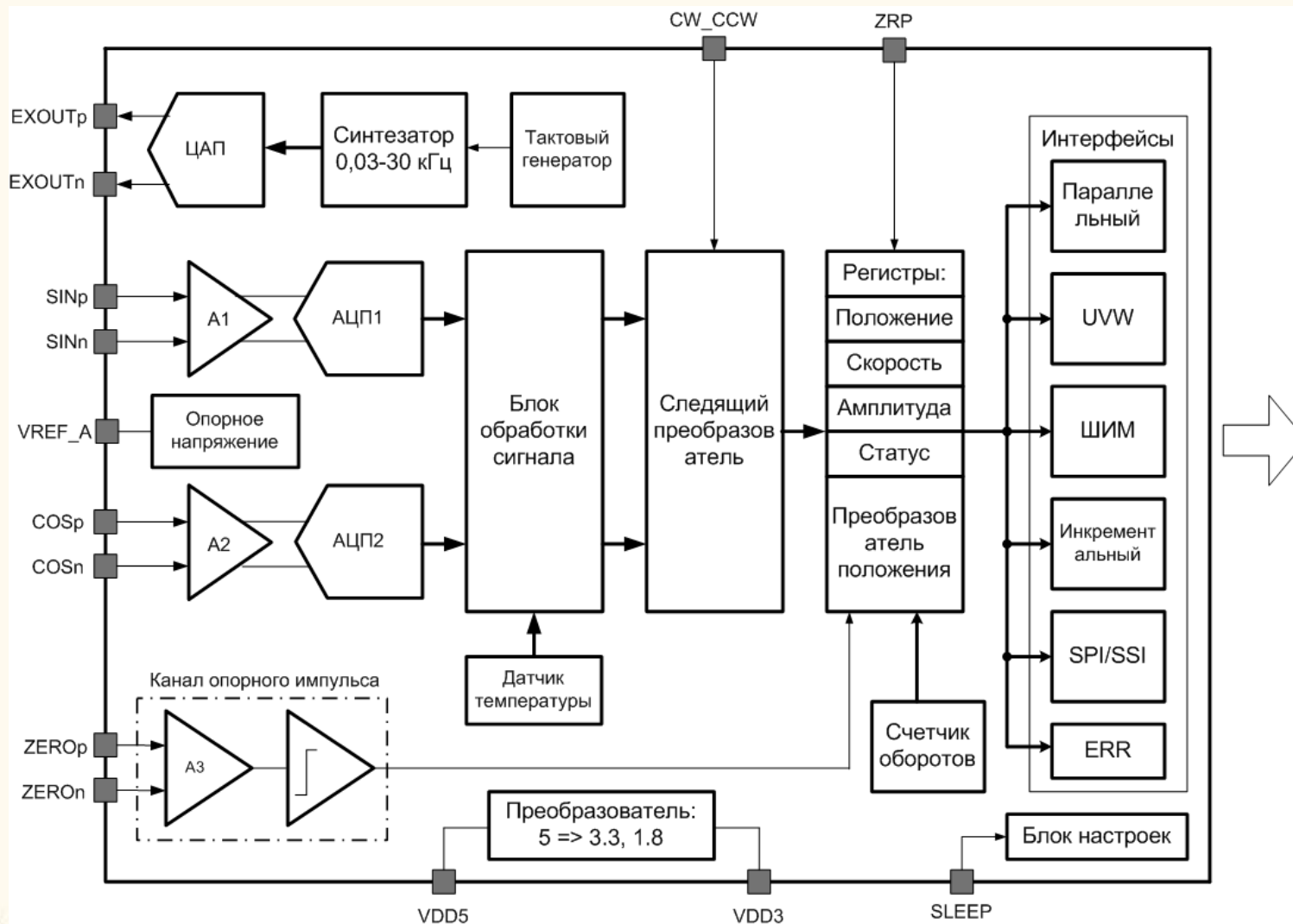
Ограничение угла(0..8191) Нижний уровень ЦАП(0..8191) Верхний уровень ЦАП(0..8191)

