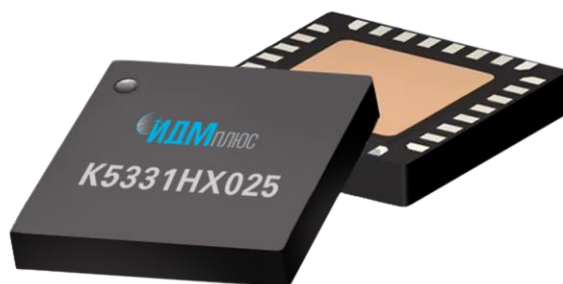


Микросхема абсолютного On-Axis магнитного датчика углового положения K5331HX025



1. Основные параметры:

Микросхема представляет собой магнитный энкодер абсолютного положения включающий сенсорную систему на основе элементов Холла, следящий преобразователь угол-код цифровую обработку и схемы интерфейса. Микросхема обеспечивает преобразование поля диаметрально намагниченного вращающегося магнита в абсолютный код углового положения.

Микросхема имеет встроенную автоматическую регулировку усиления, обеспечивающую постоянство сигнала на выходе сенсорной системы при изменении расстояния между магнитом и микросхемой.

Микросхема включает канал калибровки расположения микросхемы относительно магнита с аналоговым выводом сигнала рассогласования на вывод AOUT.

Настройки микросхемы хранятся во внешней EEPROM. Настройка микросхемы производится с использованием интерфейса SPI или однопроводного OWI.

Разрешение 10-14 бит (до 16384 отсчетов на оборот, 2.5”), программируемое.

Скорость вращения:

-14 бит / 30 000 rpm;

-13 бит / 60 000 rpm;

-12 бит / 120 000 rpm;

-11 бит / 240 000 rpm;

-10 бит / 480 000 грт;

Общая ошибка преобразования $\pm 0.35^\circ$

Поддерживаемые интерфейсы:

- SPI/SSI
- инкрементальный интерфейс A/B/Z и STEP/DIR
- синусно-косинусный дифференциальный
- однопроводный OWI совмещенный с аналоговым выходом
- трехфазный UVW выход с программируемым количеством полюсов (эмуляция датчиков Холла)
- выход ШИМ с программируемой несущей частотой и диагностическими уровнями
- ратометрический аналоговый выход с диагностическими уровнями
- синусно-косинусный дифференциальный выход

Интерфейс программирования: SPI, OWI

Канал калибровки

Максимальная частота интерфейса SPI/SSI – 4 МГц

Автоматическая регулировка усиления

Встроенный датчик температуры с программируемым порогом формирования сигнала ошибки

Напряжение питания $5.0 \pm 10\%V$

Ток потребления – не более 33 мА

Напряжение цифровых входов-выходов 3.3В (5В толерантные)

Корпус QFN-28 5x5 мм

Диапазон индукции магнитного поля: 20-80 мТ

Допустимое постоянное магнитное смещение ± 10 мТ

Рекомендованный магнит: NdFeB/SmCo D=5-8 мм, h=2-4 мм. Расстояние от поверхности магнита до микросхемы 0.5-1.5 мм.

Диапазон рабочих температур -40...125 °C

Хранение настроек – во внешней I2C EEPROM (24C01 совместимые)

Выход сигнала ошибки с программируемым состоянием

Многооборотный интерфейс

2. Структурная схема

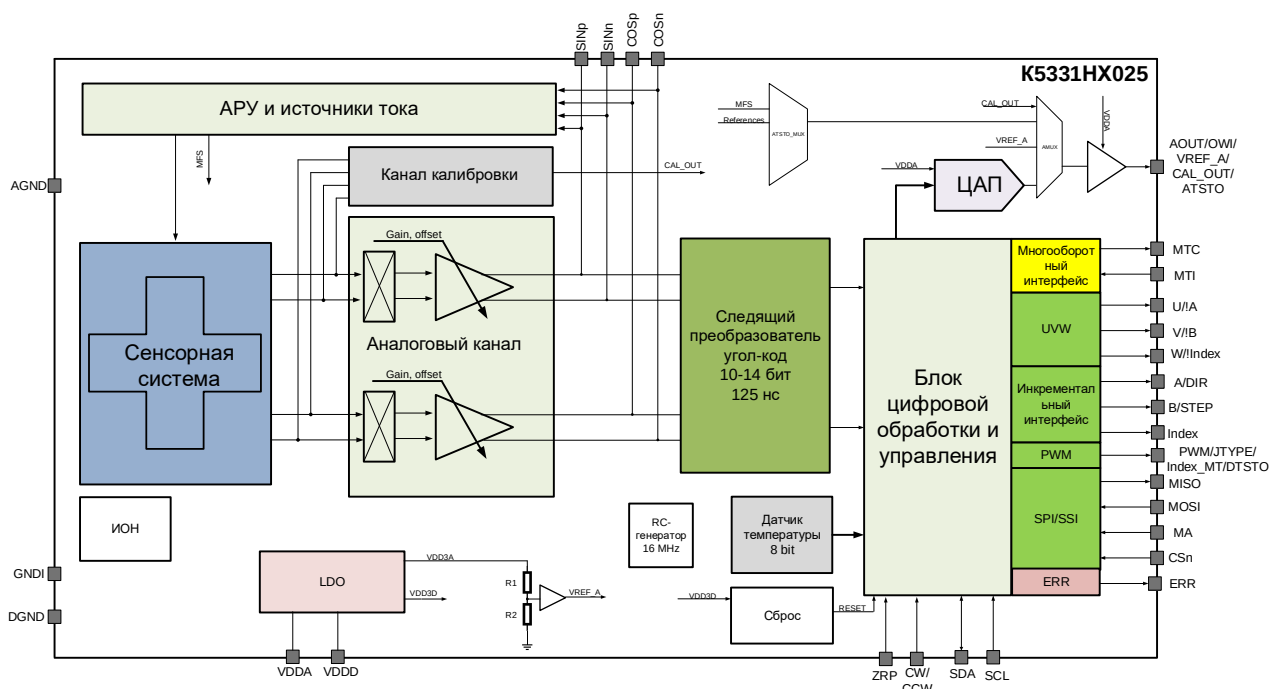


Рисунок 1 – Структурная схема микросхемы

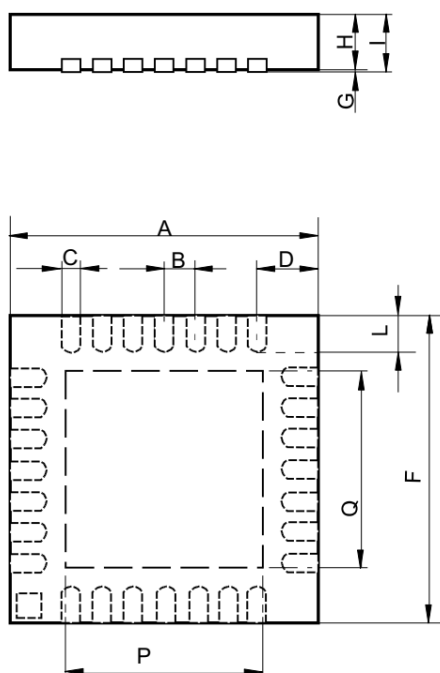
3. Описание выводов

№ вывода	Наименование сигнала	Функция
1	AOUT	Аналоговый выход/OWI/выход калибровки/тестовый аналоговый выход
2	COSp	Дифференциальный выход COSp
3	COSn	Дифференциальный выход COSn
4	AGND	Аналоговая земля
5	SINn	Дифференциальный выход SINn
6	SINp	Дифференциальный выход SINp
7	ERR	Выход сигнала ошибки
8	SDA	Линия SDA внешней I2C EEPROM
9	SCL	Линия SCL внешней I2C EEPROM
10	ZRP	Вход установки нулевого положения
11	GNDI	Земля преобразователя угол-код
12	CW_CCW	Выбор направления вращения
13	PWM	Выход ШИМ
14	VDDD	Цифровое питание
15	W	Выход W трехфазного интерфейса
16	V	Выход V трехфазного интерфейса
17	U	Выход U трехфазного интерфейса
18	INDEX	Выход опорного импульса

19	B/STEP	Инкрементальный квадратурный выход В/ Выход «Шаг»
20	A/DIR	Инкрементальный квадратурный выход А/ Выход «Направление»
21	DGND	Цифровая земля
22	MOSI	Вход интерфейса SPI
23	CSn	Вход активации интерфейса SSI/SPI
24	MA	Тактовая частота интерфейса SSI/SPI
25	MISO	Выход интерфейса SSI/SPI
26	MTC	Вход 1-Выход многооборотного интерфейса
27	MTI	Вход 2 многооборотного интерфейса
28	VDDA	Аналоговое питание

4. Корпус

Корпус QFN-28, 5x5 мм, шаг 0.5мм



Size	Min	Max
A	5.00	
B	0.50	
C	0.18	0.30
D	1	
F	5.00	
G	0	0.05
H	0.70	0.90
I	0.80	1.00
L	TBD	TBD
P	-	2.90
Q	-	2.90

5. Технические характеристики

Таблица 5.1 Пределные характеристики

№	Параметр	Обозначение	Условия	Min	Max	Ед. измерения
1	Максимальное напряжение питания	V _{cc_max}		-0.3	6.0	В
2	Максимальный ток нагрузки цифровых выходов	I _{do_max}		-20	20	мА
3	Максимальный ток нагрузки синусно-косинусных выходов	I _{sco_max}		-20	20	мА
4	Уровень стойкости к статическому электричеству	V _{ESD}	HBM	-	2	кВ
5	Температура хранения	T _s		-40	150	°С
6	Температура перехода	T _j		-40	175	°С
7	Максимальная рассеиваемая мощность	P _{tot}		-	300	мВт

Таблица 5.1 Электрические характеристики (температура -45...+125 °С)

Параметр	Обозначение	Условия	Значения			Ед. измерения
			min	typ	max	
Параметры питания						
Напряжение питания	VCC		4.5	5.0	5.5	В
Ток потребления	IDD	без нагрузки	-	27	33	мА
Ток потребления в режиме синусно-косинусного сенсора	IDDS	без нагрузки	-	15	16	мА
Порог схемы сброса по включению питания	V _{POR_U}	Нарастание напряжения	-	2.54	-	В
Порог схемы сброса по выключению питания	V _{POR_D}	Спад напряжения	-	2.34	-	В
Гистерезис схемы сброса	V _{POR_HYST}		-	0.2	-	В
Параметры преобразования угол-код						
Разрешение	Res		10 (0.35)	12 (0.09)	14 (0.022)	бит (градус)
Ошибка	Err _t	Res=13 bit	-0.35	-	+0.35	градус
Частота слежения	Ftrack	Fosc=16MHz	-	8	-	МГц

Задержка в режиме слежения	Td_dr	Fosc=16MHz	-	125	250	нс
Задержка при включении	Td_pon	Fosc=16MHz	-	-	512	мкс
Параметры сенсорной системы						
Диапазон индукции магнитного пол	Br		20	-	80	мТ
Диапазон индукции постоянного магнитного поля	Boff		-15	0	15	мТ
Частота изменения магнитного поля	Fmag	Res=14 bit Res=13 bit Res=12 bit Res=11 bit Res=10 bit	-	-	0.25 0.5 1.0 2.0 4.0	кГц
Скорость вращения магнита	rpm	Res=14 bit Res=13 bit Res=12 bit Res=11 bit Res=10 bit	-	-	30 000 60 000 120 000 240 000 480 000	об/мин
Диаметр сенсорной системы	Dh		-	2.2	-	мм
Задержка сенсорной системы	Td_ss	Fosc=16MHz	-	10	-	мкс
Максимальное значение диапазона подстройки напряжения смещения	Voff_max		-	65	-	мВ
Минимальное значение диапазона подстройки напряжения смещения	Voff_max		-	-65	-	мВ
Параметры АРУ						
Диапазон подстройки амплитуд синусо-косинусного сигнала	Vratio	$Vratio = [V(SINp) - V(SINn)] / [V(COSp) - V(COSn)]$	0.81	-	1.24	-
Порог формирования сигнала ААЛМ (слабое магнитное поля)	V _{AALM}	$[V(SINp) - V(SINn)]^2 - [V(COSp) - V(COSn)]^2 \leq V_{AALM}$	-	0.3	-	В
Порог формирования сигнала ААНМ (сильное магнитное поле)	V _{AAHM}	$[V(SINp) - V(SINn)]^2 - [V(COSp) - V(COSn)]^2 \geq V_{AAHM}$	-	1.7	-	В
Время установления АРУ	T _{AGC}	±10% от финального значения	-	-	300	мкс
Разрешение АРУ	RES _{AGC}		-	8	-	бит
Параметры тактового генератора						
Тактовая частота	Fosc	Без подстройки	9.0	16	25	МГц
Временные параметры						
Время включения	Ton	Включая время загрузки из EEPROM	-	-	2.5	мс
Параметры цифровых входов-выходов						
Входное напряжение низкого уровня	V _{IL}		-0.3	-	1.0	В
Входное напряжение высокого уровня	V _{IH}		2.3	-	V _{CC}	В
Выходное напряжение низкого уровня	V _{OL}	At current 4 mA	-	-	0.4	В
Выходное напряжение высокого уровня	V _{OH}	At current 4 mA	2.7	-	3.6	В

Параметры синусно-косинусной системы						
Амплитуда выходного дифференциального сигнала	V_{ASC}	$V(SINp)-V(SINn)$ $V(COSp)-V(COSn)$	-	1.0	-	В
Выходное синфазное напряжение	V_{CM}	-	-	$U_{CC}/2$	-	В
Параметры аналогового выхода						
Максимальное выходное напряжение аналогового выхода	U_{dac_max}		-	-	$0.96 \cdot V_{CC}$	В
Минимальное выходное напряжение аналогового выхода	U_{dac_min}		$0.04 \cdot V_{CC}$	-	-	В
Выходное напряжение диагностического диапазона 1, В	U_{errl}		-	-	$0.03 \cdot V_{CC}$	В
Выходное напряжение диагностического диапазона 2, В	U_{errh}		$0.97 \cdot V_{CC}$	-	-	В
Емкость нагрузки, нФ	C_L		-	2	5	нФ
Сопротивление нагрузки, кОм	R_L		-	5	2	кОм

6. Сенсорная система

Расположение элементов Холла на кристалле показано на рисунке 6.1.

