

Методика подключения датчика и настройки микросхемы 1310NM025

Настройки должны производиться в порядке, заданном нумерацией

1. Проверка подключения

- a. Выводы VDD_ADC(14), (51) и VDD_CORE(31) всегда должны быть соединены между собой
- b. С помощью осциллографа убедитесь в наличии напряжения питания на **КАЖДОМ** выводе VDDA и VDDD, наличия напряжения 2.5В на выводе VREF2p5 и 1.25В на выводе VREF1p25, напряжения 1.8В на выводе VDD_CORE, напряжения 1.8В на выводах VDD_ADC. Для микросхем Rev1 не допускается подавать напряжения питания больше 3.6В
- c. При тактировании с использованием кварцевого резонатора убедитесь наличии тактовой частоты на выводе OSCO

2. Настройка тактовой частоты микросхемы

- a. AFE_config.OSC_DIS=0, AFE_config.OSC_BYP=0 при тактировании от кварцевого резонатора
- b. При тактировании от внешнего генератора запишите в регистр AFE_config.OSC_DIS=1, затем AFE_config.OSC_BYP=1, затем AFE_config.OSC_DIS=0.
- c. При работе от PLL запишите в регистр PLL_config.PLL_N и PLL_config.PLL_Q рассчитанное по формуле (см. описание регистров в *ТСКЯ.431328.004СП*). Если не хотите использовать PLL запишите в регистр PLL_config.PLL_N=0
- d. При работе от внешнего генератора и от PLL в регистр AFE_config.ADC_cycle должно быть записано значение, рассчитанное по формуле (см. описание регистров в *ТСКЯ.431328.004СП*). Для микросхем Rev1 допускаются только нечетные значения.

Примечание 1: При некорректной настройке тактовой частоты может неправильно работать чтение регистров SPI. В этом случае произведите внешний сброс микросхемы либо запишите корректные значения в регистры PLL_config, AFE_config (запись в эти регистры функционирует при отсутствующей или слишком большой тактовой частоте).

Примечание 2: В процессе настройки тактовой частоты может выставляться флаг Mode_stat.ECC_err, необходимо сбросить этот бит записью в него 1.

3. Настройка режима работы аналоговой части

- a. Если хотите использовать встроенный источник опорного напряжения запишите `AFE_config.VREF_en = 1`. Если хотите использовать внешний источник опорного напряжения запишите `AFE_config.VREF_en = 0`. При этом напряжение опоры АЦП должно подаваться на вывод `VREF2p5`, а на вывод `EXTR` должен подаваться протекающий ток 10мкА (например, с помощью резистора 140кОм подключенного к напряжению 2.5В).
- b. Если хотите использовать встроенный источник опорного тока запишите `AFE_config.EXT_RES_iREF=1`. При этом на вывод `EXTR` должен подаваться протекающий ток 10мкА (например, с помощью резистора 140кОм подключенного к напряжению 2.5В).
- c. Если хотите использовать встроенные операционные усилители на входах сигналов с датчиков запишите в регистр `AFE_config.OPA1_en=1` и/или `AFE_config.OPA2_en=1`.
- d. Если хотите подавать сигнал непосредственно на вход АЦП запишите в регистр `AFE_config.OPA1_en=0` и/или `AFE_config.OPA2_en=0`.
- e. `NDIFF_OFF=1` (всегда)
- f. `OFFSET_LOW=0` (ограничение Rev1)

4. Настройка сигнала возбуждения датчика (на примере канала 1)

- a. Если используется внешний сигнал возбуждения, запишите `C1Cntl.Ex_on=0`, `AFE_config.DAC1_en=0`, `C1Cntl.Ex_source=1`. На этом настройка окончена.
- b. Если используется сигнал возбуждения с генератора микросхемы, запишите `C1Cntl.Ex_on=1`, `AFE_config.DAC1_en=1`, `C1Cntl.Ex_source=0`.
- c. Запишите в регистр `C1ExInc` значение, соответствующее выбранной частоте возбуждения датчика (см. формулу в *ТСКЯ.431328.004СП*).
- d. Запишите `C1Cntl.Ex_amp=0` это увеличит амплитуду сигнала на выходе `EXO1` в 2 раза. Используя осциллограф, подключенный к выводу `EXO1` микросхемы, убедитесь в наличии и параметрах сигнала (амплитуда, частота, искажения). При необходимости, скорректируйте значения в регистре `C1ExInc`.
- e. Подключите датчик. Осциллографом убедитесь в параметрах сигнала возбуждения на входе датчика (амплитуда, искажения). Осциллографом убедитесь в параметрах сигналов вторичных обмоток датчика, подключенных к микросхеме, отсутствии насыщения сердечника датчика. При необходимости, скорректируйте схему усилитель-фильтр на плате.

