

# Отечественные интегральные датчики температуры разработки и производства «Дизайн Центр «Союз»

Всеволод ЭННС  
Игорь КОРЕПАНОВ  
mail@dcsouyuz.ru

**Интегральные датчики температуры широко применяются в современной аппаратуре. Они представляют собой компактные микросхемы, предназначенные для измерения температуры среды, что критически важно во многих системах.**

**В этой статье рассматривается номенклатура освоенных изделий, типовые интерфейсы управления и характеристики микросхем разработки «Дизайн Центр «Союз».**

## Введение

Компания АО «Дизайн Центр «Союз» продолжает развивать серию высоконадежных интегральных датчиков температуры. Микросхемы разработаны с использованием отечественных материалов (включая полупроводниковые кристаллы) и соответствуют критериям «Интегральная схема первого уровня» согласно 719-му Постановлению Правительства РФ от 17.07.2015 г. (разработка структуры, электрической схемы, топологии, программного обеспечения, изготовление пластин с кристаллами и их измерение, сборка кристаллов в корпуса, измерение и испытание интегральной схемы осуществляется на территории Российской Федерации).

На сегодняшний день компания производит цифровые и аналоговые датчики температуры. Все цифровые датчики содержат встроенный блок АЦП.

**Микросхемы 5306HT015B, 5306HT015C** — цифровые интегральные датчики температуры с интерфейсом 1-Wire (функциональный аналог DS18B20, компании Maxim Integrated). Микросхемы отличаются напряжением питания: 5306HT015B — 3,3 В; 5306HT015C — 5,0 В.

Взаимодействие управляющего микроконтроллера с микросхемой 5306HT015B и 5306HT015C осуществляется через однопроводной (1-Wire) интерфейс — низкоскоростной двунаправленный последовательный протокол обмена данными, использующий всего один

сигнальный провод DQ (тип выхода — открытый сток). Благодаря адресации (каждая микросхема имеет уникальный 64-разрядный серийный номер) имеется возможность объединять на одной шине несколько независимо работающих датчиков.

Протокол обмена между управляющим устройством и температурным датчиком состоит из трех команд (инициализация → ROM-команда → функциональная команда).

Взаимодействие микроконтроллера с термодатчиком начинается с инициализации: ведущее устройство формирует импульс сброса, а ведомое устройство отвечает импульсом присутствия. Данная процедура позволяет ведущему устройству установить, что ведомые устройства подключены к шине DQ и готовы к работе. Временная диаграмма инициализации представлена на рис. 1.

После обнаружения импульса присутствия микроконтроллер может передать ROM-команду:

- `search_rom` — команда для определения адресов всех микросхем, подключенных к одной шине DQ;
- `read_rom` — команда для определения адреса микросхемы при условии подключения только одной микросхемы;
- `match_rom` — команда для обращения микроконтроллера к конкретной микросхеме, подключенной к шине DQ.
- `skip_rom` — команда для обращения ко всем микросхемам, подключенным к шине DQ.

