



МИКРОСБОРКИ

16-РАЗРЯДНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «УГОЛ-КОД»

2015НХ01А1, 2015НХ01В1, 2015НХ01А4, 2015НХ01В4

(Ф020, Ф020.1, Ф040, Ф040.1)

Техническое описание

Главный конструктор разработки

_____ В.А. Власов

« ____ » _____ 2012 г.

Оглавление

1	Общие положения.....	3
1.1	Функциональное назначение	3
1.2	Область применения.....	3
1.3	Интерфейс.....	3
1.4	Технические условия.....	3
2	Описание работы.....	4
3	Основные параметры	5
3.1	Основные электрические параметры	5
3.2	Таблица назначения выводов.....	6
3.3	Кодирование.....	8
3.3.1	Кодирование октанта.....	8
3.3.2	Кодирование мантиссы.....	8
3.4	Осциллограммы работы	9
3.5	Конструктивное исполнение.....	12
4	Указания по применению и эксплуатации.....	13
4.1	Параметры сигнала F.....	13
4.2	Типовая схема включения 2015HX01A1	13
4.3	Типовая схема включения 2015HX01A4	14
4.4	Структурная схема включения МСБ для получения линейного кода.....	15
4.5	Структурная схема включения МСБ с выходом на канал SPI	16
4.6	Альтернативные варианты включения	17
5	Справочная информация.....	17
5.1	Входные цепи	17
5.2	Условное графическое обозначение	17
5.3	Включение в перечень «ЭКБ»	18
5.4	Вопрос-ответ.	19
5.5	Лист регистрации изменений.....	19

1 Общие положения

1.1 Функциональное назначение

Микросборки 2015НХ01А1, 2015НХ01В1, 2015НХ01А4, 2015НХ01В4 предназначены для преобразования электрического сигнала, получаемого от синусно-косинусного вращающегося трансформатора (СКВТ) в цифровой код.

1.2 Область применения

СКВТ представляет собой первичный датчик углового перемещения и преобразует угол поворота вала в два переменных напряжения, амплитуда которых пропорциональна значениям синуса и косинуса входного угла. Микросборки преобразователей «угол-код» выполняют функцию оцифровки амплитудных значений синусного и косинусного канала, выдавая на выходе значение октанта (3 бита) и тангенса угла поворота вала (13 бит).

Особенностью данных преобразователей является то, что каждые полпериода опорного сигнала выдается абсолютно новый результат преобразования, рассчитанный на текущем полупериоде. Поэтому данные преобразователи вместе с СКВТ могут использоваться для определения скорости, ускорения, колебаний при вращении различных валов с относительно высокой скоростью (до 20Гц в версиях 2015НХ01В1 и 2015НХ01В4).

1.3 Интерфейс

Интерфейс последовательный «SL», типа «точка с точкой».

Описание интерфейса находится на официальном сайте НПО «Физика» по адресу:

<http://www.npofizika.ru/pdf/SL-canal.pdf>

Для удобства пользователь может использовать следующие вспомогательные микросхемы:

Н1582ВЖ1А-0052 в корпусе Н09.28-1В – для преобразования сигнала в параллельный код.

1582ВЖ1Б-0053 в корпусе 5119.16-А – для преобразования в последовательный канал SPI.

1.4 Технические условия

Номер технических условий: АЕНВ.431320.288ТУ.

Технические условия предоставляются бесплатно по запросу на e-mail: support@npofizika.ru

2 Описание работы

Последовательный код на выходе формируется как результат подачи входных воздействий – напряжений на входах SIN, COS и сигнала F частотой:

- 400 Гц для версий с буквой «А» в обозначении;
- 2кГц для версий с буквой «В» в обозначении.

Сигнал F является сигналом запуска преобразования. Запуск происходит при пересечении сигналом нуля в любом направлении. После пересечения сигналом нуля происходит определение октанта в зависимости от полярностей и амплитуд напряжений на входах SIN, COS.

После выхода амплитуды измеряемых сигналов на оптимальное значение, запускается алгоритм определения тангенса угла (оцифровка прецизионным 13-разрядным АЦП).

В связи с тем, что триггером старта для алгоритмов микросборки является пересечение сигналом F нуля, сдвиг фазы сигналов SIN и COS относительно опорного F приведет к оцифровке измеряемых сигналов на неоптимальной амплитуде или даже к сбою алгоритма определения октанта в зависимости от смещения. Поэтому, если вы планируете использовать СКВТ, сдвигающий фазы сигналов SIN и COS или длинный кабель для подключения датчика, то для выравнивания фазы сигналов SIN, COS, F на входе микросборки рекомендуется применить интегрирующую RC-цепь.

После окончания оцифровки информация об угле поворота сразу выдается по SL каналу.

Т а б л и ц а 2 – Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации микросборок

Наименование параметра режима, единица измерения	Буквенное обозначение параметра	Предельно допустимый режим		Предельный режим	
		не менее	не более	не менее	не более
Диапазон входного сигнала на входах SIN, COS, В, при $U_{CC2}=15\text{ В}$, $U_{CC3}=-15\text{ В}$	ΔU_I	-12,0	12,0	-15,0	15,0
Напряжение питания по источнику питания «+5 В», В	U_{CC1}	4,5	5,5	4,0	6,0
Напряжение питания по источнику питания «+15 В», В	U_{CC2}	13,5	16,5	13,0	17,0
Напряжение питания по источнику питания «-15 В», В	U_{CC3}	- 16,5	- 13,5	- 17,0	-13,0
Входное напряжение высокого уровня, В	U_{IH}	$U_{CC1} - 0,8$	$U_{CC1} + 0,5$	-	-
Входное напряжение низкого уровня, В	U_{IL}	0	0,4	-	-
Выходное напряжение высокого уровня, В	U_{OH}	$U_{CC1} - 0,4$	-	-	-
Выходное напряжение низкого уровня, В	U_{OL}	-	0,4	-	-
Частота входного сигнала, Гц: - для типа А; - для типа В	f_I	360	440	-	-
		1800	2200	-	-
<p>П р и м е ч а н и я: 1 Суммарное время воздействия предельных режимов – 2 ч. 2 В предельных режимах эксплуатации гарантируется не выход микросборок из строя. Сохранение электрических параметров (в том числе заявленной точности преобразования) не гарантируется.</p>					