5. Настройка входных каскадов (на примере канала 1)

- a. Вращая/двигая датчик оцените параметры сигнала на входах АЦП IOSA1, IOCA1. Максимальная амплитуда сигналов должна быть $2B \pm 10\%$ (при $VREF2p5=2.5B$). Средний уровень (синфазное напряжение) $1.25B \pm 10\%$ (при $VREF2p5=2.5B$). Убедитесь также в отсутствии значительных нелинейных искажений. При необходимости скорректируйте схему.
- b. При подключении датчиков типа 4х проводной ЛРДТ в режиме `Sensor_mode=2` дополнительно убедитесь в совпадении фаз сигналов IOSA1, IOCA1. При необходимости скорректируйте сдвиг фаз с помощью RCR или CRC – цепи в одном из каналов. Для получения максимальной разрядности необходимо добиться как можно более точного соответствия фаз этих сигналов. Разность фаз между сигналами удобно мерять в режиме осциллографа XY (рис.2).
- c. При использовании **внешнего** источника напряжения возбуждения датчика необходимо на вход EXI1 подать внешний сигнал возбуждения через компаратор (см. схему *ТСКЯ.431328.004СП*). Сигнал на входе EXI1 – цифровой с уровнями 0 и 1 определяемыми напряжением на VDD (3.3В для Rev1).

Необходимо убедиться в совпадении фаз сигналов на входе EXI1 и на входах IOSA1, IOCA1. Для этого установите СКВТ примерно на угол 45° , ЛРДТ в крайней положение. Осциллографом контролируйте соотношение фаз сигналов на входе IOSA1 и EXI1 (см. рис.1). При необходимости сдвиньте фазу сигнала на входе EXI1 с помощью RC цепи.

Если `C1Cntrl.Ex_recovery_en=0`, то необходимо точное совпадение фаз, т.к. сигнал со входа EXI1 будет использоваться для демодуляции сигналов датчика. Необходимо также учесть, что сдвиг фазы в датчике зависит от температуры. Несовпадение фаз ведет к росту шума координаты и скорости, а также значительному падению точности преобразования.

Если `C1Cntrl.Ex_recovery_en=1`, то необходимо примерное совпадение фаз. В этом случае сигнал со входа EXI1 будет использоваться для определения правильной квадратуры круга (старших 2х бит угла), а для демодуляции будет использован сигнал, выделенный из сигналов АЦП. Для датчиков типа ЛРДТ при `C1Cntrl.Ex_recovery_en=1` можно подтянуть вход EXI1 к уровню логического нуля или 1.

- d. При использовании **внутреннего** источника напряжения возбуждения датчика на вывод EXI1 выдается диагностический сигнал, используемый внутри микросхемы для демодуляции (при `C1Cntrl.Ex_recovery_en=0`) или определения квадратуры круга (при `C1Cntrl.Ex_recovery_en=1`).

Необходимо добиться совпадения фаз сигналов на выходе EXI1 и на входах IOSA1, IOCA1. Для этого установите СКВТ примерно на угол 45° , ЛРДТ в крайней положение. Осциллографом контролируйте соотношение фаз сигналов на входе IOSA1 и EXI1 (см. рис.1). С помощью регистра `C1ExPhShift` (меняется в диапазоне -127

до +127) сдвиньте фазу сигнала на выходе EXI1, так что бы она совпадала с фазами IOA1, IOCA1 (см. рис.1).

Если C1Cntrl.Ex_recovery_en=0, то необходимо точное совпадение фаз, т.к. сигнал со входа EXI1 будет использоваться для демодуляции сигналов датчика. Необходимо также учесть, что сдвиг фазы в датчике зависит от температуры. Несовпадение фаз ведет к росту шума координаты и скорости, а также значительному падению точности преобразования.

