

Основные особенности

- Диапазон напряжения питания 3,0 – 5,5 В;
- Точность измерения температуры в диапазоне от -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$ не более $\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- Точность измерения температуры в диапазоне от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$ не более $\pm 3^{\circ}\text{C}$;
- Управление по однопроводному/последовательному интерфейсу;
- Ток потребления в активном режиме не более 7 мА;
- Ток потребления в режиме ожидания не более 0,9 мА;
- Технология изготовления КМОП КНИ;
- Температурный диапазон от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- Нарботка на отказ не менее 140 000 часов;
- Высокая стойкость к СВВФ (включая факторы космического пространства).

Блок схема

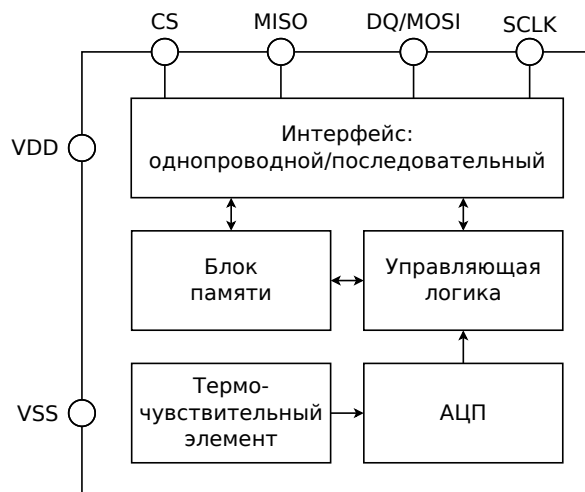


Рисунок 1. Структурная схема



ГГ – год выпуска
НН – неделя выпуска

Рисунок 2. Внешний вид микросхемы 5306HT015

Общее описание

Интегральный температурный датчик 5306HT015 предназначен для преобразования значения температуры в 16-разрядный цифровой код (5 старших разрядов знаковые). Взаимодействие управляющего микроконтроллера с температурным датчиком 5306HT015 осуществляется по однопроводному или последовательному интерфейсу. Интерфейс микросхемы выбирается однократно при заказе.

В микросхеме реализован режим работы с низким энергопотреблением (режим shutdown).

Каждая микросхема имеет уникальный 64-х разрядный серийный номер, что обеспечивает возможность применения нескольких микросхем на одной линии.

По функциональному назначению микросхема соответствует аналогу DS18B20 (ф. Maxim Integrated).

Микросхема поставляется в 6-ти выводном металлокерамическом корпусе 5221.6-1.

Электрические параметры микросхемы

Таблица 1. Электрические характеристики (температурный диапазон от – 60 до +125°C)

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типичное	не более
Точность измерения температуры, °C	–2,0 ⁽¹⁾ –4,0	±1,5	+2,0 ⁽¹⁾ +4,0
Напряжение питания (VDD), В	3,0		5,5
Ток потребления в режиме преобразования, мА		7,0	9,0
Ток потребления в режиме ожидания (shutdown), мА		0,9	2,5
Напряжение высокого уровня цифровых сигналов (CS, SCLK, MISO, MOSI), В	2,8	VDD	
Напряжение низкого уровня цифровых сигналов (CS, SCLK, MISO, MOSI), В		0	0,4
Примечание: 1) норма на параметр в температурном диапазоне от –10 до +60°C			

Электростатическая защита

Микросхема имеет встроенную защиту от электростатического разряда до 1 000 В по модели человеческого тела. Требуется мер предосторожности.

Предельно-допустимые и предельные режимы эксплуатации

Таблица 2. Предельно-допустимые и предельные режимы эксплуатации

Параметр, единица измерения	Предельно-допустимый режим		Предельный режим	
	не менее	не более	не менее	не более
Напряжение питания (VDD – VSS), В	3,0	5,5	–0,3	5,65
Напряжение высокого уровня входных цифровых сигналов (CS, SCLK, MOSI), В	2,8	VDD	–0,3	5,65
Напряжение низкого уровня входных цифровых сигналов (CS, SCLK, MOSI), В	0	0,4	–0,3	5,65
Температура эксплуатации, °C	–60	+125	–60	+150

Конфигурация и функциональное описание выводов

Таблица 3. Функциональное описание выводов при однопроводном интерфейсе

№ вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
1	NC	Не используется
2	DQ	Информационный вход/выход
3	NC	Не используется
4	NC	Не используется
5	VSS	Вывод отрицательного напряжения питания («земля»)
6	VDD	Вывод положительного напряжения питания

Таблица 4. Функциональное описание выводов при последовательном интерфейсе

№ вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
1	SCLK	Вход тактовой частоты
2	MOSI	Вход данных
3	MISO	Выход данных
4	CS	Вывод выбора микросхемы (Chip Select). Активный уровень – лог. «0»
5	VSS	Вывод отрицательного напряжения питания («земля»)
6	VDD	Вывод положительного напряжения питания