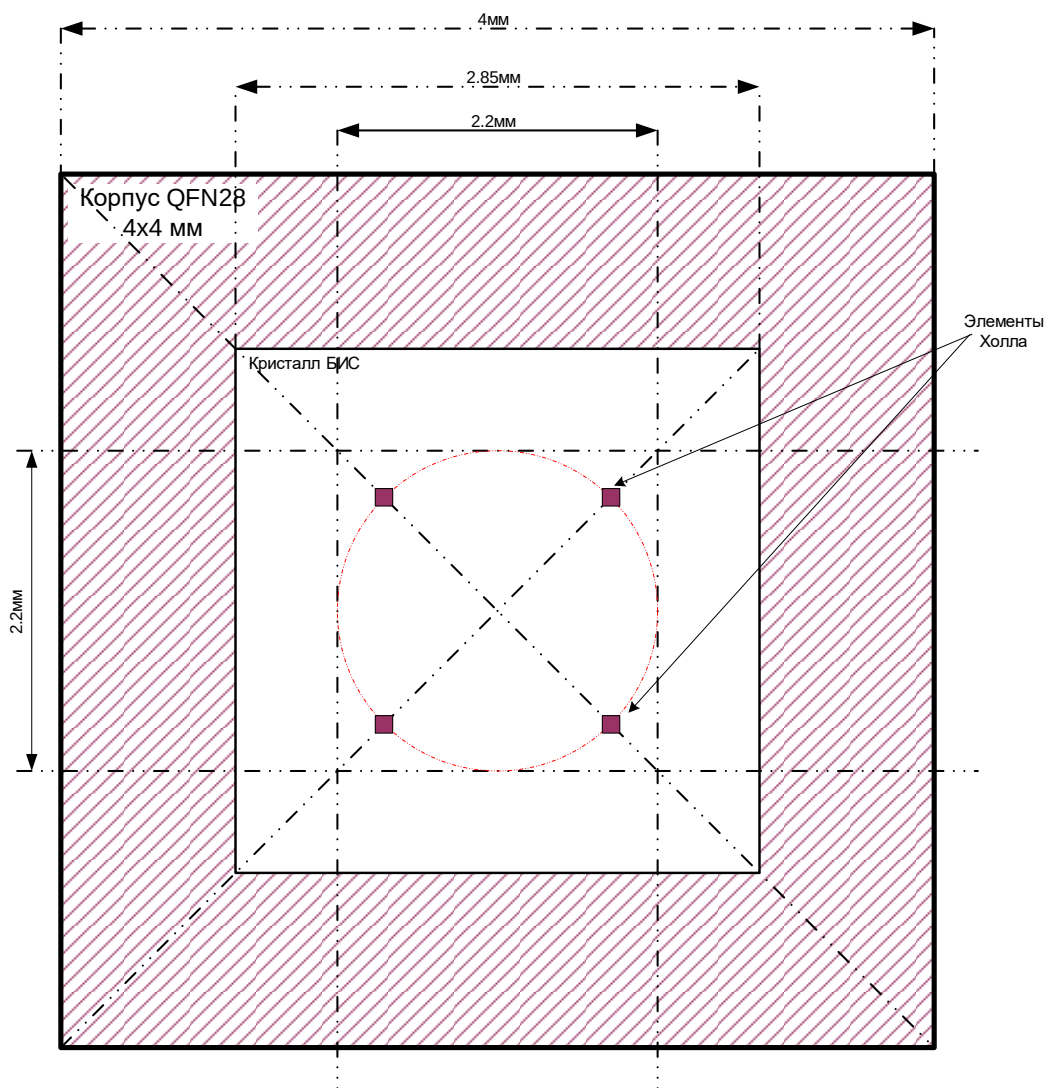


Рисунок 6.1 – Сенсорная система микросхемы

На рисунке 6.2 показана структура сенсорной системы с аналоговыми преобразователями и регистры настройки.

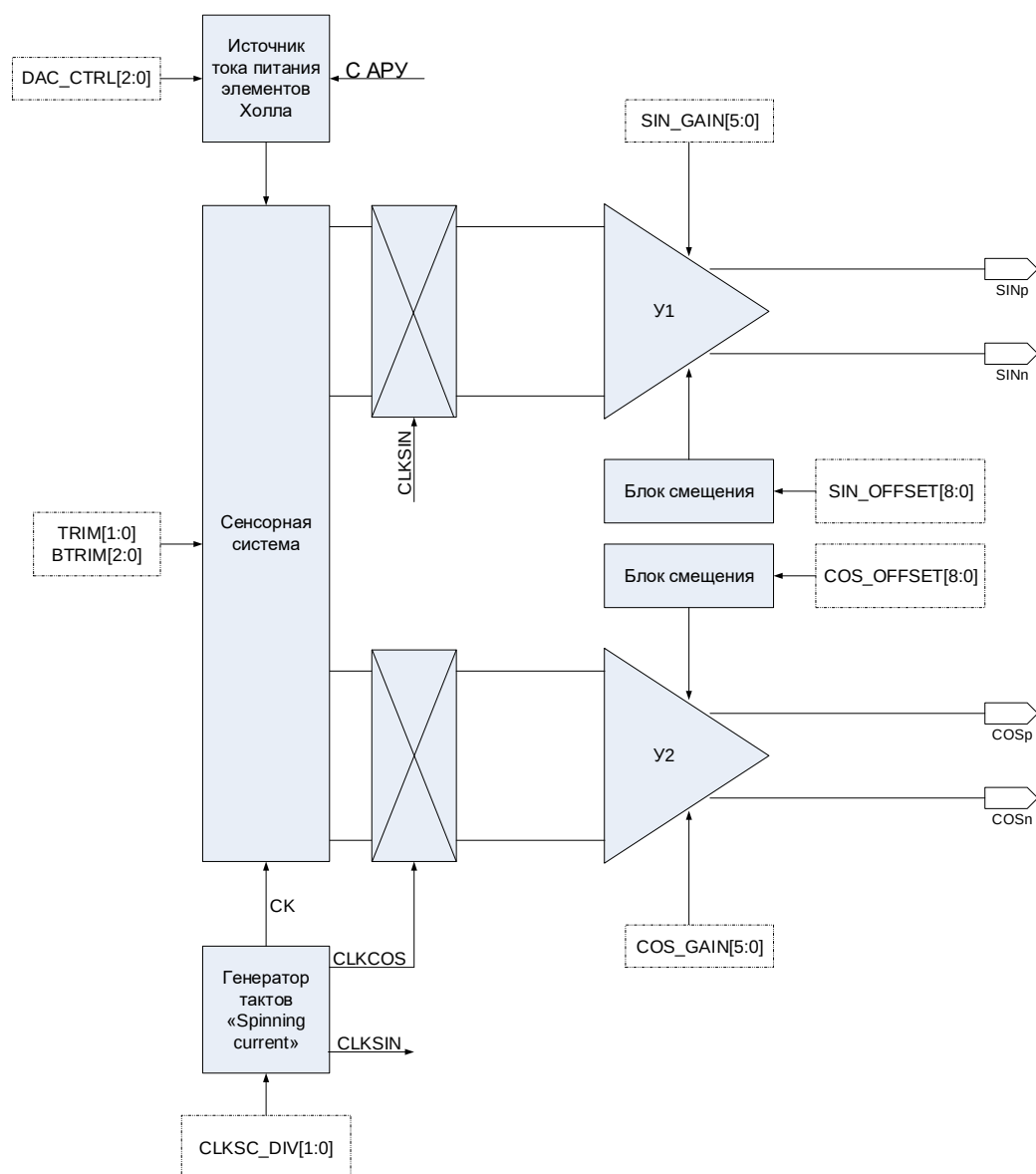


Рисунок 6.2 – Структура сенбсорной системы и расположение регистров управления

Таблица 6.1 Пределы регулировки напряжения смещения, регистры SIN_OFFSET[8:0], COS_OFFSET[8:0]

Параметр	Значение регистра настройки			
	OFFSET[8]=0		OFFSET[8]=1	
	OFFSET[7:0]=127	OFFSET[7:0]=255	OFFSET[7:0]=127	OFFSET[7:0]=255
Дифференциальное напряжение смещение, мВ	-65	65	-130	130

Таблица 6.2 Диапазон регулировки коэффициента усиления, регистры SIN_GAIN[5:0], COS_GAIN[5:0]

Параметр	Значение регистра GAIN[5:0]	
	0	63
Коэффициент усиления, ед.	1,17	1,46
Полоса пропускания, кГц	18,5	14,3

7. Преобразователь угол-код

Преобразователь угол-код обеспечивает преобразования синусно-косинусного сигнала с выхода сенсорной системы в цифровой код положения. Максимальная разрядность преобразования составляет 14 бит, минимальная 10 бит. Разрядность преобразования определяется регистром HRES[2:0] в соответствии с таблицей 7.1 и рисунком 7.1.

Таблица 7.1 Выбор разрешения преобразования преобразователя угол-код

#	Регистр HRES[2:0]	ANGLE_MAX	Разрядность ANGLE, бит	Максимальная скорость слежения, об/мин
1	0	16383	14	$(30/16384) \cdot F_{osc}$
2	1	8191	13	$(30/8191) \cdot F_{osc}$
3	2	4095	12	$(30/4096) \cdot F_{osc}$
4	3	2047	11	$(30/2048) \cdot F_{osc}$
5	4	1023	10	$(30/1024) \cdot F_{osc}$

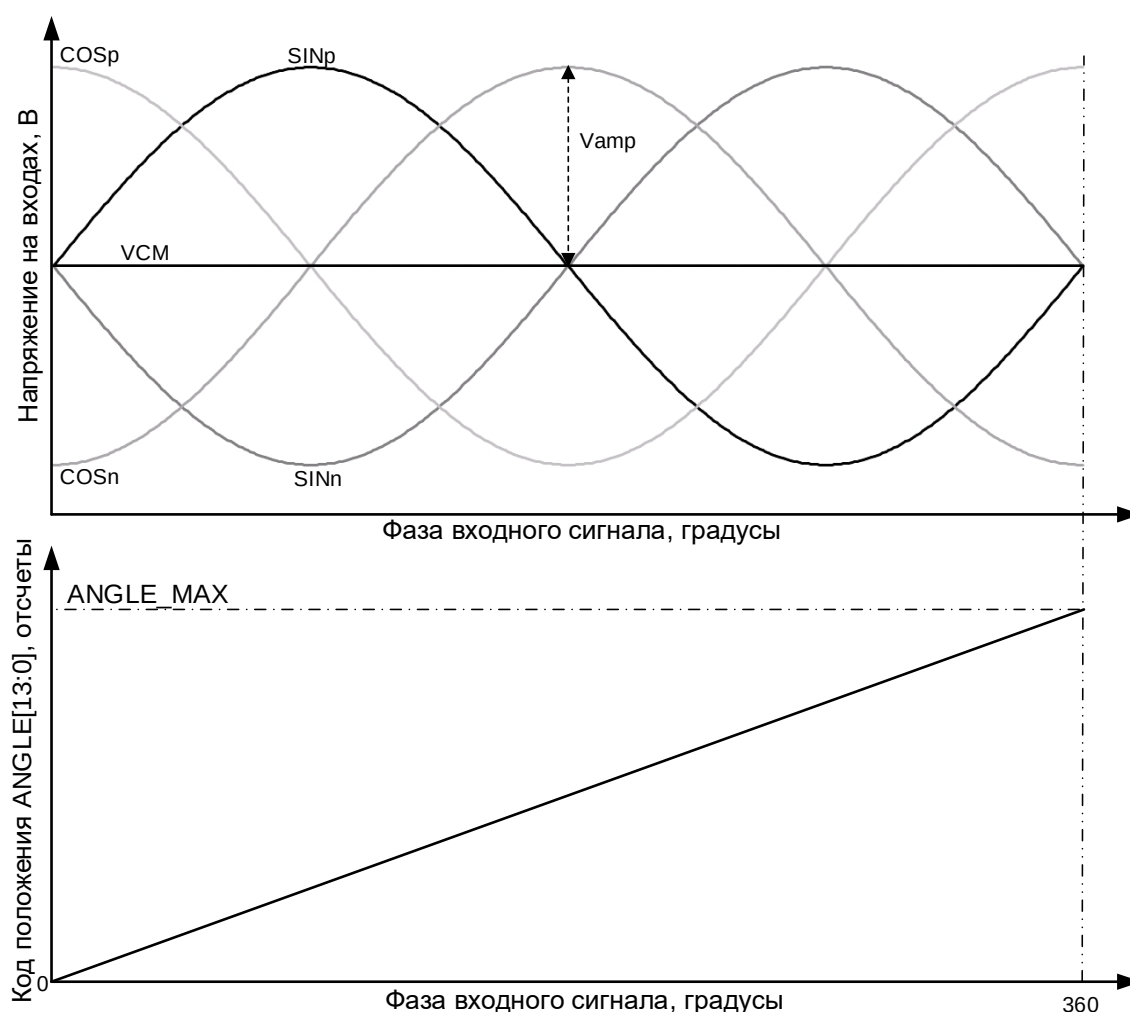


Рисунок 7.1 – Характеристика преобразования преобразователя угол-код

8. Интерфейс SPI/SSI

Микросхема поддерживает интерфейс, работающий по протоколу SSI/SPI, тип – slave, SPI_MODE=0 для режима SPI.

Переход в режим настройки осуществляется после подачи команды F8A49B по линии MOSI. После поступления данной команды обмен в режиме выдачи угловых данных становится невозможен до перезагрузки микросхемы.

В режиме чтения интерфейс работает только на выход, обеспечивается передача угловых данных положения в независимости от состояния входа MOSI.

Выбор между режимами SPI и SSI осуществляется битом SSI_MODE.

Первым передается старший бит.

В случае установки бита GREY угловые данные (и однооборотные, и многооборотные) кодируются кодом Грея (статусные биты и показания датчика температуры не кодируются).

Таблица 6.1 Режимы работы интерфейса SSI/SPI

№	MHE	SSI_MODE	SSI_CFG[1:0]	MTURN_ON	Описание	Длина посылки
1	0	0	00	0	Однооборотный SPI (SPI_MODE=0) режим, на выход передаются однооборотные данные углового положения, сигнал недостаточной амплитуды, сигнал захвата следящей системы, бит индикации ошибки	14-18 бит
2	0	0	01	0	Однооборотный SPI (SPI_MODE=0) режим, на выход передаются однооборотные данные углового положения, сигнал недостаточной амплитуды, сигнал захвата следящей системы, бит индикации ошибки, показания датчика температуры	23-27 бит
3	0	0	00	1	Многооборотный режим, на выход передаются однооборотные данные углового положения, многооборотные данные, сигнал недостаточной амплитуды, сигнал захвата следящей системы, бит индикации ошибки	26-30 бит
4	0	0	01	1	Многооборотный режим, на выход передаются однооборотные данные углового положения, многооборотные данные, сигнал недостаточной амплитуды, сигнал захвата следящей системы, бит индикации ошибки, показания датчика температуры	35-39 бит
5	0	0	10	0	Зарезервирован	-
6	0	1	00	0	Однооборотный SSI режим,	14-18 бит

№	MHE	SSI_MODE	SSI_CFG[1:0]	MTURN_ON	Описание	Длина посылки
					данные аналогично п.1	
7	0	1	01	0	Однооборотный SSI режим, данные аналогично п.2	23-27 бит
8	0	1	00	1	Многооборотный SSI режим, данные аналогично п.3	26-30 бит
9	0	1	01	1	Многооборотный SSI режим, данные аналогично п.4	35-39 бит
10	1	1	00	0	Короткий SSI режим, передаются только данные углового положения ANGLE[11:0], 12 бит	13 бит
11	x	x	x	x	Режим программирования	16 бит

Таблица 6.2 Формат посылки для однооборотного режима SSI_CFG[1:0]=00, MTURN_ON=0

MSB N	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5		2	1	LSB 0
CRC	UNL	EAL	ERR	D[n]	D[n-1]		D[2]	D[1]	D[0]
Сигналы ошибки				Данные положения однооборотные					

D[n:0] – код положения

UNL = ~LOCK_IN – сигнал ошибки слежения следящего преобразователя;

EAL = AALM – бит индикации, что амплитуда сигнала сенсорной системы менее нормального для функционирования микросхемы значения;

ERR – сигнал ошибки;

CRC – бит контроля четности, с дополнением до нечетного.