☐ Режим 360/180

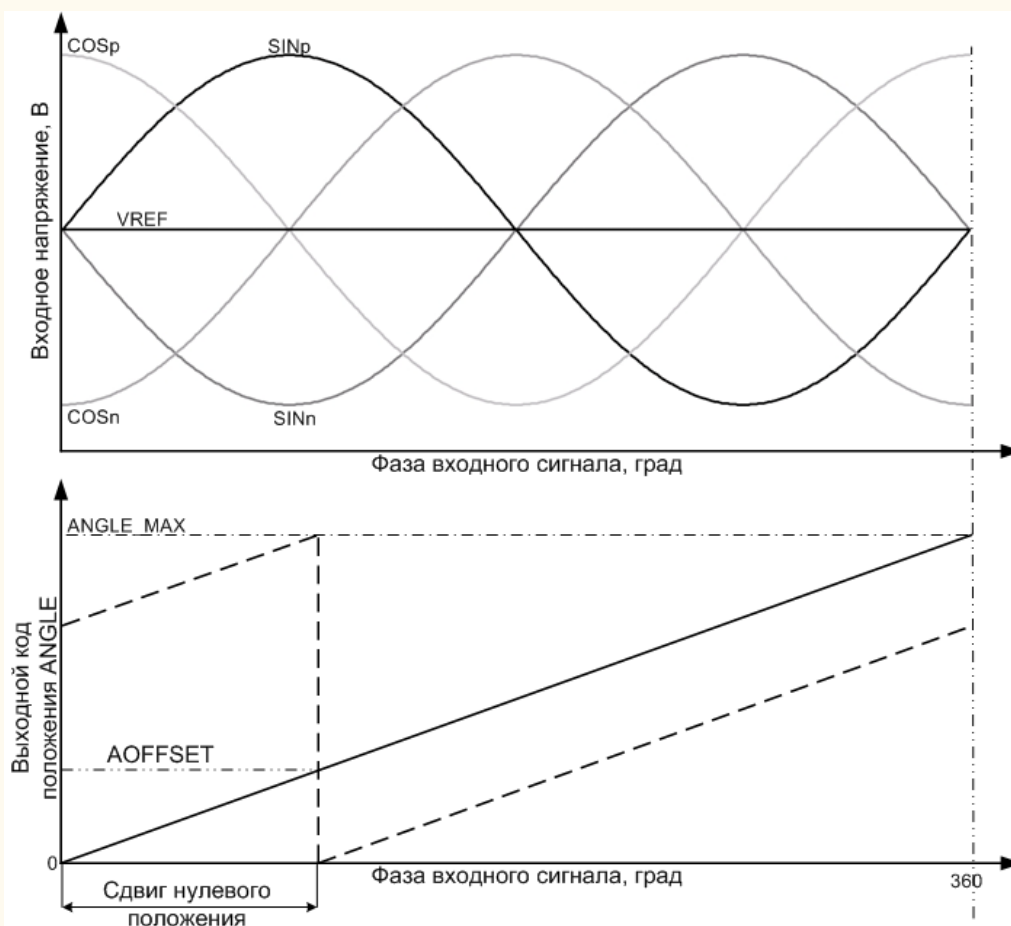
☐ Направление вращения

ENC_ASIC3 - БИС процессора положения

Назначение – БИС предназначена для создания датчиков положения высокого разрешения



Характеристики преобразования



INT_RES[1:0]	Разрешение преобразования, бит	Скорость слежения, сек ⁻¹	Время установления 170°, мс
0	16	30	15
1	15	61	12
2	14	122	10
3	13	244	8

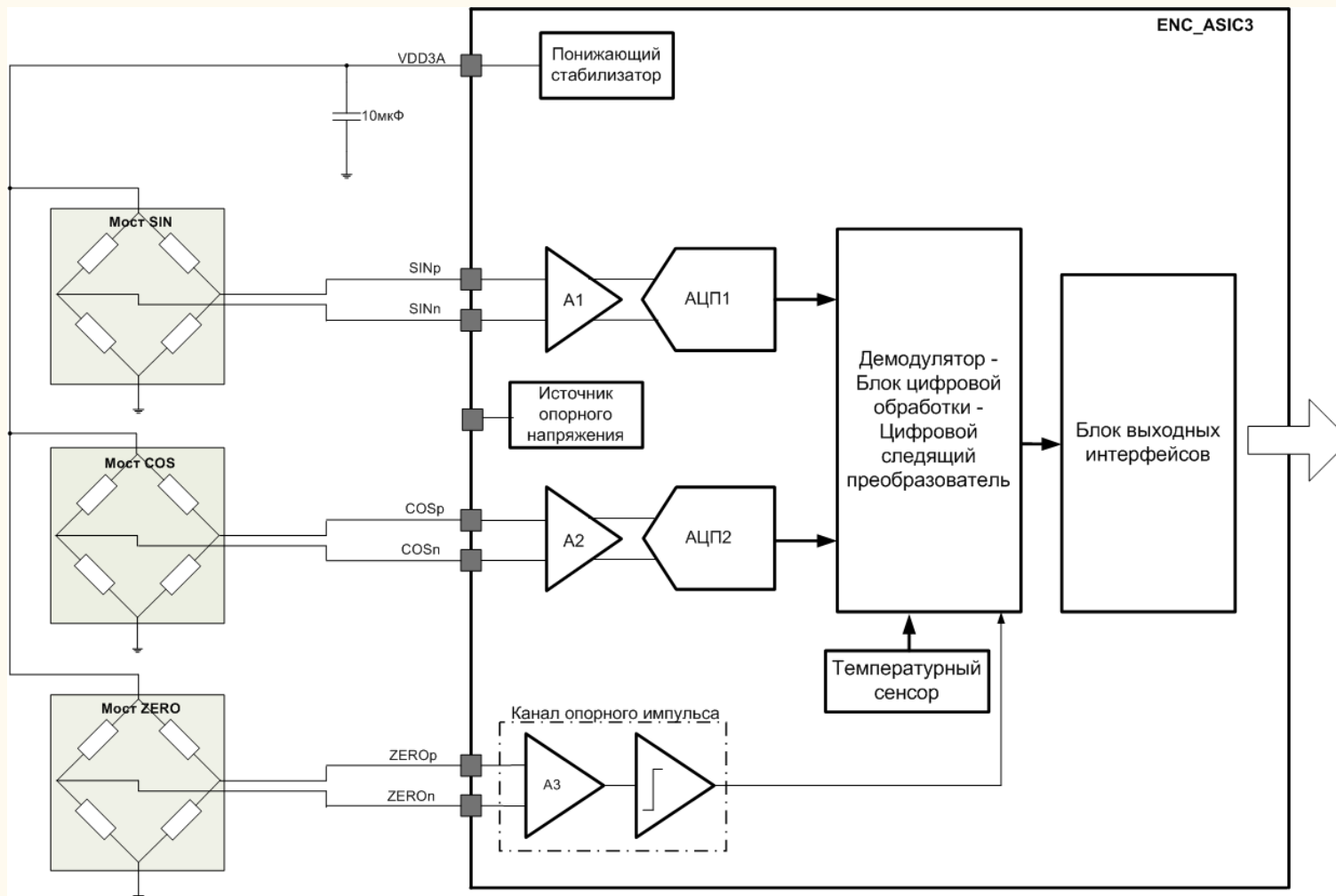
ADC_OS R[2:0]	Децимация	Полоса пропускания (Гц)
0	32	62500
1	64	31250
2	128	15625
3	256	7812.5
4	512	3906.3
5	1024	1953.1
6	2048	976.6
7	4096	488.3