3.2 Таблица назначения выводов

Т а б л и ц а 3 – Назначение выводов микросборок 2015НХ01А1, 2015НХ01В1

№ вывода	Обозначение вывода	Назначение вывода
1	+15V	Питание +15В
2	-15V	Питание минус 15В
3	SIN	Вход сигнала SIN с обмотки СКБТ
4	COS	Вход сигнала COS с обмотки СКБТ
5	GND	Общий
6	-15V	Питание минус 15В
7	+15V	Питание +15В
8	-15V	Питание минус 15В
9	+5V	Питание +5В
10	GND	Общий
11	DO1	Выход линии единиц (SL канал)
12	DO0	Выход линии нулей (SL канал)
13	F	Сигнал синхронизации преобразования (опорный сигнал СКБТ)
14	GND	Общий
15	-	Корпус

Т а б л и ц а 3.1 – Назначение выводов микросборок 2015HX01A4, 2015HX01B4

№ вывода	Обозначение вывода	Назначение вывода
1	AGND	Общий аналоговый
2	+5V	Питание +5В
3	DO1	Выход линии единиц (SL канал)
4	DO0	Выход линии нулей (SL канал)
5	NC	Зарезервировано
6	GND	Общий
7	RS	Вход начального сброса (активный уровень – высокий) с подтяжкой к «земле» через резистор 44 кОм
8	F	Сигнал синхронизации преобразования (опорный сигнал СКБТ)
9	GND	Общий
10-12	–	–
13	–15V	Питание минус 15В
14	GND	Общий
15	COS	Вход сигнала COS с обмотки СКБТ
16	SIN	Вход сигнала SIN с обмотки СКБТ
17	+15V	Питание +15В
18	–	–
19	+15V	Питание +15В
20	GND	Общий
21	–15V	Питание минус 15В
22-23	–	–
24	+15V	Питание +15В
25	GND	Общий
26	–15V	Питание минус 15В
27-29	–	–
30	+15V	Питание +15В
31	GND	Общий
32	–15V	Питание минус 15В
33	–	–
34	GND	Корпус

3.3 Кодирование

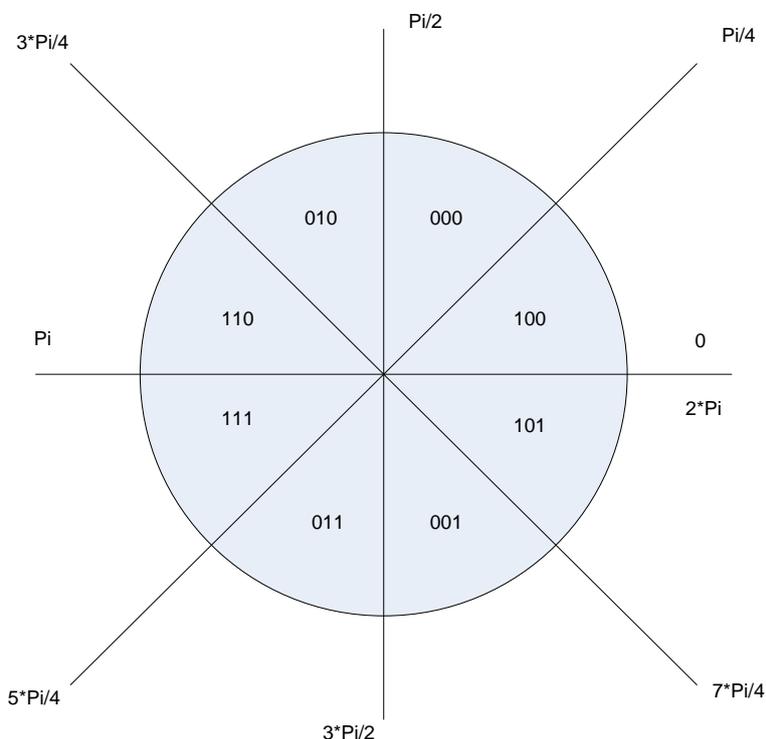
Результат преобразования передается на выход по последовательному каналу и занимает 16 бит (3 младших бита – код октанта + 13 бит – мантисса, где 3-й бит младший, а 15-й - старший) с добавлением битов четности и синхронизации. Согласно протоколу «SL», бит четности добавляет линию единиц до нечетного количества импульсов, а линию нулей – до четного.

Т а б л и ц а 4 – Назначение битов последовательной посылки

0	1	2	3	4	...	14	15	16	17
Код октанта {O ₀ ...O ₂ }			Значение тангенса/котангенса {K ₀ ...K ₁₂ }				Чётность		Стоп-бит

3.3.1 Кодирование октанта

Код октанта (одной восьмой части круга), в котором находится измеряемый угол, определяется амплитудами и знаками входных напряжений – синуса и косинуса. Значения кода в формате {O₂...O₀} показаны на рисунке 1 и в таблице 5.



Р и с у н о к 1 – Кодирование октанта в зависимости от угла на единичной окружности

3.3.2 Кодирование мантиссы

Значение, передаваемое в мантиссе слова, является тангенсом измеряемого угла, если амплитуда косинуса больше по абсолютной величине, чем амплитуда синуса. В противном случае передается котангенс измеряемого угла.