Данные D[n:0] защелкиваются из регистра ANGLE[13:0]. Длина передаваемых угловых данных D[n:0] определяется в соответствии с таблицей 9.3.

Таблица 6.3 – Длина однооборотных угловых данных D[n:0]

#	HRES[2:0]	Длина угловых данных, бит	Часть используемых данных в нормальном режиме	Часть используемых данных в режиме MHE
1	0	14	ANGLE[13:0]	ANGLE[13:2]
2	1	13	ANGLE[12:0]	ANGLE[12:1]
3	2	12	ANGLE[11:0]	ANGLE[11:0]
4	3	11	ANGLE[10:0]	ANGLE[11:0]
5	4	10	ANGLE[9:0]	ANGLE[11:0]

Таблица 6.4 Формат посылки для однооборотного режима SSI_CFG[1:0]=01, MTURN_ON=0

MSB N	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5		11	10	9	8		LSB 0
CRC	UNL	EAL	ERR	D[n]	D[n-1]		D[2]	D[1]	D[0]	TEMP[8:0]		
Сигналы ошибки				Данные положения однооборотные							Данные температурного датчика	

Таблица 6.5 Формат посылки для многооборотного режима SSI_CFG[1:0]=00, MTURN_ON=1

MSB N	N-1	N-2	N-3				2	1	LSB 0
CRC	UNL	EAL	PED	MD[11::0]	D[n:0]		D[2]	D[1]	D[0]
				Многооборотные данные	Данные положения однооборотные				

Данные MD[11:0] защелкиваются из счетчика оборотов TURN[11:0].

Таблица 6.6 Формат посылки для многооборотного режима SSI_CFG[1:0]=01, MTURN_ON=1

MSB N	N-1	N-2	N-3			11	10	9	8		LSB 0
-------	-----	-----	-----	-------	-------	----	----	---	---	------	-------

CRC	UNL	EAL	PED	MD[11::0]	D[n:0]		D[2]	D[1]	D[0]	TEMP[8:0]
				Многооборотные данные	Данные положения однооборотные					Данные температурного датчика

Данные MD[11:0] защелкиваются из счетчика оборотов TURN[11:0].

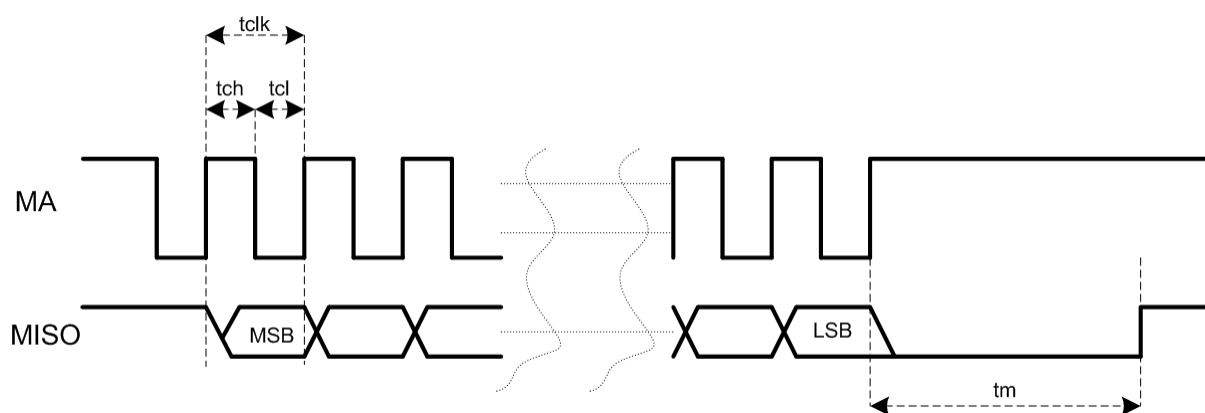


Рисунок 6.1 - Временная диаграмма работы интерфейса SSI/SPI в режиме SSI в режиме

В режиме SSI после окончания тактовых импульсов, но во время паузы, блок не обнуляет регистр интерфейса. В случае появления тактовых импульсов по линии МА до того, как пауза закончилась начинается передача текущего содержимого регистра без его обновления новыми данными.

Таблица 6.7 Временные параметры блока интерфейса

№	Параметр	Обозначение	Единица измерений	Значение		
				мин.	тип.	макс.
1	Максимальное значение периода тактового сигнала интерфейса	tclk	нс	125	250	2 x tm
2	Максимальное значение длительности импульса тактового сигнала интерфейса	tch	нс	62.5	125	tm
3	Максимальное значение длительности паузы тактового сигнала интерфейса	tcl	нс	62.5	125	tm
4	Время паузы после передачи SSI_TM[1:0]= 00 01 10 11	tm	мкс		2 4 8 16	

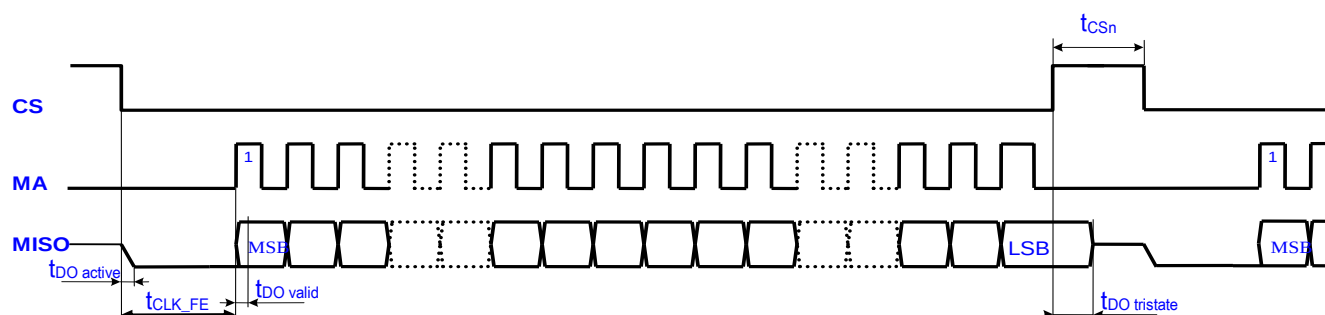


Рисунок 6.2 - Временная диаграмма работы интерфейса SSI/SPI в режиме SPI в режиме

Таблица 6.8 - Временные параметры блока интерфейса SPI.

№	Параметр	Обозначение	Единица измерений	Значение
1	Максимальное время активации интерфейса	$t_{DO\ active}$	нс	100
2	Время загрузки данных с шины в регистр интерфейса	t_{CLK_FE}	нс	750
3	Время готовности первого бита данных	$t_{CLK/2}$	нс	500
4	Время готовности выходных данных	$t_{DO\ valid}$	нс	500
5	Время перехода выхода в третье состояние по окончании загрузки	$t_{DO\ tristate}$	нс	100
6	Минимальная длительность сигнала CSn	t_{CSn}	нс	500
7	Максимальная значение частоты на шине CLK	f_{CLK}	МГц	8

Режим программирования

В режиме программирования производится конфигурирование микросхемы. Для перехода в режим настройки необходимо подать команду F8A49B по линии MOSI.

Программирование БИС (команда(2 байта) + данные (2 байта)) производится 2-мя циклами (запись команды и запись/чтение данных).

В режиме программирования блок работает в режиме SPI_MODE=0.

Первые 2 байта послыки в режиме программирования по SPI (команда)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	CMD[2:0]			ADDR[9:0]									

Вторые 2 байта послыки в режиме программирования по SPI (данные)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Данные 16 бит															

Таблица 6.9 Команды интерфейса программирования

№	Мнемоническое обозначение команды		Описание команды	CMD[2:0]	ADDR[9:0]
1	READ_ADDR		Чтение по адресу ADDR	001	0...1023

№	Мнемоническое обозначение команды		Описание команды	CMD[2:0]	ADDR[9:0]
2	WRITE_ADDR		Запись по адресу ADDR за исключением адресов, имеющих доступ только по чтению	010	0...1023
3	RELOAD_REG		Перегрузка данных из EEPROM в регистры. После получения команды устанавливается бит REG_WR. По окончании перегрузки данный бит сбрасывается.	011	0
4	REG2EEPROM		Перезапись всех значений из регистров в EEPROM. После получения команды устанавливается бит EE_WR. По окончании перезаписи данный бит сбрасывается.	100	0
5	CHIP_RESET		Сброс микросхемы	101	0
6	RECALC_HASH		Пересчет хеша данных. После получения команды микросхема пересчитывает хеш (из области регистров) и по результату сравнения устанавливает бит EE_CRC_FAIL статусного регистра	110	0

9. Однопроводной интерфейс OWI

Интерфейс OWI используется для настройки микросхемы в системе, когда доступ к интерфейсу SPI невозможен. Интерфейс OWI совмещен с аналоговым выходом (выход ЦАП, активен при EN_DAC=1). Для подключения используется комбинированная контактная площадка OWIPAD_HF_BP совмещающая в себе аналоговый выход и двунаправленную цифровую контактную площадку. Логика работы КП OWIPAD_HF_BP приведена в таблице 9.1.

Таблица 9.1 Логика работы КП OWIPAD_HF_BP

Входы			Выход	Контактная площадка	Описание
OWI_MODE	A	EN	Y	PAD	
1	X	1	=PAD	Вход	Режим входа интерфейса OWI
1	0	0	0	0	Режим выхода интерфейса OWI
1	1	0	1	1	Режим выхода интерфейса OWI
0	X	1	1	Z	Режим аналогового выхода
0	X	0	1	X	Запрещенный режим

Для обеспечения надежности запуск интерфейса программирования двухступенчатый:

1) После включения питания и сигнала сброса система выставляет сигналы OWI_MODE = 1, OWI_PAD_EN=1 (вход EN контактной площадки OWIPAD_HF_BP) и ожидает короткой посылки, состоящей из 5-ти фронтов, после последнего фронта линия OWI (PAD) притягивается к высокому уровню. Время ожидания короткой посылки T_{prgin} .

2) После детектирования короткой посылки микросхема, не меняя управляющих сигналов в течении времени T_{OWI} ожидает команду запуска интерфейса программирования PRG_MODE_EN_CMD = F8A49B (рисунок 9.1). После получения данной команды сбрасывается сигнал EN_DAC полностью освобождая линию для работы интерфейса OWI. Производится обмен данными согласно протоколу OWI.

В случае если после детектирования короткой посылки в течении времени T_{OWI} команда PRG_MODE_EN_CMD не детектирована сигнал OWI_MODE устанавливается в низкий уровень, сигнал OWI_PAD_EN фиксируется на высоком уровне освобождая линию для аналогового выхода.

В случае если в течении времени T_{prgin} короткая посылка не детектирована сигнал OWI_MODE устанавливается в низкий уровень, сигнал OWI_PAD_EN фиксируется на высоком уровне освобождая линию для аналогового выхода.

За рамками временного окна $T_{prgin} + T_{OWI}$ после включения питания перевести микросхему в режим программирования становится невозможно, интерфейс OWI деактивируется.

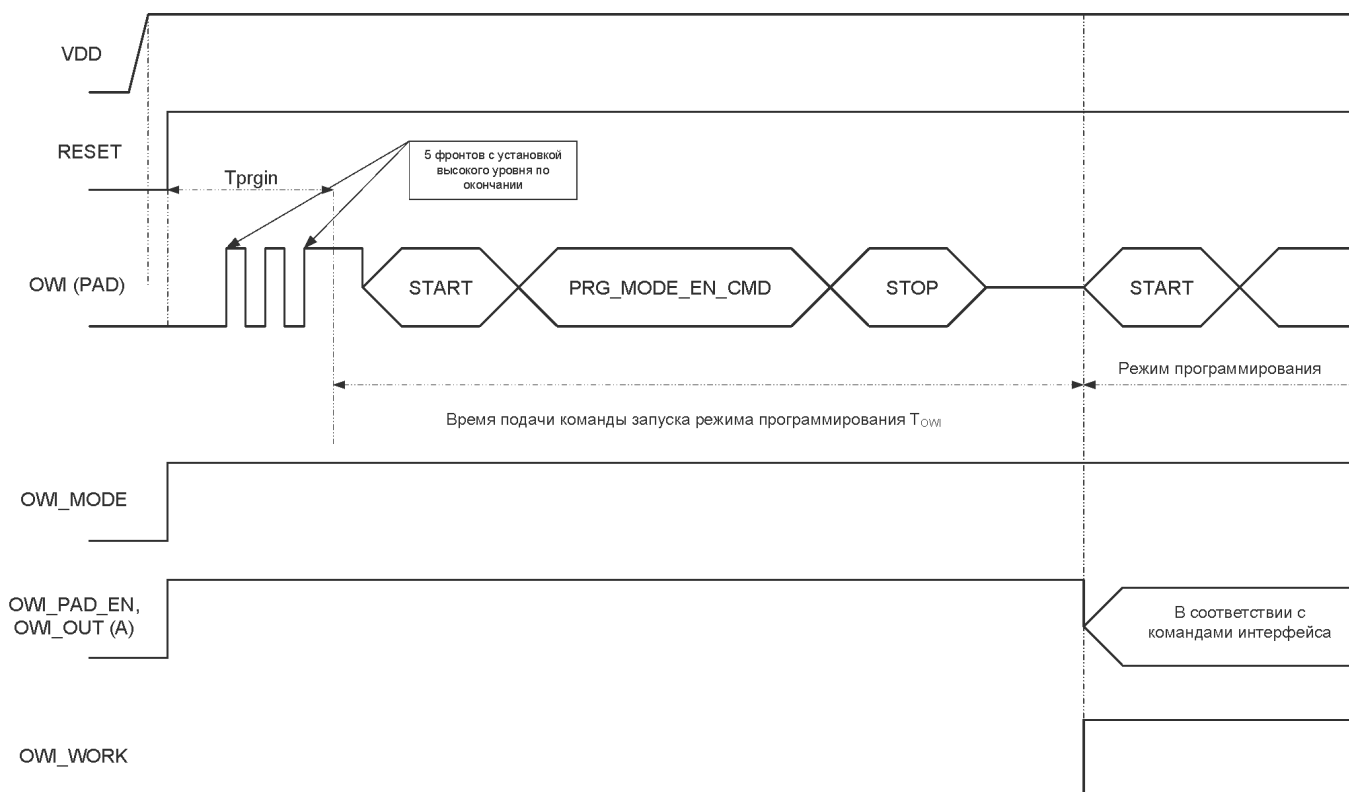


Рисунок 9.1 - Активация режима программирования посредством интерфейса OVI

Если по истечении времени T_{OVI} команда PRG_MODE_EN_CM не получена интерфейс OVI отключается.