Эквивалентные схемы

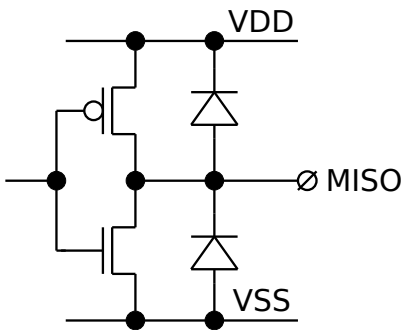


Рисунок 3. Цифровой выход MISO

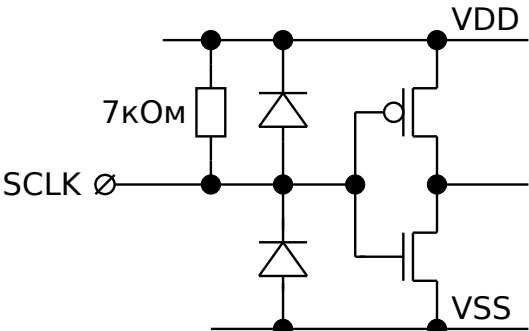


Рисунок 4. Цифровой вход SCLK

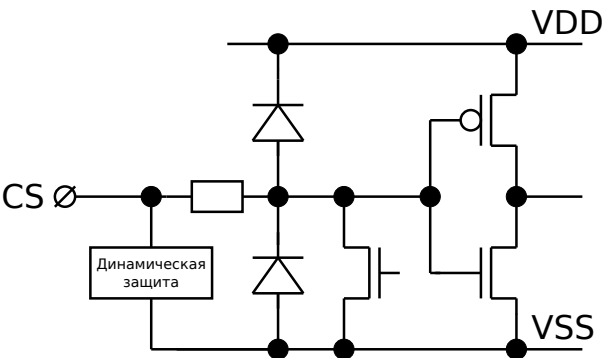


Рисунок 5. Цифровой вход CS

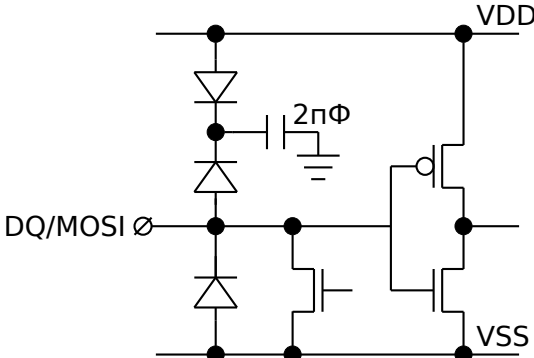


Рисунок 6. Цифровые входы DQ/MOSI

Типовые характеристики

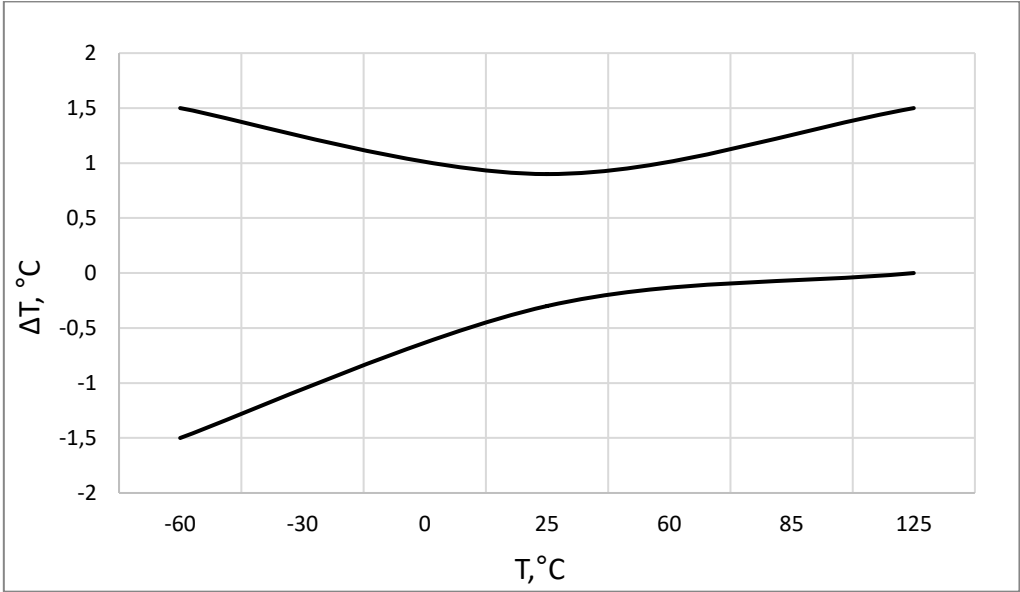


Рисунок 7. График статистического распределения погрешности измерения температуры

Рекомендуемая схема применения

Компонент	Номинал
R1	4,7 кОм

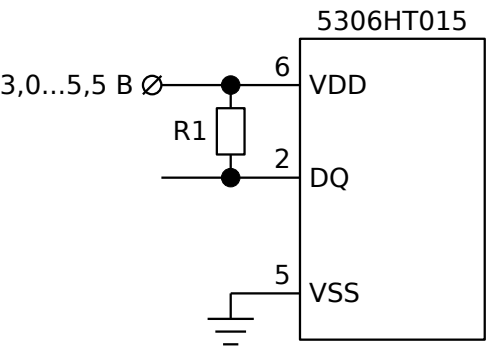


Рисунок 8. Рекомендуемая схема применения для однопроводного интерфейса

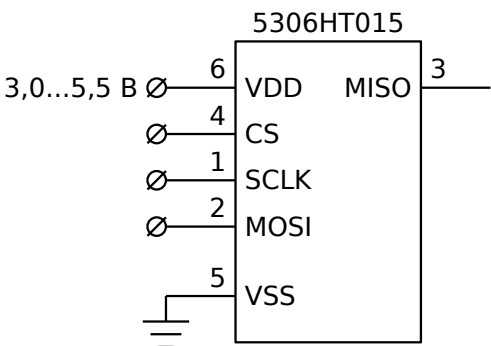


Рисунок 9. Рекомендуемая схема применения для последовательного интерфейса

Описание функционирования микросхемы

Однопроводной интерфейс.