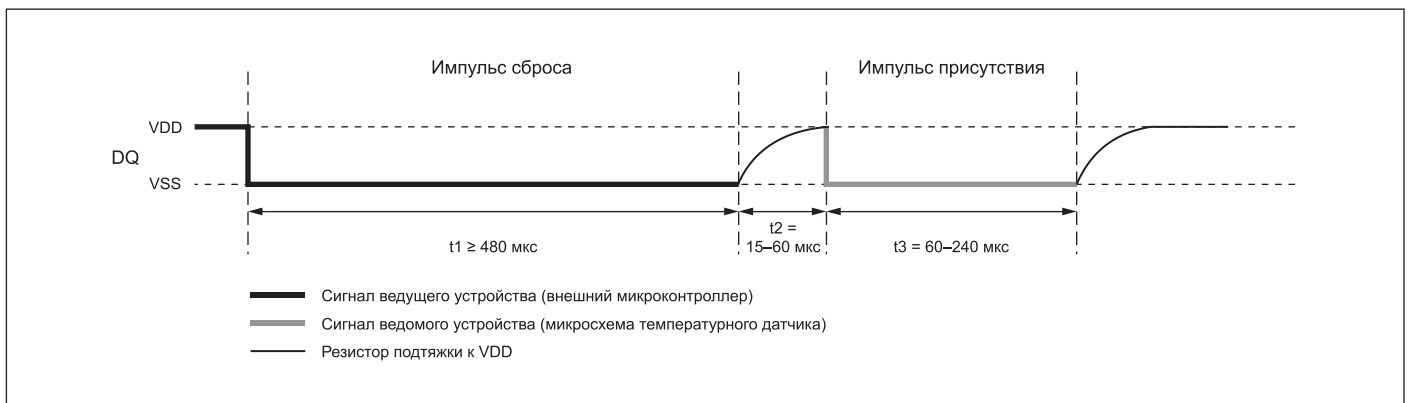


Рис. 1. Временная диаграмма инициализации микросхемы

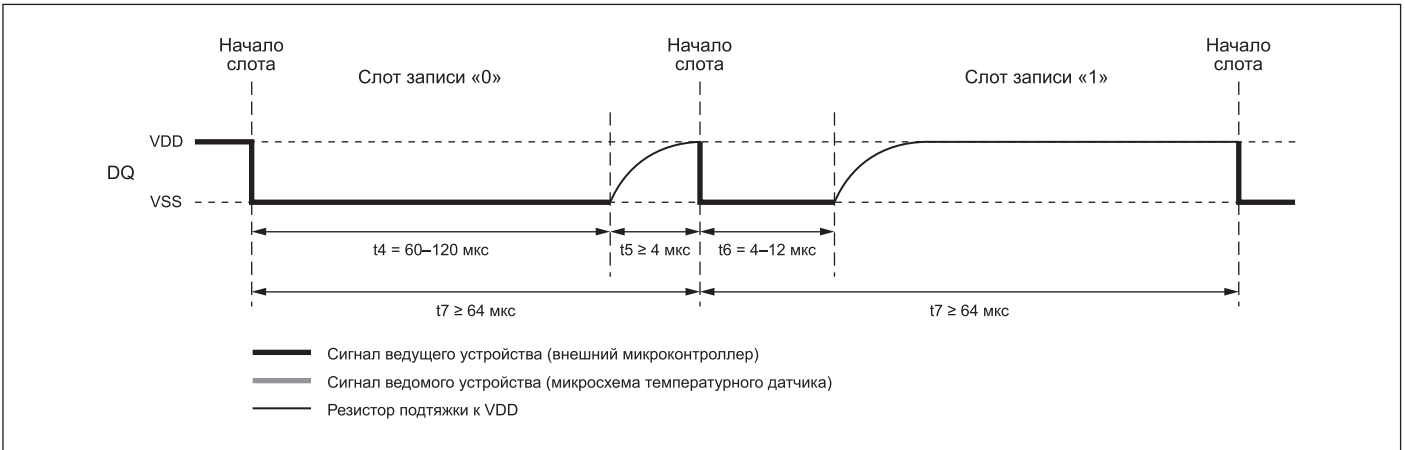


Рис. 2. Временная диаграмма записи данных

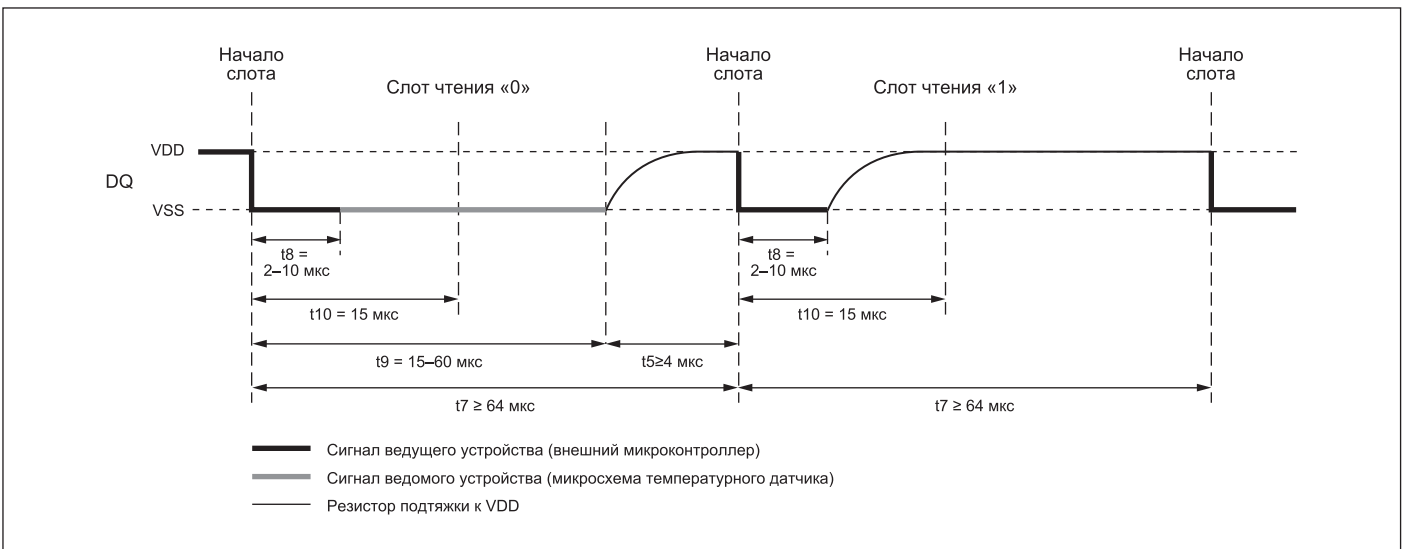


Рис. 3. Временная диаграмма чтения данных

Временная диаграмма записи данных для передачи ROM-команды приведена на рис. 2.

После того как микроконтроллер выполнил ROM-команду, возможно выполнение функциональной команды:

- `convert_t` — команда для запуска процесса преобразования температуры;
- `read_scratchpad` — команда для чтения температурного цифрового кода.

Временная диаграмма чтения данных приведена на рис. 3.

**Микросхемы 5306HT015E, 5306HT015K** — интегральные датчики температуры с SPI-интерфейсом.

Взаимодействие управляющего микроконтроллера с микросхемой осуществляется через последовательный SPI-интерфейс (режим работы 5306HT015E: slave, LSB first, CPOL = 0, CPHA = 1; режим работы 5306HT015K: slave, LSB first, CPOL = 1, CPHA = 0) с двумя видами сигналов:

- запрос на преобразование температуры;
- считывание результатов преобразования.