Т а б л и ц а 5 – Кодирование в зависимости от углов

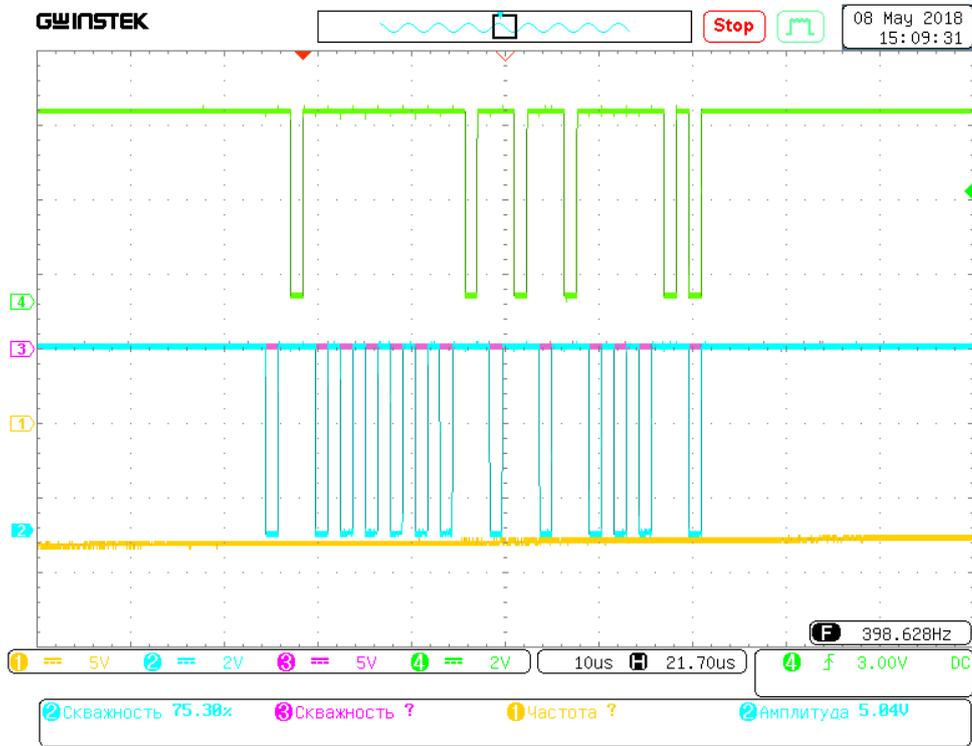
№ октанта	Диапазон углов	Кодирование октанта в формате {O ₂ ...O ₀ }	Мантисса (man)	Математическое представление угла *
1	0° – 45°	100	tg	atan (man/2 ¹³)
2	45° – 90°	000	ctg	90 – atan (man/2 ¹³)
3	90° – 135°	010	ctg	90 + atan (man/2 ¹³)
4	135° – 180°	110	tg	180 – atan (man/2 ¹³)
5	180° – 225°	111	tg	180 + atan (man/2 ¹³)
6	225° – 270°	011	ctg	270 – atan (man/2 ¹³)
7	270° – 315°	001	ctg	270 + atan (man/2 ¹³)
8	315° – 360°	101	tg	360 – atan (man/2 ¹³)

*Примечание: если ваш микроконтроллер считает в радианах, не забудьте осуществить соответствующее преобразование.

3.4 Осциллограммы работы



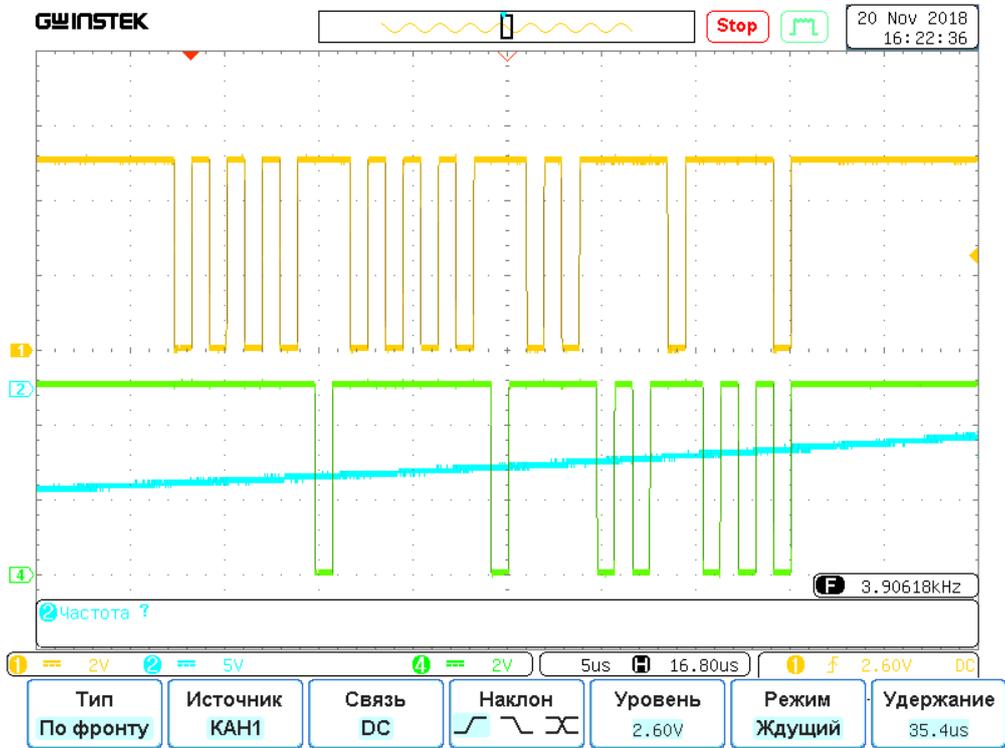
Р и с у н о к 2.1 – Осциллограмма работы по сигналу F МСБ 2015НХ01А1, 2015НХ01А4



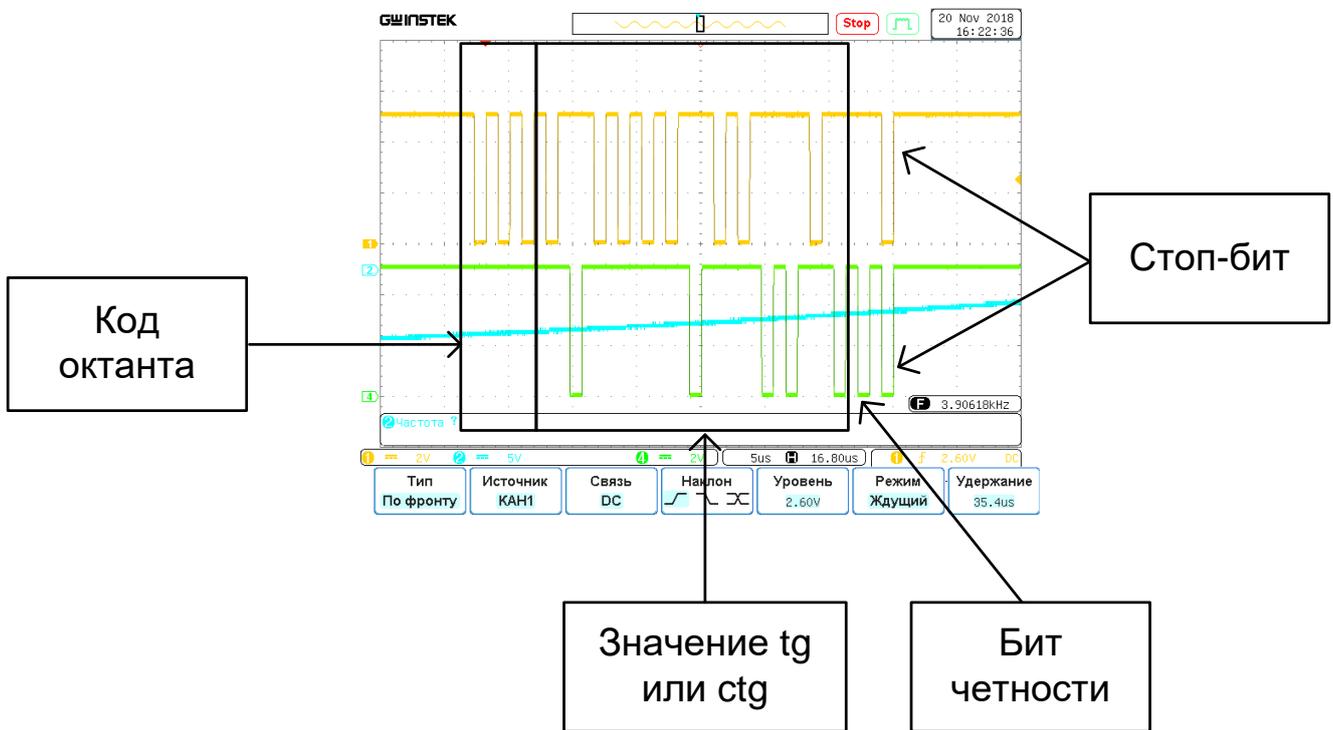
Р и с у н о к 2.2 – Осциллограмма SL-канала для МСБ 2015НХ01А1, 2015НХ01А4