$$ANGLE_MAX = 2^{16-INT_RES} - 1$$

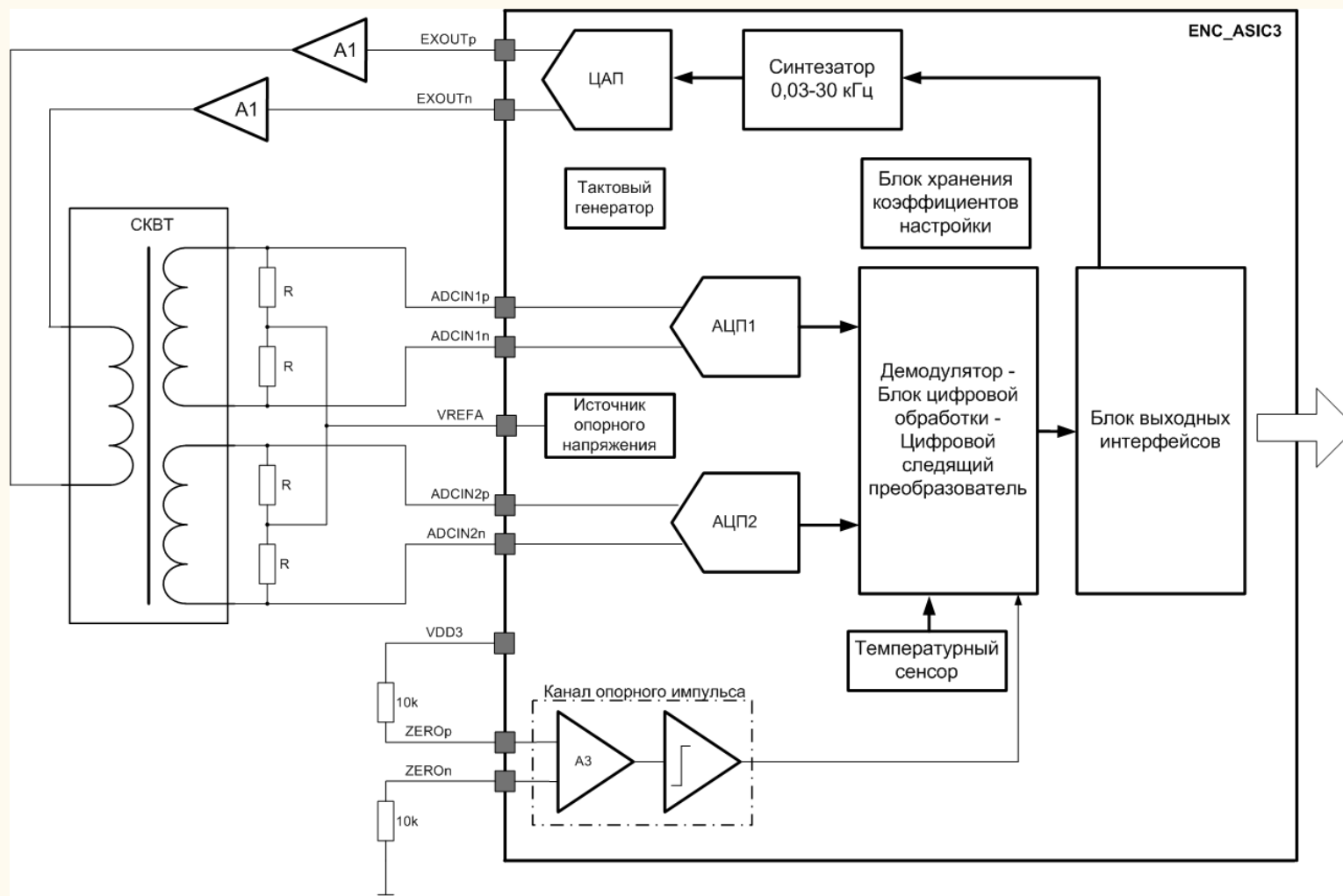
ENC_ASIC3 -Технические характеристики

- Напряжение питания $5V \pm 10\%$, $3.3V \pm 10\%$, ток потребления не более **50мА**;
- Разрешение до **16** бит (64536 отсчетов на оборот или 0.33 угл.мин.);
- Время преобразования до **500 нс**;
- Время установления при 170° изменении входного сигнала **<15 мс**;
- Интегрированный датчик температуры;
- Коррекция температурной зависимости чувствительных элементов;
- Интерфейсы: SSI/SPI, A/B/Index, Step/DIR, PWM, UVW, аналоговый, цифровой параллельный;
- Поддержка многооборотного режима – до 1024 оборотов;
- Подстройка нулевого положения с регистра и по сигналу с вывода микросхемы;
- Детектирование амплитуды сигнала, встроенное АРУ;
- Подстройка фазы квадратурного сигнала $-37 \dots +37$ град;
- Поддержка датчиков типа **СКВТ, ЛВДТ** (замена микросхем типа AD2S1210), программируемый синтезатор частоты возбуждения 0.03-30 кГц;
- канал нулевого импульса (для оптических сенсоров);
- Сигнал ошибки;
- Изменение направления вращения с одного пина;
- Диапазон рабочих температур $-60 \dots +125(150)^\circ\text{C}$

ENC_ASIC3 - Работа с мостовыми датчиками



ENC_ASIC3 - Работа с трансформаторными датчиками (СКВТ, ЛВДТ)