Взаимодействие управляющего микроконтроллера с микросхемой 5306HT015 осуществляется через однопроводной интерфейс. Это низкоскоростной двунаправленный последовательный протокол обмена данными, использующий всего один сигнальный провод – DQ. Благодаря адресации имеется возможность объединять на одной шине несколько независимо работающих датчиков.

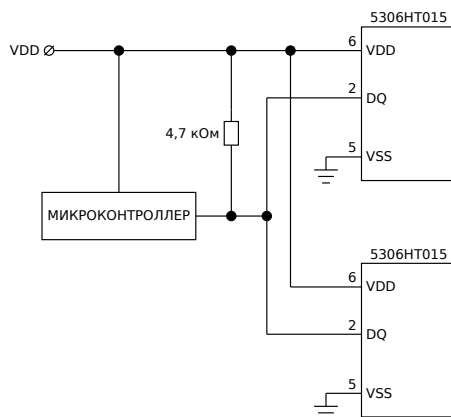


Рисунок 10. Схема подключения двух микросхем к внешнему управляющему устройству

Типы сигналов, определенные однопроводным интерфейсом: импульс сброса, импульс присутствия, запись лог. «0», запись лог. «1», чтение лог. «0», чтение лог. «1».

Принцип формирования сигналов во всех случаях одинаковый. В начальном состоянии шина DQ с помощью резистора подтянута к VDD. Тип выхода – открытый сток. Микроконтроллер (ведущее устройство) устанавливает шину DQ в состояние лог. «0» на определенное время, затем «отпускает» ее и ждет ответ от микросхемы термодатчика (ведомое устройство).

Последовательность команд для взаимодействия с ИМС:

Инициализация → ROM-команда → Функциональная команда.

Инициализация.

Взаимодействие микроконтроллера с термодатчиком начинается с инициализации. Последовательность инициализации состоит из импульса сброса и импульса присутствия. Микроконтроллер на время $t_1 \geq 480$ мкс устанавливает шину DQ в состояние лог. «0». Термодатчик принимает импульс сброса и через время $t_2 = 15 - 60$ мкс отвечает микроконтроллеру импульсом присутствия: устанавливает шину DQ в состояние лог. «0» на время $t_3 = 60 - 240$ мкс. Импульс присутствия позволяет ведущему устройству узнать, что ведомые устройства подключены к шине DQ и готовы к работе.

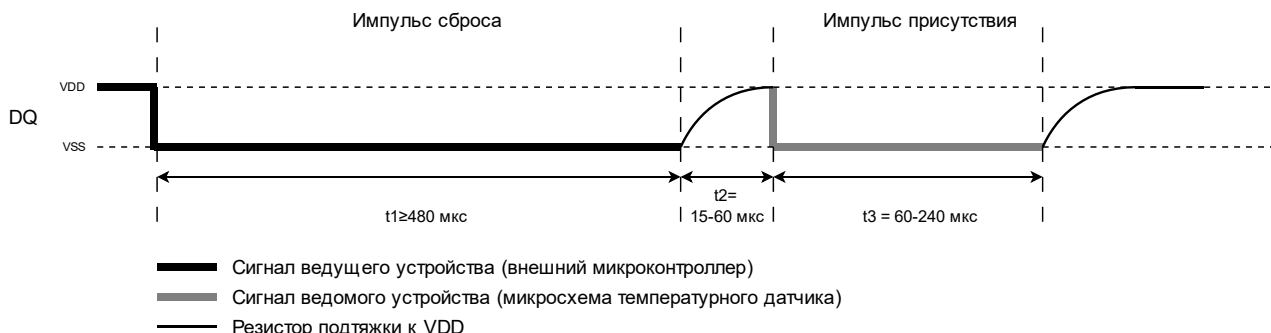


Рисунок 11. Временная диаграмма инициализации микросхемы

Таблица 5. Временные параметры инициализации микросхемы

Параметр, единица измерения	Норма параметра	
	не менее	не более
Время импульса сброса t_1 , мкс	480	–
Время паузы t_2 , мкс	15	60
Время импульса присутствия t_3 , мкс	60	240

ROM-команды. Запись/чтение данных.

После обнаружения импульса присутствия микроконтроллер может передать ROM-команду. Запись/чтение одного бита данных выполняется в течение фиксированного интервала времени (слот). Для записи лог. «0» микроконтроллер устанавливает шину DQ в состояние лог. «0» на время $t_4 = 60 - 120$ мкс. Запись следующего бита осуществляется через время $t_5 \geq 4$ мкс. Для записи лог. «1» микроконтроллер устанавливает шину DQ в состояние лог. «0» на время $t_6 = 4 - 12$ мкс. Запись следующего бита данных осуществляется через время $t_7 \geq 64$ мкс.

