

Основные особенности

- Интерфейс 1-Wire;
- Точность измерения температуры:
в диапазоне от -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$ не более $2,0^{\circ}\text{C}$;
в диапазоне от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$ не более $3,0^{\circ}\text{C}$;
- Напряжение питания:
 $VDD = 3,0\text{ В} (\pm 10\%) \dots 5,5\text{ В} (\pm 10\%)$;
- Время преобразования 600–800 мс;
- Тип выхода термостата (ТС) – открытый сток;
- Ток потребления в активном режиме 3,0 мА;
- Ток потребления в режиме пониженного энергопотребления «Shutdown» 0,1 мА;
- Температурный диапазон от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- Стойкость к СВВФ (включая факторы космического пространства).

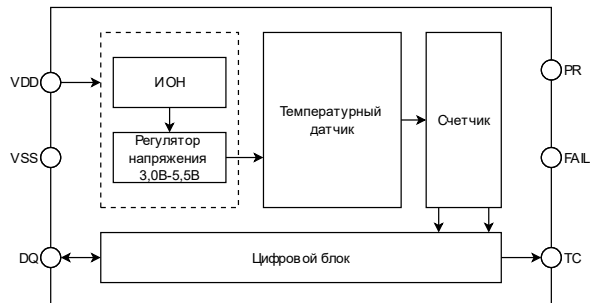


Рисунок 1. Структурная схема



ГГ – год выпуска
НН – неделя выпуска

Рисунок 2. Внешний вид микросхемы 5400TP125-015

Общее описание

5400TP125-015 может быть настроена на один из двух вариантов работы: температурный датчик – преобразование значения температуры в 16-ти разрядный цифровой код и выдача данных через 1-Wire интерфейс; термостат – выход микросхемы переключается в зависимости от порогов срабатывания TH и TL, тип выхода (ТС) – открытый сток.

В микросхеме присутствует возможность настройки порогов срабатывания и полярности выхода термостата через 1-Wire интерфейс.

Термостат имеет два режима работы:

– режим отладки («SOFT»). После включения питания необходимо каждый раз производить настройку микросхемы;

– режим финальной конфигурации («HARD»). После программирования микросхема готова к работе при включении питания.

После программирования микросхемы в режим «HARD» 1-Wire интерфейс и работа в режиме температурного датчика будут более недоступны.

Микросхема является функциональным аналогом DS1621 (ф. Maxim Integrated).

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

Электрические параметры микросхемы

Таблица 1. Электрические характеристики (температурный диапазон от -60°C до $+125^{\circ}\text{C}$)

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типичное	не более
Точность измерения температуры, $^{\circ}\text{C}$	$-2,0^{(1)}$ $-3,0$	$\pm 1,5$	$+2,0^{(1)}$ $+3,0$
Напряжение питания (VDD), В	3,0		5,5
Ток потребления в режиме преобразования, мА			3,0
Ток потребления в режиме «Shutdown», мА			0,1
Время преобразования, мс	600	700	800
Напряжение высокого уровня входных/выходных цифровых сигналов (DQ), В	VDD – 0,7	VDD	
Напряжение низкого уровня входных/выходных цифровых сигналов (DQ), В		0	0,6
Примечание: 1) Норма на параметр в температурном диапазоне от -10°C до $+60^{\circ}\text{C}$			

Электростатическая защита

Микросхема имеет встроенную защиту от электростатического разряда до 1000 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), В	3,0	5,5	$-0,3$	5,6
Входное напряжение при программировании (PR), В	9,2	9,5	$-0,3$	10
Напряжение высокого уровня входных/выходных цифровых сигналов (DQ), В	VDD–0,7	VDD+0,3 ⁽¹⁾	$-0,3$	VDD+0,5 ⁽²⁾
Напряжение низкого уровня входных/выходных цифровых сигналов (DQ), В	0	0,6	$-0,3$	VDD+0,5 ⁽²⁾
Температура эксплуатации, $^{\circ}\text{C}$	-60	+125	-60	+150
Примечание: 1) Не более 5,5 В; 2) Не более 5,6 В.				