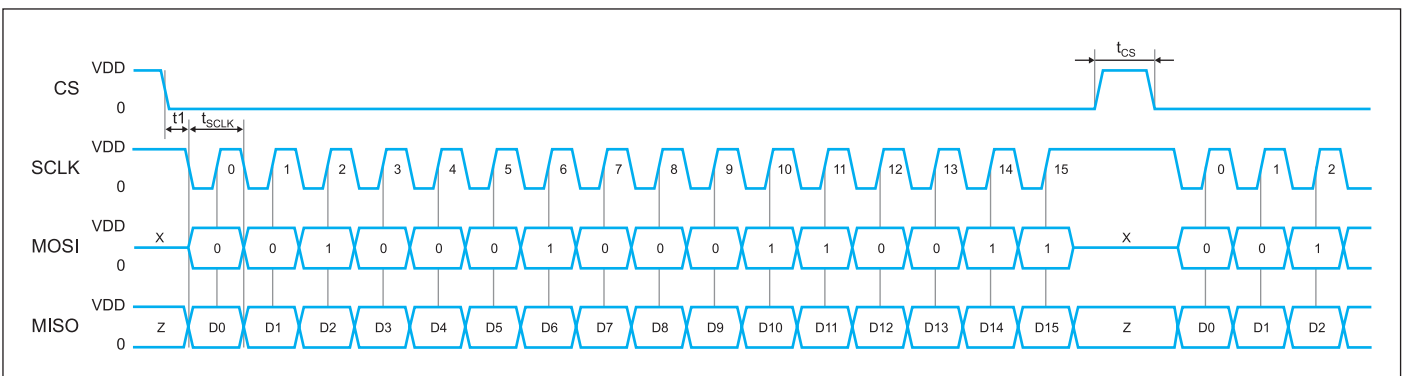


Рис. 4. Временная диаграмма последовательного интерфейса



Рис. 5. Структура передачи пакета данных от ведущего устройства

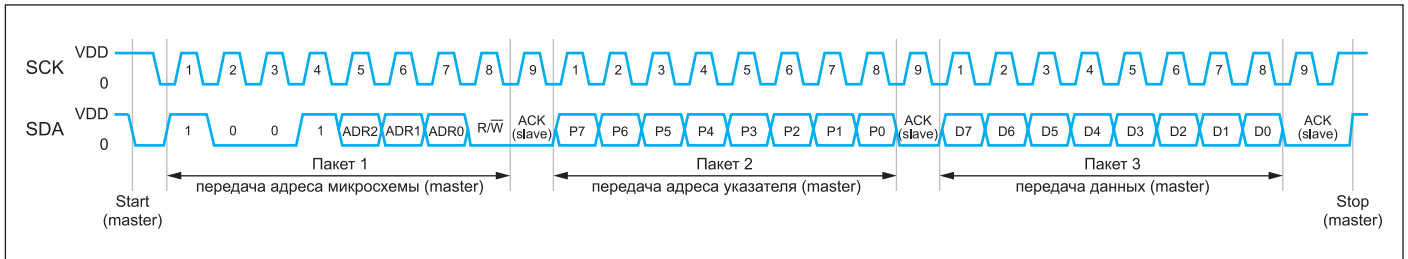


Рис. 6. Временная диаграмма записи данных



Рис. 7. Временная диаграмма чтения данных

Временная диаграмма обращения к микросхеме представлена на рис. 4.

Для запроса преобразования температуры необходимо на вывод MOSI задать послыску 0010 0010 0011 0011. В следующий цикл обмена информацией (через 750 мс) на выводе MISO сформируется значение преобразованной температуры.

При отсутствии обращения к микросхеме (сигнала CS = 1) вывод MISO переходит в Z-состояние; возможно подключение нескольких микросхем на шине.

**Микросхема 5400TP125-014** — цифровой интегральный датчик температуры с I<sup>2</sup>C-интерфейсом.

Взаимодействие управляющего микроконтроллера с микросхемой осуществляется через низкоскоростной двунаправленный двухпроводной интерфейс I<sup>2</sup>C. Благодаря адресации (каждая микросхема имеет два внешних вывода с тремя состояниями) имеется возможность объединять на одной шине до восьми независимо работающих датчиков.

Первый пакет данных формирует ведущее устройство, содержит физический адрес и бит на чтение/запись. Обращение ведущего начинается с установки уровня

лог. «0» на выводе SDA, что является стартовым сигналом для ведомых устройств. Установка уровня лог. «1» SDA при высоком тактовом сигнале является для ведомых стоп-командой. Структура передачи данных представлена на рис. 5.

Во втором пакете необходимо передать 8 бит адреса указателя; в зависимости от записанного указателя можно произвести чтение 2 байт температурного кода или узнать текущий статус (микросхема в процессе преобразования или преобразование завершено).

Для запуска преобразования температуры в третьем пакете необходимо передать данные 0011 0011. Временная диаграмма записи данных для запуска преобразования температуры представлена на рис. 6.

Считывание преобразованных данных доступно через 750 мс при подаче команды на рис. 7.