Р и с у н о к 2.3 – Осциллограмма работы по сигналу F МСБ 2015НХ01В1, 2015НХ01В4



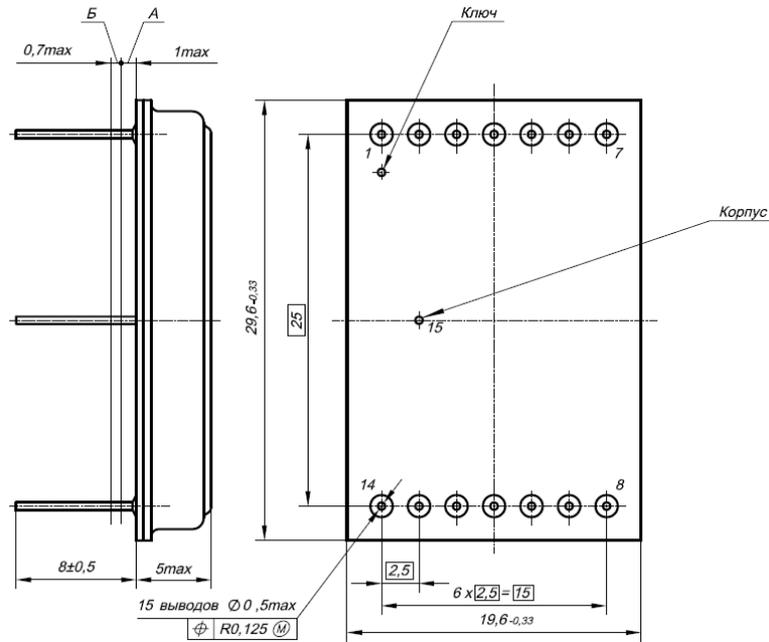
Р и с у н о к 2.4 – Осциллограмма SL-канала для МСБ 2015HX01B1, 2015HX01B4



Р и с у н о к 3 – Последовательность бит в канале SL

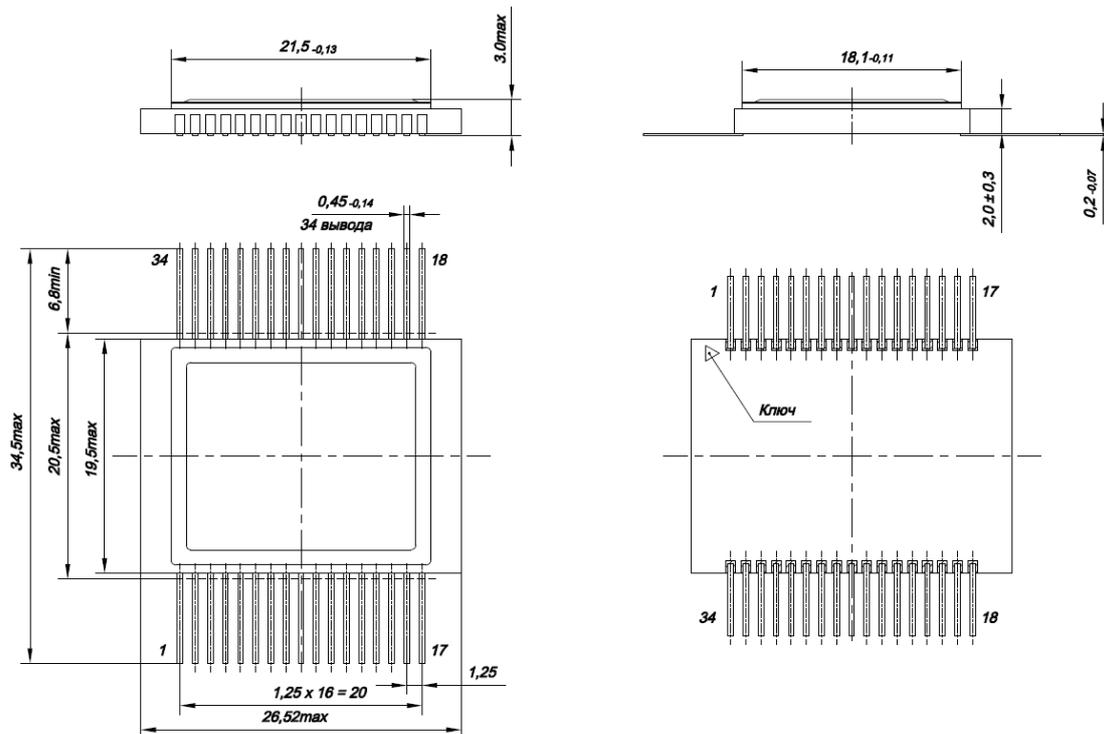
3.5 Конструктивное исполнение

Микросборки 2015НХ01А1, 2015НХ01В1 выполнены в корпусе 155.15-2.



Р и с у н о к 4 – Габаритный чертеж корпуса 155.15-2

Микросборки 2015НХ01А4, 2015НХ01В4 выполнены в корпусе 4137.34-3.