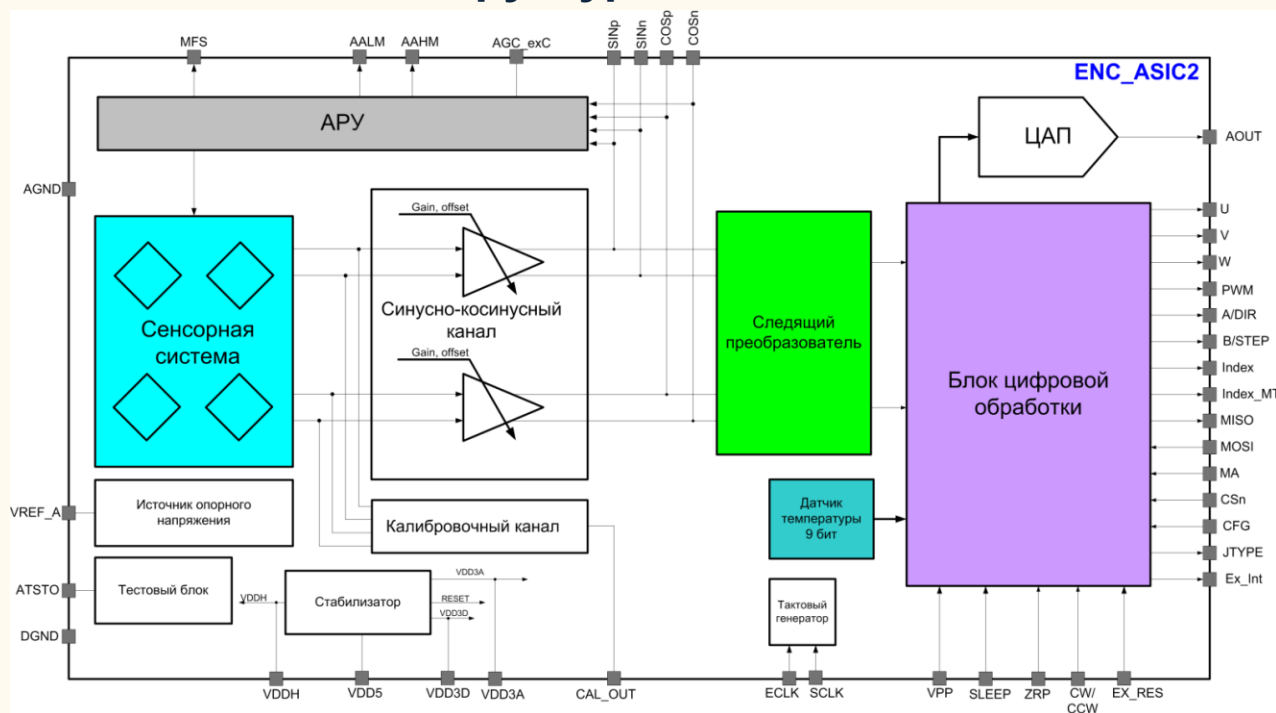
ENC_ASIC3 - Сравнение с аналогами

Параметры	ENC_ASIC3, ЗНТЦ	AD2S1210, Analog Devices	iC-TW8, iC-Haus	2602ПВ2АП, НИИЭМП	RD-19230, Data Device Corp.
Напряжение питания, В	5/3.3±10%	4.75-5.25	3.1...5.5	5;±15	5/±5
Максимальное разрешение преобразования, бит	16	16	16	16	16
Скорость слежения на максимальном разрешении, Гц	30	125	н/д	2	18
Время установления при скачке 179 ⁰ на максимальном разрешении, мс	16	45	н/д	40	50
Частота синтезатора, кГц	0.03-30	2-20	нет	0.36-10	0.4-10
Ток потребления, мА	48	49	35	270	50
Максимальная частота интерфейса SPI/SSI, не менее, МГц	>4	25	24	Нет	Нет
Диапазон подстройки разбаланса фазы квадратурного сигнала, ⁰	-37...+37	нет	-53...+53	Нет	нет
Диапазон подстройки разбаланса усиления каналов	2	нет	1.24	Нет	нет
Разрешение встроенного температурного сенсора, ⁰ С	1.5	нет	нет	Нет	нет
Диапазон рабочих температур, ⁰ С	-60...150	-40...125	-40...125	-60...85	-40...85
Счетчик оборотов	1-1024	нет	Нет	нет	нет
Выход UVW	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет
Выход ШИМ	Есть	Нет	Есть	Нет	Нет

ENC_ASIC2 - БИС однокристального многооборотного магнитного абсолютного энкодера положения

Назначение – создание быстродействующих компактных магнитных энкодеров углового положения

Структурная схема



Конструктивное исполнение: корпус QFN-40, бескорпусные кристаллы

ENC_ASIC2 – Области применения

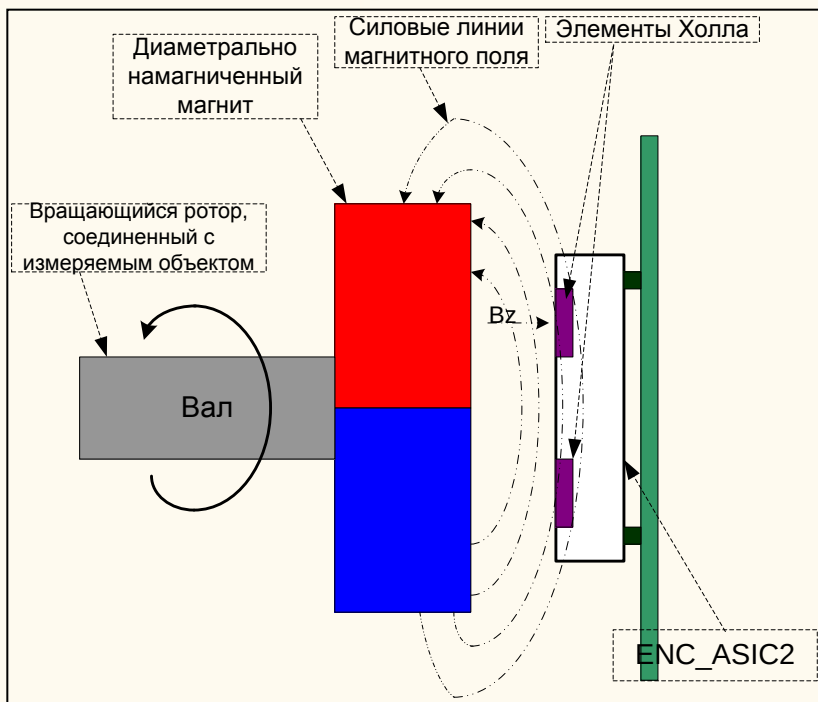
Применение:

- Датчик положения ротора вентильных двигателей;
- Миниатюрные датчики положения в робототехнике;
- Энкодеры общепромышленного назначения;
- Замена потенциометров