Интерфейс OVI поддерживает следующие основные команды, приведенные в таблице 9.2. Формат команды: CMD[2:0], 1'b0, ADDR[6:0], 2'b00.

Таблица 9.1 Команды интерфейса OVI

№	Мнемоническое обозначение команды	Описание команды	CMD[2:0]	ADDR[6:0]
1	READ_ADDR	Чтение по адресу ADDR	001	0...127
2	WRITE_ADDR	Запись по адресу ADDR за исключением адресов имеющих доступ только по чтению	010	0...127
3	RELOAD_REG	Перегрузка данных из EEPROM в регистры. После получения команды устанавливается бит REG_WR. По окончании перегрузки данный бит сбрасывается.	011	0
4	REG2EEPROM	Перезапись всех значений из регистров в EEPROM. После получения команды устанавливается бит EE_WR. По окончании перезаписи данный бит сбрасывается.	100	0
5	CHIP_RESET	Сброс микросхемы	101	0

№	Мнемоническое обозначение команды	Описание команды	CMD[2:0]	ADDR[6:0]
6	RECALC_HASH	Пересчет хеша данных. После получения команды микросхема перерасчитывает хеш (из области регистров) и по результату сравнения устанавливает бит EE_CRC_FAIL статусного регистра	110	0

На рисунке 9.2 показан формат обмена данными через OWI интерфейс.

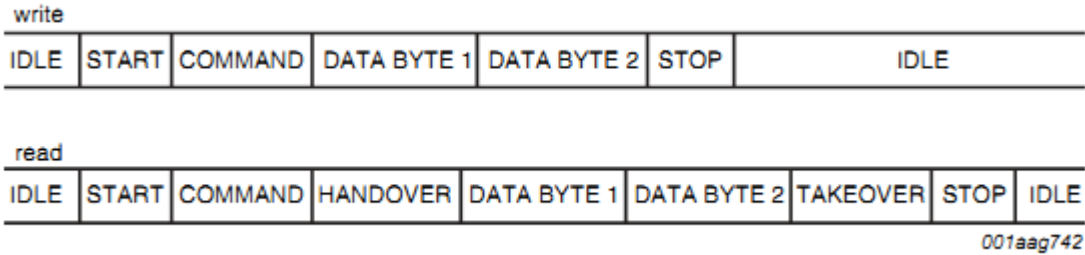


Рисунок 9.2 - Формат данных OWI

MASTER-устройство всегда начинает обмен с команды START. Затем передаётся байт команды, который содержит адрес и сигнал чтения/записи. В случае команды чтения дополнительные биты handover и takeover добавляются в начале и в конце байтов данных чтения. Каждая посылка должна быть закончена командой STOP, подаваемой ведущим устройством.

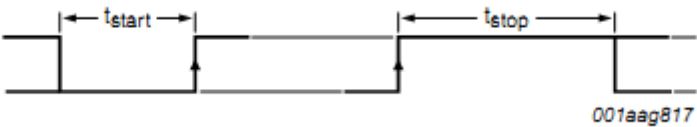


Рисунок 9.3 - Биты начала и окончания посылки

Кодирование битов «0» и «1» показано на рисунке 9.4.

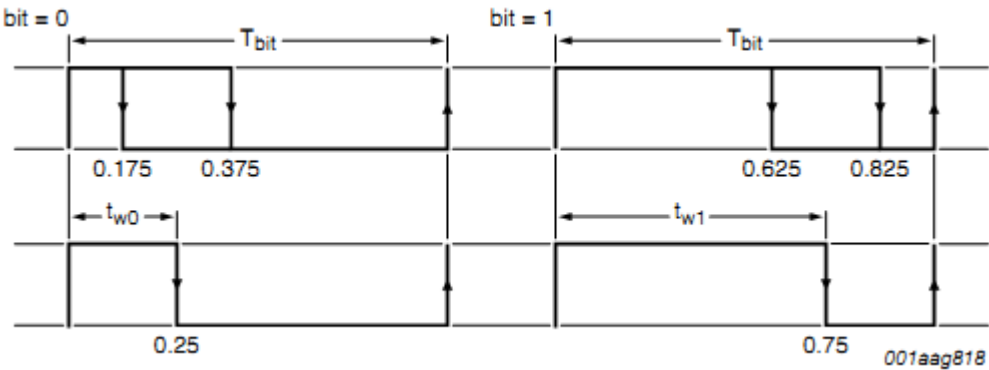


Рисунок 9.4 - Кодирование лог. «1» и лог. «0»

Данные по шине OWI передаются старшим значащим битом вперед.

До поступления команды перехода в режим программирования блок интерфейса OWI должен удерживать выходную площадку типа «открытый сток» в третьем состоянии (т.е. в это время OWI не должен мешать работе сигнального тракта).

Данные на шину поступают от ведущего устройства к ведомому.

Чтобы записать данные, должна быть выполнена следующая процедура (рисунок 9.5):

- 1) MASTER передает бит START
- 2) MASTER отправляет два байта данных
- 3) MASTER передает бит STOP

При отсутствии сигнала стоп происходит таймаут и записанные данные игнорируются. В IDLE состоянии шина подтянута до питания.

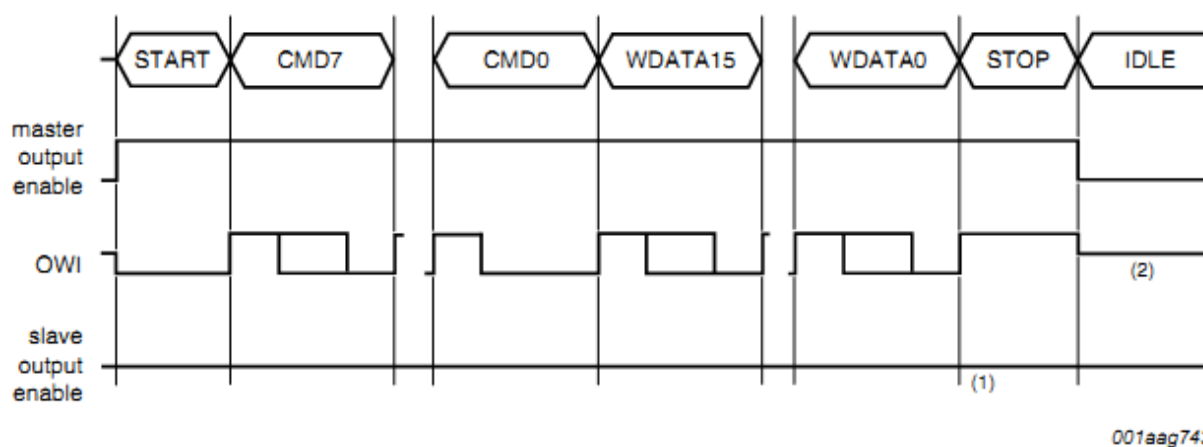


Рисунок 9.5 - Запись данных через OWI

Чтобы считать данные, должна быть выполнена следующая процедура (рисунок 9.6):

- 1) MASTER передает бит START
- 2) MASTER передает команду и адрес
- 3) MASTER отпускает шину (master output enable = 0) MASTER передает высокий уровень в течении tw0
- 4) SLAVE захватывает шину через tw0. (slave output enable = 1)
- 5) SLAVE устанавливает шину в 0
- 6) SLAVE отправляет два байта данных
- 7) SLAVE отпускает шину
- 8) MASTER захватывает шину через tw0 (master output enable = 1)
- 9) MASTER устанавливает шину в 0
- 10) MASTER передает бит STOP

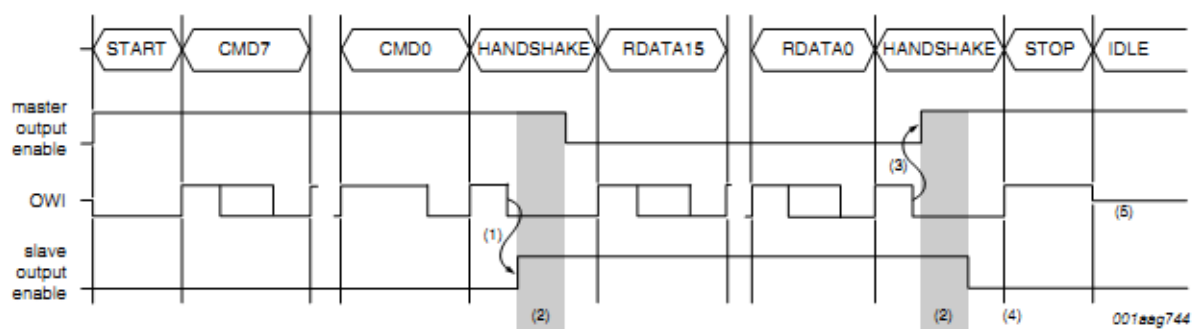


Рисунок 9.6 - Чтение данных через OWI

Временные характеристики интерфейса OWI приведены в таблице 9.3.

Таблица 9.3 Временные характеристики интерфейса OWI.

Символ	Параметр	Мин	Тип	Макс	Ед.
t_{start}	Длительность бита старт	5	-	-	мкс
t_{stop}	Длительность бита стоп	5	-	-	мкс
T_{bit}	Битовый период	-	50	-	мкс
t_{w0}	Импульс 0	$0.175T_{bit}$	$0.25T_{bit}$	$0.375T_{bit}$	с
t_{w1}	Импульс 1	$0.625T_{bit}$	$0.75T_{bit}$	$0.825T_{bit}$	с
$t_{tko(slv)}$	Захват шины ведомым	1	1.5	5	мкс
$t_{tko(mas)}$	Захват шины ведущим	$0T_{bit}$	-	$0.5T_{bit}$	с
T_{owI}	Время ожидания команды интерфейса OWI	-	25	-	мс
T_{prgin}	Время ожидания короткой посылки	-	5	-	мс

1) Длительности времени СТАРТА или СТОПА не должно быть меньше T_{bit} (50 мкс.)

2) Если после поданного старта в режиме программирования при передаче посылки значение сигнала не изменяется в течении $2 * T_{bit}$, Slave перестает принимать посылку, подымается флаг ошибки.

3) Флаг ошибки OWI_ERR так же подымается, в случае, если:

- передача посылки началась, когда SLAVE занят другим процессом.
- была подана незарезервированная команда.
- длина бита оказалась меньше минимального значения бита нуля и больше максимального значения бита единицы.
- длина пульса составила 1.5 T_{bit}

4) при передаче посылки на чтение, MASTER после отпускания линии вовремя HANDSHAKE, должен ожидать ответ в течении $2T_{bit}$, после чего сбрасываться, если ответ не пришел.

10. Инкрементальный интерфейс

Инкрементальный интерфейс поддерживает 2 типа выходных сигналов:

- квадратурный выход A/B/INDEX;
- выход шаг и направление STEP/DIR

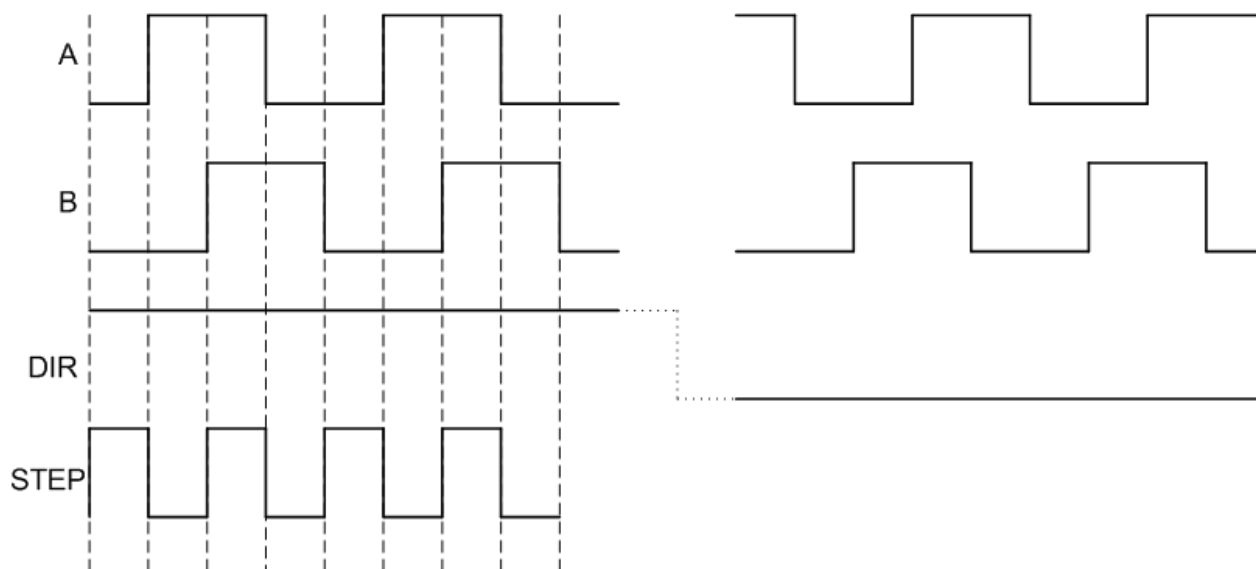


Рисунок 10.1 – Диаграммы работы инкрементального интерфейса (направление зависит от логического уровня на входе CW_CCW)

Таблица 10.1 Переключение между типами выхода инкрементального интерфейса A/B/INDEX и STEP/DIR

№	Регистр AB_SD	Тип выхода
1	0	A/B/INDEX
2	1	STEP/DIR

Таблица 10.2 Установка значение интерполяции инкрементального интерфейса

№	Регистр IF[3:0]	Количество периодов A/B на оборот магнита
1	4'd0	4096
2	4'd1	2048
3	4'd2	1024
4	4'd3	512
5	4'd4	256
6	4'd5	128
7	4'd6	64
8	4'd7	32
9	4'd8	16
10	4'd9	8
11	4'd10	4
11	остальные	2

11. Цифровой гистерезис на обратное вращение

Микросхема обеспечивает функцию цифрового гистерезиса на обратное вращение с программируемым количеством бит. Количество бит гистерезиса определяется значением регистра HYST[3:0]. Зависимость гистерезиса при различных значениях регистра HYST[3:0] приведены на рисунках 11.1 и 11.2.