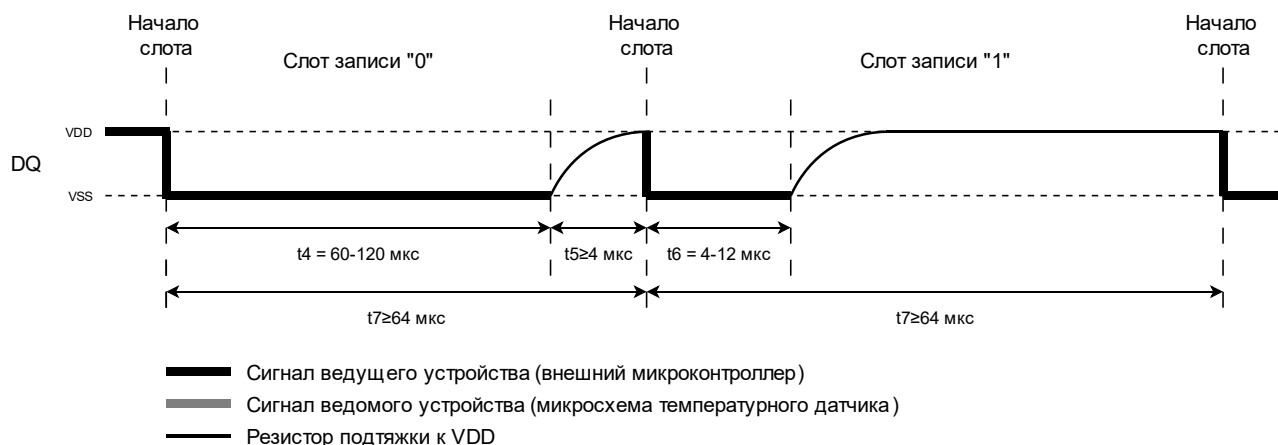


Рисунок 12. Временная диаграмма записи данных

Таблица 6. Временные параметры записи микросхемы

Параметр, единица измерения	Норма параметра	
	не менее	не более
Время записи лог. «0» t_4 , мкс	60	120
Время паузы после записи лог. «0» t_5 , мкс	4	–
Время записи лог. «1» t_6 , мкс	4	12
Время слота записи t_7 , мкс	64	–

Термодатчик является ведомым устройством и может передавать данные, только когда микроконтроллер формирует на шине DQ слоты чтения.

Для формирования слота чтения микроконтроллер устанавливает шину DQ в состояние лог. «0» на время $t_8 = 2 - 10$ мкс, а затем «отпускает» ее, передавая управление датчику. Если микросхема передает лог. «0», то шина DQ остается в состоянии лог. «0» на время $t_9 = 15 - 60$ мкс. Если микросхема передает лог. «1», то на шине DQ устанавливается состояние лог. «1».

Микроконтроллер может считывать данные датчика через $t_{10} = 15$ мкс после начала слота чтения.

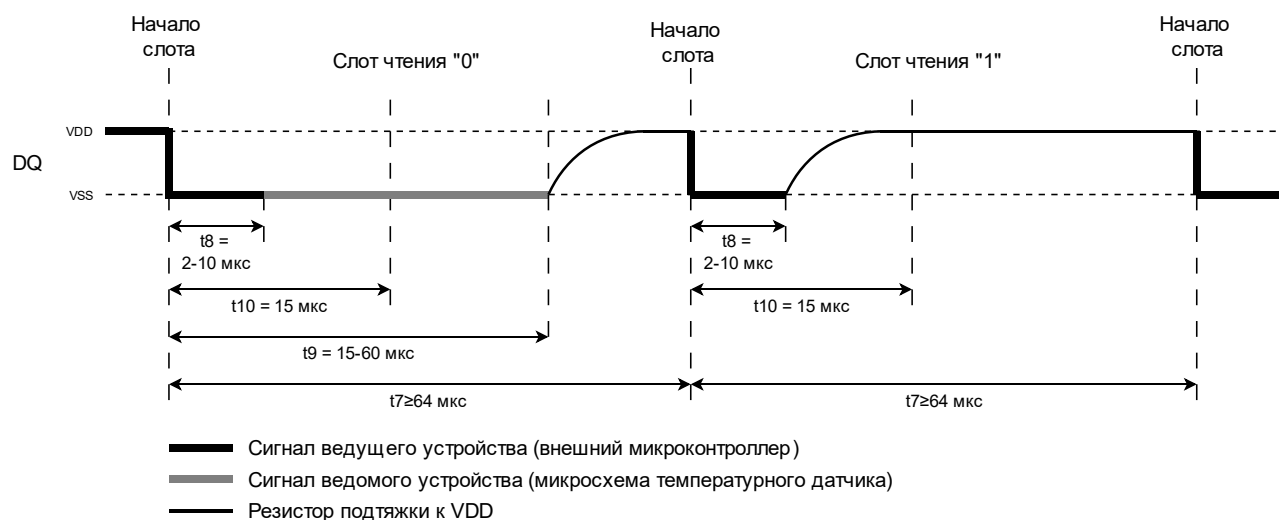


Рисунок 13. Временная диаграмма чтения данных

Таблица 7. Временные параметры чтения микросхемы

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типовое	не более
Время длительности слота чтения t_7 , мкс	64	—	—
Время установки микроконтроллером шины DQ в состояние лог. «0» t_8 , мкс	2	—	10
Время при передаче микросхемой лог. «0» t_9 , мкс	15	—	60
Время считывания данных датчика микроконтроллером t_{10} , мкс	—	15	—

Каждая ROM-команда имеет длину 8 бит. Обмен данными по шине DQ происходит последовательно, начиная с младшего бита. Блок-схема последовательности выполнения ROM-команд представлена ниже (Рисунок 15).

search_rom (код команды 0xF0) – Поиск ROM.

Команда используется для определения адресов всех микросхем, подключенных к одной шине DQ. Каждая микросхема содержит уникальный 64-разрядный адрес, который хранится в ПЗУ (ROM). Младшие 4 бита – номер партии, следующие 4 бита – код семейства микросхем. Средний блок 48 бит – это уникальный серийный номер устройства. Старшие 8 бит – это циклический код CRC, позволяющий контролировать правильность чтения данных из микросхемы. Адрес позволяет микроконтроллеру выделить конкретную микросхему на шине DQ.

Рисунок 14. 64-х разрядный адрес микросхемы
(МБ – младший бит, СБ – старший бит).