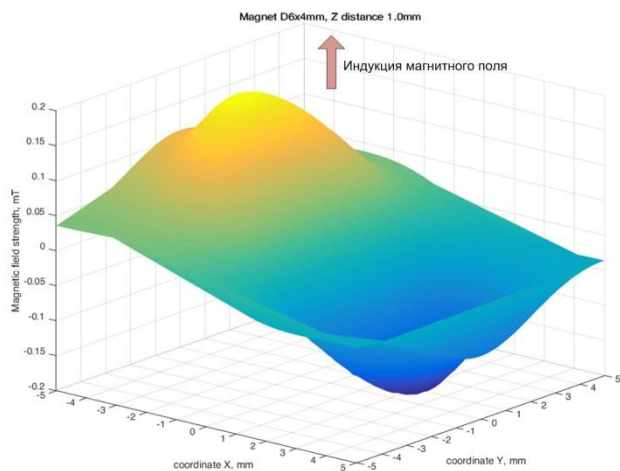
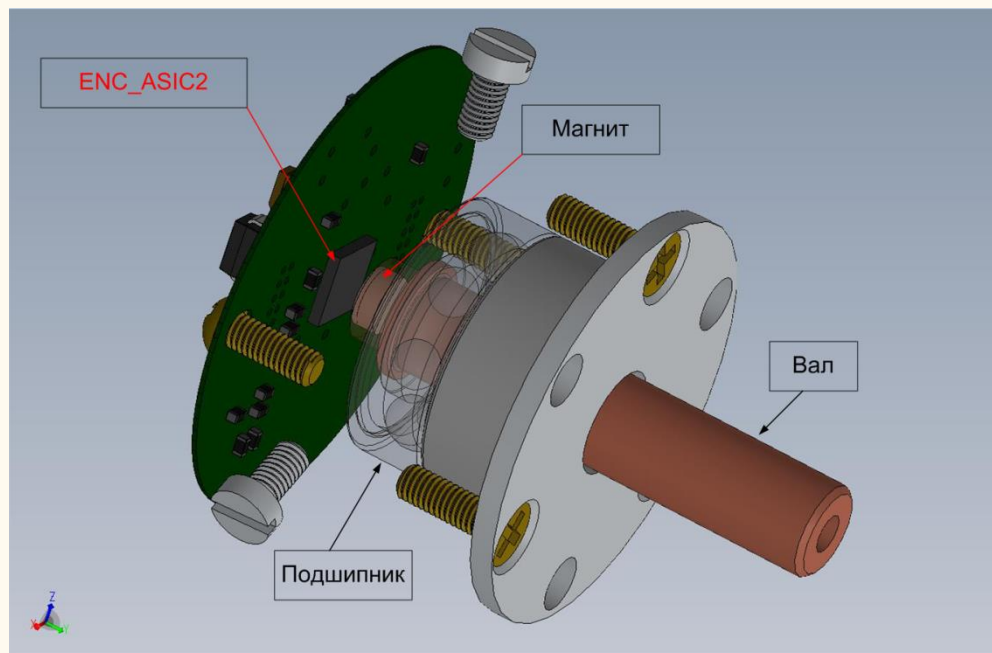
Преимущества:

1. Компактное исполнение. Датчик положения с цифровым выходом 12 бит может быть реализован на плате диаметром 20 мм.
2. Возможно печатную плату датчика конструктивно отделить от ротора с магнитом через алюминиевую или пластиковую перегородку. Обеспечивая этим защиту электроники от агрессивной среды.

ENC_ASIC2 – однокристалльный датчик угла



- Возбуждающий элемент – диаметрально намагниченный магнит
- Микросхема имеет встроенную систему автоматической регулировки усиления для поддержания постоянного уровня сигнала на выходе сенсорной системы при изменении расстояния от поверхности магнита до микросхемы.



ENC_ASIC2 – Технические характеристики

Основные технические характеристики:

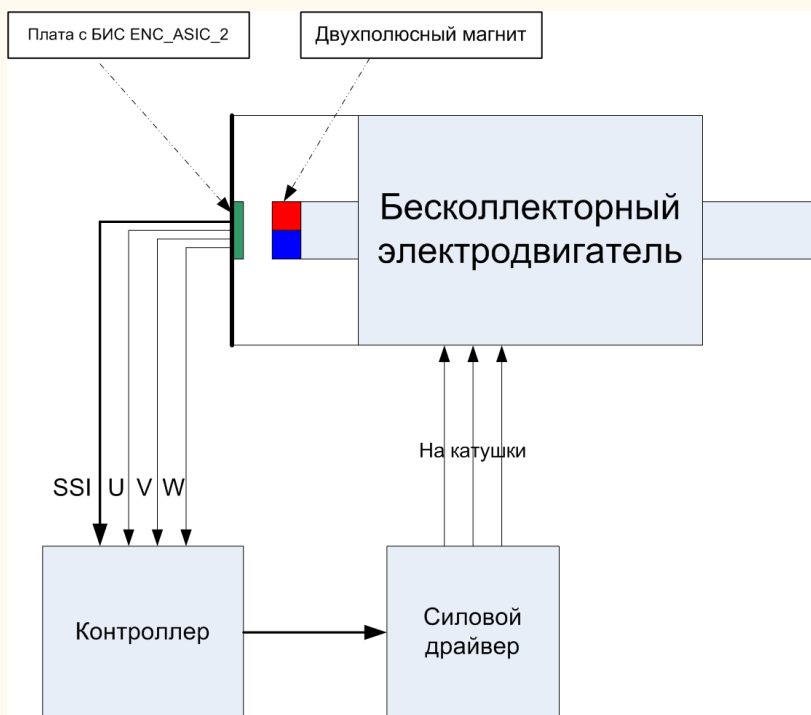
- Напряжение питания $5 \pm 10\%V$, ток потребления не более 30мА
- Разрешение **4096** отсчетов на оборот (**5.3** угл.мин.);
- Время преобразования **250нс** (60 тыс.об/мин);
- Диапазон индукции магнитного поля 20-80мТ;
- Встроенная система автоматической регулировки усиления при изменении магнитного зазора;
- Нечувствителен к постоянной составляющей магнитного поля до $\pm 15\text{мТ}$;
- Следящая архитектура обеспечивает монотонность характеристики преобразования;
- Интегрированный датчик температуры;
- Выходные интерфейсы: SSI/SPI, A/B/Index, Step/DIR, PWM, UVW, аналоговые синусно-косинусный и линейный;
- Поддержка многооборотного режима – до **1024** оборотов;
- Подстройка нулевого положения;
- Возможность подключения внешней сенсорной системы;
- Малопотребляющий режим;
- Выход прерывания;
- Диапазон рабочих температур -60...+125(150)°C