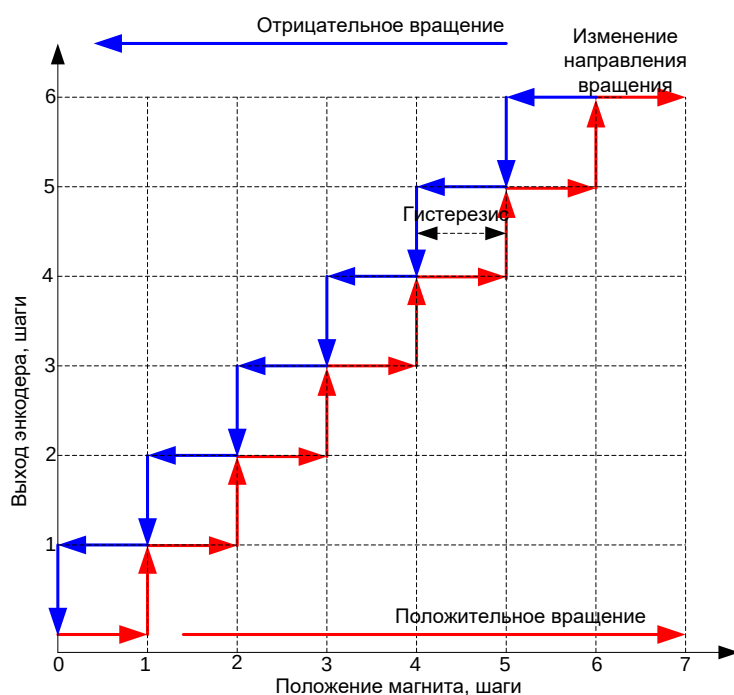


Рисунок 11.1 – Цифровой гистерезис HYST[3:0]=1, 1 бит

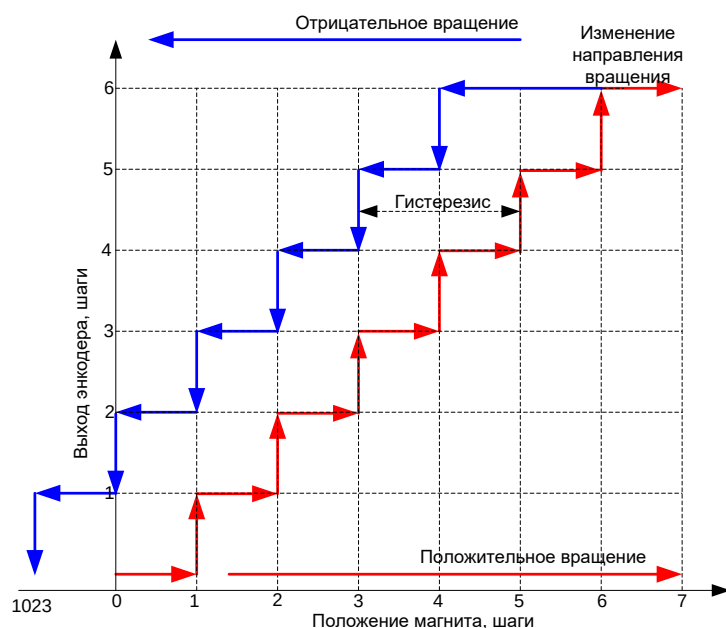


Рисунок 11.2 – Цифровой гистерезис HYST[3:0]=2, 2 бит

12. Автоматическая регулировка усиления

Микросхема содержит блок автоматической регулировки усиления (далее блок АРУ) предназначенный для поддержания амплитуды выходного квадратурного сигнала в заданных границах. В зависимости от амплитуды сигнала блок АРУ регулирует ток питания через чувствительные элементы. Настройку блока АРУ, счетчика блока АРУ производить в согласно таблицам 12.1, 12.2. Амплитудный детектор и статусные сигналы АРУ приведены на рисунке 12.1.

Таблица 12.1 Настройка АРУ

№	Регистр AGC_CONTROL[2:0]	Состояние АРУ	Код АРУ (код на входе ЦАП источника питания элементов Холла сенсорной системы)
1	3'd0	АРУ работает	Меняется автоматически в зависимости от амплитуды синусно-косинусного сигнала
2	3'd1	Ручная установка тока	8'd0
3	3'd2		8'd45
4	3'd3		8'd85
5	3'd4		8'd127
6	3'd5		8'd170
7	3'd6		8'd212
8	3'd7		8'd255

Таблица 12.2 Настройка счетчика АРУ

№	Бит AGC_CONTROL[3]	Частота тактирования АРУ
1	0	CLK/32
2	1	CLK/64

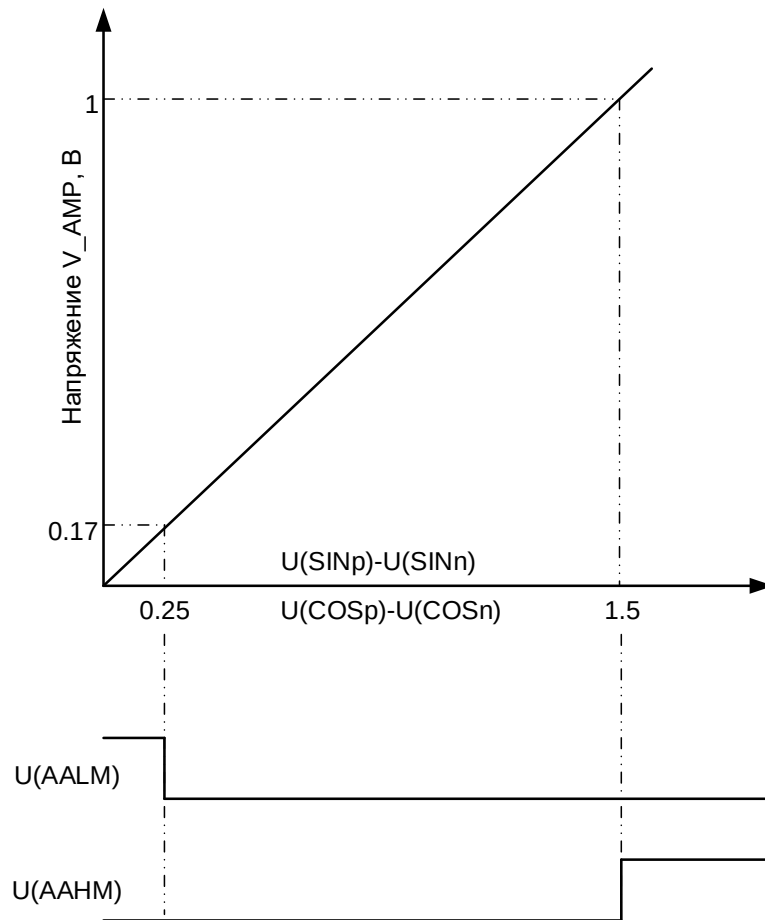


Рисунок 12.1 – Амплитудный детектор и статусные сигналы АРУ

Напряжение с выхода амплитудного детектора может быть выведено на выход ATSTO путем установки регистра $ATSTO_SET[4:0]=4$.

13. Канал калибровки

Канал калибровки позволяет минимизировать отклонение между центром сенсорной системы микросхемы (центром ее окружности) и центром магнита путем минимизации амплитуды синусоидального сигнала на выходе канала калибровки (измеряется при вращении магнита).

Для активации канала калибровки установить бит CAL_EN . Для вывода выхода канала калибровки на вывод AOOUT микросхемы установить регистр $ATSTO_SET[4:0]=26$ и $AOOUT_MODE[2:0]=2$.

Синфазное напряжение выхода канала калибровки соответствует 1.65В.

14. Преобразование кода положения

Микросхема обеспечивает установку произвольного нулевого положения. Установка возможна как посредством записи кода нуля в регистр AOFFSET[13:0], так и установкой текущего положения как нулевого посредством подачи импульса логической единицы на вход ZRP микросхемы. В обоих случаях значение нулевого положения запоминается в EEPROM.

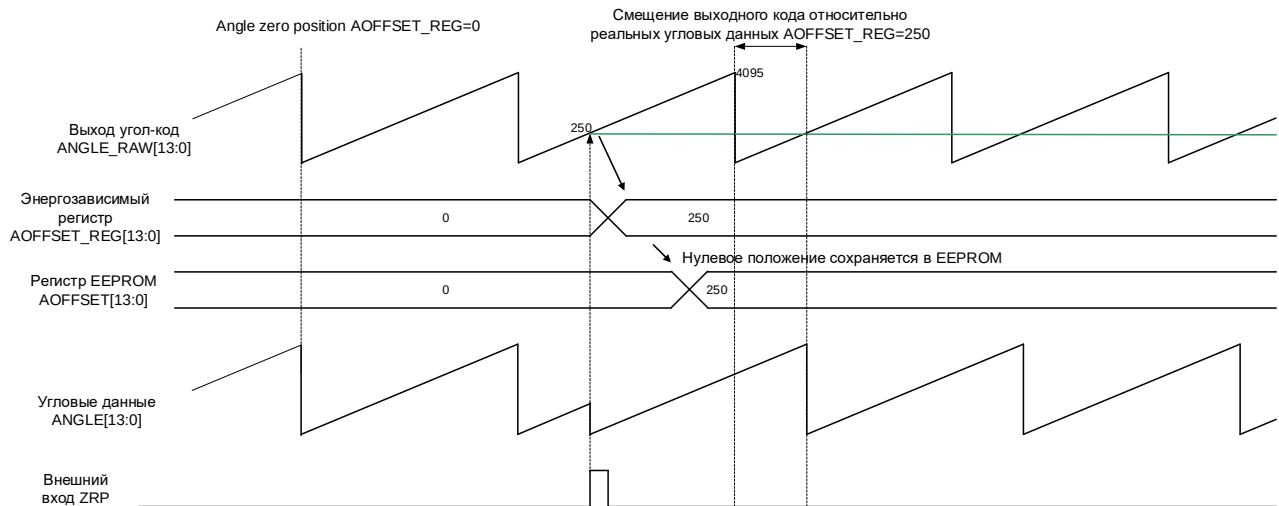


Рисунок 14.1 – Установка нулевого положения со входа ZRP

Микросхема также обеспечивает сравнение кода положения с значениями в регистрах PHI_MIN[13:0], PHI_MAX[13:0] и формирует статусные сигналы CL_D, CL_U когда код положения превышает значения установленные в данных регистрах. Эти статусные сигналы могут быть использованы для формирования сигнала ошибки.

$$CL_U = 1 \text{ if } ANGLE[13:0] \geq PHI_MAX[13:0]$$

$$CL_D = 1 \text{ if } ANGLE[13:0] \leq PHI_MIN[13:0]$$

Микросхема формирует сигнал JTYPE когда значение углового кода достигает и превышает значение записанное в регистре JTYPE_SET[13:0], таблица 14.1. Данный сигнал может быть выведен на вывод PWM установкой регистра PWM_PAD_SEL[1:0]=1.

Таблица 14.1 Таблица истинности для сигнала JTYPE

№	Состояние входов	JTYPE
	ANGLE[13:0] < JTYPE_SET[13:0]	0
	ANGLE[13:0] ≥ JTYPE_SET[13:0]	1

15. Формирование сигнала ошибки

Микросхема формирует три сигнала ошибки для индикации аварийных состояний микросхемы. Сигнал ошибки ERR доступен как на выводе ERR, так и посредством интерфейса SPI/SSI. Сигналы ошибки ERR_LOW и ERR_HIGH формируют диагностические состояния аналогового выхода и ШИМ интерфейса. Сигналы ошибки формируются из нескольких статусных аварийных сигналов, каждый из которых может быть замаскирован установкой соответствующих разрядов регистров ERR_MASK[10:0], ERR_MASK_LOW[10:0], ERR_MASK_HIGH[10:0]. Логика формирования сигналов ошибки приведена в таблице 15.1.

Таблица 15.1 Логика формирования сигнала ERR

OWI_ERR	EE_READ_FAIL	ANGLE_ERR	MT_ERR	SPI_ERR	T_ERR	CL_U	CL_D	~LOCK_IN	AALM	AAHM	EE_CRC_FAIL
&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&	&&
ERR_MASK[11:0], ERR_MASK_LOW[11:0], ERR_MASK_HIGH[11:0]											
[11]	[10]	[9]	[8]	[7]	[6]	[5]	[4]	[3]	[2]	[1]	[0]
ERR, ERR_LOW, ERR_HIGH											

SPI_ERR – Ошибка SPI-интерфейса

OWI_ERR – Ошибка передачи данных по интерфейсу OWI

ANGLE_ERR – Ошибка записи угловых данных в EEPROM (по сигналу ZRP)

EE_READ_FAIL – Ошибка чтения данных из EEPROM

T_ERR – превышение температуры порогового значения:

$T_ERR = (Temper[8:0] > TEMP_CMP_ERR[8:0]) ? 1'b1 : 1'b0$

CL_U – угловое положение $\geq PHI_MAX[13:0]$

CL_D – угловое положение $\leq PHI_MIN[13:0]$

~LOCK_IN – преобразователь угол-код не в режиме слежения, данные могут быть не верны (например, скорость вращения или ускорение превышает предельные значения)

AALM – малая индукция магнитного поля

AAHM – высокая индукция магнитного поля

EE_CRC_FAIL – данные EEPROM не соответствуют контрольной сумме

MT_ERR – ошибка многооборотного интерфейса

Вычисление контрольной суммы EEPROM

Подсчет контрольной суммы в контроллере производится двумя способами:

- 1) Автоматически. Если в памяти бит OTP_LD_EN==1 при поднятии RESET после автоматической перезагрузки данных из памяти в регистры.
- 2) Принудительно. Если была отправлена команда 110 RECALC_HASH по SPI в режиме настройки или UART.

Контроллер, во время подсчета контрольной суммы, складывает все данные из регистров памяти по адресам:1-2, 5-17 (выделены в столбике SUM адресной карты регистров). Полученное значение, контроллер сравнивает с числом, записанным в регистры EEPROM_CRC 3-4. В случае несовпадения значения контрольной суммы с данными EEPROM_CRC, контроллер выставляет флаг ошибки EE_CRC_FAIL, который будет равен 1 до повторной проверки контрольной суммы или перезагрузки устройства. Результат контрольной суммы можно узнать, прочитав данные EEPROM_SUM, регистры по адресу 85-85.

16. Память конфигурации

Для хранения настроек используется внешняя микросхема EEPROM с интерфейсом I2C (семейство 24Cxx и аналогичные по протоколу обмена и организации памяти). Микросхема также имеет массив энергозависимых регистров настройки, в которые при включении питания перегружает настройки из EEPROM.