Если C1Cntrl.Ex_recovery_en=1, то необходимо примерное совпадение фаз. В этом случае сигнал со входа EXI1 будет использоваться для определения правильной квадратуры круга (старших 2х бит угла), а для демодуляции будет использован сигнал, выделенный из сигналов АЦП. Температурная зависимость в этом случае отсутствует. Настройку C1ExPhShift необходимо также производить и для датчиков типа ЛВДТ.

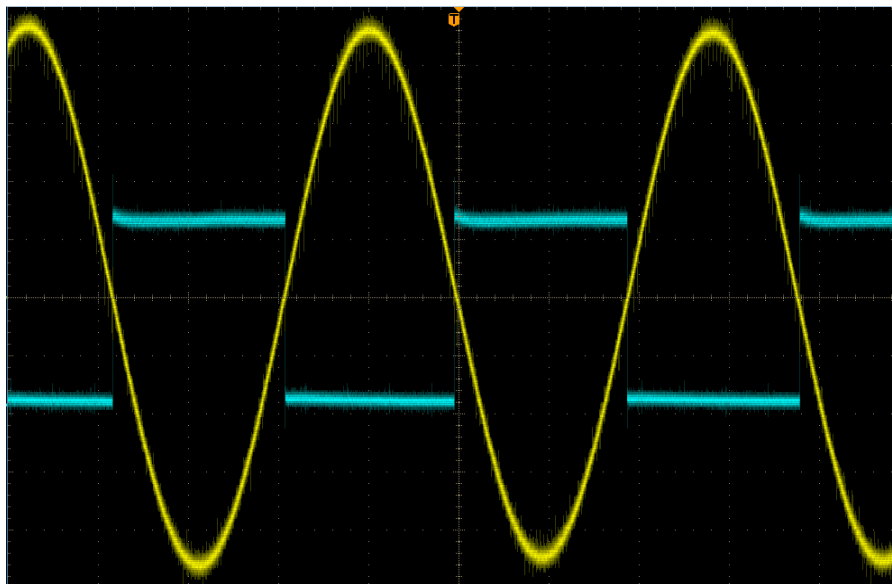


Рис.1 Правильное соотношение фаз сигналов на входе/выходе EXI1 (голубой) и входе АЦП IOA1/IOCA1 (ЛРДТ, СКВТ в 1м квадранте).

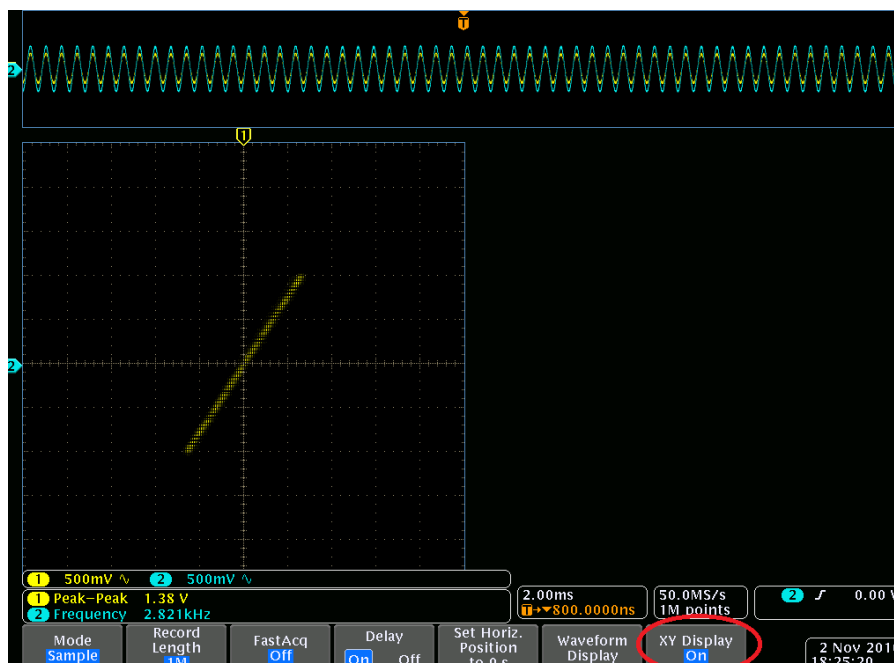


Рис.2 Настройка фаз сигналов 4х проводного ЛРДТ. Режим осциллографа XY. При одинаковых фазах сигналов овал сливается в линию