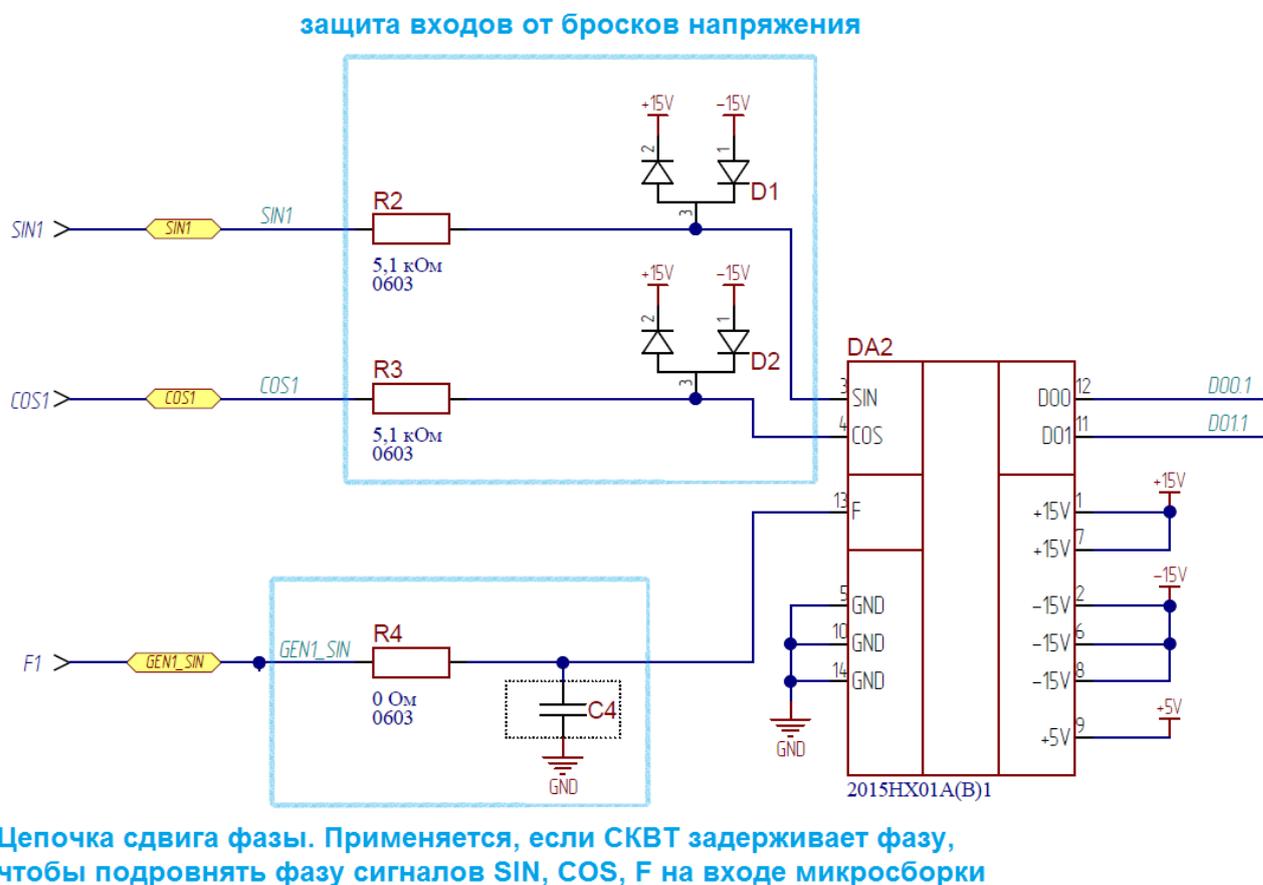
Р и с у н о к 4.1 – Габаритный чертеж корпуса 4137.34-3

4 Указания по применению и эксплуатации

4.1 Параметры сигнала F

Сигнал F должен иметь биполярный вид: синусоиду или меандр частотой 400 Гц для МСБ 2015HX01A1, 2015HX01A4 и 2 кГц для МСБ 2015HX01B1, 2015HX01B4. Рекомендуемая амплитуда входного сигнала составляет от 0,5 до 10 В. Допускается подавать сигналы большей амплитуды, установив на входе F дополнительный резистор сопротивлением из расчёта 3,5кОм на 1В амплитуды сверх 10 В.

4.2 Типовая схема включения 2015HX01A1



Р и с у н о к 5 – Типовая схема включения МСБ 2015HX01A1, 2015HX01B1

Примечания:

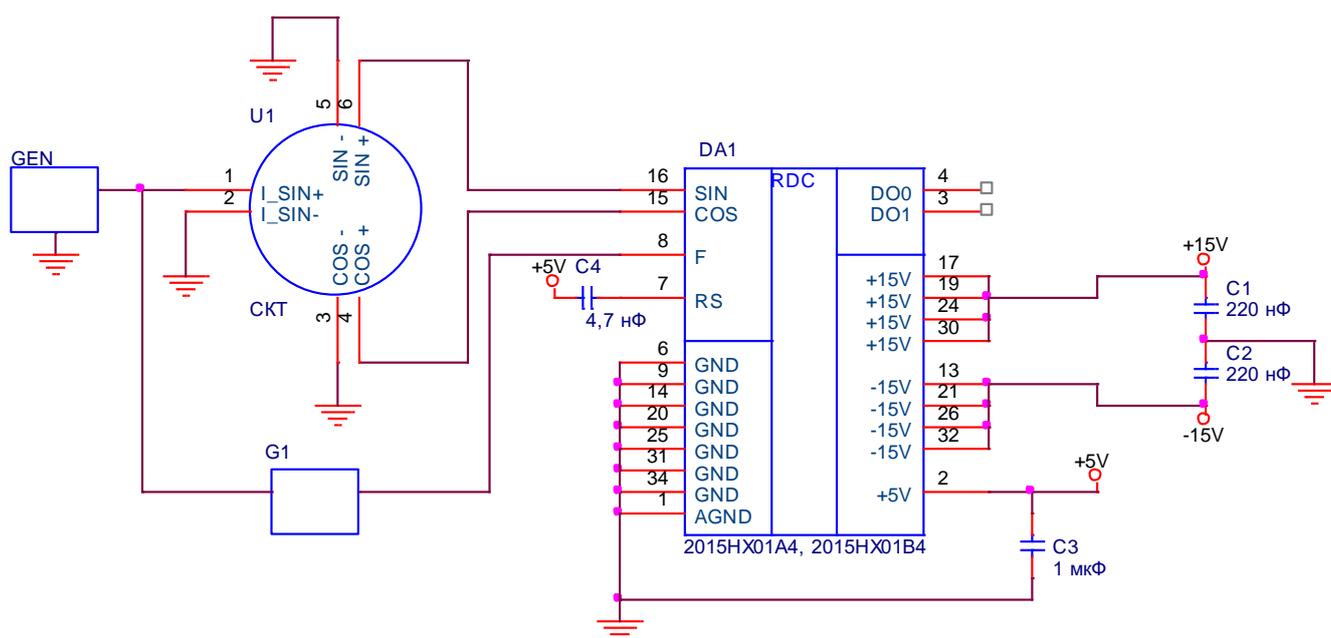
1. Конденсаторы по питанию выбираются в зависимости от внутреннего сопротивления используемого источника питания, трассировки, потребления других компонентов схемы. По питаниям ± 15 В микросборкам не требуется специальная защита и достаточно установки керамических конденсаторов стандартных номиналов для защиты от высокочастотного шума, например, 220 нФ.