ENC_ASIC2 – сравнение с аналогами

Характеристики	ENC_ASIC2, ЗНТЦ, Россия	iC-MH, iC-Haus, Германия	AS5145, AMS, Австрия	AM4096, RLS, Словения
Разрешение, бит	12	12	12	12
Время преобразования, нс	250 (до 150)	120	96000	700
Счетчик оборотов	10 бит	Нет	Нет	Нет
Синусно-косинусный выход	Есть	Нет	Нет	Есть
Аналоговый выход	Есть	Нет	Нет	Есть
Интерфейс SPI	Есть	Есть	Есть	Нет
Интерфейс SSI	Есть	Есть	Есть	Есть
Инкрементальный выход	Есть	Есть	Есть	Есть
Выход UVW	Есть	Есть	Нет	Есть
Выход ШИМ	Есть	Нет	Есть	Есть
Выход Step+Dir	Есть	Нет	Нет	Нет
Подстройка нулевого положения	Есть	Есть	Есть	Есть
Подстройка ограничивающих пороговых значений положения	Есть	Нет	Нет	Нет
Встроенный температурный датчик	Есть	Нет	Нет	Нет
Выход калибровки	Есть	Нет	Есть	Нет

ENC_ASIC2 – Датчик положения вала вентильного двигателя

БИС может использоваться как датчик положения ротора в системах управления вентильными двигателями вместо традиционно используемой системы из 3-х датчиков Холла.



Микросхема формирует сигналы U, V, W со смещением 120° эмулирующие сигнал с датчиков Холла.

Сигналы U, V, W формируются непосредственно из 12-ти разрядного кода положения с точностью лучше 0.1 градус

Это позволит:

1. Избежать механической настройки датчиков положения
2. Достичь существенно более точного определения момента коммутации катушек => высокой равномерности вращения;
3. Достичь высокой точности разгона, позиционирования и торможения.
4. Максимальная скорость вращения вала – 60 тыс. об/мин
5. Возможность подстройки сигналов U, V, W под разное число полюсов ротора (до 16 периодов)

Энкодер углового положения ЭУПМ-360

- Тип – абсолютный однооборотный;
- Разрешение – 12 бит;
- Ошибка не более $\pm 0.5^\circ$;
- Выходные интерфейсы SSI, ABZ, BiSS (RS-422);
- Скорость вращения до 5 тыс. об/мин;
- Напряжение питания 7-30В;
- Ток потребления не более 30 мА

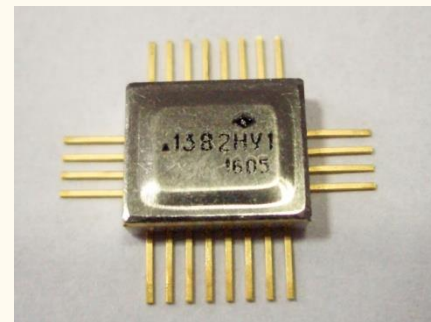
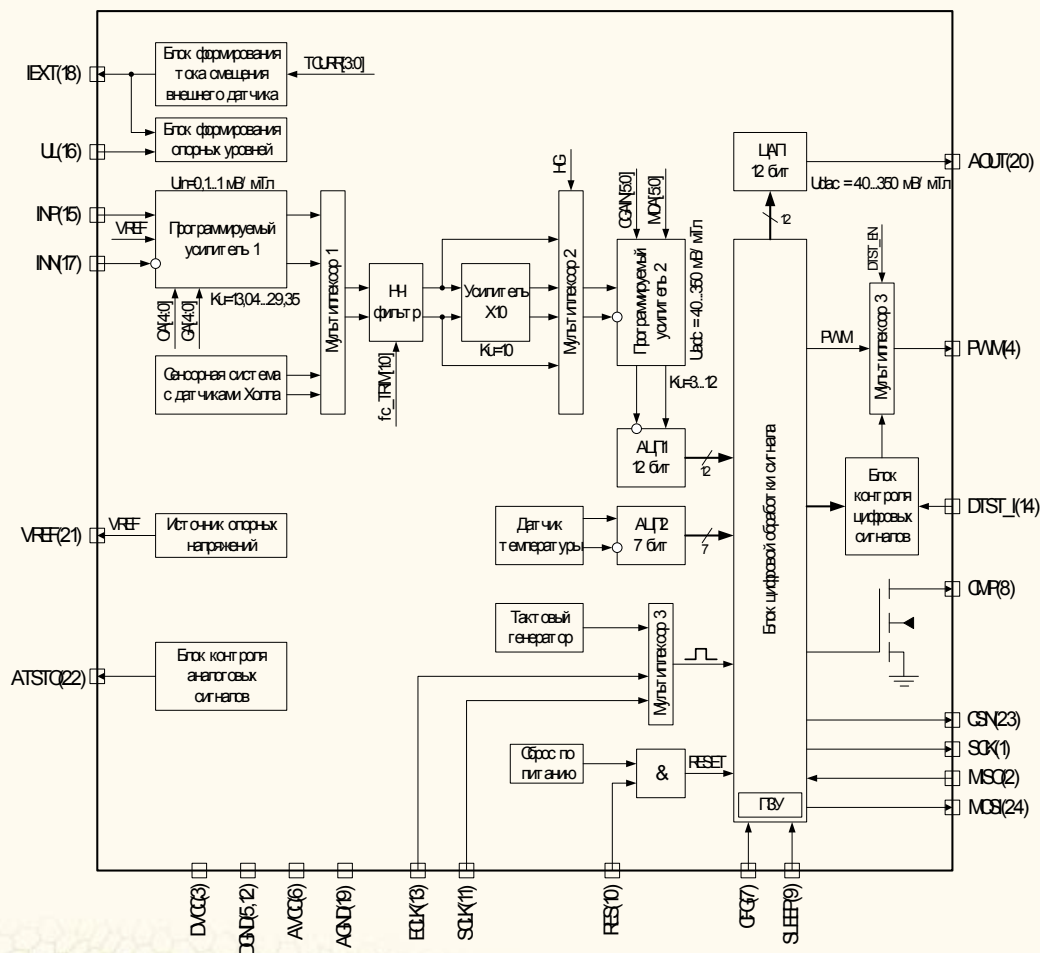