Конфигурация и функциональное описание выводов

Таблица 3. Функциональное описание выводов

№ вывода	Наименование вывода	Назначение вывода
1	TC	Выход термостата. Тип выхода – открытый сток
2	DQ	Информационный вход/выход
3	FAIL	Выход монитора работоспособности микросхемы. Тип выхода – открытый сток. лог. «1» – микросхема функционирует в нормальном режиме; лог. «0» – микросхема неисправна.
4	PR	Адресный вход/выход записи памяти
5	VSS	Общий вывод
6	VDD	Вывод напряжения питания

Рекомендуемая схема применения

Таблица 4. Таблица внешних компонентов

Компонент	Номинал
R1, R2, R3	4,7 кОм
C1	2 мкФ

Конденсаторы либо высокочастотные керамические, либо сдвоенные. В случае сдвоенных конденсаторов, один из них обязательно должен быть высокочастотный керамический емкостью не менее 10 нФ. Шунтирующие конденсаторы должны располагаться на плате в непосредственной близости к соответствующим выводам микросхемы.

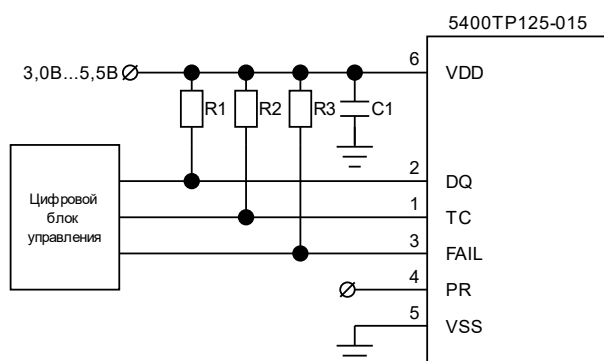


Рисунок 2. Схема применения для 1-Wire интерфейса

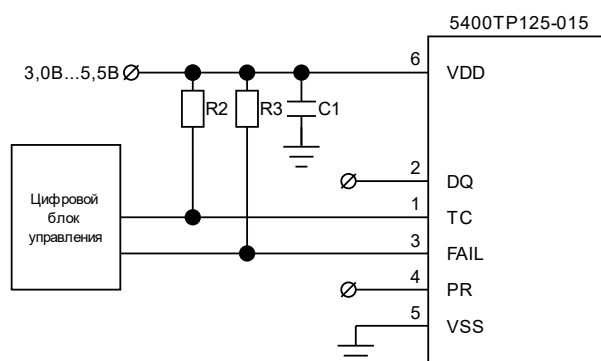


Рисунок 3. Схема применения для термостата

Описание функционирования микросхемы

5400TP125-015 может быть настроена на один из вариантов работы: температурный датчик – преобразование значения температуры в 16-ти разрядный цифровой код и выдача данных через 1-Wire интерфейс; термостат – выход микросхемы переключается в зависимости от порогов срабатывания TH и TL, тип выхода – открытый сток.

Режим температурного датчика

Взаимодействие управляющего микроконтроллера с микросхемой осуществляется через однопроводной (1-Wire) интерфейс. Это низкоскоростной двунаправленный последовательный протокол обмена данными, использующий всего один сигнальный провод – DQ.

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).

Изначально микросхема находится в ожидании импульса сброса от микроконтроллера. Очень важно следовать за следующей последовательностью операций каждый раз, когда необходимо обратиться к микросхеме, поскольку она не будет отвечать, если любые шаги в последовательности отсутствуют или применены не в том порядке.

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.