Микроконтроллер формирует на шине DQ два слота чтения. В первый слот все устройства, подключенные к шине DQ, выдают первый бит своего 64-разрядного кода, во второй слот – инвертированное значение первого бита.

Если у всех устройств первый бит адреса «1», то микроконтроллер примет сначала «1», а затем «0». Если хотя бы у одного устройства первый бит адреса «0», то микроконтроллер в обоих случаях примет «0». Если активных устройств на шине нет, микроконтроллер в обоих случаях примет «1».

После чтения прямого и инверсного бита адреса микроконтроллер выставляет на шине DQ соответствующий бит выбора (слот записи) – ноль или единицу. Устройства, у которых переданный бит соответствует выставленному микроконтроллером, продолжают работу, остальные станут неактивными до следующего сигнала сброса.

Далее процедура повторяется еще 63 раза:

формирование первого тайм слота чтения → чтение состояние шины → формирование второго тайм слота чтения → чтение состояния шины → ответ подчиненным устройствам.

После завершения цикла чтения 64-разрядного кода, микроконтроллер будет знать адрес одного устройства. Для получения следующего адреса, нужно запустить процедуру инициализации и снова запустить цикл чтения. В случае неоднозначности (микроконтроллер принимает два «0»), выставить бит выбора отличный от предыдущего раза. Сколько устройств подключено к шине, столько раз и нужно провести описанную процедуру.

read_rom (код команды 0x33) – Чтение ROM.

Команда используется для определения адреса микросхемы при условии подключения только одной микросхемы.

Интерфейс передает адрес микросхемы из 64-разрядного регистра микроконтроллеру по шине DQ в течение 64 слотов чтения.

match_rom (код команды 0x55) – Выбор ROM.

Команда используется для обращения микроконтроллера к конкретной микросхеме, подключенной к шине DQ.

Микроконтроллер формирует и передает 64-разрядный код в виде слотов записи. Ведомое устройство, чей адрес совпал с 64-разрядным кодом после побитного сравнения, переходит в режим ожидания функциональной команды. Остальные устройства, подключенные к шине DQ, станут неактивными до следующего импульса сброса.

skip_rom (код команды 0xCC) – Пропуск ROM.

Команда используется для обращения ко всем микросхемам, подключенным к шине DQ.

Команда необходима для запуска температурного преобразования сразу всех датчиков.

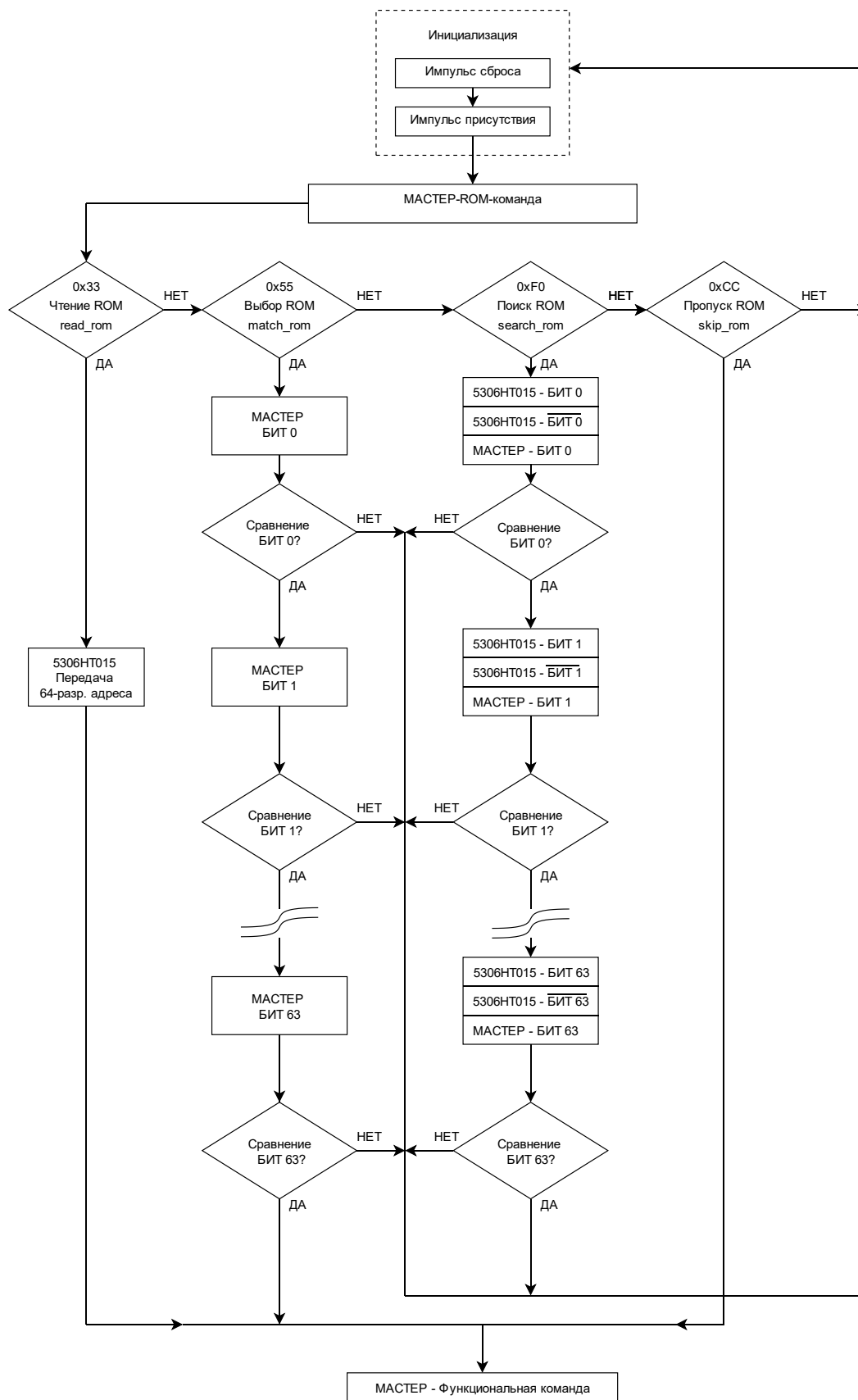


Рисунок 15. Блок-схема ROM-команд

Функциональные команды.