По питанию +5 В микросборки чувствительны к перепадам напряжения. Поэтому необходимо предусмотреть установку керамических конденсаторов емкостью не менее 1 мкФ на каждую микросборку.

Установка электролитических конденсаторов большой емкости остается на усмотрение разработчика аппаратуры, при этом стоит учитывать тот факт, что внутри микросборки 2015HX01A1 установлен конденсатор сброса номиналом 4,7 нФ, и слишком большая суммарная емкость конденсаторов по питанию +5В (или слишком большая длительность нарастания напряжения питания) может привести к отсутствию сброса в схеме и, как следствие, отсутствию выходной посылки.

2. При трассировке по плате сигналы SIN, COS, F рекомендуется ограждать друг от друга земляными проводниками (экранами).
3. Для подключения каждой обмотки трансформатора используйте витую пару в экране, это позволит минимизировать наводки внешних сигналов и сигналов трансформатора друг на друга. Экран витой пары должен быть подключен на общий со стороны аппаратуры.
4. Если ваш трансформатор (или его имитатор) не обеспечивает достаточной симметрии сигналов разной полярности, то используйте результат преобразования только на одной полуволне для увеличения точности преобразования. При этом источником синхронизации может служить сигнал полярности микросборки генератора синуса 2015MM014 (2015MM024), сделанный специально для этого.

4.3 Типовая схема включения 2015HX01A4



DA1 – микросборка;

U1 – синусно-косинусный вращающийся трансформатор;

GEN – генератор синусоидального сигнала 2015MM014 или 2015MM024;

G1 – в зависимости от условий применения возможна прямая передача сигнала, установка резистора с учетом описанного в 4.1 или установка схемы гальванической развязки;

C1,C2,C3 – блокировочные конденсаторы;

C4 – конденсатор начального сброса.

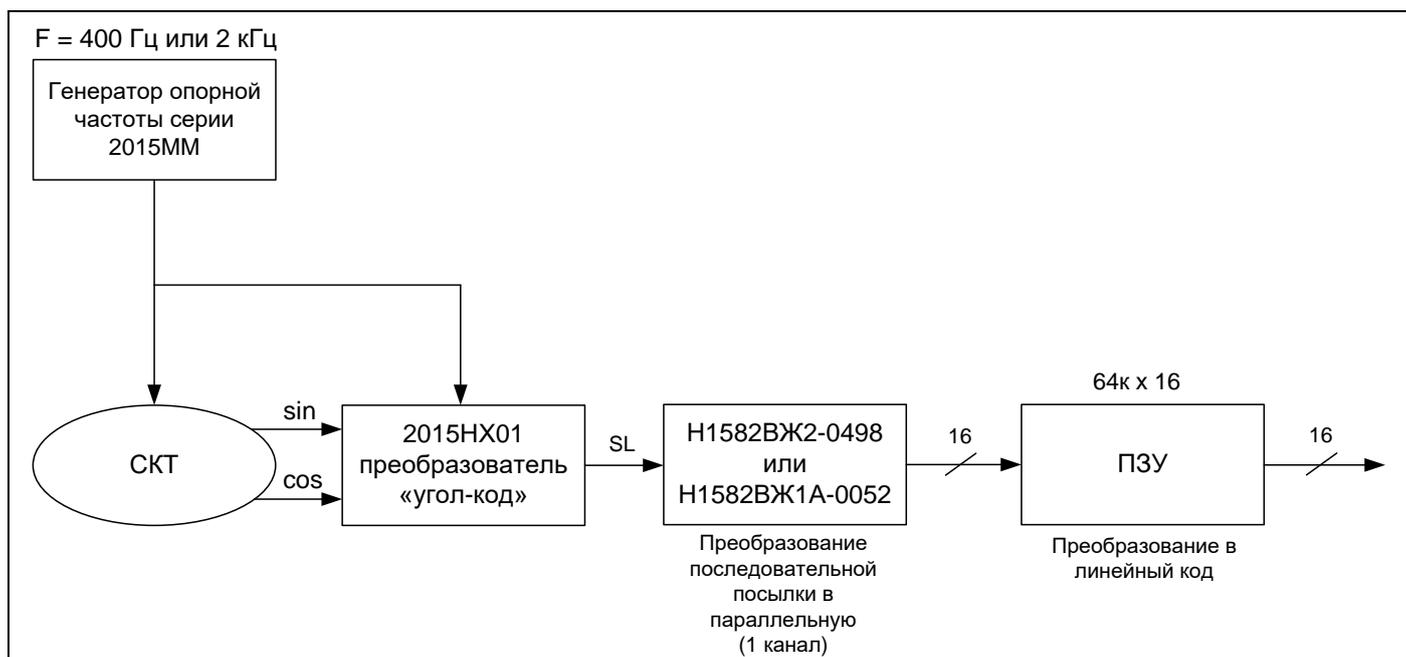
Р и с у н о к 5.1 – Типовая схема включения МСБ 2015HX01A4, 2015HX01B4

П р и м е ч а н и я :

1. Конденсатор начального сброса C4 выбирается в зависимости от времени нарастания напряжения питания «+5 В» в конкретной схеме. Чем больше время нарастания – тем больше должен быть конденсатор для осуществления сброса. Типичными значениями емкости являются 4,7 нФ или 5,6 нФ.
2. Примечания к типовой схеме включения 2015HX01A1 одинаково относятся к типовой схеме включения 2015HX01A4.
3. Для повышения стойкости к воздействию статического электричества, одиночным импульсам напряжения и импульсного воздействия ЯВ рекомендуется в микросборках 2015HX01A(B)4 входы питания 24, 26, 30 и 32 подключить к напряжению питания не напрямую, а через резистор 470 Ом.

4.4 Структурная схема включения МСБ для получения линейного кода

Если пользователю необходимо получить на выходе параллельную посылку в линейном коде, он может воспользоваться приведенной ниже схемой включения микросборок.