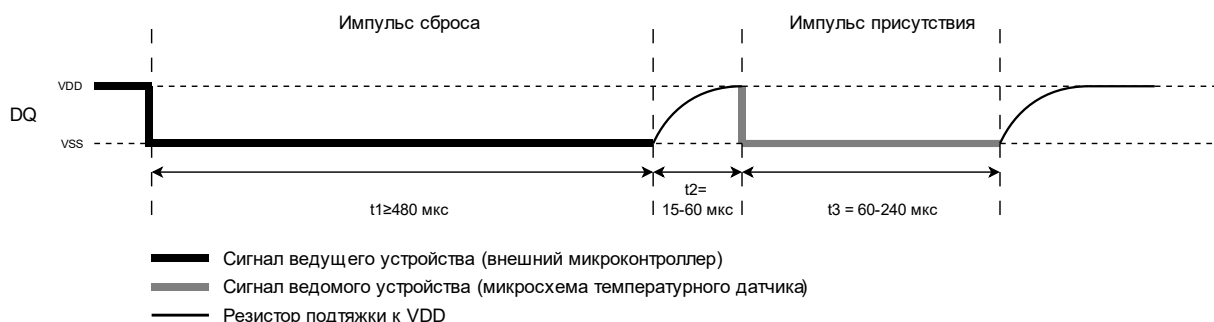


Рисунок 4. Временная диаграмма инициализации микросхемы

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

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.

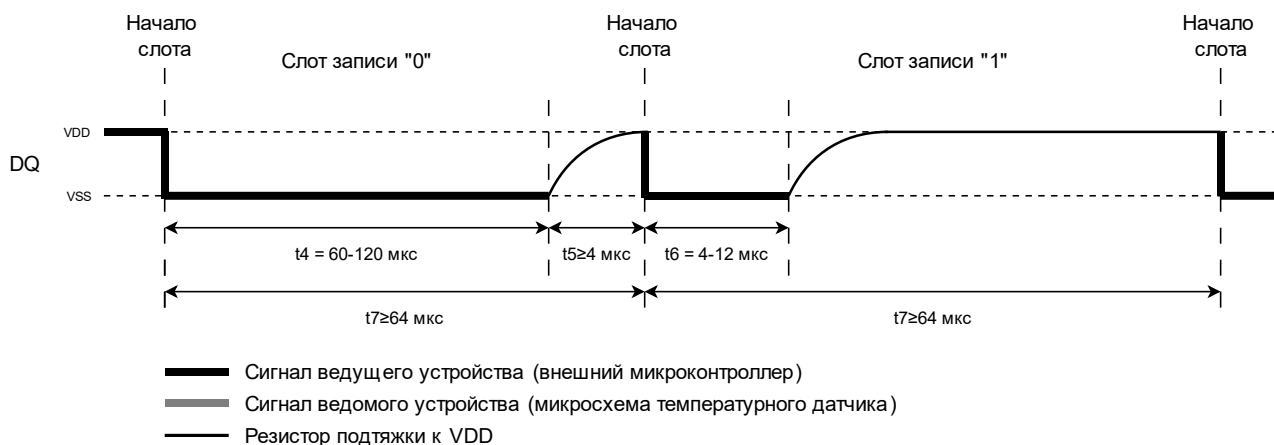


Рисунок 5. Временная диаграмма записи данных

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.