Микросхемы для датчиков тока и магнитного поля

1382НУ015, АЕНВ.431320.164ТУ - микросхема датчика тока/программируемый усилитель с температурной коррекцией

Назначение – Микросхема предназначена для создания датчиков тока на основе магниторезистивных чувствительных элементов и элементов Холла

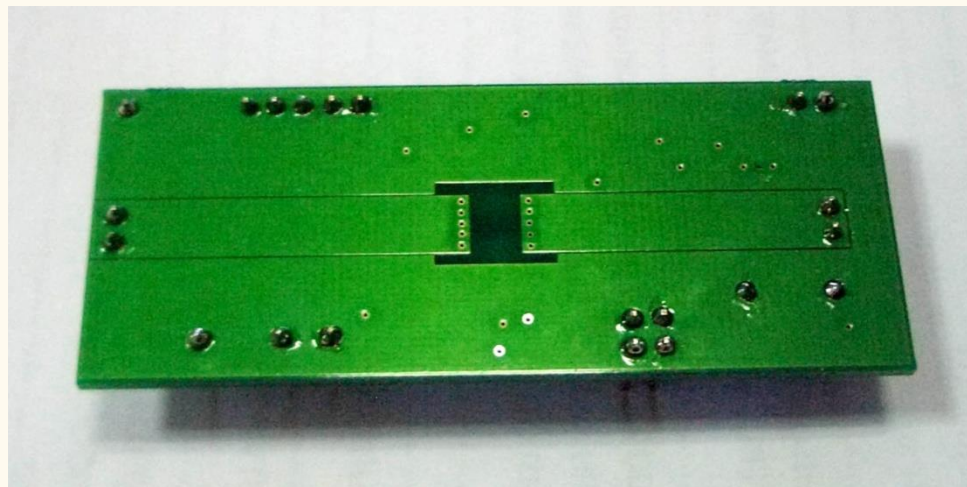
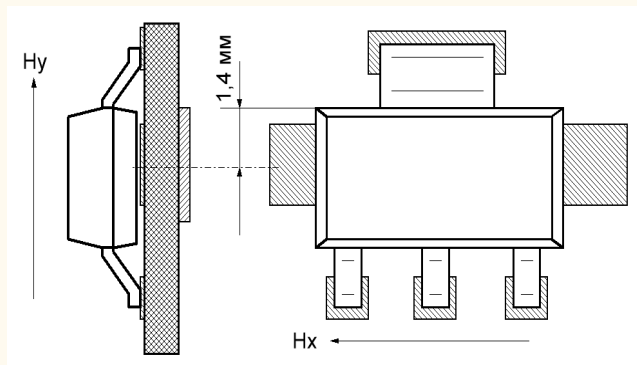
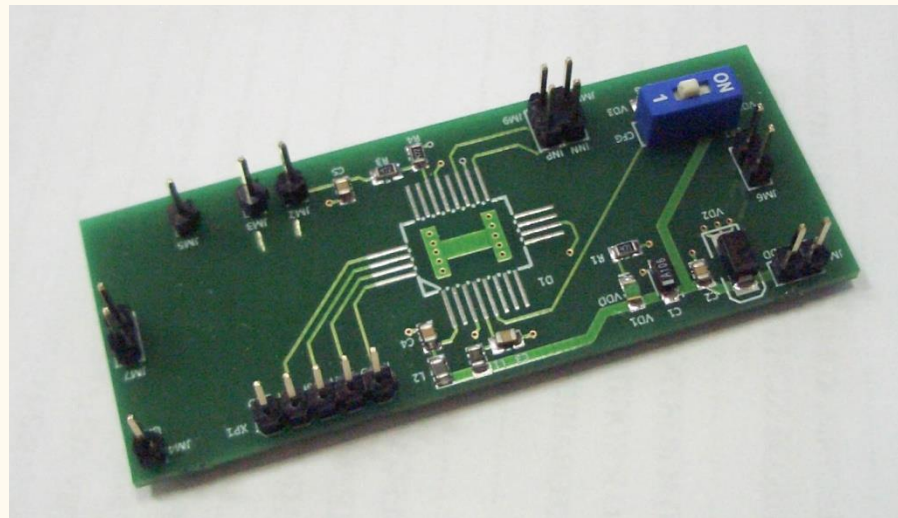
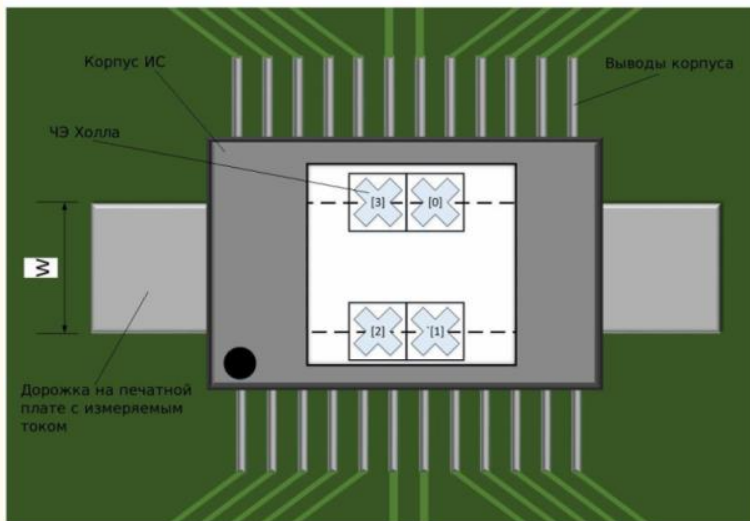