5. Диагностика подключения (на примере канала 1)

- Запишите `C1Mask=0xFFFE`. Запишите тип датчика `C1Ctrl.Sensor_mode` и `Mode_stat.Mode` согласно *ТСКЯ.431328.004СП*. Включите преобразователь `Mode_stat.Conv1_en=1`.
- Запишите `C1Ctrl.LBW=14` (или по таблице *ТСКЯ.431328.004СП*). Запишите `Vel_resolution=2`, `Coord_resolution=2`. (или по таблице *ТСКЯ.431328.004СП*)
- Двигая датчик считывайте регистр `C1Stat`. В первую очередь надо убедиться в том, что флаги `C1Stat.CLIP_COS=0` и `C1Stat.CLIP_SIN=0`, `C1Stat.ADC_OVF=0` всегда.
- `C1Stat.C1UIN_LOW`, `C1Stat.C1UIN_HIGH`, `C1Stat.C1CORR_OVF` – служат для диагностики сигналов после коррекции внутри микросхемы. В случае подключения СКВТ/Сельсин и выполнения пункта 4 и 5.с методики, они должны быть равны 0. Если вы изменяете регистры `C1KampC`, `C1KampS`, `C1ExPhShift`, `C1KBiasC`, `C1KBiasS`, `C1fbias`, то необходимо убедиться, что в этих битах не появилось флагов ошибки.
В случае, если вы используете датчик типа ЛРДТ, для снятия ошибки `C1Stat.C1UIN_HIGH` необходимо записать в регистр `C1Amp_lth` новое значение (рекомендуемое значение 1000).
- Вращая/Двигая датчик считывайте значения из угла `C1Coord`, `C1Velocity`.
 - Если у вас координата изменяется случайным образом, по всему диапазону при неподвижном датчике, выключите преобразователь `Mode_stat.CONV1_en=0`, а затем снова включите `Mode_stat.CONV1_en=1`. Если не помогло, повторите все пункты сначала.
 - Если у вас получается угол с ошибкой 180° или ЛРДТ находится на упоре (макс/мин значение координаты), то проверьте сигнал EX11 (вход или выход) он, скорее всего инверсный, либо сделайте пункты 4.3-4.4 еще раз.

- Если в режиме Сельсин вы заметили, что угол меняется нелинейно (например, при повороте вала на 90° угол поменялся только на 60°), то у вас неправильно подключены обмотки Сельсина.

- Если вы хотите сдвинуть значение координаты относительно получаемой с датчика можно записать сдвиг в регистр C1Zero.

6. Калибровка усиления (на примере канала 1)

- a. Если для схемы входных каскадов вы использовали компоненты с разбросом значений больше чем 0.01% создается заметная дополнительная ошибка преобразования. В этом случае рекомендуется производить калибровку разницы усиления по каналам платы. (Для режима 4х проводной ЛРДТ калибровка не имеет смысла, т.к. сигналы несимметричные по своей природе)
- b. Запишите C1Cntrl.Ex_recovery_en=1, C1Cntrl.Ex_source=1. Запишите C1Cntrl.LBW=16, C1Cntrl.Coord_resolution=2 (Если вы собираетесь использовать 18 битный режим, то нужно записывать C1Cntrl.Coord_resolution=0)
- c. С генератора сигналов подайте на входы платы в канал синуса и косинуса абсолютно одинаковые сигналы (синусоидальные, можно попробовать меандр). Частота должна быть равной частоте сигнала возбуждения датчика, который вы используете. Выход синхронизации генератора подайте на вход EXI1
- d. Для режима **СКВТ** (C1Cntrl.Sensor_mode=0) считайте значение угла, должно получиться примерно 45° или -45° (в зависимости от полярности сигнала на входе EXI1). С помощью регистров C1KampS, C1KampC добейтесь получения кодов 8192 или 40960
- e. Для режима **5ти проводной ЛРДТ** (C1Cntrl.Sensor_mode=1) считайте значение угла, должно получиться примерно 0. С помощью регистров C1KampS, C1KampC добейтесь получения кода 0
- f. Верните регистр C1Cntrl в исходное состояние

7. Настройка флагов состояния (на примере канала 1)

- a. После выбора параметров преобразователей нужно настроить пороги флагов ошибок
- b. В регистрах C1Amp_lth и C1Amp_hth содержатся пороги срабатывания для флагов C1Stat.UIN_LOW, C1Stat.UIN_HIGH. Для режима СКВТ они настроены по умолчанию. Если вы хотите менять их в сторону расширения, то вероятно, вместо этого стоит обратить внимание на амплитуду сигнала на входе (предпочтительно), либо скорректировать ее в регистрах C1KampS, C1KampC.