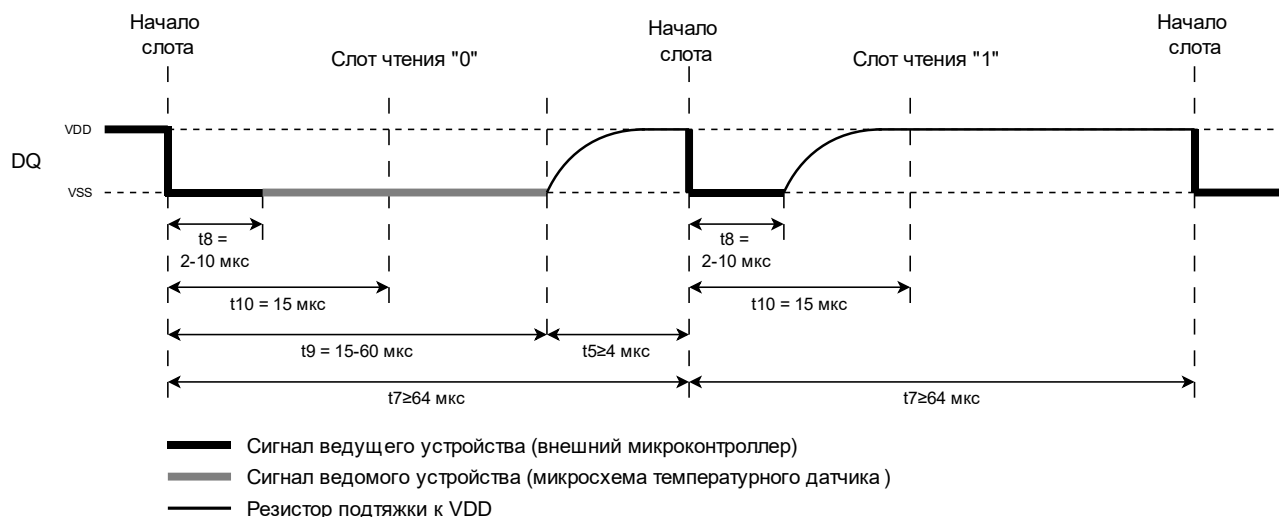


Рисунок 6. Временная диаграмма чтения данных

Таблица 7. Временные параметры чтения микросхемы

Параметр, единица измерения	Норма параметра		
	не менее	типовое	не более
Время паузы после записи лог. «0» t_5 , мкс	4		
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	–

ROM-команда

ROM-команда имеет длину 8 бит. Обмен данными по шине DQ происходит последовательно, начиная с младшего бита.

skip_rom (код команды 0xCC) – Пропуск ROM.

Интерфейс переходит в режим ожидания функциональной команды.

Функциональные команды

После выполнения ROM-команды возможно использование функциональной команды. Команды позволяют микроконтроллеру начать чтение температурного кода из регистра либо запустить преобразование температуры. Блок-схема функциональных команд представлена на рисунке 7.

convert_t (код команды 0x44) – Преобразование температуры.

Команда используется для запуска процесса преобразования температуры.

Read_scratchpad (код команды 0xBE) – Чтение температурного кода из регистра.

Команда используется для чтения 16-ти разрядного цифрового кода из регистра.

Интерфейс передает данные из 16-разрядного регистра микроконтроллеру по шине DQ в течение 16-х 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. «0» – преобразование не завершено, если датчик передает лог. «1» – преобразование температуры завершено, чтение памяти разрешено.