Р и с у н о к 6 – Одноканальная система получения линейного угла

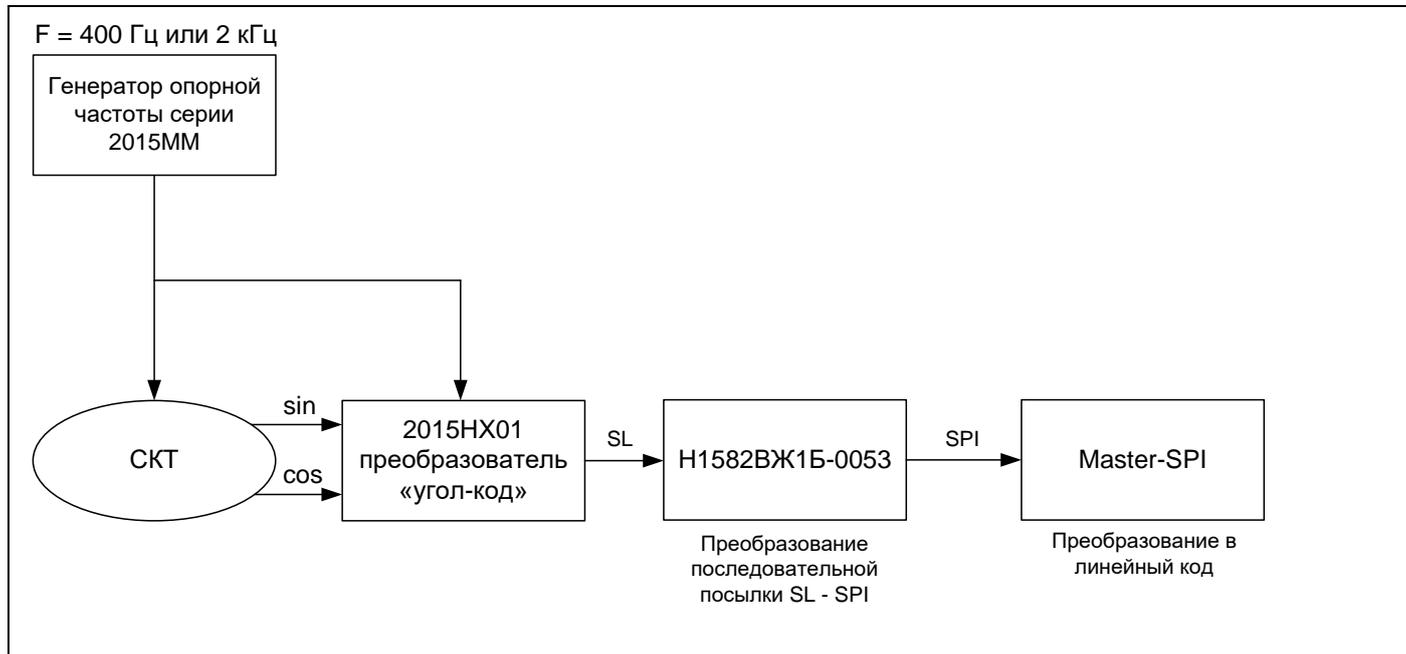
Дампы ПЗУ в случае использования одной ПЗУ 64к x 16 или двух ПЗУ 64к x 8 предоставляются пользователю бесплатно по запросу на e-mail: andrey@npofizika.ru с указанием Ф.И.О., должности и названия предприятия.

В данном случае, на выходе ПЗУ параллельный код, состоящий из 16-ти нулей, будет представлять собой угол 0^0 ; код, состоящий из 16-ти единиц, будет представлять собой угол $359,9945^0$ с линейной функцией возрастания между этими двумя значениями.

В качестве ПЗУ 64к x 8 могут использоваться 1635РТ2У производства ОАО «Интеграл». При макетировании можно использовать Atmel AT29С010А.

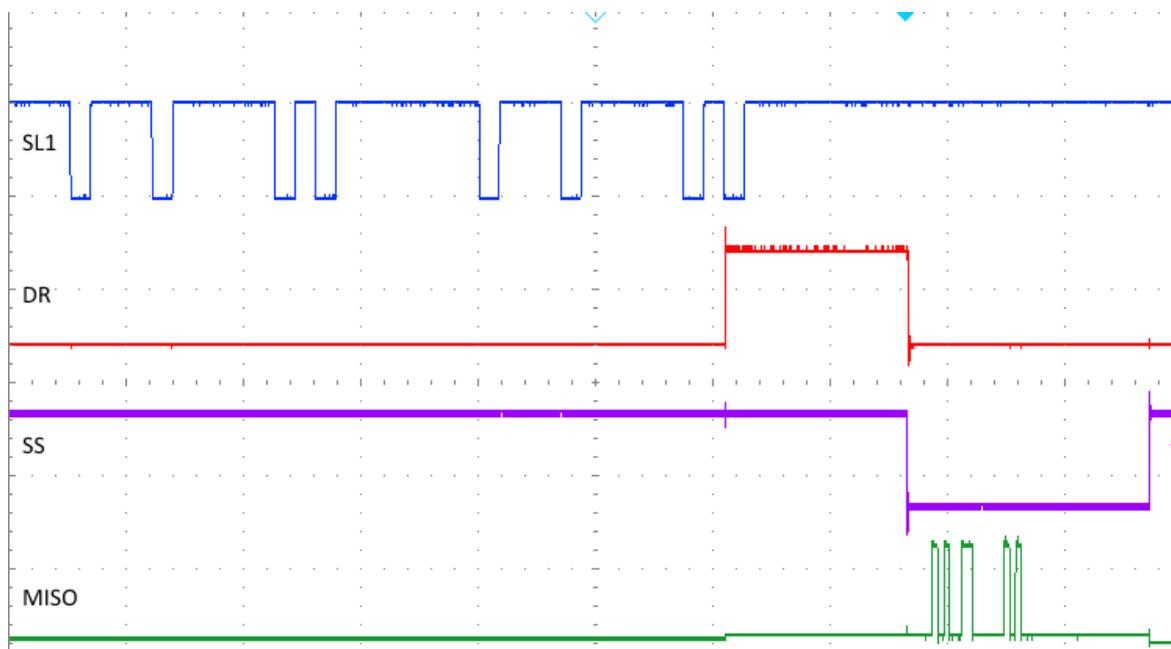
4.5 Структурная схема включения МСБ с выходом на канал SPI

Есть возможность преобразовывать последовательную SL посылку в SPI при помощи микросхемы H1582ВЖ1Б-0053. В данном случае задача преобразования tg в линейный код ложится на микроконтроллер или ПЛИС. Для выполнения данной задачи на Master-SPI могут использоваться cordic-алгоритмы.