Адресное пространство микросхемы – непрерывное, 1024 адреса по 16 бит слово, включает следующие основные области памяти:

- 1) 16 бит идентификатор кристалла CHIP_HARD_ID;
- 2) Адресное пространство внешней EEPROM 64x16 бит;
- 3) Область энергозависимых регистров настройки (зеркальные данные относительно EEPROM);
- 4) Внутренние энергозависимые регистры данных;
- 5) 16 бит статусный регистр;
- 6) Два тестовых регистра

Таблица 16.1 Организация памяти

Адреса	Данные	Доступ	Описание
0	CHIP_HARD_ID[15:0]	Чтение	Идентификатор типа кристалла микросхемы
1-62	DATA_EEPROM[15:0]	Чтение/запись	Внешняя EEPROM, область настройки, адреса 0...61
63-64	EEPROM_CRC	Чтение/запись	Контрольная сумма данных EEPROM, 32 бит
65-127	DATA_REG[15:0]	Чтение/запись	Внутренние регистры микросхемы – образ данных DATA_EEPROM после загрузки
128	STATUS_REG[15:0]	Чтение	Статусный регистр
129	TEST_REG1[15:0]	Чтение/запись	Тестовый регистр 1
130	TEST_REG2[15:0]	Чтение/запись	Тестовый регистр 2
131	LOCK_IN, LCMP, ANGLE_RAW [13:0]	Чтение	Данные преобразователя угол-код
132	LOCK_IN, LCMP, ANGLE [13:0]	Чтение	Данные угла после обработки
133	6'd0, AALM, AAHM, ACODE[7:0]	Чтение	Данные АРУ
134	5'd0, T_ERR, T_READY, Temper[8:0]	Чтение	Данные температурного АЦП
135	CL_U, CL_D, ANGLE_DAC[13:0]	Чтение	Данные ЦАП

Таблица 16.2 Описание регистров микросхемы

№	Название	Описание	Значение по умолчанию (десятичное)
Настройки сенсорной системы			
1	FREQG[4:0]	Настройка тактовой частоты	16
2	SIN_GAIN[5:0]	Настройка усиления синусного канала	0
3	COS_GAIN[5:0]	Настройка усиления косинусного канала	0
4	SIN_OFFSET[8:0]	Подгонка дифференциального смещения синусного канала	0
5	COS_OFFSET[8:0]	Подгонка дифференциального смещения косинусного канала	0
6	AGC_CTRL[3:0]	Настройка АРУ	0
7	DAC_CTRL[3:0]	Подгонка тока элементов Холла	0
8	ADC_DIS	Отключение АЦП	0 (Вкл.)
9	CLKSC_DIV[1:0]	Настройка коэффициента деления для частоты модуляции	2'd3
10	TAH	Тестовый режим, входы первичных усилителей закорачиваются на опору пол-питания, элементы Холла отключаются.	0
11	REVOUT_SIN[3:0]	Настройка полярности элементов синусного канала сенсорной системы	4'd0
12	REVOUT_COS[3:0]	Настройка полярности элементов косинусного канала сенсорной системы	4'd0
13	TRIM[1:0]	Подстройка тока питания первичных усилителей	2'd3
14	BTRIM[2:0]	Подстройка тока питания первичных усилителей	3'd0
15	CAL_EN	Включение канала калибровки	1
16	ATST_SET[4:0]	Выбор конфигурации тестового аналогового выхода	0
17	T_DIS	Отключение встроенного датчика температуры	0 (Вкл.)
18	FR_DIS	Отключение сенсорной системы	0 (Вкл.)
Настройка преобразователя угол-код			
19	P_OFF	Отключение пропорциональной компоненты ПИ-регулятора АЦП	0 (Вкл)
20	VCO_TRIM[3:0]	Настройка «мертвой зоны» ГУН АЦП	4'd0
21	C_TRIM[2:0]	Настройка крутизны ГУН АЦП	3'd0
22	LOCK_DIS	Отключение детектора захвата следящего АЦП	1'b0(Вкл)
23	HRES[2:0]	Разрядность счетчика положения следящего преобразователя	3'd1
24	INT_SEL	Переключение режима данных интерполятора	0
Настройка преобразования кода положения			
25	AOFFSET[13:0]	Установка значения углового смещения	0
26	REFCMP[13:0]	Настройка смещения опорного импульса в пределах одного оборота	13'd 8191
27	PHI_MAX[13:0]	Верхний уровень выходного напряжения	14'd8191
28	PHI_MIN[13:0]	Нижний уровень выходного напряжения	14'd0
29	DIR_SW	Выбор направления вращения	0
30	ZRP_ON	Включение режима задания углового смещения по сигналу с входа ZRP	1
31	HYST[3:0]	Установка гистерезиса по направлению вращения	3'd0
32	JTYPE_SET[13:0]	Настройка уровня срабатывания сигнала JTYPE	14'd4095
33	EN_CORR	Включение режима коррекции	0
Настройка интерфейсов и сервисных функций			
34	DTST_SET[4:0]	Управление цифровым тестовым выходом	0
35	IF[3:0]	Настройка фактора интерполяции	0
36	IW	Выбор ширины опорного импульса 90/180 градусов	0
37	SSI_CFG[1:0]	Настройка интерфейса SSI/SPI	00
38	AB_SD	Выбор функции выходов A/DIR, B/STEP	0 (A, B)

№	Название	Описание	Значение по умолчанию (десятичное)
39	TEMP_CMP_ERR[8:0]	Порог срабатывания системы индикации превышения температуры кристалла	9'd130
40	ERR_MASK[11:0]	Регистр маскирования ошибки, выход ERR	12'd127
41	ERR_MASK_LOW[11:0]	Регистр маскирования ошибки, сигнал ERR_LOW (диагностический диапазон 1 ШИМ и аналогового выходов)	12'd4
42	ERR_MASK_HIGH[11:0]	Регистр маскирования ошибки, сигнал ERR_HIGH (диагностический диапазон 2 ШИМ и аналогового выходов)	12'd2
43	INC_DIS	Отключение инкрементального интерфейса	0 (вкл.)
44	SSI_MODE	Включение режима SSI	0 (выкл)
45	SSI_TM[1:0]	Настройка длительности таймаута интерфейса SSI	3 (2 мкс)
46	GREY	Выбор формата представления данных угла бинарный/код Грея	0 (бинарный)
47	DTSTO_EN	Включение цифрового тестового мультиплексора	0
48	MHE	Режим короткой посылки SSI интерфейса	0 (Выкл)
49	DAC_CONT[1:0]	Управления частотой тактирования ЦАП	2'd3
50	UVW_SET[3:0]	Настройка трехфазного интерфейса	4'd1
51	PWM_SET[3:0]	Настройка ШИМ	4'd1
52	AOUT_MODE[2:0]	Выбор функции выхода AOUT 0 – AOUT 1 - VREF_A 2 – CAL_OUT 3 – ATSTO 4 – VREFp 5 – VREFn	0
53	UVW_DIS	Отключение трехфазного интерфейса	0 (вкл.)
54	PWM_DIS	Отключение ШИМ	0 (вкл.)
55	INC_D	Включение дифференциального режима работы инкрементального интерфейса	0 (Выкл)
56	PWM_PAD_SEL[1:0]	Выбор функции выхода PWM 0 – PWM 1 – JTYPE 2 – INDEX_MT 3 - DTSTO	0
57	DAC_DIS	Отключение ЦАП аналогового выхода	0 (вкл.)
58	THL[7:0]	Настройка нижнего опорного уровня ЦАП аналогового выхода	8'd0
59	TNH[7:0]	Настройка верхнего опорного уровня ЦАП аналогового выхода	8'd255
Настройка многооборотного интерфейса			
60	MTURN_ON	Включение многооборотного режима	1'b0 (Выкл.)
61	MT_MODE[1:0]	Режим работы многооборотного счетчика	2'b0
62	MTURN[11:0]	Настройка длины многооборотного счетчика	12'd0
63	CHECK_MTSSI_ALLOW	Разрешение периодической проверки многооборотных угловых данных по SSI-интерфейсу	0
64	MTRELOAD_ALLOW	Разрешить перезагрузку многооборотного счетчика при обнаружении несоответствия с внешним датчиком	0
65	GRAY_MT	Формат угловых данных многооборотного SSI интерфейса	0 (бинарный)
66	EXSSI_MALENGTH[4:0]	Настройка длины посылки многооборотного SSI интерфейса	5'd6
67	EXSSI_ANGLEBITS[3:0]	Настройка количества угловых бит в многооборотном SSI-интерфейсе	4'd2

№	Название	Описание	Значение по умолчанию (десятичное)
68	EXSSI_BITSHIFT[2:0]	Настройка смещения угловых бит в многооборотном SSI	3'd0
69	REFMT[11:0]	Настройка значения для формирования сигнала INDEX_MT	12'd0
Идентификация БИС			
70	CHIP_ID[31:0]	Идентификационный номер кристалла	0
71	CHIP_HARD_ID[15:0]	Идентификатор типа и версии микросхемы	16'h2131
Управление БИС			
72	OTP_LD_EN	Разрешение загрузки данных из EEPROM в регистры.	0 (запрещено)

Карта памяти

Адрес REG	Адрес EE	Адрес ячейки		Имя	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	R/W	SUM
0	-	-		CHIP_HARD_ID	CHIP_HARD_ID 16'b0010 0001 0011 0001																R	
-	1	0	1	CHIP_ID_L	CHIP_ID[15:0]																	
-	2	2	3	CHIP_ID_H	CHIP_ID[31:16]																	S
-	3	4	5	EEPROM_CRC1_REG	EEPROM_CRC[15:0]																	
-	4	6	7	EEPROM_CRC2_REG	EEPROM_CRC[31:24]																	
-	1-64	-																				
65	5	8	9	CONTROL_REG	OTP_LD_EN	ATST_SET[4:0]				FREQG[4:0]				TRIM[1:0]		B_TRIM[2:0]						
66	6	10	11	REVOUT_REG	DAC_CONT[1:0]		DAC_DIS	DTST_SET[4:0]				REVOUT_COS[3:0]				REVOUT_SIN[3:0]						
67	7	12	13	X2G_SIN_REG	INC_D	SIN_GAIN[5:0]				SIN_OFFSET[8:0]												
68	8	14	15	TAH_COS_REG	TAH	COS_GAIN[5:0]				COS_OFFSET[8:0]												
69	9	16	17	INC_DAC_AGC_CTRL	AB_SD	IW	IF[3:0]			CLK_SC_DIV[1:0]		DAC_CTRL[3:0]				AGC_CTRL[3:0]						
70	10	18	19	HYST_HRES_TRIM	HYST[3:0]				HRES[2:0]		P_OFF	C_TRIM[2:0]		VCO_TRIM[3:0]			CAL_EN					
71	11	20	21	AOFFSET_DIS	INT_SEL	LOCK_DIS	AOFFSET[13:0]															
72	12	22	23	REFCMP_ZRP	ZRP_ON	DIR_SW	REFCMP[13:0]															
73	13	24	25	PHI_MAX_DIS	T_DIS	INC_DIS	PHI_MAX[13:0]															
74	14	26	27	PHI_MIN_DIS	ADC_DIS	FR_DIS	PHI_MIN[13:0]															
75	15	28	29	ERR_TEMP_SPI	TEMP_CMP_ERR[8:0]								MHE	GREY	SSI_MODE	SSI_TM[1:0]	SSI_CFG[1:0]					
76	16	30	31	ERR_MASK_REG	EN_CORR	AOUT_MODE[2:0]				ERR_MASK[11:0]												
77	17	32	33	UVW_ERR_LOW	UVW_SET[3:0]				ERR_MASK_LOW[11:0]													
78	18	34	35	PWM_ERR_HIGH	PWM_SET[3:0]				ERR_MASK_HIGH[11:0]													
79	19	36	37	PWM_UVW_JTYPE	PWM_DIS	UVW_DIS	JTYPE_SET[13:0]															
80	20	38	39	THH_THL	THH[7:0]							THL[7:0]										
81	21	40	41	MTURN_1	PWM_PAD_SEL[1:0]		MT_RELOAD_ALLOW	CHECK_MTSSI_ALLOW	MTURN[11:0]													
82	22	42	43	MTURN_2	GRAY_MT	MTURN_ON	MT_MODE[1:0]		EXSSI_BITSHIFT[2:0]			EXSSI_ANGLEBITS[3:0]			EXSSI_MALENGTH[4:0]							
83	23	44	45	INC_D_REFMT					REFMT[11:0]													
84	24	46	47	RESERVED_A1																		
85	25	48	49	RESERVED_A2																	W	

86	26	50	51	RESERVED_B1																				
87	27	52	53	RESERVED_B2																				
88	28	54	55	RESERVED_C1																				
89	29	56	57	RESERVED_C2																				
90	30	58	59	RESERVED_C3																				
91	31	60	61	RESERVED_C4																				
92	32	62	63	RESERVED_D1																				
93	33	64	65	RESERVED_D2																				
94	-	-	-	TEST_REG1	DAC1_TST	TEST_PAD_OUT	T_AGC	VREFA_OFF	T_AMP1	EX_SC	T_SC	T_H[8:0]												
95	-	-	-	TEST_REG2							DAC2_TST	TEST_OFFSET	DAC_H	DAC_L	PADIN_TST_EN	T_TRACK	TST_INT[3:0]							
96	-	-	-	STATUS_REG	MT_READY	OWL_ERR	EXSSI_FAIL	CL_U	CL_D	EE_READ_FAIL	ANGLE_ERR	MT_ERR	SPI_EER	T_ERR	EE_BUSY	EE_CRC_FAIL	DIR	AAHM	AALM	LOCK_IN				
97	-	-	-	ANGLE_RAW_REG	LOCK_IN	LCMP	ANGLE_RAW[13:0]																	
98	-	-	-	ANGLE_REG	LOCK_IN	LCMP	ANGLE[13:0]																	
99	-	-	-	ACODE_REG							AALM	AAHM	ACODE[7:0]											
100	-	-	-	TEMP_REG						T_ERR	T_READY	TEMP[8:0]												
101	-	-	-	ANGLE_DAC_REG	CL_U	CL_D	ANGLE_DAC[13:0]																	
102	-	-	-	EEPROM_SUM1	EEPROM_SUM[15:0]																			
103	-	-	-	EEPROM_SUM2											EEPROM_SUM[21:16]								R	

Микросхема содержит 16-ти разрядный статусный регистр, описание битов регистра приведено в таблице 16.3. По сбросу все значения статусного регистра нулевые. По интерфейсу доступен для чтения.