После того как микроконтроллер выполнил ROM-команду возможно использование функциональной команды. Команды позволяют микроконтроллеру производить запись и чтение из памяти микросхемы либо запустить преобразование температуры.

convert_t (код команды 0x44) – Преобразование температуры.

Команда используется для запуска процесса преобразования температуры.

Read_scratchpad (код команды 0xBE) – Чтение памяти.

Команда используется для чтения 64-х разрядного цифрового кода из памяти микросхемы.

Интерфейс передает данные из 64-разрядного регистра микроконтроллеру по шине DQ в течение 64 слотов чтения. Данные выдаются младшим битом вперед. Формат выходных данных представлен ниже (Таблица 8).

Перед использованием команды *Read_scratchpad* (код команды 0xBE) нужно убедиться, что преобразование температуры завершено. Для этого после команды *convert_t* (код команды 0x44) необходимо сформировать слот чтения. Если датчик передает лог. «1» – преобразование не завершено, если датчик передает лог. «0» – преобразование температуры завершено, чтение памяти разрешено.

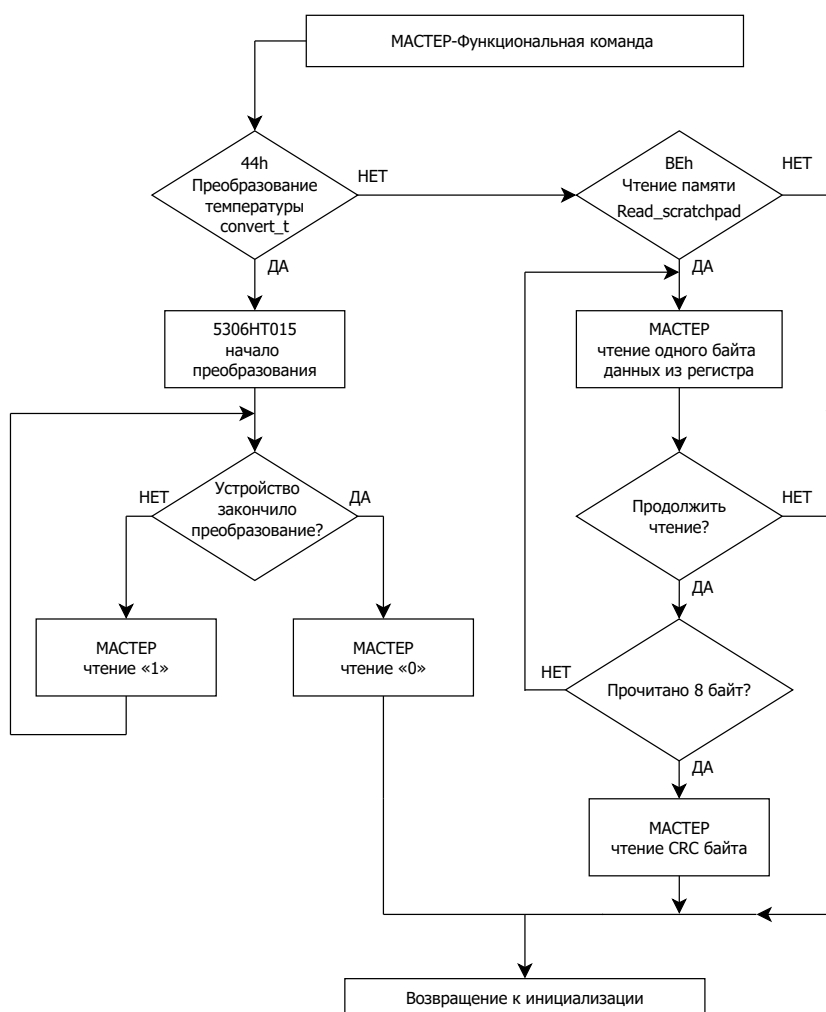


Рисунок 16. Блок-схема функциональных команд

Получение данных температуры.

Для начала преобразования температуры микроконтроллер должен отправить функциональную команду *Преобразование температуры* – *convert_t* (код команды 0x44). После преобразования данные хранятся в регистре микросхемы в виде 64-разрядного числа.

Таблица 8. Структура регистра микросхемы

Байт 0	Температура мл.
Байт 1	Температура ст.
Байт 2	ТН*
Байт 3	ТL*
Байт 4	11111111
Байт 5	11111111
Байт 6	11111111
Байт 7	11111111
Байт 8	Циклический код CRC

Примечание:

* – данные не используются. При чтении ячеек 2 и 3 возвращается значение лог. «0»

В первых двух ячейках (байт 0 и байт 1) хранятся младший и старший байты измеренной температуры. В ячейках 2 и 3 – регистры пороговых уровней ТН и ТL. Ячейки 4, 5, 6, 7 зарезервированы и не могут быть изменены, при чтении всегда возвращают значение лог. «1». Ячейка 8 содержит циклический код CRC для первых восьми байт.