Статус проекта:
ОКР завершена, будет включена
в перечень в 2016 году,
возможны поставки с «ВП»

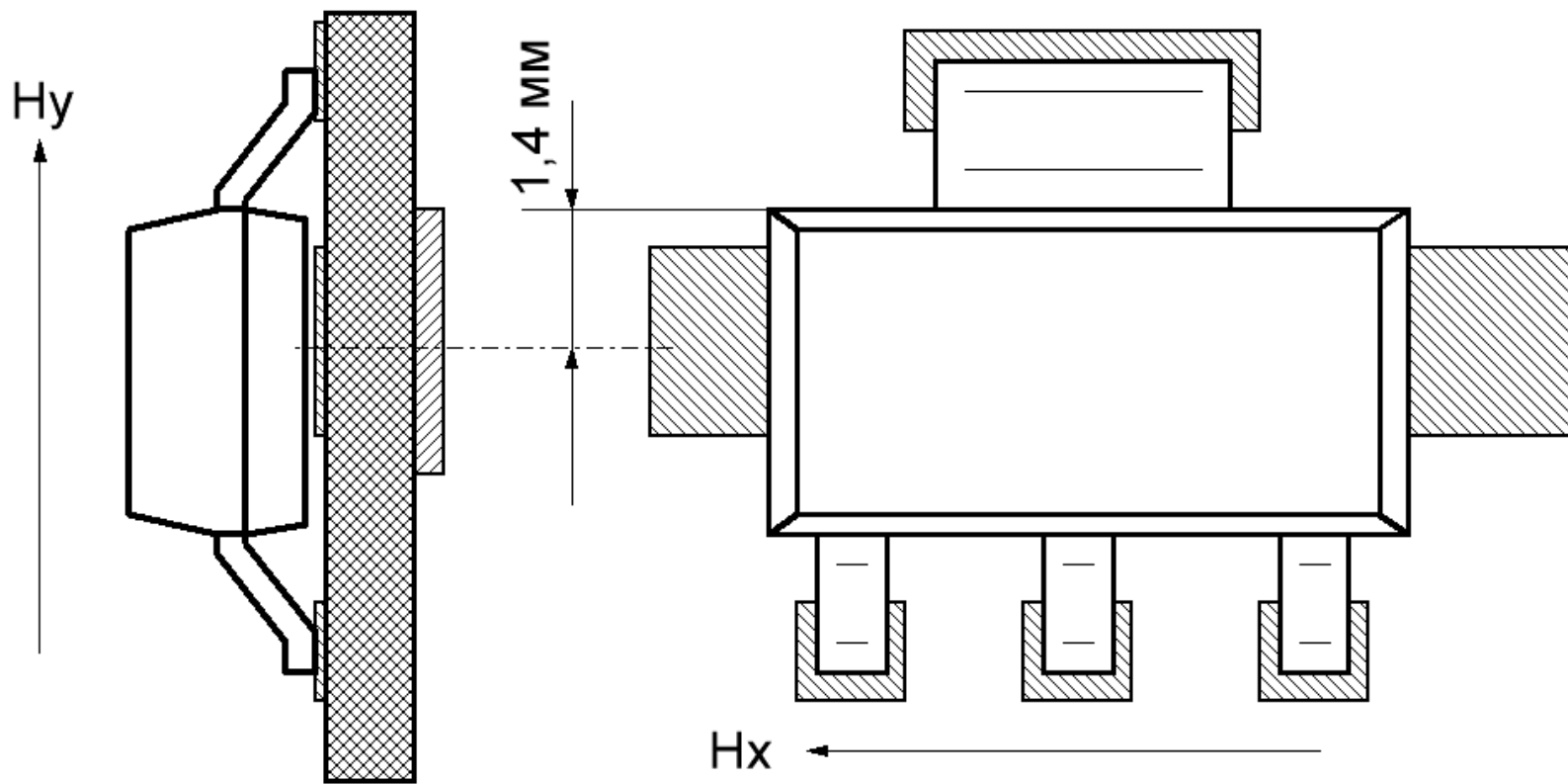
1382НУ015 - Сравнение микросхемы с зарубежными датчиками

Характеристики	1382НУ015, ЗНТЦ	MLX91206, Melexis	TLE4997, Infineon	TLI4970, Infineon
Разрешение, бит	12	12	12	Н.д.
Температурная коррекция	Программируемая, полином 2-го порядка	Программируемая, полином 2-го порядка	Программируемая, полином 2-го порядка	Есть
Полоса пропускания, кГц	Более 50	90	3.2	10
Аналоговый выход	Есть	Есть	Есть	Нет
Интерфейс SPI	Есть	Нет	Нет	Есть
Выход ШИМ	Есть	Есть	Нет	Нет
Выход – программируемый компаратор	Есть, 2 порога переключения	Нет	Нет	Нет
Выход температурного сенсора	Через SPI	Отдельный выход	Нет	Н.д.

1382НУ015 - применение



Пример использования внешнего магниторезистивного датчика ZMY20M





Мы открыты для сотрудничества !

Дизайн-центр микросистемной техники и проектирования SoC

**Директор Дизайн-центра
Стахин Вениамин Георгиевич**

**Тел. +7 (499) 720-89-52
stakhin@idm-plus.ru**

«Зеленоградский нанотехнологический центр»

Москва, Зеленоград, Солнечная аллея, д. 6
тел. (499) 720-69-44, тел. (499) 720-69-69,
www.zntc.ru, zntc@zntc.ru