**Микросхема 5400TP125-015** — температурный компаратор для контроля температуры окружающей среды.

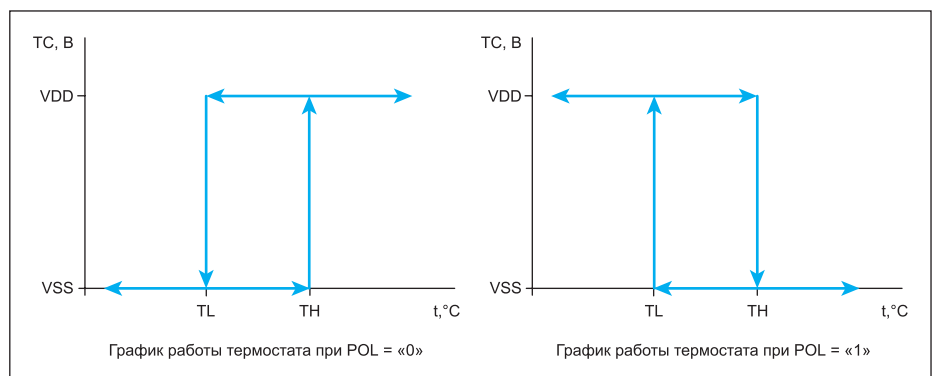


Рис. 8. Диаграмма работы микросхемы в зависимости от полярности



Рис. 9. Корпус 5221.6-1 (4,6×6,3 мм)

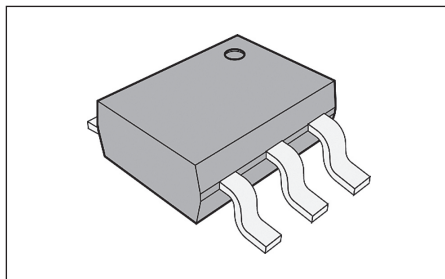


Рис. 10. Корпус SOIC-6 (4,6×6,3 мм)

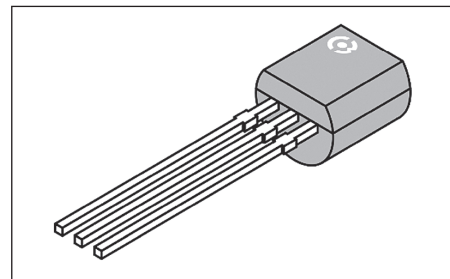


Рис. 11. Корпус TO-92 (4×17 мм)

Выход микросхемы переключается в зависимости от порогов срабатывания (ТН и ТЛ) и полярности, тип выхода компаратора — открытый сток. Настройка порогов срабатывания и полярности термостата производится пользователем по однопроводному (1-Wire) интерфейсу.

Диаграмма работы микросхемы при различной полярности приведена на рис. 8.

**Микросхема 5306НТ025** — аналоговый датчик температуры.

Микросхема предназначена для преобразования значений температуры в выходное напряжение. Внешняя калибровка не требуется.

Диапазон выходного напряжения составляет 0,2–4,8 В, что пропорционально соответствует изменению температуры в диапазоне –60...125 °С.

Все микросхемы освоены в компактных 6-выводных металлокерамических корпусах 5221.6-1 с размерами 4,6×6,3 мм (рис. 9). Дополнительно ведется освоение микросхем в pin-to-pin-совместимом с 5221.6-1 металлопластиковом корпусе SOIC-6 (рис. 10). Ведется освоение микросхем 5306НТ015В и 5306НТ015С в корпусе TO-92 (рис. 11). Срок завершения освоения микросхем в корпусах SOIC-6 и TO-92 — II квартал 2024 г

В таблице представлены характеристики микросхем, а на рис. 12 — график статистического распределения погрешности измерения температуры.

Все разработанные термодатчики обладают высокой надежностью (наработка до отказа: 140 тыс. ч) и стойкостью к СВВФ, включая факторы космического пространства:

- стойкость к факторам 7.И не менее 4Ус;
- стойкость к ТЗЧ не менее 60 МэВ·см<sup>2</sup>/мг.

Калибровка микросхем всех типов проведена, дополнительные настройки не требуются.

Температурные датчики доступны для заказа с приемкой «ВП»:

- микросхемы 5306НТ015В, 5306НТ015С, 5306НТ015Е и 5306НТ025 серийно освоены и включены в Перечень ЭКБ;
- микросхемы 5306НТ015К, 5400ТР125-014 и 5400ТР125-015 на завершающем этапе испытаний, плановый срок подачи заявки на включение в Перечень ЭКБ — I квартал 2024 г.