Для выдачи данных из регистра необходимо выполнить функциональную команду *Чтение памяти* – *Read_scratchpad* (код команды 0xBE). Микроконтроллер принимает из регистра 64-разрядный цифровой код. Первые 16 разрядов относятся к значениям температуры. Пять старших бит знаковые: 00000 – температура положительная; 11111 – температура отрицательная.

Таблица 9. Таблица соотношения выходных данных и температуры

Температура	Выход (BIN)	Выход (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85	0000 0101 0101 0000	0550h
+25,0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10,125	0000 0000 1010 0010	00A2h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-10,125	1111 1111 0101 1101	FF5Dh
-25,0625	1111 1110 0110 1110	FE6Eh
-55	1111 1100 1000 1111	FC8Fh

Для преобразования положительной температуры (пять старших бит 00000) необходимо выходные данные перевести из двоичного числа в десятичное и умножить на коэффициент 0,0625.

Для преобразования отрицательной температуры (пять старших бит 11111) необходимо выходные данные инвертировать, полученное двоичное число перевести в десятичное и умножить на коэффициент 0,0625.

Последовательный интерфейс.

Дополнительно в микросхеме реализовано управление через последовательный интерфейс с двумя видами сигналов:

- запрос преобразования температуры;
- считывание результатов преобразования.

Для запроса преобразования температуры необходимо на вывод MOSI задать посылку 001 000 100 011 001 100. В следующий цикл обмена информацией на выводе MISO будет сформировано значение преобразованной температуры:

D0 – младший разряд преобразованной температуры;

D10 – старший разряд преобразованной температуры;

D11...D15 – знаковые разряды (00000 – положительная температура, 11111 – отрицательная температура).

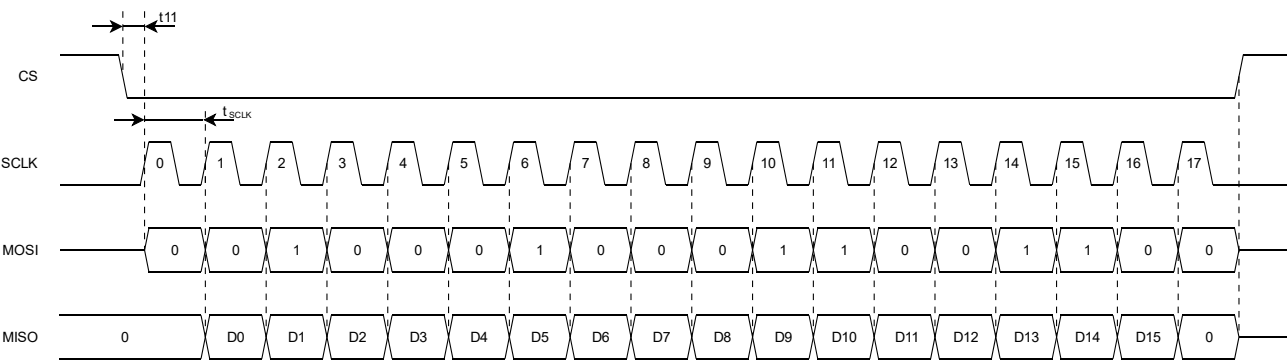


Рисунок 17. Временная диаграмма последовательного интерфейса

Таблица 10. Временные параметры последовательного интерфейса

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типовое	не более
Период тактового сигнала SCLK (t_{SCLK}), нс	125	—	—
Коэффициент заполнения тактового сигнала, %	40	50	60
Время паузы t_{11} , нс	$\frac{t_{SCLK}}{6}$	—	—

Демонстрационный комплект

Для оценки характеристик микросхемы разработана демонстрационная плата КФЦС.441461.100, которая отражает основные возможные режимы работы микросхемы.

Демонстрационная плата доступна по предварительному заказу.

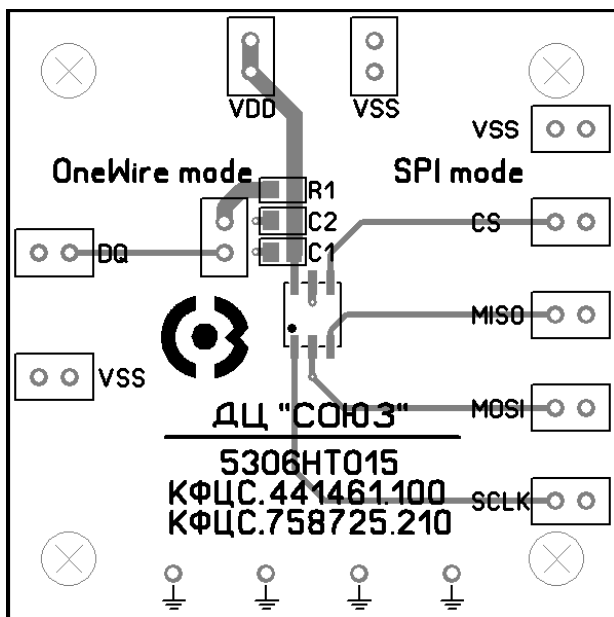


Рисунок 18. Топология верхнего слоя демонстрационной платы

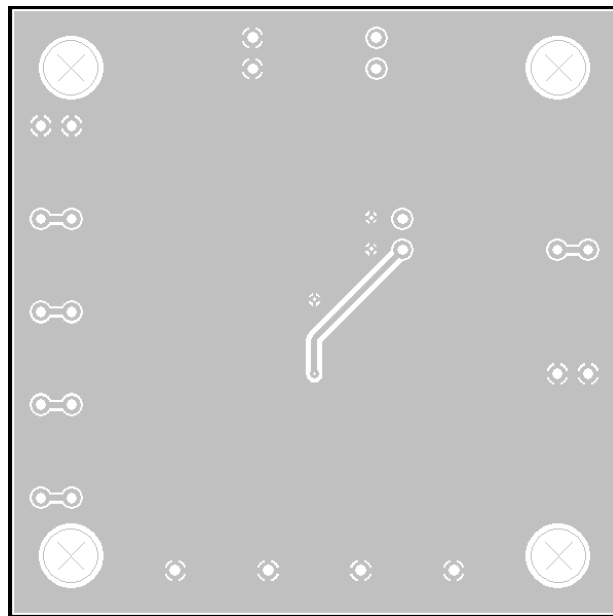


Рисунок 19. Топология нижнего слоя демонстрационной платы (зеркально)