- c. В регистре C1.Lock_th содержится порог срабатывания для флага NLock. Порог задает допустимую амплитуду ошибки/шума координаты. Существует 2 сценария использования флага NLock.
- Диагностика, в этом случае рекомендуется ставить C1Lock_th в большие значения.
 - Переключение полосы пропускания контура при ускорении датчика по сигналу Ready1. В этом случае необходимо подобрать значение порога на срабатывание при минимальном ускорении датчика, но при этом должно обеспечиваться не срабатывание в положении покоя (равноускоренного движения).
- d. При включении преобразователя при малых значениях в регистре C1Lock_th, из-за повышенного разброса компонентов схемы (смещение средних уровней сигналов) может наблюдаться повышенный шум координаты (модуляция частотой $2 \cdot f_{ex}$) и выставляться бит NLock. В процессе работы преобразователь убирает эти компоненты из значений координаты и бит NLock сбрасывается. В зависимости от величины разброса компонентов это время может занять до 30с. При этом значение координаты и скорости выдается корректно вне зависимости от режима движения датчика. Если вас не устраивает такое поведение, то можно: а) поставить порог Lock_th выше (временно или постоянно) б) Замаскировать бит Nlock (временно или постоянно) в) поставить C1Stat.DC_correction=0.
- e. Флаг C1Stat.HW_notRDY в Rev1 работает не корректно и должен быть всегда замаскирован
- f. Неиспользованные биты в регистре C1Stat должны быть замаскированы установкой 0 в соответствующий бит C1Mask. При этом их значение в регистре C2Stat принимается равным 0
- g. При получении всех флагов в регистре C1Stat равными 0 выставляется флаг Mode_Stat.nReady1=0, а также вывод Ready1=1.
- h. При получении всех флагов в регистре Mode_Stat равными 0 выставляется вывод Ready=1. Неиспользованные биты регистра Mode_Stat должны быть замаскированы в регистре Mask

8. Пример настройки для подключения СКВТ

AFE_config = 0x005B – включаем первый канал, ЦАП, ОУ и ИОН

OSC_DIS=0; OSC_BYP=0;

DAC2_en=1; DAC2_en=0;

OPA2_en=1; OPA2_en=0;

NDIFF_OFF=1; OFFSET_LOW=0; EXT_RES_iREF=1; VREF_en=1;

PLL_config = 0x880D - для кварцевого резонатора на 8МГц, частота АЦП 1МГц

ADC_cycle = 17;

PLL_Q=0; PLL_N=13;

Mode_stat = 0x87FF;

SPI_CRC_en=1; - бит четности spi проверяется

Mode=000;
CONV1_en = 1; CONV2_en = 0; - включаем конвертер 1
Sample_src=11; - вход Sample не хотим использовать

Mask_stat = 0x00F9; - маскируем второй канал

C1EXInc = 10000; - частота сигнала возбуждения датчика примерно 10кГц

C1Cntrl = 0xE20E;

Ex_on=1; Ex_amp=0; - включаем встроенный генератор сигнала возбуждения
Ex_recovery_en=1; - будем брать фазу сигнала для демодуляции из входных сигналов
Ex_source=0; - используем внутренний сигнал для определения квадранта
DC_carrier=0; DC_correction=1; - включаем коррекцию синфазного напряжения
Sensor_mode=00; - режим СКВТ
LBW=14; - настраиваем полосу преобразования

C1ResCntrl = 0x0282; - задаем разрядность скорости 15 бит + знак и координаты 16 бит

Enc_en = 0; Enc_presc = 0; SPI_ext_en = 0; DIR_out_en = 0;

Vel_resolution = 2; Coord_resolution = 2;

Coord_hist = 1; - будем использовать угол без обработки, включаем гистерезис

C1ExPhShift = ? – подобрать согласно этой методике (рис.1) в диапазоне -128 до +127.