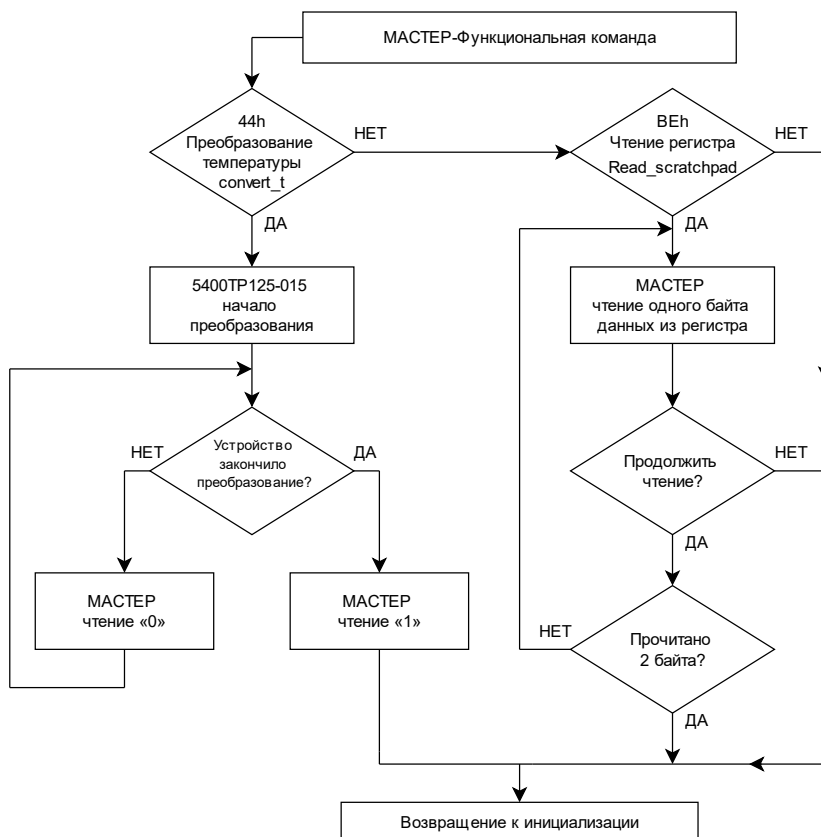


Рисунок 7. Блок-схема функциональных команд

Запись/чтение памяти

Write_mem (код команды 0x18) – *Запись в память*. После подачи команды следует: задать 8-ми битный адрес строки (младший бит вперед, см. таблицу 10); передать 8 бит данных в данную строку.

Read_mem (код команды 0x99) – *Чтение памяти*. После подачи команды следует: задать 8-ми битный адрес строки (младший бит вперед, см. таблицу 10); сформировать 8 слотов чтения данных.

Преобразование 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 16-разрядного числа.

Таблица 8. Структура регистра микросхемы

Байт 0	Температура мл.
Байт 1	Температура ст.

В двух ячейках (байт 0 и байт 1) хранятся младший и старший байты измеренной температуры.

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

Таблица 9. Таблица соотношения выходных данных и температуры

Температура, °C	Выход (BIN)	Выход (HEX)
+127,9375	0000 0111 1111 1111	07FFh
+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 1110	FF5Eh
-25,0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h
-60	1111 1100 0100 0000	FC40h
-70,0625	1111 1011 1001 1111	FB9Fh

После превышения максимальных значений температур датчик будет выдавать код: 07FFh – для температур +127,9375°C и выше, FB9Fh – для температур минус 70,0625°C и ниже.

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

Для преобразования отрицательной температуры (пять старших бит 11111) в градусы Цельсия необходимо выходные данные инвертировать, полученное двоичное число перевести в десятичное, прибавить 1 и умножить на коэффициент 0,0625.

Термостат

Второй вариант работы микросхемы – термостат. Выход микросхемы переключается в зависимости от порогов срабатывания TH и TL, тип выхода – открытый сток. Настройка порогов срабатывания и полярности термостата производится через 1-Wire интерфейс.

Изначально микросхема находится в ожидании импульса сброса от микроконтроллера. Очень важно следовать за следующей последовательностью операций каждый раз, когда необходимо обратиться к микросхеме, поскольку она не будет отвечать, если любые шаги в последовательности отсутствуют или применены не в том порядке.

Последовательность команд для взаимодействия с ИМС:

Инициализация → ROM-команда → Функциональная команда.

Термостат имеет два режима работы:

– режим отладки («SOFT»). После включения питания необходимо каждый раз производить настройку микросхемы;

– режим финальной конфигурации («HARD»). После программирования микросхема готова к работе при включении питания.

После программирования микросхемы в режим «HARD» 1-Wire интерфейс и работа в режиме температурного датчика будут не доступны.

Настройка микросхемы (режим «SOFT»)

Термостат можно использовать в режиме «SOFT». При этом после отключения напряжения питания записанные настройки сбросятся, и микросхема вернется в начальный режим работы (температурный датчик с 1-Wire интерфейсом). При включении питания необходимо заново производить настройку микросхемы.

Для настройки микросхемы необходимо:

- 1) Произвести инициализацию (см. пункт «Инициализация» рисунок 5);
- 2) После получения импульса «присутствия» подать команду *search_rom* (код команды 0xF0) – Пропуск ROM;
- 3) Подать команду *Write_tet* (код команды 0x18) – Запись в память;
- 4) Далее следует задать 8-ми битный адрес строки младшим битом вперед (таблица 10);
- 5) Задать 8 бит данных настройки (таблица 10);
- 6) Повторить пункты 1– 5 для других адресов микросхемы.

Таблица 10. Организация пространства памяти

Адрес	Бит							
	7	6	5	4	3	2	1	0
38	TH							
39	TL							
40	POL	ROM	0	1	0	0	0	1

Описание доступных настроек микросхемы

TH – настройка верхнего порога срабатывания термостата (8 бит);

TL – настройка нижнего порога срабатывания термостата (8 бит).