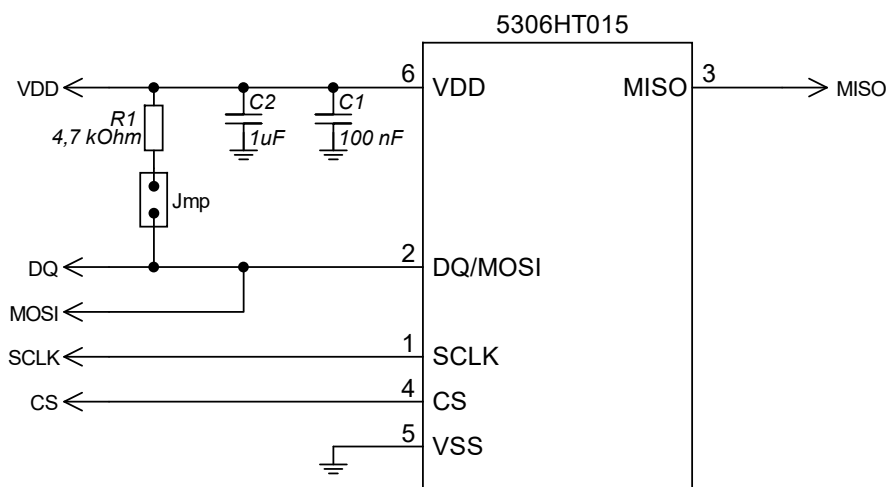


Рисунок 20. Электрическая схема демонстрационной платы

Габаритный чертеж

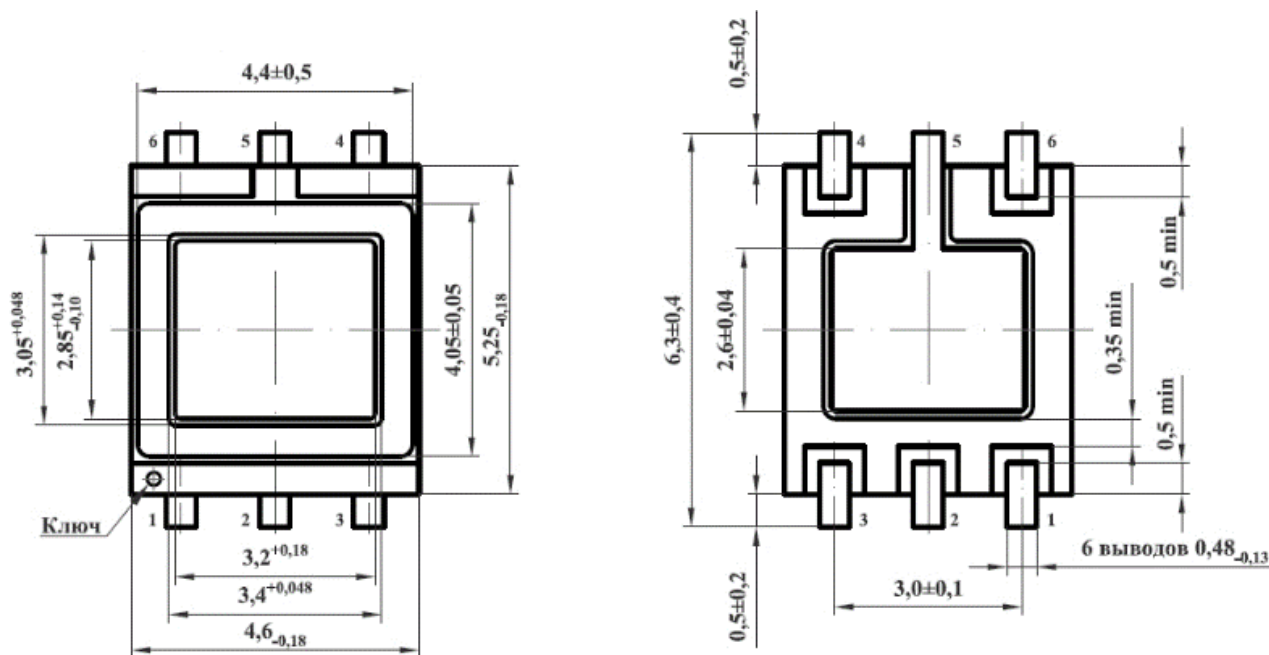


Рисунок 21. Габаритный чертеж корпуса 5221.6-1 (размеры в мм)

Информация для заказа

Обозначение	Маркировка	Корпус	Температурный диапазон
5306HT015 АЕНВ.431320.631ТУ	HT015	5221.6-1	- 60 ...+125°C
K5306HT015 АДКБ.431320.361ТУ	KHT015	5221.6-1	- 60 ...+125°C

Микросхемы категории качества «ВП» маркируются ромбом.

Микросхемы категории качества «ОТК» маркируются буквой «К».

Лист регистрации изменений

[illegible]