C1Lock_th=1000; - будем использовать сигнал Ready1 для определения поломки, а не ускорения, поэтому поднимем порог повыше

9. Пример настройки для подключения Сельсин

AFE_config = 0x005B – включаем первый канал, ЦАП, ОУ и ИОН

OSC_DIS=0; OSC_BYP=0;

DAC2_en=1; DAC2_en=0;

OPA2_en=1; OPA2_en=0;

NDIFF_OFF=1; OFFSET_LOW=0; EXT_RES_iREF=1; VREF_en=1;

PLL_config = 0x880D - для кварцевого резонатора на 8МГц, частота АЦП 1МГц

ADC_cycle = 17;

PLL_Q=0; PLL_N=13;

Mode_stat = 0x4FFF;

SPI_CRC_en=1; - бит четности spi проверяется

Mode=100; - режим сельсин

CONV1_en = 1; CONV2_en = 1; - для Rev1 нужно держать оба канала включёнными

Sample_src=11; - вывод Sample не хотим использовать

Mask_stat = 0x00F9; - маскируем второй канал

C1EXInc = 47; -примерное 50Гц

C1Cntrl = 0xE214;

Ex_on=1; Ex_amp=0; - включаем встроенный генератор сигнала возбуждения

Ex_recovery_en=1; - будем брать фазу сигнала демодуляции из входных сигналов

Ex_source=0; - используем внутренний сигнал для определения квадранта

DC_carrier=0; DC_correction=1; - включаем коррекцию синфазного напряжения

Sensor_mode=00; - режим СКВТ/сельсин

LBW=22; - делаем уже полосу т.к. частота возбуждения 50 Гц, и надо фильтром задавить вторую гармонику до -100dB.

C1ResCntrl = 0x0282; - задаем разрядность скорости и координаты 16 бит

Enc_en = 0; Enc_presc = 0; SPI_ext_en = 0; DIR_out_en = 0;

Vel_resolution = 2; Coord_resolution = 2;

Coord_hist = 1;

C1ExPhShift = ? – подобрать согласно этой методике (рис.1) в диапазоне -128 до +127.

C1Lock_th=1000; - будем использовать сигнал Ready1 для определения поломки, а не ускорения, поэтому поднимем порог повыше

10. Пример настройки для подключения ЛРДТ

AFE_config = 0x005B – включаем первый канал, ЦАП, ОУ и ИОН

OSC_DIS=0; OSC_BYP=0;

DAC2_en=1; DAC2_en=0;

OPA2_en=1; OPA2_en=0;

NDIFF_OFF=1; OFFSET_LOW=0; EXT_RES_iREF=1; VREF_en=1;

PLL_config = 0x880D - для кварцевого резонатор на 8МГц, частота АЦП 1МГц

ADC_cycle = 17;

PLL_Q=0; PLL_N=13;

Mode_stat = 0x87FF;

SPI_CRC_en=1; - бит четности spi проверяется

Mode=000;

CONV1_en = 1; CONV2_en = 0; - включаем конвертер 1

Sample_src=11; - вывод Sample не хотим использовать

Mask_stat = 0x00F9; - маскируем второй канал

C1EXInc = 4000; -примерное 4 кГц

C1Cntrl = 0xE24E;

Ex_on=1; Ex_amp=0; - включаем встроенный генератор сигнала возбуждения

Ex_recovery_en=1; Ex_source=0; - используем внутренний сигнал для демодуляции

DC_carrier=0; DC_correction=1; - включаем коррекцию синфазного напряжения

Sensor_mode=10; - режим ЛРДТ

LBW=14; - настраиваем полосу преобразования

C1ResCntrl = 0x0684; - задаем разрядность скорости и координаты 14 бит

Enc_en = 0; Enc_presc = 0; SPI_ext_en = 0; DIR_out_en = 0;

Vel_resolution = 4; Coord_resolution = 4;

Coord_hist = 1;

C1ExPhShift = ? – подобрать согласно этой методике (рис.1) в диапазоне -128 до +127.

C1Lock_th=1000; - будем использовать сигнал Ready1 для определения поломки, а не ускорения, поэтому поднимем порог повыше