Таблица 11. Таблица настройки порога переключения термостата

Биты								Значение порога переключения, °C
7	6	5	4	3	2	1	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	+127,9375
1	1	0	1	0	0	0	0	+125
...								...
...								...
0	1	0	0	0	0	0	0	-60
1	0	0	1	1	1	1	1	-70,0625

POL – настройка полярности выхода (ТС) термостата (адрес 40, бит 7 – таблица 10). Графики работы термостата в зависимости от полярности представлены на рисунках 8–9.

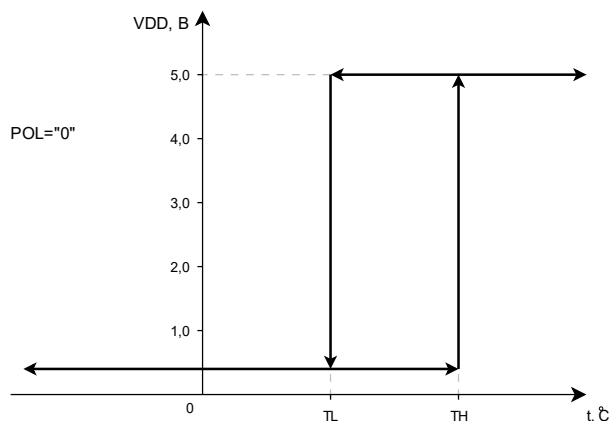


Рисунок 8. Диаграмма работы термостата при $POL = «0»$

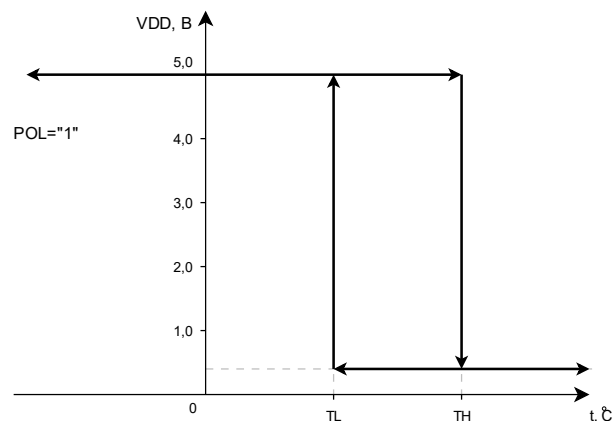


Рисунок 9. Диаграмма работы термостата при $POL = «1»$

ROM – активация ПЗУ. Настройка активирует ПЗУ для TH , TL , POL . Настройка необходима для использования термостата в режиме «HARD».

Проверка записанных данных

Для проверки записанных данных необходимо:

- 1) Произвести инициализацию (см. пункт «Инициализация» рисунок 5);
- 2) После получения импульса «присутствия» подать команду *search_rom* (код команды *0xF0*) – Пропуск ROM;
- 3) Подать команду *Read_mem* (код команды *0x99*) – Чтение памяти;
- 4) Далее следует задать 8-ми битный адрес строки младшим битом вперед (таблица 10);
- 5) Сформировать 8 слотов чтения данных;
- 6) Повторить пункты 1–5 для других адресов микросхемы.

Программирование микросхемы (режим «HARD»)

Важно! После программирования микросхемы 1-wire интерфейс будет недоступен. Микросхема будет работать в режиме термостата при включении питания.

Программирование микросхемы:

- 1) Произвести настройку микросхемы для одного адреса (см. пункты 1–5 «Настройка микросхемы»);
- 2) Подать на вывод PR напряжение +9,5 В в течении 200 мс;
- 3) Повторить пункты 1-2 для других адресов микросхемы;
- 4) **Важно!** Для корректной работы микросхемы в 40 адрес бит 0, 4, 6, необходимо записать лог. «1».