Таблица 16.3 Описание битов статусного регистра

№ бита	Бит статусного регистра	Описание	Значение по умолчанию
0	LOCK_IN	Сигнал захвата следящей системы	0
1	AALM	Сигнал низкой амплитуды	0
2	AAHM	Сигнал высокой амплитуды	0
3	DIR	Индикация направления вращения	0
4	EE_CRC_FAIL	Данные EEPROM не соответствуют ее контрольной сумме	0
5	EE_BUSY	Сигнал готовности блока управления. Низкий уровень означает, что блок управления выполняет операцию и не доступна.	0
6	T_ERR	Показания температурного датчика превышают значение в регистре TEMP_CMP_ERR[8:0]	0
7	SPI_ERR	Флаг ошибки интерфейса SPI	0
8	MT_ERR	Флаг ошибки многооборотного модуля	0
9	ANGLE_ERR	Флаг ошибки записи нулевого положения угла в EEPROM	0
10	EE_READ_FAIL	Флаг ошибки интерфейса I2C	0
11	CL_D	$ANGLE[13:0] \leq PHI_MIN[13:0]$	0
12	CL_U	$ANGLE[13:0] \geq PHI_MAX[13:0]$	0
13	EXSSI_FAIL	Ошибка чтения данных из внешнего датчика оборотов по интерфейсу SSI	0
14	OWI_ERR	Флаг ошибки интерфейса OWI	0
15	MT_READY	Флаг готовности многооборотного интерфейса	0

17. Интерфейс ШИМ

Микросхема преобразует угловые данные в ШИМ-сигнал. В зависимости от значения бита PWM_SET[3] выходной сигнал может содержать диагностический диапазон (10% логической 1 в начале каждого периода импульса и 10% логического нуля в конце каждого периода импульса). Зависимость скважности от угловых данных показана на рисунке 17.1.

При появлении сигнала ERR_LOW=1 скважность составляет 5%, при ERR_HIGH=1 скважность составляет 95%. При одновременном появлении ERR_LOW=1 и ERR_HIGH = 1 скважность составляет 2%.

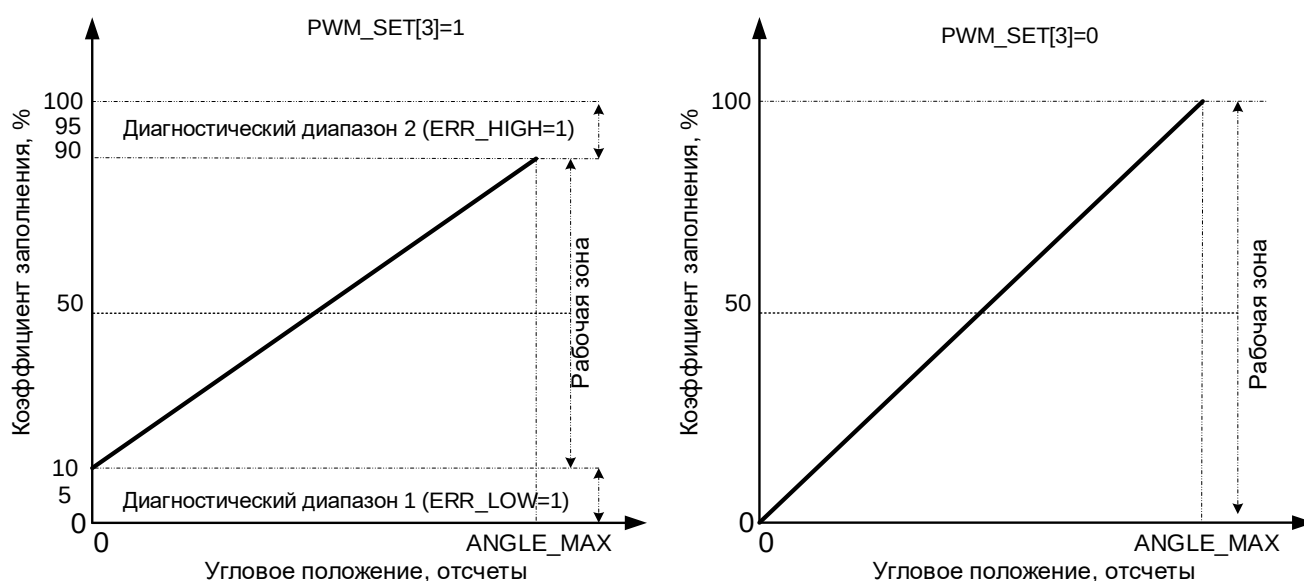


Рисунок 17.1 – Характеристики блока ШИМ

Таблица 17.1 Настройки интерфейса ШИМ

№	Значение PWM_SET[2:0]	Несущая частота ШИМ @ тактовая частота		Разрешение ШИМ
1	0	8192*Fsysclk	1953.125@ 16 МГц	12 бит
2	1	4096*Fsysclk	3906.25 Гц @ 16МГц	11 бит
3	2	2048*Fsysclk	7812 Гц @ 16МГц	10 бит
4	3	1024*Fsysclk	15624 Гц @ 16МГц	9 бит
5	4	512*Fsysclk	31248 Гц @ 16МГц	8 бит
6	5	256*Fsysclk	62500 Гц @ 16МГц	7 бит
7	6	128*Fsysclk	125000 Гц @ 16МГц	6 бит
8	7	64*Fsysclk	250000 Гц @ 16МГц	5 бит

18. Трехфазный UVW интерфейс

Микросхема поддерживает формирование трехфазного сигнала эмуляции системы из трех датчиков Холла из данных положения для управления вентильными двигателями. Микросхема позволяет настраивать выходные сигналы под двигатели с разным числом полюсов: на один период данных положения приходится от 1 до 15 периодов трехфазного сигнала.

Диапазон входного кода, в течение которого выдерживается определенная комбинация (1 из 6-ти) сигналов UVW составляет

$$T = \text{ANGLE_MAX} / (6 * \text{UVW_SET})$$

Соответственно на каждую комбинацию сигналов UVW приходится угловое положение $360 / (6 * \text{UVW_SET})$ градусов.

Связь между количеством полюсов ротора мотора N_{pole} и значением $\text{UVW_SET}[3:0]$ описывается формулой $N_{\text{pole}} = 2 * \text{UVW_SET}[3:0]$.

При $\text{UVW_SET}[3:0] = 4'd0$ поведение схемы аналогично $\text{UVW_SET}[3:0] = 4'd1$.

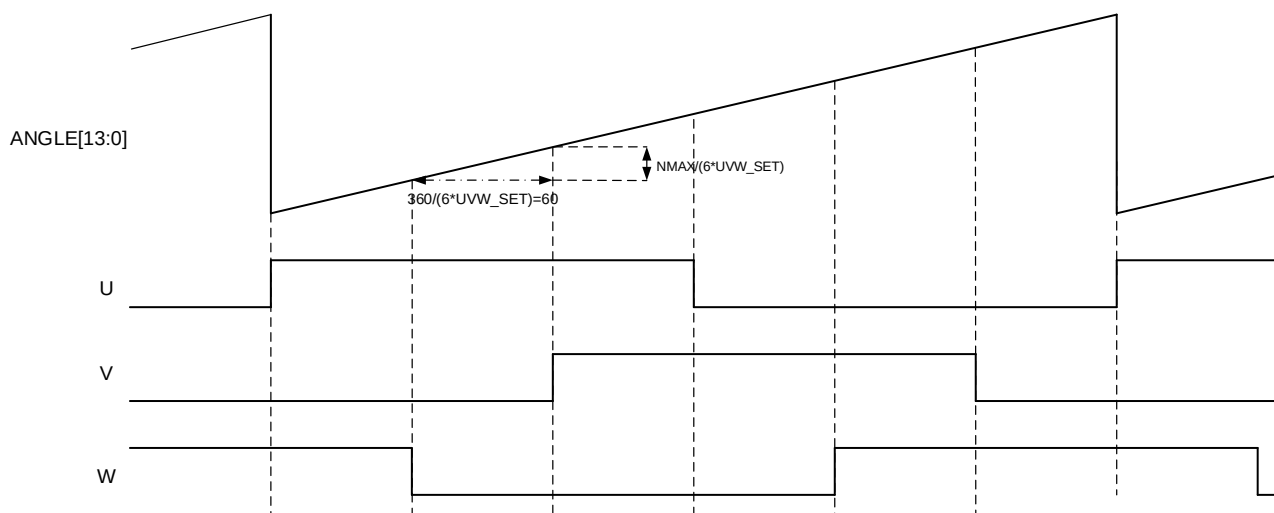


Рисунок 18.1 - Временные диаграммы блока трехфазного интерфейса для управления двигателем с 2-х полюсным ротором. $\text{UVW_SET}[3:0] = 4'd1$

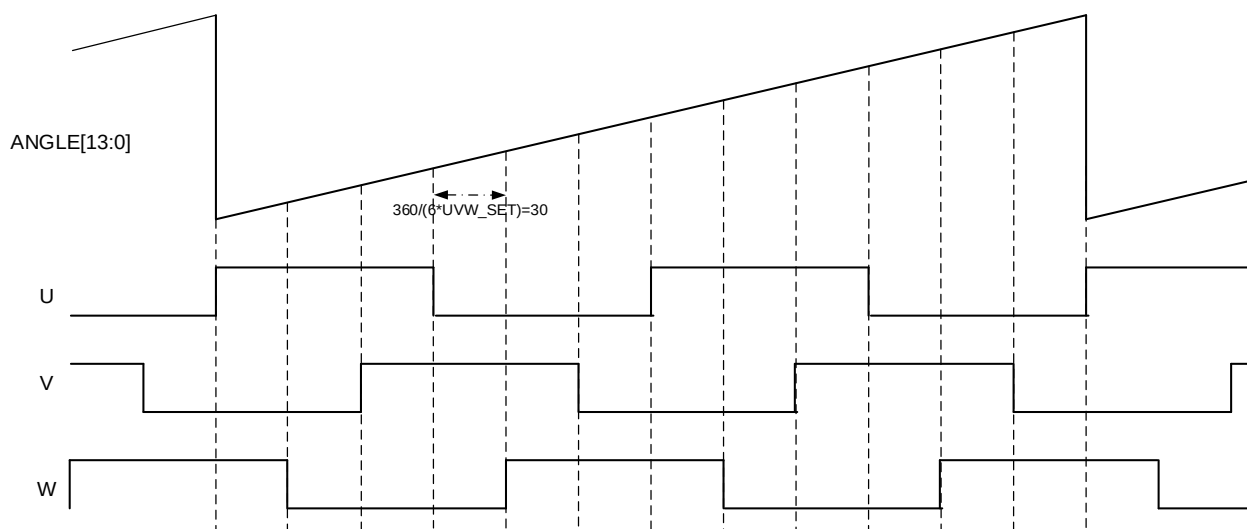


Рисунок 18.2 - Временные диаграммы блока трехфазного интерфейса для управления двигателем с 4-х полюсным ротором. $\text{UVW_SET}[3:0] = 4'd2$

19. Аналоговый выход

Микросхема обеспечивает формирование аналогового линейного ратиометрического выходного сигнала пропорционального коду положения, рисунок 19.1. Аналоговый выход формирует сигнал в максимальном диапазоне от $0.04 \cdot V_{CC}$ до $0.96 \cdot V_{CC}$. Выход поддерживает формирование диагностических уровней выходного напряжения соответствующих определенным аварийным ситуациям. Поддерживается 2 диагностических уровня от 0 до $0.03 \cdot V_{CC}$ и от до $0.97 \cdot V_{CC}$ до V_{CC} , соответствующих сигналам ошибки ERR_LOW и ERR_HIGH соответственно (см. раздел 15).

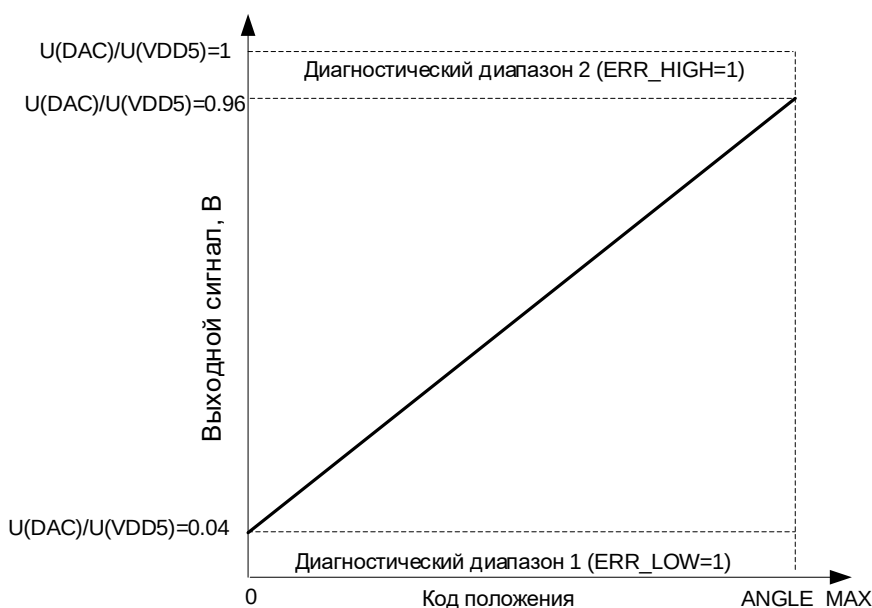


Рисунок 19.1 – Зависимость выходного сигнала от входного кода для $T_{HH}[7:0]=255$, $T_{HL}[7:0]=0$ (максимальный размах выходного сигнала)

Диапазон изменения линейного выходного напряжения (опорные уровни ЦАП V_{REFp} , V_{REFn}) подстраивается с помощью регистров $T_{HH}[7:0]$ и $T_{HL}[7:0]$, рисунок 19.2.

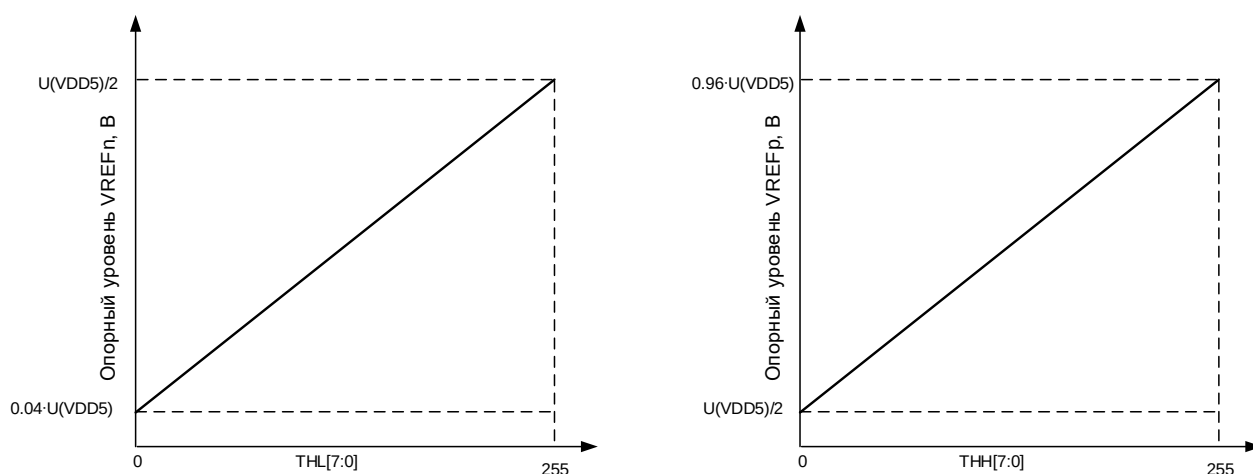


Рисунок 19.2 – Зависимость опорных уровней ЦАП V_{REFp} , V_{REFn} от кода $T_{HH}[7:0]$ и $T_{HL}[7:0]$ соответственно

20. Многооборотный интерфейс

Микросхема включает систему подсчета количества оборотов и формирования многооборотных данных. Система обеспечивает как подсчет оборотов от нуля, так и установку начального значения многооборотного счетчика с внешней микросхемы датчика положения по интерфейсу SSI. Также поддерживается подключение внешнего датчика оборотов с двухбитным кодом Грея.