Примечание: Данная схема реализована на отладочной плате [АЦПВТ-Ф020](#).

Р и с у н о к 7 – Одноканальная система получения угла с выходом на интерфейс SPI



Р и с у н о к 8 – Осциллограмма работы SL – SPI декодера

4.6 Альтернативные варианты включения

4.6.1 По запросу может быть предоставлено verilog-описание приемника SL-канала для синтеза в ПЛИС.

4.6.2 Теоретически микросборки «угол-код» можно использовать в качестве микросборок «смещение-код» для оцифровки сигналов датчиков линейного перемещения типа ЛДТ, при этом схема включения обмоток должна оставаться идентичной той, что приведена на рисунке 5.1. Результат будет выдаваться в двух октантах, а не в восьми. При этом центральное положение будет оцифровываться, как нулевое смещение (код мантиссы ноль), а крайние положения, как максимальное смещение (код мантиссы – все единицы), но в зависимости от направления смещения код октанта будет разным. По состоянию на начало 2019 года наше предприятие не проводило натурных испытаний с данными датчиками.

5 Справочная информация

Найти информацию об отладочных средствах можно здесь: <https://fizikapribor.ru/>

5.1 Входные цепи

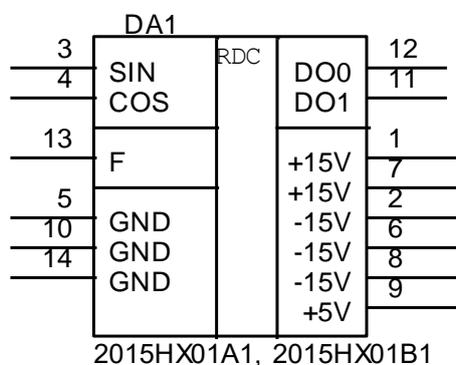
На входах SIN, COS микросборки 2015HX01A1, 2015HX01B1 установлены повторители на операционных усилителях Б140УД17А.

На входах SIN, COS микросборки 2015HX01A4, 2015HX01B4 установить повторители нет технической возможности, у данных микросборок входное сопротивление изменяется в процессе работы алгоритма определения октанта и может составлять от 16 до 18 кОм. Если для работы источника сигнала это является неприемлемым, то следует установить внешние повторители.

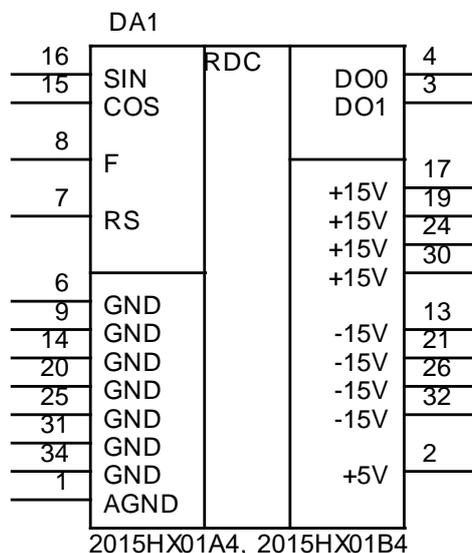
На входе F установлена диодная защита с входным резистором 44 кОм. Диоды допускают кратковременное (до 1 секунды) протекание тока не более 90 мА.

После диодной защиты сигнал попадает на высокоомный вход дифференциального каскада компаратора.

5.2 Условное графическое обозначение



Р и с у н о к 9 – Условное графическое обозначение МСБ 2015HX01A1, 2015HX01B1



Р и с у н о к 9.1 – Условное графическое обозначение МСБ 2015HX01A4, 2015HX01B4

5.3 Включение в перечень «ЭКБ»

Ведется работа по включению микросборок 2015HX01A1, 2015HX01B1, 2015HX01A4, 2015HX01B4 в перечень «ЭКБ». Согласовано техническое задание. На 2019 год запланировано проведение испытаний на воздействие специальных факторов.

Решением ЦКБ «Дейтон» микросборкам присвоены новые условные обозначения и номера технических условий, подробности приведены в таблице:

Тактовая частота	Старое условное обозначение	Тип корпуса	Старый номер ТУ	Новое условное обозначение, присвоенное ЦКБ «Дейтон»	Новый номер ТУ, присвоенный ЦКБ «Дейтон»
400 Гц	Ф020	155.15-2	ИРВЖ.431269.021ТУ	2015HX01A1	АЕНВ.431320.288ТУ
2 000 Гц	Ф020.1			2015HX01B1	
400 Гц	Ф040	4137.34-3	ИРВЖ.431269.048ТУ	2015HX01A4	
2 000 Гц	Ф040.1			2015HX01B4	

Дата ввода новых обозначений – с 2019 года.

Расшифровка обозначения в порядке следования:

2015 – микросборочная серия ОАО НПО «Физика»;

НХ – преобразователи сигналов от датчиков перемещений, другие;

01 – порядковый номер разработки;

А/В – вариант по признаку рабочей частоты;

1/4 – вариант по типу корпуса.

5.4 Вопрос-ответ.

Вопрос: Мы все сделали, как указано в описании, но преобразователь «угол-код» сбоит по октанту или показывает слишком большой шум выходного сигнала. Что делать и в чем причины?

Ответ: Самой распространенной проблемой при использовании данного преобразователя является несоблюдение пользователем требования п.2 данного описания, а именно:

Большое количество СКВТ обладают сдвигом фазы роторных обмоток относительно статорной. Тем не менее, для корректной работы микросборки 2015НХ01 значительного сдвига фаз на её входах SIN, COS, F быть не должно.

Для решения данной проблемы будьте предусмотрительны и заложите при проектировании своей аппаратуры интегрирующую цепочку на входе F микросборки 2015НХ01 и потом при подключении вашего СКВТ подберите нужные номиналы для выравнивания фазы.

Для минимизации шума в получаемом коде необходимо выполнение примечаний 2,3,4 к рисунку 5.

5.5 Лист регистрации изменений.

11.08.2012 – Введено впервые.

02.10.2015 – Введение в описание микросборок в корпусах 4137.34-3, введение рис 7, 8.

08.11.2018 – Введена таблица 5.

29.11.2018 – Изменения условных обозначений, введение новых осциллограмм 2.1-2.4.

04.03.2019 – Дополнения к схемам включения, рекомендации.

21.01.2022 – Дополнения по типовым ошибкам пользователей.

01.02.2024 – Дополнения по схеме включения.