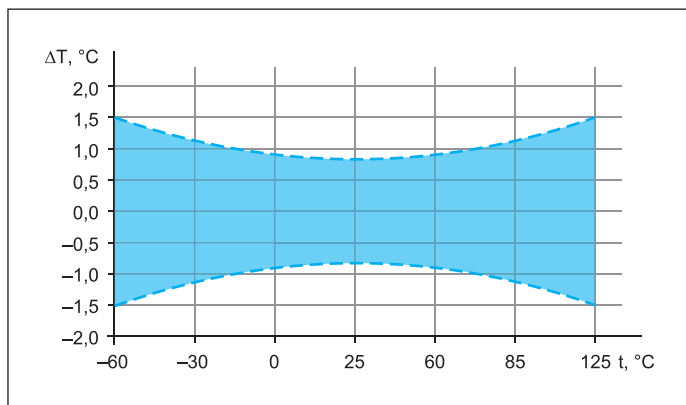


Рис. 12. График статистического распределения погрешности измерения температуры

Таблица. Характеристики микросхем температурных датчиков

	5306НТ015В	5306НТ015С	5306НТ015К	5400ТР125-014	5400ТР125-015	5306НТ025
Напряжение питания, В	3,3 ±5%	5,0 ±5%	3,15–5,25	3,15–5,25	3,15–5,25	5,0 ±5%
Ток потребления, мА	1,2	1,5	1,6	2,5	2,1	2,5
Время преобразования, мс	750	750	750	750	–	–
Температурная ошибка, °С						
в диапазоне –10...60 °С	не более 2	не более 2	не более 2	не более 2	не более 2	не более 3
в диапазоне –60...125 °С	не более 3	не более 3	не более 3	не более 3	не более 3	не более 5

Дальнейшим развитием серии является разработка микросхемы 5306НТ035 — датчик температуры с I<sup>2</sup>C интерфейсом с улучшенными характеристиками в корпусе SOIC-6 (температурная ошибка не более 1,5 °С, время преобразования 200 мс, ток потребления 300 мкА). Также ведется разработка микросхем с интерфейсами 1-Wire, SPI, I<sup>2</sup>C в миниатюрном корпусе uDFN8 с размерами 2×2 мм (рис. 13). Плановый срок получения опытных образцов 5306 НТ035 — II квартал 2024 г., микросхем в корпусе uDFN8 — III–IV квартал 2024 г.

Микросхемы высоконадежных температурных датчиков разработаны с использованием отечественных материалов (включая полупроводниковые кристаллы), вероятность срыва поставок из-за санкционных рисков отсутствует.

Широкий набор стандартных интерфейсов обеспечивает совместимость с используемыми в аппаратуре управляющими микроконтроллерами.

Благодаря адресации возможно объединение нескольких независимо работающих датчиков на одной шине, что существенно снижает количество требуемых выводов управляющего устройства.

Микросхемы обладают высокими показателями надежности, стойкости к внешним факторам и могут применяться в том числе при разработке специальной аппаратуры. ■

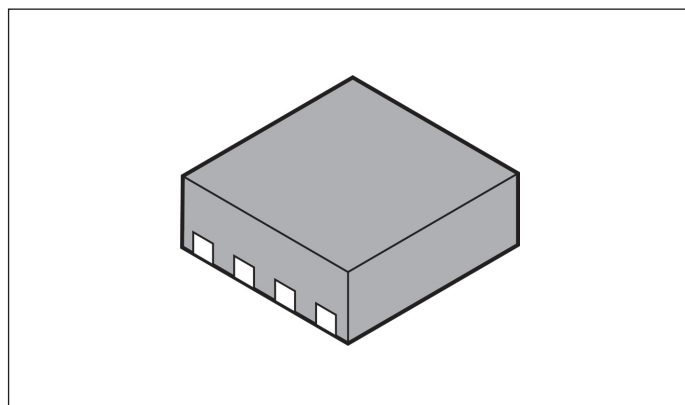


Рис. 13. Корпус uDFN8 (2×2 мм)