Многооборотный счетчик имеет разрядность 12 бит и обеспечивает подсчет оборотов до произвольного значения, установленного в регистре MTURN[11:0], по достижении максимального значения на следующем обороте счетчик сбрасывается.

Режимы работы многооборотного интерфейса определяются регистром MT_MODE[1:0] и приведены в таблице 20.1.

Таблица 20.1 Режимы работы многооборотного интерфейса

MT_MODE[1:0]	Описание
00	Многооборотный счетчик использует однооборотные данные
01	Многооборотный счетчик использует однооборотные данные, загрузка начального значения по SSI
10	Используется двухбитный внешний код Грея с входов MTI, MTC
11	Зарезервирован

При использовании для установки начального значения многооборотного счетчика внешнего датчика последний подключается к выводам MTC и MTI микросхемы: MTC – SSI CLK, MTI – SSI DATA.

Длина посылки и количество декодируемых данных определяется тремя регистрами:

EXSSI_MALENGTH[4:0] – количество тактовых импульсов в посылке от 10 до 32;

EXSSI_ANGLEBITS[3:0] - количество разрядов определяющих угловые данные (начиная от младшего + значение EXSSI_BITSHIFT[2:0]);

EXSSI_BITSHIFT[2:0] – сдвиг угловых данных от LSB

Должно выполняться условие:

$ANGLE + EXSSI_BITSHIFT[2:0] \leq NCLK$

где ANGLE – количество бит угловых данных, NCLK – количество тактовых импульсов интерфейса

Таблица 20.2 Длина угловых данных с внешнего датчика

№	Регистр EXSSI_ANGLEBITS[3:0]	Длина угловых данных (от LSB) без учета битов сдвига, ANGLE
0	0	4
1	1	5
2	2	6
3	3	7
4	4	8
5	5	9
6	6	10
7	7	11
8	8	12
9	остальные	12

Таблица 20.3 Количество тактовых импульсов в посылке

№	Регистр EXSSI_MALENGTH [4:0]	Количество тактовых импульсов в посылке, NCLK
0	0	10
1	1	11
2	2	12
3	3	13
4	4	14
5	5	15
6	6	16
7	7	17
8	8	18
9	9	19
10	10	20
11	11	21
12	12	22
13	13	23
14	14	24
15	15	25
16	16	26
17	17	27
18	18	28
19	19	29
20	20	30
21	21	31
22	22	32

Формат декодируемых угловых данных в посылке определяется битом GRAY_MT: GRAY_MT=0 - натуральный двоичный код, GRAY_MT=1 – код Грея. Кодом Грея должна кодироваться только часть определяемая EXSSI_ANGLEBITS[3:0].

Для режима MT_MODE[1:0]=10 на вход данные формируются в соответствии с рисунком 20.1.

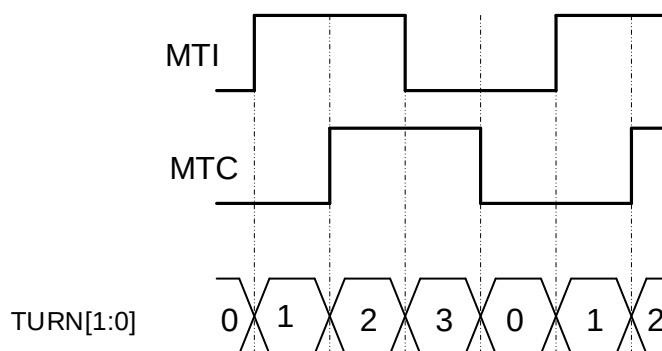


Рисунок 20.1 – Диаграмма работы многооборотного модуля для MT_MODE[1:0]=10

Многооборотный интерфейс формирует сигнал INDEX_MT логической 1 когда значение счетчика оборотов достигает значения записанного в регистре REFMT[11:0].

Данный сигнал может быть выведен на вывод PWM установкой регистра PWM_PAD_SEL[1:0]=2.

21. Датчик температуры

Микросхема включает встроенный датчик температуры кристалла. Выход датчика – 9-ти битный знаковый код. Характеристика преобразования приведена на рисунке 21.1.

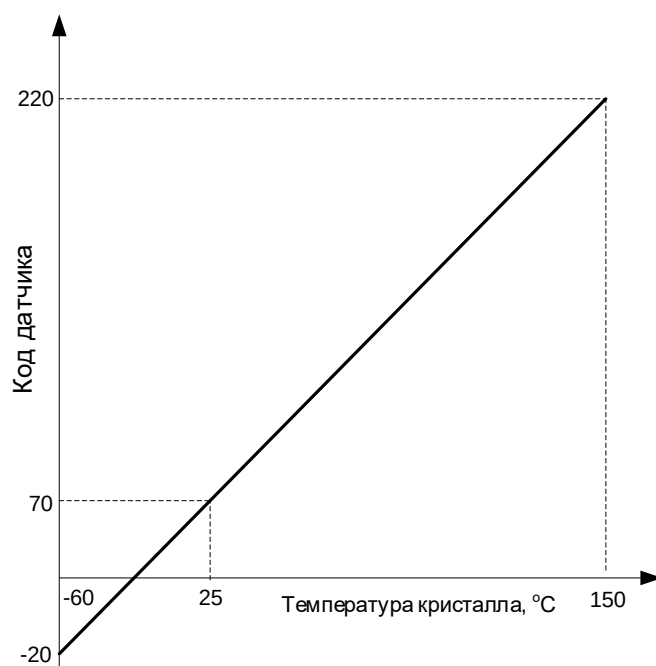


Рисунок 21.1 – Характеристика преобразования датчика температуры

22. Схемы применения

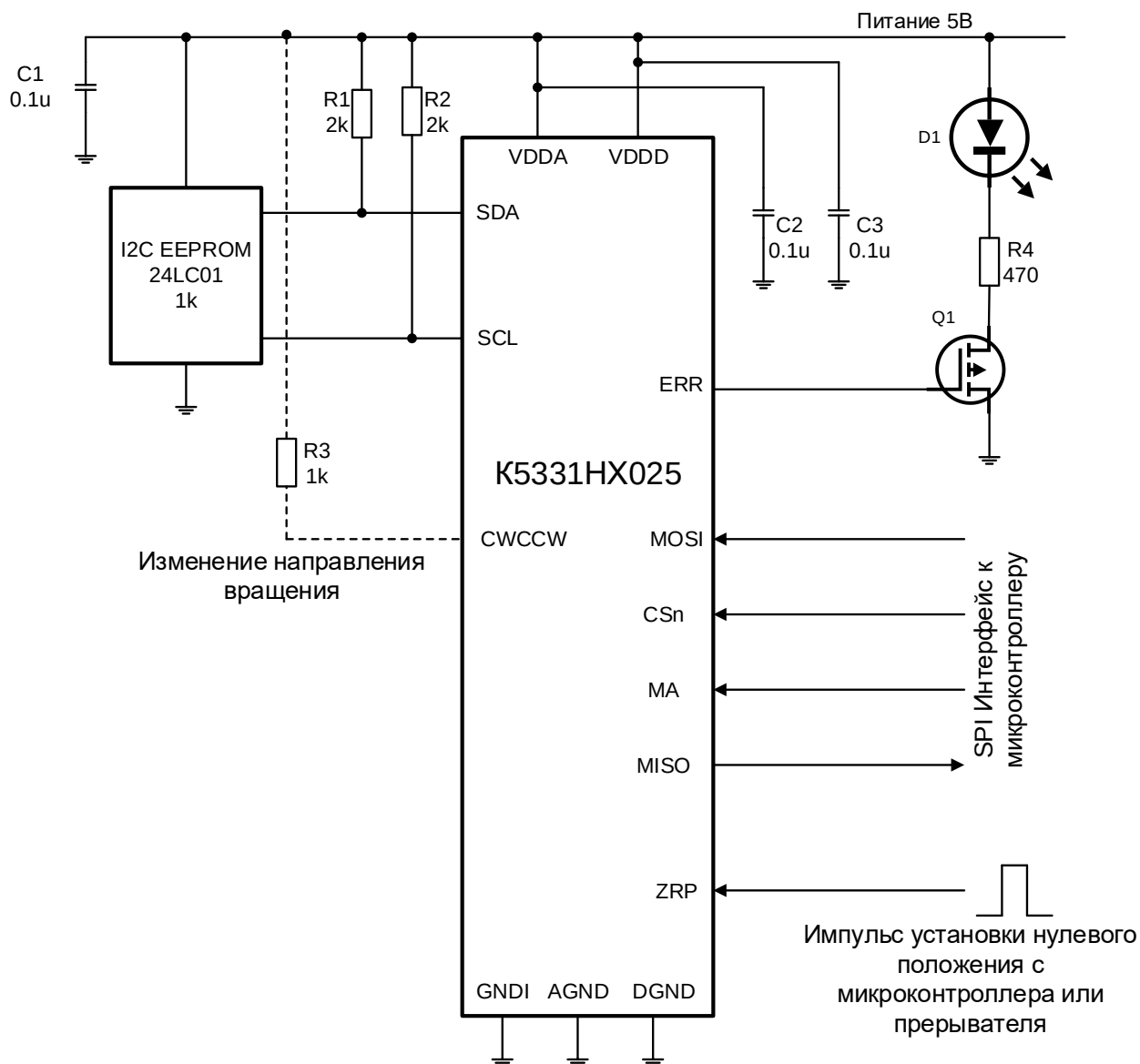


Рисунок 22.1 – Схема включения с использованием интерфейса SPI, установкой нулевого положения импульсом на вход ZRP и индикацией аварии по выходу ERR

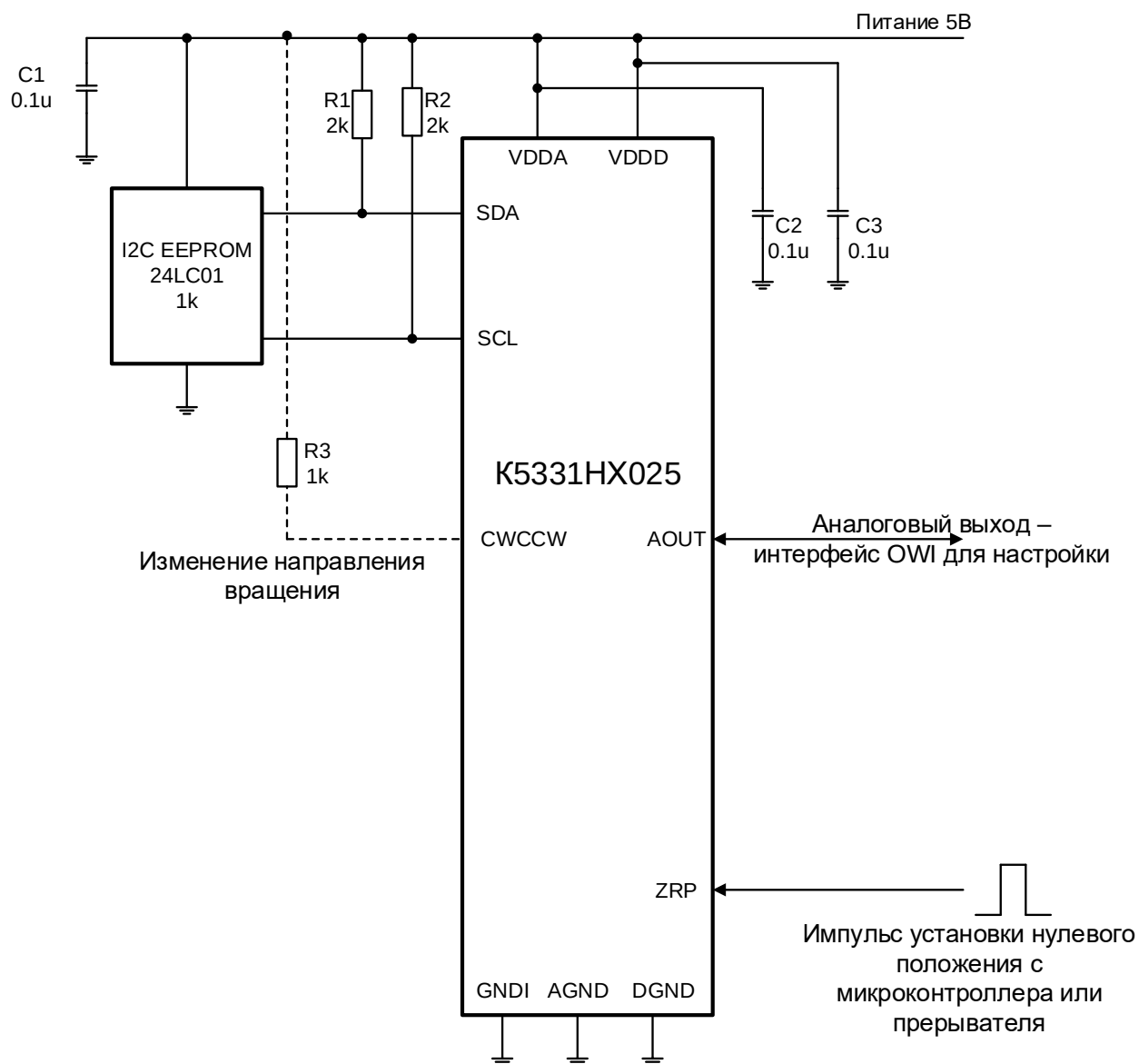


Рисунок 22.2 – Схема включения с использованием аналогового выхода и установкой нулевого положения импульсом на вход ZRP, настройка осуществляется посредством интерфейса OWI совмещенного с аналогового выхода

Рекомендуемые магниты:

Диаметрально намагниченные магниты типа NdFeB или SmCo, рекомендуемый диаметр 4-6 мм.