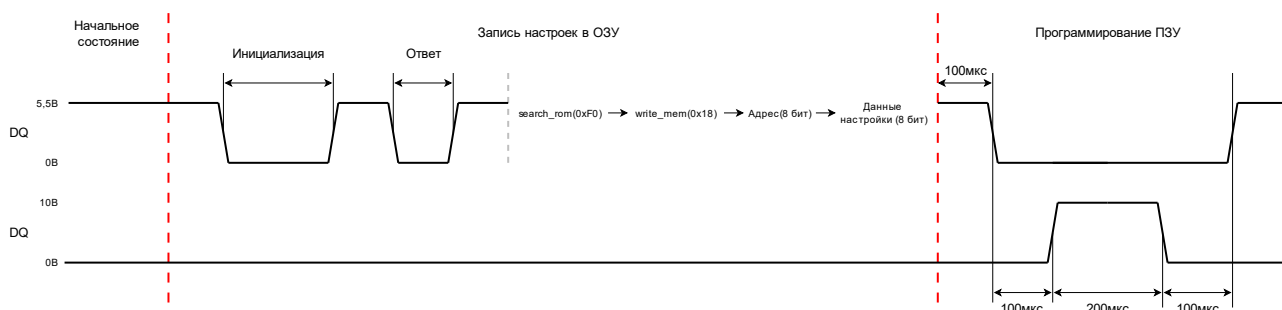


Рисунок 10. Временная диаграмма программирования для одного адреса

Габаритный чертёж

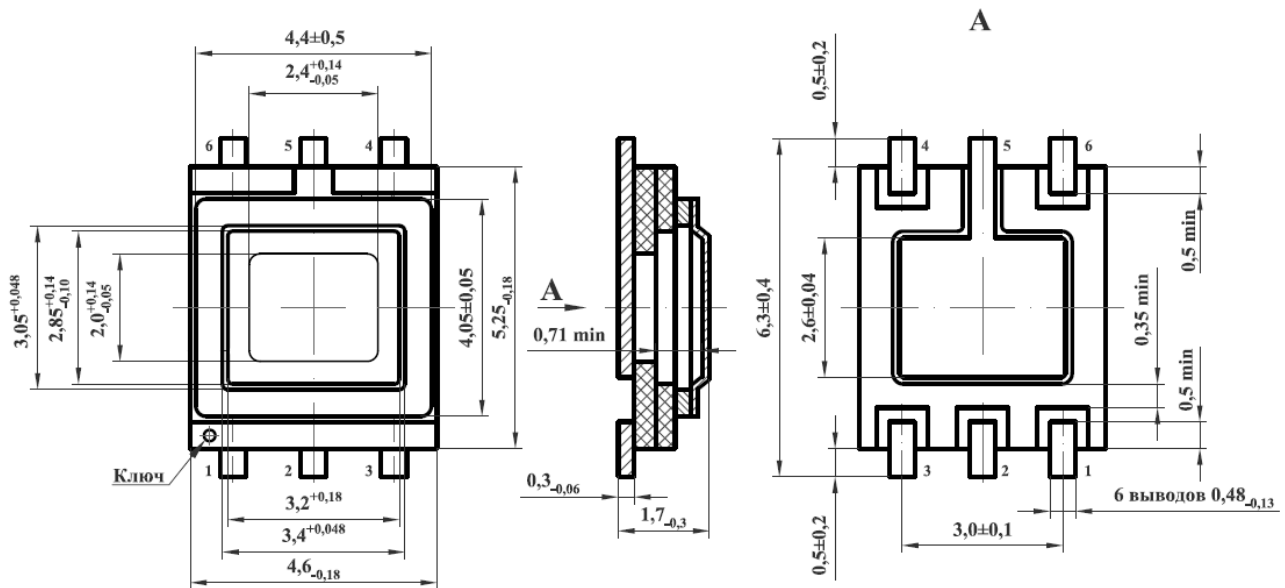


Рисунок 11. Габаритный чертёж корпуса 5221.6-1 (размеры в мм)

Информация для заказа

Обозначение	Маркировка	Корпус	Температурный диапазон
5400ТР125-015 АЕНВ.431260.659ТУ карта заказа КФЦС.431260.015-015Д16	A015	5221.6-1	$-60^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$

